МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

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

КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ

рівень вищої освіти____ *другий (магістерський) рівень* _____

на тему *«Проект споруд для очищення стічних вод газоочисток киснево-конвертерного виробництва»*

Виконав: студент *2* курсу, групи *8.1834*

спеціальності __*183 Технології захисту навколишнього середовища*
(код і назва спеціальності)
освітньої програми _*Технології захисту навколишнього середовища*
(назва освітньої програми)
спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)
Панасенко О.О. _____
(ініціали та прізвище) (підпис)

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

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

Запоріжжя
2025

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 _____*другий магістерський рівень*_____
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*

"____" _____2025 року

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

_____ *Панасенко Олександру Олександровичу*_____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи)__*«Проект споруд для очищення стічних вод газоочисток киснево-конвертерного виробництва»*_____

керівник роботи (проєкту)_____*доц.,к.т.н. Кожемякін Геннадій Борисович*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від *27.02 2025* року № *319-с*

2. Строк подання студентом роботи (проєкта)____*10.12.2025*_____

3. Вихідні дані до роботи (проєкта)__*Витрата стічних вод - 2500 м^3/год, Початковий вміст завісі - 2700 г/м^3, Температура стічних вод - 60^{o}С,*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) *Технологія мокрої очистки газів конвертерних печей. Джерела утворення забруднених стічних вод. Аналіз існуючих схем очистки стічних вод конвертерного виробництва. Обґрунтування способу очистки стічних вод. Розрахунок очисних споруд систем очистки стічних вод. Охорона праці. Техніко-економічне обґрунтування проекту.*_____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) *Креслення, презентаційний матеріал: Розріз системи мокрої очистки технологічних газів конверторів. Скрубер Вентурі. Технологічна схема очистки стічних вод. Основні апарати схеми очистки стічних вод. Охорона праці. Техніко-економічні показники*_____

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання прийняв
Розділ 1	*Кожемякін Г.Б., доцент*	
Розділ 2	*Кожемякін Г.Б., доцент*	
Розділ 3	*Кожемякін Г.Б., доцент*	
Розділ 4	*Кожемякін Г.Б., доцент*	
Нормоконтроль	*Бєлоконь К.В., доцент*	

7. Дата видачі завдання__*15.03.2025*_____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	*Загальна частина*	*09.2025-10.2025*	
2	*Спеціальна частина*	*10.2025-11.2025*	
3	*Охорона праці*	*11.2025*	
4	*Креслення*	*11.2025-12.2025*	

Студент _____ *О.О. Панасенко*__
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ _*Г.Б. Кожемякін*
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційний проект для здобуття ступеня вищої освіти магістр:

89 с., 6 табл., 12 рис., 33 джерел.

ОЧИСТКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ГАЗІВ, СКРУБЕР ВЕНТУРІ, КОНВЕРТОРНЕ ВИРОБНИЦТВО СТАЛІ, РЕАГЕНТНЕ ГОСПОДАРСТВО, ВІДСТІЙНИК, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ВОДООЧИСТКИ, ВАКУУМ-ФІЛЬТР, ОХОРОНА ПРАЦІ

Об’єкти дослідження – система очистки стічних вод конвертерного виробництва;

Предмет дослідження – технологія очищення стічних вод газоочисток конвертерного цеху;

Мета роботи – на основі вивчення апаратурно-технологічних схем очистки стічних вод, які експлуатуються у промисловому виробництві, технологій переробки та утилізації шламів конвертерного виробництва проаналізувати умови і причини виникнення промислових стоків, технологічні процеси по зменшенню скидів та розробити технологію очищення стічних вод з метою запобігання забруднення навколишнього середовища, провести розрахунок обладнання, що використовується в процесі очистки, а також підібрати допоміжне обладнання.

Проаналізовані джерела утворення стічних вод конвертерного виробництва, наведено їх фізичні та хімічні властивості. Виконаний аналіз існуючих технологій очищення стічних вод систем очищення газів конвертерних печей. Проведено розрахунки, за результатом яких було підібрано технологічне обладнання для очищення стічних вод, а саме: реагентне господарство, споруди подачі та змішування робочих розчинів реагентів, радіальний відстійник. Виконано розрахунок ділянки згущення та зневоднення вловлених шламів.

