Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім Ю.М. Потебні

(назва факультету)

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

(перший (бакалаврський) рівень)

на тему «Розробка пропозицій з удосконалення системи очистки стічних вод травильних відділень»

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1832-с

Тимошенко Д.О.

(ПІБ) (підпис)

спеціальності

183 Технології захисту навколишнього середовища

(шифр і назва)

освітньо-професійна програма

Технології захисту навколишнього середовища

(шифр і назва)

Керівник Вагін А.В.

(прізвище та ініціали) (підпис)

Запоріжжя – 2025 року

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*_____

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*__
«__09__» _____06_____2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ) СТУДЕНТУ

Тимошенко Дмитро Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розробка пропозицій з удосконалення системи очистки стічних вод травильних відділень
керівник роботи (проєкту) Вагін Андрій Вікторович, к.ф.-м.н, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджена наказом вищого навчального закладу від «27»12 2024 року № 2031-с

2. Строк подання студентом роботи (проєкта)____09.06.2025_____

3. Вихідні дані до роботи (проєкта) час відстоювання t = 3 год, вертикальна швидкість (або швидкість осадження суспензії) v=0,4 мм/с, інтенсивність подання стічних вод Q = 200 $м^3$/год; витрати вапняного розчину 5% концентрації Q_m =2 $м^3$/год

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) реферат, вступ, загальна частина, спеціальна частина, охорона праці та техногенна безпека, висновки, список використанних джерел

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) презентаційний матеріал, 14 слайдів

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання прийняв
Розділ 1	Вагін А.В., доцент	
Розділ 2	Вагін А.В., доцент	
Розділ 3	Вагін А.В., доцент	
Нормоконтроль	Вагін А.В., доцент	

7. Дата видачі завдання 14.04.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вступ	до 21.04.2025	
2	Реферат	до 25.04.2025	
3	Розділ 1	до 12.05.2025	
4	Розділ 2	до 19.05.2025	
5	Розділ 3	до 03.06.2025	
6	Висновки	до 06.06.2025	

Здобувач _____ Тимошенко Д.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи) _____ Вагін А.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Реферат

Кваліфікаційна робота на тему «Розробка пропозицій з удосконалення системи очистки стічних вод травильних відділень»: 70 стор., 13 табл., 5 рис., 20 джерел.

ТРАВЛЕННЯ, ВІДПРАЦЬОВАНІ ТРАВИЛЬНІ РОЗЧИНИ, ЗАБРУДНЕННЯ ГІДРОСФЕРИ, НЕЙТРАЛІЗАЦІЯ, ВАПНЯКОВЕ МОЛОКО, РЕГЕНЕРАЦІЯ, ЕЛЕКТРОДІАЛІЗ, ЗНЕШКОДЖЕННЯ, ВЕРТИКАЛЬНИЙ ВІДСТІЙНИК.

Об’єкт дослідження – система очищення стічних вод травильного відділення.

Мета роботи – пошук оптимальних технологічних рішень з удосконалення системи очистки стічних вод травильного відділення.

У зв'язку із широким поширенням травлення металів у кислотах, питання переробки і знешкодження відпрацьованих травильних розчинів актуальні і значимі.

У першому розділі кваліфікаційної роботи зроблено аналіз існуючих методів очищення стічних вод травильних відділень, аналіз екологічної небезпеки від забруднення гідросфери стічними водами травильних відділень. У другому розділі кваліфікаційної роботи наведено технологічну схему очищення стічних вод травильного відділення. Проаналізовано її ефективність, запропоновано зміни до неї. Проведено обґрунтування вибору апаратурного оформлення. Зроблено розрахунок вертикального відстійника.

У розділі «Охорони праці та техногенна безпека» розглянуто основні шкідливі і небезпечні фактори. Виконано розрахунок освітленості робочих місць. Проведено розрахунки ЗІЗ. Узагальнено питання пожежної профілактики.

Зміст

ВСТУП 7

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА 9
1.1 Технологічний процес травлення металів 9
1.1.1 Засоби травлення та їх призначення 9
1.1.2 Особливості травлення у сірчаній кислоті 11
1.1.3 Технологія промивки металевих виробів після травлення . . 14
1.2 Екологічна небезпека забруднень гідросфери стічними водами травильних відділень 15
1.3 Аналіз методів очищення стічних вод травильних відділень . . 17
1.3.1 Нейтралізація відпрацьованих розчинів та промивних вод травильних відділень 19
1.3.2 Утилізація продуктів нейтралізації 24
1.3.3 Методи регенерування відпрацьованих розчинів травильних ванн 26
1.4 Аналіз шляхів утворення екологічних, ресурсозбережуючих та маловідходних технологій травлення та промивки у металургії . . 27

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА 32
2.1 Коротка характеристика металургійного підприємства . . . 32
2.2 Характеристика стічних вод травильного відділення . . . 33
2.2.1 Хімічний склад стоків травильного відділення 33
2.2.2 Хімічний склад концентрованих травильних стоків . . . 34
2.2.3 Хімічний склад промивних вод травильного відділення . . 36
2.2.4 Кількість стоків травильного відділення 36
2.3 Опис існуючої технологічної схеми очищення стічних вод травильного відділення 37
2.4 Призначення та робота обладнання 39
2.5 Пропозиції з удосконалення технологічної схеми . . . 41

2.6 Принцип дії вертикального відстійника 43
2.7 Розрахунок вертикального відстійника 44
2.8 Еколого-економічна ефективність від впровадженних заходів . 47

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА 57
3.1 Основні шкідливі та небезпечні фактори 57
3.2 Заходи зі зниження шкідливих та небезпечних факторів . . 60
3.3 Засоби індивідуального захисту 64
3.4 Пожежна профілактика 66

ВИСНОВКИ 67

СПИСОК ВИКОРИСТАННИХ ДЖЕРЕЛ 69

ВСТУП

Водні ресурси – важливий компонент природного середовища, що на початку двадцять першого століття став визначальним фактором економічного розвитку багатьох країн світу, заставою стабільного функціонування суспільства. Усі водні об'єкти України є національним надбанням, важливою природною основою соціально-економічного розвитку нашої країни.

В Україні широкомасштабне перетворення природних водних систем, залучення значних обсягів водних ресурсів у господарський обіг, їх забруднення, зміна умов природного формування стоку сприяли значному зниженню якості водоресурсного потенціалу. У результаті сучасні водоресурсні проблеми набули не тільки загальнодержавне, але і міжнародне значення, стали одним з головних факторів національної безпеки України.

Питання відновлення систем водопостачання і водовідведення, очищення промислових і комунальних стоків, відтворення природного стану води набули надзвичайне значення для національної безпеки держави.

До найбільш забруднених і агресивних промислових стічних вод відносять кислотні стоки, що є відходами травильних відділень. Скидання таких стоків без попередньої обробки призводить до отруєння водойм, підкисленню природних вод, до активації сульфатредукції, що приводить до появи у воді сірководню [1]. У закислених водоймах гине риба, її ікра і численні види комах. Антропогенні надходження сірчистих речовин вносять додаткові труднощі в розуміння і прогнозування екологічних ситуацій у водоймах. При влученні стоків травильних відділень на земну поверхню, кислота і сульфати впливають на склад ґрунту, її структуру, агрегатний стан, відбувається закислення ґрунтів, вимивання з них калію, магнію і кальцію, гнітиться ґрунтова мікрофлора, відбувається деградація флори і фауни, посилення міграції важких металів [2]. Скидання неочищених стоків травильних відділень приводить також до руйнування каналізаційних

трубопроводів. Усе перераховане вище завдає величезної шкоди навколишньому середовищу. У зв'язку із широким поширенням травлення металів у кислотах, питання переробки і знешкодження відпрацьованих травильних розчинів актуальні і значимі. Тому у кваліфікаційній роботі досліджується питання удосконалення системи очистки стічних вод травильного відділення металургійного підприємства.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Технологічний процес травлення металів

У процесі виробництва, збереження, транспортування на метали у вигляді листів, стрічки, дроту чи різного виду деталей впливає навколишнє середовище, у результаті чого їх поверхня покривається окісними плівками, термічною окалиною, продуктами корозії. Виниклий таким шляхом сторонній зовнішній шар погіршує вид деталей, перешкоджає нанесенню захисних покрить і проведенню чергових операцій технологічного процесу. Для видалення різних окісних з'єднань, якими є іржа, окалина, продукти корозії, застосовують травлення металу [3].

Травлення – хімічна обробка, звичайно розчинами кислот, твердих матеріалів для зміни виду їх поверхні чи видалення домішок, а також для доведення металевих заготівель до необхідних розмірів і форми [4]. Травлення являє собою складний окислювально-відновний процес.

1.1.1 Засоби травлення та їх призначення

За способом розрізняють хімічне й електрохімічне травлення. За типом розчинів і розплавів травлення можна розділити на кислотне і лужне. У залежності від сорту металу, що травлять, підбирається склад травильних розчинів. Усе це приводить до великого числа різних по складу відпрацьованих травильних розчинів і промивних вод, що вимагають спеціальної обробки для утилізації, регенерації чи знешкодження їх. Найбільш поширено в даний час сірчанокисле травлення. Сірчаною та соляною кислотами травиться більшість вуглецевих сталей та електротехнічні сталі. Сумішшю кислот травляться леговані та високолеговані сталі та сплави.

Крім зазначених сірчаної та соляної кислот, для хімічного травлення

металів і сплавів використовуються фосфорна, азотна і плавикова кислоти, суміші кислот, їдкі луги. Ефективність дії травильних розчинів обумовлюється не тільки їх складом, але й режимом травлення, природою металу, товщиною і складом окісних плівок на його поверхні.

Вплив складу травильного розчину і режиму роботи менше позначається при електрохімічному травленні. У цьому випадку обробка здійснюється з застосуванням постійного струму на катоді чи на аноді, іноді з використанням перемінного струму. При катодному травленні видалення окалини відбувається за рахунок відновлення окислів і відділення їх від металу пухирцями водню, що бурхливо виділяються. При анодному травленні окалина видаляєте в результаті електрохімічного і хімічного розчинення металу, порушення її зв'язку з основою і відриванням часток окалини пухирцями кисню, що виділяються.

Електрохімічний спосіб травлення в порівнянні з хімічним зменшує тривалість очищення деталей, знижує витрати хімікатів, дозволяє обробляти метали різного складу, у тому числі леговані сталі, що важко піддаються хімічному травленню. Швидкість травлення при електролізі в меншому ступені залежить від зміни концентрації в електроліті кислоти і солей заліза, чим при хімічному травленні. Електрохімічний спосіб травлення в даний час застосовується в основному для чорних металів і сплавів.

Удосконалення способів травлення йде по шляху пошуку нових розчинів і методів, що підвищують ефективність очищення металу. До них відносяться застосування струменевої обробки, травильних паст, безкислотні засоби травлення, травлення з накладенням ультразвукового поля чи сполучення в одній операції знежирення і травлення металу. Усі ці методи дозволяють скоротити тривалість очищення деталей.

Особливим видом травлення є декапірування деталей безпосередньо перед нанесенням на них гальванічних покрить. Ця операція виробляється в дуже розведених розчинах і має на меті зняття з поверхні металу тонких окісних плівок і виявлення в якійсь мірі структури металу, що сприяє

підвищенню міцності зчеплення покриття з основою.

Процеси травлення знаходять застосування і для ряду спеціальних цілей – одержання рельєфних шкал так називаного хімічного чи електрохімічного фрезування, коли операція механічної обробки заміняється витравлюванням маси металу по заданому контурі, розмірного витравлювання різьбових деталей перед нанесенням на них гальванічних покрить, таврування деталей.

Використання хімічних чи електрохімічних процесів травлення у зазначених випадках економічно і технічно доцільно насамперед тому, що продуктивність їх визначається в основному розмірами ванн і потужністю джерела струму, що легко можуть бути збільшені. Трудомісткість цих процесів менше, ніж при механічній обробці металу [3].

На вибір виду травлення, крім технологічних відмінностей, впливають також умови доставки, збереження, експлуатації і не в останню чергу вартість кислот, можливість їхнього чи знешкодження регенерації відпрацьованих розчинів [7]. Аналіз цих методів показує, що для видалення окалини з поверхні металу найчастіше застосовують сірчану кислоту, рідше - соляну кислоту, у той час як інші кислоти і суміші їх застосовуються тільки в спеціальних випадках [6].

1.1.2 Особливості травлення у сірчаній кислоті

При виборі травильних розчинів необхідно враховувати економічну сторону процесу. У цьому відношенні сірчана кислота має ряд переваг у порівнянні із соляною кислотою. Сірчана кислота дешевше, процес травлення при рівних умовах відбувається швидше, менші витрати кислоти. На поширення сірчанокислого травлення, крім якості травлення, впливають також можливості доставки, збереження кислот, умови регенерації чи знешкодження відпрацьованих травильних розчинів. Для невеликих виробництв сірчанокисле травлення також виявляється економічно більш

вигідним. Розчини з великим вмістом сірчанокислого заліза, що утворилося в результаті травлення, можуть бути регенеровані і повернуті у виробництво [5]. Тому найбільш поширено в даний час сірчанокисле травлення.

Взагалі кислоти розчиняють окалину хімічно. При цьому окисли заліза перетворюються у відповідні солі заліза [3]. При травленні в сірчаній кислоті утворюється головним чином сірчанокислий закис заліза, при травленні в соляній кислоті - двохлористе залізо. Солі окісного заліза, що утворюються в невеликій кількості з трьохокиси заліза, що міститься в окалині, також перетворюються при травленні в солі закисного заліза. Тому в розчинах для травлення, з якими звичайно працюють, практично тривалентного заліза не буває [6].

Окалина на залізі складається в основному із суміші окислів FeO, Fe_2O_3, Fe_3O_4. Взаємодіючи з сірчаною кислотою, ці окисли утворять розчинні у воді солі за наступними реакціями:

$$FeO+H_2SO_4\rightarrow FeSO_4+H_2O,$$
$$Fe_2O_3+3H_2SO_4\rightarrow Fe_2(SO_4)_3+3H_2O,$$
$$Fe_3O_4+4H_2SO_4\rightarrow FeSO_4+Fe_2(SO_4)_3+4H_2O.$$

Але тому, що шар окалини нерівномірний по товщині, а на окремих ділянках металу взагалі відсутній, то при травленні наряду з окислами відбувається часткове розчинення металевого заліза, що може бути виражено реакціями [3]:

$$Fe+H_2SO_4\rightarrow FeSO_4+H_2,$$
$$Fe+Fe_2(SO_4)_3\rightarrow 3FeSO_4.$$

У сірчаній кислоті окалина відділяється в результаті порушення її зв'язку з металом, завдяки його підтравлюванню і розпушенню окалини пухирцями водню, що виділяються. Однак розчинення металів і зв'язане з цим виділення водню має багато несприятливих наслідків, через що

необхідно обмежувати ступінь розчинення металу. Насамперед відбуваються великі втрати металу і кислоти. Крім того, водень, що утвориться при розчиненні заліза, може проникати в матеріал і викликати цим погіршення механічних властивостей металу, що може позначитися на експлуатаційних характеристиках деталей.

