Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім Ю.М. Потебні

(назва факультету)

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

(перший (бакалаврський) рівень)

на тему «Розробка пропозицій з очищення стічних вод ливарного цеху від шкідливих речовин»

Виконала: студент 4 курсу, групи 6.1833-с2

Кушнір Т.О.

(ПІБ) (підпис)

спеціальності

183 Технології захисту навколишнього середовища

(шифр і назва)

освітньо-професійна програма

Технології захисту навколишнього середовища

(шифр і назва)

Керівник Вагін А.В.

(прізвище та ініціали) (підпис)

Запоріжжя – 2026 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

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

Рівень вищої освіти ____*перший бакалаврський рівень*_____

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри __*МТЕТБ*___
_____*Ю.О. Бєлоконь*__
«____» _____2026 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ) СТУДЕНТУ

_____Кушнір Тарас Олександрович _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розробка пропозицій з очищення стічних вод ливарного цеху від шкідливих речовин
керівник роботи (проєкту) Вагін Андрій Вікторович, к.ф.-м.н, доцент_____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджена наказом вищого навчального закладу від «23»12 2025 року № 1831-с

2. Строк подання студентом роботи (проєкта)____08.06.2026_____

3. Вихідні дані до роботи (проєкта) розрахункова витрата стічних вод Q = 2040 м³/год, початкова концентрація завислих речовин $C_п$ = 2900 мг/л, гідравлічна крупність часток (u_0), які необхідно видалити: не менше 0,2 мм/с, щільність завислих речовин (кварцовий пісок, окалина) $\rho_{взв}$ = 2,4 т/м³.

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

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) презентаційний матеріал, 15 слайдів

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання__06.04.2026_____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вступ	до 20.04.2026	
2	Реферат	до 24.04.2026	
3	Розділ 1	до 12.05.2026	
4	Розділ 2	до 18.05.2026	
5	Розділ 3	до 01.06.2026	
6	Висновки	до 05.06.2026	

Здобувач _____ Кушнір Т.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Реферат

Кваліфікаційна робота на тему «Розробка пропозицій з очищення стічних вод ливарного цеху від шкідливих речовин»: 70 стор., 6 табл., 3рис., 11 джерел.

ВІДКРИТИЙ ГІДРОЦИКЛОН, ЛИВАРНИЙ ЦЕХ, СТІЧНІ ВОДИ, ЗВОРОТНЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ, КОАГУЛЯЦІЯ, ОКАЛИНА, НАФТОПРОДУКТИ, ФЛОТАЦІЯ, ОХОРОНА ПРАЦІ, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА.

Об'єкт дослідження – система зворотного водопостачання та очисні споруди сталеливарних цехів ВАТ «Дніпровський стрілочний завод».

Мета роботи – розробити технічні заходи щодо підвищення ефективності очищення стічних вод для забезпечення стабільної роботи системи зворотного водопостачання підприємства.

У загальній частині кваліфікаційної роботи розглянуто технологічний процес виготовлення відливків та елементів стрілочних переводів, виявлено основні джерела утворення відходів (шлаків, відпрацьованої суміші) та забруднюючих речовин. Проаналізовано вплив виробництва на атмосферне повітря (викиди пилу, оксидів азоту, фенолу) та гідросферу.

У спеціальній частині кваліфікаційної роботи проведено порівняльний аналіз існуючих методів очищення стічних вод від нафтопродуктів та дисперсних домішок. На основі розрахунків запропоновано модернізацію системи очищення із впровадженням 15 відкритих гідроциклонів із конічною діафрагмою. Обґрунтовано використання двоступеневої схеми (сепарація в гідроциклонах та напірна флотація), що дозволяє знизити вміст завислих речовин з 10 г/л до 150–200 мг/л, забезпечуючи нормативну якість води для повторного використання в технологічному циклі.

У розділі «Охорона праці та техногенна безпека» проаналізовано основні шкідливі виробничі фактори сталеливарного цеху, зокрема підвищений рівень шуму (90 дБа), запиленість повітря та теплове випромінювання (до 32 °С). Запропоновано заходи зі зниження ризиків професійних захворювань, використання засобів індивідуального захисту та правила пожежної профілактики.

ЗМІСТ

ВСТУП 6
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА 8
1.1 Загальна характеристика та структура підприємства . . . 7
1.2 Технологія виробництва в сталеливарних цехах 11
1.3 Джерела і характеристика викидів сталеливарних цехів . . 18
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА 23
2.1 Існуючі методи очищення стічних вод 23
2.2 Запропонована схема очищення стічних вод сталеливарного цеху . 44
2.3 Фізико-хімічні основи процесу очищення та основні обладнання . 48
2.4 Розрахунок відкритого гідроциклона 49
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА 53
3.1 Основні шкідливі та небезпечні чинники сталеливарних цехів . 53
3.2 Заходи щодо зниження шкідливих та небезпечних чинників . . 56
3.3 Засоби індивідуального захисту 61
3.4 Пожежна профілактика 64
ВИСНОВКИ 68
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ 70

ВСТУП

Форма та маштаби діяльності людини повинні бути із запасами непоновлюваних природних ресурсів, отходи на підприємстві повинні попадати в навколишнє середовище у формі нешкідливих речовин для життя.

Ливарним виробництвом називається галузь машинобудування, що займається виготовлення фасонних деталей або заготовок шляхом заливки розплавленого металу у форму, порожнина якої має конфігурацію деталі.

Технологічні процеси виробництва сталі, чавуну супроводжуються утворенням великих кількостей відходів у вигляді шкідливих відходів: газів, пилу, шлаків, шламів. Вони містять різні хімічні компоненти, які забруднюють стічні води і атмосферу.

Стічні води металургійних підприємств забруднено великою кількістю твердих часток, розинених домішок, мастил. Для очищення стічних вод застосовують реагентні методи: коагуляцію, флокуляцию, осадження домішок, фільтрування, флотацію, адсорбцію, іонний обмін, зворотний осмос та ін.

Особливістю стічних вод ливарних виробництв є наявність у їх складі великої кількості нафтопродуктів та окалини. В даний час захист навколишнього середовища від нафтовмістилих стічних вод - одне з актуальних завдань. Заходи, направлені на очищення води від нафти, допоможуть зберегти певні кількості нафти і зберегти чистими повітряний і водний басейни.

Існуючі технології водоочищення на більшості підприємств є застарілими та малоефективними, тому метою кваліфікаційної роботи є розробка пропозицій з підвищення ефективності роботи системи зворотного водопостачання ливарних цехів.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Загальна характеристика та структура підприємства

Об'єктом кваліфікаційної роботи є ВАТ « Дніпропетровський стрілочний завод». Головними продуктами підприємства є елементи верхньої будови шляху: стрілочні переклади (звичайні, симетричні, криволінійні, подвійні перехресні), глухі перетини різних марок з рейок типа Р 50, Р 65, європейської рейки типа UIC 60, зрівняльні пристрої. Продукція підприємства з виробництва стрілочних переводів призначена для магістральних, приймально-відправних і гіркових колій, а також під'їзних колій промислових підприємств, гірничо-збагачувальних комбінатів та метрополітенів.

Проєктна потужність підприємства становить понад 12 000 комплектів переводів на рік.

До складу основного виробництва входять такі підрозділи: ковальсько-пресова дільниця (КПД); сталеливарний цех (СЛЦ); механозаготівельний цех (МЗЦ); механоскладальний цех (МСЦ).

До складу допоміжного виробництва входять такі підрозділи: автотранспортний цех; інструментальний цех; ремонтно-будівельний цех (РБЦ); енергосиловий цех; ремонтно-механічний цех.

На підприємстві утворюються наступні види промислових і побутових відходів: шлаки ливарного виробництва (4 клас небезпеки), які утворюються при виплавки сталі в електропечах СЛЦ № 1, 2. За технологією вони складають 7 ± 1.2 % від кількості сталі, що виплавляється. Шлаки збираються в шлаковині; відпрацьована формувальна суміш (4 клас) утворюється при вибивці форм. Тимчасово зберігаються в металевих контейнерах, потімвивозиться разом зі шлаками. Шлами очисних споруд і шлами блоків очищення стоків; лом вогнетривкої цеглини (4 клас) утворюється при

проведенні поточних і капітальних ремонтів печей; відходи деревини (4 клас) утворюється при механічній обробці пиломатеріалів.

Характеристика видів та обсягів забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу представлена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристика видів та обсягів забруднюючих речовин, які викидаються

№ з/п	Забруднююча речовина		Фактичний обсяг викидів, (т/рік)
	Код	Найменування	
1	2	3	4
1	301 04001	Свинець	0,007000
2	330 05001	Марганець	0,004000
3	333 05002	Твердые вещества	1,151575
4	334 05003	Оксиды азота	3,123000
5	322 05004	Кислота азотная	0,008800
6	703 13101	Кислота серчаная	0,017000
7	2902 03000	Вуглецю оксид	4,832000
8	317 17001	Углеводы	2,750000
9	602 11008	Хрома оксид	0,001000
10	708 11034	Железо, углеродные, спирт	0,047500
11	1071 11048	Аммиак	0,000685
12	616 11030	Ацетон	0,011000
13	621 11041	Формальдегид	0,003100
14	2418 11035	Фенол	11,021

Для очищення стоків на підприємстві функціонують: блок очисних споруд для виробничих стічних вод, що складається з відстійників та касет із поролоновим наповнювачем (6 шт.), блок очисних споруд зливових і дренажних вод, що складається з відстійника та гідроциклона.

Механоскладальний цех здійснює механічну обробку деталей із рейкового прокату, а також вуглецевого та марганцевистого литва.

Механозаготівельний цех виконує механічну обробку вістряків із вістрякового прокату, а також виготовлення містків та підкладок із смугового прокату методом холодного штампування.

Ковальсько-пресова дільниця виготовляє деталі з круглого сортового прокату та виконує випресовування кореня вістряка під профіль звичайної рейки.

Сталеливарний цех № 1. З шихтових матеріалів у цеху виплавляють сталь, з якої відливають осердя та суцільнолиті хрестовини. Надалі вони проходять механічну обробку в механоскладальному цеху.

Сталеливарний цех № 2. Із вуглецевої сталі марки 20Л у цеху відливають хрестовини, рейкові вкладиші, упірні накладки, стрілочні подушки та клеми.

Технологічний процес виготовлення деталей

Вістряки для стрілочних переводів виготовляють із вістрякових рейок шляхом багатоопераційної механічної обробки. Основні технологічні операції виконуються у такій послідовності:

Ковальсько-пресова дільниця:

1. Різання вістрякової заготовки: Операція виконується на пиловідрізному верстаті за попередньою розміткою.

2. Випресовування кореня вістряка: У процесі операції кореневу частину вістряка поступово нагрівають у печі до температури 1200–1260 °С.

3. Очищення та пресування: У камері очищення проводять обдування окалини, після чого на вертикальному гідравлічному пресі здійснюють випресовування. Перед цією операцією штампи обробляють

мастилом, яке складається з 95% охолоджувальної емульсії та 5% чорного графіту.

4. Обрізання облою: Після випресовування у штампі виконується обрізання облою (грату).

5. Термообробка: Поверхню кочення вістряка піддають термічній обробці струмами високої частоти (СВЧ) з подальшим гартуванням.

6. Фінішна операція: Остаточне гнуття заготовки в горизонтальній площині.

Виготовлення хрестовин із литим осердям:

Технологічний комплекс включає виплавку високомарганцевистої сталі для осердь і хрестовин стрілочних переводів, яка здійснюється в дугових електросталеплавильних печах з основною футеровкою.

Склад шихти: сталевий брухт (металобрухт), залізна руда, передільний чавун, високовуглецевий феромарганець, феросиліцій та чушковий алюміній. Маса сталевого брухту не перевищує 40% від загальної ваги металозавалки, а частка феромарганцю становить 18-19%.

Використання флюсів: як флюси застосовують вапно, вапняк та плавиковий шпат. Для захисту розплавленого металу від охолодження, насичення газами та навуглецювання електродами, в піч у міру розплавлення шихти вводять вапняк і бій шамоту.

Видалення шлаку: у міру розплавлення 75-85% всієї шихти під час першого періоду та 95% під час другого періоду, піч нахиляють і здійснюють скочування (випуск) шлаку. Для розрідження шлаку допускається завантаження в піч плавикового шпату та шамотного бою.

Формування та заливання: відливання осердь і литих хрестовин виконується у форми, виготовлені за моделлю осердя способом механізованого або напівмеханізованого формування. Як формувальна суміш використовується пісок напівжирної категорії (із вмістом глинистої складової 8-12%) та технічні лігносульфонати як сполучні кріпильні матеріали.

Фінішна обробка: після охолодження виконується вибивання відливків із форм та очищення їх від земельного пригару (обрубка). Далі в нагрівальних печах проводиться термічна обробка осердь із подальшим гартуванням у водному басейні, після чого відливки проходять первинну абразивну обробку.

1.2 Технологія виробництва в сталеливарних цехах

Проєктна потужність ливарних цехів становить понад 22,4 тис. тонн рідкої сталі на рік.

Ливарним виробництвом називається галузь машинобудування, що займається виготовленням фасонних деталей або заготовок шляхом заливання розплавленого металу в ливарну форму, порожнина якої відтворює конфігурацію майбутнього виробу. Після твердіння металу у формі отримують відливок (литу деталь або заготовку), який надалі піддають механічній обробці [1].

У машинах і промисловому устаткуванні близько 50% усіх деталей виготовляють саме литтям. Наприклад, масова частка литих деталей у ковадлах механічних молотів сягає 95%, у металорізальних верстатах – 80%, у текстильних машинах – 72%, а в автомобілях і тракторах – 55%.

Литтям виготовляють такі відповідальні вузли, як деталі двигунів внутрішнього згоряння (блоки циліндрів, поршні), робочі колеса насосів, лопатки газових турбін, станини верстатів тощо.

Ливарні форми найчастіше виготовляють із піщано-глинистих формувальних сумішей. Такі форми є разовими – вони служать лише один раз і повністю руйнуються під час вилучення готового відливка.

Із загального обсягу випуску відливків 75% було отримано в піщаних формах, 20% – у металевих (кокілях) і 5% – іншими спеціальними способами лиття. Литі деталі виготовляють із чавуну, сталі, а також мідних, алюмінієвих, магнієвих та інших кольорових сплавів.

Перед сучасним ливарним виробництвом стоїть завдання отримання відливків із максимальним наближенням їхньої геометричної форми та розмірів до параметрів готового виробу. Це дозволяє обмежити найбільш трудомістку операцію механічної обробки лише чистовим точінням і шліфуванням. Цього досягають шляхом впровадження спеціальних, більш точних способів лиття: у кокіль (металеві форми); під тиском; відцентрового лиття; за моделями, що виплавляються; в оболонкові форми тощо.

Відливок формується в порожнині ливарної форми, що відповідає його конфігурації. Форму виготовляють із формувальної суміші, яка складається з вогнетривких матеріалів (кварцового піску, глини, води, зв'язувальних добавок тощо). Суміш засипають у металеві рамки – опоки, де виконують відбиток моделі.

Модель відтворює конфігурацію зовнішньої поверхні відливка; її виготовляють із деревини, пластику або металу.

Ливарний стрижень служить для формування внутрішніх порожнин або наскрізних отворів відливка. Стрижні виготовляють у спеціальних стрижневих ящиках із сумішей на основі піску та швидкотвердіючих зв'язувальних речовин.