ЗМІСТ

ВСТУП …… 7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА ……..…. 10
1.1 Системи очищення газів конвертерних цехів ……..……..... 10
1.1.1 Характеристика технологічних газів конвертерних печей ……. 11
1.1.2 Системи мокрого очищення технологічних газів конвертерного виробництва ……..……..… 15
1.2 Характеристика стічних вод газоочисток конвертернних печей ……. 29
1.3 Способи очищення стічних вод конвертерного виробництва ……... 35
1.4 Утилізація шламів конвертерного виробництва сталі …… 39
2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА ……..…. 41
2.1 Перерахунок витрат …… 41
2.2 Розрахунок споруд та обладнання реагентного господарства ……..……..... 43
2.2.1 Склад зберігання флокулянта …… 43
2.2.2 Приготування робочого розчину флокулянта…… 44
2.2.3 Дозування робочого розчину флокулянту ……. 46
2.3 Розрахунок вапняного господарства …..…….…….. 46
2.3.1 Склад зберігання вапна ……..…..…… 46
2.3.2 Приготування робочого розчину вапняного молока ……..…… 47
2.3.3 Дозування вапняного молока ……..…. 48
2.4 Процес змішування реагентів …… 48
2.5 Розрахунок радіальних відстійників із вбудованою камерою пластівцеутворення ……..……..……. 51
2.6 Підготовка вловленого шламу до утилізації ……..……. 55
2.6.1 Гравітаційне згущення осадів …….. 55
2.6.2 Механічне зневоднення осаду …… 56
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА …….. 60

3.1 Основні небезпечні і шкідливі фактори виробничого середовища
на спорудах з очищення стічних вод …….…….. 60
3.2 Заходи з охорони праці на очисних спорудах, спрямовані на
зменшення впливу шкідливих та небезпечних виробничих факторів ….. 63
3.3 Заходи безпеки в реагентному господарстві …….……. 65
3.4 Безпечна експлуатація обладнання у відділенні утилізації
та зневоднення шламу ……..… 67
3.5 Технічні заходи з виробничої санітарії на очисних спорудах ……..…. 68
3.5.1 Мікроклімат ……. 68
3.5.2 Організація вентиляції та опалення …… 69
3.5.3 Освітлення виробничих приміщень …… 70
3.6 Електробезпека на очисних спорудах ……. 71
3.7 Пожежна безпека очисних споруд ……..……. .. 73
4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ …….…….. 76
4.1 Розрахунок капітальних вкладень …….. 77
4.2 Розрахунок витрат на очищення оборотної води …….. 79
4.3 Техніко-економічне обґрунтування рішень прийнятих в проекті …… 83
ВИСНОВКИ …… 85
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ …….. 86

ВСТУП

Вода відіграє вирішальну роль у перебігу багатьох природних процесів та забезпечує нормальну роботу різних сфер людської діяльності. У промисловому виробництві вона використовується як сировина, енергоресурс, охолоджувальний агент, розчинник, екстрагент, а також як середовище для транспортування матеріалів і сировини.

Інтенсивне зростання промислового сектора підвищує потребу у мінімізації негативного впливу виробничих стічних вод на водні ресурси, оскільки багато сучасних технологічних процесів передбачають скидання відпрацьованих вод у природні водойми.

Різноманітність складу, властивостей і кількості промислових стоків вимагає впровадження спеціалізованих методів їх локального, попереднього та повного очищення.

У системі інженерних комунікацій будь-якого підприємства важливе місце займає каналізаційна інфраструктура, яка забезпечує відведення води, що вже не може бути повторно використана з технічних чи економічних причин, а також її подальшу первинну та основну очистку.

Чорна металургія є одним із найбільших споживачів води. Її водоспоживання становить 15–20% загального споживання води промисловими підприємствами країни. Сучасне металургійне підприємство на виробництво 1 т сталевого прокату витрачає 180–200 м³ води.

Добовий оборот води на окремих підприємствах досягає 3 млн м³ і більше. З цієї кількості близько 48% припадає на охолодження обладнання, 26% — на очищення газів, 12% — на обробку та облагородження металу, 11% — на гідравлічне транспортування і 3% — на інші потреби. Безповоротні втрати, пов’язані з випаруванням та винесенням крапель у системах оборотного водопостачання, з приготуванням хімічно очищеної води, з втратами у технологічних процесах, становлять 6–8%. Решта води у вигляді стоків повертається до водойм. Близько 60–70% стічних вод належать до

«умовно чистих», тобто таких, що мають лише підвищену температуру. Решта стічних вод (30–40%) забруднені різними домішками та шкідливими сполуками.

Витрата води за видами металургійного виробництва [11]

Гірничорудне —	руда —	12 м³/т (4,5 свіжої),	5,0%
Агломераційне —	агломерат —	7,5 м³/т (0,6 свіжої),	3,1%
Коксохімічне —	кокс —	12,5 м³/т (1,0 свіжої),	5,2%
Доменне —	чавун —	60 м³/т (4,5 свіжої),	25,0%
Сталеплавильне —	сталь —	52 м³/т (3,5 свіжої),	21,7%
Прокатне —	прокат —	96 м³/т (5,5 свіжої),	40,0%
Разом —	сталь —	240 м³/т (20 свіжої),	100%

Вода, що використовується металургійними підприємствами, повинна мати певні якісні характеристики: температуру, вміст завислих частинок, вміст масел і смол, водневий показник pH.

