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 господарсько-побутових стічних вод доменного виробництва металургійного підприємства та шляхи підвищення їх ефективності»

Керівник роботи — Олена НАКЕМПІЙ

Консультант від бази практики — Маргарита ЛОБКО

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

Здобувач — Дарина МІНЯЙЛО

Підсумкова оцінка за атестацію

Голова ЕК — Катерина СУХОДОЛЬСЬКА

Запоріжжя 2026

metinvest polytechnic

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

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
Міняйло Дарина Олегівна

1. Тема роботи «Технологія очищення господарсько-побутових стічних вод доменного цеху металургійного підприємства та шляхи підвищення їх ефективності»
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: завислі речовини $C_{поб}$ = 300 мг/л, БСК повне (Органіка) $L_{поб}$= 280 – 300 мг/л, жири $C_{жир}$= 40 – 50 мг/л, азот амонійний N-NH4=30 – 40 мг/л, об'єм води $Q_{доб}$ = 700 м^3/добу, 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 об'єкта дослідження. Розділ 2. Технології очищення господарсько-побутових стічних вод доменного цеху. Розділ 3. Проєктування локальних очисних споруд. Розділ 4. Екологічна ефективність проєкту. Розділ 5. Фінансово-економічна оцінка проєкту. Висновки та пропозиції. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу: Схема утворення господарсько-побутових стічних вод доменного цеху. Орієнтовний склад забруднень стічних вод. Схема утворення господарсько-побутових вод доменного цеху. Принципова технологічна схема біологічної станції очищення господарсько-побутових стічних вод. Схема руху стічних вод ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ». Конструктивна схема аеротенка-витискувача. Зображення вторинного відстійника. Декомпозиція контекстної діаграми формалізації і опису поточного стану проєкту «Технології очищення господарсько-побутових стічних вод доменного виробництва металургійного підприємства та шляхи підвищення їх ефективності»

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 об’єкта дослідження	18.05-22.05.2026	виконано
3.	Розділ 2. Технології очищення господарсько-побутових стічних вод доменного цеху	23.05-22.05.2026	виконано
4.	Розділ 3. Проєктування локальних очисних споруд	26.05-28.05.2026	виконано
5.	Розділ 4. Екологічна ефективність проєкту	29.05-31.05.2026	виконано
6.	Розділ 5. Фінансово-економічна оцінка проєкту	01.06- 03.62026	виконано
7.	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 Дарина МІНЯЙЛО

Керівник роботи Олена НАКЕМПІЙ

АНОТАЦІЯ

Міняйло Дарина Олегівна. Технологія очищення господарсько-побутових стічних вод доменного цеху металургійного підприємства та шляхи підвищення їх ефективності. 97 сторінок, 13 рисунків, 16 таблиць, 26 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 господарсько-побутових стічних вод промислового підприємства.

Предмет дослідження: удосконалення локальних очисних споруд доменого цеху.

Мета роботи: розробка проєкту комплексу локальних очисних споруд для глибокого очищення господарсько-побутових стічних вод доменного цеху продуктивністю 700 м³/добу з доведенням якості очищеної води до норм технічної, що дозволить організувати замкнутий цикл водопостачання та виключити скид стічних вод у природні водойми.

Основні результати:

У роботі проведено аналіз системи водовідведення доменного цеху та особливостей формування господарсько-побутових стічних вод адміністративно-побутових корпусів. Досліджено склад і властивості стічних вод, проаналізовано існуючі технології очищення та ефективність роботи наявних очисних споруд. Обґрунтовано вибір багатоступеневої технологічної схеми очищення, що включає механічне очищення, усереднення витрати, біологічне очищення в аеротенку-витискувачі, вторинне відстоювання, доочищення та знезараження.

Виконано проєктування та розрахунок основних елементів локальних очисних споруд, що забезпечують доведення якості очищеної води до нормативних показників для технічного використання. Оцінено

екологічний ефект від впровадження запропонованих рішень, який полягає у скороченні водоспоживання, організації замкнутого циклу водокористування та виключенні скидів стічних вод у природні водойми.

Проведене економічне обґрунтування підтверджує доцільність і ефективність впровадження проєкту. Реалізація запропонованих технічних рішень сприятиме підвищенню рівня екологічної безпеки підприємства та зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: стічні води, доменний цех, локальні очисні споруди, біологічне очищення, водокористування, екологічна безпека.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ....4
ЗМІСТ....6
ВСТУП....8
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ....10
1.1 Загальна характеристика підприємства....10
1.2 Характеристика доменного цеху....12
1.3 Характеристика системи водовідведення та очищення господарсько-побутових стічних вод підприємства....13
2 ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ГОСПОДАРСЬКО-ПОБУТОВИХ СТІЧНИХ ВОД ДОМЕННОГО ЦЕХУ....155
2.1 Характеристика стічних вод доменного виробництва....15
2.2 Аналіз існуючих методів очищення господарсько-побутових стічних вод на промислових підприємствах....17
2.3 Механічне очищення стічних вод....21
2.4 Біологічне очищення стічних вод....22
2.5 Доочищення стічних вод....22
2.6 Існуюча система водовідведення та очищення господарсько-побутових стічних вод на підприємстві....23
2.7 Оцінка роботи існуючих очисних споруд....25
2.8 Шляхи підвищення ефективності очищення господарсько-побутових стічних вод....26
2.9 Можливості повторного використання очищених господарсько-побутових стічних вод у доменному виробництві....27
3 ПРОЄКТУВАННЯ ЛОКАЛЬНИХ ОЧИСНИХ СПОРУД....28
3.1 Концентрації забруднень побутових стічних вод....28
3.2 Розрахунок приймальної камери та механічної решітки....30
3.3 Розрахунок приймальної камери....30
3.4 Розрахунок механічної решітки....31
3.5 Обґрунтування та вибір обладнання для механічного очищення стічних вод....33
3.6 Розрахунок усереднювача (буферної ємності) для стабілізації навантаження на аеротенк....34
3.7 Розрахунок та обґрунтування основного технологічного обладнання : аеротенк-витискувач....36
3.8 Розрахунок вторинного відстійника вертикального типу....41
3.9 Розрахунок фільтраційної системи доочищення стічних вод....44
3.10 Розрахунок установки знезараження....46
3.11 Розрахунок контактного резервуару....47
3.12 Розрахунок резервуару чистої води....48
4 ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТУ....52
4.1 Розрахунок скорочення забору свіжої води (Wскор)....52
4.2 Розрахунок запобігання скиду забруднень ($M_{заб}$)....53
5 ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЄКТУ....56

5.1 Опис поточного стану бізнес-процесів (модель «AS IS» - «ЯК Є»). 56
5.2 Опис удосконаленого бізнес-процесу (модель «ТО ВЕ» - «ЯК БУДЕ»). 60
5.3 Розрахунок інвестаційної, операційної та фінансової діяльності 65
ВИСНОВОК 79
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 80
ДОДАТОК А 83
ДОДАТОК Б 84
ДОДАТОК В 85

ВСТУП

Забезпечення екологічної безпеки та раціонального використання водних ресурсів є одним із пріоритетних завдань сучасної промисловості України. Особливої актуальності ці питання набувають у металургійній галузі, яка характеризується значним водоспоживанням та утворенням стічних вод. Доменне виробництво формує специфічні господарсько-побутові стоки з підвищеним вмістом мінеральних та органічних домішок, що потребує застосування ефективних локальних очисних споруд. Технологічні процеси металургійних підприємств, зокрема доменне виробництво, потребують значних обсягів води для охолодження обладнання, газоочистки та грануляції шлаків. Поряд із виробничими стоками на підприємствах утворюються значні обсяги господарсько-побутових стічних вод адміністративно-побутових корпусів.

Господарсько-побутові стічні води доменного цеху суттєво відрізняються від типових міських стоків. Це зумовлено роботою в умовах «гарячого» виробництва з підвищеним рівнем запиленості, внаслідок чого у стічні води потрапляють дрібнодисперсні частинки рудного пилу, коксу та графіту. У результаті формується складний багатокомпонентний потік із підвищеним вмістом завислих речовин, органічних сполук і поверхнево-активних речовин. Традиційний підхід, що передбачає скид таких стічних вод у загальноміську каналізацію або водні об’єкти після недостатнього очищення, є екологічно небезпечним та економічно недоцільним. Це призводить до втрати значних обсягів потенційно придатних водних ресурсів і може негативно впливати на роботу міських очисних споруд. Сучасна концепція сталого розвитку промисловості передбачає перехід до замкнутих систем водопостачання.

Актуальність роботи полягає у необхідності впровадження сучасних локальних очисних споруд (ЛОС) для глибокого очищення господарсько-побутових стічних вод доменного цеху з метою зменшення негативного впливу на навколишнє середовище, скорочення

водоспоживання та забезпечення можливості повторного використання очищеної води у виробничих процесах.

Метою роботи є розробка проєкту комплексу локальних очисних споруд для глибокого очищення господарсько-побутових стічних вод доменного цеху продуктивністю 700 м³/добу з доведенням якості очищеної води до нормативів технічної, що дозволить організувати замкнутий цикл водопостачання та виключити скид стічних вод у природні водойми.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно:

- проаналізувати об’єкт водовідведення та склад господарсько-побутових стічних вод доменного цеху;
- обґрунтувати вибір технологічної схеми очищення;
- виконати технологічні та гідравлічні розрахунки основних очисних споруд;
- оцінити екологічний ефект від впровадження проєктних рішень;
- виконати техніко-економічне обґрунтування проєкту для підтвердження його доцільності.

Об’єктом дослідження є процес очищення господарсько-побутових стічних вод промислового підприємства.

Предметом дослідження є параметри та конструктивні рішення локальних очисних споруд доменного цеху, спрямовані на забезпечення замкнутого циклу водопостачання.

Результати дослідження були апробовані під час участі у X Міжнародній науковій конференції «Глобальні виклики та інновації: шляхи розвитку сучасної науки» (додаток В).

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ’ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Загальна характеристика підприємства

ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» належить до ключових підприємств важкої промисловості України та функціонує за принципом повного металургійного циклу [1].

Рисунок 1.1 - ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» [1]

Структура ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» охоплює комплекс виробничих об'єктів і дільниць, розташованих на двох промислових майданчиках, територіальний розрив між якими не перевищує 500 метрів. Цей комплекс забезпечує повний цикл коксохімічного та металургійного виробництва [1]. На території коксохімічного майданчика зосереджені: коксовий цех, підрозділ уловлювання хімічних продуктів коксування, енергосиловий цех ТЕЦ, а також лабораторія коксохімічного виробництва, що належить до цеху випробувань [1]. Металургійний майданчик об'єднує такі великомасштабні підрозділи: агломераційний цех №2, доменний, конвертерний, вапняно-випалювальний та прокатний цехи. Для забезпечення їхньої діяльності функціонують газовий цех, киснево-

компресорний цех, ТЕЦ, цех мереж і підстанцій, цех водопостачання, цех підготовки виробництва (ЦПВ), цех випробувань (ЦВ), а також логістичні структури - управління залізничного та автомобільного транспорту, управління автоматизації, ремонтне управління та інші допоміжні служби [1].

Виробнича схема комбінату побудована на чіткій взаємодії головних та обслуговуючих ланок. Базову структуру підприємства формують цех підготовки залізорудної сировини для агломераційного виробництва, агломераційний цех (включаючи дільниці підготовки шихтових матеріалів і спікання), доменний цех, киснево-конвертерний комплекс, а також прокатний і коксовий цехи. Безперебійне та стабільне функціонування цих основних потужностей забезпечується розгалуженою мережею супутніх підрозділів, куди входять дев’ять ремонтно-механічних, п’ять енергетичних, три транспортні та одинадцять допоміжних цехів [1,2].

З метою модернізації виробничої діяльності на комбінаті системно реалізуються заходи щодо оптимізації технологічних процесів та інтеграції сучасних енергозберігаючих рішень. Разом із цим, особливий акцент робиться на своєчасному проведенні планово-попереджувальних та капітальних ремонтів базового й допоміжного устаткування, що гарантує надійність та екологічну безпеку експлуатації всього промислового комплексу [2].

1.2 Характеристика доменного цеху

Доменний цех є одним із ключових виробничих підрозділів металургійного підприємства, що забезпечує виплавку чавуну із залізорудної сировини (агломерату та окатишів) із використанням коксу та флюсів [2]. До його складу входять доменні печі, де здійснюється процес плавки металу, ливарний двір - зона випуску чавуну та шлаку, яка характеризується найбільшим рівнем забруднення повітря твердими частинками, а також бункерна естакада для завантаження сировини, що є джерелом пиловиділення.

Рисунок 1.2 - Доменний цех «ПРАТ КАМЕТ-СТАЛЬ» [3]

Важливу роль відіграють повітронагрівачі (каупери), призначені для підігріву дуття [2]. Доменні печі мають острівне розташування в плані цеху: ДП-1м обладнана двома ливарними дворами, а ДП-9 - одним [3]. Окремо функціонує адміністративно-побутовий корпус, де розміщені душові, роздягальні, пральня спецодягу та їдальня для персоналу [3].

Доменне виробництво належить до категорії «гарячих» цехів, що відзначаються особливо шкідливими умовами праці. Працівники постійно перебувають під впливом високих температур та значного забруднення

повітря графітовим, коксовим і рудним пилом [4]. Це безпосередньо впливає на характеристики побутових стічних вод: для них властиве підвищене водоспоживання у душових приміщеннях та специфічний склад забруднень, зокрема наявність вугільного пилу, який надає воді темного відтінку [4].

Таким чином, умови функціонування доменного цеху зумовлюють потребу у застосуванні спеціальних технологічних рішень для очищення та утилізації стічних вод [4].

1.3 Характеристика системи водовідведення та очищення господарсько-побутових стічних вод підприємства

Господарсько-побутові стічні води металургійного підприємства утворюються внаслідок життєдіяльності працівників та функціонування адміністративно-побутових приміщень. Основними джерелами їх утворення є санітарно-побутові комплекси, душові, туалети, їдальні, медичні пункти, адміністративні будівлі та інші об'єкти соціально-побутового призначення. Незважаючи на те, що доменне виробництво характеризується значними обсягами технологічного водоспоживання, господарсько-побутові стоки потребують окремого збору та очищення через наявність у них органічних забруднювачів і патогенних мікроорганізмів[4].

Кількість господарсько-побутових стічних вод залежить від чисельності персоналу підприємства, режиму роботи цехів та норм водоспоживання. Для таких стоків характерна наявність завислих речовин, органічних сполук, азотовмісних та фосфорвмісних речовин, поверхнево-активних речовин, а також мікробіологічних забруднень. Основними показниками якості господарсько-побутових стічних вод є біохімічне споживання кисню ($БСК_5$), хімічне споживання кисню (ХСК), концентрація завислих речовин, сполук азоту та фосфору.

Система водовідведення підприємства забезпечує збирання, транспортування та подачу стічних вод на очисні споруди. Господарсько-побутова каналізація функціонує окремо від систем виробничого та зливового водовідведення, що дозволяє запобігти змішуванню різних категорій стоків та підвищити ефективність їх очищення. Через мережу трубопроводів стічні води надходять до комплексу очисних споруд, де проходять послідовні стадії очищення.

Очищення господарсько-побутових стічних вод зазвичай включає механічний та біологічний етапи. На стадії механічного очищення зі стоків видаляються крупнодисперсні домішки за допомогою решіток, пісколовок і первинних відстійників. Біологічне очищення здійснюється в аеротенках або біофільтрах, де органічні забруднення окиснюються мікроорганізмами активного мулу. Після біологічного очищення стічні води надходять до вторинних відстійників для відокремлення мулу, а за необхідності проходять стадії доочищення та знезараження [5].

Ефективність роботи очисних споруд оцінюється за ступенем зниження концентрацій основних забруднювальних речовин. Сучасні технології дозволяють забезпечити зменшення $БСК_5$ та концентрації завислих речовин на 85–95 %, що дає можливість досягти нормативних показників якості очищених стічних вод.

Очищені стічні води повинні відповідати вимогам природоохоронного законодавства та нормативам гранично допустимого скидання забруднювальних речовин у водні об'єкти. Залежно від технічних можливостей підприємства очищена вода може скидатися до міської каналізаційної мережі, поверхневих водойм або використовуватися повторно в системах технічного водопостачання після відповідного доочищення. Забезпечення високої ефективності очищення господарсько-побутових стічних вод є важливим чинником зниження антропогенного навантаження на довкілля та підвищення екологічної безпеки металургійного підприємства [5].

2 ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ГОСПОДАРСЬКО-ПОБУТОВИХ СТІЧНИХ ВОД ДОМЕННОГО ЦЕХУ

2.1 Характеристика стічних вод доменного виробництва

Господарсько-побутові стічні води доменного виробництва становлять складну багатокомпонентну систему, що формується переважно в адміністративно-побутових корпусах металургійного комбінату [5]. Основними джерелами їх утворення є душові приміщення, санітарні вузли, спеціалізовані пральні для обробки робочого одягу та об’єкти громадського харчування - їдальні й буфети [5]. Обсяги таких стоків безпосередньо залежать від чисельності персоналу, який обслуговує доменні печі, а також від безперервного графіка роботи цехів, характерного для металургійної галузі.

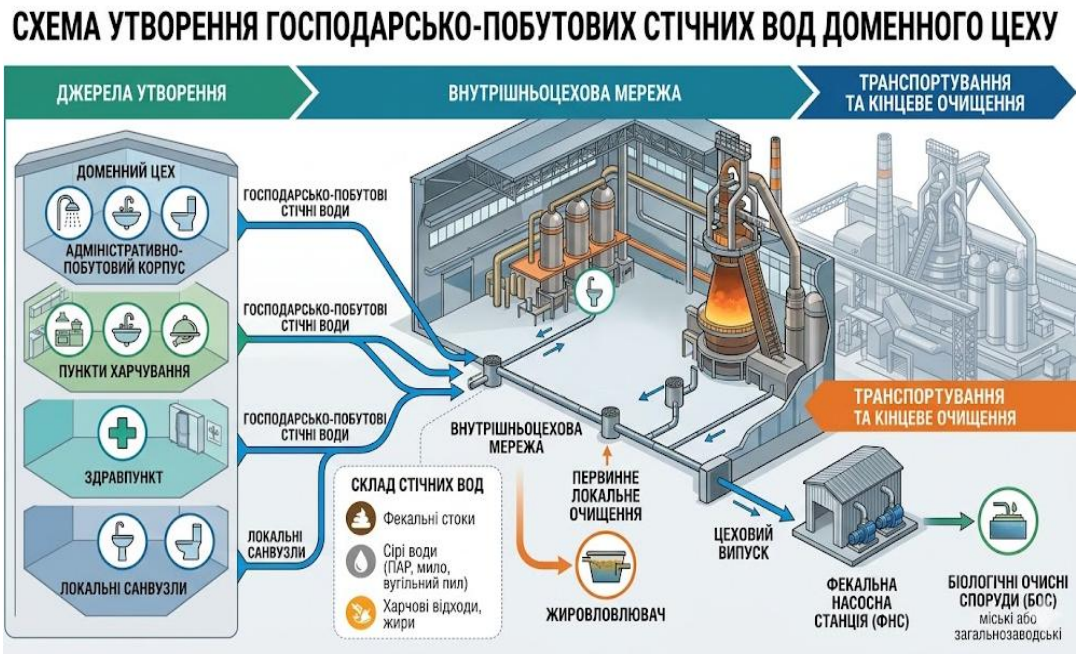


Рисунок 2.1 - Схема утворення господарсько-побутових вод доменного цеху. Зображення згенеровано за допомогою чату «Gemini»

Важливим чинником є суворі санітарно-гігієнічні вимоги, встановлені для виробництв із високим тепловим навантаженням та значним рівнем

запиленості [5]. Окрім кількісних показників, специфіка цих вод визначається підвищеним вмістом органічних речовин, поверхнево-активних сполук із мийних засобів та специфічних домішок, що потрапляють у каналізацію під час прання спецодягу після контакту з шихтовими матеріалами й графітом [5]. Ефективне управління цими потоками потребує інтеграції в загальну систему водовідведення підприємства з подальшим біологічним очищенням, аби мінімізувати негативний вплив на довкілля [5].

Специфіка доменного цеху полягає у високих температурах, значній запиленості повітря та наявності в робочій зоні дрібнодисперсних частинок рудного пилу, коксу та графіту. У процесі гігієнічних процедур ці забруднення змиваються з поверхні тіла та спецодягу працівників і потрапляють у побутові стічні води. Крім того, до їх складу входять мийні засоби, дезінфікуючі речовини, органічні домішки природного походження та поверхнево-активні речовини [5].

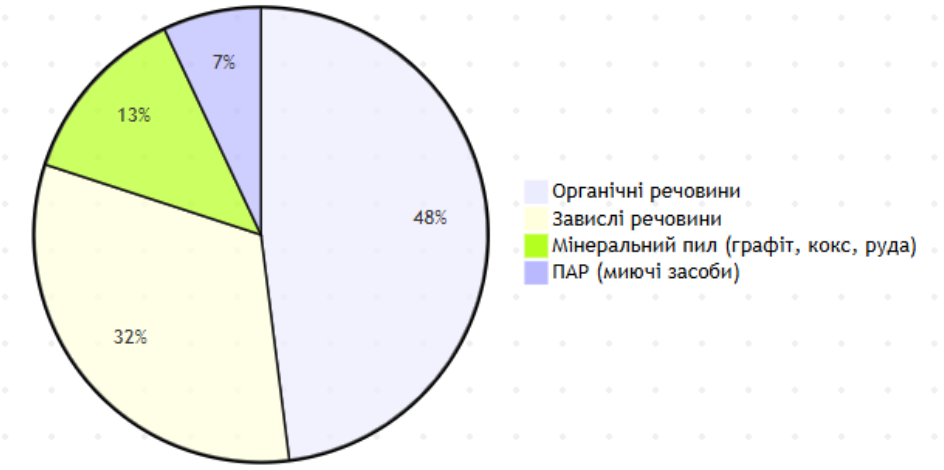


Рисунок 2.2 - Орієнтовний склад забруднень стічних вод.
Побудовано автором на платформі Mermaid Live Editor.