Діаграму витрати кислоти при травленні наведено на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Витрати кислоти при травленні

Витрати сірчаної кислоти на травлення залежить від способу травлення, конфігурації металу та звичайно знаходиться у межах від 10 до 30 кг на 1т металу [5]. Травлення повинне бути організоване так, щоб метал розчинявся як можна повільніше, а окалина, навпаки – швидше. Ці вимоги виконують підбором концентрації розчину ванни травлення [6]. Розчинність окислів заліза в кислотах різна. У сірчаній кислоті вони розчиняються менше,

ніж у соляній кислоті тієї ж концентрації. Поряд з цим, сірчана кислота більш активно реагує з залізом, ніж соляна [3].

Крім зазначеної сірчаної кислоти, для хімічного травлення металів і сплавів використовуються соляна, фосфорна, азотна і плавикова кислоти, суміші кислот, їдкі луги.

1.1.3 Технологія промивки металевих виробів після травлення

Після травлення та перед подальшими операціями обробки металевих виробів необхідно очищувати їх поверхні від залишків травильних розчинів. Розчини, що застосовуються при різних процесах обробки поверхонь не повинні забруднювати один одного, тому що речовини, перенесені з одного розчину в інший, негативно впливають як на функції окремих компонентів розчинів, так і на якість обробки поверхонь. Тому електроліт з поверхні деталі необхідно видалити, перш ніж ця деталь потрапить в інший електроліт. Для того щоб поверхні деталей були досить чистими, між окремими операціями вводять промивку у воді.

Предмети промивають двома способами: зануренням чи оббризкуванням. Кожний з цих способів має свої переваги і недоліки. При зануренні вода проникає в усі порожнини і до всіх поверхонь, що піддавалися дії електроліту. При оббризкуванні деталей складної конфігурації у випадку, якщо сопла розташовані нерухомо, деякі порожнини можуть залишитися забрудненими.

При промиванні зануренням вода у ванні забруднюється речовинами, перенесеними з попередніх ванн. Вважають, що припустима кількість кислоти в промивних ваннах після ванн травлення може бути близько 0,5 г/л сірчаної кислоти і 0,36 г/л соляної кислоти. У залежності від призначення даних деталей може допускатися різна концентрація речовин в останній промивній ванні для того самого процесу. Бажано, щоб вода після промивання містила можливо меншу кількість забруднень. Якщо в цій воді

міститься більше забруднень, чим припустимо, то ця вода може бути причиною корозії деталі.

При промиванні оббризкуванням використана вода звичайно не повертається у виробництво, а відводиться в каналізацію. Витрати води при промиванні зануренням набагато менше, ніж при промиванні оббризкуванням.

Слід відмітити, що в результаті застосування численних травильних розчинів з'являється безліч різноманітних за складом промивних вод. Це створює труднощі при виборі єдиного способу знешкодження чи утилізації промивних вод. Кожен конкретний випадок вимагає індивідуального рішення.

1.2 Екологічна небезпека забруднень гідросфери стічними водами травильних відділень

При травленні металевих виробів утворюються відпрацьовані травильні розчини (ВТР), промивні води та газоподібні викиди [7]. Перелік основних забруднюючих речовини, що викидаються травильними відділеннями, в оточуюче середовище наведено у таблиці 1.1 [8].

При надходженні у водойми травильних стоків, що включають кислоти, змінюється активна реакція води, котра відіграє важливу роль у біологічних процесах. Кислота, може вступати у реакції з гідрокарбонатами та зменшувати лужність води, що ослаблює здатність водойм до самоочищення. При великих кількостях кислоти вода набуває кислої реакції, що порушує нормальний хід біохімічних процесів у водоймах. Зміна pH води впливає на розчинність солей, процеси міграції важких металів, життєдіяльність гідробіонтів. Так, наприклад, для озерних гідробіонтів при pH=7,0 знижується вміст кальцію і гине ікра окремих видів земноводних, при pH=6,6 гинуть деякі молюски, при pH=6,0 зникають з водної екосистеми прісноводні креветки, при pH=5,5-6,0 знижується чисельність і загальна

кількість водяних організмів, гине планктон, при pH=4,5 в озері практично не залишається риби, не осаджуються і гниють рештки.

Таблиця 1.1 – Перелік забруднюючих речовини, що викидаються травильними відділеннями в оточуюче середовище

Забруднення водного середовища	Забруднення атмосфери	Забруднення грунту
Відроблені травильні розчини та промивні води, що вміщують високотоксичні кислоти (сірчану, фосфорну, плавикову та суміші різних кислот), солі важких металів, сірчанокисле залізо, пісок, малорозчинний сульфат кальцію (гіпс), гідрат закису заліза, розчинені мінеральні солі	Пари високотоксичних кислот та їх сумішей, що далі сприяють утворенню «кислотних» дощів	Осадки від конденсації парів високотоксичних кислот, що руйнують гумус у чорноземних грунтах та приводять до загибелі рослин

Важкі метали у досить великих кількостях попадають у стічні води травильних відділень. Такі забруднення є сильними отрутами, здатними знищити у визначених умовах усяке життя в природних водах чи спорудженнях біологічного очищення комунальних стічних вод [9]. Вплив важких металів на водні системи та на гідробіонтів залежить від їх токсичності, концентрації, стійкості у водному середовищі. Але слід відмітити, що зі зниженням pH токсичність багатьох металів виявляється при нижчих концентраціях та зростає їх акумулювання водними організмами [10]. Те, що стічні води з сполученнями важких металів попадають у природне середовище, приводить до великої екологічної шкоди. У нормальному біологічному циклі настає акумуляція важких металів у водних організмах до концентрацій, небезпечних для здоров'я людей. Наприклад, важкі метали, що можуть попасти в організм людини з водою та продуктами

харчування викликають мутації та важкі захворювання у людини (захворювання центральної нервової системи, кровотворних сосудів, серця, печінки та інших органів) [10].

Антропогенні надходження сірчистих речовин взагалі вносять додаткові труднощі в розуміння і прогнозування екологічних ситуацій у водоймах. Надходження з'єднань сірки сприяє підкисленню природних вод. Відновлення окислених з'єднань зв'язано з надходженням органічних інгредієнтів, склад яких може направляти і регулювати розвиток мікрофлори й інтенсивність відбудовних процесів. З'єднання сульфатів самі по собі не порушують екологічної ситуації у водоймах. Небезпечної стає обстановка, коли одночасно із сульфатами надходять антропогенні органічні домішки. Це викликає активацію сульфатредукції, що приводе до появи й у воді сірководню [10].

Випадаючи на земну поверхню, кислота і сульфати впливають на склад ґрунту (ведуть до закислення), її структуру, агрегатний стан, гнітять ґрунтову мікрофлору [8]. Кислоти розчиняють природні мінерали, такі як кальцій та калій, тим самим відбираючи у рослин їх основне джерело поживності.

Поряд з небезпекою для навколишнього середовища, відпрацьовані травильні розчини являють визначену цінність і інтерес для рішення ресурсозбережуючої проблеми утилізації і раціонального використання відходів промисловості.

1.3 Аналіз методів очищення стічних вод травильних відділень

Стічні води травильних відділень характеризуються тим, що забруднення, які містяться в них, неможливо видалити за допомогою фільтрування й інших методів, звичайно застосовуваних для очищення комунальних стічних вод.

Найчастіше зустрічаються забруднення наступні: неорганічні кислоти і їх солі (у стічних водах процесів травлення металів), луги, поверхово активні

речовини (при знежиренні) і неорганічні солі важких металів (при гальванотехнічних процесах).

Постійний прогрес у технології хімічної й електрохімічної обробки металів впливає на зміну структури стічних вод у зв'язку з застосуванням у технологічних процесах різних органічних і металоорганічних інгібіторів, а також з'єднань для очищення і фарбування. І тому що в багатьох випадках навіть невідомі методи видалення цих забруднень зі стічних вод, їх відправляють з «очищеними» стічними водами у сховища (нагромаджувачі). Незважаючи на невелику концентрацію цих забруднень в очищених стічних водах, вони все-таки представляють велику санітарну проблему при постачанні населення водою з водоймищ, куди попадає велика кількість промислових стічних вод.

Вибір відповідного методу очищення стічних вод травильних відділень насамперед залежить від кількості і категорії стічних вод, а також від локальних пристроїв їхнього відводу до збірного резервуара.

У малих травильних відділеннях концентровані і розведені стічні води змішують і піддають нейтралізації й освітленню.

У великих травильних відділеннях стічні води розділяють на концентровані і розведені. У процесі їхнього очищення часто застосовують різні методи, з метою виділення продуктів травлення чи навіть відновлення первинних складових травильної ванни.

Розведені стічні води, як правило, піддають лише нейтралізації й освітленню, після чого їх знову використовують для промивання металу чи відправляють до збірників [11].

Велике число різних забруднень у травильних стічних водах обумовлює і численні методи, способи, прийоми і технологічні схеми, що застосовуються при їх очищенні. Та найпоширенішим методом на сьогодні є нейтралізація.

1.3.1 Нейтралізація відпрацьованих розчинів та промивних вод травильних відділень

Нейтралізація стічних вод досягається добавкою до них таких речовин (реагентів), під впливом яких настає нейтралізація кислот чи лугів, що містяться в них, і виділення у виді осаду інших забруднень, в основному іонів важких металів. У цьому понятті нейтралізація не завжди може позначати досягнення нейтральної реакції (pH=7).

При виборі відповідного способу нейтралізації стічних вод травильних відділень варто керуватися наступними вимогами: обраний спосіб нейтралізації повинен забезпечити видалення зі стічних вод усіх забруднень, що можуть негативно впливати на водойми чи які можуть виділятися в трубопроводах. Застосовані реагенти повинні сприяти утворенню осадів, що легко фільтруються.

Взагалі, вибір того чи іншого реагенту визначається його вартістю, умовами транспортування, збереження і дозування, швидкістю і повнотою протікання реакцій, а також задачами, що вирішуються при нейтралізації, і в кінцевому рахунку техніко-економічними й екологічними показниками.

До переваг реагентних способів відносять високий ступінь очищення, можливість автоматизації, відносну простоту в експлуатації. Основні недоліки - високий солевміст очищеної води, велика витрата реагентів, потреба в значних площах для реагентного господарства і шламовідвалів, труднощі витягу зі шламів солей. Очищення стоків реагентним способом здійснюється як на установках безупинної, так і періодичної дії. Верхня межа застосування останніх визначається продуктивністю до 20 $м^3$/год.

Відпрацьовані розчини травильних ванн нейтралізують лише в невеликих травильних відділеннях, у яких не економічно здійснювати регенерацію кислот чи одержувати солі заліза. Так, при споживанні сірчаної кислоти менш 500 т/рік регенерація та обробка розчинів на купоросних установках не рентабельна. У цьому випадку травильні розчини, що

відробили, направляють на очисну станцію. Однак і при використанні існуючих купоросних установок частина розчинів, непридатна до регенерації, надходить у нейтралізацію. В одних випадках розчини, що відробили, очищають на місцях окремо, в інші - разом із промивними водами. Улучення розчинів, що відробили, у промивні води ускладнює обробку, збільшуючи нерівномірність концентрації забруднень [12].

Як уже відзначалося, промивні води травильних відділень характеризуються малим вмістом хімічних речовин у порівнянні з відпрацьованими травильними розчинами. Наприклад, для відпрацьованих сірчанокислотних травильних розчинів концентрація кислоти складає 40-80 г/л, сульфату заліза 150-300 г/л, а для промивних вод відповідно 1-3 і 1-5 г/л. У ряді випадків ця різниця може бути ще більшою. Тому утилізувати чи регенерувати розчинені речовини недоцільно і всі промивні води піддаються знешкодженню. Зокрема, промивні води від травлення чорних металів піддаються нейтралізації лужними реагентами. До промивних вод травильних відділень інколи підмішуються промивні води від таких допоміжних операцій, як знежирення, содове промивання, а іноді і відпрацьовані розчини травлення і знежирення. У цьому випадку концентрація стічних вод по кислоті і солям може значно збільшитися. Промивні води в більшості випадків нейтралізуються водними розчинами реагентів 5-10%-вої концентрації.

Обраний метод нейтралізації повинен забезпечувати:

1) достатню стабільність очищених стоків, відсутність відкладень у системі;

2) формування осаду, здатного, по можливості, легко виділятися у відстійниках, освітлювачах і на фільтрах;

3) гарне ущільнення осаду, що утворюється;

4) найбільшу економію для умов даного підприємства [13].

Принципова схема нейтралізації стоків травильного відділення, що складається з їх нейтралізації, відстоювання, повернення освітленої води на

повторне використання, а осаду, що утворився, на переробку, наведена на рис. 1.2.

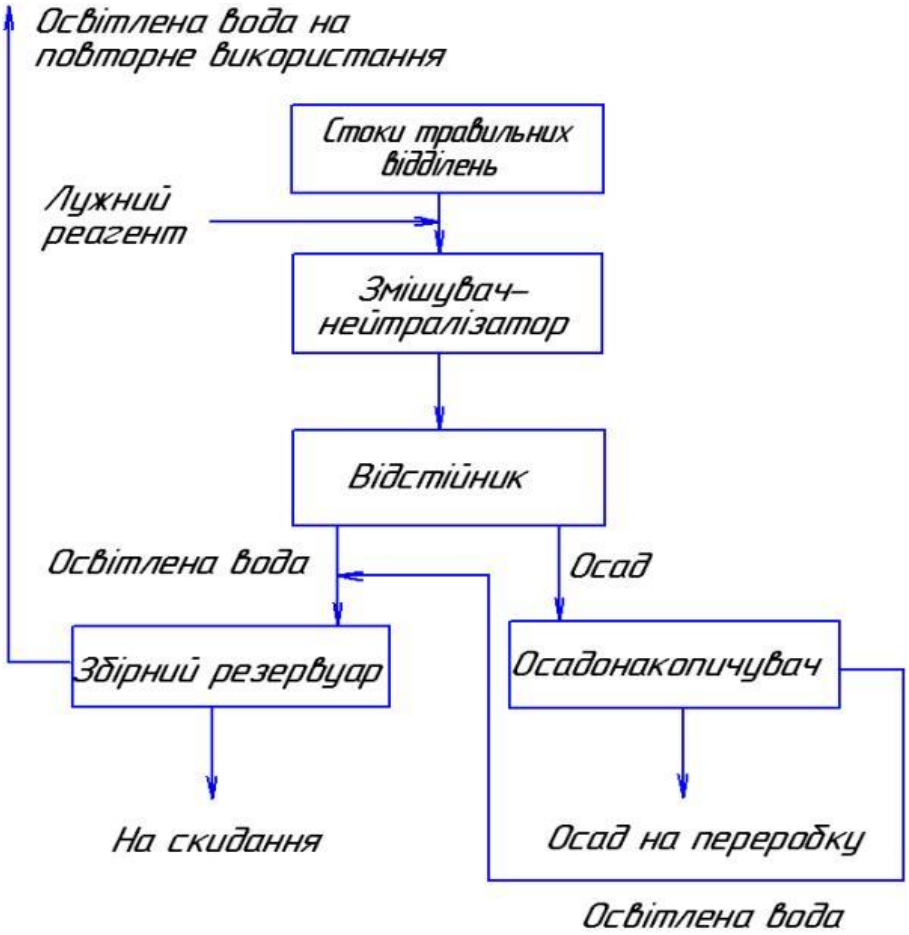


Рисунок 1.2 – Принципова схема нейтралізації стоків травильного відділення

Слід відмітити, що на багатьох заводах замість відстійників і окремо осадко- або шламонакопичувачів використовують ставки-шламонакопичувачі. Таке впорядження станції нейтралізації не відповідає сучасним вимогам [12].