Рідкий метал заливають у простір, що утворюється між внутрішньою порожниною форми та стрижнем. Після його кристалізації та охолодження одержують готовий відливок. Для фіксації стрижня у формі використовують стрижневі знаки – виступи на моделі, які створюють у формі заглиблення, куди встановлюються опорні частини стрижня. Завдяки знакам стрижень надійно утримується і не зміщується під дією потоку рідкого металу.

Послідовність виготовлення відливка в піщаній формі.

Технологічне бюро: на основі креслення деталі інженери-технологи розробляють креслення відливка з урахуванням припусків на механічну обробку та усадку металу.

Модельний цех: за кресленням відливка виготовляють дерев'яні або металеві моделі та стрижневі ящики. Для зручності вилучення моделі з

форми їх зазвичай роблять рознімними (з двох або більше частин).

Формувальне відділення: тут здійснюється безпосереднє збирання форми. На підмодельну плиту встановлюють нижню половину моделі, накривають її опокою, засипають формувальною сумішшю та ущільнюють (пресуванням або струшуванням). Опоку повертають на 180°, зверху на заформовану частину встановлюють другу половину моделі, а також елементи ливникової системи (стояк, випори). Встановлюють верхню опоку, засипають її сумішшю та знову ущільнюють. Після цього верхню напівформу знімають, вилучають частини моделі та ливникової системи, встановлюють у гнізда сухий ливарний стрижень і знову з'єднують напівформи під заливання.

Стрижневе відділення: у стрижневих ящиках із відповідної суміші формують стрижні. Для надання їм належної міцності та газопроникності їх сушать у сушильних пічах або піддають хімічному твердінню безпосередньо в ящику.

Плавильне відділення: у спеціальних плавильних агрегатах (дугових або індукційних печах) виплавляють метал необхідного хімічного складу і заливають його через ливникову систему в зібрані ливарні форми.

Очисне (вибивне) відділення: після завершення кристалізації та охолодження металу форму руйнують на вибивних решітках і вилучають відливок. З його внутрішніх порожнин вибивають стрижні, відокремлюють (відрубують або відрізають газовим різаком) ливникову систему, очищають поверхню від залишків формувальної суміші та хімічного пригару за допомогою дробометних апаратів. За потреби відливки піддають термічній обробці (відпалу або нормалізації) для зняття внутрішніх напружень, після чого їх контролюють на відсутність дефектів і відправляють до механічного цеху або на склад [2].

У цеху № 1 здійснюється відливання хрестовин та осердь стрілочних переводів.

До складу цеху входять такі підрозділи: плавильна дільниця: оснащена дуговими сталеплавильними печами марки ДС-6Н1, де виконується виплавка

металу. Сумішоприготувальна дільниця: призначена для приготування формувальних та стрижневих сумішей. Дільниця вибивання: тут під дією вібрації з опок вилучають (вибивають) готові відливки. Формувальна дільниця: здійснює виготовлення ливарних форм. Дільниця сушіння форм і стрижнів: обладнана газовими камерними сушильними печами. Стрижневе відділення: виготовляє ливарні стрижні для формування внутрішніх порожнин у формах. Дільниця обрубування та термічної обробки: обладнана нагрівальними печами (робочий діапазон 1050-1100 ^{o}C) та водяною гартівною ванною. Очищення й обрубування відливків виконується у дробометній камері, на підвісних зачисних (заточувальних) верстатах та зварювальному посту на 100 А.

Технологія приготування формувальних і стрижневих сумішей. Приготування сумішей розпочинається на шихтовому дворі. Вологі піски із засіків подаються грейферним краном на завантажувальний майданчик сушильного барабана, а потім надходять безпосередньо в барабан. Осушений пісок системою стрічкових конвеєрів та елеватора транспортується в акумулюючі бункери, розташовані над змішувальними бігунами.

З бункера за допомогою дозаторів у чітко визначених пропорціях засипаються сухі піски та оборотна суміш. Після додавання вогнетривкої глини, технічного лігносульфонату та води суміш ретельно перемішується.

Залежно від номенклатури та конфігурації відливків у технологічному процесі застосовують кілька типів стрижневих і формувальних сумішей. До їхнього складу входять: пісок Олександрійського та Гусарівського родовищ, відпрацьована (оборотна) суміш, вогнетривка глина та лігносульфонат.

Відпрацьована суміш, вибита з форм на вибивних решітках, системою транспортерів та елеватора подається на полігональне сито для очищення від конгломератів і металевих включень, після чого надходить у бункер і через дозатор знову завантажується в бігуни. Приготована в бігунах робоча суміш випускається на конвеєрну стрічку, яка за допомогою плужкових скребків розподіляє її по робочих місцях формувальників.

Технологічний процес виплавки сталі Гадфільда (високомарганцевистої). Процес виплавки сталі в дугових печах поділяється на такі послідовні періоди: підготовка печі, завалення шихти, плавлення, окиснення (кипіння), скочування й наведення шлаку, легування та рафінування, випуск сталі.

Підготовка печі: після випуску попередньої плавки подину та укоси печі ретельно очищають металевими шкребками від залишків рідкого металу та шлаку. Подину заправляють сухою магнезитовою масою (порошком), а укоси – магнезитовим порошком на водному розчині рідкого скла. При значному зносі подини додатково задають вапно і прикривають ділянку листовим залізом. За потреби виконують поточний ремонт футеровки стін.

Завалення печі: при виплавці сталі методом окиснення на подину попередньо завантажують 1-1,5 % вапна від маси завалки. По завершенні завалення металобрухту поріг робочого вікна та випускний отвір засипають сухим магнезитовим порошком.

Період окиснення: металева частина шихти складається зі сталевого брухту. Після повного розплавлення шихти печі надають нахил у бік робочого вікна і на 90-95 % скочують первинний шлак. Для його розрідження в піч вводять суміш плавикового шпату та вапняку. Відразу після видалення шлаку задають свіже вапно, а в міру формування нового шлаку та доплавлення залишків шихти порційно вводять залізну руду та вапно.

Період кипіння («кипу»): шлак самопливом сходить через поріг завантажувального вікна. Завдяки інтенсивному кипінню вигорає (окиснюється) 0,3-0,4 % вуглецю за годину. Температура рідкого металу наприкінці окиснювального періоду має бути не нижчою за 1570 ^{o}C. Відновлювальний період та легування: Після повного видалення окиснювального шлаку наводять новий відновлювальний шлак із вапна та плавикового шпату, після чого розпочинають легування сталі високовуглецевим феромарганцем.

Метод переплавки (альтернативний): при плавці методом переплавки як металеву шихту використовують власні зворотні відходи високомарганцевистої сталі – ливники, прибутки та браковані відливки. Згідно із затвердженими технологічними нормативами, обсяг власного залізничного повернення становить 24 % від загальної маси металозавалки.

Випуск металу: до печі підводять розливний ківш, у який випускають струмінь розплавленої сталі, після чого здійснюють заливання металу в підготовлені ливарні форми.

Сталеливарний цех № 2: виробництво деталей верхньої будови колії. У цеху № 2 здійснюється відливання деталей верхньої будови колії (ВБК) з вуглецевої сталі.

До складу цеху входять такі підрозділи: плавильна дільниця; формувально-заливально-вибивна дільниця; стрижнева дільниця; сумішоприготувальна дільниця; термообрубна дільниця.

Допоміжні служби та об'єкти: дільниця підготовки шихти, дільниця ремонту ковшів, дільниця підготовки формувальних матеріалів, дільниця підготовки виробництва, цехові ремонтні служби механіка та енергетика, склад шихти і формувальних матеріалів, склад моделей і стрижневих ящиків, склад готової продукції.

Технологічний потік цеху № 2. Виплавка: на плавильній дільниці в електродугових печах ДС-6Н1 виплавляють вуглецеву сталь. При цьому утворюються ливарні шлаки в кількості 8-10 % від маси рідкої сталі.

Формування та заливання: готову формувальну суміш стрічковими конвеєрами транспортують у бункери-відстійники, звідки вона надходить на автоматичні формувальні лінії для виготовлення форм в опоках. Рідку сталь заливають у зібрані ливарні форми, які автоматичним конвеєром переміщуються до вибивної дільниці.

Вибивання та регенерація: вибивання відливків із форм виконується на інерційних вибивних решітках. Відпрацьована формувальна суміш

стрічковим конвеєром повертається на сумішоприготувальну дільницю для повторного використання.

Для приготування робочих сумішей використовують: оборотну суміш (75 %), свіжий кварцовий пісок марки 1К02 (5-10 %), глинисту суспензію (4-5 %), зв'язувальні добавки та воду для досягнення нормативної вологості.

Фінішна обробка: відливки пластинчастим конвеєром транспортуються на термообрубну дільницю. У галтувальних барабанах від них відокремлюється ливникова система. Далі деталі проходять термічну обробку в термічному відділенні, після чого надходять у дробометний барабан для повного очищення поверхонь від хімічного припіку (залишків формувального піску). Очищений припік збирають, а відливки піддають додатковому зачищенню, обрубуванню та заварюванню дрібних дефектів лиття.

Готові відливки відправляють на склад, звідки вони надходять у механоскладальний цех для остаточного збирання стрілочних переводів.

Сировинна база підприємства. Для забезпечення виробничої діяльності підприємство використовує матеріали, які поділяються на основні та допоміжні.

Основні матеріали: безпосередньо витрачаються на виготовлення продукції та входять до чистової ваги комплектів стрілочних переводів і хрестовин (прокат, литво).

Допоміжні матеріали: не входять до фізичної маси готового виробу, але використовуються для забезпечення, обслуговування та супроводу технологічних процесів (флюси, формування, мастила, електроди).

На рис. 1.1 наведено технологічну схему виготовлення виливків.

Основні види сировини та прокату чорних і кольорових металів: сталь листова вуглецева, низьколегована та легована; прокат товстолистовий і широкосмуговий універсальний із вуглецевої сталі загального призначення; сталь вуглецева та легована листова гарячекатана й холоднокатана; фасонний прокат (швелери, двотаври, кутники, круглий прокат тощо); труби зі сталей

марок: 20, 15ГС, 16ГС, 12Х1МФ, 12Х2МФСР, 12Х11В2МФ, 12Х18Н12Т, 12Х18Н10Т, 12Х18Н9Т; зварювальні електроди.

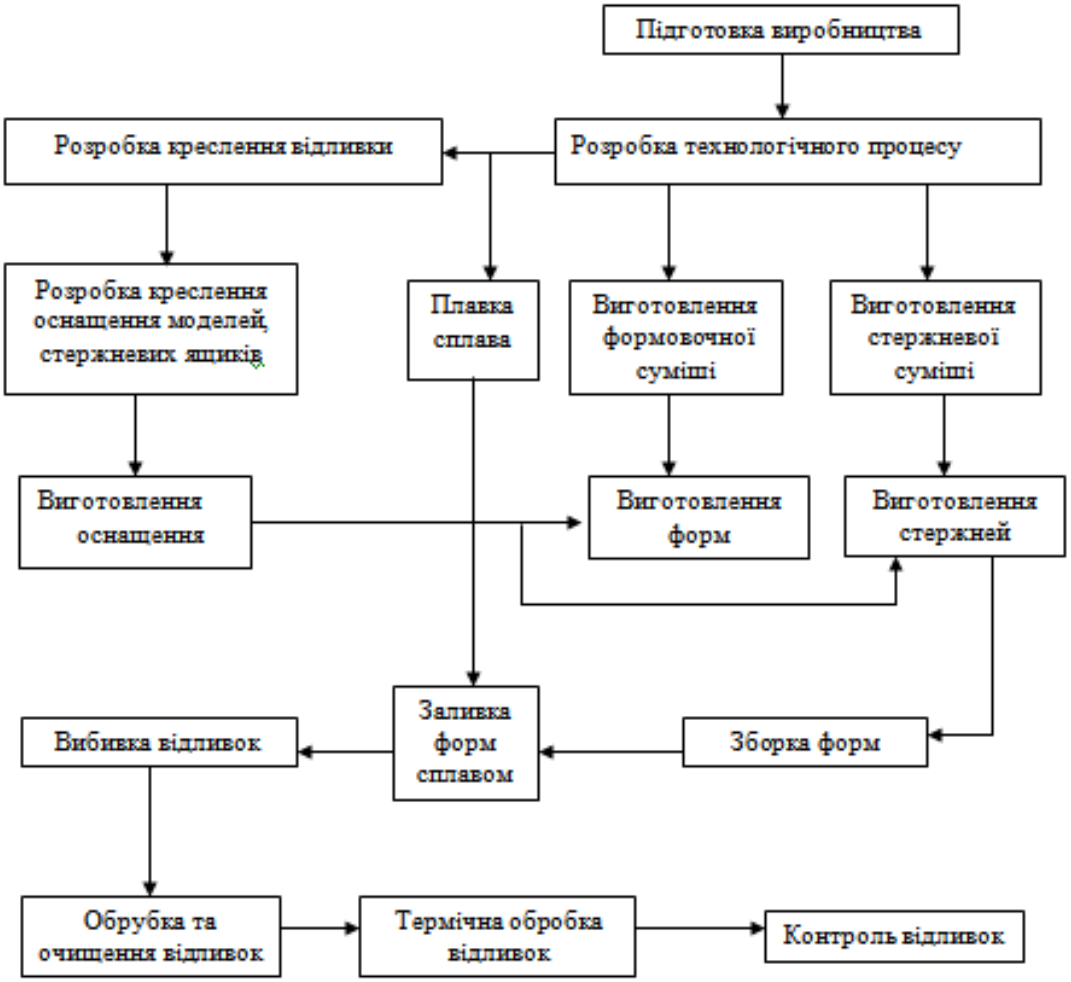


Рисунок 1.1 – Схема технологічного виготовлення видливків

1.3 Джерела і характеристика викидів сталеливарних цехів

На підприємстві проведено інвентаризацію джерел утворення всіх видів відходів, а також заведено реєстрові карти об'єктів утворення, оброблення та утилізації відходів [3].

У процесі фінансово-господарської та виробничої діяльності підприємства утворюються такі види промислових і побутових відходів:

- шлаки ливарного виробництва (IV клас небезпеки): утворюються

під час виплавки сталі в електропечах сталеливарних цехів (СЛЦ) № 1 та № 2. За технологічним регламентом їхній вихід становить 1,2% від загального обсягу виплавленої сталі. Шлаки накопичуються та збираються у спеціальних шлаковнях;

- відпрацьована формувальна суміш (IV клас небезпеки): утворюється під час вибивання ливарних форм. Основна частина цієї суміші проходить регенерацію і повторно використовується для формування. Тимчасово зберігається в металевих контейнерах і вивозиться з території підприємства разом зі шлаками;
- шлами очисних споруд та шлами блоків очищення стоків: утворюються в процесі сепарації та механічного очищення виробничих і зливових стічних вод;
- бій вогнетривкої цегли (IV клас небезпеки): утворюється під час проведення поточних і капітальних ремонтів (перефутерування) сталеплавильних печей;
- відходи деревини (IV клас небезпеки): утворюються при механічній обробці пиломатеріалів у модельному цеху та допоміжних дільницях. Ці відходи тимчасово зберігаються в металевих контейнерах, частково використовуються на власні потреби заводу та реалізуються населенню як паливо;
- відпрацьований карбід кальцію / намул (IV клас небезпеки): утворюється в результаті функціонування ацетиленових генераторів для газового зварювання. Для збору відпрацьованого карбідного намулу обладнано металевий бункер у спеціально підготовленій намуловій ямі. Територія навколо ями розчищена, огороджена, а поруч розміщено попереджувальний знак із написом: *«Вогненебезпечно, не палити!»*. Намул використовується для технічних потреб підприємства (наприклад, для нейтралізації кислих середовищ або будівельних сумішей);
- відпрацьовані абразивні круги: зберігаються на спеціально відведеній дільниці з твердим (бетонним) покриттям.