У результаті господарсько-побутові стічні води доменного виробництва відзначаються підвищеним вмістом завислих речовин, високими показниками біохімічного та хімічного споживання кисню, а також характерним темним забарвленням [5]. За своїм складом вони

суттєво відрізняються від типових міських господарсько-побутових стоків, що зумовлює необхідність застосування спеціалізованих технологічних рішень для їх ефективного очищення [5].

2.2 Аналіз існуючих методів очищення господарсько-побутових стічних вод на промислових підприємствах

Очищення господарсько-побутових стічних вод доменного виробництва доцільно здійснювати за багатостадійною схемою, що включає попереднє механічне очищення та усереднення витрати, основне біологічне очищення та стадію доочищення [6]. Такий підхід забезпечує стабільну роботу очисних споруд за умов нерівномірного надходження стоків і специфічного складу забруднень, характерних для доменного цеху [6].

Стічні води від адміністративно-побутового корпусу (АПК) надходять на очисні споруди нерівномірно, з вираженими піковими навантаженнями, що зазвичай спостерігаються під час перезмін (близько 7:00, 15:00 та 23:00) [6]. Така залповість скидів негативно впливає на стабільність біологічних процесів очищення, тому застосування усереднювачів витрати є необхідним [6].

Першим етапом механічного очищення виступають решітки-дробарки або механічні граблі, які затримують великі включення (ганчір’я, пластик, засоби особистої гігієни), що потрапляють у каналізацію АПК [6]. Це обладнання ефективно вилучає волокнисті матеріали, папір та інші грубодисперсні домішки, запобігаючи засміченню насосів і трубопроводів. Зазвичай застосовуються решітки з прозором 5-10 мм [6].

Наступним елементом є пісковловлювачі тангенціального або аерованого типу [6]. З огляду на специфіку доменного виробництва, стоки містять значну кількість важких мінеральних домішок - рудного пилу та окалини, що змиваються з поверхні тіла та спецодягу працівників. Пісковловлювачі забезпечують ефективне видалення абразивних

частинок понад 0,2 мм, що знижує зношування обладнання та підвищує надійність роботи очисних споруд [6].

Для вирівнювання нерівномірності надходження стічних вод застосовується усереднювач витрати - резервуар із механічним перемішуванням або барботажем [7]. Він акумулює залпові скиди, характерні для періодів масового використання душових, і забезпечує рівномірну подачу стоків на біологічне очищення протягом доби. Це створює оптимальні умови для стабільної роботи мікроорганізмів активного мулу [7].

Основним завданням біологічного етапу очищення є видалення органічних забруднень та поверхнево-активних речовин, що надходять зі стоками душових і санітарно-побутових приміщень [7]. Біологічне очищення здійснюється в аеротенках-витискувачах із дрібнобульбашковою аерацією, де стічна вода інтенсивно перемішується з активним мулом, представленим колоніями аеробних мікроорганізмів. Завдяки подачі повітря бактерії використовують органічні речовини як субстрат, окислюючи їх до вуглекислого газу, води та біомаси [7].

Однією з сучасних і ефективних технологій біологічного очищення є Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) [8]. Її принцип ґрунтується на використанні біоплівки, що формується на іммобілізованих носіях у підвішеному шарі пластикового завантаження. Завдяки великій питомій поверхні носіїв та інтенсивному масообміну процес біодеструкції органічних забруднень значно прискорюється, що дозволяє зменшити габарити очисних споруд і водночас підвищити ефективність очищення [8].

Неочищені стоки надходять на очисні споруди напірним або самоплинним колектором і потрапляють у приймальний відсік - септичну камеру. Тут здійснюється механічне очищення та попередня анаеробна біологічна обробка без доступу повітря. Камера обладнана зоною для

накопичення важких мінеральних домішок, таких як пісок та інші осадові частинки [8].

Подальше очищення відбувається в біореакторі, де за участю аеробних мікроорганізмів відбувається окислення органічних сполук і сполук азоту в умовах постійної аерації [8]. Після цього стічна вода надходить до вторинного відстійника, де завислі речовини та біомаса відокремлюються від очищеної води [8].

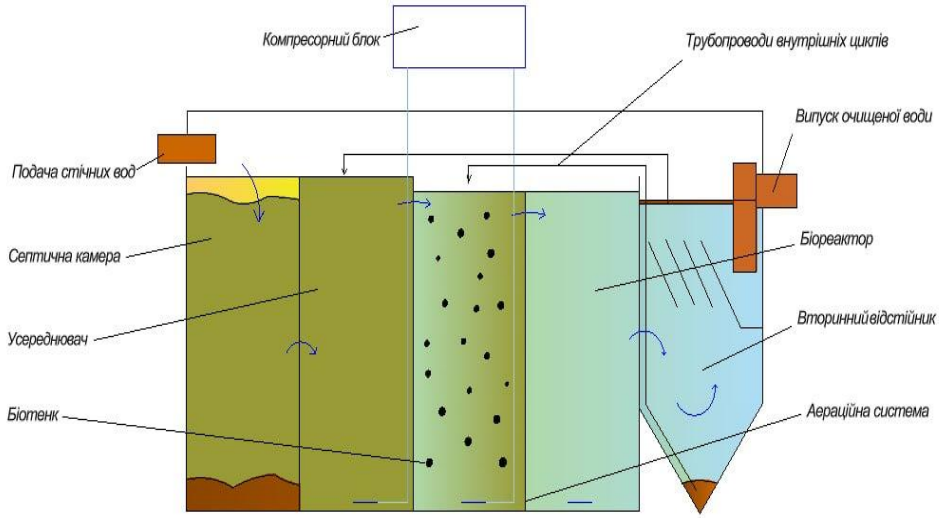


Рисунок 2.3 - Принципова технологічна схема біологічної станції очищення господарсько-побутових стічних вод. Побудовано автором в програмному забезпеченні AutoCAD

Очищена вода може бути використана для технічних потреб або повторно залучена в оборотні системи водокористування за умови дотримання нормативних вимог [8]. З огляду на підвищений вміст поверхнево-активних речовин (шампуні, мило, мийні засоби) у стічних водах доменного цеху, передбачено збільшений час перебування води в аеротенку - 8-10 годин [8]. Такий гідравлічний режим сприяє ефективному руйнуванню піни та більш повному видаленню органічних домішок [9].

Після аеротенків суміш стічної води та активного мулу надходить до вторинних відстійників вертикального або радіального типу, де відбувається розділення очищеної води та біомаси [9]. Відстійники оснащуються скребковими механізмами для збору осаду з дна та

скимерами для видалення графітової плівки й жирів, що спливають на поверхню. Основна частина активного мулу повертається в аеротенк (рециркуляція), тоді як надлишковий мул спрямовується на подальшу обробку [9].

Стадія доочищення призначена для підготовки води до повторного використання в технічних системах підприємства. Вона має забезпечити низьку мутність і мінімальний вміст механічних домішок [9]. Для цього застосовуються фільтри з піщано-гравійним завантаженням або дискові мікрофільтри. Проходження води крізь шар кварцового піску та антрациту дозволяє знизити концентрацію завислих речовин до рівня менше 5–10 мг/л, що необхідно для запобігання засміченню форсунок і трубопроводів оборотних систем [9].

Заключним етапом є знезараження, яке може здійснюватися обробкою гіпохлоритом натрію або за допомогою ультрафіолетових установок [9]. Ця стадія забезпечує знищення патогенних мікроорганізмів та запобігає біологічному обростанню обладнання в системах повторного водокористування [9].

Рисунок 2.4 - Схематичне зображення методів очищення господарсько-побутових стічних вод доменного виробництва. Зображення згенеровано за допомогою чату «Gemini»

2.3 Механічне очищення стічних вод

Стічні води від адміністративно-побутового корпусу (АПК) надходять нерівномірно, з характерними піковими навантаженнями о 7:00, 15:00 та 23:00. Першим етапом їх очищення є решітки-дробарки або механічні граблі, які виконують функцію бар’єру для затримання великого сміття - ганчір’я, пластикових виробів та засобів особистої гігієни. Таке обладнання дозволяє вилучати волокнисті включення, папір та інші грубодисперсні домішки, запобігаючи засміченню насосів і трубопроводів; зазвичай застосовуються решітки з прозором 5–10 мм [8].

Далі стоки надходять до пісковловлювачів тангенціального або аерованого типу. Враховуючи специфіку доменного виробництва, вони містять значну кількість важких мінеральних домішок - рудного пилу та окалини, що змиваються з поверхні підлоги та спецодягу працівників. Пісковловлювачі ефективно осаджують абразивні частинки розміром понад 0,2 мм, що знижує зношування насосного обладнання та підвищує надійність роботи очисних споруд [8].

Для вирівнювання нерівномірності надходження стічних вод застосовується усереднювач витрати, який виконується у вигляді резервуара з механічним перемішуванням або барботажем. Він накопичує залпові скиди, характерні для періодів масового використання душових, і забезпечує рівномірну подачу стоків на біологічне очищення протягом доби. Це створює оптимальні умови для стабільної роботи мікроорганізмів активного мулу [9].

2.4 Біологічне очищення стічних вод

Видалення органічних забруднень ($L_{поб}$) та поверхнево-активних речовин (ПАР). що надходять зі стічними водами, здійснюється в аеротенках-витискувачах із дрібнобульбашковою аерацією. У цих резервуарах стічна вода інтенсивно перемішується з активним мулом, який складається з колоній аеробних мікроорганізмів. Завдяки подачі повітря бактерії використовують органічні речовини як джерело живлення, окислюючи їх до вуглекислого газу та води [9]. З огляду на високий вміст ПАР (шампуні, мило, мийні засоби з душових приміщень), час аерації збільшується до 8-10 годин, що забезпечує ефективну деструкцію піни та більш повне видалення органіки.

Після біологічної стадії суміш стічної води та активного мулу надходить до вторинних відстійників вертикального або радіального типу. Тут відбувається розділення очищеної води та біомаси. Відстійники обладнуються скребковими механізмами для збору осаду з дна та скимерами для видалення графітової плівки й жирів, що спливають на поверхню. Основна частина активного мулу повертається в аеротенк для підтримання процесу рециркуляції, тоді як надлишковий мул спрямовується на подальшу обробку [9].

2.5 Доочищення стічних вод

Етап доочищення робить стічну воду придатною для повторного використання у технічних системах підприємства. Щоб її можна було повернути у виробничий процес, вона повинна бути прозорою та не містити механічних домішок. Для цього застосовуються фільтри з піщано-гравійним завантаженням або дискові мікрофільтри, через які вода проходить крізь шар кварцового піску та антрациту. Така обробка дозволяє знизити концентрацію завислих речовин до рівня менше ніж 5-10 мг/л, що є необхідною умовою для запобігання засміченню форсунок розбризкувачів у цеху [10].

Заключним етапом є знезараження, яке може здійснюватися за допомогою установок гіпохлориту натрію або ультрафіолетових ламп. Ця стадія забезпечує знищення патогенних мікроорганізмів та запобігає біологічному обростанню трубопроводів у системах повторного водокористування [10].

2.6 Існуюча система водовідведення та очищення господарсько-побутових стічних вод на підприємстві

На підприємстві використовується комбінована система відведення господарсько-побутових стічних вод, яка передбачає як тимчасове накопичення частини стоків, так і їх очищення на власних каналізаційних очисних спорудах із подальшим відведенням на поля фільтрації без скиду у відкриті водойми [10]. Частина стічних вод збирається у вигрібних ємностях, а після їх заповнення транспортується на поля фільтрації, де проходить ґрунтово-біологічне доочищення [10].

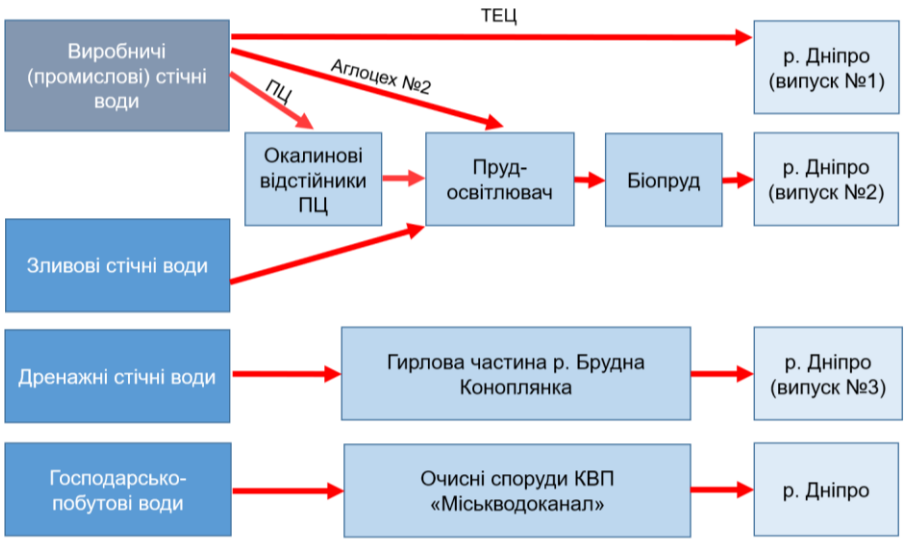


Рисунок 2.5 - Схема руху стічних вод ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» [10]

Каналізаційні очисні споруди та поля фільтрації розташовані на окремій земельній ділянці в межах села Китайгород Китайгородської сільської громади Дніпровського району Дніпропетровської області. З південного та західного боку територія межує з лісовим масивом, а з

північного та східного - з польовими дорогами та сільськогосподарськими угіддями, що відповідає санітарним нормам для розміщення подібних споруд [10].

Подача господарсько-побутових та зливових стоків у напірну каналізаційну мережу здійснюється напівзанурювальними насосами, встановленими у приймальних резервуарах табору «Ювілейний» та бази «Лісова галявина» [10]. Далі стічні води транспортуються напірними трубопроводами до очисних споруд повного біологічного очищення. Їхня пропускна здатність становить до 100 м³/добу [10]. Після проходження всіх стадій очищення стоки спрямовуються на поля фільтрації, де відбувається додаткове біологічне доочищення у ґрунтовому середовищі. Надлишковий активний мул, що утворюється під час процесу, подається на мулові майданчики для підсушування, а згодом знешкоджується на компостному майданчику [10].

До складу системи входять дві насосні станції - одна на території табору «Ювілейний», інша на базі «Лісова галявина». Кожна станція обладнана двома насосами, приймальним резервуаром, напірною мережею та каналізаційними колодязями. Крім того, система включає колодязь-гасник швидкості, приймальну камеру та дві групи споруд біологічного очищення [10]. Кожна група містить аеротенки, де відбувається основний процес біодеструкції органічних речовин, вторинні відстійники для розділення очищеної води та мулу, а також контактний резервуар. Загалом функціонує вісім аеротенків і два вторинні відстійники. Додатково система охоплює господарсько-побутові приміщення, самоплинні та напірні мережі зі встановленою запірно-регулюючою арматурою [10].

2.7 Оцінка роботи існуючих очисних споруд

Ефективність роботи каналізаційних очисних споруд господарсько-побутових стічних вод визначається здатністю технологічної схеми забезпечувати нормативні показники якості очищеної води навіть за умов змінних гідравлічних та якісних навантажень [11]. Для цього об’єкта застосовується схема повного біологічного очищення з подальшим доочищенням на полях фільтрації, що дозволяє мінімізувати екологічний вплив і виключає прямий скид забруднених стоків у поверхневі водойми [11].

Водночас експлуатація споруд має певні обмеження. Значна нерівномірність надходження стічних вод, пов’язана з режимом роботи об’єктів невиробничої сфери та піковими навантаженнями під час перезмін і масового користування душовими, створює ризик гідравлічного перевантаження окремих елементів системи [11]. Додатковим фактором є специфічний склад стоків: підвищений вміст мінерального пилу та графітових домішок може негативно впливати на біологічні процеси та збільшувати навантаження на відстійники [11].

Поля фільтрації виконують функцію завершального етапу поглибленого очищення, проте їхня ефективність значною мірою залежить від стану ґрунтів, сезонних кліматичних умов і режиму експлуатації. За тривалої роботи без регенерації можливе зниження фільтраційної здатності ґрунту та накопичення забруднень у верхніх шарах [11].

Таким чином, існуюча система очищення загалом забезпечує екологічну безпеку та виключає прямий скид у водні об’єкти, однак з огляду на специфіку доменного виробництва та вимоги до ресурсозбереження потребує подальшого вдосконалення й інтенсифікації окремих стадій очищення [11].

2.8 Шляхи підвищення ефективності очищення господарсько-побутових стічних вод

Підвищення ефективності очищення господарсько-побутових стічних вод доменного виробництва доцільно здійснювати комплексно, поєднуючи технологічні, експлуатаційні та організаційні заходи. Одним із ключових напрямів є інтенсифікація біологічних процесів шляхом оптимізації режимів аерації та гідравлічного навантаження на аеротенки [12].

Застосування сучасних систем дрібнобульбашкової аерації дозволяє підвищити коефіцієнт масопереносу кисню, зменшити енергоспоживання та забезпечити стабільну роботу активного мулу навіть за змінного складу стічних вод. Важливим є також удосконалення системи рециркуляції активного мулу для підтримання оптимальної концентрації біомаси в аеротенках [12].

Доцільним напрямом розвитку є впровадження додаткових стадій доочищення після біологічного етапу, зокрема фільтрації на піщано-гравійних або сорбційних фільтрах. Це дозволяє знизити вміст завислих речовин, залишкової органіки та колоїдних частинок, що особливо важливо у випадку повторного використання очищеної води [12].

Окрему увагу слід приділити стабілізації режиму надходження стічних вод. Це може бути досягнуто шляхом підвищення ефективності роботи усереднювачів витрати та автоматизації систем керування. Впровадження моніторингу основних показників якості стічних вод (БСК, мутність, концентрація завислих речовин) забезпечує оперативне реагування на зміни та знижує ризики аварійних ситуацій [12].

Реалізація зазначених заходів сприятиме підвищенню надійності роботи очисних споруд, зменшенню навантаження на поля фільтрації та створенню передумов для впровадження оборотних систем водокористування.

2.9 Можливості повторного використання очищених господарсько-побутових стічних вод у доменному виробництві

Повторне використання очищених господарсько-побутових стічних вод є одним із пріоритетних напрямів зниження водоспоживання та підвищення екологічної ефективності металургійного підприємства [13]. Після проходження повного циклу біологічного очищення та стадії доочищення такі води можуть бути залучені до технологічних процесів, які не висувають високих вимог до їх санітарно-гігієнічних показників [13].

У доменному виробництві очищені стічні води доцільно використовувати в системах мокрої газоочистки, а також у процесах припічної грануляції доменного шлаку. Застосування води технічної якості в цих процесах дозволяє суттєво зменшити споживання свіжої природної води без погіршення технологічних показників [13].

Впровадження оборотних і повторно-використовуваних систем водопостачання сприяє зменшенню обсягів стічних вод, що направляються на очищення та поліпшенню загального водного балансу підприємства. Крім того, скорочення забору води з природних джерел знижує антропогенне навантаження на водні екосистеми регіону, зокрема на басейн річки Дніпро [13].

Таким чином, повторне використання очищених господарсько-побутових стічних вод відповідає сучасним принципам сталого розвитку та циркулярної економіки, забезпечуючи одночасно екологічний і ресурсозберігаючий ефект. Реалізація таких рішень є перспективним напрямом удосконалення системи водокористування доменного виробництва [13].

3 ПРОЄКТУВАННЯ ЛОКАЛЬНИХ ОЧИСНИХ СПОРУД

3.1 Концентрації забруднень побутових стічних вод

Для розрахунку очисних споруд доменного цеху слід враховувати концентрації забруднень, що перевищують середньоміські показники, оскільки специфічний бруд на тілі та одязі металургів має особливий склад [14].

Таблиця 3.1. - Рекомендовані розрахункові дані для розрахунку

Параметр	Позначення	Значення	Обґрунтування
Завислі речовини	$C_{поб}$	350 - 400 мг/л	Концентрації забруднень у стічних водах доменного виробництва значно перевищують нормативні показники через змив із тіла працівників великої кількості графіту, вугільного пилу та залізорудних частинок у душових.
БСК повне (Органіка)	$L_{поб}$	280 - 300 мг/л	Дещо вищі за норму значення також пов’язані з наявністю цехових їдалень, де у стоки потрапляють жири та залишки їжі, а також із концентрованими скидами від санвузлів.
Жири	$C_{жир}$	40 - 50 мг/л	Додатковими джерелами забруднень є стоки від миття посуду в їдальнях та змив шкірного жиру в душових.
Азот амонійний	$N\text{-}NH_4$	30 - 40 мг/л	Продукти фізіологічної життєдіяльності, що також формують специфічний склад господарсько-побутових стоків.

Згідно з ДБН В.2.5-75:2013, концентрація забруднень ($C_{ст}$) обчислюється як [15]:

$$C_{ст} = \frac{a \cdot 1000}{q} + C,$$

де:

a **-** кількість забруднень від однієї людини (г/добу). Для металургів приймаємо підвищену норму через забрудненість одягу:

- кількість завислих речовин становить: а = 75 г/добу.
- повне біохімічне споживання кисню БСК: а = 80 г/добу.

Норма водовідведення (q) для гарячих цехів металургійного підприємства є значно вищою і складає 250 л/добу на одного працівника, що пояснюється обов'язковим прийняттям душу після зміни [15].

