

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»  
Гірничо-металургійний факультет  
Кафедра безпеки праці та охорони довкілля

«Допущено до захисту»  
Гарант ОПП

Наталія МАКСИМОВА

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавра

за підсумками виконання  
освітньо-професійної програми  
«Природозахисні технології в урбо-індустріальному комплексі»  
за спеціальністю 183 Технології захисту навколишнього середовища

**на тему «Технології очищення стічних вод підприємства чорної  
металургії зі зворотним циклом водопостачання»**

Керівник роботи

Олена НАКЕМПІЙ

Консультант від  
бази практики

Лариса ПІВТОРАК

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.  
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають  
посилання на відповідне джерело*

Здобувач

Катерина САВЕНКО

*Підсумкова оцінка за атестацію*

Голова ЕК

Катерина  
СУХОДОЛЬСЬКА

Запоріжжя 2026

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»  
Кафедра безпеки праці та охорони довкілля  
Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр  
Спеціальність: 183 Технології захисту навколишнього середовища  
ОПП «Природозахисні технології в урбо-індустріальному комплексі»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри БПОД

Максим КАРАКАЙ

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**  
Савенко Катерина Романівна

1. Тема роботи «Технології очищення стічних вод підприємства чорної металургії зі зворотним циклом водопостачання» керівник роботи Накемпій О. К., старший викладач затверджені наказом ректора ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» від 23.02.2026 року № 41/23.02.2026
2. Строк подання здобувачем роботи 10.06.2026р.
3. Вихідні дані до роботи: ередня концентрація зважених речовин у стічній воді - 1500–3000 мг/дм<sup>3</sup>, режим надходження стоків — нерівномірний матеріали зібрані підчас переддипломної практики за ОПП "Природозахисні технології в урбо-індустріальному комплексі".
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. Розділ 1. Характеристика системи водопостачання, водовідведення та очищення стічних вод підприємств чорної металургії. Розділ 2. Опис технологічної схеми оборотного циклу водопостачання газоочисток доменних печей. Розділ 3. Експлуатація оборотного циклу водопостачання газоочисток мартенівських печей. Розділ 4. Екологічна ефективність проекту. Висновки та пропозиції. Список використаних джерел. Додатки.
5. Перелік графічного матеріалу: типова структура оборотного циклу водопостачання газоочисток доменних печей. Схема водопостачання газоочисток доменних печей. Карта оборотного циклу газоочистки доменних печей. Балансова схема ОЦГМП. Схема електропостачання ОЦВГМП

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1.	Накемпій О.К, ст.викладач		
2.	Накемпій О.К, ст.викладач		
3.	Накемпій О.К, ст.викладач		

7. Дата видачі завдання 24.02.2026 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз літературних джерел за темою кваліфікаційної роботи	11.05-17.05.2026	виконано
2.	Розділ 1. Характеристика системи водопостачання, водовідведення та очищення стічних вод підприємств чорної металургії	18.05-22.05.2026	виконано
3.	Розділ 2. Опис технологічної схеми оборотного циклу водопостачання газоочисток доменних печей	23.05-22.05.2026	виконано
4.	Розділ 3. Експлуатація оборотного циклу водопостачання газоочисток мартенівських печей	26.05-31.05.2026	виконано
5.	Розділ 4. Екологічна ефективність проєкту	01.06-03.06.2026	виконано
6.	Оцінка підсумків кваліфікаційної роботи, висновки та пропозиції, список використаних джерел, додатки, оформлення роботи і презентаційного матеріалу та подання на оцінення	03.06-10.06.2026	виконано

Здобувач вищої освіти

Катерина САВЕНКО

Керівник роботи

Олена НАКЕМПІЙ

## АНОТАЦІЯ

*Савенко Катерина Романівна.* Технології очищення стічних вод підприємства чорної металургії зі зворотним циклом водопостачання. 74 сторінок, 4 рисунків, 3 таблиці, 18 джерел. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра 183 Технології захисту навколишнього середовища ОПП «Природоохоронні технології в урбо-індустріальному комплексі». ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Запоріжжя, 2026.

*Об'єкт дослідження:* технологічний процес очищення виробничих стічних вод підприємства чорної металургії.

*Предмет дослідження:* технологічні параметри та конструктивні рішення очисних споруд, що забезпечують очищення виробничих стічних вод і організацію зворотного циклу водопостачання.

*Мета роботи:* розробка технології очищення стічних вод підприємства чорної металургії із забезпеченням нормативних показників якості очищеної води для її повторного використання у виробничому процесі та впровадженням зворотного циклу водопостачання.

Основні результати:

У роботі проведено аналіз системи водопостачання та водовідведення підприємства чорної металургії, визначено основні джерела утворення виробничих стічних вод та досліджено їх фізико-хімічні характеристики. Проаналізовано сучасні технології очищення промислових стічних вод і встановлено найбільш ефективні методи видалення завислих речовин, нафтопродуктів, сполук заліза та інших забруднювачів, характерних для металургійного виробництва.

Обґрунтовано вибір технологічної схеми очищення стічних вод, що включає механічне очищення, відстоювання, фізико-хімічне очищення із

застосуванням реагентної обробки, фільтрування та знезараження. Виконано розрахунок основних технологічних параметрів очисних споруд і обладнання, визначено ефективність роботи запропонованої системи очищення.

Оцінено екологічний ефект від впровадження зворотного циклу водопостачання, який полягає у скороченні споживання свіжої води, зменшенні обсягів скидання забруднених стічних вод у водні об'єкти та підвищенні рівня екологічної безпеки підприємства. Проведено фінансово-економічне обґрунтування запропонованих рішень, яке підтверджує їх технічну та економічну доцільність.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** стічні води, чорна металургія, очищення стічних вод, зворотне водопостачання, очисні споруди, екологічна безпека, водні ресурси, ефективність очищення.

## ЗМІСТ

	стор
Вступ	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ, ВОДОВІДВЕДЕННЯ ТА ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ПІДПРИЄМСТВ ЧОРНОЇ МЕТАЛУРГІЇ	8
1.1 Використання водних ресурсів у технологічних процесах металургійного виробництва	8
1.2 Характеристика стічних вод підприємств чорної металургії	9
1.3 Замкнуті системи водопостачання в металургійній галузі	11
1.4 Нормативно-правові вимоги до очищення та скидання стічних вод	12
1.5 Екологічне нормування впливу металургійного виробництва на довкілля	13
Висновки до розділу 1	14
2 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ОБОРОТНОГО ЦИКЛУ ВОДОПОСТАЧАННЯ ГАЗООЧИСТОК ДОМЕННИХ ПЕЧЕЙ	15
2.1 Загальна характеристика оборотного циклу водопостачання газоочисток доменних печей	15
2.2 Технологічний ланцюг руху води та шламових потоків	18
2.3. Схема водопостачання газоочисток доменних печей	21
Висновки до розділу 2	28
3 ЕКСПЛУАТАЦІЯ ОБОРОТНОГО ЦИКЛУ ВОДОПОСТАЧАННЯ ГАЗООЧИСНОК МАРТЕНІВСЬКИХ ПЕЧЕЙ	30
3.1 Загальна характеристика оборотного циклу водопостачання	30
3.2 Опис та характеристика основного обладнання та епати оборотного цикла	31
3.3 Висновки до розділу 3	47
4 ЕКОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТУ	50
4.1 Екологічна модернізація системи рециркуляції води газоочисток мартенівських печей	50
4.2 Заходи з охорони праці та техніки безпеки на ділянці очисних споруд	52
4.3 Висновки до розділу 4	54
ВИСНОВКИ	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	57
ДОДАТОК А	61
ДОДАТОК Б	61
ДОДАТОК В	62
ДОДАТОК Г	63

## ВСТУП

Чорна металургія одна з найбільших галузей промисловості України. Металургійні підприємства розташовані в містах (найбільше в східній), як правило є містообразуючими.

ПАТ «Запоріжсталь» є найбільше підприємство міста Запоріжжя, разом з ПРАТ «Запоріжжкокс» та ПРАТ «Запоріжвогнетрив» входять до складу Метинвест Холдінг створюючи найбільший металургійний комплекс на півдні України.

Вищенаведені підприємства є найбільшими споживачами води, що обумовлює собою велику кількість стічних вод. Отже водопостачання та очистка стічних вод є одним з основних екологічних напрямів роботи підприємства.

Промислові стічні води металургії утворюються при виробництвах: аглодоменному, сталеплавильному, прокатному. Також до них можна додати стічні води обслуговуючих підрозділів.

Стічні води по типам забруднення можна класифікувати на:

Фізичне забруднення (нерозчинні домішки, розчинні домішки, колоїдні частинки)

Мінерального забруднення (шлаки, руди, піски, глина, мінеральні солі, луги, кислоти тощо)

Органічне забруднення (рослинного: частки рослин, злаків, целюлоза, проовочеві відходи, тваринного: виділення людей та тварин, залишки тканин тварин).

Біологічне забруднення ( водорості, гриби, та бактерії, також тваринницький біофабрик, ферми, шкіряні заводи)

Промислові виробництва для очищення стічних вод використовують біологічні, механічні, термічні, та фізико-хімічні методи.

Механічні методи належать до: фільтрування, відстоювання, та центрифугування.

До фізико-хімічних методів очищення відносяться: коагуляція, флокуляція, флотація, екстракція, іонний обмін, електрофлотація та інше.

Біологічний спосіб застосовує органічні речовини, іони важких металів, наприклад, іони хрому за допомогою бактерій, названих дехроматіканс, і деяких неорганічних речовин ( $H_2$ ,  $N_2$ ,  $NH_3$ ).

Очищену воду отримують, в основному, випаровуванням в спеціальних установках. При цьому вода повністю випаровується, а органічні домішки згорають, мінеральні речовини перетворюються на тверді або розплавлені частинки, які потім уловлюються.

Результати дослідження були апробовані під час участі у Студентській науково-технічній конференції «Start in Science» (додаток Г).

# **1 ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ, ВОДОВІДВЕДЕННЯ ТА ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ПІДПРИЄМСТВ ЧОРНОЇ МЕТАЛУРГІЇ**

## **1.1 Використання водних ресурсів у технологічних процесах металургійного виробництва**

Підприємства чорної металургії належать до найбільших споживачів водних ресурсів серед промислових галузей. Значні обсяги води використовуються практично на всіх стадіях виробництва чавуну, сталі та металопрокату. Вода є важливим технологічним ресурсом, без якого неможлива стабільна та безпечна робота металургійного обладнання.

На металургійному комбінаті ПАТ «Запоріжсталь» вода використовується для охолодження доменних печей, сталеплавильних агрегатів, прокатних станів, компресорних установок, газоочисного обладнання, а також для забезпечення роботи допоміжних підрозділів підприємства. Найбільші обсяги води витрачаються на технологічні процеси охолодження обладнання та продукції [1].

Потреба у воді на металургійних підприємствах складається із сукупності витрат на пряме та непряме охолодження. Пряме охолодження передбачає безпосередній контакт води з поверхнею металу або технологічними продуктами. Такі процеси характерні для прокатного виробництва, де вода використовується для охолодження металу після нагрівання та видалення окалини з його поверхні. Непряме охолодження застосовується для захисту технологічного обладнання від перегріву через теплообмінні пристрої, в яких вода не контактує з виробничим середовищем.

Особливо важливу роль вода відіграє в доменному виробництві. Системи водяного охолодження забезпечують підтримання допустимого температурного режиму кожуха доменної печі, фурм, холодильних плит та інших елементів конструкції. Від ефективності охолодження значною мірою залежить довговічність обладнання, безпека виробничого процесу та якість готової продукції [2].

У прокатному виробництві вода використовується для охолодження валків станів, видалення окалини струменями високого тиску, приготування технологічних емульсій та очищення поверхні металу. Значні обсяги води споживаються також у системах газоочищення, де вона використовується для уловлювання пилу та інших твердих частинок із технологічних газів.

Для зменшення навантаження на природні водні об'єкти на сучасних металургійних підприємствах впроваджуються оборотні та замкнуті системи водопостачання. В таких системах очищена вода після використання повертається у виробничий цикл, що дозволяє суттєво скоротити забір свіжої води з природних джерел. Загальні втрати води в оборотних циклах пов'язані переважно з випаровуванням, витоками та видаленням осадів під час очищення.

Застосування оборотного водопостачання дозволяє скоротити споживання свіжої води на підприємстві до 90–95 %, що є важливим фактором підвищення ресурсної ефективності виробництва та зменшення негативного впливу на довкілля.

## **1.2 Характеристика стічних вод підприємств чорної металургії**

У процесі металургійного виробництва утворюється значна кількість стічних вод різного складу та ступеня забруднення. Характер забруднень

залежить від конкретного технологічного процесу, виду обладнання та особливостей виробництва.

Основними джерелами утворення стічних вод на підприємствах чорної металургії є доменне виробництво, сталеплавильні цехи, прокатні стани, газоочисні установки, системи охолодження та допоміжні виробництва [3].

Стічні води доменного виробництва утворюються переважно в процесах мокрого очищення доменного газу та промивання технологічного обладнання. Основними забруднювачами таких вод є завислі речовини, пил рудної та коксової природи, сполуки заліза, цинку, сульфати, а також специфічні домішки у вигляді ціанідів і роданідів.

Концентрація завислих речовин у стічних водах доменного виробництва може становити від 1000 до 8000 мг/л. У разі порушення технологічного режиму або аварійних ситуацій цей показник може суттєво зростати. Крім того, у воді можуть міститися дрібнодисперсні та колоїдні частинки, видалення яких потребує застосування коагуляції та флокуляції [4].