На території заводу відсутні накопичувачі промислових відходів (шламонакопичувачі, хвостосховища), а також немає власних технологічних ліній для повної переробки та утилізації відходів виробництва, тому вони передаються спеціалізованим підприємствам за договорами.

Виробничий контроль за дотриманням підприємством встановлених нормативів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря та скидів у водні об'єкти здійснює лабораторія з охорони навколишнього природного середовища.

Головними завданнями екологічної лабораторії є:

1. Моніторинг стану, оцінка ефективності та контроль правильної експлуатації пиловловлювальних споруд, ГОУ (газоочисних установок) та вентиляційних систем підприємства.

2. Інструментально-лабораторні вимірювання та хімічний аналіз вмісту забруднюючих речовин у промислових викидах від стаціонарних джерел.

3. Визначення якісних та кількісних показників складу стічних вод.

Лабораторія з охорони навколишнього середовища акредитована (або має свідоцтво про відповідність системи вимірювань) на право проведення інструментального контролю та аналізу вмісту забруднюючих речовин у стічних водах, повітрі робочої зони, а також у промислових викидах в атмосферу.

Підрозділ повністю забезпечений чинною нормативною документацією, сертифікованими методиками виконання вимірювань (МВВ), повіреними засобами вимірювальної техніки (ЗВТ), допоміжним обладнанням, хімічними реактивами, а також належним мірним і лабораторним посудом.

Діяльність лабораторії з інструментального контролю об'єктів довкілля здійснюється відповідно до затверджених графіків виробничого контролю якості стічних вод та нормативів ГДВ (гранично допустимих викидів). Ці графіки на поточний рік розроблені підприємством та узгоджені з відділом

інструментально-лабораторного контролю та моніторингу відповідного територіального органу Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України (або Департаменту екології та природних ресурсів ОВА).

Узагальнені кількісні дані щодо викидів шкідливих речовин від технологічних агрегатів сталеливарного цеху наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 –Дані по викидах шкідливих речовин у цеху

Найменування джерела викида шкідливих речовин	Номер дже-рела	Час роботи джерела час/добу	Кількість і найменування шкідливих речовин джерела, т/добу	Фонд робочого часу підрозділу година
Труба вентиляції В-12	1	6	Пил - 0,0012 Залізо - 0,00095 Марганець - 0,000038 оксид хрому - 0,000005	1506
-//- В-28	2	6	Пил - 0,000604 оксид Fe - 0,000188 Mn - 0,000086	1506
-//- В-47	5	12	кварцевмісний пил - 0,000173	301
-//- В-35	6	4	кварцевмісний пил - 0,0024	950
-//- В-22	7	8	Нефас (бензин) - 0,00023	2002
-//- В-15	8	2	Оксид С- 0,000036	502
-//- В-21	9	8	Нефас (бензин) - 0,00184	2002
-//- В-20	10	8	Аміак - 0,000035	2002
-//- В-19	11	8	Cl, Hr - 0,000128 Этилсирт - 0,00691 Этилэфир - 0,00097	2002
-//- В-18	12	8	Пил кварцовий - 0,001673	1882
-//- ВА-1	13	4	Аміак - 0,00084	1004
-//- В-7	14	4	Пил кварцовий - 0,00502	1001
-//- В-33	15	8	Етилспитр - 0,000979	2002
-//- В-42	16	3	Пил кварцовий - 0,000347	801
-//- В-16	17	14	Пари луг - 0,00001	3514
-//- В-25	18	14	Пил - 0,000086	3514
-//- В-24	19	14	Пил - 0,000917	1702
-//- В-26	20	0,5	Пил - 0,0013	100
-//- В-23	26	6	Пил кварцовий - 0,004514	1506

Найменування джерела викида шкідливих речовин	Номер дже-рела	Час роботи джерела час/добу	Кількість і найменування шкідливих речовин джерела, т/добу	Фонд робочого часу підрозділу година
-//- В-14	27	4	N2 - 0.000029 Пил - 0,000201	1004
-//- В-40	29	1	Оцетон - 0,000598 Толуол - 0,00399	251
-//- В-8	30	3	Оксид С - 0,000432 Пил - 0,00054	753
-//- ВУ-1	34	4	Пил кварцовий - 0,001152	1004

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Існуючі методи очищення стічних вод

Основні питання захисту навколишнього природного середовища необхідно вирішувати на основі таких фундаментальних принципів:

Форма і масштаби людської діяльності повинні бути порівнянними (сорозмірними) із запасами невідновлюваних природних ресурсів.

Неминучі відходи виробництва мають надходити в навколишнє середовище у такій формі та концентрації, які є нешкідливими для біоти та життя людини [4].

Особливо гостро це питання стосується водних ресурсів. Природна вода – це не лише джерело господарсько-питного чи технічного водопостачання і транспортний шлях, а й середовище існування тварин і рослин. Кругообіг води в природі створює необхідні екологічні умови для існування людства на Землі.

Одним із вичерпних природних ресурсів є нафта, яка в процесі видобутку, транспортування, переробки та споживання постійно контактує з довкіллям і забруднює його, особливо гідросферу. Наразі захист навколишнього середовища від нафтовмісних стічних вод є одним із найголовніших завдань промислової екології. Заходи, спрямовані на очищення води від нафтопродуктів, допомагають уловлювати та повертати у виробництво цінні вуглеводневі компоненти, зберігаючи чистими повітряний і водний басейни. Хоча на земній кулі загальний об'єм води є величезним, запаси чистої прісної води вкрай обмежені.

Стічні води нафтотранспортної, нафтохімічної та металургійної промисловості містять нафту, нафтопродукти, а також різні токсичні хімічні речовини (тетраетилсвинець, феноли, важкі аналоги тощо).

Існує багато підходів до класифікації стоків, проте перші загальні напрями не дозволяють систематизувати домішки для подальшої розробки

принципів вибору ефективних інженерних систем. З цієї точки зору найбільш обґрунтованою є класифікація академіка Л. А. Кульського. Її суть полягає в тому, що всі стічні води за фазово-дисперсним складом забруднюючих речовин поділяються на чотири чіткі групи. Така класифікація дозволяє для кожної групи цілеспрямовано запропонувати конкретні фізико-хімічні чи механічні методи очищення води. На нафтотранспортних та металургійних підприємствах застосовують увесь комплекс очищення стічних вод: механічне, фізико-хімічне та біологічне.

Донедавна кількість розчиненої нафти у воді практично не враховували, вважаючи її несуттєвою порівняно з емульгованою фазою. Проте комплексні дослідження (зокрема, проведені у Новополоцькому політехнічному інституті) дають змогу оцінити розчинність різних нафтопродуктів у воді залежно від різноманітних чинників:

При короткочасному контакті нафтопродуктів із водою без динамічного перемішування кількість речовин, що переходять у розчин, із часом зростає. При збільшенні тривалості контакту від 2 до 120 годин концентрація розчиненої нафти у воді зростає від 0,2 до 1,4 мг/л, дизельного палива – від 0,2 до 0,8 мг/л.

Розчинність бензинів залежить не лише від часу, а й від наявності метильних та метиленових груп вуглеводнів, що входять до їхнього складу. Для метильних і метиленових груп концентрація бензину А-76 у воді при контакті від 2 до 120 годин збільшується від 1,4 до 11,9 мг/л, тоді як для ароматичних вуглеводнів за тих самих параметрів — від 2,6 до 34 мг/л.

На підприємствах збір стічних вод та їхнє очищення ведуть залежно від характеру домішок. Нафта і нафтопродукти після відокремлення (сепарації) від води підлягають регенерації та поверненню в народногосподарський обіг. Особливо небезпечні хімічні домішки, такі як тетраетилсвинець, вилучають спеціальними локальними методами. У такому разі доцільно застосовувати роздільний збір різних видів стічних вод та комбіновану технологічну систему очищення [5].

При виборі оптимальної системи збору та очищення керуються такими основними положеннями: необхідністю максимального зменшення об'ємів утворення стічних вод та зниження початкового вмісту в них домішок безпосередньо у технологічному процесі, можливістю вилучення зі стічних вод цінних компонентів для їхньої подальшої утилізації, повторним використанням очищених стоків у замкнутих технологічних циклах та системах оборотного водопостачання.

Класифікацію основних методів очищення стічних вод на хімічних підприємствах, запропоновану В. А. Проскуряковим та Л. І. Шмідтом, можна успішно використовувати і на підприємствах нафтотранспорту та металургії. Ця схема розроблена на основі фазово-дисперсних і хімічних характеристик домішок. Маючи точні дані щодо витрат стічних вод, їхньої детальної специфікації та вимог до очищеної води, за цією схемою відбирають кілька альтернативних методів. На підставі експериментальних досліджень та з урахуванням техніко-економічних показників (капітальних і експлуатаційних витрат) обирають оптимальний технологічний варіант.

Вибір конкретного методу очищення стічних вод (зокрема, сталеливарних підприємств) залежить від багатьох чинників: об'єму та витрати стоків різних категорій, економічної доцільності уловлювання шкідливих домішок, вимог до якості очищеної води при її поверненні в оборотні системи, а також умов скидання у відкриті водні об'єкти (потужність та асиміляційна здатність водойми).

Для очищення промислових стоків використовують очисні споруди трьох основних типів:

1. Локальні.
2. Загальнозаводські (загальні).
3. Районні або міські.

На нафтобазах, перекачувальних насосних станціях і залізничних вузлах стічні води поділяються на виробничі (технологічні) та побутові. Зазвичай застосовують очисні споруди загального типу, проте у разі

потрапляння в стоки особливо токсичних хімічних речовин обов'язково влаштовують очисні споруди локального типу. Після локальних або загальних споруд стічні води (залежно від досягнутого ступеня очищення та екологічного стану водного об'єкта) або направляють на міські очисні споруди, або скидають у водойму.

Локальні очисні споруди призначені для знешкодження стоків безпосередньо біля технологічних цехів, де утворюються шкідливі речовини (наприклад, стічні води резервуарних парків, промивальних естакад, або насосних станцій, що транспортують етиловані бензини). Це дозволяє уникнути забруднення загального стоку підприємства важковилучаними сполуками.

Загальнозаводські очисні споруди здійснюють комплексне очищення всього об'єму нафтовмісних або дисперсних вод підприємства. Зазвичай вони включають три послідовні ступені: механічний, фізико-хімічний та біологічний.

Споруди загального типу за ступенями очищення [6]:

- Механічний ступінь: пісковловлювачі, нафтовловлювачі, жироловки, відстійники, споруди грубої фільтрації. Тут видаляються грубодисперсні домішки та вільні (емульговані) нафтопродукти.
- Фізико-хімічний ступінь: установки реагентної флотації та коагуляції / флокуляції для руйнування стійких колоїдних систем.
- Біологічний ступінь: аеротенки, біофільтри, біологічні ставки для деструкції розчиненої органіки.

Для глибокого очищення застосовують сучасні реагентні та сорбційні методи: коагуляцію, флокуляцію, хімічне осадження, ультрафільтрацію, напірну флотацію, адсорбцію на активованому вугіллі, іонний обмін, зворотний осмос тощо.

Районні або міські очисні споруди приймають суміш побутових та попередньо очищених виробничих стічних вод. До промислових стоків, що скидаються в міську каналізацію, висуваються суворі нормативні вимоги,

щоб не порушити біологічний ритм роботи міських очисних споруд (особливо активного мулу в аеротенках).

Виробничі стічні води, що скидаються в міську мережу, не повинні містити:

- Завислих та плаваючих речовин у концентрації понад 500 мг/л.
- Речовин, здатних забивати труби або відкладатися на їхніх стінках (важкі смоли, мазут, цементний шлам).
- Агресивних компонентів, що руйнують матеріал труб та бетонні конструкції (кислоти, луги).
- Горючих домішок та розчинених газів, здатних утворювати вибухонебезпечні суміші в підземних комунікаціях.
- Токсичних речовин у концентраціях, що пригнічують процеси біохімічного окиснення.
- Температура стоків не повинна перевищувати +40 ^{o}C. Категорично забороняються залпові скиди висококонцентрованих розчинів.

Механічне очищення стічних вод застосовують переважно як перший (попередній) ступінь. Воно забезпечує видалення завислих речовин із побутових стоків на 60-65%, а з деяких специфічних промислових стоків (наприклад, металургійних шламових вод) – на 90-95%. Головне завдання механічного етапу – підготовка води до подальшого фізико-хімічного та біологічного очищення. Оскільки це найдешевший метод, технологічно доцільно досягати максимально можливої глибини вилучення домішок саме на цьому етапі.

Виділення грубодисперсних домішок здійснюють шляхом проціджування, відстоювання та фільтрування.

Проціджування (через решітки та сита) затримує великі предмети та волокна.

Відстоювання використовує різницю щільностей води та забруднень: важкі частинки осідають під дією гравітації, а легкі (нафта, оливи) – спливають на поверхню.

Пісковловлювачі (песколовки), ці споруди призначені для гравітаційного виділення твердих мінеральних домішок із розміром частинок понад 250 мкм (пісок, окалина, шлакова крошка). Якщо їх не вилучити заздалегідь, вони осідатимуть у наступних спорудах (нафтовловлювачах, флотаторах), забиватимуть трубопроводи, викликатимуть абразивний знос робочих коліс насосів та ускладнюватимуть видалення нафтошламу.

Принцип дії пісковловлювача базується на зменшенні горизонтальної швидкості потоку рідини, що дозволяє важким частинкам опуститися на дно за час проходження камери. За гідравлічним режимом вони поділяються на:

Горизонтальні: з прямолінійним або круговим рухом води (мають прямокутну форму, складаються з кількох робочих секцій; на вході встановлюють решітки та дерев'яні шибери для регулювання потоку, а дно виконують під кутом для сповзання осаду в приямок).

Вертикальні: де потік рухається знизу вгору.

З гвинтовим (поступально-обертальним) рухом: залежно від способу створення обертання бувають тангенціальними та аерованими.

Найпростіший тип – щілинний пісковловлювач. Його робота базується на тому, що в каналізаційних колекторах важкий пісок переміщується переважно в придонному шарі, і при незначному зниженні швидкості частинки просто провалюються у нижню щілину під лотком.

Відповідно до практики експлуатації нафтобаз, великі горизонтальні пісковловлювачі необхідно очищати від накопиченого осаду не рідше ніж один раз на 2-3 доби, а щілинні – в міру заповнення намулової камери за допомогою стаціонарних або переносних гідроелеваторів. Заповнення камери мулом до рівня днища робочого лотка є неприпустимим.

Споруди, у яких при відстоюванні спливають легкі гідрофобні домішки, називаються відповідно до типу забруднень жироловками, масловловлювачами або нафтовловлювачами.