Кількість забруднень, що вже містилася у воді на момент її надходження до системи (С), приймається рівною нулю. Це обґрунтовано тим, що вода для господарсько-питних потреб (душові, їдальні) подається з міського водопроводу та відповідає вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної». Отже, фонова концентрація завислих речовин і БСК у ній є незначною порівняно з тими забрудненнями, що потрапляють у воду під час використання [16].

Розрахунок:

а) Завислі речовини. $C_{поб}$ = (75 ·1000) / 250 = 300 мг/л. (Додаємо коефіцієнт нерівномірності та специфіку графіту та приймаємо 350 мг/л).

b) БСК повне. $L_{поб}$ = (80 ·1000) / 250 = 320 мг/л. (Враховуючи розбавлення, приймаємо 280-300 мг/л).

3.2 Розрахунок приймальної камери та механічної решітки

Вихідні дані для розрахунку.

Базуємось на попередньо визначених обсягах:

- добова витрата стічних вод: $Q_{доб}$ = 700м^3/добу.
- коефіцієнт загальної нерівномірності ($K_{зн.max}$): Приймаємо 3,0 (через залпові скиди з душових під час перезміни о 7:00, 15:00, 23:00).
- максимальна годинна витрата визначається за формулою:

$$Q_{max} = \frac{Q_{доб} \cdot К_{зн.max}}{24} = \frac{700 \cdot 3{,}0}{24} = 87{,}5 \text{ м}^3/\text{год} \quad (3.1)$$

- максимальна секундна витрата яка використовується для гідравлічних розрахунків, становить:

$$q_{max} = \frac{87{,}5}{3600} = 0{,}024 \text{ м}^3/\text{год } (24 \text{ л/с}) \quad (3.2)$$

3.3 Розрахунок приймальної камери

Приймальна камера служить для гасіння напору води, що приходить з напірного колектора, та виділення розчинених газів.

Визначаємо корисний об'єм (W).

Приймаємо час перебування води в камері t = 1… 2 хв. (беремо 1,5 хв).

$$W = Q_{max} \cdot t = 87{,}5 \cdot \frac{1{,}5}{60} = 2{,}19 \text{ м}^3 \quad (3.3)$$

Визначаємо геометричні розміри.

Приймаємо робочу глибину води в камері Н = 1,0м.

Розраховуємо площу дзеркала води.

$$F = \frac{W}{H} = \frac{2{,}19}{1{,}0} = 2{,}19 \text{ м}^2 \quad (3.4)$$

Приймаємо камеру квадратної форми в плані. Ширина *(B)* та довжина *(L):*

$$B = L = \sqrt{2{,}19} \approx 1{,}5 \text{ м} \quad (3.5)$$

Повна висота камери (Н пов). Додаємо борт над водою 0,5м (запас проти переливу):

$$\text{Н}_{\text{повн}} = 1{,}0 + 0{,}5 = 1{,}5\text{м} \quad (3.6)$$

Висновок.

Отже, приймаємо залізобетонну приймальну камеру розміром $1{,}5 \times 1{,}5 \times 1{,}5$ м.

3.4 Розрахунок механічної решітки

Решітка виконує функцію захисту насосів та наступних споруд від потрапляння великого сміття, такого як ганчір'я чи пластик [17]. Для умов доменного цеху доцільно застосовувати механізовану решітку рейкового або шнекового типу, що дозволяє мінімізувати контакт персоналу з забрудненнями та забезпечує більш ефективну роботу системи.

Приймаємо прозір між стрижнями: b = 16 мм (0,016 м).

1. Розраховуємо площу живого перерізу решітки $F_{жпр}$.

Оптимальна швидкість проходження води в прозорах $v_{пр}$= 0,8…1,0 м/с (щоб пісок не осідав перед решіткою). Приймаємо $v_{пр}$ = 0,8 м/с.

$$F_{\text{жпр}} = \frac{q_{max}}{v_{\text{пр}}} = \frac{0{,}024}{0{,}8} = 0{,}3 \text{ м}^2 \quad (3.7)$$

2. Кількість прозорів *n:*

Перед решіткою приймається глибина води $h = 0{,}4$ м. Це значення використовується як типова проєктна величина (глибина заповнення) для каналів із невеликою продуктивністю. В інженерних розрахунках воно визначається відповідно до вимог державних будівельних норм (ДБН, СНіП).

Вибір h = 0,4 м забезпечує стабільну швидкість потоку (0,12–0,15 м/с у каналі), що є критичним:

- Якщо *h* буде занадто малим, швидкість потоку буде дуже низькою, і весь рудний пил та графіт осядуть ще до решітки.

- Якщо *h* буде занадто великим, збільшиться загальна ширина каналу, що що є дороговартісним для малих витрат.

Отже, прийнята глибина води $h = 0{,}4$ м є оптимальним компромісом, який широко використовується в інженерній практиці для невеликих побутових очисних споруд із продуктивністю до 100 м³/год. Таке значення дозволяє коректно визначити розрахункову кількість прозорів решітки, не порушуючи конструктивних норм і забезпечуючи стабільність роботи системи.

$$n = \frac{F_{\text{жпр}}}{b \cdot h} = \frac{0{,}03}{0{,}016 \cdot 0{,}4} = 4{,}68 \approx 5 \text{ шт} \quad (3.7)$$

3. Загальна ширина решітки $B_{реш}$.

Приймаємо товщину стрижня решітки S = 8 мм (0,008 м).

$$B_{\text{реш}} = S \cdot (n - 1) + b \cdot n \quad (3.8)$$

$$B_{\text{реш}} = 0{,}008 \cdot (5 - 1) + 0{,}016 \cdot 5 = 0{,}032 + 0{,}08 = 0{,}112 \text{ м}$$

Отримана розрахункова ширина є мінімально допустимою за умовами міцності. (112 мм). Конструктивно мінімальна ширина каналу для промислових решіток становить 300 мм або 500 мм.

Тому приймаємо стандартну ширину каналу $B_{кан}$ = 300 мм і встановлюємо серійну решітку.

4. Розрахунок швидкості в каналі (v_k):

При ширині каналу 0,3 м і глибині 0,4 м

$$v_k = \frac{q_{max}}{B_{\text{кан}} \cdot h} = \frac{0{,}024}{0{,}3 \cdot 0{,}4} = 0{,}2 \text{ м/с} \quad (3.9)$$

Висновок. Швидкість потоку є занадто низькою (менше ніж 0,6 м/с), що може призвести до випадання осаду, зокрема графітових частинок, у каналі. Для уникнення цього явища в проєкті слід передбачити застосування лотка Паршаля.

5. Розрахунок кількості відходів (сміття):

Кількість відходів на решітках з прозором 16 мм: P = 8 л на 1000 м³ стоків.

Добовий об’єм відходів:

$$W_{\text{від}} = \frac{Q_{\text{доб}} \cdot P}{1000} = \frac{700 \cdot 8}{1000} = 5{,}6 \text{ л/доб} \quad (3.10)$$

Висновок.

Отже, добовий обсяг затриманих відходів становить лише 5,6 л, що є незначним показником. Тому встановлення окремої дробарки чи преса в даному випадку недоцільне. Для збору відходів передбачено використання герметичного контейнера об’ємом 50 л з подальшим періодичним вивезенням на полігон твердих побутових відходів.

3.5 Обґрунтування та вибір обладнання для механічного очищення стічних вод

На основі розрахунків обираємо серійне обладнання:

1. Решітка:
   - решітка грабельна механізована рейкового типу (наприклад, РГР або аналог з нержавіючої сталі).
   - марка- РГР-300 (під ширину каналу 300 мм).
   - прозор-щілина: 16 мм.
   - електродвигун: N = 0,37 кВт (вибухозахищене виконання, бо це металургія).
2. Дробарка (або прес). Розрахунковий обсяг затриманих відходів становить лише 5,6 л/добу, що є досить малим показником. Тому встановлення окремої дробарки чи преса вважається економічно недоцільним.

Натомість передбачено збір сміття у герметичний контейнер об’ємом 50 л з подальшим щотижневим вивезенням на полігон твердих побутових відходів.

Висновок.

На основі виконаного гідравлічного розрахунку для витрати $87{,}5 \text{ м}^3/\text{год}$ прийнято рішення облаштувати приймальну камеру об’ємом

$2{,}2\ м^3$(габарити $1{,}5 \times 1{,}5 \times 1{,}5\ м$), що забезпечує необхідний запас для рівномірного надходження потоку та стабільної роботи обладнання. Для вилучення грубодисперсних домішок передбачено встановлення механізованої решітки типу РГР у каналі шириною 300 мм.

Розрахунковий добовий обсяг затриманих відходів становить 5,6 л, що є незначним. Тому для їх збору використовується герметичний контейнер об’ємом 50 л, який забезпечує накопичення протягом тижня з подальшим вивезенням на полігон твердих побутових відходів.

3.6 Розрахунок усереднювача (буферної ємності) для стабілізації навантаження на аеротенк

Після проходження механічного очищення (решітки та пісковловлювача) стічні води надходять на стадію вирівнювання витрат і біологічного очищення. Цей етап має вирішальне значення, адже графік роботи душових характеризується різкими піками під час перезмін, що може призвести до вимивання активного мулу з аеротенка без наявності буферної ємності.

Усереднювач виконує роль регулюючої камери, у якій стоки накопичуються в періоди масового надходження, а потім рівномірно подаються на аеротенки в години зниженого притоку. Такий підхід забезпечує стабільність роботи біологічних процесів і захищає систему від гідравлічних перевантажень.

Вихідні дані:

- Добова витрата: $Q_{доб}$ = 700 м^3/добу.
- Максимальна годинна витрата (притік): $Q_{max.рік}$ = 87,5 м^3/год.
- Середня годинна витрата (відкачка)

$$Q_{\text{сер.год}} = \frac{Q_{\text{доб}}}{24} = \frac{700}{24} = 29{,}2\ м^3/\text{год} \qquad (3.11)$$

1. Визначення корисного об’єму ($W_{кор}$).

Для забезпечення повної біологічної очистки об’єм усереднювача визначається відповідно до графіка припливу стічних вод. Якщо погодинні дані відсутні, розрахунок виконується за коефіцієнтом нерівномірності або тривалістю пікового навантаження. У випадку душових приміщень тривалість піку становить близько трьох годин, що й враховується при визначенні необхідного об’єму усереднювача.

Об’єм акумуляції визначається як різниця між кількістю стічних вод, що надійшли під час пікового навантаження, та обсягом, який вдалося відкачати протягом цього періоду. У нашому випадку тривалість піку приймається рівною трьом годинам (*t рік* = 3 роки):

$$W_{\text{кор}} = \left(Q_{max.\text{год}} - Q_{\text{сер.год}}\right) \cdot t_{\text{год}} \quad (3.12)$$

$$W_{\text{кор}} = (87{,}5 - 29{,}2) \cdot 3 = 174{,}9 \approx 175 \text{ м}^3$$

З конструктивних міркувань передбачено додатковий запас у 15% на так званий «мертвий залишок», який необхідний для стабільної роботи мішалок. З урахуванням цього коригування повний об’єм усереднювача становить відповідне розрахункове значення.

$$W_{\text{пов}} = 175 \cdot 1{,}15 \approx 200 \text{ м}^3 \quad (3.13)$$

2. Геометричні розміри.

Приймаємо робочу глибину H = 4,0 м. Площа в плані: F = 200 / 4 = 50 м^2

Розмір прямокутного резервуара дорівнює 6,0 × 9,0 м.

3. Розрахунок перемішування (мішалка):

Щоб уникнути осідання завислих речовин, зокрема графітових частинок, у камері необхідне постійне перемішування потоку. Для побутових стічних вод прийнята питома потужність перемішування становить $N_{питом}$ = 6 Вт/м^3.

Потужність двигуна мішалки:

$$N_{\text{мішал}} = W_{\text{повн}} \cdot N_{\text{питом}} = 200 \cdot 6 = 1200 \text{ Вт} = 1{,}2 \text{ кВт} \quad (3.14)$$

4. Підбір насосів подачі для подачі рідини на аеротенк.

Насоси після усереднювача повинні працювати постійно з продуктивністю, рівною середній годинній.

Марка насоса: занурювальний (наприклад, Flygt або Wilo).

Продуктивність ($Q_{прод}$): 30 $м^3/рік$

Висновок.

Розрахунками встановлено, що корисний об’єм акумуляції становить близько 175 м³**,** а з урахуванням конструктивного запасу прийнято повний об’єм 200 м³**.** Геометричні параметри резервуара визначені як 6,0 × 9,0 м при робочій глибині 4,0 м**.** Для підтримання завислих речовин у русі передбачено мішалку потужністю 1,2 кВт**,** а подача стоків на аеротенк здійснюється занурювальними насосами з продуктивністю, рівною середній годинній витраті (**≈** 30 м³/год). Таким чином, усереднювач забезпечує рівномірне надходження стоків, підвищує ефективність біологічного очищення та надійність роботи всієї очисної споруди.

3.7 Розрахунок та обґрунтування основного технологічного обладнання : аеротенк-витискувач

Аеротенк-витискувач (рис. 3.1) являє собою видовжений резервуар коридорного типу. Завдяки особливостям гідравлічного режиму рух стічних вод у ньому відбувається за принципом «поршневого потоку». Це забезпечує відсутність змішування неочищених стоків із вже очищеною водою та запобігає їх передчасному виходу з системи [17].

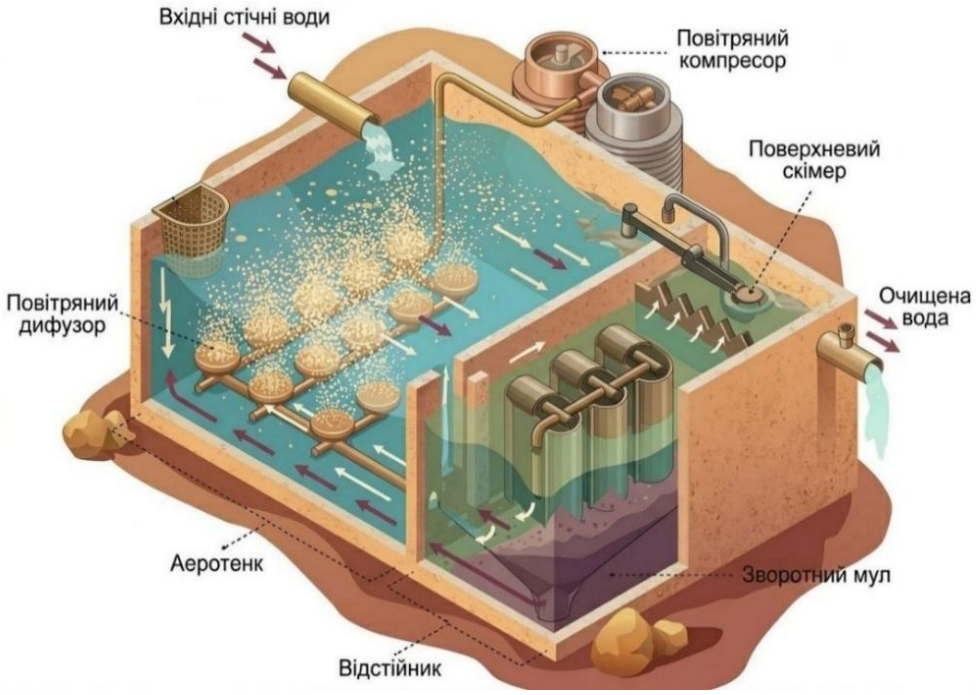


Рисунок 3.1 - Конструктивна схема аеротенка-витискувача.

Зображення згенеровано за допомогою чату «Gemini»

Вихідні параметри для розрахунку:

– Продуктивність $Q_{доб}$ = 29,2 м^3/год≈ 700 м^3/добу

– Концентрація забруднень (БСК повне) ($L_{повн}$): 300 мг/л.

– БСК повне очищеної води ($L_{очищ.вод}$): 15 мг/л згідно з нормами для оборотного водопостачання).

– Концентрація біомаси (a_i): робоча доза активного мулу прийнята на рівн 3,0 г/л.

1. Розрахунок необхідного ступеня очищення виконується за формулою:

$$E = \frac{L_{\text{повн}} - L_{\text{очищ.вод}}}{L_{\text{повн}}} \cdot 100\% = \frac{300 - 15}{300} \cdot 100\% = 95\% \qquad (3.15)$$

2. Тривалість аерації ($t_{\text{аер}}$) - визначає час перебування стічних вод у резервуарі, необхідний для повної деструкції органічних сполук. Розрахунок цього параметра базується на питомій швидкісті окислення забруднень (ρ).

Для господарсько-побутових стоків середній показник вилучення за БСК приймається на рівні $\rho = 6$ мг/год (на 1 г мулу).

$$t_{\text{аер}} = \frac{L_{\text{повн}} - L_{\text{очищ.вод}}}{a_i \cdot \rho} = \frac{300 - 15}{3 \cdot 6} = 15{,}8 \text{ годин} \quad (3.16)$$

Отриманий показник часу аерації (~16 годин) є високим для даного типу споруд. Оскільки для аеротенків-витискувачів нормативним є функціонування при вищих концентраціях біомаси, було прийнято рішення збільшити дозу активного мулу з 3 г/л до 4 г/л. Це дозволить оптимізувати габарити споруди та підвищити ефективність окиснення. Результати перерахунку:

$$t_{\text{аер}} = \frac{285}{4 \cdot 6} = 15{,}8 \text{ годин}$$

Таким чином, приймаємо розрахунковий час аерації рівним: *t* = 12 годин.

2. Розраховуємо об’єм аеротенка ($W_{\text{аер}}$):

$$W_{\text{аер}} = Q_{\text{доб}} \cdot t = 29{,}2 \cdot 12 = 350{,}4 \text{ м}^3 \quad (3.17)$$

Отже, згідно з отриманими результатами, конструктивно приймаємо загальний об'єм споруди рівним 350 м^3.

4. Геометричні розміри (коридори):

Геометричні розміри визначені з урахуванням специфіки аеротенків-витискувачів: для створення режиму витіснення співвідношення довжини до ширини прийнято понад 10:1 [17].

Робоча глибина $H_{роб}$ = 4,0 м.

Ширина коридору *B* = 3,0 м.

Розрахункова площа дзеркала води*: F* = 360/4 = 90 м^2.

Загальна довжина траєкторії потоку *($L_{загал}$)*: 90 / 3 = 30 м.

Конструктивне рішення: Блок 6 × 15 м (дві секції).

Таке поєднання геометричних параметрів забезпечує оптимальні гідродинамічні умови, запобігає поздовжньому перемішуванню та відповідає технологічним стандартам проектування споруд даного типу.

5. Розрахунок витрати повітря для аераційної системи:

Для підтримки життєдіяльності активного мулу та забезпечення стабільного процесу біологічної деструкції органічних сполук необхідно визначити об'єм повітря, що нагнітається в систему.

Питома витрата повітря ($q_{\text{аер}}$), для окиснення 1 кг БСК прийнята на рівні 50 м^3 повітря.

Враховуючи, що питома витрата повітря на окиснення 1 кг БСК становить 50 м^3, проводимо розрахунок фактичної маси вилученого БСК за добу за наступною залежністю:

$$M_{\text{БСК}} = Q_{\text{доб}} \cdot \left(L_{\text{повн}} - L_{\text{очищ.вод}}\right) \cdot 10^{-3} = 700 \cdot (300 - 15) \cdot 10^{-3} = 199{,}5 \text{кг/доб} \quad (3.18)$$

Розрахунковий об'єм повітря, необхідний для процесу очищення:

$$Q_{\text{пов}} = M_{\text{БСК}} \cdot 50 = 199{,}5 \cdot 50 = 9975 \approx 10000 \text{ м}^3/\text{доб} \quad (3.19)$$

Сумарна продуктивність повітродувного обладнання::

$$Q_{\text{дувк}} = \frac{10000}{24} \approx 417 \text{ м}^3/\text{год} \quad (3.20)$$

Основні результати технологічних розрахунків та конструктивні характеристики споруд наведено у зведеній таблиц 3.2**.**

Таблиця 3.2 – Підсумкова таблиця з розрахунку аеротенка-витискувача

Параметр	Усереднювач стічних вод	Аеротенк-витискувач
Технологічне призначення	Регулювання витрат та вирівнювання концентрацій *Qmax=87,5 м³/год*	Біологічне очищення від БСК
Робочий об'єм, м³	200	360

Продовження табл.3.2

Час перебування	3 години (при піковому навантаженні)	12 годин
Габаритні розміри (Д× Ш× Г), м	9,0 × 6,0 × 4,0	15,0× 6,0 × 4,0
Обладнання	Занурювальна мішалка (1,5 кВт), насоси (30 м³/год)	Система аерації, повітродувки (420 м³/год)

Отже, така конструкція запобігає проскоку неочищених стоків на вихід і гарантує досягнення стабільної концентрації БСК на рівні 15 мг/л.

Висновки до розрахунку двох частин блоку біологічного очищення.

На основі виконаних технологічних та гідравлічних розрахунків для системи очищення побутових стічних вод доменного цеху встановлено наступне:

1. Стабілізація режиму. Через нерівномірний приплив ($K_{\text{прип.}max} = 3{,}0$) передбачено усереднювач об'ємом 200 м³, що перетворює пікову витрату 87,5 м³/год на рівномірну подачу 30 м³/год. Для запобігання осадженню графіту встановлюється мішалка потужністю 1,2 кВт.
2. Біологічне очищення. Основна споруда - аеротенк-витискувач коридорного типу, об'ємом 360 м³. Період аерації 12 годин забезпечує зниження БСК з 300 до 15 мг/л та руйнування ПАР.
3. Аерація. Потреба в кисні становить 199,5 кг БСК/добу, продуктивність повітродувної станції - 420 м³/год. Використовується дрібнобульбашкова система з високим коефіцієнтом масопередачі.
4. Ефективність. Комплекс «Аеротенк-витискувач» забезпечує очищення органічних забруднень на рівні 95 %, що дозволяє після фільтрації використовувати воду в оборотному водопостачанні цеху (грануляція шлаку) без скиду у водойми.