Усі стічні води забруднені завислими частинками, що утворюються під час очищення від пилу, золи та інших твердих матеріалів. Прокатне виробництво, крім того, є джерелом забруднення маслами, емульсіями та травильними розчинами. Велика кількість споживаної води металургійними виробництвами потребує створення на підприємствах ефективних систем водоочищення.

Незважаючи на широке використання систем оборотного водопостачання на металургійних підприємствах, кількість стічних вод є значною. Вони містять механічні домішки органічного та мінерального походження, зокрема $Me(OH)_2$, нафтопродукти, токсичні сполуки. Приблизний якісний склад стічних вод є однаковим, а концентрація забруднювальних речовин значно варіює залежно від технологічного процесу.

Найбільша кількість води потрібна у прокатному, доменному та сталеплавильному виробництвах.

У сталеплавильному виробництві стічні води утворюються під час очищення газів мартенівських печей, конвертерів, електропечей, охолодження

та гідроочищення изложниць, установок безперервного розливання сталі та промивання котлів-утилізаторів. Вміст завислих частинок у таких стоках досягає 7000 мг/л.

Одним із провідних напрямів сучасного науково-технічного розвитку є розроблення маловідходних і безвідходних технологічних рішень. У галузі очищення стічних вод це передбачає використання каналізаційних систем, що забезпечують мінімальний або повністю відсутній скид стоків у природні водойми.

Найдієвішим методом скорочення кількості стічних вод є впровадження оборотних та замкнених систем водопостачання, у яких вода проходить очищення, охолодження, обробку і знову повертається в технологічний процес без скидання в навколишнє середовище.

Організація замкнених систем технічного водопостачання з можливістю вилучення цінних речовин є пріоритетним завданням при будівництві нових виробництв або модернізації існуючих. Перехід до безстічних чи малостічних схем можливий завдяки багаторазовому використанню води та заміні водяного охолодження на повітряне. А застосування технологічних процесів, що не потребують води, повністю усуває формування стічних вод.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

У зв'язку з меншою енергоємністю киснево-конвертерного способу виробництва стали порівняно з мартенівським способом, доля виплавки конвертерної сталі безперервно збільшується.

При продуванні рідкого чавуну киснем в конвертері відбувається вигорання з чавуну вуглецю і інших домішок. Продукт згорання (конвертерний газ), що утворюється, містить в основному оксид вуглецю (86-90%), діоксид вуглецю (8-14%), а також невелику кількість кисню, азоту і деяких інших речовин, наприклад сірки. За наявними даними, кількість сірки, що виноситься з газовою фазою за плавку, складає 7-8% від змісту сірки в шихті [1].

Щоб уникнути викидів шкідливих речовин в атмосферу у вигляді бурого диму за конвертером споруджують складний і дорогий газовий тракт, що включає установки для охолодження конвертерних газів з використанням їх тепла, газоочисні установки, димососні установки і димар [2].

1.1 Системи очищення газів конвертерних цехів

Вихід конвертерних газів має циклічний характер і визначається, в першу чергу, швидкістю згорання вуглецю і умовами продування.

У зоні зіткнення кисню з чавуном в конвертері розвивається висока температура (до 3000 °С), при якій випаровуються оксиди заліза і інших домішок. Ці пари разом з конвертерним газом виходять з конвертера, охолоджуються і конденсуються, утворюючи велику кількість найдрібніших часток пилу. Крім того, конвертерний газ виносить дрібні частки руди, винищити і інших добавок, що завантажуються в конвертер в процесі плавки. На 1 т плавки в конвертері утворюється до 90 м^3 газу і до 20 кг пилу. Пил складається в основному із заліза і його оксидів (60-70%), вапна (5-17%), кремнію (0,7-3,0%) і деяких інших компонентів [9]. Хімічний склад пилу мало

залежить від інтенсивності продування, але значно змінюється по періодах плавки.

В процесі кисневого продування чавуну з конвертерів з газами, що відходять, виноситься 1,5-2,0% пилу від маси залитого чавуну. Концентрація пилу в газах змінюється в діапазоні 20-250 г/м^3 і залежить від великого числа чинників: системи відведення і охолодження газу; режиму кисневого продування, якості, гранулометричного складу, вологості вапна і інших сипких присадок, що подаються в конвертер по ходу продування.