Фільтрування застосовують для тонкого фінішного затримання дрібніших завислих часток. Як завантаження фільтрів використовують

пористі тканини, металеві сітки, шари зернистих матеріалів (кварцовий пісок, антрацит, керамзит) або сучасні полімерні та волокнисті матеріали. При проходженні стоків через фільтрувальний шар зважені мікрочастинки затримуються в міжпоровому просторі.

Фізико-хімічне очищення полягає в інтродукції у стічну воду хімічних реагентів – коагулянтів (наприклад, сульфату алюмінію $Al_2(SO_4)_3$ або хлориду заліза) та флокулянтів (поліакриламіду). Вступаючи в реакцію та взаємодіючи з колоїдними домішками, вони нейтралізують їхній поверхневий заряд, що забезпечує укрупнення часток (коагуляцію) у великі пластівці. Це значно прискорює процеси осадження або флотації, знижує концентрацію розчинених шкідливих сполук, нейтралізує pH та знебарвлює воду.

Флотація – це складний фізико-хімічний процес, сутність якого полягає в інтенсивному утворенні стійких флотокомплексів «частинка забруднення – бульбашка повітря (газу)». Ці комплекси мають щільність, значно меншу за щільність води, завдяки чому вони швидко спливають на поверхню, утворюючи стійкий пінний шар (шлам), який безперервно видаляється механічними скребками.

Принцип ефективної флотації вимагає, щоб мікробульбашки повітря мали оптимальний діаметр 15-50 мкм. Якщо бульбашки занадто великі, швидкість їхнього підйому висока, і вони просто обтікають частинки забруднень, не закріплюючись на них. Крім того, великі бульбашки створюють надмірну турбулентність, руйнуючи вже сформовані флотокомплекси.

Основні модифікації флотаційних установок [7]:

1. Вакуумна флотація: базується на створенні в камері флотатора розрідження (тиску, нижчого за атмосферний). При цьому з води виділяється розчинене в ній повітря. Процес утворення бульбашок відбувається в абсолютно спокійному гідродинамічному середовищі, що гарантує цілісність комплексів аж до винесення їх у піну. Проте герметизація великих закритих

резервуарів та підтримання стабільного вакууму є складним інженерно-конструкторським завданням.

2. Напірна флотація: найбільш поширений метод. Процес реалізується у дві стадії: спочатку воду насичують повітрям під високим тиском 0,3-0,5 МПа у спеціальному сатураторі, а потім скидають тиск до атмосферного безпосередньо на вході у флотаційну камеру. Це викликає миттєве виділення величезної кількості хмари мікробульбашок повітря. Якщо процес іде без реагентів – це фізична флотація, якщо з додаванням коагулянтів – фізико-хімічна (забезпечує вищу якість очищення, але збільшує об'єм утворення відпрацьованого шлам-осаду).

3. Імпелерна флотація: повітря диспергується механічним шляхом за допомогою швидкообертової мішалки — імпелера, встановленого на дні камери. При обертанні лопатей виникає зона зниженого тиску, повітря всмоктується через центральну трубу, подрібнюється лопатками та викидається в об'єм камери. Через високу турбулентність, яка руйнує крихкі пластівці забруднень, цей метод застосовують переважно для грубого первинного очищення високонафтомістких стічних вод і жиростоків, причому з обов'язковим введенням ПАР (поверхнево-активних речовин) для стабілізації бульбашок.

4. Флотація за допомогою пористих матеріалів (аераційна): Повітря подається через укладені на дні дрібнопористі матеріали (керамічні фільтроси, пористі труби, перфоровані пластини). Щоб бульбашки не зливалися (не коалескували) над поверхнею матеріалу, пори повинні містити достатній крок рознесення, а швидкість витікання повітря з отворів має бути відносно невеликою. Перевага методу — конструктивна простість та низькі енерговитрати; недолік — швидке заростання, забивання пор шламом та крихкість кераміки.

Залежно від об'ємів стічних вод флотатори будують вертикальними або горизонтальними:

- Вертикальні флотатори (мають вигляд циліндра заввишки 2–4 м)

застосовують для невеликої продуктивності. Вони можуть працювати за прямоточною або протиточною схемою. У протиточних апаратах стічна вода подається зверху і рухається вниз, а повітря через керамічні ковпачки піддона піднімається назустріч потоку. Очищена вода відводиться знизу через регулятор рівня, а піна збирається у периферійний жолоб і видаляється через шламовідвідну трубу.

- Горизонтальні флотатори використовують для очищення великих об'ємів стічних вод. Повітря надходить через фільтроси на дні, а вода подається у верхню частину камери та рухається вздовж неї. У цьому разі бульбашки повітря та потік води рухаються попутно вгору. Час перебування води в камері розраховується так, щоб забезпечити максимальне спливання флотокомплексів у пінний шар до моменту виходу освітленої води з нижньої зони апарата.

Габарити флотаторів залежать від їхньої продуктивності, розміру газовідвідних отворів, тиску повітря під фільтросами, робочого рівня води та інших технологічних чинників.

При пропусканні через стічну рідину постійного електричного струму вона насичується дрібнодисперсними бульбашками водню, що утворюються на катоді. Електричний струм змінює хімічний склад рідини, а також фізико-хімічні властивості та агрегативний стан нерозчинених домішок. В одних випадках ці зміни позитивно впливають на процес очищення стоків, в інших – ними необхідно чітко керувати для досягнення максимального ефекту сепарації.

Під час проходження води через міжелектродний простір одночасно протікають такі процеси: електроліз та поляризація частинок; електрофорез; окисно-відновні реакції; вторинні хімічні реакції між продуктами електролізу.

Інтенсивність цих процесів залежить від мінерального складу стічної води, матеріалу електродів (які можуть бути розчинними або інертними/нерозчинними), а також від параметрів електричного струму

(напруги та щільності струму).

Застосування розчинних анодів (залізних або алюмінієвих) викликає електрохімічне розчинення металу. У воду переходять катіони Al^{3+} або Fe^{2+}/Fe^{3+}, які при взаємодії з гідроксильними групами OH^- утворюють високоактивні гідроксиди $Al(OH)_3$ або $Fe(OH)_3$ (а згодом й оксиди Al_2O_3, Fe_2O_3, які є класичними ефективними коагулянтами. Одночасне утворення пластівців коагулянту та мікробульбашок газу в обмеженому міжелектродному просторі забезпечує надійне закріплення бульбашок на гідрофобних пластівцях. Це інтенсифікує агрегацію забруднень, прискорює процеси сорбції та адгезії, і, як наслідок, суттєво підвищує ефективність флотації.

Коагуляція забруднень у міжелектродному просторі може відбуватися не лише за рахунок розчинення анода, а й внаслідок електрофізичних явищ: розряду заряджених колоїдних частинок на електродах, а також утворення в розчині активних речовин (хлору та кисню), що руйнують захисні сольватні оболонки на поверхні частинок. Ці процеси є визначальними у разі застосування нерозчинних (інертних) електордів.

Вибір матеріалу електродів безпосередньо пов'язаний з агрегативною стійкістю частинок забруднень у стічній рідині. Крім того, матеріал і геометричні параметри електродів впливають на початковий розмір бульбашок газу. Наприклад, заміна суцільних пластинчастих електродів на дротяну сітку призводить до зменшення діаметра газових бульбашок, що суттєво підвищує ефективність очищення води.

Озон O_3 має високий окисно-відновний потенціал і за нормальної температури руйнує більшість органічних речовин, що містяться у воді. При цьому відбуваються одночасне окиснення домішок, знебарвлення, дезодорація, дезінфекція (знезараження) стічної води та насичення її розчиненим киснем. Головною перевагою цього методу є відсутність потреби у вторинних хімічних реагентах.

Розчинність озону у воді залежить від pH та концентрації мінеральних

домішок. За наявності у воді кислот і солей розчинність озону збільшується, а за наявності лугів — зменшується. Озон є нестабільною сполукою і мимовільно дисоціює (розпадається) на повітрі та у водному розчині, перетворюючись на молекулярний кисень:

$$2O_3 \rightarrow 3O_2.$$

У водному розчині озон розпадається значно швидше. Із підвищенням температури та зростанням pH (у лужному середовищі) швидкість розпаду озону різко збільшується.

Найбільш економічним промисловим методом отримання озону є пропускання очищеного й осушеного повітря (або кисню) через електричний розряд високої напруги 5000-25000 В) в озонаторах. Промислове виробництво озону базується на розщепленні молекул кисню під дією тихого або коронного електричного розряду з подальшим приєднанням вільного атома кисню до нерозщепленої молекули O_2.

Одна з поширених конструкцій промислового озонатора являє собою горизонтальний металевий трубчастий апарат типу кожухотрубного теплообмінника. Усередині кожної металевої трубки на центрувальних фторопластових прокладках розміщено скляні циліндри, що закриті з одного кінця і мають на внутрішній поверхні графіто-мідне струмопровідне покриття (на яке подається напруга 7000-10000 В). Корпус озонатора надійно заземлюють. Високовольтний газовий розряд виникає в тонкому кільцевому проміжку між заземленою металевою трубою та скляним циліндром.

У технологічних установках озонування стічних вод із барботажним абсорбером вихідна стічна вода спочатку надходить у змішувач, де взаємодіє з реагентами для корегування значення pH, після чого насосом подається в барботажний абсорбер (колону), а звідти – у збірник очищеної води. Озоно-повітряна суміш надходить в абсорбер знизу безпосередньо з озонаторної установки. Відпрацьовані гази з верхньої частини абсорбера скеровуються в деструктор озону (апарат для нейтралізації залишкового озону) і потім випускаються в атмосферу. Можливе також повернення цих газів на

замкнуту рекуперацію кисню.

Змішування очищуваної води з озонованим повітрям здійснюють різними способами: барботуванням через пористі дифузори або дірчасті труби; за допомогою високонапірних ежекторів; механічними швидкісними мішалками.

Щоб збільшити час контакту озону зі стічною водою та покращити умови його розчинення, озонування доцільно проводити у два ступені. Ефективність деструкції домішок при цьому досягає 80–90%. Для глибшого очищення застосовують каталітичне озонування в присутності шарів катализатора (наприклад, силікагелю або оксидів металів), розміщених у контактній колоні.

Озон є хімічно агресивним і схильним до швидкого розпаду під час транспортування, тому комунікації для подачі озоно-повітряної суміші мають бути максимально короткими. Найкращим матеріалом для таких трубопроводів є хімічно стійке скло або високолегована нержавіюча сталь. Оптимальний час транспортування суміші по скляному трубопроводу становить 6-8 хвилин, а по трубопроводу з нержавіючої сталі – 4-6 хвилин. Перед подачею стічної води на озонаторну установку її необхідно обов'язково очистити від нафтопродуктів та масел, які можуть екранувати забруднення або викликати небажані побічні ефекти.

Біологічні та мікробіологічні основи очищення стічних вод. Процес біохімічного руйнування (деструкції) органічних забруднень в очисних спорудах (аеротенках, біофільтрах) відбувається під впливом екологічного комплексу бактерій, актиноміцетів та простих мікроорганізмів, які утворюють біоценоз активного мулу або біологічної плівки. Для ефективного керування цими процесами необхідно враховувати фізіологію мікроорганізмів, зокрема закономірності їхнього живлення, дихання, росту та розвитку [6].

Будь-який живий мікроорганізм вирізняється безперервним обміном речовин (метаболізмом), що складається з двох взаємопов'язаних процесів:

1. Асиміляція (анаболізм / живлення): процес, під час якого в бактеріальну клітину з навколишнього середовища надходять і засвоюються поживні речовини та акумульована в них потенційна хімічна енергія. Це призводить до синтезу нових компонентів клітини та її росту.

2. Дисиміляція (катаболізм / дихання): процес біологічного окиснення або розпаду складних органічних сполук, що супроводжується виділенням енергії (у вигляді АТФ), необхідної для забезпечення повноцінної життєдіяльності клітини.

У сухій біомасі мікроорганізмів міститься понад 70 елементів. Основними є вуглець (C), водень (H), азот (N), сірка (S), фосфор (P), калій (K), кальцій (Ca), магній (Mg) та залізо (Fe). З них перші чотири елементи (C, H, N, S) називаються органогенними елементами, оскільки вони складають основу білків, нуклеїнових кислот, ліпідів та вуглеводів, а при повному термічному згоранні виділяються у вигляді газів. Решта елементів належать до мінеральних (зольних), оскільки після спалювання біомаси вони залишаються у формі оксидів у складі золи.

Вуглеводи виконують роль основного енергетичного та дихального матеріалу і здатні накопичуватися всередині клітини у вигляді запасних поживних речовин (глікогену, волютину тощо). Поживні речовини потрапляють у клітину завдяки поверхневому поглинанню (адсорбції), транслокації та дифузії через напівпроникну клітинну мембрану. Клітка здатна сорбувати молекули та іони завдяки наявності поверхневого електричного заряду, знак і величина якого безпосередньо залежать від pH стічної води.

Залежно від джерела засвоєння вуглецю мікроорганізми поділяються на дві великі групи:

- Автотрофні мікроорганізми: здатні самостійно синтезувати всі органічні компоненти свого тіла, використовуючи неорганічний вуглець (вуглекислий газ CO_2, карбонати), воду та мінеральні солі. Залежно від джерела енергії для проведення синтезу вони поділяються на:

- Фотоавтотрофи: використовують енергію сонячного світла (містять специфічні бактеріальні пігменти, подібні до хлорофілу рослин).
- Хемоавтотрофи: використовують хімічну енергію, що звільняється під час реакцій окиснення неорганічних сполук (наприклад, нітрифікуючі бактерії, залізобактерії, сіркобактерії).

- Гетеротрофні мікроорганізми: Використовують як джерело вуглецю та енергії готові органічні речовини стічних вод. До них належить більшість бактерій активного мулу, сапрофітні гриби та дріжджі (що утилізують мертву органіку), а також облігатні паразити (патогенні віруси та бактеріофаги).

Окрім вуглецевого живлення, мікроорганізми для побудови ферментних систем повинні обов'язково засвоювати азотовмісні сполуки (амонійний азот, нітрати), фосфати (біогенні елементи), зольні мікроелементи та вітаміни.

За типом дихання (акцептування електронів) мікроорганізми поділяються на [7]:

- Аероби: Використовують для дихання виключно розчинений у воді молекулярний кисень (O_2).
- Анаероби: Здійснюють процеси життєдіяльності за абсолютної відсутності вільного кисню, використовуючи як акцептори електроди зв'язаний кисень нітратів, сульфатів або здійснюючи бродіння органічних субстратів.

Кількість виділеної енергії залежить від хімічної природи дихального матеріалу (вуглеводнів, спиртів, органічних кислот) та глибини його екологічної деструкції. При повному окисненні органіки аеробами до кінцевих продуктів (CO_2 та H_2O) виділяється значно більше енергії, ніж при неповному анаеробному розпаді.

Енергія, що звільняється під час дихання, засвоюється мікроорганізмами для біосинтезу лише на 10-25%. Інша її частина розсіюється в навколишнє середовище у вигляді тепла. Цим явищем

пояснюється ефект самонагрівання ферментаційних середовищ та гниючих органічних матеріалів (що використовується, наприклад, при біотермічній утилізації відходів або облаштуванні парників).

Усі біохімічні процеси асиміляції та дисиміляції каталізуються ферментами – специфічними білковими каталізаторами, що виробляються живою клітиною. Вони мають високу селективність, багаторазово прискорюють хімічні реакції, але не входять до складу кінцевих продуктів очищення.