3.8 Розрахунок вторинного відстійника вертикального типу

Вторинний відстійник є одним із ключових елементів системи біологічного очищення, адже саме він забезпечує ефективне відділення активного мулу від очищеної води. За його відсутності мул виносився б разом зі стоками, що фактично призвело б до втрати працездатності всієї системи [18].

З огляду на розрахункову продуктивність після усереднювача (30 м³/год) найбільш доцільним рішенням є застосування вертикального вторинного відстійника**.**

Такий тип споруди має низку переваг:

- компактність конструкції та економія площі;
- ефективне відокремлення мулу завдяки гідростатичному тиску;
- зручність експлуатації та вивантаження ущільненого мулу.

Вторинний відстійник виконує функцію відділення очищеної стічної води від активного мулу, що надходить з аеротенка, а також забезпечує його ущільнення перед поверненням у процес біологічного очищення [18].

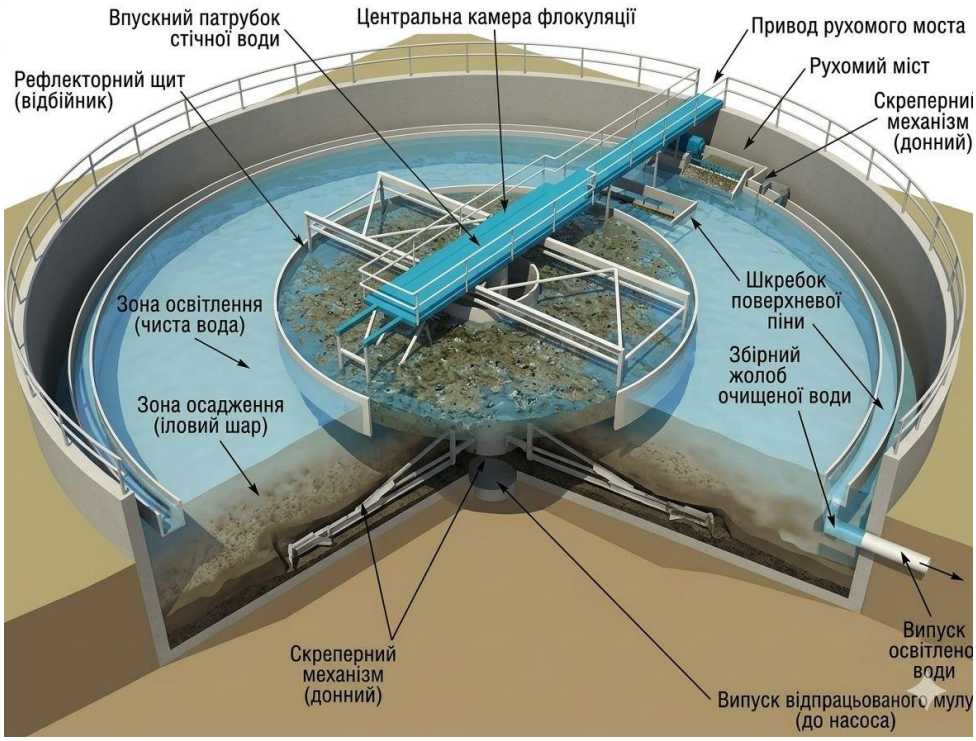


Рисунок 3.2 - Зображення вторинного відстійника. Зображення згенеровано за допомогою чату «Gemini»

Вихідні дані.

- Розрахункова витрата стічних вод: $Q_{р.стіч}$ = 30 м^3/год (рівномірна подача насосами).
- Коефіцієнт рециркуляції мулу *(R)*: 0,5 (50% мулу повертається).
- Концентрація активного мулу в аеротенку (a_i): 4,0г/л.
- Гідравлічне навантаження на поверхню ($q_{повер}$): Приймаємо 1,5 м^3/(м^2·год) (рекомендоване значення для вторинних відстійників після повної біоочистки).

Оскільки стічні води містять графіт та легкі фракції коксу, які спливають на поверхню й утворюють чорну кірку, застосування стандартного переливного лотка є малоефективним. Для якісного відокремлення очищеної води передбачено такі конструктивні рішення:

- Напівзанурена перегородка, яка встановлюється перед переливним лотком на глибину 0,3-0,4 м. Вона затримує графітову піну, та запобігає її потраплянню в очищену воду.
- Жирозбірний лоток (скимер) - це обертовий пристрій або воронка, що збирає піну з поверхні. Суміш графітових і коксових домішок відводиться окремою трубою у муловий колодязь [19].

Для повернення мулу доцільно застосовувати ерліфти (повітряні підйомники), які транспортують його без руйнування структури флокул, що є перевагою над відцентровими насосами [20].

Необхідна продуктивність ерліфта: $Q_{пр}$ = 0,5 · $Q_{р.стіч}$ = 15 м^3/год.

Витрата повітря для ерліфта: ≈1,5м^3 повітря на 1м^3 мулу.

Для роботи ерліфта використовується повітря з єдиної системи повітродувок аеротенка.

Креслення вторинного відстійника наведено у додатку А.

Таблиця 3.3 – Підсумкові параметри та експлуатаційні характеристики вторинного відстійника

Параметр	Значення
Тип	Вертикальний з центральною трубою
Кількість	1 робочий (+1 резервний, якщо дозволяє бюджет)
Діаметр (*D*)	5,0 м
Глибина проточної частини	2,5 м
Загальна висота	7,1 м
Особливість	Обладнаний скимером для видалення графіту
Ефективність за завислими речовинами	До 10-15 мг/л на виході

Висновки до розрахунку параметрів вторинного відстійника.

На основі розрахунків для розділення мулової суміші після біологічного очищення стічних вод доменного цеху прийнято такі рішення:

1. Вибір конструкції:

Запроєктовано вертикальний вторинний відстійник з центральною впускною трубою. Даний тип споруди є найбільш ефективним для продуктивності $Q_{р.стіч}$ = 30 м^3/год, характеризується компактністю та забезпечує ефективне видалення осаду під дією гідростатичного тиску.

2. Геометричні параметри:

– Розрахунковий діаметр відстійника становить 5,0 м.

– Глибина проточної частини - 2,5 м

– Повна будівельна висота споруди - 7,1 м

3. Адаптація до специфіки стоків.

Враховуючи наявність у стічних водах важких мінеральних домішок та легких фракцій графіту, конструкція має такі особливості:

– Днище виконано у вигляді конуса з кутом нахилу стінок 60°, що запобігає злежуванню важкого мулу.

– Передбачено систему збору плаваючих речовин (скимер) та напівзанурену перегородку перед водозливом для утримання графітової плівки, що виключає її потрапляння в очищену воду.

4. Рециркуляція мулу.

Для повернення активного мулу в аеротенк передбачено систему застосування ерліфтів продуктивністю 15 м^3/год , що забезпечує коефіцієнт рециркуляції 0,5. Це забезпечує стабільну концентрацію біомаси в аеротенку на рівні 4 г/л.

Запроєктований вертикальний вторинний відстійник забезпечує ефективне відокремлення мулу та зниження концентрації завислих речовин до 10-15 мг/л перед подачею води на стадію глибокого доочищення (фільтрацію).

3.9 Розрахунок фільтраційної системи доочищення стічних вод

На завершальному етапі очищення здійснюється доведення показників води до рівня, що відповідає вимогам технічної. Саме після цієї стадії вона переходить із категорії «стічної» у «оборотну» та може використовуватися як виробничий ресурс [21].

З огляду на невелику продуктивність системи (30 м³/год), найбільш доцільним рішенням є застосування напірних вертикальних фільтрів. Вони компактні, герметичні (що виключає поширення запахів) та прості в експлуатації [21].

Призначення фільтрів полягає у зниженні концентрації залишкових завислих речовин, що надходять із вторинного відстійника: від рівня 15-20 мг/л до показників менше ніж 5 мг/л. Це забезпечує доведення якості води до стандартів, необхідних для подальшого використання у виробничих процесах.

Вихідні дані.

- Розрахункова витрата: $Q_{разр}$= 30 м^3/год.

- Швидкість фільтрування ($v_{фільт}$): 8 м/год (нормальний режим для кварцового піску).
- Форсована швидкість ($v_{форс}$): 12 м/год (допускається при промивці одного фільтра).
- Інтенсивність промивки (w): 14 л/с·м^2
- Тривалість промивки ($t_{пром}$): 6хв.

Визначаємо площу фільтрування, для цього розраховуємо необхідну сумарну площу фільтрів

$$F_{\text{філ}} = \frac{Q_{\text{разр}}}{v_{\text{фільт}}} = \frac{30}{8} = 3{,}75 \text{ м}^2 \quad (3.21)$$

Далі підбираємо кількість та діаметр фільтрів.

Кількість фільтрів приймається рівною $N = 3$, що є мінімально необхідним для безперервної роботи системи: два фільтри функціонують у робочому режимі, а один перебуває у промивці або резерв.

Тоді площа одного фільтра становить

$$f_1 = \frac{F_{\text{філ}}}{N} = \frac{3{,}75}{3} = 1{,}25 \quad (3.22)$$

Розрахунковий діаметр фільтра

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot f_1}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1{,}25}{3{,}14}} = 1{,}26 \text{ м} \quad (3.23)$$

Приймаємо стандартний промисловий діаметр D = 1,4 м.

Перевіряємо швидкості на фільтрах (верифікація)

Фактична площа одного фільтра (D = 1,4 м)

$$f_{\text{факт}} = \frac{\pi \cdot 1{,}4^2}{4} = 1{,}54 \text{ м}^2 \quad (3.24)$$

Сумарна площа трьох фільтрів

$$F_{\text{факт}} = 3 \cdot 1{,}54 = 4{,}62 \text{ м}^2 \quad (3.25)$$

У нормальному режимі роботи, коли функціонують усі три фільтри, фактична швидкість фільтрування становить

$$v_{\text{факт}} = \frac{30}{4{,}62} = 6{,}5 \text{ м/год} \quad (3.26)$$

У форсованому режимі, коли один фільтр перебуває на промивці, а два працюють, швидкість фільтрування дорівнює:

$$v_{\text{форс}} = \frac{30}{2 \cdot 1{,}54} = 9{,}7 \text{ м/год} \quad (3.27)$$

(Менше допустимих 12 м/год - умова виконується).

Розрахунок промивної води

Фільтри треба періодично промивати від бруду (1-2 рази на добу). Витрата води на промивку одного фільтра

$$q_{\text{пром}} = f_{\text{факт}} \cdot w = 1{,}54 \cdot 14 = 21{,}56 \text{ л/с} \quad (3.28)$$

Об'єм води на одну промивку (6 хв)

$$W_{\text{пром}} = q_{\text{пром}} \cdot t_{\text{пром}} \cdot 60 = 21{,}56 \cdot 6 \cdot 60 = 7761 \text{ л} \approx 7{,}8 \text{ м}^3 \quad (3.29)$$

Відведення цієї води здійснюється у початкову частину споруд (перед решітками) або в усереднювач.

3.10 Розрахунок установки знезараження

Для систем оборотного водопостачання (грануляція шлаку, газоочистка) важливо не лише забезпечити швидке знезараження, а й створити тривалий ефект, який запобігає утворенню біоплівки та заростанню трубопроводів. З огляду на це використання УФ-ламп є недоцільним, тому оптимальним методом знезараження обрано хлорування із застосуванням гіпохлориту натрію [22].

Вихідні дані.

- Витрата стічних вод: Q_{dob}= 700 м^3/добу.
- Доза активного хлору (D_{Cl}): 5 мг/л (стандартна доза для технічної води після біоочистки).
- Час контакту: $t_{\text{конт}} = 30$ хв.

Розраховуємо витрати реагенту.

Потреба в активному хлорі на добу становить:

$$P_{Cl} = Q_{\text{доб}} \cdot D_{Cl} = 700 \cdot 5 = 3500 \frac{\text{г}}{\text{доб}} = 3{,}5 \text{ кг/доб} \quad (3.30)$$

Використовуємо товарний гіпохлорит натрію (марка А), який містить ≈190 г/л активного хлору (15-19 %). Об'єм розчину гіпохлориту

$$V_{\text{розч}} = \frac{3500}{190} = 18{,}4 \text{ л/доб}$$

Обладнання.

Для невеликого обсягу споживання (19 л/добу) достатньо передбачити:

1. Бак-накопичувач реагенту: пластикова ємність об’ємом 200 л, що забезпечує запас на 10 діб.
2. Насос-дозатор: мембранний насос продуктивністю 1-5 л/год (робоча подача ≈ 0,8 л/год).

3.11 Розрахунок контактного резервуару

Контактний резервуар використовується для витримки води після введення хлору, щоб забезпечити необхідний час знезараження перед її подачею у виробничий цех [22].

Необхідний об'єм контактного резервуару

$$W_{\text{кр}} = Q_{\text{год}} \cdot t_{\text{конт}} = 30 \cdot 0{,}5 = 15 \text{ м}^3 \quad (3.31)$$

Конструктивне рішення: приймається резервуар із залізобетону або металу. За потреби його можна об’єднати з резервуаром чистої води (РЧВ).

Габаритні розміри: 3 × 3 × 2 м (приблизно).

Таблиця 3.4 - Підсумкова таблиця розрахунку фільтрів та блоку знезараження

Споруда	Параметри	Значення
1. Фільтри доочищення	Тип	Напірні, вертикальні з кварцовим піском
	Кількість	3 шт. (діаметр 1400 мм)

Продовження табл.3.4

	Швидкість фільтрації	6,5 м/год (робоча)
	Завантаження	Пісок фракції 0,8-1,2 мм, висота шару 1,2 м
2. Знезараження	Реагент	Гіпохлорит натрію (NaClO)
	Доза хлору	5 мг/л
	Витрата реагенту	18,5 л/добу
	Обладнання	Насос-дозатор мембранний
Контактний резервуар	Об'єм	15 м³ (забезпечує 30 хв контакту)

Висновок

Для доведення стічних вод до параметрів оборотної технічної води (вміст завислих речовин < 5 мг/л) передбачено встановлення блоку з трьох напірних піщаних фільтрів діаметром 1,4 м. Знезараження здійснюється розчином гіпохлориту натрію у дозі 5 мг/л, що забезпечує профілактику біологічного обростання трубопроводів системи оборотного водопостачання доменного цеху.

3.12 Розрахунок резервуару чистої води

У проєкті резервуар чистої води (РЧВ) виконує не лише функцію накопичення, а й три основні технологічні завдання, які потребують підтвердження відповідними розрахунками:

- Контактний резервуар забезпечує витримку води з введеним хлором (гіпохлоритом) протягом щонайменше 30 хвилин для завершення процесу дезінфекції.

- Резерв води для промивки фільтрів: саме з РЧВ береться вода для регенерації фільтрів, розрахованих раніше; це найбільша стаття витрат запасу.
- Буферна ємність: Згладжує нерівномірність між подачею води після фільтрів і забором води насосами на виробництво.

Вихідні дані.

– Серединна годинна витрата: $Q_{год}$ = 30 м^3/год.

– Об'єм води на одну промивку одного фільтра (з попереднього розрахунку): $W_{пром}$ = 7,8 м^3.

– Кількість промивок: передбачається можливість послідовної промивки двох фільтрів.

– Час контакту для знезараження: $t_{конт}$= 30 хв = 0,5 год.

Визначення повного об'єму води ($W_{повн}$)

Повний об'єм складається з двох частин: регулюючого об'єму (для контакту і роботи насосів) та недоторканного запасу на промивку фільтрів.

Розрахунок об'єму води для промивки фільтрів $W_{фільт}$. з урахуванням стандарту надійності: передбачається проведення двох послідовних промивок

$$W_{\text{фільт}} = 2 \cdot W_{\text{пром}} = 2 \cdot 7{,}8 = 15{,}6 \text{ м}^3 \quad (3.32)$$

Ємність повинна забезпечувати необхідний час перебування води у межах 30-60 хвилин.

Розрахунок

$$W_{\text{регул}} = 1{,}0 \cdot Q_{\text{год}} = 1 \cdot 30 = 30 \text{ м}^3 \quad (3.33)$$

Цей об'єм автоматично покриває необхідні 15 м³ для 30-хвилинного контакту з хлором.

Розрахунок загального розрахункового об'єму води

$$W_{\text{роз}} = W_{\text{фільт}} + W_{\text{регул}} = 15{,}6 + 30 = 45{,}6 \text{ м}^3 \quad (3.34)$$

Приймаємо стандартний об'єм резервуара: $W = 50 \text{ м}^3$

Геометричні розміри. Приймаємо прямокутний залізобетонний резервуар (напівзаглиблений або наземний).

- Робоча глибина води: H = 2,5 м.
- Площа в плані: F = 50 / 2,5 = 20 м^2.
- Розміри: 4 ×5 м.

Підбір насосного обладнання (насосна станція II підйому)

Вода з резервуара чистої води (РЧВ) подається двома окремими групами насосів:

1. Група 1. Насоси подачі води на виробництво (грануляція шлаку).

- Подача: *Q* = 30 м^3/год.
- Напір: H = 30-40 м (залежить від відстані до цеху грануляції).
- Кількість: 1 робочий + 1 резервний.

2. Група 2. Насоси промивки фільтрів.

Використовуються рідко (2 рази на добу), але мають значну потужність.

- Подача (з розрахунку фільтрів): Q=21,6 л/с = 77,8 м^3/ год .
- Напір: H = 15 - 20 м (щоб продавити пісок у фільтрі знизу вгору).
- Кількість: 1 робочий + 1 резервний.

Висновки до розрахунку етапу глибокого доочищення та підготовки оборотної води.

Проведені інженерні розрахунки блоку третинного оброблення стічних вод доменного цеху дозволили інтегрувати проектовані напірні фільтри, реагентне господарство знезараження та резервуар чистої води (РЧВ) у збалансований технологічний комплекс. Ухвалені проектні рішення гарантують досягнення нормативної якості очищеного стоку відповідно до вимог оборотного виробничого водопостачання.

З метою зниження концентрації завислих речовин із вихідних 15–20 мг/л до нормативного показника менше 5 мг/л, запроектовано вузол у складі трьох вертикальних напірних фільтрів діаметром 1,4 м із кварцовим зернистим завантаженням. Обрана розрахункова швидкість фільтрування (6,5 м/год) забезпечує стабільний гідравлічний режим за умов номінального навантаження. Отриманий вміст завислих часток повністю задовольняє критерії якості технічної води для установок гідрогранулляції доменного шлаку, що виключає ризики забивання форсунок та абразивного зношування трубопроводів.

Для запобігання біологічному обростанню та розвитку мікрофлори в мережах оборотного водопостачання передбачено реагентне хлорування розчином гіпохлориту натрію (NaClO). За розрахункової дози активного хлору 5 мг/л добова витрата реагенту становить 18,5 л, що зумовлює доцільність впровадження компактної автоматизованої станції дозування на базі насосів мембранного типу.

Запроектовано РЧВ корисним об'ємом 50 м³, який одночасно забезпечує виконання трьох ключових технологічних функцій:

- дотримання необхідного тридцятихвилинного інтервалу контакту очищеної води з дезінфектантом для завершення бактерицидної дії;
- зберігання постійного аварійно-технічного запасу води для регенерації та промивання піщаних фільтрів (об'ємом 15,6 м³);
- демпфування та нівелювання гідравлічної нерівномірності між режимами роботи фільтрувальної станції та насосного обладнання подачі води на виробництво.

Реалізація третього етапу очищення дозволяє стабілізувати фізико-хімічні показники технічної води та організувати замкнуту систему оборотного водокористування для потреб доменного виробництва, що повністю ліквідує відведення очищених господарсько-побутових стоків у відкриті гідрографічні об'єкти.

4 ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТУ

4.1 Розрахунок скорочення забору свіжої води ($W_{скор}$)

Для кількісного оцінювання екологічної ефективності запропонованих рішень необхідно трансформувати вихідні технологічні параметри (об’ємні витрати у м³/добу та концентрації інгредієнтів у мг/л) у конкретні показники антропогенного навантаження, а саме:

- обсяг свіжої води, збережений для водного об'єкта завдяки впровадженню системи повторного (оборотного) водокористування;
- масу забруднювальних речовин у натурному вираженні, відведення якої в річку Дніпро було повністю відвернуто внаслідок роботи очисного комплексу.

Для умов доменного цеху металургійного підприємства розрахункова продуктивність комплексу становить Q = 700 м^3/добу.

Цей параметр є базовим для визначення загального ресурсозберігаючого ефекту проєкту. Завдяки переходу на замкнуту систему водопостачання (спрямування очищеного стоку на підживлення установок гідрогрануляції доменного шлаку) підприємство повністю припиняє забір аналогічних обсягів свіжої води з поверхневого джерела.

Розрахунок:

$$W_{\text{скор}} = Q_{\text{доб}} \cdot T_{\text{роб}} \cdot \text{К}_{\text{втр}}, \text{м}^3/\text{доб} \quad (4.1)$$

де:

$Q_{\text{доб}}$— добова продуктивність очисних споруд (700 м^3/добу).

$T_{\text{роб}}$ — кількість днів роботи на рік (приймаємо 365 днів, бо доменний цех працює безперервно).