Стічні води прокатного виробництва характеризуються високим вмістом окалини, металевих частинок, мастильних матеріалів та емульсій. При гарячій прокатці концентрація завислих речовин значно вища, ніж при холодній обробці металу. Основними забруднювачами є окалина, нафтопродукти, мастила та продукти корозії металу [5].

Особливу екологічну небезпеку становлять нафтопродукти, які утворюють на поверхні води плівку, що перешкоджає процесам газообміну у водних екосистемах. Крім того, нафтопродукти негативно впливають на роботу біологічних очисних споруд та можуть спричинити токсичний вплив на водні організми.

У процесі очищення стічних вод утворюється значна кількість осадів та шламів, що містять важкі метали, завислі речовини та інші забруднювачі. Такі відходи підлягають зневодненню, тимчасовому зберіганню та подальшій утилізації або захороненню відповідно до чинного законодавства [6].

Таким чином, склад стічних вод підприємств чорної металургії характеризується складною багатоконпонентною структурою, що зумовлює необхідність застосування комплексних технологій очищення.

### **1.3 Замкнуті системи водопостачання в металургійній галузі**

Одним із найбільш ефективних напрямів зниження екологічного навантаження на довкілля є впровадження замкнутих систем водопостачання. Принцип їх роботи полягає у багаторазовому використанні очищеної води в межах одного виробничого циклу.

У замкнутих системах водопостачання стічні води після проходження відповідного очищення повертаються до технологічних процесів, що дозволяє мінімізувати забір свіжої води та скоротити обсяги скидів у природні водні об'єкти [7].

На сучасних металургійних підприємствах використовуються локальні та централізовані оборотні цикли водопостачання. Локальні системи обслуговують окремі виробничі дільниці, тоді як централізовані забезпечують водою декілька виробничих комплексів одночасно.

Впровадження замкнутих циклів дозволяє досягти суттєвого економічного ефекту за рахунок зменшення витрат на водозабір, очищення природної води та оплати екологічних платежів за скидання забруднених стічних вод. Крім того, знижується навантаження на природні водні ресурси та покращується екологічний стан прилеглих територій.

Сучасна концепція розвитку промислових підприємств передбачає поступовий перехід до технологій нульового скидання рідких відходів (Zero Liquid Discharge), які забезпечують максимально можливе повторне використання води та мінімізацію утворення стічних вод [8].

Для підприємств чорної металургії впровадження замкнених систем водопостачання є одним із ключових напрямів підвищення екологічної безпеки та ресурсної ефективності виробництва [8].

#### **1.4 Нормативно-правові вимоги до очищення та скидання стічних вод**

Діяльність підприємств чорної металургії у сфері водокористування регулюється чинним законодавством України. Основним нормативним документом є Водний кодекс України, який визначає правові засади використання та охорони водних ресурсів [9].

Важливими нормативними актами також є Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», Закон України «Про управління відходами» та інші нормативні документи, що регламентують природоохоронну діяльність промислових підприємств [10,11].

Одним із головних інструментів державного регулювання є встановлення нормативів гранично допустимого скиду (ГДС). ГДС являє собою максимально допустиму масу забруднюючої речовини, яка може надходити до водного об'єкта за одиницю часу без порушення нормативів якості води.

Розрахунок ГДС здійснюється з урахуванням характеристик водного об'єкта, фонових концентрацій забруднюючих речовин, обсягів водовідведення та асимілюючої здатності водойми. При цьому повинні забезпечуватися нормативні показники якості води у контрольних створах.

Особлива увага приділяється контролю концентрацій завислих речовин, нафтопродуктів, важких металів, ціанідів та інших токсичних сполук, характерних для металургійного виробництва.

Для отримання дозволу на спеціальне водокористування підприємство зобов'язане забезпечити дотримання встановлених нормативів та здійснювати постійний виробничий контроль якості стічних вод [10].

### **1.5 Екологічне нормування впливу металургійного виробництва на довкілля**

Екологічна безпека металургійного виробництва забезпечується шляхом нормування викидів, скидів та утворення відходів. Основою такого нормування є система гранично допустимих концентрацій (ГДК), гранично допустимих викидів (ГДВ) та гранично допустимих скидів (ГДС).

ГДВ встановлюються для кожного джерела викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря з урахуванням їх розсіювання та сумарного впливу на навколишнє середовище. Нормативи повинні гарантувати, що концентрації шкідливих речовин у приземному шарі атмосфери не перевищуватимуть встановлених значень ГДК.

Важливим елементом екологічного контролю є моніторинг стану атмосферного повітря, поверхневих вод і ґрунтів у межах санітарно-захисної зони підприємства. Отримані результати використовуються для оцінки ефективності природоохоронних заходів та своєчасного виявлення можливих порушень екологічних нормативів.

Під час погодження нормативів ГДС особлива увага приділяється контролю водневого показника рН, температури стічних вод, концентрації нафтопродуктів, завислих речовин та важких металів. Для більшості

поверхневих водойм нормативне значення рН повинно знаходитися в межах від 6,5 до 8,5.

Дотримання встановлених нормативів є необхідною умовою забезпечення екологічної безпеки виробництва та сталого використання природних ресурсів [12]

### **1.5 Висновки до розділу 1**

У розділі розглянуто особливості використання водних ресурсів на підприємствах чорної металургії та визначено основні напрямки їх застосування у виробничих процесах. Встановлено, що найбільші обсяги води використовуються для охолодження технологічного обладнання, очищення газів та забезпечення роботи прокатних станів.

Проведено аналіз джерел утворення стічних вод та їх якісного складу. Визначено, що основними забруднювачами стічних вод металургійних підприємств є завислі речовини, нафтопродукти, сполуки заліза, цинку, сульфати, ціаніди та інші токсичні компоненти.

Розглянуто принципи функціонування замкнених систем водопостачання та встановлено їх важливу роль у зниженні споживання природних водних ресурсів і мінімізації скидів стічних вод у навколишнє середовище.

Проаналізовано нормативно-правові вимоги щодо охорони водних ресурсів, встановлення нормативів ГДС та екологічного контролю діяльності підприємств чорної металургії. Отримані результати свідчать про необхідність удосконалення технологій очищення стічних вод та впровадження ефективних систем оборотного водопостачання як одного з основних напрямів підвищення екологічної безпеки металургійного виробництва.

## **2 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ОБОРОТНОГО ЦИКЛУ ВОДОПОСТАЧАННЯ ГАЗООЧИСТОК ДОМЕННИХ ПЕЧЕЙ**

### **2.1 Загальна характеристика оборотного циклу водопостачання газоочисток доменних печей**

Оборотний цикл водопостачання газоочисток доменних печей є однією з ключових інженерних систем сучасного металургійного виробництва, яка забезпечує безперервну роботу газоочисного обладнання та стабільність технологічного процесу виплавки чавуну. Дана система виконує функції збору, транспортування, очищення, охолодження та повторного використання значних обсягів технологічної води, що циркулює між основними виробничими підрозділами доменного цеху [13].

Основною метою функціонування оборотного циклу є максимальне скорочення забору свіжої води з природних джерел, зменшення обсягів скидання забруднених стічних вод у навколишнє середовище та забезпечення стабільних параметрів води, необхідних для ефективної роботи систем мокрого очищення доменного газу. Умови безперервного металургійного виробництва вимагають високої надійності та стійкості роботи водооборотних систем, оскільки будь-які відхилення у водопостачанні можуть призвести до порушення роботи газоочисток та зниження екологічної безпеки підприємства.

Оборотний цикл водопостачання газоочисток доменних печей є багатоступеневою гідротехнічною системою, яка поєднує в собі механічні, гідродинамічні та фізико-хімічні процеси очищення води. У процесі експлуатації система приймає стічні води, забруднені завислими речовинами, окалиною, пилом рудного та коксового походження, а також

домішками мастильних матеріалів і продуктів корозії. Далі води проходять послідовні етапи очищення, що забезпечують зниження концентрації забруднюючих речовин до нормативно допустимих значень [14].

Типова структура оборотного циклу включає такі основні функціональні блоки (рис.2.1):

- систему збору та транспортування шламових і освітлених вод;
- насосні станції для перекачування води між технологічними етапами;
- апарати первинного механічного та гідродинамічного очищення (гідроциклони, флокулятори);
- споруди для відстоювання та згущення шламів;
- систему охолодження води (вентиляторні градирні);
- обладнання для зневоднення та утилізації осадів;
- контур повторної подачі очищеної води до газоочисних установок.



Рис. .2.1 – Типова структура оборотного циклу водопостачання газоочисток доменних печей

Кожен із зазначених елементів виконує чітко визначену функцію у загальному технологічному процесі. Насосне обладнання забезпечує переміщення значних обсягів води при високих витратах, що характерно для доменного виробництва. Гідроциклонно-флокуляційні установки здійснюють основне видалення завислих речовин за рахунок дії відцентрових сил та процесів коагуляції і флокуляції. Згущувачі забезпечують концентрацію шламів, що дозволяє зменшити обсяг відходів, які підлягають подальшій обробці. Вентиляторні градирні стабілізують температурний режим води, що є критично важливим для ефективної роботи газоочисних систем [14].

Особливістю оборотного циклу водопостачання доменних газоочисток є значні витрати води та високий рівень її забруднення, що обумовлено специфікою процесу очищення доменного газу. У процесі мокрого очищення газу вода інтенсивно контактує з пилогазовими потоками, внаслідок чого утворюється шламозна суспензія з високим вмістом твердих частинок. Це потребує застосування багатоступеневих систем очищення з високою ефективністю видалення завислих речовин.

Слід відзначити, що робота оборотного циклу базується на принципі багаторазового використання води, що дозволяє зменшити загальне водоспоживання підприємства до 90–95 % у порівнянні з прямоочисними системами. При цьому втрати води компенсуються переважно за рахунок випаровування, виносу з осадом та технологічних витоків, що є типовим для металургійних виробництв.

Важливою характеристикою системи є її інтеграція в загальну інфраструктуру доменного цеху. Оборотний цикл тісно пов'язаний із роботою доменних печей, газоочисного обладнання, систем транспортування сировини та допоміжних підрозділів. Це вимагає чіткої

координації технологічних режимів, оскільки зміна навантаження на доменні печі безпосередньо впливає на обсяг і якість стічних вод.

Окрему роль у функціонуванні системи відіграє автоматизований контроль параметрів води, який включає моніторинг температури, рН, концентрації завислих речовин, тиску в трубопроводах та витрати води. Сучасні системи керування дозволяють оперативно реагувати на зміни технологічних умов та підтримувати стабільність роботи оборотного циклу [14].

Таким чином, оборотний цикл водопостачання газоочисток доменних печей є складною інженерною системою, що забезпечує екологічну безпеку виробництва, стабільність технологічних процесів та раціональне використання водних ресурсів. Його ефективна робота є одним із ключових факторів підвищення енерго- та ресурсоефективності сучасного металургійного підприємства.

## **2.2. Технологічний ланцюг руху води та шламових потоків**

Технологічний процес оборотного циклу водопостачання газоочисток доменних печей являє собою безперервну систему транспортування, очищення та повторного використання води, яка працює в умовах високих навантажень і значного забруднення робочого середовища. Основою функціонування системи є поетапний рух води та шламових потоків через послідовність гідротехнічних і технологічних споруд, що забезпечують поступове видалення механічних домішок, зниження температури та підготовку води до повторного використання.

Стічні води, що утворюються в процесі мокрого очищення доменного газу, надходять у систему з високим вмістом завислих речовин, які представлені дрібнодисперсним пилом, окалиною, частинками рудної

сировини та продуктами корозії. Початковий етап передбачає їх збір у відкритих лотках і самопливне транспортування до приймальної камери насосної станції. Така організація дозволяє мінімізувати енергетичні витрати на транспортування значних обсягів води.

Далі за допомогою шламових насосів здійснюється перекачування води до розподільчих камер, де потік рівномірно розподіляється між апаратами механічного та фізико-хімічного очищення. Основним завданням цього етапу є стабілізація витрати та підготовка стічної води до інтенсивного процесу освітлення.

У гідроциклонах-флокуляторах відбувається основне вилучення завислих речовин. Завдяки поєднанню відцентрових сил та реагентної обробки забезпечується агрегація дрібних частинок у більші флокули з подальшим їх осадженням. У результаті концентрація твердих частинок у воді значно знижується, що дозволяє направляти освітлений потік на наступні стадії обробки.

Після етапу освітлення вода надходить у систему охолодження, де використовуються вентиляторні градирні. Тут відбувається зниження температури води до технологічно допустимих значень, що є критично важливим для стабільної роботи газоочисних установок. Охолоджена вода збирається у спеціальних резервуарах і насосами подається назад у систему мокрого очищення доменного газу.

Паралельно з очищенням води відбувається формування шламових потоків, які містять високу концентрацію твердих частинок. Ці потоки спрямовуються у згущувачі, де під дією гравітаційного осадження відбувається підвищення концентрації шламу. Згущений продукт подається на стадію зневоднення, де за допомогою вакуум-фільтрів відокремлюється волога.

Отриманий зневоднений шлам транспортується на подальшу утилізацію або використання у металургійному виробництві, що дозволяє зменшити обсяги відходів і підвищити ресурсну ефективність підприємства.

Таблиця 2.1 – Основні параметри потоків оборотного циклу водопостачання газоочисток доменних печей

Етап процесу	Параметр	Значення	Характеристика
Вхідна шламова вода	Витрата	2000–4000 м <sup>3</sup> /год	Самоплив + насосна подача
Вміст завислих речовин	Концентрація	до 3 г/л	Високозабруднена вода
Після гідроциклонів	Концентрація твердих речовин	до 200 мг/л	Освітлена вода
Після градирень	Температура	≤ 40 °С	Охолоджена вода
Шламова пульпа	Концентрація	300–500 г/л	Згущений продукт
Після вакуум-фільтрів	Вологість шламу	≤ 25 %	Зневоднений осад
Подача на газоочистки	Витрата	700–800 м <sup>3</sup> /год	Оборотне використання

Організація технологічного ланцюга забезпечує стабільну роботу всієї системи оборотного водопостачання, дозволяючи ефективно поєднувати процеси очищення, охолодження та утилізації шламів. Це сприяє підвищенню екологічної безпеки виробництва та зниженню навантаження на природні водні ресурси.