Для забезпечення стабільної роботи біологічних очисних споруд концентрації токсичних речовин у промислових стоках не повинні перевищувати граничних значень, за яких гальмується діяльність ферментів або настає загибель біоценозу. Допустимі максимальні концентрації шкідливих речовин у стічних водах, за яких можливе їхнє ефективне біологічне окиснення, наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Допустимі максимальні концентрації шкідливих речовин в стічних водах, для яких можливе біологічне їх окислення.

Речовина	Допустима концентрація шкідливих речовин в стічних водах, міліграмі/л	Ступінь видалення в процесі повного біологічного очищення %
Нафта і нафтопродукти	25	85-90
біологічно м'які (що окислюються на спорудах біологічного очищення) аніонні	20	80
то ж, неіогенні	50	90
проміжні аніонні	20	60
то ж, неионогенные	20	75
Формальдегід	25	80

Речовина	Допустима концентрація шкідливих речовин в стічних водах, міліграмі/л	Ступінь видалення в процесі повного біологічного очищення %
Сульфіди	1	99,5
Мідь	0,5	80
Нікель	0,5	50
Кадмій	0,1	60
Хром (тривалентний)	2,5	80
Цинк	1	70
Сірчисті фарбники	25	90
Миш'як	0,1	50
Ціаниди	1,5	-
Ртуть	0,005	-
Свинець	0,1	50
Кобальт	1	50

Механізм дії біокаталізаторів (ферментів) базується на їхній здатності взаємодіяти з молекулою-субстратом, утворюючи з нею лабільний (нестійкий) проміжний комплекс. Наслідком такої взаємодії є просторова деформація молекулярної структури субстрату, що призводить до послаблення його внутрішньомолекулярних зв’язків і суттєво знижує енергію активації, полегшуючи подальше розщеплення.

На відміну від неорганічних аналогів, ферменти характеризуються надзвичайно високою чутливістю до коливань параметрів зовнішнього середовища (температурного режиму, активної кислотності pH та присутності хімічних агентів). Для більшості ензимних реакцій оптимум температури перебуває в межах 30-40 °C, тоді як за умов її підвищення до 55-60 °C фіксується максимальна швидкість процесу з початком теплової

денатурації. Повне термічне інактивування (руйнування) білкової структури ферментів відбувається за температури 80 °С.

Швидкість біохімічних перетворень безпосередньо залежить від кількісного співвідношення компонентів системи. У разі дефіциту ферменту на тлі надлишкової концентрації субстрату, або за зворотних умов (малої кількості субстрату та значного надлишку ферменту), кінетика реакції уповільнюється. За умов досягнення оптимальної концентрації субстрату швидкість ферментативного процесу набуває прямої пропорційної залежності від кількості наявного ферменту.

Кількісний та видовий склад мікрофлори у водних екосистемах безпосередньо детермінований рівнем їхнього забруднення сполуками органічного походження. Глибокі підземні горизонти (артезіанські свердловини, джерела) відзначаються мінімальним мікробіологічним навантаженням, тоді як поверхневі водотоки та водойми мають високу концентрацію мікроорганізмів.

В основу природної та штучної інженерної утилізації відходів у поверхневих джерелах покладено процеси біологічного самоочищення. Цей механізм ґрунтується на деструкції та асиміляції мікроорганізмами розчинених у воді речовин як трофічного (поживного) ресурсу. Трансформуючи та розкладаючи ці полютанти, мікроорганізми поступово вичерпують джерела власного живлення, що призводить до природного скорочення їхньої популяції.

Проте успішний перебіг процесів життєдіяльності деструкторів можливий лише за умови обмеженого антропогенного навантаження на екосистему. Існують гранично допустимі концентрації (ГДК) токсикантів, перевищення яких блокує метаболізм або викликає загибель біоценозу. Отже, між чисельністю мікроорганізмів та флуктуаціями концентрації забруднень існує стійка взаємозалежність. При цьому швидкість репродукції (розмноження) бактеріальних клітин є визначальним чинником інтенсивності й загальної ефективності біологічного очищення стічних вод.

У реальних умовах очищення промислових та господарсько-побутових стічних вод інженерні споруди стикаються з багатокомпонентними субстратами, які містять широкий спектр органічних та мінеральних токсикантів. Специфіка живлення різних груп мікроорганізмів зумовлює селективний розвиток біоценозу: залежно від складу поживного середовища одні штами інтенсивно розмножуються, тоді як інші елімінуються (гинуть). Динамічне регулювання об'ємів подачі та концентрації компонентів стічних вод дозволяє ефективно керувати фізіологічною активністю біоценозу, оптимізуючи глибину очищення.

При реалізації класичної схеми аеротенка-витіснювача, активний намул та забруднена вода подаються з одного кінця споруди, де вони піддаються інтенсивному перемішуванню й рухаються у поршневому (квазігідродинамічному) режимі вздовж лотка. За такої організації потоку на вході в аеротенк спостерігається мінімальна біомаса мікроорганізмів за максимальної концентрації поживних речовин. У міру просування суміші до виходу з апарату профіль розподілу змінюється на протилежний: чисельність гідробіонтів досягає максимуму, а концентрація забруднень падає до мінімуму.

Консорціум мікроорганізмів, що забезпечує деструкцію речовин, функціонує у двох основних морфологічних формах [8]:

- Активний намул: являє собою аморфну колоїдну систему у вигляді пухких пластівців (від світло- до темно-коричневого кольору), утворених багатошаровими флокулованими скупченнями живих клітин та міжклітинного матриксу.
- Біоплівка: специфічне слизове обростання завтовшки від 1–2 мм і більше, що фіксується на твердому завантаженні біофільтрів і має аналогічний із намулом спектр забарвлення.

Біоценоз активного намулу – це складна екологічна архітектура, утворена асоціаціями бактерій, найпростіших (протистів) та нижчих грибів. Взаємодія між цими групами базується як на принципах симбіозу, так і на

явищах гострого антагонізму. Широке поширення має метабіоз, за якого метаболіти (продукти життєдіяльності) однієї групи мікроорганізмів стають незамінним субстратом для живлення інших.

Екологічна пластичність кожного виду мікроорганізмів обмежена індивідуальними температурними порогами — мінімумом, оптимумом та максимумом. Штучне або сезонне зниження температури стічних вод викликає гальмування метаболічних процесів деструкторів, що негативно позначається на глибині вилучення забруднень та погіршує процеси біофлокуляції. Деструкція пластівців намулу призводить до незадовільного їхнього осадження та винесення дрібнодисперсної біомаси з потоком освітленої води з вторинних відстійників.

Термічний режим також безпосередньо впливає на розчинність газів: підвищення температури супроводжується закономірним зниженням концентрації розчиненого у воді кисню. У зимовий період рівень насичення води киснем є вищим, проте через низьку ензиматичну активність гідробіонтів об'єми його споживання є мінімальними. Навпаки, у літній період для компенсації дефіциту кисню та підтримання високої деструкційної спроможності бактерій виникає потреба в інтенсифікації штучної аерації.

Для стабілізації якісних показників очищення стічних вод у зимовий період (коли кінетика реакцій сповільнена) технологічно доцільно штучно збільшувати дозу активного намулу (концентрацію біомаси) в реакторах. Стабільна присутність оптимальної кількості розчиненого кисню є базовим лімітуючим чинником, що визначає кінцеву якість очищення стічних вод.

За типом метаболізму мікроорганізмів-деструкторів споруди для біологічного очищення поділяють на аеробні та анаеробні. На практиці аеробні методи очищення набули значно більшого поширення порівняно з анаеробними технологіями. Аеробний процес базується на підтримці життєдіяльності мікроорганізмів за допомогою розчиненого у стічній воді вільного кисню. Ці методи є базовими і широко застосовуються під час

очищення господарсько-побутових та близьких до них за складом виробничих стічних вод.

Фундаментом біологічного очищення є безперервне культивування та відтворення біомаси мікроорганізмів. Технологічна схема аеробного процесу в штучних спорудах реалізується в такий спосіб [9]:

1. Забруднена стічна вода подається в аеробний біологічний реактор – аеротенк.

2. В апарат одночасно вводиться рециркуляційний активний намул і здійснюється примусове подавання стисненого повітря.

3. Усі три компоненти піддаються інтенсивному гідродинамічному перемішуванню.

Під час цього процесу мікроорганізми сорбують та біохімічно руйнують органічні полютанти, використовуючи для дихання розчинений кисень повітря, що супроводжується приростом їхньої біомаси.

Далі суміш очищеної води та активного намулу транспортується у вторинний відстійник, де відбувається гравітаційне розділення суспензії. Освітлена (очищена) вода відводиться у поверхневі водойми (водні об'єкти), а осаджений активний намул розділяється на два потоки: поворотний (циркуляційний) намул повертається в голову аеротенка для підтримки робочої концентрації біомаси, а надлишковий намул спрямовується в накопичувачі або на вузли зневоднення й утилізації осадів.

У біофільтрах, на відміну від аеротенків, деградація забруднень здійснюється іммобілізованими мікроорганізмами біоплівки, яка закріплена на поверхні інертного фільтрувального матеріалу.

Біологічну деструкцію забруднень стічних вод можна здійснювати як у природних, так і в штучно створених спорудах.

До природних споруд біологічного очищення належать:поля фільтрації; поля зрошення; біологічні ставки.

Для очищення помірних об'ємів побутових стоків ці споруди подекуди експлуатуються й дотепер. Проте для знешкодження промислових стічних

вод природні системи (особливо поля фільтрації та зрошення) не знайшли універсального застосування. Це зумовлено колосальними об'ємами стічних вод сучасних промислових підприємств на тлі низької питомої продуктивності й малої навантажувальної здатності одиниці площі земельних ділянок. Крім того, існує високий ризик раптового потрапляння на поля токсичних для мікроорганізмів речовин, що може повністю паралізувати роботу екосистеми.

Стічні води промислових підприємств, особливо ті, що містять стійкі нафтопродукти, вкрай повільно піддаються деградації в природних умовах. Тому їхнє біологічне очищення здійснюють виключно в штучних спорудах, які забезпечують високу інтенсифікацію масообміну. Найбільш затребуваними типами таких споруд є біофільтри, аеротенки різних модифікацій та спеціалізовані аеровані біологічні ставки.

Біофільтри являють собою залізобетонні або цегляні резервуари, заповнені кусковим чи блочним фільтрувальним матеріалом (завантаженням), який укладається на дренажне (дірчасте) днище. Як наповнювач застосовують доменний шлак, гранітний щебінь, керамзит, пластмасові блоки чи профільовані елементи. Очищення рідини відбувається під час її фільтрування крізь товщу завантаження, колонізованого мікроорганізмами біологічної плівки. Контактуючи з цією активною поверхнею, мікроорганізми вилучають із води розчинені органічні сполуки, забезпечуючи глибоке очищення стоків.

Аеротенки проектують у вигляді залізобетонних багатокоридорних резервуарів завдовжки від 30 до 100 м і більше, за ширини коридору 3-10 м та робочої глибини 3-5 м. Очищення води в цих спорудах базується на життєдіяльності флокулованих скупчень мікроорганізмів – активного намулу, що перебуває у завислому стані. Для підтримки їхньої деструкційної здатності в об'єм аеротенка безперервно подають кисень повітря (через системи пневматичної, механічної чи комбінованої аерації) та поживні речовини субстрату.

Ефективність біохімічного процесу в аеротенках, якісний стан біоценозу та питома окиснювальна здатність активного намулу визначаються комплексом таких чинників:

- хімічний склад, флуктуації та специфічні властивості вихідних стічних вод;
- гідродинамічний режим перемішування та розподілу потоків в апараті;
- кінетичне співвідношення між масою поживних речовин (забруднень) та концентрацією життєздатної біомаси намулу (навантаження на намул);
- кисневий режим споруди (концентрація розчиненого O_2);
- температурний градієнт стічних вод;
- активна реакція середовища (водневий показник pH);
- наявність біогенних елементів (сполук азоту та фосфору) у строгому співвідношенні BPC:N:P;
- присутність у стічній воді активаторів метаболізму або, навпаки, інгібіторів (токсикантів, важких металів).

Для біологічного очищення відносно невеликих об'ємів стічних вод, у складі яких переважають господарсько-побутові стоки, економічно та технологічно доцільно застосовувати аеротенки-відстійники. Ці споруди конструктивно поєднують в одному компактному блоці два послідовні технологічні процеси: аерацію (біохімічне окиснення) та вторинне відстоювання (розділення мулової суміші).

2.2 Запропонована схема очищення стічних вод сталеливарного цеху

Забруднені виробничі стічні води утворюються в сталеливарних цехах при обробці металів, в котельній при продуванні казанів і фільтрів і в

транспортному цеху – при обмиванні транспортних засобів. Загальна витрата виробничих забруднених стоків, складає 72,3 м^3/добу.

У таблиці 2.2 наведено дані по загальному вмісту забруднень в промисловому стоці.

Таблиця 2.2 – Загальний вміст забруднень в промисловому стоці

Найменування	Вміст, мг/л		Вимоги до оборотних вод, мг/л
	До очищення	Після очищення	
Зважені речовини	650	150-200	<20
Масла і нафтопродукти	120-1000	50	<5
Кислоти	15-110	<1	-
Луги	130	<1	-
Солі натрію, кальцію, магнію	3000-5000	50	15

Залпові концентрації забруднень значно перевищують середнє, проте витрати стоків при цьому незначні:

Залпове скидання кислоти містить – 110 мг/л в об'ємі 7 м^3.

Максимальна концентрація масла – 1000 мг/л в об'ємі 1,5 м^3.

Блок очищення запроєктований для освітлення зворотної води після мокрого очищення відхідних газів і аспіраційного повітря сталеливарних цехів № 1 та № 2. Витрати води та рівні її забруднення прийняті за вихідними даними технологічної і санітарно-технічної частин проєкту.

Стічна вода забруднена дрібнодисперсними фракціями пилу та завислих речовин – кварцового піску, глини, сажі, зольних компонентів тощо. Середня початкова концентрація завислих речовин у стічній воді становить 10 г/дм^3 (або 10 г/л). Очищена (освітлена) вода після проходження всього циклу сепарації містить не більше 150-200 мг/дм^3 (150-200 мг/л)

залишкових домішок, що відповідає вимогам до якості технічної води для газопромивачів.

Очищення води запроєктоване на відкритих гідроциклонах із застосуванням процесу коагуляції (рис. 2.1). Оскільки концентрація забруднень у стоках коливається у значних межах, а скидання шламового навантаження відбувається періодично (1-2 рази на тиждень), схема передбачає двоступеневе розділення фаз. Основним етапом видалення дисперсних завислих речовин є сепарація на відкритих гідроциклонах, тоді як глибоке очищення стоків від нафтопродуктів, жирів та масел здійснюється на флотаторах напірного типу.

Забруднена вода з цехів самопливом надходить у приймальний резервуар-усереднювач, обладнаний механічною мішалкою для безперервного перемішування та запобігання осадженню важких фракцій піску. Увімкнення мішалки та відкачувальних насосних агрегатів автоматизоване й регулюється залежно від робочих рівнів рідини в резервуарі. З приймальної місткості стоки забираються спеціальними пісковими насосами (грунтовими насосами типу ГрАТ або аналогами) і під тиском подаються на гідроциклони.