$\text{К}_{\text{втр}}$— коефіцієнт, що враховує власні потреби очисних (промивка фільтрів). Оскільки промивна вода теж повертається в "голову" споруд, втрат майже немає, тому приймаємо K = 1,0.

$$W_{\text{скор}} = 700 \cdot 365 = 255\,550, \text{м}^3/\text{рік}$$

Висновок.

Реалізація запропонованого проєкту забезпечує щорічне заощадження 255,5 тис. м³ водних ресурсів річки Дніпро завдяки їх раціональному повторному використанню.

4.2 Розрахунок запобігання скиду забруднень (*$M_{заб}$*)

Для оцінювання природоохоронної ефективності проєкту проводиться розрахунок маси забруднювальних речовин, скидання яких у поверхневий водний об'єкт було відвернуто завдяки роботі очисного комплексу та переходу на повторне водокористування.

У межах аналізу порівнюються два базові сценарії:

1. Базовий (вихідний) стан: гіпотетичне відведення стічних вод у рибогосподарську водойму без попереднього оброблення або за умов неефективної роботи наявних очисних споруд.
2. Проєктний стан (безстічна система): повна ліквідація скиду у відкриту гідрографічну мережу шляхом глибокого очищення всього об'єму стоків та їх повернення в оборотний технологічний цикл підприємства.

Матеріальний баланс утилізованих забруднень розраховується на основі вихідних концентрацій компонентів на вході в локальні очисні споруди. Такий підхід дозволяє точно визначити масу речовин, що були затримані (акумульовані або деструктовані) в процесі очищення та не потрапили в екосистему річки.

Розрахунок маси речовини:

$$\text{М} = \text{С}_{\text{вх}} \cdot W_{\text{річ}} \cdot 10^{-6}, \text{т}/\text{рік} \qquad (4.2)$$

де:

$\text{С}_{\text{вх}}$ — концентрація забруднення на вході (мг/л або г/м³).

$W_{\text{річ}}$ — річний об'єм стоків (255500 м³).

10^{-6} — переведення з грамів у тонни.

Розрахунок по компонентах (дані з попередніх етапів):

1) Завислі речовини (графіт, рудний пил)

– $C_{вх}$ = 350мг/л.

$$M_{зав} = 350 \cdot 255500 \cdot 10^{-6} = 89{,}4 \text{ т/рік} \quad (4.3)$$

2) Органічні забруднення (БСК повне)

– $C_{вх}$ = 300 мг/л.

$$M_{БСК} = 300 \cdot 255500 \cdot 10^{-6} = 76{,}7 \text{ т/рік} \quad (4.4)$$

3) Нафтопродукти та жири (приймаємо середнє ~ 40 мг/л)

$$M_{жир} = 40 \cdot 255500 \cdot 10^{-6} = 10{,}2 \text{ т/рік} \quad (4.5)$$

4) Азот амонійний (приймаємо ~30 мг/л)

$$M_N = 30 \cdot 255500 \cdot 10^{-6} = 7{,}7 \text{ т/рік} \quad (4.6)$$

Розрахункові показники наведено в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 - Показники екологічного ефекту від реалізації проєкту локальних очисних споруд

Показник	Одиниця виміру	Значення	Екологічне значення
Зменшення забору води з р. Дніпро	м³/рік	255 500	Збереження водних ресурсів регіону, зменшення навантаження на екосистему.
Припинення скиду стічних вод	м³/рік	255 500	Повна ліквідація джерела забруднення.
Запобігання скиду завислих речовин	т/рік	89,4	Попередження замулення дна річки та погіршення прозорості води.
Запобігання скиду органіки (БСК)	т/рік	76,7	Попередження процесів гниття у водоймі та дефіциту кисню (замору риби).
Запобігання скиду жирів/нафтопродуктів	т/рік	10,2	Попередження утворення плівки на поверхні води, що порушує газообмін.
Зменшення обсягу відходів	-	в 10 разів	Завдяки зневодненню осаду зменшується площа, необхідна для захоронення на полігоні.

Отже, реконструкція очисних споруд доменного цеху дозволяє досягти суттєвого екологічного та економічного ефекту, який реалізується за такими основними напрямами:

1. Раціональне природокористування: впровадження замкнутого циклу водопостачання забезпечує зниження обсягів забору свіжої води з річки Дніпро на 255,5 тис. м³/рік. Це сприяє дотриманню принципів сталого розвитку та оптимізує витрати підприємства на екологічні платежі.
2. Зниження антропогенного навантаження на гідросферу: завдяки повній ліквідації скидання зворотних вод у поверхневі водойми, попереджається щорічне потрапляння в річку Дніпро 89,4 т завислих речовин (зокрема графіту та рудного пилу), а також 76,7 т органічних забрудників.

5 ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЄКТУ

5.1 Опис поточного стану бізнес-процесів (модель «AS IS» - «ЯК Є»).

Реалізація екологічного проєкту в межах концепції сталого розвитку потребує першочергового аналізу поточного стану природоохоронної діяльності підприємства для виявлення проблемних зон в управлінській та ресурсній сферах.

Згідно з методичними рекомендаціями, наступним етапом є побудова контекстної діаграми, яка формалізує поточний стан бізнес-процесів (модель «AS-IS» — «як є»), з її подальшою декомпозицією [23]. Моделювання виконується в програмному середовищі RAMUS із застосуванням нотацій BPMN або IDEF0 [24].

Для відображення ситуації «як є» у роботі обрано методологію IDEF0, яка базується на функціональному підході до аналізу діяльності підприємства та його внутрішніх процесів [24]. Це дало змогу спроєктувати модель на основі контекстної діаграми та її декомпозиції першого рівня (рис. 5.1, рис. 5.2), а також детально описати параметри цього рівня (табл. 5.1) [24].

Таблиця 5.1 – Параметри моделі «Технології очищення господарсько-побутових стічних вод доменного виробництва металургійного підприємства та шляхи підвищення їх ефективності»

	Вхід	**Механізм забезпечення**	**Механізм регулювання/ управління**	**Вихід/результат**
1. Провести аналіз об'єкта водовідведення. Дослідити режим водовідведення АПК доменного цеху, визначити якісний склад стічних вод з урахуванням специфіки виробничого забруднення (графіт, рудний пил);	Дані про витрати води доменного цеху; результати хімічних аналізів (БСК, ХСК, графіт, рудний пил); схеми існуючих мереж.	Лабораторія контролю якості води, відділ охорони навколишнього середовища.	Нормативи ГДС (гранично допустимих скидів); ДСТУ щодо якості води; екологічний регламент підприємства.	Технічне завдання на проєктування; перелік критичних забруднювачів; коефіцієнти нерівномірності припливу.
2. Обґрунтувати технологічну схему очищення очищення стічних вод.	Порівняльні характеристики методів (механічні, біологічні, MBBR); цифрові моделі очисних споруд.	Відділ екологічного моніторингу; інженерна група; спеціалісти з водоочищення.	Технологічні вимоги до надійності обладнання; галузеві рекомендації щодо очищення промислово-побутових стоків.	Технічне рішення щодо вибору методу очищення: розрахункова модель ефективності видалення специфічних домішок; схема технологічного ланцюга споруд.
3. Виконати технологічний та гідравлічний розрахунок основних споруд, визначити екологічний ефект від впровадження розроблених рішень	Розрахункові витрати води; параметри навантаження на активний мул; кошторисна вартість обладнання.	Відділ екологічного моніторингу, відділ аналітики, відділ інженерії та інновацій..	Вимоги SASB (Sustainability Accounting Standards Board) для сектору металургії щодо водокористування та управління стічними водами.	Проєктно-технічна документація: детальні параметри споруд (об'єми аеротенків, площа відстійників, потужність аерації); розрахунок скорочення маси скидів у водойму; показник економії свіжої води
4. Прийняття рішень та документальне оновлення. Фінальний звіт про доцільність, корпоративна політика "зеленої металургії".	Фінальний звіт про доцільність; розрахунок терміну окупності; корпоративна стратегія «Зеленої металургії».	Стратегічний департамент, юридичний відділ, відділ внутрішнього аудиту.	Процедура схвалення капітальних інвестицій; регламенти внутрішньої комунікації; вимоги до ESG-звітності.	Рішення про впровадження нових технологій очищення стічних вод у доменному цеху. Документація: оновлені технологічні карти водоочищення, дозвіл на скиди (за необхідності), розділ для річного ESG-звіту

Аналіз моделей, наведених на рис. 5.1 та 5.2, дозволяє детально описати поточний стан бізнес-процесу очищення господарсько-побутових стічних вод доменного виробництва та визначити шляхи підвищення його ефективності [24]. Формалізація цієї процедури унаочнює наявні «вузькі місця». Це створює підґрунтя для розробки та регламентації конкретних кроків і етапів, спрямованих на вдосконалення управління портфелем проєктів в Управлінні капітального будівництва та інвестицій, що безпосередньо сприятиме реалізації стратегічних цілей усього металургійного підприємства [24].

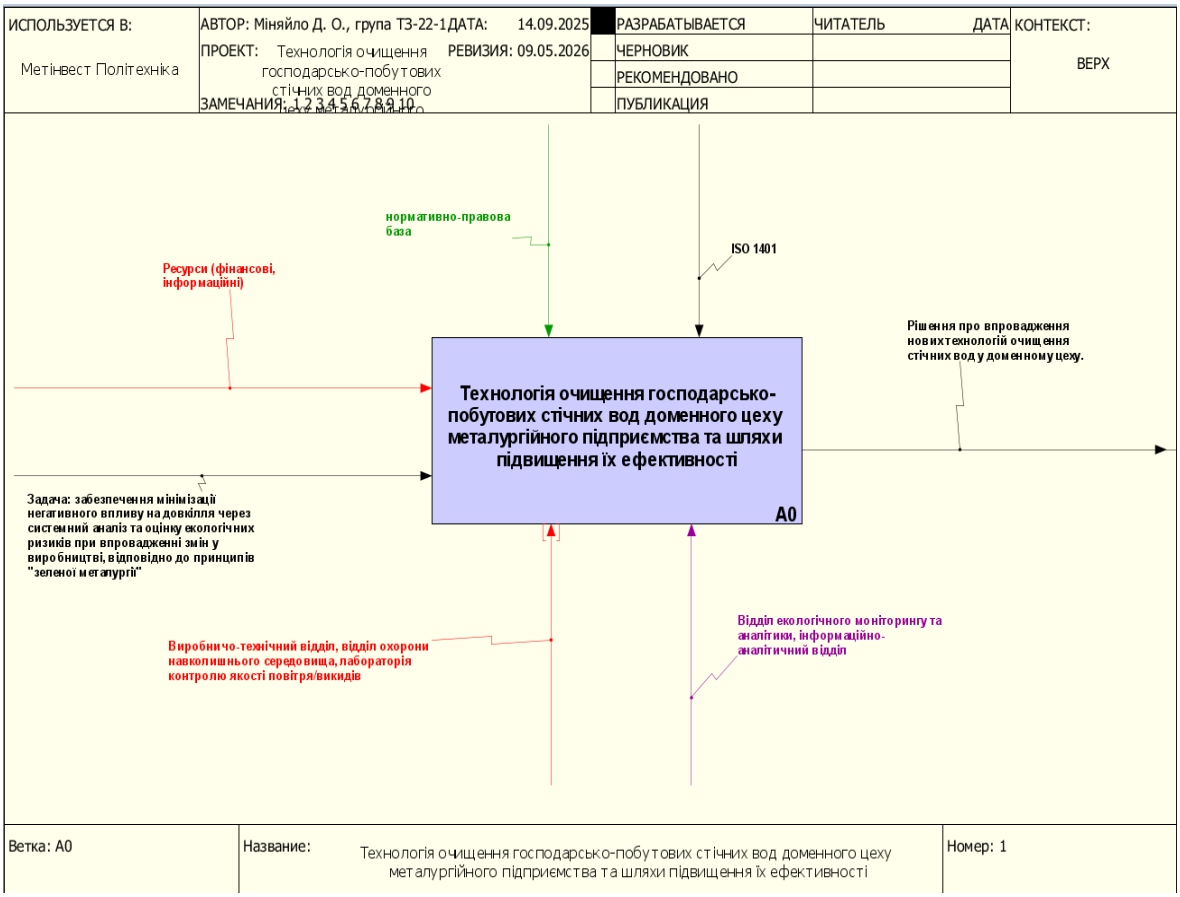


Рисунок 5.1 - Контекстна діаграма формалізації і опису поточного стану бізнес-процесу «Технології очищення господарсько-побутових стічних вод доменного виробництва металургійного підприємства та шляхи підвищення їх ефективності» (т.зв. модель «AS IS» - «ЯК Є»), топ-рівень А-0. Побудовано автором в програмному забезпеченні «Ramus».

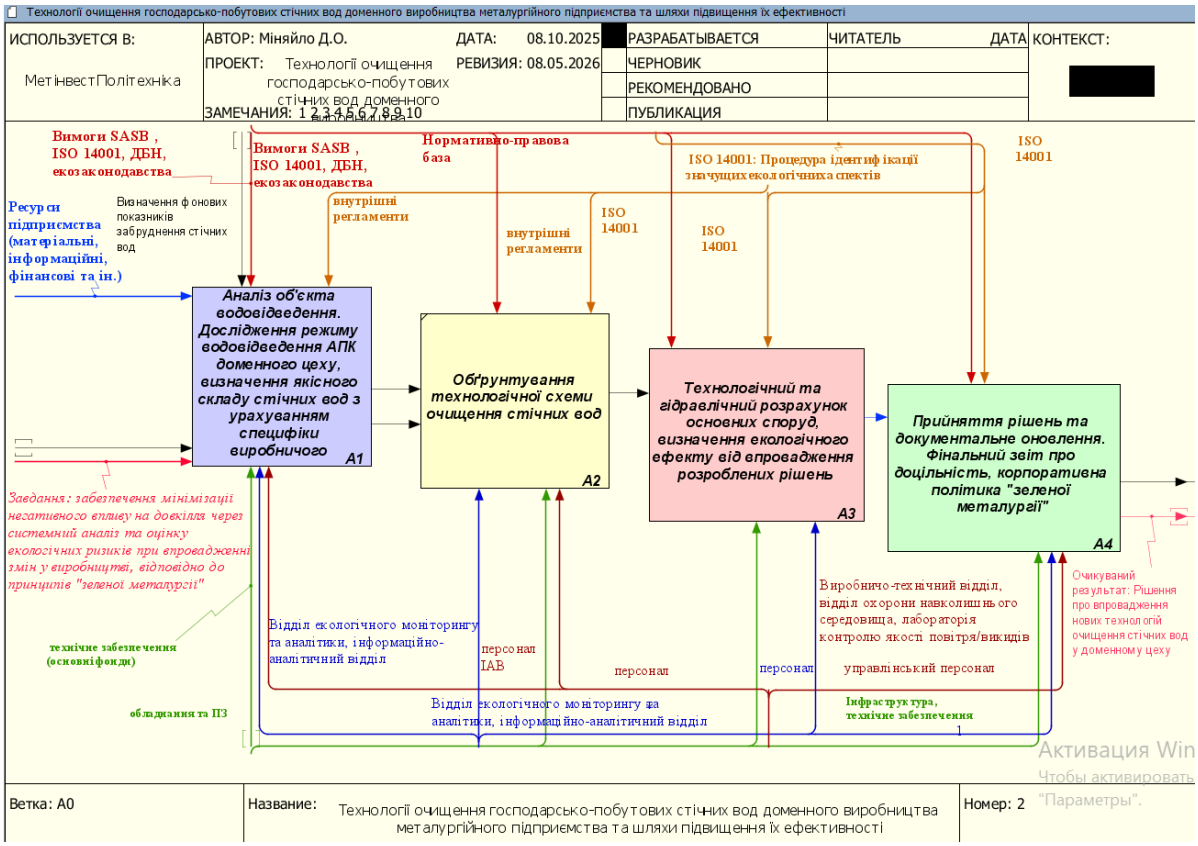


Рисунок 5.2 – Декомпозиція контекстної діаграми формалізації і опису поточного стану проєкту «Технології очищення господарсько-побутових стічних вод доменного виробництва металургійного підприємства та шляхи підвищення їх ефективності» (т. зв. модель «AS IS» - «ЯК Є»), перший рівень A0. Побудовано автором в програмному забезпеченні «Ramus».

Таким чином, наведені на рис. 5.1 та 5.2 моделі наочно описують поточний стан очищення господарсько-побутових стічних вод у доменному виробництві [24]. Виявлення слабких місць у цьому процесі дозволяє чітко регламентувати подальші кроки та етапи модернізації. Це підвищить ефективність управління портфелем проєктів в Управлінні капітального будівництва та інвестицій, безпосередньо сприяючи виконанню стратегічних завдань усього підприємства [24].

5.2 Опис удосконаленого бізнес-процесу (модель «ТО ВЕ» - «ЯК БУДЕ»).

На підставі проведеного дослідження в межах доменного цеху підприємства ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ», а також аналізу наукових джерел та внутрішніх даних підприємства, можна констатувати, що управління екологічними аспектами виробництва є важливою складовою сталого розвитку підприємства. В рамках аналізу можливостей удосконалення бізнес-процесів, особливу увагу було приділено процедурі технології очищення господарсько-побутових стічних вод доменного виробництва металургійного підприємства та шляхи підвищення їх ефективності, з урахуванням сучасних підходів до екологічного управління.

У процесі побудови моделей бізнес-процесів «AS IS» – «як є» та «ТО ВЕ» - «як має бути» (рис. 5.3-5.4), на основі всієї доступної інформації щодо перебігу виробничих процесів, було визначено ключові зони покращення.

Удосконалення цієї процедури вимагає чіткого визначення наявних проблем та цілей модернізації. Процес включає детальний аудит системи водовідведення, оцінку реальної роботи очисних споруд, виявлення критичних ділянок при фільтрації специфічних забруднень доменного цеху, а також науково-технічне обґрунтування впровадження нових високоефективних технологій.

Подальші напрями вдосконалення процесу можуть включати вдосконалення процедури збору та обробки даних про якість господарсько-побутових стічних вод доменного виробництва, уточнення зон відповідальності та обов’язків кожного учасника процесу очищення [24]. Важливим етапом стане розробка нових регламентів та процедур, зокрема створення актуалізованих документів, що визначають порядок проведення екологічного аналізу, запровадження ефективних механізмів контролю та звітності, а також організація навчання для персоналу, який залучений до роботи системи водоочищення [24].

На завершальному етапі передбачається впровадження оновленої процедури очищення стічних вод та систематичне відстеження її ефективності. Це включатиме підготовку звітів про результати впровадження, аналіз досягнутих показників очищення, а також коригування технологічних рішень з урахуванням отриманих рекомендацій та нових викликів, що виникають у сфері екологічного управління [24].

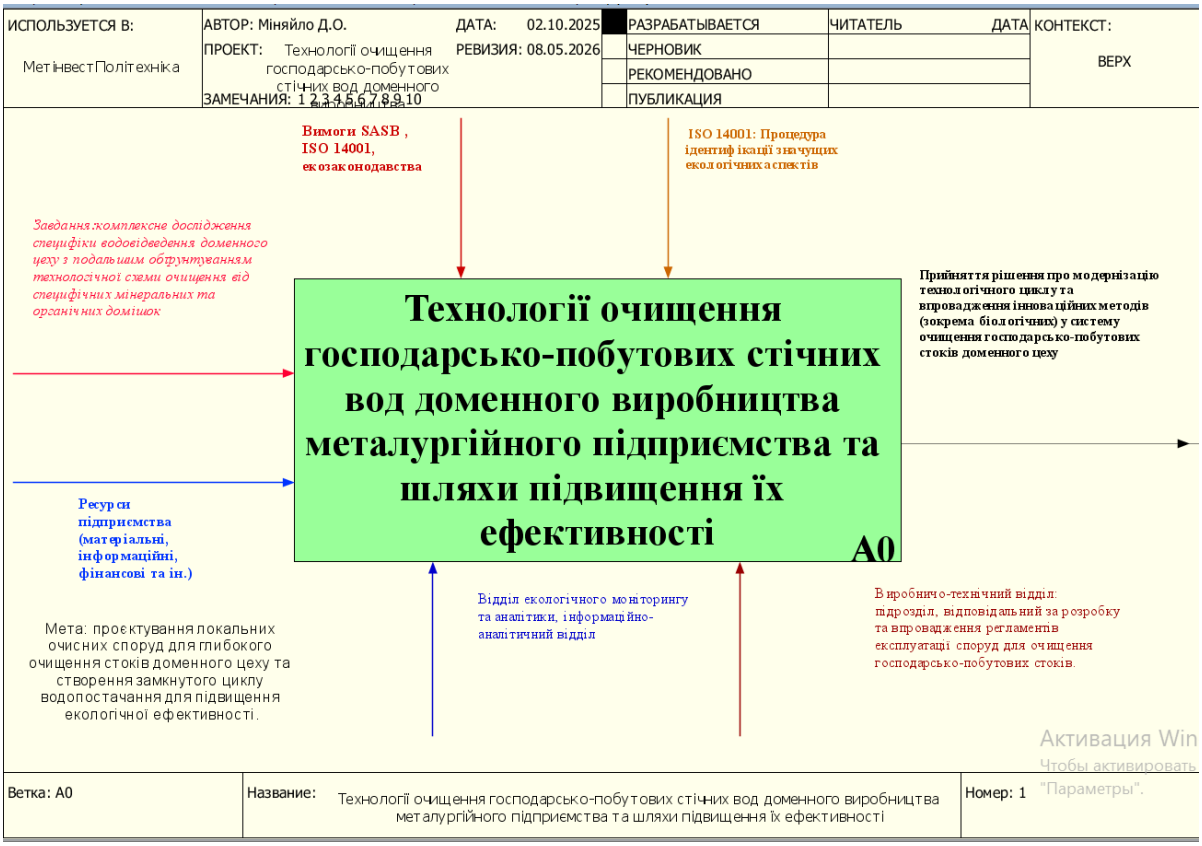


Рисунок 5.3 - Контекстна діаграма формалізації і опису поточного стану процесу «Технології очищення господарсько-побутових стічних вод доменного виробництва металургійного підприємства та шляхи підвищення їх ефективності» (т.зв.модель «ТО - ВЕ»), топ-рівень А-0. Побудовано автором в програмному забезпеченні «Ramus».