Кислі стічні води травильних відділень найчастіше нейтралізуються вапняковим молоком до pH=8-9, внаслідок чого настає нейтралізація кислот і виділення заліза й інших металів у виді осаду відповідних гідроокисів.

Розглянемо ряд хімічних реакцій, що ілюструють вплив окису кальцію на різні складові травильної ванни:

$$H_2SO_4+CaO+H_2O\rightarrow CaSO_4+2H_2O;$$

$$FeSO_4+CaO+H_2O\rightarrow CaSO_4+Fe(OH)_2;$$

$$2HCl+CaO+H_2O\rightarrow CaCl_2+2H_2O;$$

$$FeCl_2+CaO+H_2O\rightarrow Fe(OH)_2+CaCl_2;$$

$$2HNO_3+CaO+H_2O\rightarrow Ca(NO_3)_2+2H_2O;$$

$$Fe(NO_3)_2+CaO+H_2O\rightarrow Fe(OH)_2+Ca(NO_3)_2;$$

$$2H_3PO_4+3CaO\rightarrow Ca_3(PO_4)_2+3H_2O;$$

$$H_3PO_4+CaO+2H_2O\rightarrow CaHPO_4+3H_2O;$$

$$Fe_3(PO_4)_2+3CaO+3H_2O\rightarrow Ca_3(PO_4)_2+3Fe(OH)_2.$$

Реакцію нейтралізації кислот можна проводити також і за допомогою інших реагентів типу основ. Витрати цих речовин на нейтралізацію 1 г різних кислот (стехіометрично) приведені у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Стехіометрична витрата різних гідроокисів на нейтралізацію 1 г кислот у стічних водах травильних відділень

Кислота	Витрата гідроокисів і карбонатів, г				
	CaO	$Ca(OH)_2$	$CaCO_3$	NaOH	Na_2CO_3
H_2SO_4	0,56	0,755	1,02	0,816	1,08
HNO_3	0,445	0,59	0,795	0,635	0,84
HCl	0,77	1,01	1,37	1,10	1,45
H_3PO_4	0,86	1,13	1,28	1,22	1,61

З представлених вище реакцій нейтралізації можна підрахувати, що в стехіометричних умовах витрата CaO на 1 г відповідних сполучень буде наступним: H_2SO_4 – 0,56 г; $FeSO_4$ – 0,37 г; HCl – 0,77 г; $FeCl_2$ – 0,44 г; HNO_3 – 0,44 г; $Fe(NO_3)_2$ – 0,31 г; H_3PO_4 – 0,86 г.

У дійсності витрачають CaO звичайно більше на 10-20%, чим зазначено, що зв'язано з бажанням одержати кращу структуру осаду, що виділяється.

Кількість осаду, що утвориться в результаті нейтралізації стоків травильних відділень, залежить від концентрації забруднень, що містяться в них, і виду нейтралізуючих реагентів.

Найменшу масу має осад гідроокису заліза (у сухому стані), але тому що він схильний до гідратації, гідроокис осаджується дуже повільно і займає більший обсяг. Найменший обсяг займають осади, отримані при нейтралізації концентрованих стічних вод травильних відділень розчинами карбонату натрію, однак через ряд технологічних труднощів (інтенсивне виділення CO_2) цей реагент застосовують рідко.

Стічні води, утворені після травлення стали в соляній кислоті, значно швидше нейтралізуються вапняковим молоком, тому що в цьому випадку виділяється лише осад $Fe(OH)_2$ чи $Fe(OH)_3$ без $CaSO_4$. Утворення гіпсу утруднює процес нейтралізації відроблених травильних розчинів, вимагаючи їх попереднього розведення.

Нейтралізовані і освітлені води використовують для промивання чи направляють у водойми. У замкнутій водяній системі в умовах нейтралізації стічних вод, що містять сульфати, концентрація H_2SO_4 в очищених стічних водах стабілізується на рівні, що відповідає розчинності $CaSO_4$, у той час як у випадку нейтралізації стічних вод, що містять хлориди, концентрація розчинених вапняних солей зростає до високого рівня. Цьому протидіють постійним видаленням із системи частини очищених стічних вод, заміняючи їх свіжою водою.

Вапнякове молоко (10%-вий розчин) приготовляють з гашеного вапна в спеціальних резервуарах, обладнаних механічними мішалками. Конструкція мішалок повинна забезпечити інтенсивне перемішування рідини і перешкоджати осадженню часточок $Ca(OH)_2$. Вапнякове молоко подається в необхідній кількості в камеру реакції, через котру протікають стічні води, що піддаються нейтралізації. З метою забезпечення гарного перемішування вапнякового молока зі стічними водами варто застосовувати механічні мішалки, що працюють зі швидкістю 30-40 об/хв.

Через властивості стічних травильних вод викликати корозію, всі пристрої, що знаходяться з ними в контакті, повинні бути виготовлені з пластмас бо покриті ними. Завись, що утворюється в процесі нейтралізації стічних вод, осаджується у відстійниках відповідної конструкції. Звичайно приймають наступні швидкості протікання стічних вод: 0,2-0,3 мм/с у вертикальних відстійниках і 3 мм/с у горизонтальних. Час перебування стічних вод у відстійниках складає біля двох годин. Осад, затриманий у відстійнику, містить біля 99 % води. Зневоднення осаду здійснюють фільтруванням чи (більш часто) на зневоднювальних площадках.

У деяких випадках, особливо коли кількість стоків мала, а концентрація кислот висока, проводять їх нейтралізацію безпосередньо гашеним вапном чи вапняковим тістом, отриманим під час гасіння вапна невеликою кількістю води. У цьому методі уникають утворення рідкої фази, тому що продукти нейтралізації мають тістоподібний вид, зручний для навантаження на автотранспорт [13].

1.3.2 Утилізація продуктів нейтралізації

При очищенні стічних травильних вод методом нейтралізації найбільшою проблемою є накопичення, видалення і використання осадків, що утворилися. Якщо місцеві умови дозволяють, то осад, затриманий у відстійнику, транспортується гідравлічним способом до спеціальних нагромаджувачів [14]. Але залишається актуальною проблема видалення продуктів нейтралізації з території підприємства. Це зв'язано з вартістю їх транспортування на смітник і безповоротною втратою хімічних речовин, що містяться в них.

Незважаючи на вміст у нейтралізованому шламі до 30-50% з'єднань заліза, утилізація його в металургії утруднюється через шкідливий вплив сірки, а поділ на компоненти зв'язано з великими труднощами. Вивчалася можливість утилізації шламу в сільському господарстві. Незважаючи на

позитивні результати експериментів, упровадження методу зв'язане з рядом труднощів (збереження шламу, гранулювання й ін.).

Багаторічні дослідження показали можливість використання шламу в якості гіпсовміщуючого продукту, зокрема, як добавки до природної сировини, а також у виробництві в'яжучих та для виготовлення легких бетонів на його основі, як пігмент для будівельних розчинів, при готуванні силікатної цегли, у якості активізатору твердіння доменних шлаків та ін. Розроблено методи використання таких осадів для виробництва теплоізоляційних матеріалів [12].

Більш універсальними, хоча і більш дорогими, є методи, засновані на поділі компонентів чи одержанні на основі вхідних в ОТР інгредієнтів нових коштовних продуктів. До таких методів, наприклад, відноситься нейтралізація аміаком. За цим способом ВТР поділяють на дві частин: одну з них нейтралізують і окислюють киснем чи повітрям у присутності каталізатора - газоподібного діоксиду азоту, далі змішують обидві частини, нейтралізують газоподібним аміаком до pH=7 і витримують суспензію до утворення магнетиту. Магнетит, отриманий цим способом, містить мало домішок і легко відокремлюється від розчину. Аміачний метод нейтралізації є перспективним, оскільки потреба в оксиді заліза велика. Доцільність одержання другого продукту - сульфату амонію - не настільки очевидна, тому що основне його споживання як добриво в сільському господарстві носить сезонний характер і обмежено (для кислих ґрунтів він незастосовний). Це обумовило розробку методу одержання магнетиту по описаній вище схемі, але в цьому способі використовується аміак, що регенеровано із сульфату амонію його обробкою вапняковим молоком. Другим продуктом, одержаним за цією схемою, є гіпс, потреба в якому дуже велика. Аміак при цьому способі є циркулюючим реагентом. Витрати на здійснення обох варіантів приблизно ідентичні, і вибір методу залежить від конкретних умов.

Іноді можна утилізувати ОТР без попередньої нейтралізації, наприклад як реагент для знешкодження лужних відходів (зокрема, для очищення газів),

як коагулянт і т.д. Такі можливості залежать головним чином від місцевих умов [13].

1.3.3 Методи регенерування відпрацьованих розчинів травильних ванн

Методи, застосовані для процесу регенерації розчинів травильних ванн або для одержання з них коштовних продуктів травлення металів, можна розділити на фізичні, хімічні, іонітові й електрохімічні.

Хімічні методи можна застосовувати насамперед до розчинів простого складу, що наприклад складаються з сірчаної чи соляної кислот. Значно частіше, у порівнянні з хімічними методами, застосовують фізичні методи, сутність котрих складається у видаленні продуктів травлення з відроблених травильних розчинів у кристалічній формі. Ці методи застосовують насамперед для очищення відпрацьованих травильних розчинів, у склад яких входять розчини сірчаної кислоти. Їх сутність складається у викристалізувані $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ шляхом охолодження розчину.

Одним з нових методів очищення відпрацьованих травильних розчинів є іонообмінний метод. Його використовують при очищенні травильних розчинів, складених з фосфорної кислоти, а в деяких випадках і спеціальних травильних розчинів, що містять хромову кислоту [15].

Останнім часом велику цікавість викликає можливість промислового застосування електрохімічних процесів для регенерації відпрацьованих травильних розчинів. При цьому необхідно відзначити наступні електрохімічні процеси: 1) електроліз; 2) електроліз з нейтральними мембранами; 3) електроліз з іонітовими мембранами.

Сутність електрохімічних процесів, що протікають у розчинах електролітів, полягає в іонному характері переносу електричного струму й окислювально-відновних процесів, що протікають на електродах. Утворення електричного поля між електродами чи в розчині електроліту приводить до

того, що позитивні іони (катіони) прагнуть до електрода, що заряджений негативно (катод), а негативні іони (аніони) прагнуть до електрода, що заряджений позитивно (анод). Завдяки конвекції, дифузії й іншим причинам під час простого електролізу (без діафрагм) не спостерігається різниці концентрації іонів у масі розчину електроліту, за винятком області, близької до електрода [15].

Застосування електрохімічної регенерації травильних розчинів і очищенні промивних вод дозволяє використовувати цілком замкнуту систему циркуляції технологічної води і травильних розчинів з одночасним витягом витравленого металу [15].

1.4 Аналіз шляхів утворення екологічних, ресурсозбережуючих та маловідходних технологій травлення та промивки у металургії

Витрати кислоти на травлення складає в середньому 20 кг/т і коливаються в дуже широких межах у залежності від виду металу, окалини і т.д. Приблизно половина кислоти йде безпосередньо на хімічні реакції, інше губиться з ВТР, надходить у промивні води, випаровується чи виноситься у виді аерозолів.

Орієнтовно в промивні води (ПВ) надходить до 20 % кислоти; у вентиляцію - в залежності від летючості кислот і умов травлення від зневажливо малих величин (сірчанокисле травлення) до 5 % і більш (солянокисле травлення).

Зменшення витрат кислоти і відповідно викидів зв'язано з уже згадуваними заходами щодо зміни властивостей і кількості окалини. Зменшення частки кислот, що направляються в злив, досягається шляхом більш повного вироблення розчинів у різних процесах, коректуванням розчинів, раціональними методами нагрівання, інтенсифікації травлення, перемішування і т.д. Зокрема, підігрів розчинів гострою парою, досить розповсюджений через простоту методу, приводить до розведення розчинів,

коливанням складу і втратам кислоти зі зливом, у той час як нагрів циркулюючого розчину у виносних теплообмінниках або газовим обігрівом з ерліфтним насосом дозволяє уникнути цих втрат і інтенсифікувати процес за рахунок циркуляції розчинів. Ступінь корисного використання кислоти з застосуванням теплообмінників зросла з 18 до 28 % .

Якщо висока вартість кислот уже давно поставила виробничників перед необхідністю раціоналізувати технологію травлення і знижувати витрату кислот, то розробка нових методів промивання, спрямованих на її інтенсифікацію і скорочення витрати води, і дослідження в області теорії процесу починаються порівняно недавно в зв'язку з розвитком заходів для охорони навколишнього середовища.

Як було показано вище, сьогодні існують методи регенерації ВТР практично будь-якого складу, але широке поширення знайшли лише методи кристалізації залізного купоросу з ВТР сірчанокислого травлення і методи термічної регенерації ВТР солянокислого травлення з одержанням оксиду заліза. Переробка ВТР травлення легованої сталі: розчинів на основі сірчаної кислоти з добавками солей, суміші азотної і плавикової кислот – практикується лише в одиничних випадках. На невеликих підприємствах ВТР не регенерують. У зв'язку з цим найбільше поширення знайшла нейтралізація з утворенням відходів. Найбільше просто утилізувати збезводнений після нейтралізації ВТР шлам чи шлам без зневоднювання (а ще простіше й ВТР без попередньої обробки) на близько розташованих підприємствах, використовуючи їх у якості специфічної сировини, напівфабрикату, наприклад як коагулянт при очищенні стічних вод, нейтралізатора при переробці лужних відходів, добавок для регулювання термінів схоплювання в'яжучих чи пігментів у виробництві будматеріалів і ін. Такі методи повинні знайти саме широке поширення, тому що вони, як правило, не вимагають великих витрат. Якщо кількість відходів невелика й у своєму складі о вони мають цінні компоненти, що містяться й у природній сировині, то такі відходи доцільно переробляти централізовано.

Вирішальним фактором в утилізації відходів таким способом є вартість транспортування. Можлива утилізація коштовної сировини як суміші оксидів і в металургії. При високому вмісті цінних компонентів перевага надається комплексній, як правило, багатоступінчастій переробці ВТР з одержанням декількох продуктів. Так, наприклад, розроблено методи одержання магнетиту і гіпсу чи магнетиту і сульфату амонію при переробці ВТР сірчанокислого травлення.