Таким чином, розглянута схема є комплексною інженерною системою, у якій кожен етап виконує чітко визначену функцію та взаємодіє з іншими елементами для забезпечення безперервного технологічного процесу.

### **2.3. Схема водопостачання газоочисток доменних печей**

На прикладі оборотного циклу газоочисток доменних печей розберемо базові питання експлуатації ділянки ОЦГДП та схему водопостачання газоочисток доменних печей. Для цього розберемо технологічний ланцюг роботи насосного господарства, відкритих гідроциклонів-флокуляторів, радіальних згущувачів, вентиляторних градирень, залізничного штовхача, відділення зневоднення з дисковими вакуум-фільтри та водокільцевими вакуумними насосами [14].

Стічні води в кількості 2000-4000 куб.м./год із вмістом завислих часток до 3 г/л самопливом по двох відкритих лотках надходять у приймальну камеру шламової насосної станції. Насосами типу ГрК-1600/50 і ГРАК 1400/40 шламова вода подається в розподільчу камеру  $V=180$  куб.м., звідки надходить на гідроциклон-флокулятори ЦІ2 М, у яких відбувається процес освітлення стічних вод доменного виробництва.

Після освітлення вода із вмістом завислих часток до 200 мг/л по двох колекторних трубопроводах Ду 1000 мм надходить на 3-секційну вентиляторну градирню для охолодження. Охолоджена вода самопливом по двох закритих лотках  $ду=1000$  мм знаходить у приймальну камеру насосної освітленої води, звідки насосами Д 4000/95, Д, 1250/125 подається на газоочистки доменних печей для повторного використання.

Шламова пульпа в кількості 200-300 куб.м/год від гідроциклонів із вмістом твердих часток 80-100 г/л самопливом по трубопроводах Ду 150 мм надходить у згущувачі ЦІ 8 М, де відбувається її згущення до вмісту твердих часток 300-500 г/л. Згущена шламова пульпа насосами ГрАК 170/40 подається у відділення зневоднення шламів на вакуум-фільтри Ду63-2,5, де за допомогою вакуумного водокільцевого насоса ВВН-50 шлам зневоднюється до вологості 25%.

Утворений шлам після процесу фільтрації вивантажується у залізничні вагони та вивозиться на рудний двір для складування та подальшого використання в аглодоменному виробництві.

Для інтенсивності процесу освітлення шламових вод передбачена обробка води реагентом. Кількість завислих речовин у освітленій воді не більше 200 мг/л. рН освітленої води 7-8,5.

Концентрація твердих речовин у шламовій пульпі 300-500 г/л. Температура охолодженої води не більше 40°C. Питома навантаження на гідроциклону 6-7 м/м-год. Тиск у трубопроводах освітленої води 6-7 кгс/см. Витрата води на одну газоочистку 700-800 м/год. Вологість зневодненого шламу не більше 25%.

Основними вимогами експлуатації є: безперебійне постачання водою з заданими параметрами, безпечна та безаварійна робота обладнання, своєчасне та якісне проведення планових оглядів, ремонтів, відвантаження шламів відповідно до заданого плану.

Контроль за роботою обладнання та споруд оборотного циклу здійснюється щоденно на дільниці основного виробництва, забезпечуючи безперебійну подачу води з заданими параметрами для газоочисток доменних печей [14].

Обслуговування оборотного циклу включає:

- контроль за роботою насосного обладнання; дозування реагенту;
- контроль за роботою гідроциклонів, згущувачів;
- постійна робота відділення зневоднення шламу; контроль за роботою вентиляторної градирні;
- контроль і забезпечення заданих технологічних параметрів роботи оборотного циклу;
- техстастіку-регулярне введення змінних журналів із заповненням

основних показників роботи обладнання та споруд, а також із зазначенням всіх зауважень та виявлених дефектів;

– проведення постійних оглядів обладнання згідно з графіком; підтримка всіх ділянок та обладнання в санітарному стані.

Розподільча камера слугує для подачі шламових стоків на гідроциклони-флокулятори. У верхній частині резервуара встановлені дві захисні решітки під падаючими трубопроводами діаметром 500 мм, які призначені для запобігання засорення.

Однорядні згущувачі з центральним приводом Ц-18 призначені для згущення та обезшламовування пульпи. Згущувачі мають таку конструкцію: на чан встановлюється міст, на якому кріпиться рама приводу. Механізми обертання, підйому та привід закріплюються на рамі приводу. Грибковий пристрій з'єднаний з валом механізму обертання. Освітлений шар (злив) переливається через зливний поріг у кільцевий жолоб чану.

Чан являє собою залізобетонний або металевий відкритий резервуар циліндричної форми з конічним дном. У верхній частині чану є кільцевий жолоб з патрубком для відведення зливу та трубами для монтажу зливного пристрою. До днища чана кріпиться розвантажувальний пристрій для розвантаження згущеного продукту.

Міст являє собою зварну конструкцію з листової сталі і складається з двох подовжніх балок.

У середній частині мосту передбачено місце для встановлення рами приводу. На мосту передбачено люк для обслуговування нижньої частини механізму обертання та розвантажувального жолоба, який закривається відкидною кришкою. З обох сторін мосту встановлені перила.

Рама приводу являє собою зварну конструкцію з швелерів, яка

передбачає розташування та встановлення механізму обертання та приводу. Привід складається з асинхронного короткозамкненого електродвигуна та циліндричного редуктора, з'єднаних ремінною передачею. Редуктор з'єднується з механізмом обертання втулково-пальцевою муфтою. Вертикальний вал з'єднується з валом грибка пристрою за допомогою фланцевого з'єднання. Від бруду, бризок пульпи вал захищений гумовим гофрованим рукавом, який кріпиться хомутами до ступиці черв'ячного колеса та до валу.

Механізм обертання призначений для передачі обертального руху грибку пристрою. Механізм підйому складається з одноступінчастого черв'ячного редуктора вертикального типу з передачею гвинт - гайка, стійки та підвіски. Стійка встановлюється на кришку механізму обертання, на ній базується редуктор з передачею гвинт - гайка. За допомогою підвіски механізм підйому з'єднується з вертикальним валом механізму обертання. Механізм підйому призначений для підйому опускання грибка пристрою.

У механізмі встановлені кінцеві вимикачі, що обмежують висоту підйому. Передбачено ручне піднімання рейкового пристрою. Спеціальна ручка кріпиться на шківі електродвигуна лише при вимкненому електродвигуні, обертанням якого за годинниковою стрілкою здійснюється підйом або опускання граблин рейкового пристрою на нульову висоту. Висота підйому вказується стрілкою на шкалі, нанесеній на лінійки. Максимальна висота підйому 400 мм.

Грибковий пристрій являє собою вертикальний вал з труби з привареними внизу кронштейнами і вгорі - фланцем. До кронштейнів кріпляться діаметрально протилежно короткі та довгі граблі, виготовлені з труб з привареними скребками рейкового типу. Граблі для жорсткості між

собою скріплені тягами і додатково кріпляться до вертикального валу. Верхнім фланцем вертикальний рали кріпиться до валу меніску брання.

Грибковий пристрій призначений для транспортування згущеного продукту до розвантажувальної воронки в центрі чану. Гідроциклони-флокулятори діаметром 12м-апарати, у яких поєднанні конструктивні елементи відкритого гідроциклону та радіального відстійника. Вентиляторна градирня освітлена вода з переливних лотків гідроциклонів з температурою до 70°C надходить для охолодження до температури 40°C.

Апарат складається з циліндричного корпусу з конічним дном, підводячи тангенціальних патрубків діаметром 300 мм у кількості 4 шт., діафрагми з переливним жолобом для скидання освітленої води, мосту, грибкового пристрою з приводом Ц12М. Випуск згущеного шламу постійний через алюмінієвий затвор  $D_u=100$  мм.

У процесі експлуатації згущувача та гідроциклону необхідно перевіряти наявність і якість змащення відповідно до таблиці змащення.

Експлуатація градирень зводиться до регулювання температурного режиму, догляду за елементами споруди та обладнання, а також їх своєчасного ремонту. Підвищення охолоджуючого ефекту в градирнях досягається в рівномірному розподіленні води по всій площі зрошувальної системи, тобто створенні однакової щільності дощу води.

Контроль за роботою вентиляторної градирні здійснюється щозміни на ділянці основного виробництва, які несуть відповідальність за безперебійне забезпечення водою заданих параметрів і безаварійну роботу обладнання.

Нерівномірна щільність зрошення значно зменшує температурний перепад охолодження води. Необхідно відрегулювати надходження води

на окремі секції, щоб температура охолодження в них була однаковою або не перевищувала різниці більше 0,5 градуса. Догляд за градирнями зводиться до періодичного очищення від механічних засмічень і ремонту водорозподільних труб, сопел та резервуара під градирнею, до вимірювання температури води та оцінки ефекту охолодження води.

На вентиляторних градирнях необхідно регулярно оглядати вентилятори та їх приводи.

Ванна фільтра наповнюється згущеним шламом концентрацією не менше 300 г/л. Постійність концентрацій не менше 300 г/л по всьому об'єму ванни підтримується за рахунок обертання лопатей мішалки.

Всередині порожнини сектори з'єднані з каналами коміркового вала, до кінців якого своїми робочими поверхнями прилягають розподільні головки. Головки мають кільцевий ряд камер, розділених одна від одної перегородками. Камери з'єднані за допомогою гумових вставок і трубопроводів з вакуумним насосом та магістральним трубопроводом стисненого повітря. При обертанні вала всі сектори послідовно з'єднуються з камерами розподільної головки. У зоні фільтрації (при проходженні дисків через ванну зі шламом) фільтрат надходить через фільтрувальну тканину секторів у їх внутрішню порожнину, а потім через канали вала і камеру розподільної головки, пов'язані трубопроводами, відводиться через ресивер, гідрозатвор видаляється в дренаж.

Тверді частки затримуються на фільтрувальній перегородці, утворюючи шар осаду. У зоні сушіння з осаду видаляється фільтрат і тим же трубопроводом, через ресивер уловлювач видаляється в дренаж. У зоні вивантаження відбувається видування осаду з тканини стисненим повітрям, при суміщенні видувного вікна розподільної головки з коміркою вала подається порція стисненого повітря у внутрішню порожнину

секторів, і осад з фільтрувальних перегородок відділяється і падає у бункер.

Описана вище структура технологічної лінії оборотного циклу водопостачання очищення стоків доменного цеху передбачає:

- забезпечення безаварійної та безперервної роботи цеху
- дотримання необхідних технологічних параметрів води
- дотримання технологічних та природоохоронних норм
- безпечну та продуктивну роботу обслуговуючого персоналу

Схема водопостачання газоочисток доменних печей наведена на рис. 2.2

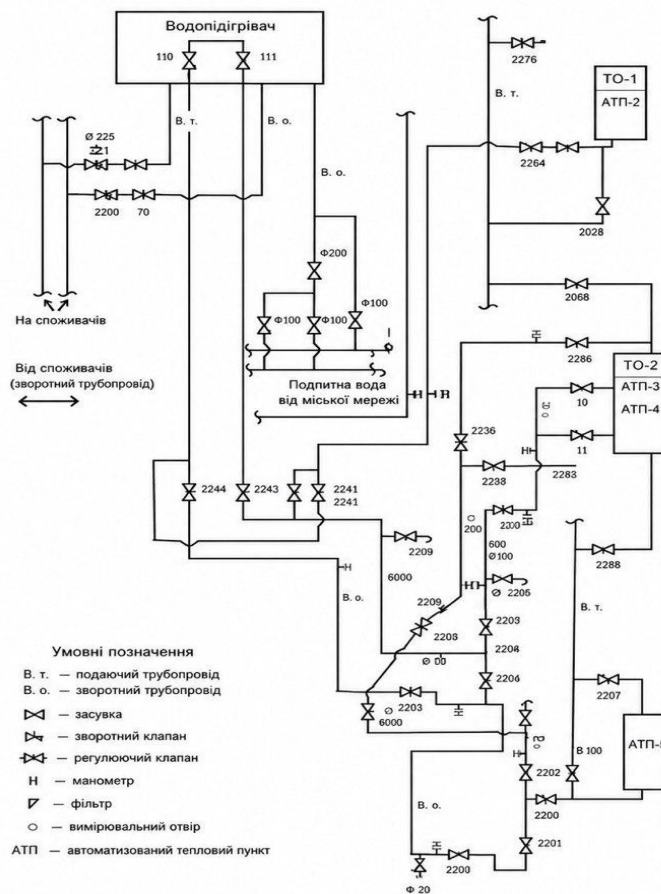


Рис. 2.2 - Схема водопостачання газоочисток доменних печей

### КАРТА ОБЕРТОВОГО ЦИКЛУ ГАЗООЧИСТКИ ДОМЕННИХ ПЕЧЕЙ

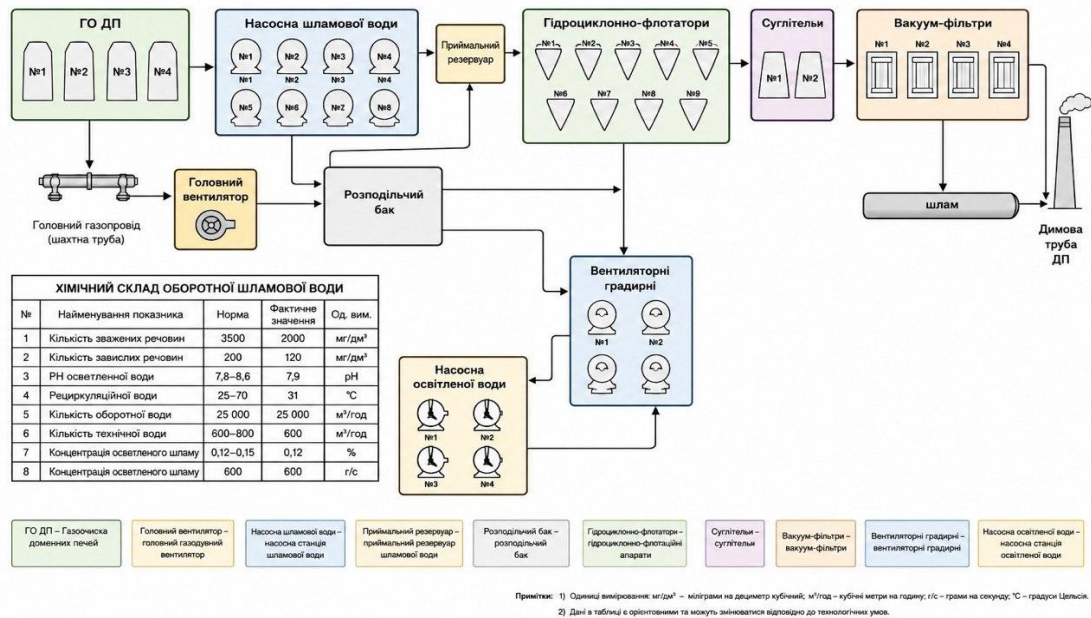


Рис. 2.3 – Карта обортового циклу газоочистки доменних печей

Для забезпечення стабільної роботи оборотного циклу водопостачання встановлюються такі основні технологічні параметри:

- концентрація завислих речовин в освітленій воді - не більше 200 мг/л;
- рН води - 7,0–8,5;
- температура охолодженої води - не більше 40 °С;
- концентрація твердих речовин у шламовій пульпі - 300–500 г/л;
- питоме навантаження на гідроциклон - 6–7 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·год);
- тиск у трубопроводах освітленої води - 6–7 кгс/см<sup>2</sup>;
- витрата води на одну газоочисну установку - 700–800 м<sup>3</sup>/год;
- вологість зневодненого шламу - не більше 25 %.

Дотримання зазначених параметрів є необхідною умовою ефективної та безаварійної роботи системи [15].

## 2.4 Висновки до розділу 2

У розділі наведено опис технологічної схеми оборотного циклу водопостачання газоочисток доменних печей, розглянуто основні етапи руху води та шламових потоків, а також визначено функції основного технологічного обладнання.

Встановлено, що система оборотного водопостачання забезпечує багатоступеневе очищення, охолодження та повторне використання води, що дозволяє зменшити споживання свіжої води та мінімізувати скиди забруднених стічних вод.

Проаналізовано основні технологічні параметри роботи системи та вимоги до її експлуатації, дотримання яких є критично важливим для забезпечення стабільності виробничого процесу та екологічної безпеки підприємства.

## **3 ЕКСПЛУАТАЦІЯ ОБОРОТНОГО ЦИКЛУ ВОДОПОСТАЧАННЯ ГАЗООЧИСНОК МАРТЕНІВСЬКИХ ПЕЧЕЙ**

### **3.1 Загальна характеристика оборотного циклу водопостачання**

Експлуатація оборотного циклу водопостачання газоочисток мартенівських печей (ОЦВГМП), включає в себе схему з повним використанням оборотної води та утилізацію зважених речовин.

Спорудження оборотного циклу призначені для очищення стічних вод газоочисток мартенівських печей від зважених речовин і подачі освітленої води споживачам, а також згущення і зневоднення затриманих шламів.

Усі мартенівські печі обладнані газоочистками мокрого типу, вода, що проходить газоочистні апарати, відбирає тепло відхідних газів і нагрівається до 60-70°C. Склад фізико-хімічні властивості газів пилу, а отже стічних вод залежить від марок сталі, що виплавляються складу шихти, об'єму печі, періоду плавки, концентрація зважених речовин у стічній воді змінюється за ходом плавки досягаючи максимальної величини в основні періоди ( плавлення, доведення), але в середньому за проектом становить 1500-3000 мг/дм<sup>3</sup>.

Стічні води газоочисток мартенівських печей відводяться двома металевими лотками, укладеними на металевих опорах в трубному прольоті мартенівського цеху уздовж шихтового двору, в залізобетонні приймачі шламової насосної станції.

Після залізобетонних приймачів стічні води насосами подаються по закритому трубопроводу в розподільну камеру оборотного циклу. Звідти самопливом вода надходить у відкриті безнапірні гідроциклони на

освітлення. Подача оброблюваної води здійснюється через впускні патрубки, розташовані тангенціально в нижній половині циліндричної частини гідроциклону.

Освітлена вода підіймається вгору і переливається через зливну крайку, подається в кільцевий лоток гідроциклону, а потім самопливом відводиться в баки збірники, звідки насосами подається на газоочистки.

Згущена пульпа подається з нижньої конічної частини гідроциклону в згущувачі для подальшого згущення, а потім насосами подається на фільтр-преси для зневоднення. Зневоднений шлам надходить в залізничними вагонами для транспортування на рудний двір, де використовується в якості добавки в агломераційну шихту.

Для нейтралізації і коагуляції стічних вод подається вапняне молоко в залізобетоні приймачі шламової насосної станції. Для інтенсифікації процесу освітлення передбачена обробка стічних вод флокулянтном, який подається в розподільну камеру оборотного циклу.

Оборотний цикл, недостатньо замкнутий через надходження в систему оборотного водопостачання продувної води, після котлів утилізаторів ТЕЦ.

### **3.2 Опис та характеристика основного обладнання та епата оборотного циклу**

Очисні споруди і об'єкти водопостачання, що входять в оборотний цикл: шламова насосна станція; відділення освітлення води; відділення зневоднення; циркуляційна насосна станція; реагенте господарство; шламові лотки, водоводи освітленої і шламової води.

Опис схеми зневоднення.

Осад з кінченої частини гідроциклону ( 50-100 г/дм<sup>3</sup>) через пісковий отвір розподіляється на два згущувача (резервний та робочий) для

подальшого згущення. Пульпа, згущена до концентрації 300-500 г/дм<sup>3</sup>, подається насосами на фільтр-преси для зневоднення.

Шлам після фільтр-пресів подається в залізничні вагони і вивозиться на рудний двір доменного цеху. Фільтрат і промивні води фільтр-пресів, надходять в дренажний бак і звідти, насосами, повертаються в розподільну камеру, де повторно проходять цикл освітлення. Перелив освітленої води з кільцевого жолоба чана згущувача, так само насосами, повертається в розподільну камеру де повторно проходить цикл освітлення.

Конструкція фільтр-преса:

Фільтр-прес складається з набору фільтруючих плит, розташованих між плитами верхньої кінцевої і натискною. Під натискною плитою встановлено механізм гідрозажиму, що виконує підйом, ущільнення і опускання набору фільтруючих плит.

Фільтрувальна тканина у вигляді нескінченної стрічки зигзагоподібно протягнута між фільтруючими плитами.

У камері регенерації, для очищення фільтрувальної тканини від залишків осаду, встановлені зрошувальні трубки для струменевого промивання тканини і ножі (скребки) для її очищення. Ролик регулювання тканини призначений для усунення, зміщення фільтрувальної тканини щодо фільтруючих плит. Плита опорна і камера регенерації з проводом пересування тканини встановлені на загальній рамі. До плити натискної і опорної кріпиться телескопічний пристрій (блок злива), призначений для відведення фільтрату, повітря і промивної рідини. На правій стяжці встановлений колектор тиску, для подачі повітря на діафрагми.

Зі зворотного боку фільтр-преса на верхній натискній плиті встановлений колектор подачі з трьома клапанами, через які здійснюється

підвод суспензії, промивної рідини і повітря на просушку.

На натискній плиті встановлений клапан скидання тиску с колектора подачі. Фільтруюча плита складається з двох частин: верхньої частини-корпусу ( корпусу фільтрату; нижньої частині-рамки) камера фільтрування. Корпус призначений для збору і відводу фільтрату і має днище і дренажну підставу у вигляді окремих вкладишів.

Рамка є камерою фільтрування, в якій формується і просушується осад. Між корпусом 1 рамкою розташована гумова діафрагма, призначена для віджиму і видалення рідини з суспензії, що знаходиться в рамному просторі, віджимання та формування осаду.

Принцип роботи фільтр - пресу. При стислих плитах суспензія, промивна рідина або повітря послідовно надходять по трубопроводах до колектора подачі, на вході якого встановлені клапани, які автоматично відкривають доступ технологічних середовищ у фільтруючі плити.

Рідка фаза суспензії проходить через тканину і дренажну підставку, і далі - в колектор зливу; тверда фаза затримується і залишається на поверхні тканини, утворюючи осад, який потім віджимається діафрагмою і сушиться повітрям.

Після розкриття фільтр-преса між фільтруючими плитами утворюється зазор, а осад залишається на фільтрувальній тканини. Потім фільтрувальна тканина, що приводиться в рух приводом пересування тканини, виносить осад з між плитного простору. Вивантаження осаду проводиться одночасно з 2-х сторін фільтр-преса, при цьому на одній стороні осад роздвоюється.

Управління фільтр - пресом електрогідравлічне і здійснюється системою автоматики, що складається з пульта управління, станції управління, маслососної станції, гідравлічної розводки, електричної

розводки і запірної арматури.

При падінні тиску в рамному просторі до нуля і досягненні верхньої межі тиску в гідроциліндрі натягу тканини включається механізм затиску, набір фільтруючих плит, потім скидається тиск в гідроциліндрі механізму затиску.

Відбувається розжим фільтруючих плит і опускання їх у нижнє крайнє становище. Включається привід пересування фільтрувальної тканини. Привідний барабан, обертаючись, переміщує фільтрувальну тканину, спільно з осадом. Осад, що виноситься фільтротканиною з середлитного простору при перегині на роликах, відділяється від тканини - відбувається вивантаження осаду в вагон. Перед початком руху фільтрувальної тканини в камеру регенерації подається рідина в зрошувальні трубки (бризкала), тим самим виконується промивка і очищення тканини від залишків осаду. Злив рідини з камери регенерації вільний. На цьому закінчується один цикл.

При відповідному налаштуванні лічильно-імпульсного реле, фільтрувальна тканина при вивантаженні осаду, переміщається на довжину, рівну відстані між центрами роликів тканини в горизонтальній площині. При цьому фільтрування здійснюється то з одного, то з іншого боку фільтрувальної тканини, завдяки чому остання частково регенерується протитоком фільтрату. При роботі фільтр-преса в напівавтоматичному режимі фільтрувальник включає необхідну технологічну операцію відповідною операційною кнопкою управління.

Маслонасосна станція забезпечує подачу масла в систему гідрокерування і гідравлічний механізм затиску. Маслонасосна станція включає: бак, гідропанель з насосним устаткуванням низького і високого тиску, показник мінімально допустимого рівня масла при працюючих

насосах, фільтр заливки і фільтр повітряний, гідропанель низького тиску, на якій розміщений клапан зворотний, напірний золотник (гідроклапан тиску), манометр контролю тиску в системі гідрокерування, гідропанель високого тиску, на якій розміщений клапан зворотний. напірний золотник, манометр контролю тиску в магістралі гідрозажиму, гідророзподільник.

Напірний золотник, налаштований на 2 МПа (20 кгс / см<sup>2</sup>), оберігає систему гідрокерування від подальшого підвищення тиску.

При роботі системи гідрокерування в режимі "3 підкачкою" реле тиску – відключає двигун насосу маслостанції, а при падінні тиску до 1.8 Мпа ( 18 кгс\ см<sup>2</sup>) – включає його. З моменту досягнення в магістралі гідрокерування нижньої межі тиску фільтр – прес підготовлений до роботи.

Набір плит в верхньому положенні включає шляховий перемикач, який дає команду клину на рух вперед для фіксації плунжера гідрозажіма.

Клин, рухаючись вперед, фіксує плунжер, що утримує набір плит в ущільненому стані, при цьому спрацьовує кінцевий вимикач, який готує ланцюг на відкривання клапана подачі суспензії. При відкритому клапані подачі суспензії спрацьовує кінцевий вимикач, який виключає можливість відкривання інших клапанів подачі. При цьому закриває клапан зливу з порожнини під діафрагмами і готує ланцюг для включення реле часу відліку тривалості операцій. Включення реле часу проводиться при підвищенні тиску в фільтр - пресі до мінімального значення, встановленого дослідним шляхом і зафіксованого у відповідному реле тиску.

Реле даної технологічної операції відключають попередню операцію і утримують відкритим клапан випуску фільтрату. Після закривання клапана подачі суспензії його кінцевий вимикач дає дозвіл на відкриття клапана подачі повітря на діафрагми. При відкриванні клапана його кінцевий вимикач через проміжне реле виключає можливість відкривання

інших клапанів подачі.

При досягненні встановленого тиску необхідного для віджиму осаду, реле тиску включає реле часу для контролю тривалості операції.

Операційні реле дають команду на відкривання клапана скидання з колектора подачі, готують це включення електромагніта гідрозолотника клапана подачі повітря, який відкривається після закривання клапана подачі промивної рідини. При відкритому клапані подачі повітря його кінцевим вимикачем включається реле часу контролю тривалості продування колектора подачі. Після закінчення часу продування закривається клапан скидання і відкривається клапан зливу з діафрагм, який закриється після закінчення установки відповідного реле часу. При досягненні в міжплитному просторі встановленого тиску включається реле відліку часу операції.