Після гідроциклонів освітлена вода скеровується під залишковим напором у підземний резервуар чистої води, розташований ззовні будівлі блоку очищення. З цього резервуара оборотна вода насосами високого тиску повертається в цехи на повторне використання в апаратах мокрого пиловловлювання (скруберах Вентурі).

Для забезпечення безперебійної подачі води на кожен цех передбачено окремий робочий насосний агрегат, а також один спільний резервний насос, підключений до загальної колекторної мережі.

Згущений продукт гідроциклонів – шламова пульпа – надходить у проміжний резервуар для осаду, з якого вона шламовими насосами перекачується на радіальний згущувач для подальшого зневоднення та ущільнення перед транспортуванням на прес-фільтри або у

шламонакопичувач.

Перед згущувачем в осад додається неагулянт. Із згущувача осідань викачуватися на транспортні засоби, для вивезення його на звалище.

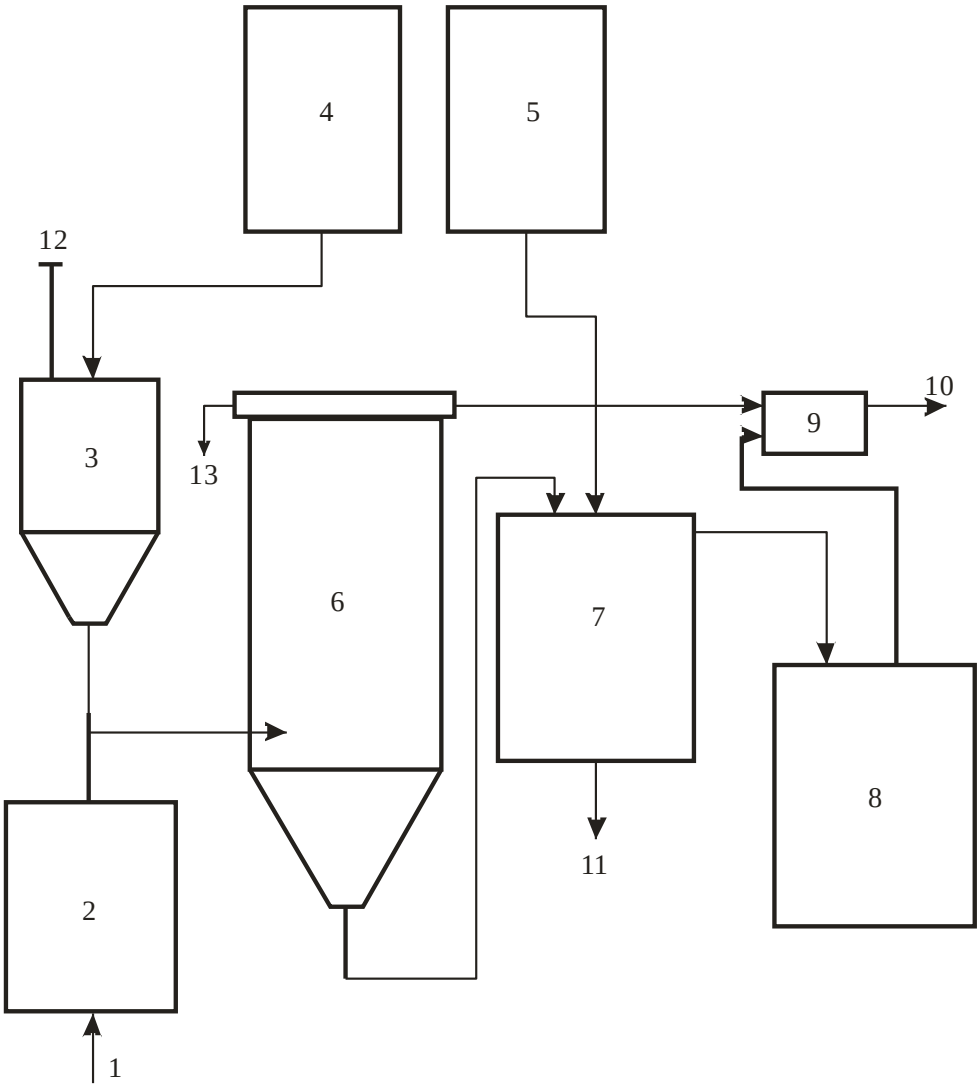


Рисунок 2.1 – Схема очищення стічних вод сталеливарного цеху від забруднюючих речовин: 1 – стічна вода; 2 – резервуар-усереднювач (змішувач) з механічною мішалкою; 3 – повітровідділювач (деаератор); 4 – бак із розчином $Ca(OH)_2$ (вапняного молока); 5 – бак із розчином $Al_2(SO_4)_3$ (коагулянту); 6 – гідроциклон відкритого типу з конічною діафрагмою та внутрішнім циліндром; 7 – згущувач; 8 – резервуар-накопичувач; 9 – резервуар чистої (освітленої) води; 10 – очищена вода в цех (на повторне використання); 11 – шлам (шламова пульпа); 12 – повітря.

2.3 Фізико-хімічні основи процесу очищення та основні обладнання

Ефективним інженерним рішенням для інтенсифікації роботи існуючих систем зворотного водопостачання ливарних цехів є впровадження відкритого гідроциклону. Відкритий гідроциклон – це сепараційний апарат відкритого типу, призначений для очищення стічних і оборотних вод від дисперсних завислих речовин, робочий простір якого розділений на окремі функціональні яруси за допомогою конічних діафрагм. Вихідний потоковий об'єм води, що вводиться в апарат тангенціально, рівномірно розподіляється між усіма ярусами.

Для виконання технологічного розрахунку та проєктування очисних установок із відкритими гідроциклонами мають бути задані ті самі базові вихідні параметри за витратою води та фізико-хімічними властивостями забруднень, що й для класичних гравітаційних відстійників.

Гідравлічна крупність часток (u_0), які необхідно гарантовано вловити для досягнення заданого ефекту очищення зворотного контуру, визначається експериментально або кінетично за базової висоти шару води, що дорівнює 200 мм. При проектуванні багатоярусних гідроциклонів розрахунковий шар відстоювання приймається строго рівним конструктивній висоті одного робочого ярусу ($h_я$).

Згідно з класифікацією (зокрема, за даними графічних схем, наведених на рисунку 2.2), у практиці водоочищення виділяють три основні модифікації відкритих гідроциклонів [9]:

1. Відкриті гідроциклони зі стандартною конічною діафрагмою;
2. Відкриті гідроциклони з конічною діафрагмою та інтегрованим внутрішнім циліндром;
3. Прості відкриті гідроциклони без додаткових внутрішніх пристроїв (вставок).

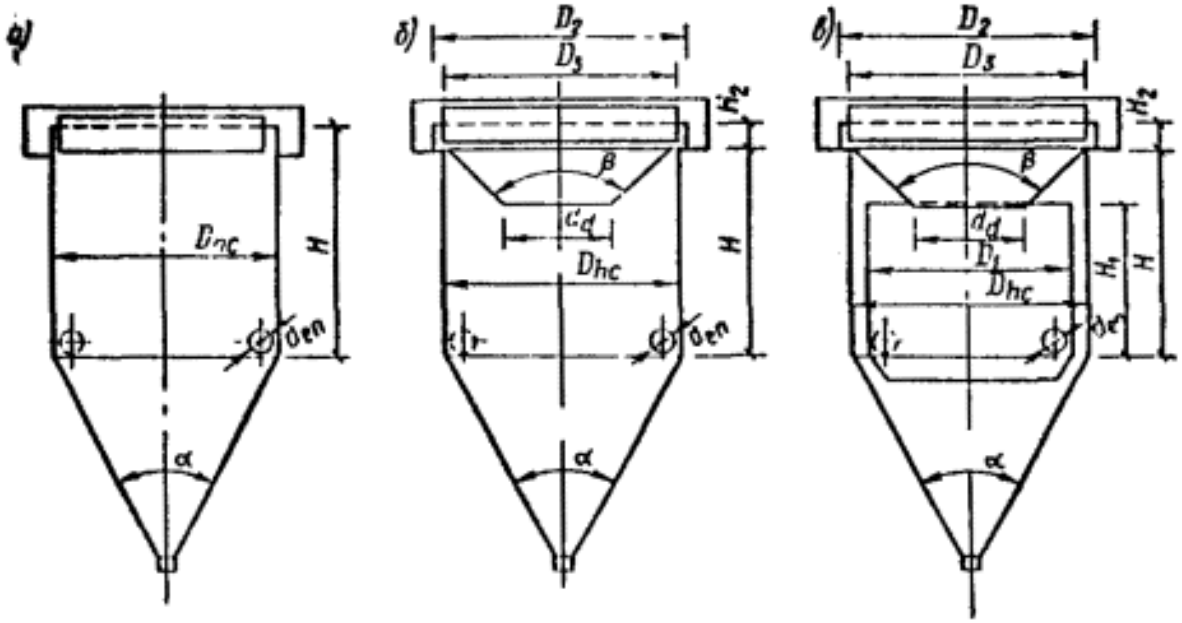


Рисунок 2.2 – Схема відкритих гідроциклонів: а) без внутрішніх вставок; б) з конічною діафрагмою; в) з конічною діафрагмою і внутрішнім циліндром

2.4 Розрахунок відкритого гідроциклона

1. Обсяг осаду, уловленого в гідроциклоні, знайдемо за формулою:

$$V'_{oc} = \frac{100 \cdot G_{cyx} \cdot 1.2}{(100 - W'_{oc}) \cdot \rho'_{oc}},\ \text{м}^3/\text{год}, \qquad (2.1)$$

де W'_{jc} - вологість осаду, %; від гідроциклону вологість осаду складає 95-98%. Приймає W'_{jc}=97%;

ρ'_{oc} - щільність осаду, т/м^3; приймає щільність осаду рівною щільності води, тобто $\rho'_{oc} = \rho_в = 1000кг/м^3 = 1т/м^3$

G_{cyx} - маса вловленого осаду, т/год:

$$G_{cyx} = \frac{C_н \cdot E \cdot Q}{10^6} = \frac{2900 \cdot 0{,}95 \cdot 1800}{10^6} = 5т/год, \qquad (2.2)$$

де $E = \frac{C_н - C_к}{C_н} = \frac{2900 - 150}{2900} = 0{,}95$ - ефект освітлення;

$C_н$ - початкова концентрація суспензії, мг/л;

$C_к$ - кінцева концентрація суспензії, мг/л;

Q - витрата стічної води, м^3/год.

Тоді

$$V'_{ос} = \frac{100 \cdot 5 \cdot 1.2}{(100 - 97) \cdot 1} = 200 м^3 / год.$$

3. Щільність осаду, який поступає від сгущувача, т/м^3:

$$\rho''_{ос} = \frac{\rho'_{ос} \cdot W''_{ос} + \rho_{взв}(100 - W''_{ос})}{100} = \frac{1 \cdot 60 + 4{,}2(100 - 60)}{100} = 2{,}28 т / м^3, \quad (2.3)$$

де $W''_{ос}$ - вологість осаду в сгущувачі, %, $W''_{ос}$=60%

$\rho_{взв}$ - щільність зважених речовин, т/м^3

Тоді обсяг осаду від згущувача, м^3/год:

$$V''_{ос} = \frac{100 \cdot G_{сух} \cdot 1.2}{(100 - W'_{ос}) \cdot \rho'_{ос}} = \frac{100 \cdot 5 \cdot 1{,}2}{(100 - 60) \cdot 2{,}28} = 6{,}58 м^3 / год, \quad (2.4)$$

3. Щільність кеку після фільтр-пресу, т/м^3

$$\rho''_{ос} = \frac{\rho'_{ос} \cdot W''_{ос} + \rho_{вз}(100 - W'''_{ос})}{100} = \frac{2{,}28 \cdot 30 + 4{,}2(100 - 30)}{100} = 3{,}62 т / м^3 \quad (2.5)$$

де $W'''_{ос}$ - вологість кеку після вакуум-фільтру, %, $W'''_{ос}$=30%.

Обсяг кеку після фільтр-пресу, м^3/год:

$$V'''_{ос} = \frac{100 \cdot G_{сух} \cdot 1.2}{(100 - W'''_{ос}) \cdot \rho'''_{ос}} = \frac{100 \cdot 5 \cdot 1{,}2}{(100 - 30) \cdot 3{,}62} = 2{,}37 м^3 / год,$$

Кількість фільтрату, що поступає в приймальний резервуар від згущувача, м^3/год:

$$Q_1 = V'_{ос} - V''_{ос} = 200 - 6{,}58 = 193{,}42 м^3 / год. \quad (2.6)$$

Кількість фільтрату, що поступає в приймальний резервуар від фильтр-пресу, м^3/год:

$$Q_2 = V''_{ос} - V'''_{ос} = 6{,}58 - 2{,}37 = 4{,}21 м^3 / год.$$

Тоді в приймальному резервуарі фільтрату кількість води складе:

$$Q_ф = Q_1 + Q_2 = 193{,}42 + 4{,}21 = 197{,}63 м^3 / год. \quad (2.7)$$

Відкриті гідроциклони з конічною діафрагмою застосовують при витраті стічних вод на один апарат до 200 м^3/год для очищення від крупно-і дрібнодисперсних домішок гідравлічною крупністю 0,2 мм/с і більше, а також коагульованої суспензії. Для відкритих гідроциклонів передбачають:

- видалення шламу під гідростатичним тиском води;

- затримання спливаючих домішок кільцевих полузануреним щитом перед водозливом на відстані не більше 50 мкм.

- видалення спливаючих речовин занурюваної лійкою.

Конструктивні параметри гідроциклону з конічною діафрагмою:

1) діаметр апарату, 6 м,

2) висота циліндричної частини, 6 м,

3) кількість впуску, 2 шт ,

4) кут конічної частини, 600 ,

5) кут корпусу діафрагми, 900 ,

6) діаметр центрального отвору в діафрагмі, 3 м,

7) висота водозливу стінки над діафрагмою, 0,5 м,

8) діаметр водозливної стінки 6,2 м,

9) діаметр напівзанурювальної кільцевої перегородки, 6 м,

10) швидкість потоку на вході в апарат 0,3..0,5 м/с, приймаємо 0,3 м/с.

Гідравлічну крупність частинок, яку необхідно виділити для забезпечення необхідного ефекту, можна визначити, виходячи з формули питомого гідравлічного навантаження для відкритих гідроциклонів:

$$q_{г.ц} = 3.6 \cdot K_{г.ц.} \cdot U_0$$

$$U_0 = \frac{q_{г.ц}}{3.6 \cdot K_{г.ц.}} = \frac{5}{3.6 \cdot 1.98} = 0.7 мм/с$$

Тоді

$$q_{г.ц} = 3.6 \cdot 1{,}98 \cdot 0{,}7 = 4{,}99 м^3 / \left(м^2 \cdot год\right).$$

Продуктивність одного гідроциклону, м^3/год

$$Q_{гц} = 0{,}785 \cdot q_{гц} \cdot D_{гц}^2 = 0{,}785 \cdot 4{,}99 \cdot 6^2 = 141 м^3 / год.$$

Кількість гідроциклонів, шт:

$$N = \frac{Q_{общ}}{Q_{гц}} = \frac{2040{,}31}{141} = 15 шт.$$

Діаметр впуска, м:

$$d_{вп} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{общ}}{3600 \cdot N \cdot n_{вп} \cdot V_{вх} \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2040{,}31}{3600 \cdot 15 \cdot 2 \cdot 0{,}3 \cdot 3{,}14}} = 0{,}28 м.$$

приймаємо $d_{вп} = 300 мм$.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

3.1 Основні шкідливі та небезпечні чинники сталеливарних цехів

Роботи за енерговитратами організму у сталеливарних цехах відносяться до IIб категорії. Робота IIб категорії, пов'язана з ходьбою і перенесенням невеликих вантажів, до 10 кг. Оптимальні показники клімату поширюються на всю робочу зону, допустимі покажчики встановлюються диференційовано для постійних і непостійних робочих місць (табл. 3.1.).