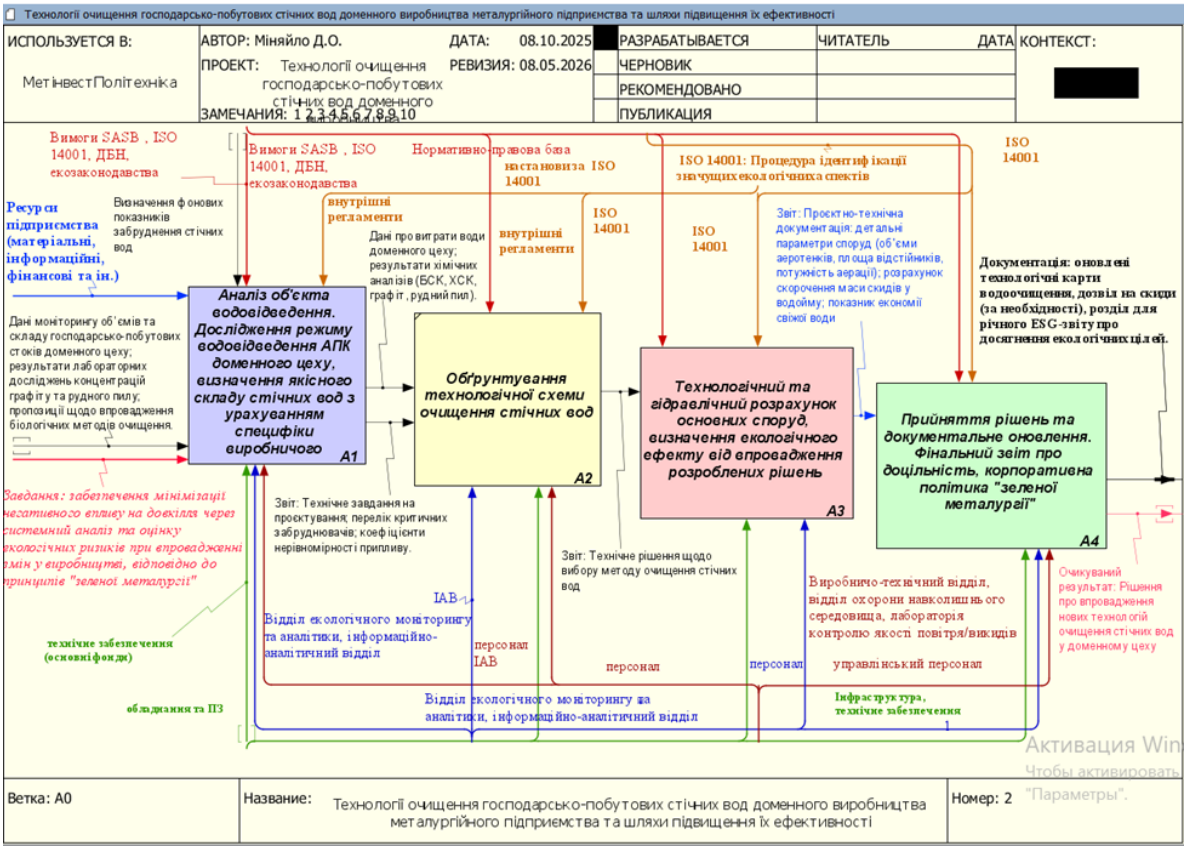


Рисунок 5.4 – Модель декомпозиції першого рівня процесу «Технології очищення господарсько-побутових стічних вод доменного виробництва металургійного підприємства та шляхи підвищення їх ефективності» (побудовано автором на платформі «Ramus Modeler» за стандартом IDEF0), рівень А 0. Побудовано автором в програмному забезпеченні «Ramus».

У представленій візуалізації наведено пропозиції щодо вдосконалення поточного бізнес-процесу з очищення господарсько-побутових стічних вод доменного цеху металургійного підприємства. Побудова моделі дозволила визначити вузькі місця та зони покращення, що передбачає такі зміни [24]:

- у процедурі прийняття рішень щодо впровадження технологій очищення стічних вод у виробничих процесах доменного цеху;
- додатково конкретизовано критерії оцінки ефективності застосованих технологій, а також механізми їх узгодження з екологічною політикою підприємства.

Пропонуються наступні зміни:

1. Покращення процесу прийняття рішень щодо екологічних змін у системі очищення стічних вод.
    - Визначити основні екологічні критерії ефективності, які мають враховуватись при плануванні модернізації системи очищення.
    - Сформувати пріоритетні напрями вдосконалення технологічного обладнання для водоочищення з урахуванням впливу на довкілля.
    - Запровадити екологічну експертизу кожного етапу роботи системи очищення.
2. Створення інтегрованої системи екологічного моніторингу стічних вод
    - Розробити єдину цифрову платформу для збору та аналізу даних про якість стічних вод.
    - Забезпечити відкритість та доступність інформації для всіх зацікавлених сторін.
    - Встановити регламент звітування та обговорення результатів екологічного контролю.
3. Чітке розмежування відповідальності
    - Визначити зони відповідальності та повноваження для кожного учасника процесу очищення.
    - Організувати систематичну взаємодію між екологічною службою, технічними фахівцями та керівництвом.
    - Впровадити внутрішню систему екологічного аудиту.
4. Гнучке планування та адаптація до змін
    - Встановити терміни та показники оцінки результативності заходів з очищення стічних вод.
    - Розробити механізм внесення коригувань у виробничі плани при зміні зовнішніх умов або виявленні нових ризиків.

Попередні висновки про можливість та доцільність реалізації проєкту в умовах конкретного підрозділу/бізнес-одиниці підприємства.

Згідно з методичними матеріалами (НМКД), процедура оцінювання проєкту в умовах ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» передбачає збір та обробку інформації, а також розрахунок ключових показників на основі наведених нижче вихідних (умовних) даних [23, 24].

1. У рамках проєкту придбано нове обладнання з інтегрованими природоохоронними пристроями, що замінює застарілу техніку та підвищує операційну ефективність і рівень екологічної безпеки.
2. Здійснено капітальні інвестиції екологічного спрямування на придбання обладнання з додатковими природозахисними елементами вартістю ΔІС тис. дол.
3. Передбачено збільшення оборотного капіталу на ΔОК відповідно до бюджету проєкту.
4. Заплановано зростання операційних витрат екологічного проєкту (згідно з бюджетом):

    а) витрати на оплату праці персоналу в перший рік Δ31, з подальшим щорічним збільшенням на 2 тис. дол. щорічно;

    б) витрати на придбання сировини, матеріалів, палива та енергії для додаткового випуску ΔСм1, з подальшим щорічним приростом на 5 тис. дол. щорічно;

    в) інші постійні додаткові щорічні витрати складуть 4 тис. дол.

- Обсяг реалізації додаткової екологічно орієнтованої продукції, отриманої завдяки впровадженню проєкту сталого розвитку, протягом 5 років визначається як Q1 - Q5, тис.тн..
- Ціна реалізації продукції у перший рік становить 5 дол. за одиницю та щорічно зростає на 0,5 дол. (умовні вихідні дані).
- Амортизаційні відрахування нараховується рівномірно

протягом усього строку служби обладнання. Через 5 років його ринкова вартість складе 10% від первісної. Через 5 років ринкова вартість устаткування складе 10% від його первинної вартості. Витрати на ліквідацію обладнання через 5 років експлуатації прогнозуються на рівні 5% від ринкової вартості.

- Для фінансування придбання обладнання прийнято рішення залучити довгостроковий кредит у сумі, що відповідає його вартості (∆IC), під 12% річних, строком на 5 років (середньозважена вартість капіталу WACC = 12%). Повернення основної суми боргу банку *(т.зв.* «тіло кредиту») здійснюється рівними частинами, починаючи з другого року, платежі за схемою постнумерандо (здійснюються у кінці року). Податок на прибуток, а також інші обов'язкові відрахування з валового прибутку, включно з екологічним збором, становлять - 25**%** [23, 24].

5.3 Розрахунок інвестаційної, операційної та фінансової діяльності

Інвестиційна діяльність

Розрахуємо чисту ліквідаційну вартість через 5 років:

1.Визначимо ринкову вартість:

Р = 134 * 0,1 = 16,9 тис. дол.

2. Розрахуємо витрати на ліквідацію: Зл =16,9 * 0,05 = 0,84 тис. дол.

3. Визначуваний операційний доход (валовий прибуток):

ОД = Рв - Зл = 16,9 - 0,84 = 16,06 тис. дол.

4. Податок на прибуток: Ппр = 16,06 * 0,25 = 4,015 тис. дол.

5. Чиста ліквідаційна вартість: ЧЛС = ОД – Ппр = 16,06 - 4,015 = 12,04 тис. дол.

Знаходимо результат інвестиційної діяльності, який представлений в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Інвестиційна діяльність за проєктом.

Показники	Значення на кроці, тис. дол.					
	0	1	2	3	4	5
Технологічна лінія, ΔІС	-169	0	0	0	0	12,04
Приріст оборотного капіталу	-149	0	0	0	0	
Всього інвестицій, *F1(t)*	-318	0	0	0	0	12,04

Операційна діяльність

Значення таких показників, як обсяг продажів, ціна, витрати на оплату праці, матеріали та постійні витрати, беруться з вихідних даних.

Виручка від реалізації продукції визначається як добуток обсягу продажів на ціну одиниці виробу.

Амортизаційні відрахування розраховуються за відповідною формулою (5.1) : $$Агод = \frac{Нс - Лс}{Тэ},$$

(5.1)

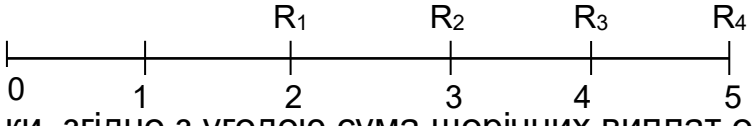
де Нс - початкова вартість устаткування, тис..долл;

Лс - ліквідаційна вартість устаткування, тис..долл;

Тэ- кількість років експлуатації, років.

Для придбання устаткування передбачено залучення довгострокового кредиту у сумі, що відповідає його вартості, під 12% річних строком на 5 років. Погашення основної суми боргу здійснюється рівними частинами, починаючи з другого року, причому платежі виконуються наприкінці року (схема постнумерандо).

Для наочності доцільно побудувати тимчасову лінію та визначити розмір щорічного платежу, а також суму відсотків, що сплачуються щороку за кредитом.



Оскільки, згідно з угодою сума щорічних виплат однакова, то R1 = R2 = R3 = R4, отже, погашення заборгованості складе:

R =169 / 4 = 42,2 тис. дол.

Відсотки по кредитах:

1 рік: I1 = 169 * 0,12 = 20,28 тис. дол.

2 рік: I2 = 169 * 0,12 = 20,28 тис. дол.

3 рік: I3 = (169 - 42,2 * 1) * 0,12 =15,21 тис. дол.

4 рік: I4 = (169 - 42,2, * 2) * 0,12 = 10,15 тис .дол.

5 рік: I5 = (169 - 42,2 * 3) * 0,12 = 5,08 тис. дол..

Амортизаційні відрахування: $A_{год} = \frac{Н_с - Л_с}{Т_э} = \frac{169-12,04}{5} = 31,3$, тис. дол.

Прибуток до вирахування податків визначаємо за формулою:

$$П = Виручка - Витрати \quad (5.2)$$

Потім ми визначаємо податок на прибуток по формулі:

$$НП = П * С_н \quad (5.3)$$

де Сн - ставка податку на прибуток та екологічного податку та ін. інші відрахування з прибутку (25%).

Чистий доход (прибуток):

$$ЧД = П - НП \quad (5.4)$$

Результат від операційної діяльності складе:

$$F_2(t) = ЧД + A \quad (5.5)$$

Результати операційної діяльності, отримані на кожному етапі розрахунків, наведено у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Операційна діяльність за проєктом

Показники	Значення на кроці, тис. дол.					
	0	1	2	3	4	5
1 Об'єм продажів, тис. тон	0	59000	46000	56000	37000	49000
2 Ціна	0	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
3 Виручка	0	295,0	253,0	336,0	240,5	315,0
4 Оплата праці робітників	0	54,0	56,0	58,0	60,0	62,0
5 Матеріали	0	-57,0	-62,0	-67,0	-72,0	-77,0
6 Постійні витрати	0	-4,0	-4,0	-4,0	-4,0	-4,0
7 Амортизація устаткування	0	-30,4	-30,4	-30,4	-30,4	-30,4
8 Відсотки по кредитах	0	-20,3	-20,3	-15,2	-10,1	-5,1
9 Сума витрат плюс амортизація	0	155,2	162,2	165,2	168,1	171,1
10 Валовий прибуток до вирахування податків	0	129,3	80,3	161,4	63,9	136,5
11 Податок на прибуток	0	32,3	20,1	40,3	16,0	34,1
12 Проєктований чистий прибуток	0	97,0	60,2	121,0	48,0	102,4
13 Результат від операційної діяльності *F2(t)*	0	127,4	90,6	151,4	78,4	132,8

Фінансова діяльність

Збільшення оборотного капіталу ΔОК здійснюється за рахунок власних коштів підприємства. Придбання виробничої лінії ΔІС фінансується за рахунок довгострокового кредиту. Підсумкові результати фінансової діяльності визначаються як алгебраїчна сума пунктів 1–3 та наведені у таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 - Фінансова діяльність за проєктом.

Показники	Значення на кроці, тис. дол.					
	0	1	2	3	4	5
1. Власний капітал (+ΔОК)	149	0	0	0	0	0
2. Довгостроковий кредит (+ ΔІС)	169	0	0	0	0	0
3. Погашення заборгованості (R1=R2= R3=R4)	0	0	- 33,5	- 33,5	- 33,5	- 33,5
4. Результат фінансової діяльності *F3(t)*	318	0	- 33,5	- 33,5	- 33,5	- 33,5

Показники комерційної ефективності

Потік реальних грошей, сальдо реальних грошей, сальдо накопичених реальних грошей визначені в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 - Показники комерційної ефективності.

Показники	Значення на кроці, тис. дол					
	0	1	2	3	4	5
1 Результат інвестиційної діяльності *F1(t)*	-318	0	0	0	0	16,1
2 Результат операційної діяльності *F2(t)*		124,7	87,9	148,0	74,1	188,2
3 Потік реальних грошей	-318,0	124,7	87,9	148,0	74,1	201,0
4 Результат фінансової діяльності F(t)	318,0	0,0	-33,5	-33,5	-33,5	-33,5
5 Сальдо реальних грошей	0,0	124,7	54,4	114,5	40,6	167,5
6 Сальдо накопичених реальних грошей	0,0	124,7	179,1	293,6	334,2	501,7

У межах реалізації проєкту дотримано ключову умову його фінансової стійкості - на кожному часовому етапі зафіксовано позитивне сальдо накопичених реальних грошових коштів. Це підтверджує стабільність фінансових потоків та відсутність потреби у додатковому фінансуванні. У випадку від'ємного сальдо виникла б необхідність залучення додаткових ресурсів — як власних, так і позикових.

Показники ефективності проєкту

Оцінка інвестиційної ефективності є одним із ключових етапів процесу прийняття рішень щодо реалізації проєкту. Для її проведення у таблиці 5.6 буде здійснено приведення всіх грошових надходжень і витрат за проєктом до теперішньої (дисконтованої) вартості.

Таблиця 5.6 - Дисконтований потік реальних грошей.

Показники	Значення на кроці, тис. дол					
	0	1	2	3	4	5
1. Результат від інвестиційної діяльності *F1(t)*	-318	0	0	0	0	16,1
2. Результат від операційної діяльності *F2(t)*	0	127,4	90,6	151,4	78,4	132,8
3. Дисконтний множник Дс при WACC=12%	1	0,8929	0,7972	0,7118	0,6355	0,5674
4. Дисконтована інвестиційна діяльність *F1(t)*d*	-318	0	0	0	0	9,13
5. Дисконтована операційна діяльність *F2(t)*d*	0	113,7	72,2	107,7	49,8	84,5

Таким чином, чистий приведений доход складе:

NPV = Дисконтована операційна діяльність - Дисконтована інвестиційна діяльність

$NPV = (0 + 113{,}7 + 72{,}2 + 107{,}7 + 49{,}8 + 84{,}5) - (318 - 9{,}13) = 427{,}9 - 308{,}87 = 119{,}03$ (тис. дол.)

Індекс доходності :

$$PI = \frac{427,9}{308,87} = 1,3$$

Період окупності :

$$PP = \frac{308,87}{427,9/5} = 3,7 = 4 \text{ (роки)}$$

Висновок

У проєкті дотримано ключову умову його прийняття — на кожному часовому інтервалі зафіксовано позитивне сальдо накопичених реальних грошових потоків. Це свідчить про фінансову стійкість та відсутність необхідності у додатковому залученні власних чи позикових ресурсів. У випадку від'ємного значення сальдо виникла б потреба у використанні додаткових джерел фінансування для забезпечення реалізації проєкту.

Чистий приведений дохід (NPV) нового проєкту становить 110 079, що підтверджує його економічну доцільність та інвестиційну ефективність. Протягом усього періоду реалізації позитивне сальдо накопичених реальних коштів забезпечує можливість підприємству реінвестувати отримані ресурси або спрямовувати їх на поточні потреби без залучення зовнішнього фінансування.

Внутрішня норма доходності (IRR) дорівнює 25,1%, що значно перевищує ставку дисконтування 12%. Це свідчить про високу фінансову стійкість проєкту та його здатність адаптуватися до змін ринкових умов.

Проєкт приймається, оскільки забезпечує прийнятний рівень доходності. Індекс прибутковості (PI) становить 1,35, тобто на кожен інвестований долар підприємство отримує $1,35 доходу, що підтверджує високу рентабельність.

Період окупності дорівнює 3,7 року, що свідчить про швидке повернення вкладених коштів та низький рівень інвестиційного ризику. Проєкт приймається, оскільки він відповідає вимогам щодо прийнятного терміну окупності.

Таблиця 5.7 Інвестиційна, операційна та фінансова діяльність за проектом. Показники ефективності екологічно спрямованого проєкту

№	Показники, тис. дол. США	Роки					
		0	1	2	3	4	5
1	Інвестиції (CAPEX):	-318,0					
	придбання обладнання з вбудованими природоохоронними пристроями	-169,0					16,1
	збільшення оборотного капіталу	-149,0					
2	Виручка від реалізації продукції:		295,0	253,0	336,0	240,5	315,0
	додатковий обсяг реалізації, тис. т		59,0	46,0	56,0	37,0	45,0
	ціна одиниці продукції, $/т		5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
3	Операційні витрати (OPEX):		-115,0	-122,0	-129,0	-136,0	-143,0
	оплата праці персоналу		-54,0	-56,0	-58,0	-60,0	-62,0
	матеріальні витрати, у т.ч.сировина і матеріали		-57,0	-62,0	-67,0	-72,0	-77,0
	інші постійні витрати, адміністративні та управлінські		-4,0	-4,0	-4,0	-4,0	-4,0
4	Амортизаційні відрахування		-30,4	-30,4	-30,4	-30,4	-30,4
5	Обслуговування кредиту:		-20,3	-62,5	-57,5	-52,4	-47,3
	тіло кредиту			-42,3	-42,3	-42,3	-42,3
	відсотки		-20,3	-20,3	-15,2	-10,1	-5,1
6	Прибуток до оподаткування		129,3	80,3	161,4	63,9	136,5
7	Податок на прибуток		32,3	20,1	40,3	16,0	34,1
8	Чистий прибуток		97,0	60,2	121,0	48,0	102,4
9	Результат операційної діяльності		127,4	90,6	151,4	78,4	132,8
10	Результат фінансової діяльності	318,0	0,0	-42,3	-42,3	-42,3	-42,3
11	Потік реальних грошей	-318,0	127,4	90,6	151,4	78,4	148,9
12	Сальдо реальних грошей	0,0	127,4	48,4	109,2	36,1	106,6
13	Сальдо накопичених реальних грошей	0,0	127,4	175,8	285,0	321,1	427,7
14	Чистий дисконтований грошовий потік	-318,0	113,7	72,3	107,8	49,8	84,5
15	Чиста поточна вартість (NPV), тис. дол.	110,079					
16	Індекс прибутковості (PI), тис. дол.	1,35					
17	Період окупності (PP), тис. дол.	3,71					

Побудова логіко-структурної матриці проєкту

Опис проєкту (логіка втручання)	Об'єктивно вимірювані показники досяжності (індикатори)	Джерела перевірки (як, коли і ким буде здійснюватися збір інформації)	Припущення і ризики
Мета: Підвищення ефективності очищення господарсько-побутових стічних вод доменного виробництва протягом 4 років шляхом впровадження сучасних технологій та оптимізації системи водоочистки.	Затвердження та впровадження нових технологічних регламентів очищення стічних вод, що забезпечують зниження концентрації забруднювачів на ≥20% від базового рівня.	Рішення Технічної ради підприємства про затвердження регламентів. Щорічний звіт екологічної служби (подається до Держекоінспекції).	Припущення: керівництво підприємства зацікавлене у зниженні екологічного навантаження та виділить кошти.
Цілі проекту: Дослідити та підтвердити, що застосування нових технологій очищення забезпечує зниження концентрації основних забруднювачів. Розробити комплексну систему моніторингу якості очищених стічних вод.	Наукове підтвердження ефективності технологій (мембранні системи, біологічні методи, сорбційні матеріали). Зниження БСК ≥20%, ХСК ≥15%, важких металів ≥10%.	1. Звіт наукової групи (статистичний аналіз, результати лабораторних досліджень). 2. Протоколи вимірювань атестованої лабораторії протягом 3 місяців тестового періоду.	Ризик: тестові зміни можуть вплинути на стабільність роботи очисних споруд.
Результат 1. Розроблена та затверджена методологія впровадження нових технологій очищення стічних вод.	Методологія (технологічна карта змін) затверджена начальником доменного цеху та головним екологом.	Електронна база даних (Excel), підписана керівником проекту та командою дослідників. Акти завершення етапів.	Припущення: оперативний персонал цеху буде дотримуватися нової методології.
Результат 2. Створена база даних щодо ефективності різних методів очищення (зниження БСК, ХСК, концентрації важких металів, завислих речовин).	Створення бази даних із ≥1000 точок вимірювань (до і після змін). Щомісячні звіти з висновками та рекомендаціями	Електронна база даних (Excel), підписана Керівником проєкту та командою дослідників. Акти про завершення наукового етапу	Ризик: несправність обладнання може призвести до втрати даних.
Дії (заходи, види робіт) 1.1. Аналіз поточного стану очисних споруд та визначення ключових проблем.	Кваліфікована команда дослідників (6 осіб).	Зарплата висококваліфікованих фахівців (6 осіб, 3 місяці) – 600000–750000 грн.	Припущення: архівні дані про стічні води доступні та достовірні.
1.2. Закупівля та встановлення додаткового обладнання.	Закупівля та модернізація обладнання (мембранні модулі, сорбційні фільтри, біореактори). Логістичні витрати.	Вартість обладнання – 1,5-2 млн грн + інсталяція 250 тис грн.	Ризик: затримка поставок через логістичні проблеми
2.1.Проведення експериментальних змін у технології очищення	Навчання персоналу цеху, інструктаж з техніки безпеки	Документальні витрати цеху на проведення навчання.	Припущення: персонал має достатній рівень кваліфікації.
2.2. Постійний моніторинг складу стічних вод протягом тестового періоду.	Атестована лабораторія, інженери-технологи, інженери-екологи.	Погодинні витрати на роботу лабораторії та персоналу	Ризик: непередбачені аварійні ситуації можуть перервати тестовий період.