Аналіз літературних джерел показує, що найпростіший метод очищення – нейтралізації стоків зі скиданням їх у шламонакопичувач – не тільки не забезпечує захисту середовища, але й у економічному відношенні уступає іншим, якщо враховувати вартість спорудження шламонакопичувачів. Метод з одержанням ущільненого осаду виявився переважнішим. Нові методи з утилізацією цінних компонентів по капітальних вкладеннях істотно уступають вапняної нейтралізації, однак за рахунок утилізації коштовних продуктів (магнетиту в якості залізооксидного пігменту і сульфату амонію як добрива чи гіпсу замість нього) вони не тільки можуть конкурувати зі звичайною нейтралізацією, але і стають рентабельними.

Найбільш економічним, за проведеним аналізом, виявився метод переробки ВТР із витягом залізного купоросу за умови використання маткового розчину для повторного травлення. При нейтралізації маткового розчину, незважаючи на те, що одержуваний купорос є вище по якості, метод стає економічно невигідним навіть у порівнянні зі звичайною нейтралізацією. Звідси випливає доцільність переробки ВТР безпосередньо на підприємствах. Це випливає ще і з того, що споживачі залізного купоросу, як правило, використовують його для одержання в кінцевому рахунку оксидів заліза. Для народного господарства значно економічніше одержання цих продуктів безпосередньо з ВТР, минаючи стадію витягу купоросу, навіть з урахуванням заходів по підвищенню чистоти вихідного розчину.

Замикання системи водопостачання промивання металу також є

екологічно обґрунтованим та ресурсозбережуючим методом. Промивні води (ПВ) можуть перероблятися в комплексній схемі переробки ВТР або незалежно від них. У першому випадку можливо два напрямки: перший - скорочення витрати води до кількостей, обумовлених технологією переробки ВТР. Наприклад, при солянокислому травленні потрібно мати співвідношення ПВ:ВТР як 1:1. Для здійснення цього необхідна організація ефективних методів промивання металу. Другий напрямок - концентрування промивних вод одним з методів (термічним, мембранним, іонним обміном і ін.) і подальша їхня переробка разом з концентрованими розчинами, у найпростішому випадку - передача на поповнення робочих розчинів.

При незалежній схемі переробки ВТР і ПВ для замикання систем водопостачання підприємств також можливі два напрямки. Перше – повторне використання неочищених чи частково оброблених стічних вод у суміжних виробництвах, іноді на тім же агрегаті. Маються приклади східчастого (послідовного) використання неочищеної води на промислових агрегатах без погіршення якості продукції. Використання неочищених вод і води зниженої якості відповідно до раціональних вимог до якості промивання нерідко дозволяє істотно знизити кількість стічних вод, що треба піддавати очищенню. Цей напрямок можна застосовувати досить широко не тільки в масштабі агрегатів, але і цехів. Наприклад, воду після використання її у цеху гальванопокриттів можна використовувати для промивання гарячекатаного металу після травлення в сусідньому цеху; відпрацьовані промивні води з найбільшим змістом солей направляти на охолодження шлаку. Природно, що такі рішення повинні застосовуватися після аналізу санітарних і технологічних наслідків [14].

Таким чином, основним напрямком створення економічних оборотних схем є послідовно-повторне використання очищеної води різними споживачами, для яких характерні різні вимоги до якості води. Можливість повторного використання води зважується в конкретному випадку шляхом розрахунків водно-сольового балансу і залежить від хімічного складу

вихідної води, вимог до повторно використовуваної води і схеми водопостачання всього підприємства в цілому [14].

Одним з напрямків є очищення використаних вод до норм, що відповідають вимогам технології й організації оборотного водопостачання. Можливість і доцільність створення оборотного водопостачання, методи запобігання утворення відкладень і інші аспекти цієї проблеми стосовно до травильних відділень розглянуті вище.

Створення маловідхідних і безвідхідних систем за рахунок раціональної переробки первинних відходів основного виробництва й установок регенерації, у тому числі й організація оборотного водопостачання, є дорогими заходами. Вони повинні виконуватися на основі ретельного техніко-економічного й екологічного аналізу і проводитися, як правило, одночасно з модернізацією і впровадженням маловідхідної і ресурсозбережуючої технології основного виробництва [12].

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Коротка характеристика металургійного підприємства

Продукція металургійного підприємства представлена трубами широкого спектру застосування з вуглецевих і легованих марок сталі (сортамент труб від 6,0 до 152 мм по діаметру і від 1,0 до 20 мм по товщині стінки), цільнокатаних залізничних коліс і бандажів, товарів народного споживання, виконання робіт промислового характеру по разових замовленнях, виконання дослідно-конструкторських і пожежно-дослідницьких робіт, торгово-закупівельна, збутова і біржова діяльність, зовнішньоекономічні зв'язки із зарубіжними фірмами. На підприємстві випускається більше 1200 типорозмірів труб, 25 типорозмірів коліс, кільця та бандажі, зокрема: шарико-подшипникові, високоміцні, обсадні і нафтопровідні, безшовні труби, тонкостінні труби електрозварювань малого діаметру, а також залізничні цільнокатані колеса.

Сучасна технологія і устаткування, організація виробництва і контроль якості продукції, що випускається, висококваліфікований персонал, накопичений віковий досвід і досягнення науки і техніки у області виробництва сталі, труб і залізничних коліс гарантує споживачу високу економічну ефективність від використання даної продукції. Продукція підприємства експортується в більш ніж 35 країн світу. У основі заводу: вісім основних цехів (мартенівський цех, ТПЦ-1, ТПЦ-2, ТПЦ-3, ТПЦ-4, ТПЦ-5, ТЄСЦ, КПЦ і КБЦ), один підсобний цех (копровий цех) і шістнадцять допоміжних і обслуговуючих цехів (механічний цех, РМЦ, СФЛЦ, ВКБ, ЦРМТО, ЦРМП, ЦЛАМ, лабораторія зварки, електроцех, цех КИПіА, ТСЦ, цех ПДСС, ЄТЛ, АТЦ, ЖДЦ, контрольно-ваговий відділ.

На металургійних підприємствах утворюються великі обсяги забруднених стічних вод. До найбільш забруднених і агресивних промислових стічних вод відносять кислотні стоки, що є відходами

травильних відділень. На підприємстві хімзабруднені стічні води від травильних та цинкувальних відділень трубопрокатних цехів № 3, 4, 5 та від цеху товарів народного споживання піддають знешкодженню на станції нейтралізації. Продукти нейтралізації скидаються у шламонакопичувач.

У зв'язку із широким поширенням травлення металів у кислотах, питання переробки і знешкодження хімзабруднених стічних вод актуальні і значимі.

2.2 Характеристика стічних вод травильного відділення

2.2.1 Хімічний склад стоків травильного відділення

Підприємство використовує 800-2000 т/рік сірчаної кислоти.

Незалежно від виду хімічної обробки поверхні в процесі травлення здійснюють різні допоміжні операції, проведені з метою очищення і збереження поверхні оброблюваних заготівель.

Виходячи з технологічних операцій, зв'язаних з хімічним очищенням поверхні металевих заготівель, можна прийняти, що в кожнім травильному відділенні існує два види стічних вод: концентровані і розведені. Перші є відходами травильних ванн (відпрацьовані розчини), у той час як останні - промивними водами.

Таким чином, у травильних відділеннях утворюються два види стоків: відпрацьовані травильні розчини від безпосереднього травлення металів і промивні води від промивання протравленого металу. Склад відпрацьованих травильних розчинів (концентрованих стічних вод) і промивних вод (розведених стічних вод) може сильно розрізнятися, тому що він залежить від хімічного складу свіжої ванни і категорії оброблюваного металу. Однак загальною характерною рисою всіх стічних вод травильних відділень є низька концентрація кислот і висока – іонів металу [9].

2.2.2 Хімічний склад концентрованих травильних стоків

На підприємстві утворюється 6000 $м^3$/рік відпрацьованих травильних розчинів з вмістом вільної кислоти 420 т/рік, концентрацією H_2SO_4 90-110 г/л та загального заліза ($Fe_{общ.}$) 85-90 г/л.

Багаторазово використані травильні розчини збагачуються розчиненими металами, солями заліза і виводяться з виробництва. У міру того, як концентрація металів росте, концентрація вільної кислоти падає й ефективність травлення знижується. Для відновлення травлячої здатності ванни до неї час від часу додають свіжу концентровану кислоту, але зрештою розчин робиться непридатним і вимагає заміни. Переробка відпрацьованих травильних розчинів (ВТР) може здійснюватися шляхом витягу з них продуктів травлення з поверненням реагентів на повторне використання. Регенерація ВТР може здійснюватися різними методами [10].

У відпрацьованих травильних розчинах крім розчинних кислот, солей, лугів присутні зважені речовини - важкорозчинні в кислотах окисли, карбіди металів і інші. До складу розчинів можуть входити також присадки інгібіторів корозії. Склад суспензії залежить від виду металу, рецептури розчину, якості застосовуваних при готуванні робочих розчинів реактивів і води і так далі [11].

Склади відпрацьованих травильних розчинів (ВТР) із граничними концентраціями приведені у табл. 2.1.

Аналіз стану переробки відпрацьованих травильних розчинів показав, що тільки сірчанокислотні розчини, відпрацьовані по кислоті до 5-20 г/л, що утримують велику кількість сульфату заліза, економічно переробляти на купоросних установках. Інші види відпрацьованих травильних розчинів у даний час не мають економічного методу переробки з метою регенерації кислот.

Середній склад травильних розчинів від травлення сірчаною кислотою на даному підприємстві характеризується даними, наведеними в табл. 2.2.

Таблиця 2.1 – Середні концентрації кислот і солей у відпрацьованих травильних розчинах

Метал, що оброблюється, процес	Вміст вільної кислоти, %	Вміст солей заліза, %	Вміст солей інших важких металів, %	Присадки, %
Вуглецевий та низьколегований, безперервний	8	18	до 0,5	$NaCl \leq 3$
Вуглецевий та низьколегований, періодичний	0,5	25	до 2	$NaCl \leq 3$
Легований	15	10	5	$NaCl \leq 5$ $NaNO_3 \leq 3$

Таблиця 2.2 – Середній склад травильних розчинів

Показники забруднення	Кількість
Зважені речовини, г/л	0,25-0,50
Залізний купорос, г/л	100-300
Сірчана кислота, г/л	30-100
Залізо, г/л	40-76
Сульфати, г/л	90-150
Хлориди, г/л	14-86
Окислюваність, г/л O_2	-
pH	1-2
Температура, ^oC	30-80

На практиці спостерігаються різноманітні концентрації забруднень у травильних стічних водах, які можуть піддаватися коливанням не тільки в плині доби, але й однієї години [12].

2.2.3 Хімічний склад промивних вод травильного відділення

Промивні води від промивання протравленого металу можуть містити 0,5-5,0 г/л кислоти; 0,5-8,0 г/л солей заліза і до 300 мг/л зважених часток (окалина, пісок і інші механічні домішки). Середній склад промивних вод на підприємстві від травлення сірчаною кислотою характеризується даними, наведеними у табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Середній склад промивних вод від травлення сірчаною кислотою

Показники забруднення	Кількість
Зважені речовини, г/л	0,13-0,40
Залізний купорос, г/л	0,50
Сірчана кислота, г/л	0,50
Залізо, г/л	0,10
Сульфати, г/л	0,33
Хлориди, г/л	0,01
Окислюваність, г/л O_2	14,0
pH	4-4,5
Температура, ^oC	-

З наведених даних видно, що промивні води травильного відділення також є екологічно небезпечними для оточуючого середовища, тому необхідно їх очищувати та знешкоджувати.

2.2.4 Кількість стоків травильного відділення

У травильному відділені, де травильний реактив складається із сірчаної кислоти, середня кількість стічних концентрованих вод досягає 10 $м^3$ на 1000 кг кислоти, що витрачається, чи близько 0,3-0,6 $м^3$ на 1 т протравленого

металу, та 100-150 м^3 промивних вод.

Кількість промивних вод у значній мірі залежить від застосованої системи промивання і виду заготівель.

В усіх випадках, коли застосовують регенерацію травильних розчинів, а також раціональну систему промивання, кількість стічних вод, як концентрованих, так і розведених, значно зменшується, що приводить до значної економії в споживанні свіжої води [9].

У залежності від виду оброблюваних виробів питома витрата стічних вод може коливатися в значних межах: від 0,4 м^3 на 1 т виробів (травлення прутків) до 50м^3 на 1 т (травлення оцинкованих труб). У середньому витрату стічних вод травильних цехів складає 3-3,5 м^3 на 1 т виробів, з яких близько 85% – промивні стоки.

Необхідно відзначити, що витрати стічних вод також не залишаються постійними, але коливання їх в порівнянні з коливаннями концентрацій забруднень порівняно невеликі. Різкі зміни витрат зв'язані з аварійним станом технологічного устаткування та стаються порівняно рідко [12].

У металургійній і машинобудівній промисловості стічні води травильних ванн особливо брудні та у неочищеному стані не можуть бути скинуті в міську каналізаційну мережу, або у водоймища. Вони руйнують канали і стічні колектори і знищують бактеріальну флору, унеможливлюють правильну роботу станцій біологічного очищення стічних комунальних вод та викликають цілий ряд екологічних проблем [9].

2.3 Опис існуючої технологічної схеми очищення стічних вод травильного відділення

На підприємстві усі забруднені стоки травильного відділення (і ВТР і ПВ) направляють на очисну станцію, де для знешкодження стічних вод використовують один з найпоширеніших хімічних (або реагентних) методів – нейтралізацію.

У якості нейтралізуючого реагенту використовують вапнякове молоко.

Технологічний процес можна розділити на три наступних основних етапи:

1. Доставка негашеного вапна і складування його.

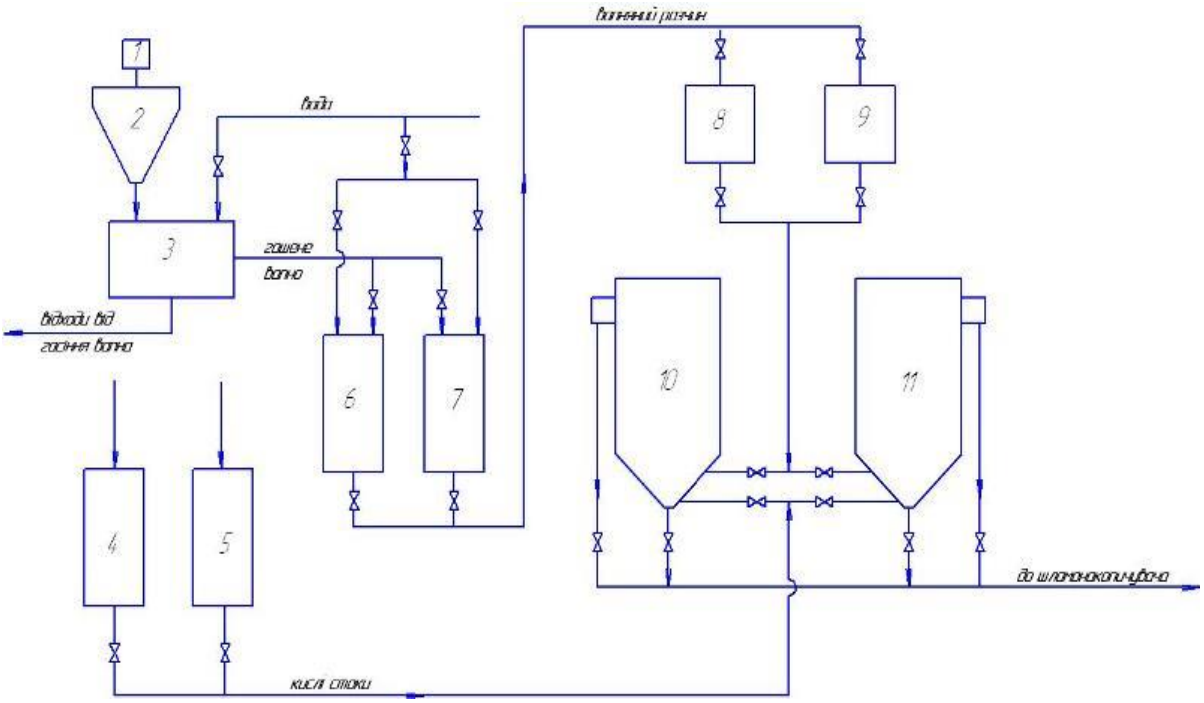
2. Підготовка вапна для нейтралізації і власне нейтралізація.