При зменшенні тиску в міжплитному просторі до нульового значення включається електромагніт, який керує клином фіксації гідрозажиму.

Одночасно включається електродвигун маслососної станції для піджиму плит. Відбувається розфіксація механізму затиску плит. Плити протягом усього періоду розфіксації знаходяться в стиснутому стані.

Із закінченням розфіксації відключається станція маслососна і включається електромагніт гідрозолотника зливу масла з циліндра гідрозажиму.

Починається розжим плит, після закінчення якого спрацьовує реле часу, яке затримує випуск приводу пересування тканини з метою випадіння осаду з рамок плит. Після закінчення установки часу затримки пуску фільтрувальної тканини і при досягненні номінального тиску в гідроциліндрі натягу тканини контактами реле тиску включається привід переміщення тканини.

Пересування фільтрувальної тканини контролюється за допомогою реле лічильно-імпульсного, датчиком якого є кінцевий вимикач. Реле лічильно-імпульсне рахує кількість імпульсів, достатнє для переміщення тканини на довжину, що забезпечує повне видалення осаду.

Конструкція фільтр - преса.

Рама є опорною несучою частиною фільтр-преса. Являє собою зварену конструкцію прямокутної форми, виконану зі швелерів.

На рамі встановлені і закріплені основні силові вузли фільтр – преса: упорна плита і траверса, піддон, збірник витоків, відбійник і останов.

Плита упорна - є одним з головних вузлів, що сприймає силові навантаження при експлуатації фільтр - преса;

- являє собою плоскорєберну конструкцію прямокутної форми, виконану з товстолистової високоякісної вуглецевої сталі;

- в упорну плиту уварені штуцери для подачі суспензії (у центрі) та відведення фільтрату (по кутах);

- до упорної плити нерухомо кріпиться головна плита - перша з пакету поліпропіленових фільтрувальних плит.

Траверса - так само, як і упорна плита є одним з головних вузлів, сприймає силові навантаження при експлуатації фільтр–преса. Плита нажимна - розміщується між упорною плитою і траверсою, встановлена на роликах і може переміщуватися по внутрішнім направляючим верхніх балок;

Механізм зажиму - являє собою гідроциліндр подвійної дії.

Каретка - призначена для почергового переміщення фільтрувальних плит під час вивантаження осаду або регенерації фільтрувальних серветок.

В якості приводу прийнято черв'ячний мотор-редуктор. Привід

кріпиться на рамі і розташований праворуч. Передача обертаючого моменту на ведений вал здійснюється роликівим ланцюгом.

До рами кріпиться корпус, який розташовується під рамою. Кріплення корпусу до рами виконано за допомогою проміжних стійок. До нижньої частини корпусу кріпляться два поворотних важеля, які обертаються на підшипниках.

Важіль упору виключає переміщення фільтрувальної плити по відношенню до каретки, що необхідно при роботі блоку регенерації.

Передбачена можливість вертикального регулювання положення корпусу по відношенню до рами. Положення важеля упору по висоті регулюється клином, розташованим на верхній площині корпусу. На каретці розташовано два датчика. Після переміщення всіх плит, каретка виконує холостий хід в сторону упорної плити. Спеціальний важіль каретки впирається в перемичку верхніх балок, зводить і фіксує важіль захоплення в верхньому положенні. Це положення забезпечує безперешкодне проходження важеля захоплення над пакетом плит, не зачіпаючи поворотні захоплення підвісок. Важіль упору при цьому русі вільно ковзає по верхніх кромках поворотних захоплень підвісок плит. Кабельканал каретки призначений для підведення силових і сигнальних кабелів до каретки. Розміщений у внутрішньому просторі верхніх балок. Для опирання верхньої гілки кабельканалу передбачено три підтримувальні ролики.

Підвіска плити призначена для кріплення до неї фільтрувальної плити і являє собою просторовий візок збірної конструкції. Блок колекторів призначений для подачі, розподілу і відведення робочих середовищ при виконанні технологічних операцій в фільтр-пресі. Колектор подачі суспензії під'єднується до центрального штуцера упорної плити, на ньому

встановлений аналоговий датчик тиску і манометр. Колектор відведення фільтрату приєднується до двох лівих штуцерів упорної плити. На цьому колекторі встановлені манометр (вгорі) і кульовий кран Ø15 для відбору проб (внизу). Колектор подачі допоміжних середовищ приєднаний до двох правих штуцерів упорної плити; на ньому вгорі встановлений мембранний перемикач і манометр. Колектор подачі допоміжних середовищ і колектор відводу фільтрату з'єднуються між собою через розділовий затвор. На колекторі випуску передбачені окремі виходи для фільтрату промивного фільтрату і повітря просушування. Повітропровід забезпечує підведення повітря до натискної плити для продувки каналу подачі суспензії. Колектор віджиму- призначений для розподілу і підведення віджимного середовища в мембранні плити. Піддон розміщується під пакетом плит і призначений для збору і видалення можливих крапельних витоків під час виконання технологічних операцій, а також для прийому і видалення води при роботі блоку регенерації, який складається з двох стулок, приводом для кожної стулки є окремий пневмоциліндр який управляє поворотом стулок за допомогою важелів. Збірник витоків призначений для прийому і відведення витоків і води з піддона.

Блок регенерації призначений для відновлення здатності до фільтрування серветок. Регенерація здійснюється чистої технічною водою під високим тиском - 70 ... 80 кгс/см<sup>2</sup>. На блоці регенерації встановлено два приводи: черв'ячні мотор-редуктори. Один з них призначений для горизонтального переміщення блоку регенерації уздовж фільтр-преса, а другий - для вертикального переміщення розпилувального пристрою. Для горизонтального переміщення блоку регенерації обидва вали з роликками виконані привідними. Конструктивно передбачено примусове переміщення розпилувального пристрою в обох напрямках - і вгору і вниз.

Безпосередньо перед розпилувальним пристроєм встановлено зворотний клапан. Клапан виключає витікання води з трубопроводів під час переміщення блоку регенерації до чергової плиті.

Водопровід - система жорстких і гнучких трубопроводів в межах фільтр-преса;  
- призначений для підведення води високого тиску від водостанції до блоку регенерації.

Шторки захисні - призначені для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу під час проведення технологічних операцій.

Відбійник - так само як і шторки призначений для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу під час роботи фільтр-преса.

Відбійники обмежують потрапляння розпоршених бризок води в робочу зону обслуговування під час роботи блоку регенерації;  
з відбійників вода стікає в збірники витоків. Останов призначений для негайної зупинки при роботі будь-яких механізмів фільтр-преса;

Тент призначений для обмеження попадання розпоршених бризок води на вузли та деталі підвісок плит і каретки під час роботи блоку регенерації.

Пакет фільтрувальних плит є тією частиною фільтр-преса, в якій безпосередньо здійснюється процес фільтрування.

У фільтр-пресі застосований камерно-мембранний пакет фільтрувальних плит.

На плитах передбачені мітки, що вказують сторону відведення фільтрату. З кожного боку фільтр - преса плити з мітками повинні чергуватися з плитами без міток.

Водостанція регенерації призначена для подачі води під високим тиском на блок регенерації:

до складу входять: рама, насосні агрегати високого тиску для подачі води на фільтр-прес, насосний агрегат для подачі води в ємність для води, ємність для води, запірна арматура, рукави високого тиску, датчики.

Майданчик обслуговування призначений для доступу і зручності обслуговування вузлів, розташованих у верхній частині фільтр-преса каретка, блок регенерації, водопровід, підвіски плит, колектор віджиму.

Візок монтажний призначений для зручності монтажу фільтрувальних плит, екіпування їх серветками, заміни серветок, виконання налагоджувальних і ремонтних робіт з підвісками плит і кареткою.

Робота фільтр - преса. Фільтр - прес є таким видом фільтрувального обладнання, що працює під тиском, за допомогою якого можна виконувати наступні основні і необхідні допоміжні технологічні операції.

До основних технологічних операцій відносяться:

- фільтрування;
- механічне віджимання осаду стисненим повітрям;
- промивка осаду;
- просушування осаду стисненим повітрям;
- продування каналу подачі суспензії;
- вивантаження осаду.
- регенерація фільтрувальних серветок.

До необхідних допоміжних технологічних операцій відносяться: зажим пакета фільтрувальних плит; відведення нажимної плити для виконання операції вивантаження осаду або регенерації фільтрувальних серветок.

Операція фільтрування.

Тверда фаза суспензії затримується на фільтрувальній тканині

серветок, утворюючи осад в камері плит, а рідка фаза (фільтрат) відводиться з дренажних порожнин фільтрувальних плит.

Заповнення камерного простору фільтр-преса необхідно здійснювати при мінімальному тиску і витраті суспензії, щоб це заповнення було рівномірним. Підвищення тиску фільтрування рекомендується починати після повного заповнення обсягу камерного простору суспензією. Сучасні технічні засоби дозволяють оптимально організувати заповнення і подання суспензії в фільтр-прес (наприклад, із застосуванням частотного перетворювача для управління двигуном насоса подачі і витратоміра).

По мірі накопичення осаду в камерному просторі зростає опір фільтрування, продуктивність фільтр - преса по фільтрату падає, а тиск в фільтр-пресі підвищується. Коли опір осаду зростає настільки, що подальше фільтрування стає нераціональним, подачу суспензії необхідно припинити. Критерієм закінчення процесу фільтрування можуть бути величина тиску, часу, обсягу або витрати суспензії. Критерій визначається за умовами процесу.

Операція віджим осаду.

Виконується для примусового видалення рідкої фази з осаду механічним шляхом. Залежно від пропонованих вимог віджимання осаду дозволяє: зменшити вологість осаду, якщо цей показник важливий для подальшої обробки осаду; видалити додаткову кількість фільтрату з осаду;

У якості віджимного середовища прийняте стиснене повітря.

Величина тиску віджиму і кількість віджимань визначаються:

- технологічними умовами експлуатації фільтр-преса;
- властивостями і характеристиками робочих середовищ;
- вимогами, що пред'являються до осаду і фільтрату.

Операція промивка осаду. Призначена для видалення з осаду розчинених в промивній рідині окремих складових твердої фази (осаду). Промивна рідина надходить по двом правим каналам, утвореним верхніми і нижніми отворами плит, а відводиться по двом лівим каналам. Таким чином, промивна рідина, надходячи з правого боку однієї плити, відводиться з лівого боку поруч розташованої плити.

При цьому промивна рідина проходить всередині плит у наступному порядку: серветка - осад - серветка. Це досягається за рахунок того, що дренажні отвори для відведення фільтрату у двох поруч розташованих плит знаходяться праворуч і ліворуч відповідно до найменування плит.

Операція просушування осаду.

Просушування дозволяє додатково зменшити вологість осаду за рахунок виносу вологи стисненим повітрям. Напрямок руху стисненого повітря такий же, як і промивної рідини.

Операція продувка каналу подачі суспензії.

Призначена для видалення залишків суспензії, що містяться в отворах подачі фільтрувальних плит, з метою виключення розливів суспензії при розкритті фільтр-преса.

Операція регенерація фільтрувальних серветок.

Регенерація фільтрувальних серветок здійснюється за рахунок подачі води під високим тиском на поверхню тканини серветок.

Струмені води змивають залишки осаду з поверхні серветок, пробивають тканину і, таким чином, видаляються частинки осаду, що залишилися всередині тканини.

Періодичність виконання регенерації фільтрувальних серветок визначається умовами експлуатації фільтр-преса і залежить від технологічних властивостей суспензії, фільтрату і осаду.

Під час проведення всіх технологічних операцій (крім регенерації) блок регенерації знаходиться в крайньому правому положенні з боку траверси. Регенерація виконується після вивантаження осаду при попередньо зімкнутому пакеті плит.

Для позиціонування блоку регенерації при його горизонтальному переміщенні передбачено два датчика контролю положення. Датчики реагують на прапорці фільтрувальних плит.

Не допускається наявність осаду на привалочній поверхні плит і серветок.

Призначення згущувача.

Згущувач одноярусний (надалі згущувач) Ц-9М2, призначений для згущення і знешламлення пульпи, освітлення оборотної води, розчинів. Застосування згущувача здійснюється на відкритому повітрі.

Пульпа по живлячому трубопроводу подається в завантажувальний пристрій. При проходженні через завантажувальний пристрій швидкість потоку значно знижується, чим забезпечується спокійне і рівномірне, по всьому перетину чана, осадження твердої фракції на дно згущувача. Тверда фракція, що осіла, скребками гребкового пристрою транспортується до центру чана і через розвантажувальний пристрій видаляється з чана. Освітлена вода стікає в кільцевий жолоб чана і видаляється через зливний патрубок в ємність умовно - чистої води, а звідти насосами подається в розподільну камеру оборотного циклу для повторного очищення в гідроциклонах.

Розвантаження згущеного продукту (пульпи) проводиться періодично в автоматичному режимі по команді фільтр - пресів.

Характеристика та стан основних водоводів і каналів наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Характеристика і стан основних водоводів і каналів.

Призначення водоводів	Діаметр, перетин (мм)	Кількість ниток	Матеріал	Пропускна здатність, м <sup>3</sup> /год
Подача шламової води в прийомні камери ШНС (лотки)	800 -1000	1	Сталь+ цегла	2000
Подача шламової води на розподільчу камеру	600	2	Сталь	2000
Подача шламової води на гідроциклони	250	12	Сталь	2000
Подача освітленої води на газоочистки	500	2	Сталь	2000
Подача продувочної води в шламонакопичувач	600	1	Сталь	2000
Аварійне скидання з оборотного циклу	600	1	Сталь	2000

Таблиця 3.2 - Технічні характеристики вентиляційного обладнання.