1.1.1 Характеристика технологічних газів конвертерних печей

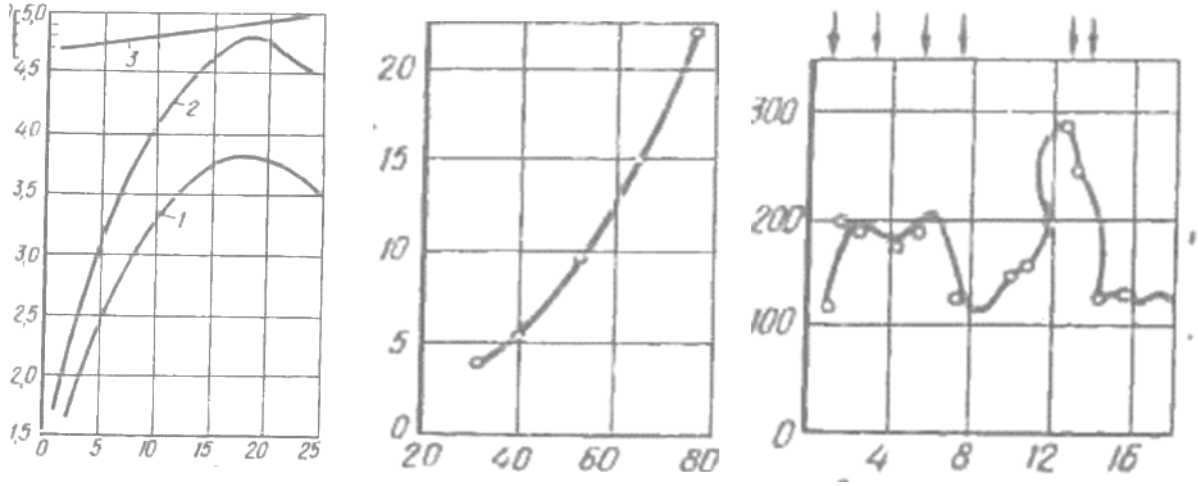
Обсяг газовиділень у конвертерному процесі визначається сукупністю технологічних параметрів, серед яких провідну роль відіграє витрата кисню, що подається для окиснення вуглецю. На інтенсивність і кількість утворюваних газів також впливають рецептура шлакоутворювальних матеріалів (зокрема вапно та вапняк), хімічний склад вихідного чавуну, характеристики виплавлюваної сталі, а також низка інших виробничих факторів.

Газова суміш, що виходить із конвертера, підлягає обов’язковому уловлюванню з подальшим відведенням, поетапним охолодженням і очищенням від твердих домішок. У процесі зниження температури відбувається конденсація парів оксидів заліза та інших компонентів, унаслідок чого в газовому потоці формуються надтонкодисперсні тверді частинки. Саме ці пилоподібні фракції, відомі як перегони, становлять переважну частину загальної маси пилу.

Інтенсивність утворення конвертерних газів не є сталою величиною та істотно змінюється на різних етапах плавильного циклу (рис. 1.1 а).

Хімічний склад конвертерних газів також значно змінюється по ходу плавки, у міру продування розплаву кисло-родом і в середньому коливається в наступних межах, % [12]: CO - 85..90; CO_2 - 8..14; O_2 - 1,5/.3,5; N_2 - 0,5..2,5.

Температура конвертерних газів, що відходять, на виході з горловини конвертера впродовж проведення кисневого продування підвищується від 1250-1300°С на початку продування до 1600-1700°С в середині і кінці продування. З конвертерними газами виноситься значна кількість високодисперсного пилу у вигляді бурого диму.



1 - кількість газів при роботі на руді; 2 - те ж, на скрапі (10-25%);
3 - температура газів

Рисунок 1.1 - Зміна температури, кількості конвертерних газів і вміст пилу в них по ходу плавки (а), (в) і залежно від витрати кисню (б)

По періодах плавки викид пилу розподіляється нерівномірно (рис. 1.1, в). Максимальні значення запиленості спостерігаються у момент завантаження в конвертер сипких матеріалів (вказані стрілками).

Таблиця 1.1 - Хімічний склад конвертерного пилу

Час від початку плавки, год	Масова доля, %				
	Fe_2O_3	FeO	CaO	SiO_2	C
0,02-0,07	55,4	15,0	31,9	2,0	0,7
0,07-0,18	16,6	78,8	2,5	1,5	0,6
0.18-0,25	16.8	64,6	4,1	1,2	0,5

Дисперсний склад пилу в пробах, узятих перед газоочисною установкою (середня проба за усю плавку), характеризується наступними даними [13]:

Розмір часток, мкм	0-3	3-60	60-150	Більше 150
Масова доля, %	74	9	4	13

При певних параметрах пилогазового потоку частки високодисперсного пилу можуть утворювати агрегати, які складаються з декількох десятків часток. Найбільш вирогідно, що в порожнині конвертера в максимальній кількості містяться частки з діаметром 0,30 мкм, вони існують окремо або в невеликих агрегатах (по 2-5 часток).