3. Очищення нейтралізованих стоків перед випуском.

Процес призначено для знешкодження відпрацьованих сірчанокислих стоків травильного відділення. Шляхом їх нейтралізації до pH рівного 6-8. Для цієї мети передбачене використання вапна, що виробляється у великих кількостях промисловістю і широко використовуються в будівництві, сільському господарстві для нейтралізації кислих ґрунтів і для інших цілей. Такий реагент разом з безпекою при роботі забезпечує нейтралізацію сірчаної кислоти до утворення гіпсу $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, а домішок важких металів до карбонатів і гідроксидів, що по своїй екологічній безпеці аналогічні природним мінералам. Матеріали, що утворюються в результаті нейтралізації стоків травильних відділень можуть бути складовані у відвалах, використані в будівництві промислових об'єктів.

Технологічний процес передбачає періодично виконувану послідовність операцій за допомогою відповідних механізмів, пристроїв і апаратури. Технологічна схема процесу нейтралізації наведена на рис. 2.1.

Вапно надходить на завод у контейнерах, у яких здійснюється його збереження на складі. На нейтралізаційну установку вапно надходить у саморозвантажних контейнерах 1, що виключає пилоутворення у приміщення нейтралізаційної установки і створює нормальні умови для роботи обслуговуючого персоналу. З контейнерів вапно надходить у бункер 2 і далі через закритий живильник у вапногасилку 3. З вапногасилки густий вапняний розчин надходить у розчинні баки 6 та 7, де він доводиться до 5-10% концентрації. З розчинних баків вапняний розчин насосами подається в дозатори вапнякового розчину 8 та 9, відкіля самопливом надходить у змішувачі 10-11.



1 – контейнер з вапном; 2 – бункер; 3 – вапногасилка; 4,5 – прийомні резервуари стічних вод; 6, 7 – розчинні баки; 8, 9 – дозатори вапнякового розчину; 10, 11 – змішувачі (реактори).

Рисунок 2.1 – Технологічна схема очищення стічних вод

Травильні стоки надходять у прийомні резервуари стічних вод 4 та 5, де усереднюються. З прийомних резервуарів насосами подаються у змішувачі, де і перемішуються з вапняним розчином. Зі змішувачів стоки перекачуються в заводський ставок-шламонакопичувач, який використовується одночасно для відстоювання стоків, ущільнення та складування осаду. Опісля шламонакопичувачу освітлені стоки скидаються у водойми.

2.4 Призначення та робота обладнання

Таким чином, до комплексу нейтралізаційної установки входять: вапногасилка, розчинні баки, дозатор вапнякового розчину, змішувач, насосне обладнання, приймальні резервуари, баки нейтралізованих стоків.

На підприємстві використовують безперервно діючу термомеханічну вапногасилку, продуктивністю по вапну 1,5-2 т/год. Працює вона до 4 годин на добу. Припустимий максимальний розмір грудок вапна, що використовують, складає 200 мм. Вивантаження відходів здійснюється 1 раз на добу.

У розчинних баках вапняковий розчин доводять до концентрації 5-10%. Для перемішування розчину баки обладнані механічними лопатними мішалками. Використовуються два розчинних бака, ємкістю 4 $м^3$ кожний, що складає 2-х годинний запас вапняного розчину при максимальній продуктивності обладнання. Баки обладнані рівнемірами.

Для дозування вапнякового розчину встановлено два дозатора та два насоса. Одночасно працюють один дозатор та один насос. Другий дозатор та насос знаходяться у резерві. Принцип роботи дозатора состоїть у тому, що при визначеному рівні розчину у ньому, через отвір у діафрагмі у змішувач витікає постійна кількість вапнякового розчину, витрати якого можуть змінюватися тільки за рахунок зміни глибини занурення діафрагми під рівень вапнякового розчину. Зміна глибини занурення діафрагми під рівень розчину залежить від положення переливного вікна. В залежності від концентрації стоків, що надходять на нейтралізацію, та показників pH-вимірювача автоматично змінюється положення переливного вікна.

Для рівномірного змішування стоків з вапняковим розчином використано змішувач вихрового типу. Нижня частина змішувача конічна, кут нахилу стінок 30^0. Змішувач виконано з нержавіючої сталі.

Приймальні резервуари являють собою споруди по типу «склянка у склянці», тобто залізобетонний резервуар встановлюється у металевий бак, за станом якого можна вести спостереження, та котрий можна вийняти в разі необхідності ремонту. Виконуються з листової сталі, внутрішня поверхня викладається кислототривкою плиткою. Використовується 4 баки. Ємкість їх розрахована виходячи з 5-хвилинного перебування максимальної кількості стоків, що можуть надходити на нейтралізаційну установку.

2.5 Пропозиції з удосконалення технологічної схеми

Існуюча технологічна схема має ряд недоліків: по-перше період заповнення шламом шламонакопичувачу приймається 10-15 років; шлам дуже рухливий, має вологість біля 97% й чистити від нього ємкість дуже складно, крім того при заповненні шламонакопичувачу починається винос осаду до водоймищ; по-друге – навіть при незаповненому шламонакопичувачі значна частина зважених речовин у зв'язку з поганою здатністю осаджуватися виноситься потоком за шламонакопичувач. Цій обставині сприяють велика швидкість проходження потоку через шламонакопичувач, нерівномірний розподіл нейтралізованих вод на вході до нього, а також погане усереднення концентрованих стоків перед нейтралізацією.

На підприємстві продукти нейтралізації перекачуються в заводський ставок-шламонакопичувач без попереднього розділення рідкої та твердої фаз, що є неекологічним та неекономічним. Таке впорядження станції нейтралізації не відповідає сучасним вимогам. Методи двоступеневої обробки стоків виявляються більш перспективними.

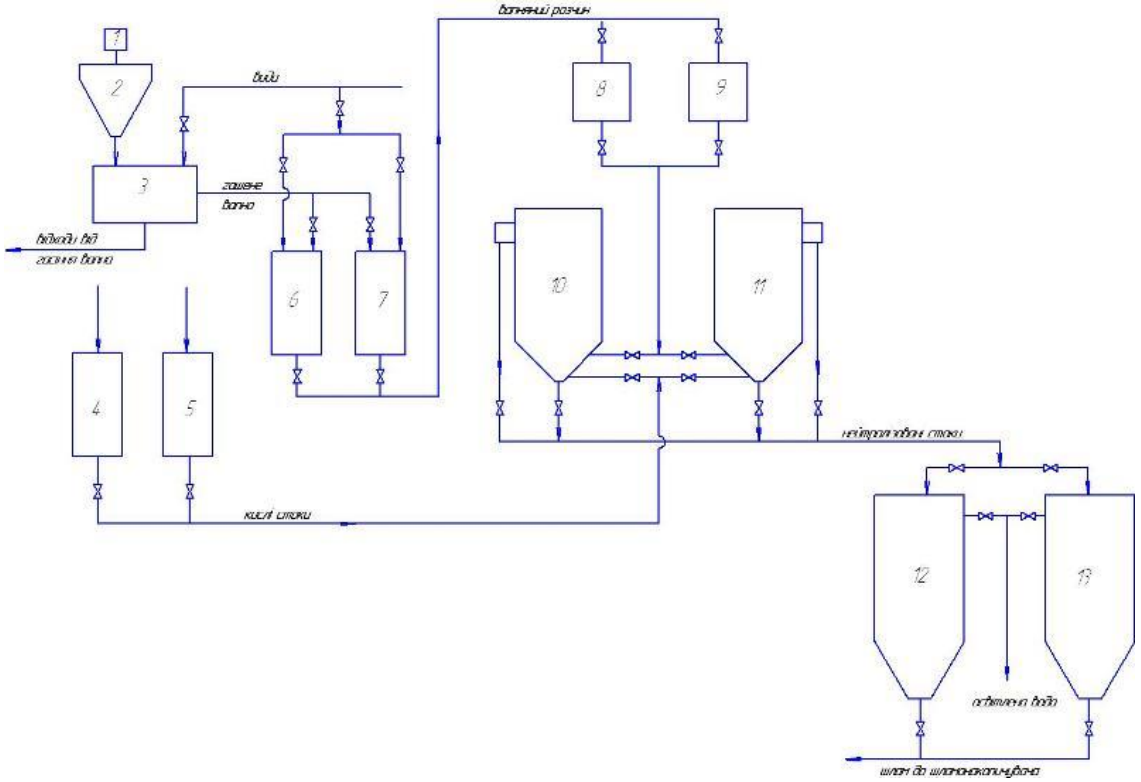
При двоступеневій обробці стоків й осаду нейтралізовані стоки спочатку пропускаються через відстійники або освітлювачі, а осад, що було виділено в них, направляється до шламонакопичувачу для подальшого його ущільнення та складування. Ця схема складніше, але при виділенні осаду у відстійниках, на шламонакопичувачі поступає не увесь обсяг стоків, а тільки невелика частина – концентрований осад, якого у 10-20 разів менше, ніж усіх стоків. Таким чином при двоступеневій схемі не має потреби пропускати стоки через шламонакопичувач та зливати у водойми. Дослідження показують [15], що умови зневоднення та ущільнення одного концентрованого осаду кращі за умови ущільнення осаду у всій масі стоків. Крім того, кінцевий обсяг осаду значно менше обсягу, що виділяється з тих же стоків при одноступеневій обробці. Оскільки двоступенева система

забезпечує також більш сприятливі умови ущільнення осаду у шламонакопичувачі, використання одноступеневої схеми є недоцільним та неекологічним.

Найбільш складним питанням у даному технологічному процесі є відділення шламу від води. Це необхідно для додержання екологічних нормативів, створення оборотного водопостачання і також для зменшення об’єму шламу.

Аналіз методів очищення стічних вод від взважених речовин, якими є продукти нейтралізації, показав, що найбільш простими в експлуатації, дешевими, економічними та досить ефективними є відстійники.

Розроблену технологічну схему наведено на рис. 2.2.



1 – контейнер з вапном; 2 – бункер; 3 – вапногасилка; 4,5 – приймальні резервуари стічних вод; 6,7 – розчинні баки; 8,9 – дозатори вапнякового розчину; 10, 11 – змішувачі (реактори); 12, 13 – відстійники.

Рисунок 2.2 – Розроблена технологічна схема нейтралізації травильних стоків

На нейтралізаційну установку вапно надходить у саморозвантажних контейнерах 1. З контейнерів вапно надходить у бункер 2 і далі через закритий живильник у вапногасилку 3. З вапногасилки густий вапняний розчин надходить у розчинні баки 6 та 7, де він доводиться до 5-10% концентрації. З розчинних баків вапняний розчин насосами подається в дозатори вапнякового розчину 8 та 9, відкіля самопливом надходить у змішувачі 10-11.

Травильні стоки надходять у прийомні резервуари стічних вод 4 та 5, де усереднюються. З прийомних резервуарів насосами подаються у змішувачі, де і перемішуються з вапняним розчином. Зі змішувачів стоки перекачуються у відстійники 12, 13. Далі освітлена вода може повертатися до технологічного циклу. Наприклад, можна використовувати її для приготування вапнякового розчину, або направляти на охолодження шлаку у гарячі цеха. А осад у значно меншому ніж раніше обсязі перекачується в заводський ставок-шламонакопичувач.

Запропонована схема дозволить значно зменшити об’єм шламу, що поступає на заводські шламонакопичувачі, замкнути водозворотній цикл та повернути очищену воду до технологічного циклу.

2.6 Принцип дії вертикального відстійника

Відстійники є самими зручними пристроями, що слугують для відділення суспензій від рідини. Умови роботи відстійників залежать від характеру осаду (зернистий, пластівчастий, колоїдний) і необхідного ступеня освітлення рідини.

Швидкість протікання стічних вод знаходиться в межах 0,1-10 мм/с (при пластівчастій суспензії) і в межах 1-50 мм/с (при зернистій суспензії), а час перебування стічних вод у відстійнику - від декількох десятків хвилин до 2-4 годин.

Гарна робота відстійника залежить значною мірою від рівномірності

протікання стічних вод, що досягається застосуванням спеціальних перегородок і витримуванням відповідних пропорцій між основними розмірами відстійника.

За напрямком руху рідини проточні відстійники поділяють на горизонтальні і вертикальні. Горизонтальні відстійники можуть бути прямокутними – з рівнобіжним рухом потоків рідини і радіальними - із променевим протіканням рідини від центра до периферії.