№	Використ. механізм вентилятора	Робоче місце, яке обслуговує вентилятор	Витрата повітря, м <sup>3</sup> /год	Тип електро двигуна	Потужність, кВт/год	Об'єм	Примітка
1	Ц4-70 №12,5	Вент приміщення	43100	АО2-72-6	22	970	Фільтр повітр. КТ-40
2	Ц4-70 №12,5	Вент приміщення	43100	АО2-72-6	22	970	
3	Ц4-70 №12,5	Вент приміщення	41000	АО2-72-6	22	970	
4	ВЦ 14-46 №6,3	Вент приміщення	18000		7,6	960	
5	Ц4-70 № 10	Вагонне відділення	38500	АО2-61-6	10	965	Калорифер КФС-8 до 300С

Продовження табл.3.2

6	Ц4-70 № 10	Вагонне відділення	38500	АО2-61-6	10	965	Калорифер КФС-8 до 300С
7	ОВ-300 № 6,3	Відділення зневоднення	1100	4А71В4	0,75	1370	
8	ОВ-300 №10	Маш зал ЦНС	3200	4А100L 6	2.2	960	
9	ОВ-300 №10	Маш зал ЦНС	3200	4А100L 6	2.2	960	

Балансова схема ОЦГМП наведена на рис.3.1

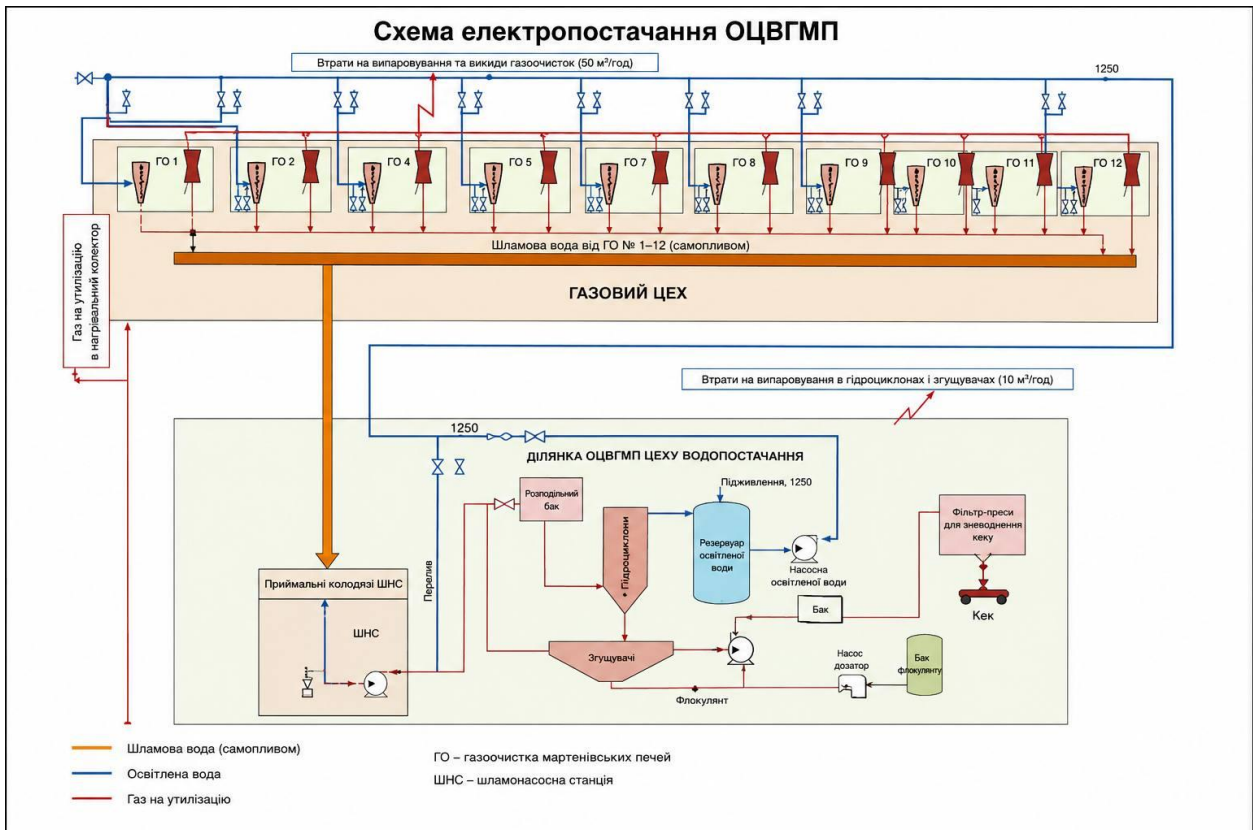


Рис. 3.1 - Балансова схема ОЦГМП

Карта електропостачання оборотного циклу газоочисток мартенівських

печей наведено на рис. 3.2.



Рис. 3.2 – Схема електропостачання ОЦВГМП

Описане вище структура технологічної лінії оборотного циклу водопостачання очищення стоків мартенівського цеху передбачає:

- забезпечення безаварійної та безперервної роботи вище зазначеного цеху;
- дотримання необхідних технологічних та екологічних параметрів охолоджуючої води та стоків;
- дотримання технологічних та природоохоронних норм;
- безпечну та продуктивну роботу обслуговуючого персоналу.

### 3.3 Висновки до розділу 3

У розділі 3 розглянуто особливості експлуатації оборотного циклу водопостачання газоочисток мартенівських печей (ОЦВГМП), який є

важливою складовою системи водоочищення металургійного підприємства та забезпечує ефективне використання водних ресурсів у замкненому технологічному циклі.

Встановлено, що система ОЦВГМП призначена для очищення стічних вод газоочисток від зважених речовин, повернення освітленої води у виробничий процес, а також для згущення та зневоднення утворених шламів з подальшою їх утилізацією. Застосування оборотного водопостачання дозволяє суттєво зменшити обсяги свіжої води, що споживається підприємством, та знизити екологічне навантаження на навколишнє середовище.

Аналіз технологічної схеми показав, що процес очищення включає послідовні стадії: первинне відведення стічних вод, освітлення у гідроциклонах, подальше згущення у згущувачах та зневоднення на фільтр-пресах. Отримана освітлена вода повторно використовується у газоочисних установках, що забезпечує замкнений цикл водопостачання.

Особливу увагу приділено роботі основного технологічного обладнання, зокрема гідроциклонів, згущувачів та фільтр-пресів, які забезпечують ефективне розділення твердої та рідкої фаз. Розглянуто також принцип роботи фільтр-преса, який включає операції фільтрування, віджиму, промивки, сушіння та регенерації фільтрувальних елементів, що дозволяє досягати високого ступеня зневоднення осаду.

Встановлено, що утворений шлам після зневоднення вивозиться на рудний двір і використовується як добавка до агломераційної шихти, що свідчить про раціональне використання вторинних матеріальних ресурсів та зменшення обсягів промислових відходів.

Також проаналізовано допоміжні системи оборотного циклу, включаючи реагентне господарство, насосні станції, систему

трубопроводів та вентиляційне обладнання, які забезпечують стабільну та безперебійну роботу технологічної лінії.

Загалом експлуатація оборотного циклу водопостачання газоочисток мартенівських печей забезпечує:

- безперервність та надійність роботи системи газоочистки;
- ефективне очищення та повторне використання води;
- зменшення споживання свіжої води;
- зниження екологічного навантаження на довкілля;
- дотримання технологічних та природоохоронних вимог;
- безпечні умови праці обслуговуючого персоналу.

Отже, впровадження та ефективна експлуатація оборотного циклу водопостачання є важливим елементом екологічної модернізації металургійного виробництва та сприяє підвищенню його енерго- та ресурсоефективності.

## **4 ЕКОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТУ**

### **4.1 Екологічна модернізація системи рециркуляції води газоочисток мартенівських печей**

Масштабна екологічна модернізація на підприємствах металургійної галузі охоплює, насамперед, аглодоменне та сталеливарне виробництво, оскільки саме ці переділи характеризуються значним впливом на навколишнє середовище. Основною метою таких заходів є зниження обсягів забруднюючих викидів, раціональне використання водних ресурсів та впровадження замкнутих циклів водопостачання.

У 2022 році реалізація частини запланованих заходів була ускладнена внаслідок повномасштабної вторгнення. Це призвело до суттєвих змін у логістиці, постачанні технологічного обладнання, сировини та комплектуючих для виробничих процесів. Незважаючи на зазначені труднощі, екологічна програма, затверджена Metinvest Холдингом, не була зупинена та продовжує впроваджуватися, демонструючи практичні позитивні результати.

Як приклад реалізації екологічних заходів доцільно розглянути модернізацію циклу рециркуляції системи газоочисток мартенівських печей, що функціонують на унікальному, наразі єдиному у світі мартенівському виробництві.

Рециркуляційна система призначена для очищення стічних вод, що утворюються в процесі роботи газоочисток мартенівських печей, від зважених твердих частинок. Крім того, вона забезпечує повторне використання очищеної води у виробничому циклі, а також здійснює згущення та подальше зневоднення утвореного осаду.

Слід зазначити, що концентрація твердих речовин у стічних водах є змінною величиною і залежить від технологічного режиму виробництва сталі. Найвищі значення спостерігаються у періоди інтенсивних процесів плавлення та обробки металу. У середньому для проєктних умов концентрація становить 1500–3000 мг/дм<sup>3</sup>, що перевищує можливості ефективного очищення застарілим обладнанням та технологіями приблизно у два рази.

Впровадження сучасного обладнання та вдосконалення технологічного процесу дозволило суттєво підвищити ефективність очищення. Зокрема, згущений шлам після гідроциклону подається з нижньої конусоподібної частини до згущувачів для подальшої обробки. Після цього він перекачується на фільтр-прес, де відбувається остаточне зневоднення. Отриманий зневоднений осад транспортується залізничним транспортом на рудний склад, де використовується як добавка до агломераційної сировини, що сприяє більш раціональному використанню вторинних ресурсів (рис.4.1).

Для ТОВ «Метінвест Холдинг» та металургійного комбінату «Запоріжсталь» питання охорони навколишнього середовища та здоров'я працівників є стратегічним пріоритетом. Діяльність підприємства нерозривно пов'язана з розвитком металургійної галузі, економіки регіону та забезпеченням екологічної безпеки, що визначає довгострокову відповідальність перед суспільством та майбутніми поколіннями.



Рис. 4.1 Балансова схема –ситуація після модернізації

## 4.2 Заходи з охорони праці та техніки безпеки на ділянці очисних споруд [17]

Охорона праці та техніки безпеки на виробничих ділянках є невід’ємною складовою організації безпечного технологічного процесу, особливо на підприємствах металургійної галузі, де експлуатація обладнання пов’язана з підвищеним рівнем виробничих ризиків. Основною метою заходів з охорони праці є запобігання виробничому травматизму, професійним захворюванням, аварійним ситуаціям, а також забезпечення безпечних та здорових умов праці для персоналу.

На ділянці очисних споруд та систем водоочищення особлива увага приділяється контролю стану технологічного обладнання, насосних агрегатів, гідроциклонів, фільтр-пресів та трубопроводів. Усі механізми повинні експлуатуватися відповідно до затверджених інструкцій та

регламентів технічного обслуговування. Перед початком роботи працівники зобов'язані проходити інструктаж з охорони праці, а також періодичне навчання з правил безпечної експлуатації обладнання.

Важливим заходом є забезпечення справного стану захисних огорожень, блокувальних пристроїв та систем аварійного вимкнення обладнання. Забороняється експлуатація несправних механізмів або обладнання з порушенням герметичності технологічних систем. Особливу увагу слід приділяти роботі під тиском та з використанням насосного обладнання, оскільки можливі ризики пов'язані з гідравлічними ударами та витоками робочих середовищ.

Працівники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту, зокрема спецодягом, захисним взуттям, рукавицями, касками та, за необхідності, засобами захисту органів дихання і слуху. Використання ЗІЗ є обов'язковою умовою допуску до виконання робіт.

Окремо передбачаються заходи щодо електробезпеки, оскільки обладнання очисних споруд працює з використанням електроприводів та автоматизованих систем керування. Обслуговування електроустановок дозволяється лише кваліфікованому персоналу з відповідною групою допуску.

Крім того, важливим аспектом є дотримання протипожежної безпеки, регулярний контроль стану електромереж, наявність засобів пожежогасіння та чітко визначені маршрути евакуації персоналу у разі виникнення аварійної ситуації.

Таким чином, комплекс заходів з охорони праці та техніки безпеки забезпечує стабільну та безаварійну роботу очисних споруд, знижує ризики виробничого травматизму та сприяє підвищенню загального рівня безпеки виробничого процесу.

### 4.3 Висновки до розділу 4

У розділі 4 розглянуто питання екологічної ефективності проекту та заходи з підвищення рівня екологічної безпеки і охорони праці на ділянці очисних споруд.

Встановлено, що сучасні процеси екологічної модернізації металургійних підприємств спрямовані на зменшення негативного впливу виробництва на навколишнє середовище, раціональне використання природних ресурсів та впровадження замкнених систем водообігу. Особливе значення такі заходи мають для агломерного та сталеливарного виробництва, які характеризуються значними обсягами водоспоживання та утворенням забруднених стічних вод.

Проаналізовано модернізацію системи рециркуляції води газоочисток мартенівських печей, у результаті якої забезпечується підвищення ефективності очищення стічних вод від зважених речовин та стабільна робота замкнутого циклу водопостачання. Використання сучасного обладнання (гідроциклонів, згущувачів, фільтр-пресів) дозволило суттєво покращити якість очищення, знизити концентрацію забруднень у воді та забезпечити повторне використання очищеної води у виробничому процесі.