Основними видами забруднення стічних вод є пісок, окалина, пил, флюси і д.р.

Стічні води сучасного металургійного заводу формуються з окремих цехових стоків, які багато в чому визначають витрата загальнозаводського стоку і його якісний склад.

Таблиця 3.1 – Оптимальні і допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень.

Період року	Категорія робот	Температура, ^{0}C					Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
		оптимальна	допустима				оптимальна	допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш	оптимальна	допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш
			верхня границя		нижня границя					
			на робочих місцях							
			постіні	непостійні	постійні	непостійні				
Холодний	Середньої важкості –IIб	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	Не более 0,4
Теплий	Середньої важкості –IIб	20-22	27	29	16	15	40-60	70 (при 25^{0}C)	0,3	0,2-0,5

Стічна вода має підвищену температуру (до 40°) і відносно невисоку концентрацію завислих речовин (до 1600 - 1700 мг/л).

В умовах цеху діє такий небезпечний й шкідливий фактор, як рухомі машини та механізми. Джерела небезпеки є: установки для підігріву шихти; механічні та автоматизовані пристрої для заливання, мостові крани; кран балки; монорельсовий шлях, розливні машини.

Фактичне та нормативне значення шкідливих чинників у сталеливарному цеху № 2 наведено у табл.4.2.

Таблиця 3.2 – Фактичне та нормативне значення шкідливих чинників у сталеливарному цеху № 2

Шкідливі фактори	Фактичне значення	Нормативне значення
Виробничий шум, дБа	90	80
Освітленість робочої зони, лк	150	150
Вібрація, Дб	91	91
Швидкість руху повітря, м/с	0,7	0,2 – 0,5
Напруги в електричному ланцюзі, В	1000	1000
Температура теплового випромінювання	32	13 – 29

Під час обслуговування електроустановок, відповідно до вимог «Правил улаштування електроустановок» (ПУЕ), обов'язковим є застосування основних і додаткових електрозахисних засобів [10].

Електрична ізоляція забезпечує захист енергосистем від надмірного витоку струму, запобігає ураженню персоналу та виключає ризик виникнення пожеж через коротке замикання. Нормативними документами встановлено, що електричний опір ізоляції мережі на дільниці між двома суміжними плавкими запобіжниками (або за відсутності запобіжників — між

жилою та землею) має становити не менше 0,5 МОм. У сирих виробничих приміщеннях, а також у зонах із постійним виділенням агресивних парів чи газів, вимоги до опору ізоляції підвищуються на 20–50% залежно від класу робочої напруги.

Електрична проводка у виробничих прольотах цеху виконується виключно ізольованими проводами та кабелями. У місцях, де існує загроза їхнього механічного пошкодження або термічного впливу, кабельні лінії в обов'язковому порядку прокладають у захисних металевих трубах, металорукавах або спеціальних закритих коробах.

Запобіжник є найпростішим автоматичним апаратом захисту, конструкція якого містить плавку вставку, що перегорає (руйнується) у разі перевищення номінального значення сили струму в електричному колі. До експлуатації допускаються лише калібровані вставки стандартного (заводського) виготовлення. Суворо забороняється замінювати їх несертифікованими елементами або використовувати кустарні перемички з мідного дроту («жучки»). Порушення цієї вимоги призводить до критичного перегріву провідників, руйнування й загоряння ізоляції та виникнення масштабних пожеж.

Електродвигуни для приводу технологічного устаткування вибирають відповідно до умов навколишнього середовища та технологічних вимог. Застосування в умовах ливарного чи сталеплавильного цеху електродвигунів закритого типу повністю виключає можливість випадкового дотику персоналу до струмопровідних частин під напругою. Крім того, їхні корпуси надійно захищені від потрапляння всередину струмопровідного пилу, металевої стружки, вологи та інших сторонніх предметів.

Згідно з вимогами безпеки, категорично забороняється робота електродвигуна в разі виявлення таких несправностей та дефектів [11]:

- нечітка або нестабільна робота пускового вимикача чи контактів апаратури керування;

- виникнення іскріння або кругового вогню на колекторі (для двигунів постійного струму);
- витікання мастильних матеріалів із корпусу редуктора або підшипникових вузлів;
- поява диму, специфічного запаху горілої ізоляції або перегрітого мастила;
- зафіксоване виникнення підвищеного шуму, нетипового стукоту, биття або вібрації машини.

Силові електродвигуни повинні піддаватися обов'язковій періодичній технічній перевірці, ревізії та випробуванням ізоляції з частотою не рідше одного разу на 6 місяців.

Пилогазові викиди та аспіраційні повітряні потоки ливарних і металургійних цехів насичені значною кількістю токсичних і шкідливих речовин (зокрема, дрібнодисперсним пилом, оксидами металів, монооксидом вуглецю, сірчистим ангідридом тощо). Проникаючи в організм працюючих через органи дихання або шкірні покриви, ці речовини чинять деструктивний фізико-хімічний вплив на клітини та тканини, викликаючи професійні захворювання (силікоз, пневмоконіоз) і спричиняючи стійкі порушення загальної життєдіяльності людини.

3.2 Заходи щодо зниження шкідливих та небезпечних чинників

Аспіраційні пилогазові викиди ливарних цехів містять значну кількість токсичних сполук та дрібнодисперсних аерозолів. Проникаючи в організм людини через дихальні шляхи, вони чинять деструктивний фізико-хімічний вплив на клітинному й тканинному рівнях, що призводить до хронічних патологій та стійких порушень життєдіяльності персоналу.

Для мінімізації виробничого травматизму на технологічних дільницях впроваджують комплексні захисні засоби:

- технічні обмежувачі: встановлення кінцевих вимикачів, обмежувачів вантажопідйомності та ходу механізмів;
- сигналізація та блокування: рухомі машини й агрегати (зокрема, мостові крани) в обов'язковому порядку оснащують гучною звуковою та чіткою світловою сигналізацією. Системи керування цими машинами передбачають надійне апаратне блокування від випадкового або несанкціонованого ввімкнення чи вимкнення;
- протиопіковий захист: з метою запобігання термічним опікам під час поводження з розплавом застосовують захисні захисні екрани й огорожі, локальну та загальнообмінну вентиляцію, системи водяного охолодження корпусів печей, а також високоефективні засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) із вогнестійких матеріалів;
- візуалізація небезпеки: розміщення на робочих місцях та зонах підвищеної небезпеки застережних знаків, сигнальних кольорів та попереджувальних плакатів.

До безпосереднього виконання функціональних обов'язків допускаються виключно особи, які пройшли комплексне навчання з охорони праці, первинний (або повторний) інструктаж із техніки безпеки та детально ознайомлені з правилами безпечної експлуатації відповідного обладнання. Усі новоприйняті керівники та інженерно-технічні фахівці зобов'язані пройти первинну атестацію та перевірку знань із пожежної безпеки в постійно діючій комісії підприємства.

З метою профілактики випадків виробничого травматизму, мінімізації ризиків виникнення професійних захворювань та загального поліпшення умов праці на підприємстві щорічно реалізується комплекс технічних та організаційних заходів, які регламентуються колективним договором та офіційною угодою з охорони праці, техніки безпеки і промислової санітарії.

Постійний моніторинг стану безпеки життєдіяльності на виробничих дільницях та в ремонтних службах здійснюється силами комісій I, II і III ступенів адміністративно-громадського контролю. Результати періодичних

оперативних перевірок фіксуються у спеціальних цехових журналах, а за фактом виявлення порушень складаються акти-приписи із зазначенням конкретних відповідальних осіб та суворих термінів усунення невідповідностей.

Новоприйняті робітники в обов'язковому порядку проходять [10]:

1. теоретичне та практичне навчання за обраним фахом;
2. освоєння безпечних методів і прийомів виконання робіт;
3. виробниче стажування безпосередньо на робочому місці під керівництвом досвідченого наставника;
4. кваліфікаційну перевірку отриманих знань у комісії підприємства.

Лише після успішного проходження всіх етапів підготовки персонал допускається офіційним наказом (розпорядженням) до самостійної роботи на об'єктах підвищеної небезпеки, до яких належать: вантажопідіймальні крани та машини, складне газове обладнання, дільниці приготування та використання розчинів кислот і лугів, плавильні агрегати, технологічні магістральні трубопроводи, судини, що працюють під тиском, а також силове електрообладнання.

Дільниці цехів у повному обсязі комплектуються первинними засобами пожежогасіння та стаціонарними пожежними щитами. Куріння на території підприємства суворо заборонено, за винятком спеціально облаштованих та сертифікованих для цього місць.

Персональна відповідальність за своєчасну розробку та впровадження нормативно-технічної документації (технологічних інструкцій) з організації збирання, суворого обліку, тимчасового зберігання, нейтралізації та подальшої утилізації відходів, що утворюються в ливарних цехах, покладається на Головного металурга заводу.

У свою чергу, відповідальність за безпосередній збір, безпечне тимчасове зберігання, накопичення та своєчасну здачу відходів виробництва на спеціалізовані підприємства покладається на начальників цехів. Вони

своїм розпорядженням призначають відповідальних осіб із числа інженерно-технічних працівників (ІТП) за первинний облік, складування і здачу відходів, а також чітко визначають межі, координати, об'єми та інженерне облаштування місць тимчасового накопичення відходів на цеховій території.

У комплексі заходів із боротьби з виробничим шумом першочергову увагу приділяють радикальній модернізації технологічних процесів та обладнання шляхом повної заміни шумних операцій на безшумні або малошумні. У практиці ливарно-металургійного виробництва доцільно реалізовувати такі інженерні заміни:

- заміна кування металу його штампуванням на пресах;
- заміна шумного пневматичного клепання та карбування – гідравлічним пресуванням або дуговим електрозварюванням;
- заміна сухої обробки литва наждачними кругами – екологічним вогневим (термічним) зачищенням;
- заміна розпилювання металу циркулярними пилами – високопродуктивним різанням на спеціальних гільйотинних чи прес-ножицях.

Під час реалізації таких конструктивних замін необхідно ретельно стежити, щоб нові технологічні процеси не створювали додаткових шкідливих чинників (наприклад, підвищеного виділення токсичних газів або аерозолів), які можуть чинити на працюючих більш негативний вплив, ніж початковий рівень шуму.

Основним вектором у системі пилопригнічення є запобігання утворенню пилових частинок або блокування їхнього надходження в повітряне середовище робочих приміщень. Пріоритетне значення тут мають заходи технологічного характеру. Технологічні процеси конструюють таким чином, щоб виділення дисперсного пилу було повністю виключене або зведене до мінімуму.

З цією метою сухі порошкоподібні матеріали, що схильні до пилення, максимально замінюють зволоженими, пастоподібними формами або

концентрованими розчинами, а їхнє транспортування й обробку ведуть виключно вологим способом. Якщо за умовами технології матеріал обов'язково повинен перебувати у сухому стані, замість тонкодисперсного порошку доцільно використовувати його у вигляді спресованих брикетів, пелет або таблеток, які мають низьку здатність до стирання й пилоутворення. Це правило однаково поширюється як на вихідні сировинні компоненти, так і на готову продукцію, супутні побічні речовини та шлакові відходи.

Такі методи запобігання пилоутворенню вже довели свою високу ефективність у промисловості. До них належать:

- технологія мокрого буріння та нагнітання води в товщу пластів у гірничорудній справі;
- гідравлічне видобування сировини за допомогою гідромоніторів;
- високотехнологічне гідравлічне та гідропіскоструминне очищення лиття від залишків формувальних сумішей;
- вологий помел компонентів у кульових млинах та мокре шліфування деталей;
- промисловий випуск пастоподібних хімічних барвників, пігментів та гранульованих наповнювачів.

Для надійної ізоляції потужних джерел конвективного та променистого тепла застосовують сучасні термоізоляційні матеріали з низьким коефіцієнтом теплопровідності. До традиційних та ефективних засобів належать легковагова пориста цегла, азбестові плити, а також спеціальні вогнетривкі глини з додаванням волокнистого азбесту.

Проте найкращий санітарно-гігієнічний та ергономічний ефект забезпечує водяне охолодження зовнішніх поверхонь гарячого технологічного обладнання. Воно реалізується у вигляді суцільних водяних сорочок або розгалужених систем охолоджувальних труб, що безпосередньо покривають зовнішні гарячі металоконструкції печей. Технічна вода, яка безперервно циркулює по замкненій системі труб, ефективно відбирає

теплову енергію від гарячої стінки, запобігаючи її скиданню в об'єм виробничого приміщення.

Для зниження інтенсивності інфрачервоного випромінювання на робочих місцях впроваджують екранування. Для цього використовують захисні щити висотою не менше 2 м, які встановлюють паралельно гарячій поверхні агрегату на фіксованій відстані 5-10 см від неї. Така просторова конфігурація щитів створює надійний бар'єр для поширення конвекційних потоків перегрітого повітря в навколишній простір цеху.

Конвекційні струмені під дією підйомної сили спрямовуються вгору по щілині, утвореній між гарячою стінкою обладнання та захисним щитом. Завдяки цьому нагріте повітря, минаючи дихальну та робочу зону персоналу, піднімається у підстельовий простір і ефективно видаляється назовні крізь загальноцехові аераційні ліхтарі чи шахти. Для локалізації та видалення надлишків тепла від невеликих або просторово обмежених джерел застосовують місцеві аспіраційні укриття (витяжні парасолі, кожухи, камери) з механічним або потужним природним відсмоктуванням [11].

3.3 Засоби індивідуального захисту

Відповідно до чинного Кодексу законів про працю України (КЗпП), робітникам ливарних цехів безплатно за встановленими галузевими нормами видаються спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту. На адміністрацію підприємства (керівництво цеху) покладається обов'язок своєчасно забезпечувати прання, хімічну чистку, сушіння, дезінфекцію, ремонт та регулярну видачу ЗІЗ. Усі засоби індивідуального захисту, що надаються персоналу, повинні суворо відповідати вимогам ДСТУ, технічних умов (ТУ), бути придатними і зручними для експлуатації, а також повністю відповідати реальним умовам праці та критеріям особистої безпеки робітників.

Для запобігання травмуванню очей робітники ливарних цехів застосовують закриті захисні окуляри з регульованим переніссям та безосколковим склом типу «триплекс». Специфіка підбору захисного скла залежить від професії:

- робітникам сумішопідготовчих відділень, вибивальникам форм та обрубувачам видаються окуляри з безбарвним (прозорим) склом, що надійно захищають органи зору від дрібнодисперсного пилу та осколків металу (грата, окалини);
- плавильникам та заливальникам розплаву видаються окуляри зі спеціальними синіми або зеленими світлофільтрами. Вони захищають очі металургів не лише від іскор і бризок рідкого металу, а й від шкідливого та подразнювального впливу потужного інфрачервоного (теплового) і видимого яскравого випромінювання джерела.