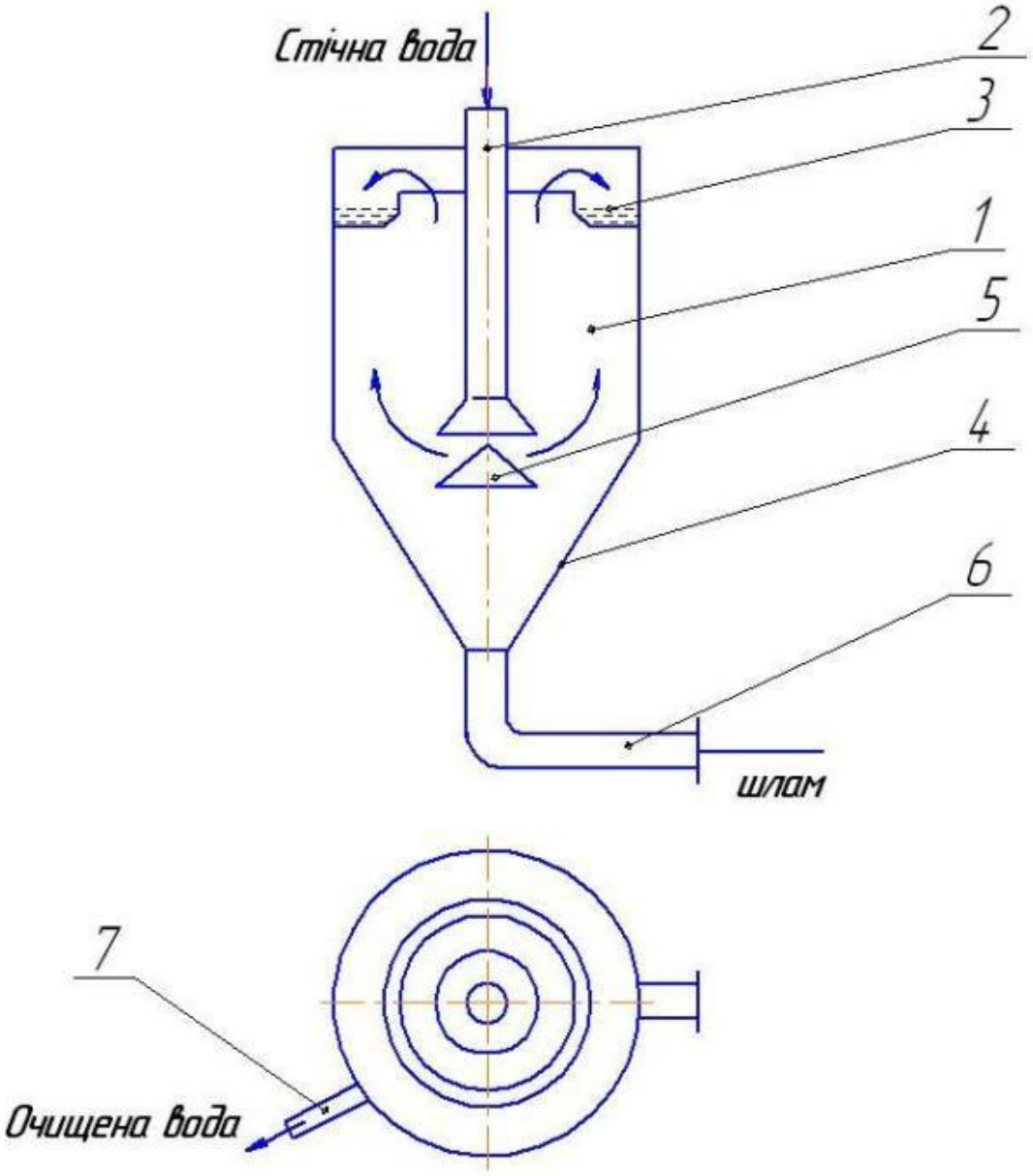
Вертикальні відстійники будують у виді круглих чи квадратних конструкцій з конусоподібним дном, призначеним для нагромадження осаду. Схема вертикального відстійника наведена на рис. 2.3.

Вертикальний відстійник з низхідно-висхідним потоком стічної води представляє собою круглий резервуар з періферийним лотком для збору освітленої води. Стічні води підводяться через центральну трубу 2 до нижньої частини відстійника, де відбувається зміна напрямку і швидкості їхнього плину в кільцевому просторі між центральною трубою і стіною циліндричної частина відстійника 1. Для кращого розподілення води центральну трубу роблять з раструбом та розподільчим щитом 5. Інтенсивне розділення рідкої та твердої фаз здійснюється на повороті потоку у нижній частині відстійника. Вода починає рухатися знизу вверх до лотка 3. Таким чином осадження здійснюється у восходячому потоці, швидкість якого 0,5-0,6 м/с. Завдяки цьому суспензія, що має швидкість осадження v, більшу, ніж швидкість v^l вертикального підйому рідини, осідає в конусний збірник відстійника 4, з якого періодично віддаляється по трубі 6. Освітлена вода доходить до верху відстійника та попадає у водозбірний кільцевий лоток 3. Очищена вода відводиться з лотку по трубопроводу 7 [13].

2.7 Розрахунок вертикального відстійника

Найбільш поширеною є нейтралізація відроблених травильних розчинів та промивних вод. Еколого-економічно обґрунтованою є схема

нейтралізації до якої входять: змішувач, нейтралізаційна (реакційна) камера, відстійник, дозатор реагентів і пристрій для готування вапнякового молока.



1 – циліндрична частина; 2 – центральна труба; 3 – лоток для збору освітленої води; 4 – конічна частина; 5 – розподільчий щит; 6 – труба для відводу шламу; 7 – трубопровід для відводу очищеної води

Рисунок 2.3 – Вертикальний відстійник

Слід відмітити, що на підприємстві замість відстійників і окремо шламонакоплювачів використовують ставки-шламонакоплювачи. Таке

впорядження станції нейтралізації не відповідає сучасним вимогам [12]. Тому в даній роботі наведено розрахунок відстійника.

Площа поверхні відстійника визначається за формулою

$$F= Q/(0,001\cdot v^1), м^2 \quad (2.1)$$

$$F=10^{-3}Q/(a\cdot v), м^2 \quad (2.2)$$

де F – площа поверхні відстійника, $м^2$;

Q – інтенсивність подання стічних вод, $м^3/с$;

v – швидкість осадження суспензії, м/с;

v^1 – розрахункова швидкість вертикального переміщення рідини у відстійнику, м/с;

а – коефіцієнт, що є рівним 0,5-0,7.

Добуток $a\cdot v$ дає розрахункову швидкість v^1 вертикального переміщення рідини у відстійнику.

Висота проточної частини відстійника встановлюється рівною 4-5 м, а глибина занурення центральної труби на 0,5 м менше. Під центральною трубою розташовано так званий відбивний щит, що змінює напрямок руху струменя рідини, що випливає з центральної труби. Швидкість протікання рідини в центральній трубі не повинна перевищувати 100 мм/с. Кут між утворюючими конуса знаходиться в межах 60-90° і залежить від властивостей осаду. Глибина лійки для осаду (висота конуса) залежить від діаметра відстійника. Для підтримки умов рівномірного протікання стічних вод через відстійник його діаметр не повинен перевищувати 8-10 м [9].

Необхідний об’єм проточної частини W розраховується за формулою:

$$W=(Q +Q_m)\cdot t, м^3. \quad (2.3)$$

Робоча висота циліндричної частини h за розраховується за формулою:

$$h=v\cdot t\cdot 3600, м \quad (2.4)$$

де Q – інтенсивність подання стічних вод, $м^3/год$;

Q_m – витрати вапняного розчину 5% концентрації, м^3/год;

v – швидкість осадження суспензії, м/с;

t – час відстоювання, в годинах.

Якщо прийняти час відстоювання t рівним 3 годинам, вертикальну швидкість (або швидкість осадження суспензії) v=0,4 мм/с, інтенсивність подання стічних вод Q = 200 м^3/год; витрати вапняного розчину 5% концентрації Q_m =2 м^3/год, то у цьому випадку необхідний об’єм проточної частини W розраховується за формулою:

$$W=(200+2)\cdot 3=606 \text{ м}^3.$$

Робоча висота циліндричної частини h розраховується за формулою:

$$h=0,4\cdot 3\cdot 3600\cdot 0,001=4,32 \text{ м}.$$

В такому випадку діаметр відстійника приймається 9 м, а висота конусу 4,2 (довідкові данні).

Площа поверхні відстійника визначається за формулою:

$$F=10^{-3}\cdot 200/(0,6\cdot 0,4\cdot 0,001)=833,33 \text{ м}^2.$$

У зв’язку з тим, що у відстійники може попасти кислота, що не встигла нейтралізуватися, необхідно виконувати відстійники з корозійностійких матеріалів, або з хімзахистом внутрішньої поверхні [13].

2.8 Еколого-економічна ефективність від впровадженних заходів

Екологічна політика підприємства базується на принципах впровадження сучасних ресурсо- та енергозберігаючих технологій,

постійному удосконалюванні технологічних процесів, використанні екологічно чистої сировини і матеріалів, мінімізації відходів виробництва. Система керування навколишнім середовищем компанії сертифікована відповідно до міжнародного стандарту ISO 14001.

Серед ключових результатів природоохоронної діяльності підприємства в останні роки можна відзначити такі досягнення, як впровадження на підприємстві системи керування навколишнім середовищем з одержанням сертифіката на відповідність вимогам стандарту серії ISO-14001:2004, введення комплексу газоочищення за установкою позапічної обробки сталі в мартенівському цеху, установки пилопригнічення мартенівських шлаків на шлаковому дворі, створення комплексу з переробки шлакових відвалів, розробку проєкту з припинення скидання стічних вод у річку Дніпро.

Технологічна схема проєкту з припинення скидання стічних вод передбачає очищення виробничо-дощових стічних вод шляхом їх обробки коагулянтом і флокулянтом, фільтрації на двокамерних фільтрах першого ступеню, завантажених антрацитом, і двокамерних фільтрах другого ступеню, завантажених активованим вугіллям. Таким чином, очищені стічні води обсягом 650 $м^3$/год будуть повертатися у виробництво для циклічного використання.

Комплекс з переробки відходів металургійного виробництва (шлакових відвалів) дозволяє переробляти до 1 млн. тонн шлаку на рік. У результаті реалізації проєкту поступово буде очищена територія площею біля 18 га. Крім того, у районі комплексу проводиться активне пилопригнічення, переробка відвалів ведеться з дотриманням усіх санітарних і природоохоронних норм.

На підприємстві утворюються великі обсяги забруднених стічних вод. До найбільш забруднених і агресивних промислових стічних вод відносять кислотні стоки, що є відходами травильних відділень.

На підприємстві хімічно-забруднені стічні води від травильних та

цинкувальних відділень трубопрокатних цехів № 3, 4, 5 та від цеху товарів народного споживання піддають знешкодженню на станції нейтралізації. Продукти нейтралізації скидаються до шламонакопичувачу.

Існуюча технологічна схема має ряд недоліків: по-перше період заповнення шламом шламонакопичувачу приймається 10-15 років; шлам дуже рухливий, має вологість біля 97 % й чистити від нього ємкість дуже складно, крім того при заповненні шламонакопичувачу починається винос осаду до водоймищ; по-друге – навіть при незаповненому шламонакопичувачі значна частина зважених речовин у зв'язку з поганою здатністю осаджуватися виноситься потоком за шламонакопичувач.

Кількість стічних вод травильного виробництва та станції нейтралізації наведено у табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Кількість стічних вод травильного виробництва та станції нейтралізації

Найменування	Кількість	
	2023 рік	2024 рік
Обсяг відпрацьованих травильних розчинів, $м^3$/рік	6000	6429
Обсяг промивних вод, $м^3$/рік	9000	9644
Обсяг рідких стоків станції нейтралізації, $м^3$/рік	30750	32950

У зв'язку з тим, що шламонакопичувачі періодично необхідно чистити, а продукти нейтралізації (шлам) з них необхідно захоронювати, розрахуємо плату за розміщення відходів($П_{рв}$) [14] по формулі:

$$П_{рв}=\sum(М_{лі}\cdot Н_і\cdot К_т\cdot К_о) + (М_{пі}\cdot Н_і\cdot К_т\cdot К_о\cdot К_п) \quad (2.5)$$

де $М_{лі}$ – обсяг відходів і-го виду в межах ліміту, т/рік;

$М_{пі}$ – обсяг перевищуючого ліміт розміщення відходів і-го виду (різниця

між обсягом фактичного розміщення відходів і лімітом), т/рік;

$Н_і$ – норматив збору за тонну відходів і-го виду в межах ліміту, грн./т. Шлами нейтралізаційних станцій відносяться до ІІІ класу небезпеки (помірно небезпечні), тому Н=0,5 грн./т;

$К_т$ – коригувальний коефіцієнт, що враховує місця розміщення відходів. За межами населених пунктів (на відстані більш як 3 км від їх меж) складає 1;

$К_о$ – коригувальний коефіцієнт, що враховує характер облаштованості й устаткування місця розташування відходів. Для спеціально створених місць складування (полігонів), що забезпечують захист атмосферного повітря та водних об'єктів від забруднення $К_о$=1;

$К_{п.}$ – коефіцієнт кратності збору за понадлімітне розміщення відходів, $К_{п.}$=5.

Хімічний склад основних забруднювачів рідких стоків (пульпи) зі станції нейтралізації наведено у табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Хімічний склад основних забруднювачів рідких стоків (пульпи) зі станції нейтралізації

Найменування забруднювачу	Концентрація, г/м^3	ГДК$_{в.р.}$, мг/м^3	Загальна маса скиду у шламонакопичувач, т/рік	Показник відносної небезпеки забруднюючих речовин (А)
Йони SO_4^{2-}	5393	100	2033	0,01
Йони Fe^{2+}	4509	0,5	1700	2
Йони PO_4^{3-}	1955	3,5	737	0,286
Йони Cl^-	2512	300	947	0,0033
Масла	13	0,05	5	20

Обсяг відходів станції нейтралізації в межах ліміту дорівнює $М_л$=41600 т/рік; обсяг фактичного розміщення відходів $М_ф$=43680 т/рік;

звідси обсяг перевищуючого ліміт розміщення відходів $М_п$ = 43680-41600=2080 т/рік.

Як було відмічено, у деяких випадках стоки станції нейтралізації пропускають через шламонакопичувач та зливають у водойми.

Сума збору за скидання стічних вод (Пс) розраховується по формулі:

$$П_с=\sum(М_{лі}\cdot Н_і\cdot К_{рб}) + (М_{пі}\cdot Н_і\cdot К_{рб}\cdot К_п) \quad (2.6)$$

де $М_{лі}$ – обсяг скидання і-ї забруднюючої речовини в межах ліміту, т/рік;

$М_{пі}$ – обсяг перевищуючого ліміт скидання (різниця між обсягом фактичного скидання і ліміту і-ї забруднюючої речовини) і-ї речовини, т/рік;

$Н_і$ – норматив збору за тонну і-ї забруднюючої речовини, грн./т;

$К_{рб}$ – регіональний (басейновий) коректувальний коефіцієнт, що враховує територіальні екологічні особливості, а також еколого-економічні умови функціонування водного господарства, в нашому випадку $К_{рб}$ = 2,2.

$К_{п.}$ – коефіцієнт кратності збору за перевищення ліміту скидання забруднюючих речовин, $К_{п.}$ = 5.

Згідно даним підприємства, у стічних водах спостерігається перевищення ГДК по сульфатам, фосфатам, хлоридам, завислим речовинам, маслам. Затверджені скиди дорівнюють: по сульфатам $Мл_1$=600 т/рік, фосфатам $Мл_2$=280 т/рік, хлоридам $Мл_3$=310 т/рік, завислим речовинам $Мл_4$=560 т/рік, маслам $Мл_5$= 1,5 т/рік. Фактичні скиди: по сульфатам $Мф_1$=1000 т/рік, фосфатам $Мф_2$=360 т/рік, хлоридам $Мф_3$=470 т/рік, завислим речовинам $Мф_4$=800 т/рік, маслам $Мф_5$= 2 т/рік. Обсяги перевищуючих ліміт скидань: по сульфатам $Мп_1$=400 т/рік, фосфатам $Мп_2$=80 т/рік, хлоридам $Мп_3$=160 т/рік, завислим речовинам $Мп_4$=240 т/рік, маслам $Мп_5$= 0,5 т/рік.