Доведено, що впровадження технології зневоднення та подальшого використання шламів як добавки до агломераційної сировини сприяє зменшенню обсягів промислових відходів і підвищенню рівня ресурсоефективності виробництва. Таким чином, реалізовані заходи мають як екологічний, так і економічний ефект.

Окремо розглянуто заходи з охорони праці та техніки безпеки на ділянці очисних споруд. Встановлено, що безпечна експлуатація обладнання забезпечується за рахунок дотримання регламентів

технічного обслуговування, проведення інструктажів персоналу, застосування засобів індивідуального захисту та контролю справності технологічного обладнання.

Важливу роль відіграє забезпечення електро- та пожежної безпеки, а також наявність систем блокування, аварійного відключення та чіткої організації евакуації персоналу у разі виникнення аварійних ситуацій.

У цілому встановлено, що впровадження екологічно орієнтованих технологій у поєднанні з комплексом заходів з охорони праці дозволяє забезпечити стабільну, безпечну та безаварійну роботу очисних споруд, знизити екологічне навантаження на довкілля та підвищити рівень промислової безпеки на підприємстві.

## ВИСНОВКИ

Технологічні ланцюги циркуляційних циклів доменних і мартенівських печей, розглянуті в попередніх розділах, були розроблені та введені в експлуатацію у 50-60-х роках минулого століття. Технології та обладнання, запропоновані та впроваджені на «Запоріжсталі», не відповідали екологічним стандартам і показникам, прийнятими законами та розпорядженнями уряду України.

Модернізація очисних споруд і циркуляційних циклів водопостачання вимагали великих матеріальних ресурсів, нових технологічних рішень і триває й досі на всіх ділянках. Підсумовуючи результати комплексної модернізації обладнання, можна виділити наступне:

Повна реконструкція агрегатів агломерації з впровадженням сучасної системи очищення газів і циклонів акумуляторів. Це дозволило зменшити викиди пилу на 90% і діоксид сірки вдвічі, повністю усунувши небезпечні відходи.

Комплексна реконструкція газових очищувальних споруд агломерного заводу зменшила викиди пилу на 90% і викиди діоксиду сірки на 50%.

Було впроваджено систему очищення технологічної води, яка зменшила скиди в річку Дніпро на 83%. Завершено будівництво лінії травлення, яка повністю усунула промислові скиди води з цеху холодного прокату №1 на річці Дніпро та зменшила викиди парів сірчаної на 83%.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

АТ «Запоріжсталь» (Виробнича внутрішня документація) (дата звернення

АТ «Запоріжсталь» : веб-сайт. URL: <https://zp.metinvestholding.com/> (дата звернення 27.04.2026).

Йрапетян 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, Харків, ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021, 120 с.

чисні споруди господарсько-побутових стічних вод. (Виробнича внутрішня документація) (дата звернення: 29.04.2026).

Коробко С.С. Екологічні наслідки функціонування металургійних підприємств / Коробко С.С., Павличенко А.В. // «Наукова весна» 2025 : матеріали XV Міжнародної науково-технічної конференції аспірантів та молодих вчених, Дніпро, 26–28 березня 2025 року. – Дніпро : НТУ «ДП», 2025. – С. 120-121. URI <https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/170883>

найкращі доступні технології та методи управління (НДТМ). Довідковий документ для чорної металургії. URL: звернення: 23.04.2026).

очищення господарсько-побутових стічних вод доменного виробництва (Виробнича внутрішня документація) (дата звернення: 30.04.2026).

)

Про затвердження Державних санітарних норм та правил "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" від 12.05.2010 № 2 (звернення 03.05.2026).

0

2

1

.

одний кодекс України: Закон України від 06.06.1995 р. № 213/95-ВР // Відомості Верховної Ради України. 1995. № 24. Ст. 189. (Зі змінами та доповненнями).

тх

рес Л. П., Єрьомін О. О., Каракаш Є. О., Радченко Ю. М. Екологічні аспекти металургійних технологій (1 ч.) : навч. посібник. Дніпро: Україн. держ. ун-т науки і технол., 2022. 106 с.

К «ЗАПОРІЖСТАЛЬ» УДОСКОНАЛЮЄ СИСТЕМУ ГАЗООЧИСТОК ДОМЕННИХ ПЕЧЕЙ. : веб-сайт. URL: <https://zp.metinvestholding.com/> (дата звернення 27.04.2026).

озробка оборотних циклів водопостачання і систем очищення води: веб-сайт. URL: <https://mtechnology.com.ua/zaxist-vodnogo-basejnu/> (дата звернення 27.05.2026).

апольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник. К.: Вища школа, 2005. 671 с.

. Activated Sludge Models ASM1, ASM2, ASM2d and ASM3. – London: IWA Publishing, 2000. – 121 p.

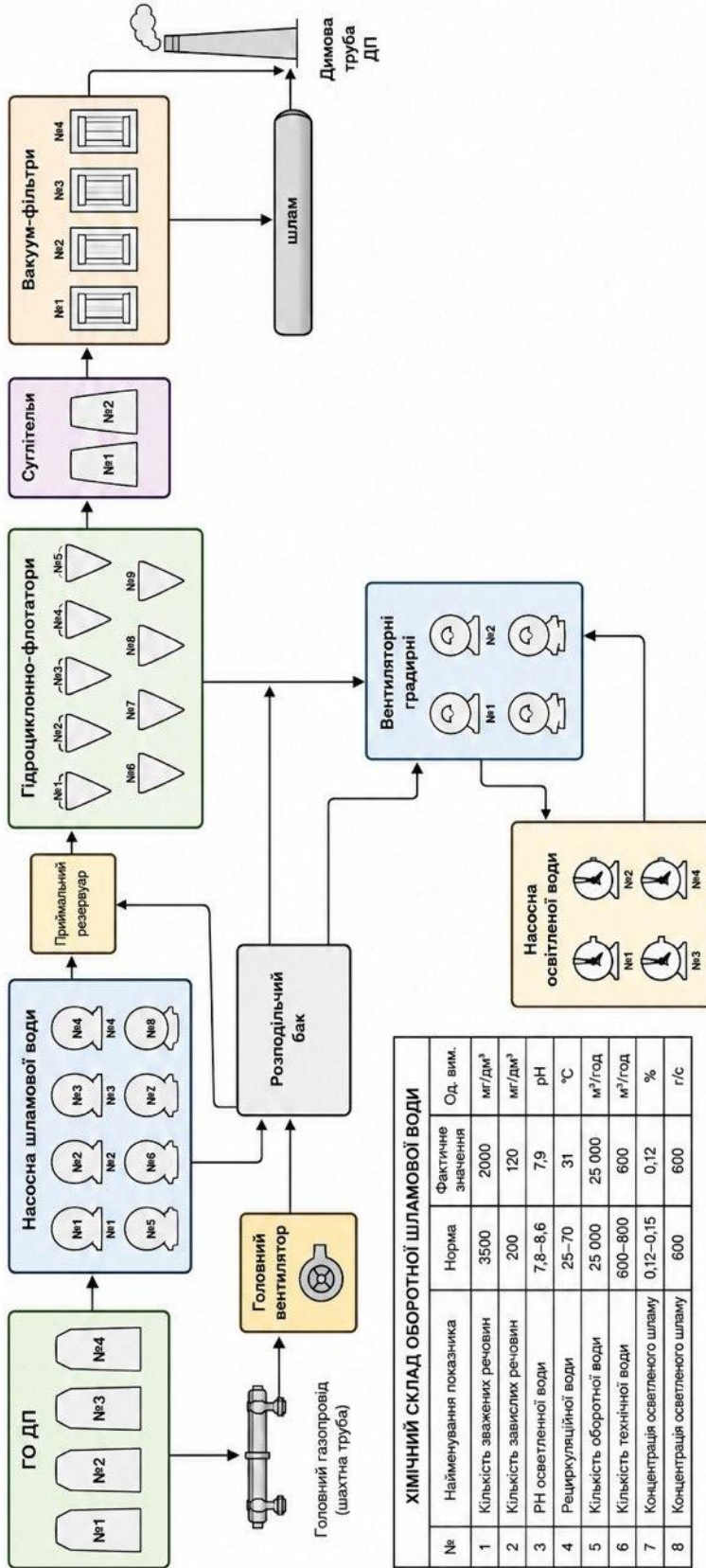
ПАОП 0.00-1.76-15. Правила безпеки під час експлуатації споруд водопостачання та водовідведення. К.: Державна служба гірничого нагляду та промислової безпеки України, 2015. 45 с.

авенко К.Р., Накемпій О.К. Екологічна оцінка ефективності очищення стічних вод металургійних підприємств із замкненим циклом водопостачання. *Start in Science: студентська науково-технічна конференція* : збірник тез і анотацій наукових доповідей. Одеса : Олді+, 2025.С. 285-289. <https://dspace.mipolytech.education/handle/mip/3204>



ДОДАТОК Б

КАРТА ОБЕРТОВОГО ЦИКЛУ ГАЗООЧИСТКИ ДОМЕННИХ ПЕЧЕЙ



ХІМІЧНИЙ СКЛАД ОБОРОТНОЇ ШЛАМОВОЇ ВОДИ			
№	Найменування показника	Норма	Фактичне значення Од. вим.
1	Кількість зв'язаних речовин	3500	2000 мг/дм <sup>3</sup>
2	Кількість завислих речовин	200	120 мг/дм <sup>3</sup>
3	РН освітленої води	7,8-8,6	7,9
4	Рециркуляційної води	25-70	31 °C
5	Кількість оборотної води	25 000	25 000 м <sup>3</sup> /год
6	Кількість технічної води	600-800	600 м <sup>3</sup> /год
7	Концентрація освітленого шламу	0,12-0,15	0,12 %
8	Концентрація освітленого шламу	600	600 г/с

ГО ДП – Газоочистка доменних печей

Головний вентилятор – головний газодувач вентилятор

Насосна шламової води – насосна станція шламової води

Приймальний резервуар – приймальний резервуар шламової води

Розподільний бак – розподільний бак

Гідроциклонно-флотатори – гідроциклонно-флотатійні апарати

Сушитель – сушитель

Вакуум-фільтри – вакуум-фільтри

Вентиляторні градирні – вентиляторні градирні

Насосна освітленої води – насосна станція освітленої води

Примітки: 1) Одиниці вимірювання: мг/дм<sup>3</sup> – міліграми на дециметр кубічний, м<sup>3</sup>/год – кубічні метри на годину, г/с – грами на секунду, °C – градуси Цельсія.  
 2) Дані в таблиці є ориєнтованими та можуть змінюватися відповідно до технологічних умов.

## ДОДАДОК В

Розкриття факту делегування завдань генеративному ШІ

Автор заявляє про використання генеративного ШІ у процесі дослідження та підготовки рукопису. Відповідно до таксономії GAIDeT (2025), наведені нижче завдання були делеговані інструментам генеративного ШІ за повного людського нагляду:

- *Генерування схематичних зображень*
- *Систематизація літератури*
- *Реформатування*

Використаний інструмент генеративного ШІ: Gemini.

Повну відповідальність за фінальний рукопис несуть автори.

Інструменти генеративного ШІ не зазначаються як автори та не несуть відповідальності за кінцеві результати.

Декларацію подала: Савенко Катерина

Додаткова примітка: Я використала Gemini для допомоги у синтезі літератури, генеруванні зображень та реформатуванні тексту.

## ДОДАТОК Г

### Публікації

1. Савенко К.Р., Накемпій О.К. Екологічна оцінка ефективності очищення стічних вод металургійних підприємств із замкненим циклом водопостачання. *Start in Science: студентська науково-технічна конференція* : збірник тез і анотацій наукових доповідей. Одеса : Олді+, 2025.С. 285-289. <https://dspace.mipolytech.education/handle/mip/3204>



СТУДЕНТСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА  
КОНФЕРЕНЦІЯ

# START IN SCIENCE

ОЛДІ  
ПІЮЄ

Збірник тез і анотацій  
наукових доповідей  
12 ГРУДНЯ 2025 РОКУ



## **Start in Science**

### **Студентська науково-технічна конференція**

**Збірник тез і анотацій наукових доповідей**

12 грудня 2025 року

**Одеса • 2025 • Олді+**

УДК 001.892(062.552)  
S81

**Організаційний комітет конференції:**

*Голова* – **Володимир КУХАР**, д.т.н., професор, проректор з науково-дослідної роботи.

*Секретар* – **Христина МАЛІЙ**, к.т.н., доцент, керівник науково-дослідного департаменту.

*Члени комітету:*

**Володимир ПАШИНСЬКИЙ**, д.т.н., доцент, завідувач кафедри матеріалознавства та прикладної механіки;

**Ігор БОЙКО**, к.т.н., доцент кафедри матеріалознавства та прикладної механіки;

**Едуард ГРИБКОВ**, д.т.н., професор, завідувач кафедри металургії та організації виробництва;

**Юрій ДОБРОНОСОВ**, к.т.н., доцент, доцент кафедри металургії та організації виробництва;

**Іван САХНО**, д.т.н., професор, завідувач кафедри гірничої справи;

**Діна МИХАЙЛОВА**, викладач кафедри гірничої справи;

**Олексій КОЙФМАН**, к.т.н., доцент, завідувач кафедри автоматизації, електро- та робототехнічних систем;

**Юрій ШРАМКО**, к.т.н., доцент кафедри автоматизації, електро- та робототехнічних систем;

**Ірина СМІРНОВА**, к.е.н., доцент, завідувач кафедри цифрових технологій та проєктно-аналітичних рішень;

**Олена ЛАТИШЕВА**, к.е.н., доцент кафедри цифрових технологій та проєктно-аналітичних рішень;

**Олег КРУЖИЛКО**, д.т.н., професор, професор кафедри безпеки праці та охорони довкілля;

**Марина ТАВРЕЛЬ**, старший викладач кафедри безпеки праці та охорони довкілля;

**Наталія КАЙДАН**, к.ф.-м.н., доцент, завідувач кафедри природничо-наукових та загальноінженерних дисциплін;

**Наталія ГРУДКІНА**, д.т.н., доцент, професор кафедри природничо-наукових та загальноінженерних дисциплін

S81 **Start in Science: студентська науково-технічна конференція : збірник тез і анотацій наукових доповідей.** – Одеса : Олді+, 2025. – 350 с.