Запиленість конвертерного газу при виході з конвертера може досягати 250 г/м^3. Максимальні значення запиленості відзначаються у момент подачі сипких матеріалів.

В цілому при продуванні киснем ванни розплавленого металу в конвертері у вигляді пилу втрачається 1,5-2% маси залитого в конвертер чавуну. Понизити кількість пилу, що утворюється, можна шляхом збільшення кількості кремнію і марганцю в металі і додавання водяної пари до кисневого дуття. Дослідження показали, що при вмісті в розплаві металу у ванні конвертера 3% вуглецю добавка в струмінь кисню 50% H_2O дозволяє понизити кількість пилу, що утворюється, в три рази.

З конвертерними газами виноситься до 14% сірки, що міститься в шихті, з них 13% міститься в пилу і 1% в газовій фазі. Кількість SO_2 в газі коливається в межах 20-200 мг/м^3. Сірка в конвертерному пилу міститься у вигляді сульфідів і сульфатів, її кількість в пилу в горловині конвертера і в тракті, що газовідводить, приблизно однаково.

Оксидів азоту в конвертері практично не утворюється. Проте при допалюванні CO в котлі-охолоджувачі вихід оксидів азоту складає приблизно 100 мг/м^3, або 50 г/т сталі. Оксиди азоту утворюються також при допалюванні конвертерного газу на свічці у кількості 30 г/т сталі [9].

Хімічний склад конвертерного газу без допалювання окислу вуглецю, % (об’ємн): 17 CO_2: 16 N_2: 67 CO. Крім того, в газі міститься, мг/м^3 : до 70 SO_2; 30 H_2S; 200 F і 20 Cl. Запиленість газу на виході з конвертера доходить до 200 г/м^3 [15].

Кількість газу, що утворюється в конвертері після стадії повного допалювання оксиду вуглецю, визначається насамперед об’ємом агрегату, типом сталі, яка виплавляється, а також особливостями застосовуваної технології плавлення. За умов повного окиснення CO та інтенсивності кисневої продувки на рівні 10 м³/с об’ємний склад конвертерного газу характеризується такими показниками: близько 31 % діоксиду вуглецю, 60 % азоту та 9 % кисню.

Окрім основних компонентів, у газовій суміші присутні домішки шкідливих речовин, концентрація яких становить, мг/м³: до 50 — діоксиду сірки, приблизно 100 — сполук фтору та до 10 — хлору. Вміст твердих частинок у газі безпосередньо на виході з конвертера може досягати 200–250 г/м³. У процесі транспортування газу через газовідвідні комунікації та котел-утилізатор значна частина пилу осідає, у результаті чого перед надходженням на установки газоочищення його концентрація знижується до значень, що не перевищують 50 г/м³.

Пилова фракція конвертерного газу формується переважно з оксидів заліза, водночас у її складі також наявні сполуки кремнію, алюмінію, кальцію, магнію та марганцю. Переважна частина пилових частинок — близько 80 % — має розміри менші за 1 мкм, а середня густина пилу знаходиться в межах 4–5 г/см³ [4].

У установках з частковим допалюванням CO запиленість газів перед очищенням дещо більше, ніж в установках з повним допалюванням, внаслідок меншого вступу в гази повітря, і складає 30-80 г/м^3. Дисперсний склад пилу при частковому допалюванні CO за інших рівних умов мало відрізняється від складу при повному допалюванні. Хімічний аналіз пилу показує, що при частковому допалюванні CO в початковий і кінцевий періоди продування, велика частина пилу окислена до Fe_2O_3. У основний період продування велика частина пилу представлена у вигляді FeO.

1.1.2 Системи мокрого очищення технологічних газів конвертерного виробництва

Для уловлювання і відведення конвертерного газу над горловиною конвертера є ковпак (кесон), сполучений з газоходом, що газовідводить. Будова трактів, що газовідводять, залежить від того, чи виробляється допалювання оксиду вуглецю або ні. За цією ознакою тракти, що газовідводять, підрозділяються на три групи:

1) системи з підсосом повітря через проміжок між конвертером і котлом-охолоджувачем і повним допалюванням CO в останньому;

2) системи без доступу повітря в газовий тракт і без допалювання CO;

3) системи з частковим допалюванням CO в котлі-утилізаторі.