План комунікації команди проєкту

№	Активність / Захід	Метод комунікації	Періодичність	Теми для обговорення	Питання для обговорення	Модератор	Учасники
1	**Щоденна операційна нарада відділу**	Онлайн-зустріч (Zoom, Teams), короткий звіт у месенджері	Щоденно (20-25 хв)	Результати відбору проб стічних вод, робота обладнання, показники очищення..	Які концентрації забруднювачів зафіксовані? Є відхилення від норм? Чи є проблеми з обладнанням?	Керівник проєкту/ Керівник Відділу екологічного моніторингу та аналітики.	Команда проєкту, інженер-технолог доменного цеху.
2	**Тижнева технічна нарада з керівництвом**	Офлайн-зустрічі, Онлайн-зустріч (Zoom, Teams)	Щотижня (40 хв)	Аналіз накопичених даних, оцінка ефективності технологій очищення, використання ресурсів.	Чи підтверджено гіпотезу щодо зниження забруднень? Чи дотримуються графіки? Чи потрібне додаткове обладнання/ресурси?	Керівник проєкту	Керівник проєкту, головний інженер-еколог, начальник доменного цеху.
3	**Зустріч з відділом екологічної безпеки та регуляторами**	Офлайн-зустрічі, відеоконференція, чат	Щотижня (45 хв)	Презентація звітів, отримання зворотного зв’язку, планування наступних кроків	Які показники якості стічних вод зафіксовані? Чи надані рекомендації щодо оптимізації процесів? Чи потрібні зміни у дозволах?	Координатор проєкту, головний еколог	Відділ екологічної безпеки, представники контролюючих органів.
4	**Звітність для інвесторів**	Презентація, письмовий звіт на ел.пошту, Онлайн-зустріч (Zoom, Teams)	Раз на місяць	Досягнення проекту, використання коштів, плани на майбутнє.	Чи досягнуто цільового рівня очищення? Який економічний ефект (зменшення витрат на реагенти, штрафи)? Які наступні кроки впровадження?	Координатор проєкту, фінансовий менеджер	Генеральний директор, фінансовий директор, інвестори, власник підприємства.

Матриця взаємодії і розподілу повноважень

Задачі \ Стейкхолдери	Керівник проєкту/ Керівник відділу екологічного моніторингу та аналітики	Головний інженер-еколог підприємства	Начальник доменного цеху	Інженер-технолог цеху	Відділ охорони навколишнього середовища/лабораторія	Відділ закупівель	Фінанансова служба	Юридичний відділ
Планування та завтвердження бюджету дослідження	R	A	I	I	C	I	R	I
Придбання та інсталяція обладнання для очищення та моніторингу стічних вод.	C	C	R	I	R	A	C	I
Впровадження пілотних технологій очищення (мембранні системи, біореактори, сорбційні фільтри).	C	I	A	R	I	I	I	I
Проведення комплексних вимірювань складу стічних вод та лабораторний аналіз.	R	C	I	C	A	I	I	I
Оцінка економічного та екологічного ефекту від впроваджених технологій.	A	R	C	I	R	I	R	C
Підготовка фінального звіту та передача рекомендацій керівництву	A	R	I	C	R	I	I	I

План взаємодії зі стейкхолдерами у вигляді матриці стейкхолдерів з врахуванням їх специфіки в урбо-індустріальному комплексі

Опис стейкхолдерів	Тип впливу	Зобов'язання	Керівництво та план взаємодії
Група А (Accountable): Головний інженер-еколог підприємства, Фінансова служба	Потреба - ефективне використання бюджету та дотримання нормативів скиду господарсько побутових стічних вод. Страх: перевищення нормативів ГДС, штрафні санкції, нецільове використання коштів	Поточний рівень підтримки/залучення: Високий. Несуть відповідальність за фінансування проєкту та оцінку його екологічної й економічної ефективності.	Мета: фінансове та екологічне схвалення проєкту з удосконалення системи очищення стічних вод.
Стейкхолдер: керівник проєкту, головний інженер-еколог	Основні очікування/переваги: Юридична та екологічна безпека, зниження витрат на еко-платежі.	Бажаний рівень підтримки/залучення: лідерство, постійний контроль екологічних ризиків та результатів очищення.	Методи взаємодії: щомісячні екологічні та фінансові звіти, участь у технічних нарадах, погодження змін у регламентах очищення.
Група В (Влада в цеху): Начальник доменного цеху, Відділ закупівель	Опис потреб, болі, страхів: Потреба: безперебійна робота доменного цеху та інфраструктури. Страх: зупинка виробничих процесів, затримка постачання обладнання або реагентів.	Поточний рівень підтримки/залучення: Середній. Начальник цеху несе Відповідальні за впровадження змін; Відділ закупівель несе відповідальність за обладнання.	Мета: забезпечення безперервності виробництва та доступу до необхідних ресурсів для очищення стічних вод.
Стейкхолдер: Начальник доменного цеху	Підвищення ефективності роботи допоміжної інфраструктури, мінімізація аварійних ситуацій, стабільна робота очисних споруд.	Бажаний рівень підтримки/залучення: активне сприяння впровадженню пілотних змін.	Методи взаємодії: офіційні розпорядження, погодження графіків робіт, інструктаж персоналу щодо нових режимів очищення.
Група С: (Виконавці/Консультанти): Керівник проєкту/Керівник відділу моніторингу та аналітики, Інженер-технолог цеху, Відділ охорони навколишнього середовища / Лабораторія	Опис потреб, болі, страхів: Потреба: Точні дані, працююче обладнання. Страх: Помилки у вимірюваннях, невідповідність методології.	Поточний рівень підтримки/залучення: Високий. Несуть відповідальність за більшість робіт, відповідають за фінальний звіт/аналіз.	Мета: якісне виконання науково дослідних робіт та формування обґрунтованих рекомендацій.
Стейкхолдер: Керівник проєкту	Основні очікування/переваги: Успішне завершення дослідження, впровадження рекомендацій, професійне визнання.	Бажаний рівень підтримки/залучення: Активна участь, надання експертних консультацій.	Методи взаємодії: щоденні та щотижневі робочі наради, спільний аналіз результатів моніторингу..
Група D: Юридичний відділ	Опис потреб, болі, страхів: Потреба: Легальність дій. Страх: Порушення екологічного законодавства при зміні регламентів.	Поточний рівень підтримки/залучення: Низький. Залучаються переважно на завершальних етапах.	Мета: юридичний супровід та мінімізація правових ризиків.
Стейкхолдер: Юридичний відділ	Основні очікування/переваги: Відсутність юридичних ризиків.	Бажаний рівень підтримки/залучення: Консультації щодо оформлення дозвільної документації.	Методи взаємодії: Надання фінальних рекомендацій та узгодження змін у дозвільній документації (за потреби).

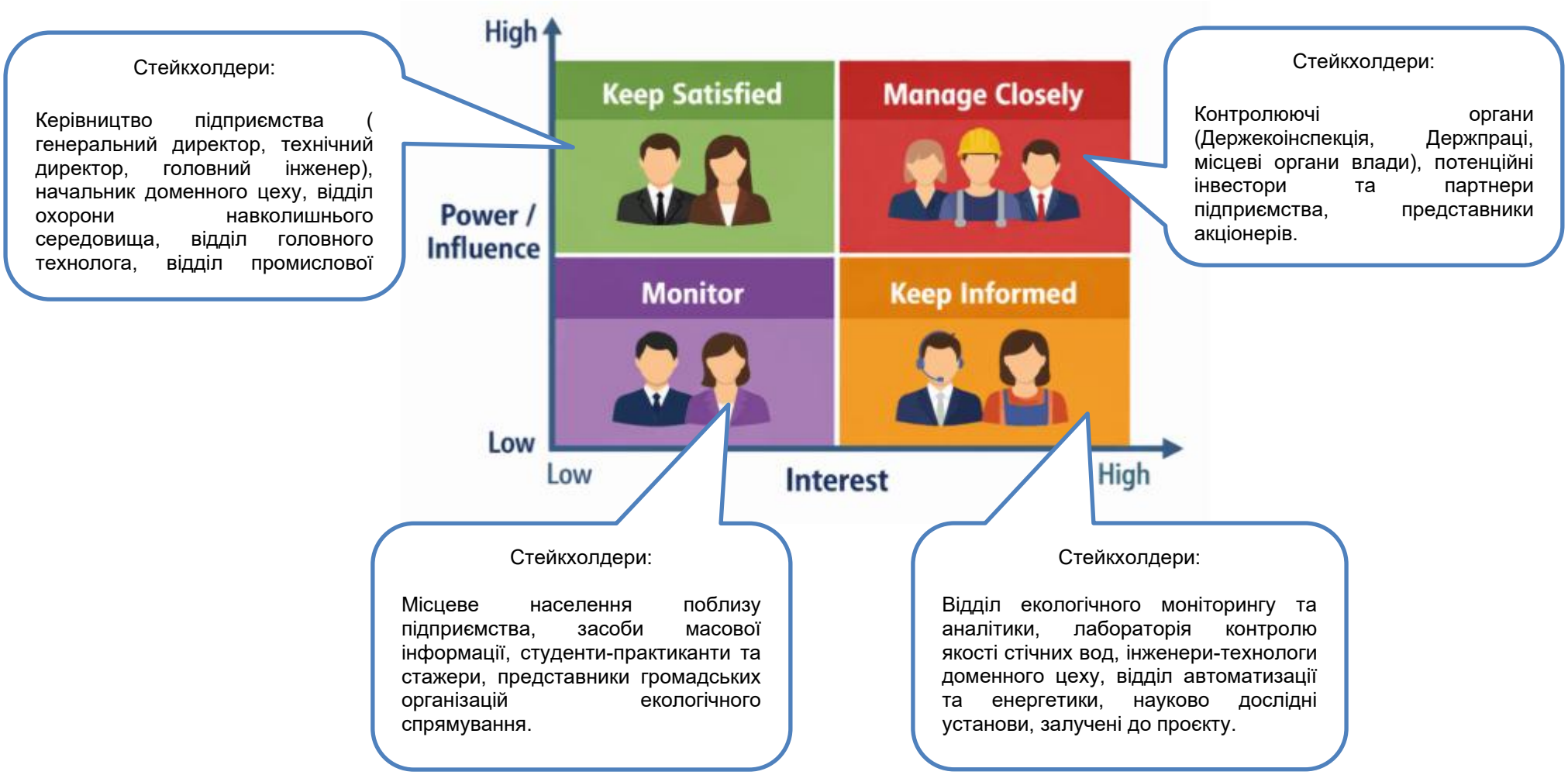


Рисунок 5.1 – Пріоритерізація стейкхолдерів проєкту [25]

ВИСНОВОК

У кваліфікаційній роботі поставлена і вирішена актуальна науково-практична задача, що полягає в обґрунтуванні та розробці ефективного комплексу локальних очисних споруд для очищення господарсько-побутових стічних вод доменного виробництва продуктивністю 700 м^3/добу.

На основі результатів проведеної роботи зроблені наступні висновки.

1. За результатами аналітичного огляду інформаційних джерел виявлено, що ефективне очищення стічних вод досягається шляхом поєднання біологічного очищення та доочищення з повторним використанням води.
2. Виявлено, що на металургійних підприємствах найбільша кількість шкідливих домішок утворюється у процесах доменного виробництва та характеризується підвищеним вмістом завислих речовин і органічних забруднень.
3. На підставі аналізу масових потоків і водоспоживання встановлено, що доменне виробництво належить до водоємних із нерівномірним режимом водовідведення.
4. Обґрунтовано застосування усереднювача витрат для стабілізації гідравлічного навантаження.
5. Встановлено ефективність біологічного очищення (до 95 %) із використанням аеротенка та вторинного відстійника.
6. Доведено доцільність доочищення (піщані фільтри та знезараження) для досягнення високої якості очищеної води.
7. Запропоновано замкнутий цикл водокористування: весь обсяг очищеної води (700 м³/добу) повертається у виробництво, що дозволяє скоротити забір свіжої води на 255 тис. м³/рік та запобігти забрудненню р. Дніпро.

Таким чином, запропонована технологічна схема є ефективною, надійною, економічно обґрунтованою та відповідає сучасним вимогам екологічної безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» (Виробнича внутрішня документація) (дата звернення 27.06.2026).

2. ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» : веб-сайт. URL: https://ks.metinvestholding.com/ (дата звернення 27.04.2026).

3. Доменна піч: що це таке та принцип роботи - Метінвест-СМЦ. URL: https://metinvest-smc.com/ua/articles/domennaya-pech-chto-eto-takoe-i-kak-ona-rabotaet/?srsltid=AfmBOooiK51nghAMy1Ezqw-0t1tACmCGNyLKobj5dfjBm1SN-6KoyDED (дата звернення 27.04.2026).

4. «Про затвердження Переліку виробництв, цехів, професій і посад із шкідливими умовами праці, робота в яких дає право на скорочену тривалість робочого тижня» від 21.02.2001 № 163. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/163-2001-%D0%BF#Text (дата звернення 28.04.2026).

5. Технологічні схеми очищення газів та стічних вод ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ». (Виробнича внутрішня документація) (дата звернення 27.04.2026).

6. Господарсько-побутові стічні води адміністративно-побутового корпусу. (Виробнича внутрішня документація) (дата звернення 27.04.2026).

7. Таварткіладзе І. М. Водовідведення системи промислових підприємств. Методичні вказівки до курсового проєкту. КНУБА, 2004, 48 с. (дата звернення 28.04.2026).

8. Очищення господарсько-побутових стічних вод — Біотек Інжиніринг. URL: https://bte.org.ua/produkcziya/ochishhennya-gospodarcho-pobutovih-stichn/ (дата звернення 28.04.2026).

9. Первинні відстійники. Конструктивні типи відстійників. URL: https://studfile.net/preview/12757162/page:13/ (дата звернення: 28.04.2026).

10. Стічні води ПРАТ КАМЕТ-СТАЛЬ. (Виробнича внутрішня документація) (дата звернення: 29.04.2026).

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

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

13. Методи використання очищених господарсько-побутових стічних вод. (Виробнича внутрішня документація) (дата звернення: 30.04.2026).

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

15. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проєктування. Зі Зміною № 1. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=54057 (дата звернення 29.10.2025).

16. «Про затвердження Державних санітарних норм та правил "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" від 12.05.2010 № 400. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text (дата звернення 03.05.2026).

17. Аеротенки. URL: https://studfile.net/preview/9832217/page:20/ (дата звернення: 01.05.2025).

18. Вторинні відстійники. URL: https://studfile.net/preview/5725866/page:15/ (дата звернення: 01.05.2026).

19. Аеротенки. URL: https://studfile.net/preview/9832217/page:20/ (дата звернення: 03.05.2026).

20. Очисні споруди BioTech system - біологічна очиска стоків. URL:

https://ekobil.net.ua/ochisni-sporudi-biologichna-ochistka-stichnikh-vod/ (дата звернення: 03.05.2026).

21. Первинні відстійники. Конструктивні типи відстійників. URL: https://studfile.net/preview/12757162/page:13/ (дата звернення: 05.05.2026).

22. Контактний резервуар. URL: https://studfile.net/preview/5725866/page:27/ (дата звернення: 07.05.2026).

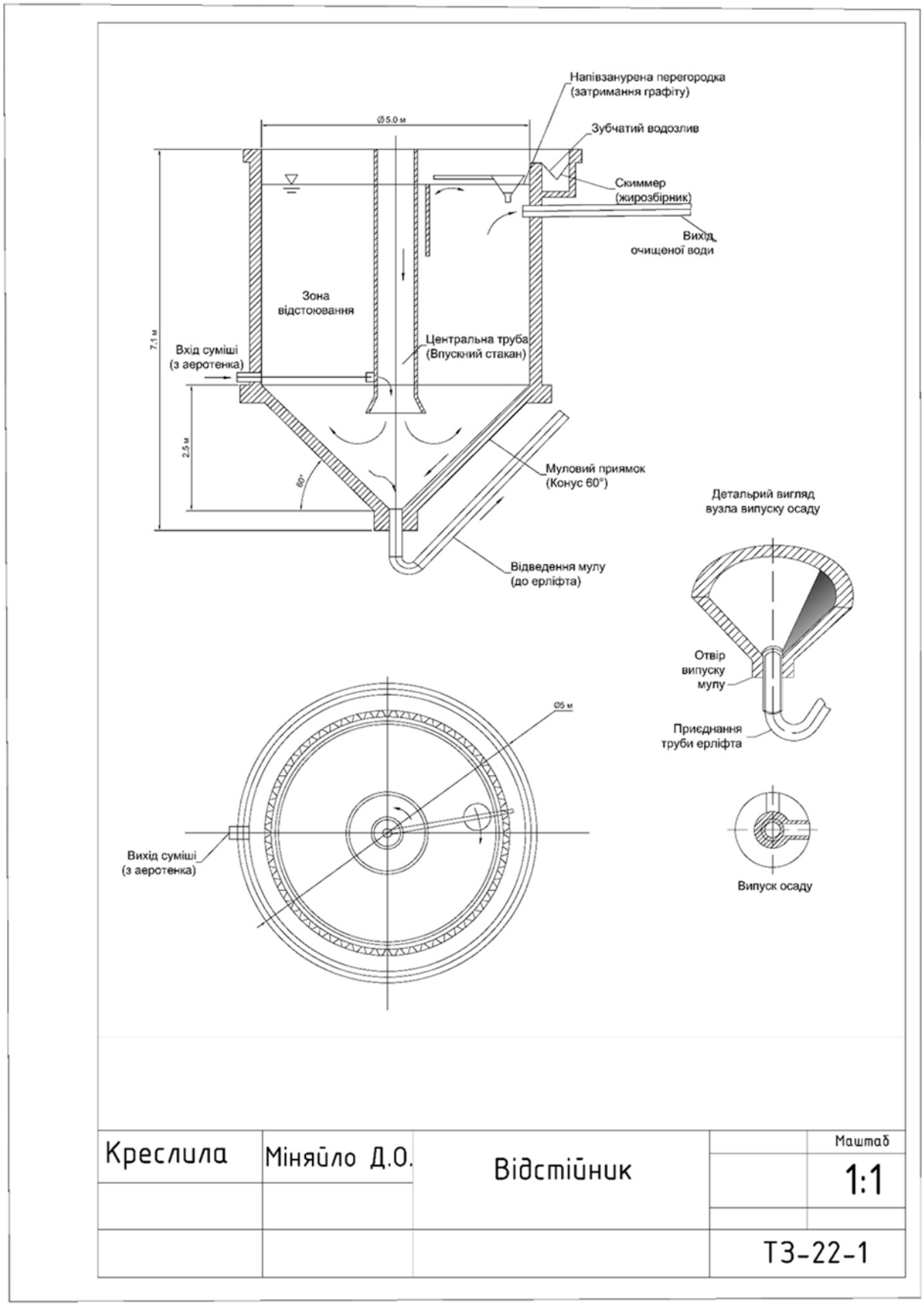
23. Навчально-методичний комплекс дисципліни «Економіка та управління природоохоронною діяльністю та еколого-економічний аналіз». Електронна система дистанційного навчання MOODLE ТОВ ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА». URL: https://learning.mipolytech.education/mc/index.php/usr/login/login (дата звернення: 07.05.2026).

24. Програмне забезпечення RAMUS. URL: http://ramussoft.co.cc (дата звернення: 07.05.2026).