ISBN 978-617-8559-69-4

До збірника увійшли матеріали, у яких обговорюються перспективні науково-технічні розробки молодих науковців прикладного характеру.

УДК 001.892(062.552)

ISBN 978-617-8559-69-4

© ТОВ «ТУ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2025

## START IN SCIENCE

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ ІЗ ЗАМКНЕНИМ ЦИКЛОМ ВОДОПОСТАЧАННЯ <i>Савенко К. Р., Накемпій О. К.</i> . . . . .	285
ПЕРСОНІФІКОВАНА ПРЕВЕНЦІЯ: НОВІТНІЙ ПІДХІД У ЗАПОБІГАННІ ПРОФЕСІЙНИМ ЗАХВОРЮВАННЯМ <i>Сердюк О. С., Шароватова О. П.</i> . . . . .	289
ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОМПРЕСОРНИХ УСТАНОВОК НА ОСНОВІ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ <i>Халепа Ю. В., Цимбал Б. М.</i> . . . . .	292
ОГЛЯД ЕКОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ ЗДІЙСНЕННЯ МАСОВИХ ВИБУХІВ ТА ЗАХОДІВ ПО ЗНИЖЕННЮ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН <i>Чиж А. А., Максимова Н. М.</i> . . . . .	295
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕРГОНОМІЧНИХ АСПЕКТІВ ПРОЄКТУВАННЯ РОБОЧИХ МІСЦЬ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ПРОФЕСІЙНИХ РИЗИКІВ <i>Чуприна Н. А., Цимбал Б. М.</i> . . . . .	299
МОДЕЛЮВАННЯ ПОШИРЕННЯ ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА ОСНОВІ МОДЕЛЕЙ РОЗСІЮВАННЯ <i>Шапошникова К. С., Каракай М. С., Чеберячко Ю. І.</i> . . . . .	302
ПСИХОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПРАЦІВНИКІВ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ <i>Штукіна В. В., Цимбал Б. М.</i> . . . . .	306

**СЕКЦІЯ ПРИРОДНИЧО-НАУКОВИХ  
ТА ЗАГАЛЬНОІНЖЕНЕРНИХ ДИСЦИПЛІН**

METHOD OF EXPONENTIAL ESTIMATION OF ASINCHROMOUS MOTOR PARAMETERS <i>Horb I. O., Dmytryshyn I. S.</i> . . . . .	309
ВИКОРИСТАННЯ МОБІЛЬНИХ ДОДАТКІВ ДЛЯ РОЗВИТКУ ЛОГІЧНОГО МИСЛЕННЯ <i>Дряглін О. О., Величко В. Є.</i> . . . . .	312
ВИКОРИСТАННЯ МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ PYTHON ДЛЯ РОБОТИ З ЧИСЛОВИМИ РЯДАМИ <i>Кайдан Є. В.</i> . . . . .	316
МАТЕМАТИЧНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ПРИКЛАДІ ДИНАМІКИ СТУДЕНТСЬКОЇ ЧИСЕЛЬНОСТІ В УКРАЇНІ <i>Колесников Д. О., Грудкіна Н. С.</i> . . . . .	318
ІНТЕРАКТИВНА АНАЛІТИКА В EXCEL: ПРАКТИЧНІ НАВИЧКИ СТУДЕНТІВ У ДИСЦИПЛІНІ «ПРОДУКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ОФІСНИХ СИСТЕМ» <i>Овдієнко М. Є., Кайдан Н. В.</i> . . . . .	321

- TechnicalSurvey Operations. 2015. URL: <https://www.gichd.org/publications-resources/publications/technology-demonstration-report-for-underwater-survey-equipment/> (дата перегляду: 03.03.2025).
3. Канкулятор розрахунку URL: <https://do.nmu.org.ua/mod/resource/view.php?id=179769>

**ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ  
СТІЧНИХ ВОД МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ  
ІЗ ЗАМКНЕНИМ ЦИКЛОМ ВОДОПОСТАЧАННЯ**

*Савенко К. Р.*

*студентка гр. ТЗ-22-16*

*ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»*

*м. Запоріжжя, Україна*

*Накемній О. К.*

*ст. викладач кафедри безпеки праці та охорони довкілля*

*ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»*

*м. Запоріжжя, Україна*

Металургійні підприємства належать до найбільш водомістких галузей промисловості, адже у процесі виробництва вони споживають значні обсяги водних ресурсів. Зокрема, добове водоспоживання таких підприємств досягає близько 2,5 млн м<sup>3</sup>, що становить 15–20 % загального промислового водокористування країни. Структурний аналіз показує, що найбільша частка витрат води припадає на системи охолодження обладнання – близько 48 %, оскільки технологічні агрегати металургійного виробництва працюють при високих теплових навантаженнях. Близько 26 % води використовується для очистки та фільтрування газових викидів, що є критично важливим для зниження рівня забруднення атмосфери. Ще 12 % становлять витрати на підготовку та обробку металу, включно з термічною та хімічною

обробкою, тоді як 11 % води витрачається на транспортування продуктів та матеріалів у межах підприємства. На інші технологічні та господарські потреби припадає приблизно 3 % загального водоспоживання [1]. Не менш важливо відзначити, що частина води безповоротно втрачається внаслідок особливостей технологічних процесів і функціонування систем оборотного водопостачання. Сумарно безповоротні утрати становлять 6–8 % від загального об'єму використаної води. Крім того, певна частина води після виконання технологічних функцій перетворюється на стічні води й скидається у природні водойми, що потребує належного очищення для зниження негативного впливу на довкілля.

Аналіз структури стічних вод металургійних підприємств свідчить, що значну їх частину – 60–70 % – становлять так звані «умовно-чисті» стоки, основною особливістю яких є підвищена температура, тоді як хімічний склад залишається відносно стабільним і менш забрудненим. Решта 30–40 % води містить різноманітні домішки: завислі частинки, продукти корозії, нафтопродукти, іони важких металів, флокулянти, поверхнево-активні речовини та інші технологічні забруднювачі. Такі стоки потребують багатоступеневої системи очищення, оскільки їх пряме скидання становить екологічну загрозу. Деталізований розрахунок використання водних ресурсів залежно від виду металургійного виробництва представлено у табл. 1, що дозволяє оцінити специфіку водоспоживання на різних технологічних етапах та визначити ключові напрями оптимізації водогосподарської діяльності підприємства.

Аналіз даних таблиці 1 показує суттєву відмінність у водоспоживанні між технологічними етапами металургійного виробництва. Найбільші витрати характерні для прокатного ( $96 \text{ м}^3/\text{т}$ ) та доменного ( $60 \text{ м}^3/\text{т}$ ) переділів, а також сталеплавного виробництва ( $52 \text{ м}^3/\text{т}$ ), де вода необхідна для охолодження та промивки обладнання. Натомість агломераційне й коксохімічне виробництва мають нижчу водомісткість. Загальна питома витрата –  $240 \text{ м}^3/\text{т}$  – підкреслює значне водогосподарське навантаження та потребу в замкнених системах водопостачання.

## СЕКЦІЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ

Таблиця 1  
Розрахунок використання води залежно від виду виробництва

Вид виробництва	Продукція, що виготовляється	Питома витрата води, м <sup>3</sup> /т		Відсотковий вміст у питомому розрахунку, %
		всього	у т. ч. свіжої	
Гірничорудне	руда	12	4,5	5,0
Агломераційне	агломерат	7,5	0,6	3,1
Коксо-хімічне	кокс	12,5	1,0	5,2
Доменне	чугун	60	4,5	25
Сталеплавне	сталь	52	3,5	21,7
Прокатне	прокат	96	5,5	40
Всього		240	20	100

Обсяг свіжої води (20 м<sup>3</sup>/т), що становить близько 8 % загальної потреби, свідчить про високий рівень обороту, одночасно вказуючи на необхідність подальшої оптимізації, зокрема зменшення втрат на випаровування та підвищення ефективності очищення.

Організація зворотного водопостачання в металургійному виробництві неможлива без високоефективних систем очищення, що забезпечують якісне видалення як механічних, так і хімічних забруднень. У типовій схемі очищення стічної води виділяють декілька ключових етапів.

Початковою та найпоширенішою ланкою є механічне очищення (решітки, пісколовки, відстійники, шламонакопичувачі). Цей етап дозволяє знизити концентрацію зважених речовин до 60–70 %, створюючи умови для ефективної роботи наступних стадій. На другому етапі здійснюється глибше очищення води, спрямоване на видалення важких металів, тонкодисперсних частинок, нафтопродуктів і колоїдів. Поєднання цих технологій забезпечує очищення до нормативних показників оборотної води та дозволяє зменшити концентрації важких металів на 70–90 % [2].

Екологічна оцінка ефективності очищення стічних вод підприємств чорної металургії визначає ступінь зниження концентрацій забруднювачів та вплив на водні екосистеми. Використання замкнених систем водопостачання дозволяє значно скоротити

споживання свіжої води та обсяг скидів у природні водойми (на 70–90 %), знижуючи гідрохімічне навантаження та ризики накопичення токсичних речовин. Особливу увагу приділено видаленню важких металів, нафтопродуктів і завислих речовин, які після механічного, фізико-хімічного та мембранного очищення зменшуються у 2–10 разів, досягаючи нормативних показників для повторного використання. Важливим є також контроль вторинних екологічних ризиків, пов'язаних із накопиченням шламів, та забезпечення дотримання гранично допустимих концентрацій забруднювачів. Такий комплексний підхід дозволяє оцінити екологічну безпеку виробництва та обґрунтувати модернізацію систем очищення для підвищення ефективності водоохоронних заходів [3].

Проведений аналіз свідчить, що металургійні підприємства є одними з найбільш водомістких виробництв, при цьому найбільші витрати води спостерігаються на прокатному, доменному та сталеплавильному переділах. Загальна питома витрата води – 240 м<sup>3</sup>/т, що підтверджує високий рівень обороту води та ефективність замкнених систем водопостачання. Застосування замкненого циклу водопостачання дозволяє скоротити обсяг скидів у природні водойми на 70–90 %, зменшити гідрохімічне навантаження та ризики накопичення токсичних речовин, а також контролювати вторинні екологічні ризики, пов'язані з накопиченням шламів. Таким чином, впровадження комплексних систем очищення стічних вод та замкнених циклів водопостачання є ефективним інструментом підвищення екологічної безпеки металургійних підприємств, оптимізації водоресурсів і зменшення негативного впливу виробництва на довкілля.

#### Перелік використаних джерел

1. Шульга І. В., Мірошніченко Д. В., Богоявленська О. В. Основи технології коксування вугілля : посібник. Харків – Тернопіль : НТУ «ХПІ» ; Видавництво «Крок», 2022. 128 с.
2. 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. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. 120 с.

---

 СЕКЦІЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ
 

---

3. Зеленін Ю. Екологізація розвитку металургії. *Інноваційне підприємництво: стан та перспективи розвитку* : зб. матеріалів X Міжнар. наук.-практ. конф., 28 берез. 2025 р. Київ : КНЕУ, 2025. С. 163–166.

**ПЕРСОНІФІКОВАНА ПРЕВЕНЦІЯ:  
НОВІТНІЙ ПІДХІД У ЗАПОБІГАННІ  
ПРОФЕСІЙНИМ ЗАХВОРЮВАННЯМ**

**Сердюк О. С.**

*студентка гр. БП-23-16*

*ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»  
м. Запоріжжя, Україна*

**Шароватова О. П.**

*к.п.н., доцент, науковий керівник, доцент кафедри підвищення  
кваліфікації*

*та спеціалізованої підготовки у сфері цивільного захисту  
Національного університету цивільного захисту України  
м. Черкаси, Україна*

*доцент кафедри безпеки праці та охорони довкілля  
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»  
м. Запоріжжя, Україна*

Оскільки праця є ключовим чинником буття для значної частини населення, професійне здоров'я є важливою складовою загального суспільного здоров'я. Величезна кількість працівників піддається впливу різноманітних шкідливих виробничих факторів, а традиційні підходи організації безпечного робочого середовища часто не дають змоги гарантувати безпеку і здоров'я всім [1].

Аналіз даних свідчить, що частка «втраченого здоров'я» (років життя, що прожиті з інвалідністю через професійні чинники) є доволі значною, що підкреслює соціальну та економічну значущість проблеми професійних захворювань. На жаль, традиційні,

*Наукове видання*

## **Start in Science**

### **Студентська науково-технічна конференція**

**Збірник тез і анотацій наукових доповідей**

Дизайн обкладинки *В. Савельєва*

Технічний редактор *О. Гринюк*

Верстка *Ю. Семенченко*



Формат 60x84/16.  
Гарнітура Cambria.  
Ум. друк. арк. 20,34.  
Замовлення № 1225-112.

Видавництво та друк: Олді+  
65101, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1  
тел.: +38 (095) 559-45-45, e-mail: office@oldiplus.ua  
Свідоцтво ДК № 7642 від 29.07.2022 р.  
Замовлення книг:  
тел.: +38 (050) 915-34-54, +38 (068) 517-50-33  
e-mail: book@oldiplus.ua