Якщо допалювання CO виробляється, то в проміжку між горловиною конвертера і газоходом створюється за допомогою димососу розрідження, внаслідок чого газ не виділяється в довкілля, а в газохід підсмоктується повітря, кисень якого перетворює CO в CO_2. В цьому випадку в газі, що відходить, відсутній CO, що забезпечує вибухобезпечність процесу його подальшого очищення і видалення.

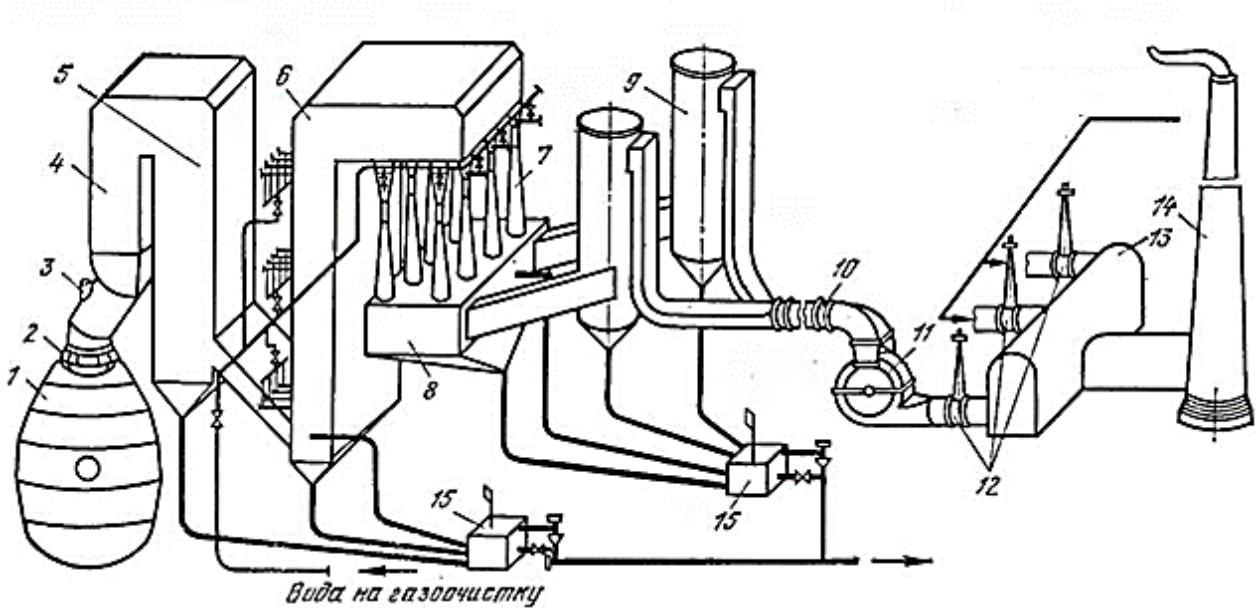
Для видалення твердих домішок із конвертерних газів після стадії допалювання оксиду вуглецю використовують високоефективні швидкісні апарати пиловловлювання, основу яких становлять високонапірні труби Вентурі з круглим або прямокутним поперечним перерізом.

Технологічна схема очищення конвертерних газів наведена на рис. 1.2. Газовий потік, що виходить із конвертера, спочатку піддається інтенсивному охолодженню в котлі-утилізаторі, який конструктивно інтегрований у підйомно-опускний газохід. Додаткове зниження температури та попереднє очищення здійснюється у скрубері прямокутної форми. Після цього охолоджений газ надходить у секцію, що складається з восьми труб Вентурі з круглими горловинами, змонтованих на інерційному водовідокремлювачі.

Завершальна стадія газоочищення реалізується у двох відцентрових

скруберах, встановлених паралельно один до одного. Застосування такої багатоступеневої системи забезпечує зниження концентрації пилу в очищеному газі до рівня 50–70 мг/м³.

.



1 - конвертер; 2 - кесон; 3 - отвір для фурми; 4 - підйомний газохід з радіаційними поверхнями котла-утилізатора; 5 - опускний газохід з конвективними поверхнями і економайзером; 6 - скрубер; 7 - блок труб Вентурі; 8 - інерційний водовідокремлювач; 9 - відцентрові скрубери; 10 - дросельний клапан; 11 -димосос; 12 - засувка; 13 - боров; 14 - димар; 15 - гідрозасув