25. Stakeholder Mapping Explained: Tools, Maps, and Examples. URL:Stakeholder Mapping Explained: Tools, Maps, and Examples (дата звернення: 07.05.2026).

26. Вірич С.О., Міняйло Д.О. Забезпечення точності обліку агресивних стоків за допомогою лотків Паршаля та алгоритмів компенсації похибок. *Глобальні виклики та інновації: шляхи розвитку сучасної науки: збірник наукових праць з матеріаламиVМіжнародної наукової конференції,м.Одеса, 16січня, 2026р. / Міжнародний центр наукових досліджень. Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОС Груп, 2026*, с. 349–355. https://doi.org/10.62731/mcnd-16.01.2026.006

ДОДАТОК А



Креслила	Міняйло Д.О.	Відстійник	Масштаб 1:1
			ТЗ-22-1

ДОДАТОК Б

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: Міняйло Дарина

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

ДОДАТОК В

Публікації

1. Вірич С.О., Міняйло Д.О. Забезпечення точності обліку агресивних стоків за допомогою лотків Паршаля та алгоритмів компенсації похибок. *Глобальні виклики та інновації: шляхи розвитку сучасної науки: збірник наукових праць з матеріалами V Міжнародної наукової конференції, м.Одеса, 16 січня 2026р. / Міжнародний центр наукових досліджень. Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОС Груп, 2026*, с. 349–355. https://doi.org/10.62731/mcnd-16.01.2026.006

Продовження дод.В

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

З МАТЕРІАЛАМИ V МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

16 СІЧНЯ 2026 РІК

М. ОДЕСА, УКРАЇНА

**«ГЛОБАЛЬНІ ВИКЛИКИ ТА ІННОВАЦІЇ:
ШЛЯХИ РОЗВИТКУ СУЧАСНОЇ НАУКИ»**

Продовження дод.В

ЗБІРНИК НАУКОВИХ
ПРАЦЬ З МАТЕРІАЛАМИ
V МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

ГЛОБАЛЬНІ ВИКЛИКИ ТА ІННОВАЦІЇ: ШЛЯХИ РОЗВИТКУ СУЧАСНОЇ НАУКИ

16 січня 2026 рік
м. Одеса, Україна

Вінниця, Україна
«UKRLOGOS Group»
2026

Продовження дод.В

УДК 082:001
Г 52

Організація, від імені якої випущено видання:
ГО «Міжнародний центр наукових досліджень»
Номер запису організації в Єдиному реєстрі громадських об'єднань: 1499141.

Голова оргкомітету: Сотник С.Г.

Верстка: Білоус Т.В.
Дизайн: Бондаренко І.В.

Рекомендовано до видання Вченою Радою Інституту науково-технічної інтеграції та співпраці. Протокол № 1 від 15.01.2026 року.

*Конференцію зареєстровано Державною науковою установою у сфері управління Міністерства освіти і науки «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації» в базі даних науково-технічних заходів України на поточний рік та бюлетені «План проведення наукових, науково-технічних заходів в Україні» (**Посвідчення № 506 від 10.06.2025**).*

*Збірник наукових праць з матеріалами конференції видано офіційно суб'єктом видавничої справи зі **Свідоцтвом ДК № 7860 від 22.06.2023**.*

Матеріали конференції знаходяться у відкритому доступі на умовах ліцензії Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (CC BY-SA 4.0).

Г 52 **Глобальні виклики та інновації: шляхи розвитку сучасної науки**: збірник наукових праць з матеріалами V Міжнародної наукової конференції, м. Одеса, 16 січня, 2026 р. / Міжнародний центр наукових досліджень. — Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОС Груп, 2026. — 716 с.

ISBN 978-617-8582-12-8
DOI 10.62731/mcnd-16.01.2026

Викладено матеріали учасників V Міжнародної наукової конференції «Глобальні виклики та інновації: шляхи розвитку сучасної науки», яка відбулася 16 січня 2026 року у місті Одеса.

УДК 082:001

© Колектив учасників конференції, 2026
© ГО «Міжнародний центр наукових досліджень», 2026
© ТОВ «УКРЛОГОС Груп», 2026

ISBN 978-617-8582-12-8

Продовження дод.В

СЕКЦІЯ XIV.
АТОМАТИЗАЦІЯ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

IMPROVING APPROACHES TO TEMPERATURE CONTROL OF RAILWAY AUTOMATION ELEMENTS
Panchenko Ye.V. **340**

СЕКЦІЯ XV.
ЕЛЕКТРОНІКА ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВОДНОЇ ВІДМИВКИ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ
Часник Д.В. **342**

СЕКЦІЯ XVI.
ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕНЕРГЕТИЧНЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

БЕЗПЕЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЦЕХОВИХ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК: ДЕЯКІ ПИТАННЯ ВИКОРИСТАННЯ РУЧНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН ТА ПЕРЕНОСНИХ СВІТИЛЬНИКІВ
Попов В.В. **346**

СЕКЦІЯ XVII.
ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБЛІКУ АГРЕСИВНИХ СТОКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛОТКІВ ПАРШАЛЯ ТА АЛГОРИТМІВ КОМПЕНСАЦІЇ ПОХИБОК
Вірич С.О., Міняйло Д.О. **349**

СЕКЦІЯ XVIII.
КОМП'ЮТЕРНА ТА ПРОГРАМНА ІНЖЕНЕРІЯ

ВИКОРИСТАННЯ N8N ДЛЯ LOW-CODE РОЗРОБКИ СЕРВЕРНОГО ДОДАТКУ
Самойленко Д.О. **356**

ІНТЕГРАЦІЯ ОХОРОННОЇ СИСТЕМИ AJAX У АРХІТЕКТУРУ «РОЗУМНОГО БУДИНКУ» З ВИКОРИСТАННЯМ IOT-ТЕХНОЛОГІЙ
Антошин О.О., Волохін В.В. **359**

ПОЄДНАННЯ ЗГОРТКОВИХ МЕРЕЖ, МЕХАНІЗМІВ УВАГИ ТА МОРФОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ У ЗАДАЧІ ВИЯВЛЕННЯ ІШЕМІЧНОЇ ХВОРОБИ СЕРЦЯ ЗА РЕНТГЕНІВСЬКИМИ ЗНІМКАМИ
Соломатін В.А., Байбуз О.Г. **363**

Продовження дод.В

СЕКЦІЯ XVII. ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

DOI 10.62731/mcnd-16.01.2026.006

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБЛІКУ АГРЕСИВНИХ СТОКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛОТКІВ ПАРШАЛЯ ТА АЛГОРИТМІВ КОМПЕНСАЦІЇ ПОХИБОК

Вірич Світлана Олександрівна
ORCID ID: 0000-0003-4734-345
канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедри безпеки праці та охорони довкілля
ТОВ Технічний університет «Метінвест Політехніка» , Україна

Міняйло Дарина Олегівна
бакалавр кафедри прикладної механіки
ТОВ Технічний університет «Метінвест Політехніка» , Україна

Анотація. *Стаття присвячена дослідженню аспектів впровадження та експлуатації лотків Паршаля як високоефективних засобів обліку водних ресурсів у металургійній промисловості. Розглянуто гідродинамічні переваги пристроїв вентурієвого типу в умовах інтенсивного забруднення стоків шламами та окалиною. Особливу увагу приділено розробці інтелектуального алгоритму компенсації метрологічних похибок, що виникають через екстремальні умови експлуатації: температурну стратифікацію, термічне розширення конструкцій та ефекти затоплення. Доведено, що інтеграція математичних моделей у системи АСУ ТП дозволяє забезпечити високу точність вимірювань (клас 1,0–1,5) та сприяє цифровій трансформації екологічного моніторингу підприємств.*

Еволюція технологічних процесів у сучасній металургійній промисловості нерозривно пов'язана з інтенсифікацією водоспоживання та необхідністю впровадження прецизійних методів моніторингу водних потоків. В умовах глобальної цифровізації виробництва та посилення екологічних стандартів, проблема точного обліку технічної та стічної

Продовження дод.В

води у відкритих деривaційних каналах набуває статусу стратегічного інженерного завдання. Саме тут лоток Паршаля, як специфічна форма звужуючого пристрою вентурієвого типу, демонструє свою виняткову ефективність, інтегруючи в собі фундаментальні закони класичної гідравліки та вимоги сучасної промислової експлуатації. Гідродинамічна концепція даного пристрою ґрунтується на примусовому переведенні потоку з докритичного стану в надкритичний, що досягається за допомогою геометричної модифікації русла, а саме поєднання горизонтального конфузора, похилої горловини та дифузора. Таке конструктивне рішення дозволяє мінімізувати вплив підпору з боку нижнього б'єфу, забезпечуючи стабільну однозначну залежність між рівнем вільної поверхні рідини у вхідній секції та об'ємною витратою.

В контексті металургійного виробництва, де стічні води характеризуються високою концентрацією зважених часток, окалини, шламів та агресивних хімічних агентів, використання традиційних занурюваних витратомірів або тонкостінних водозливів часто призводить до фатальних похибок через абразивний знос або інтенсивну седиментацію наносів. Лоток Паршаля позбавлений цих недоліків завдяки ефекту самоочищення: висока кінетична енергія потоку в горловині перешкоджає відкладенню твердих фаз, що гарантує стабільність калібрувальної характеристики протягом тривалого періоду без необхідності механічного втручання. Математична модель, що описує функціонування даного пристрою, базується на емпірично встановлених коефіцієнтах, де витрата Q визначається через напори H_a у строго визначеній точці конфузора за формулою $Q = C \cdot H_a^n$. Для металургійних підприємств, де діапазон витрат може варіюватися від одиниць до тисяч кубічних метрів на годину, критично важливим є правильний підбір ширини горловини, оскільки це безпосередньо впливає на чутливість системи в періоди мінімального навантаження та пропускну здатність під час пікових скидів.

Застосування лотків Паршаля в схемах оборотного водопостачання прокатних цехів дозволяє здійснювати оперативний контроль балансу води, що є ключовим фактором енергоефективності насосних станцій. Впровадження таких вузлів обліку в системи водопідготовки конвертерних та доменних виробництв забезпечує точне дозування коагулянтів та флокулянтів, оскільки автоматизована система управління отримує достовірні дані про фактичний об'єм стіків, що

Продовження дод.В

надходять на очисні споруди. Крім того, лотки Паршаля стають ідеальним майданчиком для інтеграції безконтактних методів вимірювання рівня, зокрема ультразвукових та радарних сенсорів. Такий симбіоз гідравлічного профілю та мікропроцесорної техніки дозволяє виключити контакт вимірювальних елементів з агресивним середовищем, підвищуючи надійність всього комплексу АСУ ТП. В умовах металургійного виробництва, де електромагнітні завади та висока вологість є нормою, цифрові контролери, що працюють з лотками Паршаля, забезпечують фільтрацію шумів та математичну обробку сигналу в реальному часі, транслюючи дані на рівень MES-систем підприємства.

Продовжуючи поглиблений аналіз імплементації вимірювальних систем у складні гідротехнічні вузли металургійних об'єктів, необхідно деталізувати математичний апарат та специфічні розрахункові параметри, які визначають метрологічну надійність лотків Паршаля. В інженерній практиці металургійного водовідведення вибір конкретного типорозміру лотка диктується не лише максимальним дебітом стічних вод, а й реологічними характеристиками середовища. Гідравлічна стабільність пристрою описується фундаментальним рівнянням $Q = C \cdot H_a^n$, де коефіцієнт C та показник ступеня n є функціями ширини горловини W. Наприклад, для середніх за масштабом металургійних комплексів, де ширина горловини становить 1 фут (304,8 мм), константи набувають значень C = 0,690 та n = 1,522. Проте при роботі зі шламовими водами доменних печей, де щільність потоку може суттєво відрізнятися від чистої технічної води через високий вміст твердих зважених речовин, необхідно вводити поправочні коефіцієнти на в'язкість та кінематичну енергію потоку, щоб нівелювати вплив зміни епюри швидкостей у конфузорній секції.

Окремої уваги заслуговує питання переходу від вільного потоку до стану затоплення, що є критичним фактором для самопливних систем металургійних заводів зі складною топологією каналів. Коефіцієнт затопленняS_t , що визначається як відношення рівня у дифузорі H_b до рівня у конфузорі H_a ($S_t = H_b/H_a$, не повинен перевищувати 0,6 для малих лотків та 0,7–0,8 для великих конструкцій. У разі перевищення цих значень виникає ефект підпору, що потребує введення додаткового коригуючого множника Q_c у розрахункову модель. Для агресивних стоків травильних відділень, де рівень pH може коливатися в межах 1–3, вибір

матеріалу лотка стає визначальним фактором довговічності. Використання високолегованих сталей типу AISI 316L або спеціалізованих композитів на основі вінілефірних смол дозволяє уникнути деградації геометрії горловини — найменша зміна якої на кілька міліметрів призводить до нелінійного зростання похибки вимірювання, що є неприпустимим для систем автоматичного дозування нейтралізуючих реагентів.

Розглядаючи технологічну схему очищення стічних вод конвертерного виробництва, де спостерігається висока динаміка зміни витрат під час циклів плавки, лоток Паршаля демонструє переваги за рахунок широкого діапазону вимірювань (співвідношення до 1:50). Це дозволяє використовувати один і той самий вузол обліку як для фіксації мінімальних дренажних стоків у режимі очікування, так і для пікових навантажень при промивці газоочисних установок. Математичне моделювання таких перехідних режимів потребує врахування інерційності датчиків рівня. При використанні ультразвукових сенсорів похибка може виникати через температурну стратифікацію повітря над водною поверхнею або наявність пари, що часто супроводжує гарячі стоки прокатного виробництва. У таких випадках академічно обґрунтованим є застосування радарних витратомірів частотного діапазону 80 ГГц, які забезпечують фокусований промінь та ігнорують конденсат, зберігаючи точність визначення H_a на рівні ± 1 мм.

У контексті великих шламонакопичувачів, де об'єм водовідведення може сягати 5000-10000 м³/год, застосовуються лотки з шириною горловини понад 2–3 метри. Для таких масштабів розрахунок витрати ускладняються необхідністю врахування шорсткості стінок каналу та потенційного утворення донних відкладень перед вхідним порогом. Експериментальні дані показують, що навіть незначне замулення підвідного каналу змінює ламінарний характер потоку на вході, створюючи додаткову турбулентність, яка деформує профіль вільної поверхні у точці вимірювання. Тому в інтелектуальних системах моніторингу водних ресурсів сучасного металургійного підприємства лоток Паршаля інтегрується з алгоритмами предикативної аналітики. Це дозволяє системі самостійно ідентифікувати аномалії в показаннях, порівнюючи фактичну криву витрати з еталонною гідравлічною моделлю, та сигналізувати про необхідність технічного обслуговування або промивки каналу. Таким чином, перехід від простих засобів

вимірювання до складних гідроаналітичних комплексів на базі лотків Паршаля є невід'ємною частиною цифрової трансформації металургії, що забезпечує як технологічну стабільність, так і жорсткий контроль екологічного навантаження на регіон.

Розробка та імплементація алгоритму компенсації похибок при експлуатації лотків Паршаля в екстремальних умовах металургійного виробництва є вінцем інженерного забезпечення точності обліку водних ресурсів. У середовищі, де температура стоків може сягати значних величин, а повітря над відкритою поверхнею каналу насичене парою та аерозолями, стандартні метрологічні підходи виявляються недостатніми. Комплексний алгоритм компенсації повинен базуватися на багаторівневому аналізі фізичних факторів, що впливають як на інструментальну похибку сенсорів, так і на гідродинамічні властивості самого потоку.

Першим і найбільш критичним етапом алгоритму є термодинамічна корекція швидкості звуку (при використанні ультразвукових датчиків рівня). Оскільки швидкість поширення ультразвукової хвилі в повітрі є функцією температури, будь-яка градієнтна зміна температурного поля в шахті вимірювання призводить до лінійного спотворення результату визначення рівня H_a Алгоритм передбачає безперервне зчитування значень з датчиків температури (PT100/PT1000), інтегрованих безпосередньо в корпус сенсора або розміщених у зоні вимірювального створу. Математична корекція здійснюється за формулою залежності швидкості звуку $c \approx 331{,}3 + 0{,}606 \cdot T$, де T— температура повітряного середовища. Втім, для гарячих стоків металургійних цехів алгоритм має включати також компенсацію вологості, оскільки парціальний тиск водяної пари змінює густину повітряної суміші, що додає вторинну похибку в межах 0,5–1,2%.

Другий рівень алгоритму фокусується на геометричній компенсації термічного розширення корпусу лотка. Для пристроїв, виготовлених із нержавіючих сталей (наприклад, AISI 316), коефіцієнт лінійного розширення αскладає приблизно $16 \cdot 10^{-6}$ K^{-1}. При транспортуванні стоків з температурою 70-80°C ширина горловини W може збільшуватися на величину, яка при експоненціальній залежності витрати від рівня призводить до систематичного завищення показників. Алгоритм в реальному часі перераховує константу C у рівнянні $Q = C \cdot H_a^n$, адаптуючи її до фактичної геометрії лотка при поточній температурі конструкції. Це

особливо важливо для прецизійного обліку в системах оборотного водопостачання, де навіть незначна девіація параметрів веде до розбалансування енергетичних показників підприємства.

Третім, найбільш складним модулем, є гідравлічна корекція коефіцієнта затоплення. У реальних умовах експлуатації металургійних мереж часто виникають ситуації підпору в нижньому б'єфі (через засмічення відвідних колекторів або підйом рівня в приймальних резервуарах). Алгоритм компенсації в цьому випадку базується на двоточковому вимірюванні рівня — H_a (у конфузорі) та H_b (у горловині або дифузорі). При досягненні критичного відношення $S_t = H_b/H_a$ (зазвичай 0,6–0,7), алгоритм автоматично переходить від формули вільного потоку до розрахунку зануреного потоку, віднімаючи від теоретичної витрати величину Q_{cor}, що обчислюється на основі емпіричних кривих затоплення для конкретного типорозміру лотка.

Четвертий сегмент алгоритму відповідає за реологічну адаптацію до не-ньютонівських рідин. Шламові води доменних та конвертерних цехів часто поводяться як суспензії з високою в'язкістю. У таких умовах товщина пристінкового шару та характер течії у горловині відхиляються від ідеальних параметрів. Алгоритм вводить інтелектуальний коефіцієнт динамічної в'язкості, який корелюється з даними про щільність стоків (якщо вони доступні в системі АСУ ТП). Крім того, на цьому етапі реалізується цифрова фільтрація сигналу, що дозволяє відсікти «шуми» від поверхневих хвиль та випадкових сплесків, характерних для турбулентних потоків у металургійних деріваційних каналах.

Завершальним етапом алгоритму є діагностична верифікація достовірності даних. Система порівнює поточний гідравлічний профіль з еталонним цифровим двійником лотка. Будь-яке стійке відхилення швидкості зростання рівня від розрахункової динаміки ідентифікується як потенційне засмічення горловини або обростання стінок лотка осадженнями (карбонатами чи оксидами). У такому разі алгоритм не лише сигналізує про помилку, а й пропонує оператору автоматичне промивання вузла обліку (якщо передбачена система форсунок) або розраховує віртуальний об'єм витрати за непрямими параметрами насосних агрегатів.

Висновки. Таким чином, інтегрований алгоритм компенсації похибок перетворює лоток Паршаля з пасивного гідравлічного пристрою на активний аналітичний вузол, здатний підтримувати високу

метрологічну точність (клас 1,0–1,5) у найсуворіших умовах промислової експлуатації. Впровадження таких алгоритмів у логіку PLC-контролерів вищого рівня дозволяє металургійним підприємствам мінімізувати неочевидні втрати водних ресурсів та забезпечити прозорість екологічного моніторингу на рівні найкращих доступних технологій (BAT).

Список використаних джерел:

1. Chanson, H. (2004). *The hydraulics of open channel flow: An introduction* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann.
2. International Organization for Standardization. (1992). *Measurement of liquid flow in open channels — Parshall and SANIIRI flumes* (ISO Standard No. 9826:1992). https://www.iso.org/standard/17711.html
3. Константинов, Ю. М., Гіжа, О. О. (2006). Технічна гідравліка. Вища школа.Sutherland, K. (2011). *Handbook of water and wastewater treatment plant operations* (2nd ed.). CRC Press.
4. U.S. Bureau of Reclamation. (2001). *Water measurement manual: A guide to effective water measurement practices for better water management* (3rd ed.). U.S. Government Printing Office.

Продовження дод.В

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

МАТЕРІАЛИ V МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

**«ГЛОБАЛЬНІ ВИКЛИКИ ТА ІННОВАЦІЇ:
ШЛЯХИ РОЗВИТКУ СУЧАСНОЇ НАУКИ»**

16 січня 2026 року ◆ Одеса, Україна

Українською та англійською мовами

Всі матеріали пройшли оглядове рецензування
Організаційний комітет не завжди поділяє позицію авторів
За точність викладеного матеріалу відповідальність несуть автори

Підписано до друку 16.01.2026. Формат 70×100/16.
Папір офсетний. Гарнітура Cambria. Цифровий друк.
Умовно-друк. арк. 58,17. Замовлення № 26/001. Тираж 50 примірників.
Віддруковано з готового оригінал-макету.

Контактна інформація організаційного комітету:
ГО «Міжнародний центр наукових досліджень»
21037, Україна, м. Вінниця, вул. Зодчих, 40, офіс 103
Телефони: +38 098 1948380; +38 098 1526044
E-mail: info@mcnd.org.ua

Видавець: ТОВ «УКРЛОГОС Груп».
21005, Україна, м. Вінниця, вул. Зодчих, 18, офіс 81. E-mail: info@ukrlogos.in.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи: ДК № 7860 від 22.06.2023.