На підприємстві продукти нейтралізації перекачуються у заводський ставок-шламонакопичувач без попереднього розділення рідкої та твердої фаз, що є неекологічним та неекономічним. Таке впорядження станції нейтралізації не відповідає сучасним вимогам. Методи двоступеневої

обробки стоків виявляються більш перспективними. При двоступеневій обробці стоків й осаду нейтралізовані стоки спочатку пропускаються через відстійники або освітлювачі, а осад, що було виділено в них, направляється до шламонакопичувачу для подальшого його ущільнення та складування. Ця схема складніше, але при виділенні осаду у відстійниках, на шламонакопичувачі поступає не увесь обсяг стоків, а тільки невелика частина – концентрований осад, якого у 10-20 разів менше, ніж усіх стоків. Таким чином при двоступеневій схемі не має потреби пропускати стоки через шламонакопичувач та зливати у водойми.

Розрахунок суми платежів після реалізації запропонованих заходів. У зв'язку з тим, що при двоступеневій схемі стічні води не зливатимуться у водойми (освітлена вода повертається у технологічний процес, а концентрована нейтралізаційна пульпа складується у шламонакопичувачі), тому плата за скидання стоків взиматися не повинна, тобто Пс=0 грн./рік.

Обсяг фактичного розміщення відходів зменшиться у 10 разів, тобто $М_ф$=4368 т/рік. Обсяг відходів станції нейтралізації у межах ліміту дорівнює $М_л$=41600 т/рік. Перевищення ліміту розміщення відходів не буде $М_п$=0 т/рік.

Згідно з [15] еколого-економічний ефект природоохоронних заходів визначають по формулі:

$$Е=Р-З, \text{ грн./рік} \qquad (2.7)$$

де Е – еколого-економічний ефект, грн./рік;

Р – економічний результат природоохоронних заходів, грн./рік;

З – витрати на проведення природоохоронних заходів, грн./рік.

Економічний результат для одноцільових средозахисних заходів розраховують по формулі:

$$Р=П, \text{ грн./рік} \qquad (2.8)$$

де Р – економічний результат, грн./рік;

П – відвернутий економічний збиток, грн./рік.

Відвернутий економічний збиток розраховують по формулі:

$$П=У_1-У_2 \quad (2.9)$$

де $У_1$ та $У_2$ – розмір збитків до та після реалізації природоохоронних заходів, грн./рік.

Затрати на природоохоронні заходи визначають по формулі:

$$З=С+Е_{н.}\cdot К, \text{ грн./рік} \quad (2.10)$$

де С – річні експлуатаційні затрати на природоохоронному об'єкті, грн./рік;

К – капітальні вкладення на будівництво природоохоронного об'єкта, грн.;

$Е_{н.}$ – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень природоохоронного призначення, прийнято, що $Е_{н.}=0,12$.

Економічну ефективність капітальних вкладень у природоохоронні заходи ($Е_к$) визначають по формулі:

$$Е_{к.}=(Р-С)/К \quad (2.11)$$

Для розрахунку економічного результату (Р), що дорівнює відвернутому економічному збитку (П), необхідно розрахувати розмір збитків до та після реалізації природоохоронних заходів $У_1$ та $У_2$.

Згідно з методикою укрупнених оцінок економічного збитку, екологічний збиток розраховується як сума збитків по окремих елементах біосфери. Таким чином, сумарний еколого-економічний збиток (без обліку втрати здоров'я населення) складе:

$$У=У_{атм.}+У_{вод.}+У_{грунтів}, \text{ грн./рік} \quad (2.12)$$

де У – економічний збиток, грн./рік;

$У_{атм}$ – економічний збиток від забруднення атмосфери, грн./рік;

$У_{вод}$ – економічний збиток від забруднення води, грн./рік;

$У_{ґрунтів}$ – економічний збиток від забруднення ґрунтів, грн./рік.

У нашому випадку забруднення атмосфери не здійснюється, тому $У_{атм}$=0 грн./рік, а економічні збитки від забруднення води та ґрунтів необхідно розрахувати.

Визначення можливого економічного збитку від забруднення водних об'єктів ($У_в$) стічними водами здійснюємо згідно з «Тимчасовою типовою методикою визначення економічної ефективності здійснюваних природоохоронних заходів та оцінки економічної шкоди, заподіяної народному господарству забрудненням довкілля», по формулі:

$$У_в = \beta_в \cdot \delta_к \cdot M_в \text{, грн./рік} \qquad (2.13)$$

де $\beta_в$ – постійний множник, що дорівнює 400 грн./умовн. т;

$\delta_к$ – регіональний басейновий коефіцієнт, що враховує територіальні екологічні особливості й умови функціонування водного господарства. Для нашого випадку $\delta_к = 2{,}2$;

$M_в$ – приведена маса річного скиду забруднюючих речовин у водойму, умовн. т/рік.

Приведена маса річного скиду визначається відповідно по формулі:

$$M_в = \sum m_{вi} \cdot A_{вi}, \qquad (2.14)$$

де $m_{вi}$ – загальна маса річного скидання і-ї забруднюючої речовини, умовн. т/рік;

$A_{вi}$ – показник відносної небезпеки скидання і-ї речовини.

Приведену масу річного скиду до впровадження запропонованих заходів визначимо:

$$М_{в1}=1000\cdot0,01+800\cdot2+360\cdot0,286+470\cdot0,0033+2\cdot20=1754,511 \text{ т/рік.}$$

Загальні маси річного скиду забруднюючих речовин після впровадження запропонованих заходів складають: по сульфатам 100 т/рік, фосфатам 36 т/рік, хлоридам 47 т/рік, завислим речовинам 80 т/рік, маслам 0,2 т/рік. Визначимо приведену масу річного скиду після впровадження запропонованих заходів:

$$М_{в2}=100\cdot0,01+80\cdot2+36\cdot0,286+47\cdot0,0033+0,2\cdot20=175,45 \text{ т/рік.}$$

Для розрахунку екологічного збитку від забруднення та відчуження ґрунтів ($У_{ґрунтів}$) при захороненні відходів використаємо формулу [13]:

$$У_{ґрунтів}= q\cdot\tilde{у}\cdot М, \text{ грн./рік} \qquad (2.15)$$

де q – показник, що характеризує відносну цінність земельних ресурсів, для чорноземних ґрунтів q = 1;

$\tilde{у}$ – питомий збиток від викиду забруднювачу в ґрунт;

М – маса річного викиду відходів у ґрунти, т/рік. Для розглянутого нами підприємства дорівнює: $М_1$=43680 т/рік – до впровадження природоохоронних заходів, $М_2$=4368 т/рік – після впровадження природоохоронних заходів.

Визначаємо економічну ефективність капітальних вкладень у природоохоронні заходи ($Е_к$):

$$Е_к = (1468196,71-17950)/25000=58,01.$$

Результати розрахунків зводимо в табл. 2.6.

Для вирішення питання доцільності природоохоронного заходу необхідно порівняти коефіцієнт $Е_к$ з нормативним коефіцієнтом економічної ефективності капітальних вкладень природоохоронного призначення

$E_н = 0,12$. При $E_к > E_н$ варіант доцільний з погляду економічних витрат. 58,01 >0,12, що свідчить про достатню економічну ефективність запропонованих природоохоронних заходів.

Таблиця 2.6 – Економічні показники запропонованих заходів

Назва показника	Значення	
	до реалізації заходів	після реалізації заходів
Плата за розміщення відходів ($П_{рв}$), грн./рік	260 000	208 000
Плата за скидання стоків ($П_с$), грн./рік	590 120,8	0
Сумарна плата за забруднення оточуючого середовища, грн./рік	850 120,8	20 800
Економічний збиток від забруднення водних об'єктів ($У_в$), грн./рік	15 439 690,68	1 543 960,97
Екологічний збиток від забруднення та відчуження ґрунтів ($У_{ґрунтів}$) при захороненні відходів, грн./рік	873 600	87 360
Сумарний еколого-економічний збиток від забруднення оточуючого середовища (У), грн./рік	1 631 329,68	163 132,97
Відвернутий економічний збиток (П), що дорівнює економічному результату (Р), грн./рік	1 468 196,71	
Витрати на природоохоронні заходи (З), грн./рік	209 500	
Еколого-економічний ефект (Е), грн./рік	1 447 246,71	
Економічна ефективність капітальних вкладень у природоохоронні заходи ($E_к$)	58,01	

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

3.1 Основні шкідливі та небезпечні фактори

Технологічні процеси травлення супроводжуються виділенням у повітря робочої зони парів кислот та їх сумішей, лугів, органічних розчинників, з'єднань металів, крапель електроліту. Аерозольні та газові викиди створюють пожаро- та вибухонебезпечні ситуації. Робота ведеться з нагрітими травильними розчинами, тому є незначні надлишки явного тепла.

Роботи у даному цеху відносяться до категорії IIб – фізичні роботи середньої важкості (загальні енерговитрати організму складають від 201 до 250 кКал/год. або 233-290 Вт). Оптимальні, допустимі та фактичні параметри мікроклімату у відділенні наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Оптимальні, допустимі та фактичні параметри мікроклімату

Сезон року	Параметр	Фактичні значення	Оптимальні значення	Допустимі значення
Холодний	Температура, °С	16-18	17-19	15-21
	Вологість повітря, %	75	60-40	75
	Швидкість руху повітря, м/с	0,2-0,4	0,3	0,4
Теплий	Температура, °С	24-28	20-22	не більше 28
	Вологість повітря, %	65-75	60-40	при 26-24^{0}С 65-75 відповідно
	Швидкість руху повітря, м/с	0,4-0,6	0,4	0,3-0,7

В ході здійснення технологічного процесу у повітря виділяються шкідливі речовини. Фактичні значення та ГДК шкідливих речовин наведено у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Фактичні значення та ГДК шкідливих речовин

Речовина	Фактична концентрація, мг/м^3	ГДК, мг/м^3	Клас небезпеки
H_2SO_4	1,5	1	II
Луги їдкі (у перерахунку на NaOH)	0,3	0,5	II
Вапняк	-	6	IV

Сірчана кислота при влученні у дихальну систему та на шкіру людини викликає сильні опіки, може викликати алергічні захворювання; луги – являють собою їдкі речовини, що потрапляючи на слизову оболонку дихальних шляхів та шкіру, викликають опіки, вимагають обережного поводження. Робота у приміщеннях з такими забруднювачами вимагає спеціального захисту шкіри та очей.

Для підтримання санітарно-гігієнічних вимог з нормування забруднень у повітрі робочої зону у цеху повинна працювати вентиляція з кратністю обміну 3-5.

У цеху, що розглядається, показники шуму та вібрації не перевищують допустимих норм.

Небезпечним фактором є також можливість враження електричним струмом від обладнання, що знаходиться під напруженням. Приміщення відділення згідно з ПУЕ [16] відноситься до категорії особливо небезпечних за загрозою ураження електричним струмом, тому що ці приміщення є вологими (вологими приміщеннями називаються приміщення, у яких пари чи волога, що конденсується, виділяється лише коротко тимчасово в невеликих

кількостях, а відносна вологість повітря більш 60%, але не перевищує 75%); середовище є хімічно-активним; у зв'язку з наявністю в даному приміщенні великої кількості приводів можлива поразка обслуговуючого персоналу електричним струмом; поли, що проводять електричний струм. Тобто існує одночасно декілька умов підвищеної небезпеки для персоналу.

Вплив електричного струму на організм може викликати різні електричні травми: проходячи через організм електричний струм, оказує термічну, електротермічну і біологічну дію; термічна дія виявляється в нагріванні тканин аж до опіків окремих ділянок тіла, перегріву кровоносних судин і крові; електрична дія викликає розкладання крові і плазми; біологічна дія виражається в розкладанні і порушенні живих тканин організму, що може супроводжуватися мимовільними судорожними скороченнями м'язів, у тім числі м’язів серця та легенів.

Вірно спроектоване та виконане освітлення забезпечує можливість нормальної діяльності, збереження зору людини, стабільний стан його нервової системи. Безпека на виробництві значною мірою залежить від умов освітленості.

Згідно з ДБН В.2.5-28-2006 [17] нормативні значення освітленості (Е) та коефіцієнта природної освітленості (КПО) для виробничих приміщень можна визначити виходячи з слідуючих факторів: характеристика зорової роботи, найменший розмір об’єкту розрізнення, розряду зорової роботи.

Для травильного виробництва ці фактори є такими: груба робота (дуже малої точності), найменший розмір об’єкта розрізнення більше 5 мм, розряд зорової роботи VI, в цьому випадку значення КПО: природного освітлення дорівнює 3 % при верхньому або комбінованому освітленні, 1 % при боковому освітленні; суміщеного освітлення – 1,8 % при верхньому або комбінованому, 0,6% при боковому. Нормативна освітленість повинна складати 200 лк. Фактична освітленість коливається від 180 до 200 лк, тобто практично відповідає нормативу.

3.2 Заходи зі зниження шкідливих та небезпечних факторів

Для забезпечення потрібної якості повітря на робочих місцях встановлюють пристрої місцевої витяжної вентиляції, наприклад місцеві відсмоктувачі відкритого типу.

У кваліфікаційній роботі запропоновано для зниження надходжень у повітря робочої зони шкідливих речовин оборудувати травильні ванни бортовим відсмоктувачем з передувом.

Мінімально необхідні витрати струму повітря (L_0) находять за формулою:

$$L_0=0,37\cdot\nu_{min}\cdot l\cdot\sqrt{B_0}\cdot a, \text{ м/с} \quad (3.1)$$

де ν_{min} – мінімально допустима швидкість на осі вільного струменю у перерізу, що находиться на відстані B_0 від припливної щілини, що забезпечує стійкість струменю, виключає можливість попадання шкідливостей до атмосфери та розведення водню, що виділяється з розчину, до вибухонебезпечної концентрації, м/с;

l – довжина ванни, м;

B_0 – висота припливної щілини, м;

a – ширина ванни, м.

Об’єм відсмоктувача ($L_{відсм.}$) находять за формулою:

$$L_{відсм.}=L_0/0,6+0,32\cdot\sqrt{B_0}\cdot a, \text{ м/с} \quad (3.2)$$

де L_0 – мінімально необхідні витрати струму повітря, м/с.

Для забезпечення вибухонебезпечності повинна виконуватися умова:

$$\nu_{min}>25\cdot G_1/(a\cdot l\cdot X_{н.м.}) \quad (3.3)$$

де G_1 – кількість водню, г/с;

$X_{н.м.}$ – нижня межа вибуховості водню (3,4 г/м^3).

Для надійності роботи передуву ν_{min} повинна бути не менш 2 м/с.

Залежність швидкості на осі вільного струменю у перерізу (ν_1) від геометричних розмірів ванни виражається формулою:

$$\nu_1=\nu_{min}\cdot\sqrt{h_2}/a, \text{ м/с} \quad (3.4)$$

де h_2 – мінімальна висота розташування припливних щілин від дзеркала розчину, м.