Основним бар'єром проти проникнення пилогазових домішок у дихальні шляхи працівників є протипилові та протигазові респіратори.

Вибивальники форм, а також обрубувачі, які виконують очищення й зачищення виливків на стаціонарних абразивних (заточувальних) верстатах, забезпечуються респіраторами типу ШБ-1 («Пелюстка»). Цей фільтрувальний елемент складається з тонкого високоефективного синтетичного матеріалу, розміщеного між двома захисними шарами марлі.

Робітники складів формувальних матеріалів і особливо персонал, задіяний на дільницях переміщення та переробки ферохромового шлаку, в обов'язковому порядку забезпечуються спеціалізованими протипиловими респіраторами підвищеного класу захисту.

Для захисту шкіри рук від агресивного впливу хімічних сполук використовують дерматологічні ЗІЗ: профілактичні захисні пасти, мазі, а також спеціальні очищувальні та мийні засоби.

Робітники, які контактують із хімічно їдкими та лужними матеріалами (зокрема, каустичною содою, ортофосфорною кислотою, синтетичними смолами), застосовують гідрофобні пасти, які утворюють на поверхні рук

стійку невидиму захисну плівку. Пасти (наприклад, «Ялот», «КМ», казеїнова тощо) виготовляють на основі мила, крохмалю, ефірів целюлози, казеїну та інших гідрофільних або гідрофобних компонентів;

Для видалення стійких виробничих забруднень, які важко змиваються звичайною водою з милом, застосовують спеціальні очищувальні пасти (до складу яких входять м'які луги, солі та ПАР), а також безпечні розчинники, змочувачі та механічні скраби-очищувачі (дрібнодисперсний кварцовий пісок, пемза, глина, деревне борошно).

Щоб нівелювати шкідливий вплив несприятливих виробничих чинників на організм, персонал забезпечується спецодягом, матеріал якого підбирають з урахуванням конкретної професії: робітники, які обслуговують рухомі механізми та конвеєри, повинні користуватися спецодягом із легкої бавовняної тканини з низьким опором на розрив. У разі випадкового зачеплення тканини обертовою частиною верстата або вала, одяг легко розривається, що запобігає затягуванню кінцівок та важкому травмуванню працівника.

Для захисту рук від механічних пошкоджень та термічних факторів видаються рукавиці:

- шихтувальники, вибивальники форм та обрубувачі забезпечуються цупкими рукавицями з бавовняної тканини з міцними брезентовими наладонниками;
- стропальникам та іншому персоналу, що виконує навантажувально-розвантажувальні роботи й переміщення важких довгомірних вантажів за допомогою кранового господарства, видаються спеціальні рукавиці з інтегрованою металевою ударозахисною арматурою (вставками).

Конфігурація спецвзуття в ливарному виробництві покликана мінімізувати травматизм у специфічних зонах:

- плавильники та заливальники розплавленого металу забезпечуються сукняними повстяними літніми/зимовими чоботами

(валянками) або шкіряними черевиками з механізмом швидкого скидання, які надійно захищають ноги від пропалів при потраплянні бризок розплаву;

- стропальники, шихтувальники та робітники суміжних спеціальностей, які працюють у зонах транспортування важких вантажів та великогабаритного оснащення, забезпечуються спеціальними черевиками з жорсткими ударозахисними підносками (металевими або композитними вставками), що витримують значне вертикальне навантаження при випадковому падінні предметів.

3.4 Пожежна профілактика

Відповідно до нормативних вимог будівельних норм (ДБН В.1.1-7:2016), загальний технологічний процес ливарного цеху за ознаками пожежної небезпеки класифікується як категорія «Г». Головним чинником такого визначення є те, що під час виробництва обробці піддаються негорючі матеріали та металошихта у розпеченому або розплавленому стані, що супроводжується виділенням значної кількості променистого тепла та іскор.

Проте окремі виробничі дільниці та допоміжні приміщення цеху мають диференційоване категоризування за рівнем вибухопожежної та пожежної небезпеки [11]:

- плавильно-заливне відділення: категорія Б (через специфіку взаємодії розплавів та можливе виділення горючих газів);
- дільниця термічної обробки (термообробка): категорія Б;
- формувальне відділення (виготовлення форм): категорія Б;
- лабораторія люмінесцентного контролю (люм-контроль): категорія Б (пов'язана з використанням легкозаймистих дефектоскопічних рідин та ЛЗР);
- побутові та адміністративні приміщення: категорія В (наявність твердих горючих матеріалів);
- склади металошихти та формувальних матеріалів: категорія Д;

- дільниця регенерації формувальних сумішей: категорія Д.

Пожежна профілактика являє собою цілісний комплекс організаційно-технічних заходів, спрямованих на виключення можливості виникнення пожеж, гарантування безпеки персоналу та створення оптимальних умов для оперативної локалізації й гасіння вогню. Належна організація профілактичної роботи на промислових підприємствах дозволяє щорічно запобігати виникненню мільйонів потенційних пожеж та загорянь.

Обов'язковим елементом ефективної превентивної діяльності є чітка система доведення вимог безпеки до безпосередніх виконавців. Вона реалізується шляхом активної протипожежної пропаганди, регулярного навчання, проведення цільових інструктажів на робочих місцях та забезпечення інформаційними матеріалами. Важливу роль у вдосконаленні діючих протипожежних вимог відіграють планові обстеження та перевірки з боку органів державного нагляду (ДСНС), а також ретельний інженерний аналіз причин виникнення будь-яких випадків загорянь.

У межах досліджуваних дільниць цеху виникнення пожежі або вибуху може бути зумовлене такими експлуатаційними чинниками:

- електротехнічні аварії (клас пожежі – Е): займання силового чи освітлювального електрообладнання, кабельних ліній та пускової апаратури внаслідок тривалих перевантажень, критичного перегріву або короткого замикання;
- займання рідких горючих речовин (клас пожежі – В): спалахування паливно-мастильних матеріалів, технологічних олив або гідравлічних рідин у разі потрапляння в них іскор електричного/механічного походження, впливу теплового випромінювання або відкритого полум'я;
- вибухи газових середовищ (клас пожежі – С): на нагрівальних та термічних дільницях існує загроза утворення, займання та детонації горючих газоповітряних сумішей (природного або технологічного газу);
- тліючі та горючі матеріали (клас пожежі – А): самозаймання промасленого ганчір'я (дрантя) та відходів обтиральних матеріалів у разі

їхнього неправильного накопичення чи порушення умов зберігання;

- атмосферні та фізичні явища: руйнівна дія розрядів статичної електрики або прямих ударів блискавки (грозового розряду) за відсутності або несправності контурів заземлення та блискавкозахисту.

Для ліквідації вогню водою в цеху передбачено протипожежний водопровід, який конструктивно об'єднаний із внутрішнім виробничим водопровідним контуром. Внутрішня мережа будівлі оснащена пожежними кранами, комплектованими гнучкими брезентовими (або синтетичними) рукавами та відповідними стволами-відводами. Зовні корпусу, по всьому його периметру, в підземних оглядових колодязях змонтовані пожежні гідранти для підключення спецтехніки.

Протипожежний водогін розрахований на безперебійне подавання нормативного об'єму води. Якщо гідродинамічний тиск у загальній мережі є недостатнім, система обладнується автоматичними насосними станціями підвищення тиску або мобільними пожежними мотопомпами.

Технічний норматив: Робочий тиск води повинен гарантувати висоту компактної частини струменя не менше 10 м за довжини рукава до 100 м та його діаметрі 66 мм. При цьому розрахункова витрата води на гасіння має становити не менше 5 л/с.

Для локалізації початкових стадій загорянь у цеху розгорнуто первинні засоби пожежогасіння, склад яких відповідає «Правилам пожежної безпеки в Україні». Пожежні щити закритого або відкритого типу розміщують на території з розрахунку один щит на 5000 м² площі.

Комплектація кожного пожежного щита включає:

- вогнегасники (порошкові або вуглекислотні) – 3 шт.;
- стаціонарний ящик із сухим піском – 1 шт.;
- покривало з вогнетривкого матеріалу (кошма) – 1 шт.;
- пожежні багри – 2 шт.;
- ломи – 2 шт.;
- совкові та штикові лопати – 2 шт.;

- пожежні сокири – 2 шт.

Відповідно до архітектурних вимог безпеки, вихід офіційно вважається евакуаційним, якщо він веде з приміщень першого поверху назовні безпосередньо, або опосередковано через: ізольований транспортний коридор; захищену сходову клітку; коридор і вестибюль (фоє);коридор і суміжну сходову клітку.

Для приміщень будь-якого іншого поверху (крім першого) вихід є евакуаційним, якщо він веде в коридор, що має безпосередній вихід на сходову клітку або на зовнішні евакуаційні сходи 3-го типу, чи у хол (фоє) з аналогічним виходом.

Усі технологічні відділення та дільниці ливарного цеху обладнані не менше ніж двома незалежними евакуаційними виходами. Ця планувальна конфігурація є повністю достатньою для швидкої та безпечної евакуації максимально можливої чисельності персоналу з найбільш віддалених робочих місць.

Геометричні та світлотехнічні параметри евакуаційних шляхів цеху:

- організація аварійного (евакуаційного) освітлення виконана відповідно до вимог будівельних норм;
- габаритна висота евакуаційних виходів (дверей) становить не менше 2,0 м, а їхня чиста ширина — не менше 0,8 м;
- висота проходів на шляхах евакуації становить не менше 2,0 м, а ширина коридорів – не менше 1,2 м.

У загальних магістральних коридорах суворо заборонено розміщувати будь-яке технологічне обладнання, комунікаційні шафи або газопроводи, які виступають за площину стін на висоті менше ніж 2,0 м від рівня підлоги (за винятком спеціальних ніш для пожежних кранів). Двері на шляхах евакуації відкриваються по ходу руху людей із приміщень і не мають внутрішніх засувок або запорів, які б перешкоджали їхньому вільному відчиненню зсередини без застосування спеціальних ключів. Усі зазначені геометричні та режимні параметри в межах цеху повністю витримані.

ВИСНОВКИ

Продукція ПАТ «ДСЗ» (Дніпровський стрілочний завод) призначена для укладання на магістральних, приймально-відправних і гіркових коліях, а також на під'їзних шляхах промислових підприємств, гірничо-збагачувальних комбінатів та метрополітенів.

Під час перебігу технологічних процесів у ливарних цехах підприємства утворюються значні об'єми забруднених стічних вод.

На сьогодні навіть після проходження наявного очисного комплексу концентрація полютантів у скидних стоках перевищує встановлені нормативні показники. Для вирішення цієї проблеми та інтенсифікації очищення технологічної води на підприємстві пропонується впровадити відкриті гідроциклони.

На основі виконаного аналізу ефективності функціонування існуючої системи зворотного водопостачання ливарних цехів, а також детального розгляду діючих схем і методів сепарації, обґрунтовано доцільність застосування відкритого гідроциклону. Інтеграція цього апарата дозволить суттєво підвищити загальну ефективність роботи водоочисного контуру.

Ключові технологічні переваги відкритих гідроциклонів:

- висока питома продуктивність: здатність ефективно переробляти значні об'єми стічних вод за одиницю часу;
- стабільність показників сепарації: збереження високої роздільної здатності твердої та рідкої фаз за значних швидкостей вихрового потоку;
- компактність інженерного рішення: мінімальні габаритні розміри, що дозволяє легко інтегрувати обладнання в умови обмеженого простору діючих очисних споруд цеху.

Стічна вода підприємства забруднена дрібнодисперсними фракціями пилу та завислих речовин – кварцового піску, глини, сажі, зольних компонентів тощо. Середня початкова концентрація завислих речовин у стічній воді становить 10 г/дм^3 (або 10 г/л). Очищена (освітлена) вода після

проходження всього циклу сепарації містить не більше 150-200 мг/дм^3 (150-200 мг/л) залишкових домішок, що відповідає вимогам до якості технічної води для газопромивачів.

Очищення води запроєктоване на відкритих гідроциклонах із застосуванням процесу коагуляції. Оскільки концентрація забруднень у стоках коливається у значних межах, а скидання шламового навантаження відбувається періодично (1-2 рази на тиждень), схема передбачає двоступеневе розділення фаз. Основним етапом видалення дисперсних завислих речовин є сепарація на відкритих гідроциклонах, тоді як глибоке очищення стоків від нафтопродуктів, жирів та масел здійснюється на флотаторах напірного типу.

Забруднена вода з цехів самопливом надходить у приймальний резервуар-усереднювач, обладнаний механічною мішалкою для безперервного перемішування та запобігання осадженню важких фракцій піску. Увімкнення мішалки та відкачувальних насосних агрегатів автоматизоване й регулюється залежно від робочих рівнів рідини в резервуарі. З приймальної місткості стоки забираються спеціальними пісковими насосами (грунтовими насосами типу ГрАТ або аналогами) і під тиском подаються на гідроциклони.

Після гідроциклонів освітлена вода скеровується під залишковим напором у підземний резервуар чистої води, розташований ззовні будівлі блоку очищення. З цього резервуара оборотна вода насосами високого тиску повертається в цехи на повторне використання в апаратах мокрого пиловловлювання (скруберах Вентурі).

На основі розрахунків гідроциклон відкритий з конічною діафрагмою, в кількості 15 штук.

Розраховано наступні технологічні характеристики: ефект освітлення – 95%, продуктивність одного гідро циклону 141 м^3/год. Гідроциклони мають наступні параметри: діаметр апарату – 6 м; діаметр впуска – 3 м.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Волошина Н. О. Екологія : навч. посіб. Ч. 1. 2-ге вид. Київ : НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2020. 243 с.

2. Волошина Н. О. Екологія : навч. посіб. Ч. 2. 2-ге вид. Київ : НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2020. 218 с.

3. Галузі сучасної біотехнології : підручник / С. В. Дігтяр та ін. Кременчук : Щербатих О. В., 2021. 126 с.

4. Гвоздяк П. І. Біохімія води. Біотехнологія води : автомонографія. Київ : Києво-Могилянська академія, 2019. 228 с.

5. Горун М. В., Пиріг Г. І., Файфура В. В., Федірко М. М. Екологія : навч. посіб. Тернопіль : Економічна думка, 2019. 156 с.

6. Загальна екологія : конспект лекцій / уклад. Д. П. Плахтій. Кам'янець-Подільський : ЗВО «ПДУ», 2024. 303 с.

7. Ісаєнко В. М., Бабікова К. О., Саталкін Ю. М., Романов М. С. Інженерна екологія : підручник. Київ : НАУ, 2019. 452 с.

8. Петруша Ю. Ю., Рильський О. Ф. Екотехнологія : конспект лекцій. Запоріжжя : ЗНУ, 2019. 73 с.

9. Трофімчук Н. В. Екологія : навч.-метод. посіб. Рівне : НУВГП, 2021. 192 с.

10. Жидецький, В.Ц. Основи охорони праці : +CD-ROM : підручник для ВНЗ: [затв. М-вом освіти і науки, молоді та спорту України]. Київ : Знання, 2010. 373 с.

11. Геврик, Є.О. Охорона праці : навч. посібник для внз : [рек. М-вом освіти і науки України]. Київ : Ельга, Ніка-Центр, 2004. 279 с.