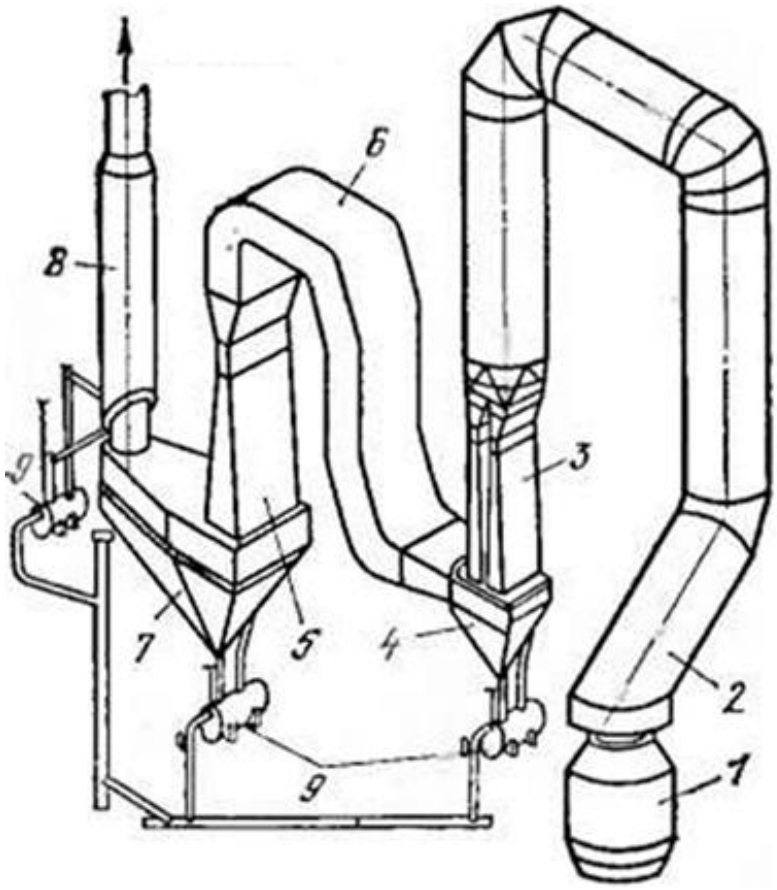
Рисунок 1.2 - Схема відведення н очищення конвертерного газу з допалюванням окислу вуглецю і утилізацією тепла в системі з круглими трубами Вентурі

На рис. 1.3 наведено технологічну схему установки, призначеної для очищення конвертерних газів після стадії допалювання оксиду вуглецю з одночасним охолодженням газового потоку в прямокутних трубах Вентурі. Крупнодисперсний пил разом із краплями шламової суспензії осаджується в бункерах, на яких змонтовані труби Вентурі, тоді як агломеровані тверді частинки додатково вилучаються у відцентровому скрубері.

На металургійному підприємстві «Дунай-Вашмю» (Угорщина), де експлуатуються конвертери місткістю 130 т із витратою кисню на продувку до 400 м³/хв, після повного допалювання CO впроваджено багатоступеневу

систему газоочищення з використанням труби Вентурі зі змінним перерізом звуженої частини [8]. Процес очищення реалізується у дві послідовні стадії.

На першому етапі здійснюється попереднє видалення пилу та інтенсивне охолодження газу у скрубері з конфузорним введенням потоку. Цей апарат обладнаний двома рівнями зрошування та жалюзійним краплевловлювачем для вилучення вологи. Подальше, більш тонке очищення газу відбувається у трубі Вентурі, де передбачено третю зону зрошування. Регулювання площі горловини труби забезпечується рухомим обтічником, який переміщується вздовж осі апарата і може входити в зону звуження.



1 - конвертер; 2 - тракт, що газовідводить; 3 - низьконапірна труба Вентурі; 4 - бункер-краплевловлювач; 5 - високонапірна труба Вентурі; 6 - газохід; 7 - інерційний бризковловлювач; 8 - відцентровий пиловловлювач; 9 - гідрозасув

Рисунок 1.3 - Очищення конвертерного газу з допалюванням окислу вуглецю і охолодженням газу в прямокутних трубах Вентурі

Видалення залишкової краплинної вологи здійснюється у двох краплевловлювальних пристроях, що працюють паралельно. Після завершення очищення та осушення гази подаються на димосос із продуктивністю 240000 м³/год вологого газу. Забезпечення кінцевої концентрації пилу на рівні 50 мг/м³ досягається за всіх експлуатаційних режимів роботи конвертера за умови гідравлічного опору скрубера Вентурі близько 14 кПа [9].