Розрахуємо передув над ванною періодичного травлення труб у розчині сірчаної кислоти. Ширина ванни а = 2 м, довжина ванни l = 10 м, висота ванни h=3 м, висота пакету травленого металу (труб) h_0=1м, кількість водню, що виділяється G_1 = 3 г/с; мінімально допустима швидкість на осі вільного струменю ν_{min} = 4 м/с. Висоту припливної щілини B_0 приймаємо 0,02 м.

Для попередження підтікання повітря до струму з боків торцеві стінки ванни необхідно підняти на висоту:

$$h_1=0,1+0,22\cdot a, \text{ м.} \quad (3.5)$$

$$h_1=0,1+0,22\cdot 2=0,54 \text{ м.}$$

Мінімальна висота розташування припливних щілин від дзеркала розчину (h_2) розраховується за формулою:

$$h_2= h_0+0,5\cdot B_0+0,22\cdot a, \text{ м,} \quad (3.6)$$

де h_0 – висота пакету травленого металу (труб), м.

$$h_2=1+0,5\cdot 0,02+0,22\cdot 2=1,45 \text{ м.}$$

Швидкість, що необхідна для досягнення ефективного передуву:

$$\nu_1=4\cdot\sqrt{1,45/2}=3,8 \text{ м/с.}$$

Отриману швидкість перевіряємо на предмет вибухонебезпечності:

$$\nu_{min}=25\cdot2,5/(2\cdot10\cdot3,4)=0,92 \text{ м/с.}$$

Мінімально необхідні витрати струму повітря:

$$L_0=0,37\cdot3,8\cdot10\cdot\sqrt{2\cdot0,02\cdot3600}=10000 \text{ м}^3\text{/год.}$$

Об’єм повітря, що видаляється:

$$L_{відсм.}=10000/0,6+0,32\cdot\sqrt{2\cdot0,02}=38200 \text{ м}^3\text{/год.}$$

Швидкість повітря у всмоктуючому отворі бортового відсмоктувачу рекомендується приймати $2\nu_{min}$:

$$\nu_{відсм.}=2\cdot3,8=7,6 \text{ м/с.}$$

Висоту витяжного прорізу ($A_{відсм.}$) находять за формулою:

$$A_{відсм.}= L_{відсм}/(3600\cdot l\cdot \nu_{відсм}), \text{ м} \qquad (3.7)$$

$$A_{відсм.}=38200/(3600\cdot10\cdot7,6)=0,14 \text{ м.}$$

Розрахунок освітленості робочих місць ведемо з урахуванням індексу приміщення (I):

$$I=B\cdot L/(H\cdot(B+L)), \qquad (3.8)$$

де В – ширина приміщення, м;

L – довжина приміщення, м;

Н – висота приміщення, м.

Коефіцієнт використання (η) приймаємо з таблиці 2.3 [18].

Таблиця 3.3 – Коефіцієнт використання (η) при індексах І

І	1	1,1	1,25	1,5	1,76	2	2,25	2,5	3	3,5	4	5
η, %	43	45	47	51	54	56	58	60	62	63	64	67

Необхідний світовий потік ламп у кожному ряду ($Ф_р$) розраховуємо за формулою:

$$Ф_р=E_н \cdot S \cdot K \cdot Z/(N_р \cdot \eta/100), \text{ лк}, \quad (3.9)$$

де $E_н$ – нормативна освітленість, лк;

S – площа цеха, $м^2$;

K – коефіцієнт запасу;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення (для стандартних світильників дорівнює 1,1-1,2);

$N_р$ – кількість рядів;

η – коефіцієнт використання.

Необхідну кількість світильників у ряду (N) розраховуємо за формулою:

$$N=Ф_р/(Ф_л \cdot n), \text{ шт.} \quad (3.10)$$

де n – кількість ламп у світильнику, шт.;

$Ф_л$ – світовий потік однієї лампи, лк.

У травильному цеху розмірами В·L·Н=20·60·4,5 м потрібно створити освітленість $E_н$=200 лк. Коефіцієнт відображення стелі $\rho_с$=50 %. Для

освітлення використовуються люмінесцентні лампи типа ЛБ та світильники ЛДОР. Приймаємо коефіцієнт запасу К=1,6, коефіцієнт нерівномірності освітлення Z=1,1.

Знаходимо індекс приміщення за формулою (3.8):

$$I=20\cdot60/4,5\cdot(20+60) = 3,33.$$

Користуючись таблицею 3.3 приймаємо коефіцієнт використання η=63%. Світильники розміщуємо у 4 ряди. За формулою (3.9) знаходимо необхідний світовий потік ламп у кожному ряді:

$$Ф_р=200\cdot20\cdot60\cdot1,1\cdot1,6/4\cdot0,63=167619 \text{ лк.}$$

Якщо у світильнику встановити по 2 лампи ЛБ (n=2) потужністю 40 Вт та світовим потоком $Ф_л$=3000 лк, то необхідна кількість світильників у ряді за формулою (4.10) складе:

$$N=167619/(2\cdot3000)=28 \text{ шт.}$$

Тобто 4 ряди по 28 світильників.

3.3 Засоби індивідуального захисту

Працівники травильних відділень забезпечуються ЗІЗ згідно з «Типовими галузевими нормами безкоштовної видачі робітникам та службовцям спеціального одягу, спеціального взуття й інших засобів індивідуального захисту». Норми видачі ЗІЗ наведено у табл. 3.4 [19].

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) служать для попередження чи зменшення дії на працюючих небезпечних та шкідливих виробничих факторів та повинні створювати найбільш благоприємні для організму людини співвідношення з оточуючим середовищем.

Таблиця 3.4 – Норми видачі ЗІЗ

Професія	Найменування спецодягу та інших ЗІЗ	Строки носки по місяцях
Травильник	Костюм бавовняний з кислотозахисним просоченням	12
	Фартух прогумований з нагрудником	4
	Чоботи гумові	9
	Рукавиці сукняні	2
	Рукавиці кислотозахисні	1
	Рукавички гумові	Чергові
	Окуляри захисні	До зносу
Апаратник гашення вапна, апаратник виготовлення вапнякового молока	Костюм бавовняний	12
	Фартух прогумований	6
	Чоботи гумові	12
	Рукавиці брезентові	2
Розчинник реагентів	Костюм бавовняний з кислотозахисним просоченням	12
	Фартух прогумований	6
	Чоботи гумові	12
	Рукавиці брезентові	2
Апаратник нейтралізації	Суконний костюм	12
	Білизна натільна	6
	Чоботи гумові	12
	Рукавички гумові	1
	Рукавиці брезентові	2
	Окуляри	36

Захист тіла людини забезпечується використанням спецодягу, спецвзуття, головних уборів та рукавиць. Засоби індивідуального захисту органів зору, дихання, слуху обираються з урахуванням складу та стану повітряної середи, характеру виробничого процесу та інших умов праці.

3.4 Пожежна профілактика

Виробничий процес у відділенні за вибуховою та пожежною небезпекою можна віднести до категорії Б – вибухопожеженебезпечне, тому що у технологічному процесі утворюється водень, який може утворювати вибухонебезпечні суміші [20]. Тому усі роботи необхідно проводити тільки при нормально працюючій справній місцевій і загальнообмінній вентиляції. У приміщенні повинна бути вивішена інструкція з пожежної безпеки. Для гасіння можливих пожеж у цеху передбачено первинні засоби пожежетушіння [20]. Розрахунок первинних засобів наведено у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Норми необхідних первинних засобів пожежегасіння

Категорія приміщення	Гранична захищувана площа, $м^2$	Класи пожежі	Пінні та водяні вогнегасники місткістю 10 л	Порошкові вогнегасники з величиною заряду, кг			Хладонові вогнегасники місткістю 2(3) л	Вуглекислотні вогнегасники місткістю, л	
				2	5	10		2 (3)	5 (8)
А, Б, В (горючі гази й рідини)	200	А	2	-	2	1	-	-	-
		В	4	-	2	1	4	-	-
		С	-	-	2	1	4	-	-
		D	-	-	2	1	-	-	-
		Е	-	-	2	1	-	-	2

Для гасіння електроустаткування та електропроводки можна застосовувати

тільки вуглекислотні і порошкові вогнегасники, або сухий пісок.

ВИСНОВКИ

1. На металургійних підприємствах утворюються великі обсяги забруднених стічних вод. До найбільш забруднених і агресивних промислових стічних вод відносять кислотні стоки, що є відходами травильних відділень. Стічні води травильних ванн є особливо брудними та у неочищеному стані не можуть скидатися в міську каналізаційну мережу, або у водоймища. Вони руйнують канали і стічні колектори і знищують бактеріальну флору, роблять неможливою правильну роботу станцій біологічного очищення стічних комунальних вод та викликають цілий ряд екологічних проблем.

2. На металургійному підприємстві хімічно забруднені стічні води від травильних та цинкувальних відділень трубопрокатних цехів № 3, 4, 5 та від цеху товарів народного споживання піддають знешкодженню на станції нейтралізації, де для знешкодження стічних вод використовують один з найпоширеніших хімічних (або реагентних) методів – нейтралізацію. У якості нейтралізуючого реагенту використовують вапнякове молоко. Продукти нейтралізації перекачуються в заводський ставок-шламонакопичувач без попереднього розділення рідкої та твердої фаз, що є неекологічним та неекономічним. Таке впорядження станції нейтралізації не відповідає сучасним вимогам. Крім того, існуюча технологічна схема має ряд недоліків: по-перше період заповнення шламом шламонакопичувачу приймається 10-15 років; шлам дуже рухливий, має вологість біля 97% й чистити від нього ємкість дуже складно, крім того при заповненні шламонакопичувачу починається винос осаду до водоймищ; по-друге – навіть при незаповненому шламонакопичувачі значна частина зважених речовин у зв’язку з поганою здатністю осаджуватися виноситься потоком за шламонакопичувач.

3. Аналіз літературних джерел показав, що методи двоступеневої

обробки стоків виявляються більш перспективними. При двоступеневій обробці стоків й осаду нейтралізовані стоки спочатку пропускаються через відстійники або освітлювачі, а осад, що було виділено в них, направляється до шламонакопичувачу для подальшого його ущільнення та складування. Ця схема складніше, але при виділенні осаду у відстійниках, на шламонакопичувачі поступає не увесь обсяг стоків, а тільки невелика частина – концентрований осад, якого у 10-20 разів менше, ніж усіх стоків. Таким чином при двоступеневій схемі не має потреби пропускати стоки через шламонакопичувач та зливати у водойми. Дослідження показують, що умови зневоднення та ущільнення одного концентрованого осаду кращі за умови ущільнення осаду у всій масі стоків. Крім того, кінцевий обсяг осаду значно менше обсягу, що виділяється з тих же стоків при одноступеневій обробці.

4. Аналіз методів очищення стічних вод від зважених речовин, якими є продукти нейтралізації, показав, що найбільш простими в експлуатації, дешевими, економічними та досить ефективними є відстійники. У кваліфікаційній роботі зроблено розрахунок вертикального відстійника. Запропонована схема дозволить значно зменшити об’єм шламу, що поступає на заводські шламонакопичувачі, замкнути водозворотній цикл та повернути очищену воду до технологічного циклу. Розроблена схема може бути використана як робочий проєкт при реальному проєктуванні.

5. У розділі «Охорони праці та техногенна безпека» розглянуто основні шкідливі і небезпечні фактори. Виконано розрахунок освітленості робочих місць. Проведено розрахунки ЗІЗ. Узагальнено питання пожежної профілактики.

СПИСОК ВИКОРИСТАННИХ ДЖЕРЕЛ

1. Самойленко Н.М., Аверченко В.І., Байрачний В.Б. Системи технологій та промислова екологія. Ч. І. Металургійний та енергетичний комплекс : навч. посіб. Харків : НТУ «ХПІ», Лідер, 2020. 212 с.

2. Іваненко О.І., Носачова Ю.В. Техноекологія: Підручник. Київ : Видавничій дім «Кондор», 2017. 294 с.

3. Запольський А.К., Салюк А.І. Основи екології: Підручник за ред. К.М.Ситника. 3-тє вид., стер. Київ : Вища шк., 2005. 382с.

4. Апостолюк С.О., Джигирей В.С., Соколовський І.А. Промислова екологія: навч.посіб. Київ : Знання, 2012.430с.

5. Клименко М. О., Прищепа, А. М., Вознюк Н. М. Моніторинг довкілля. НУВГП, Рівне, 2023.

6. Клименко М.О., Залеський І.І. Техноекологія: навч. Посібник. Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне. Київ : Видавничий центр «Академія», 2011. 256 с.

7. Клименко М.О., Залеський І.І. Техноекологія: підручник. Херсон : ФОП Грінь Д.С., 2017. 331 с.

8. Филипчук В.Л., Клименко М.О., Ткачук К.К., Проценко С.Б., Радовенчик В.М., Залеський І.І.. Промислова екологія. Рівне : НУВГП. 2013. 493 с.

9. Білявський Г. О., Бутченко Л. І. Основи екології : теорія та практика. навч. посібник. Київ : Лібра, 2004. 368 с.

10. Мельник Л.Г. Основи екології: екологічна економіка та управління природокористуванням. Суми : Університетська книга, 2006. с. 236-658.

11. Сучасні підходи очищення стічної води біотехнологічних виробництв. Промислова екологія [Електронний ресурс] / [Струтинська А. В., Косоголова Л. О., Гаркава В. Г., Нежанківська В. Є.]. Київ : Ековидавництво, 2011. Режим доступу: http://eco.com.ua/content/suchasni-pidkhodi-ochishchennya-stichnoi-vodibiotekhnologichnikh-virobnitstv

12. Айрапетян Т. С. Технологія ефективного водокористування у промисловості : конспект лекцій для студентів всіх форм навчання спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія (освітня програма «Гідротехніка (водні ресурси)» / Т. С. Айрапетян ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 106 с.

13. Ресурсоефективне використання водних ресурсів. Конспект лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 101 «Екологія», 161 «Хімічні технології та інженерія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: І. М. Трус, М. Д. Гомеля, М. М. Твердохліб. Електронні текстові дані (1 файл: 3,65 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 161 с.

14. Айрапетян Т. С. Технологія очистки стічних вод : конспект лекцій для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології) / Т. С. Айрапетян; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. 120 с.

15. Трофіменко М. О., Зеленська Л. О., Гаряга О. В. Екологічна експертиза процесу очищення високомінералізованих стічних вод хімцеха ТЕЦ. Збірник наукових праць Національного гірничого університету. 2011. № 36(2). С. 229-234.

16. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці : підручник. Львів : УАД, 2006. 336 с.

17. Сакун М.М., Москалюк І.В. Основи охорони праці. Навчально-методичний посібник. Херсон : «Южполиграфсервис», 2013. 67 с.

18. Зеркалов Д.В. Наукові основи охорони праці. Київ : «Основа», 2015. 934 с.

19. Запорожець О.І., Протоєрейський О.С., Франчук Г.М., Боровик І.М. Основи охорони праці. Підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2009. 264 с.

20. Білим П.А. Основи пожежної безпеки : конспект лекцій для студентів за спеціальністю 263 Цивільна безпека. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. 45 с.