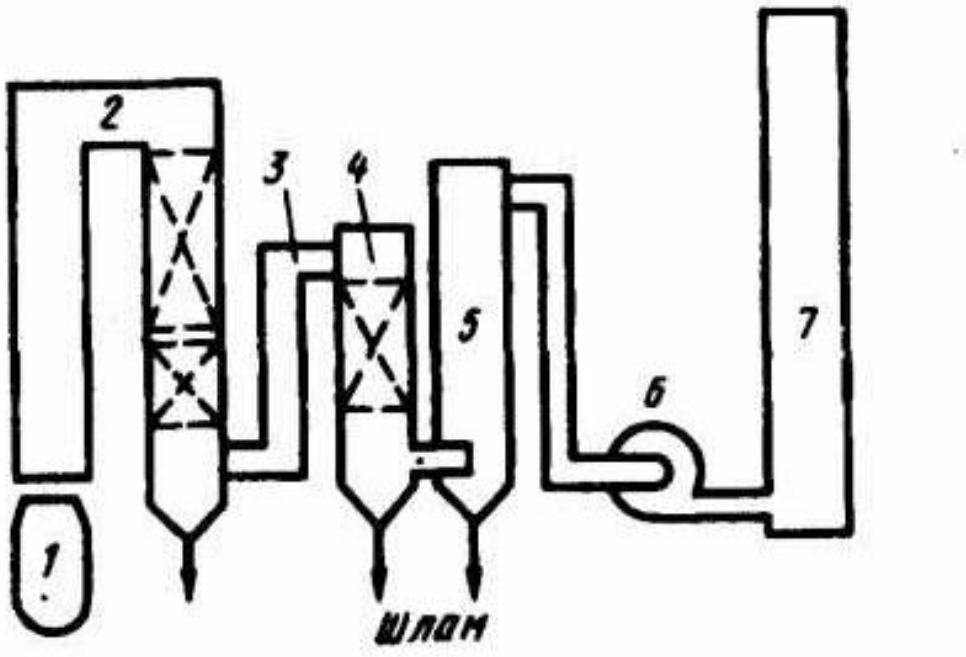
З метою підвищення пропускної здатності газовідвідних комунікацій і покращення показників уловлювання забруднювальних домішок здійснюється модернізація систем газоочищення, що експлуатуються у виробничих цехах. Прикладом таких технічних рішень є реконструйована система мокрого очищення газів, упроваджена після конвертера місткістю 50 т на Криворізькому металургійному комбінаті.

До проведення технічного оновлення газовідвідний шлях був реалізований за такою послідовністю апаратів: конвертер — кесон — вертикальний (висхідний) газохід — зрошуваний спадний газохід — скрубер-охолоджувач — апарат типу Вентурі — циклонний краплевловлювач — димосос — димова труба (рис. 1.4).

З схеми виключений циклон-краплевловлювач. Труба Вентурі з діаметром горловини 650 мм була замінена на блок з чотирьох труб з діаметром горловини 400 мм кожна, а скрубер-охолоджувач переобладнуваний в краплевловлювач. Це дозволило збільшити об'єм газів, що пропускаються через тракт, що газовідводить, з 170 до 200 тис. м^3/год, зменшити витрату оборотної води на 260 м^3/год, збільшити гідравлічний опір скрубера Вентуриі з 4,9 до 9,4 кПа. Концентрація пилу в очищеному газі знизилася з 0,08 до 0,014 г/м^3 [10].

За конвертерами місткістю 100-130-т для очищення газів використовують циклонні турбулентні промивачі ТЦП(600×54), що складаються з блоку 90 труб Вентурі з горловиною діаметром 90 мм і з централізованим зрошуванням декількома великими форсунками і групи з 54

циклонів-краплевловлювачів діаметром 600 мм [11].



1-конвертер; 2-котел-охолоджувач; 3-зрошуваний газохід; 4-скрубери Вентурі; 5 - циклон-каплевідділювач; 6-димосос; 7-димова труба
Рисунок 1.4 - Схема охолодження і очищення конвертерних газів з повним допалюванням СО

Труби Вентурі зрошуються груповими форсунками типу ВТИ з вихідним отвором діаметром 8 мм. У кінці газового тракту за системою газоочищення встановлюють ексгаустери типу 6500-12-1 з двошвидкісними електродвигунами потужністю 500- 800 кВт. При початковій концентрації пилу в газі 17-30 г/м3 і опорі газоочищення 11,75-14,0 кПа ефективність роботи такої установки складає 99,5%.

Очищення газових викидів конвертерів у режимі без допалювання оксиду вуглецю здійснюється за умов повної ізоляції газовідвідного тракту від доступу атмосферного повітря. За такої схеми на установки газоочищення надходить виключно газова суміш, що утворюється безпосередньо в процесі плавлення, без домішок продуктів її згоряння.

Обсяг конвертерних газів, які формуються під час плавки, визначається низкою технологічних та конструктивних чинників. До них належать спосіб

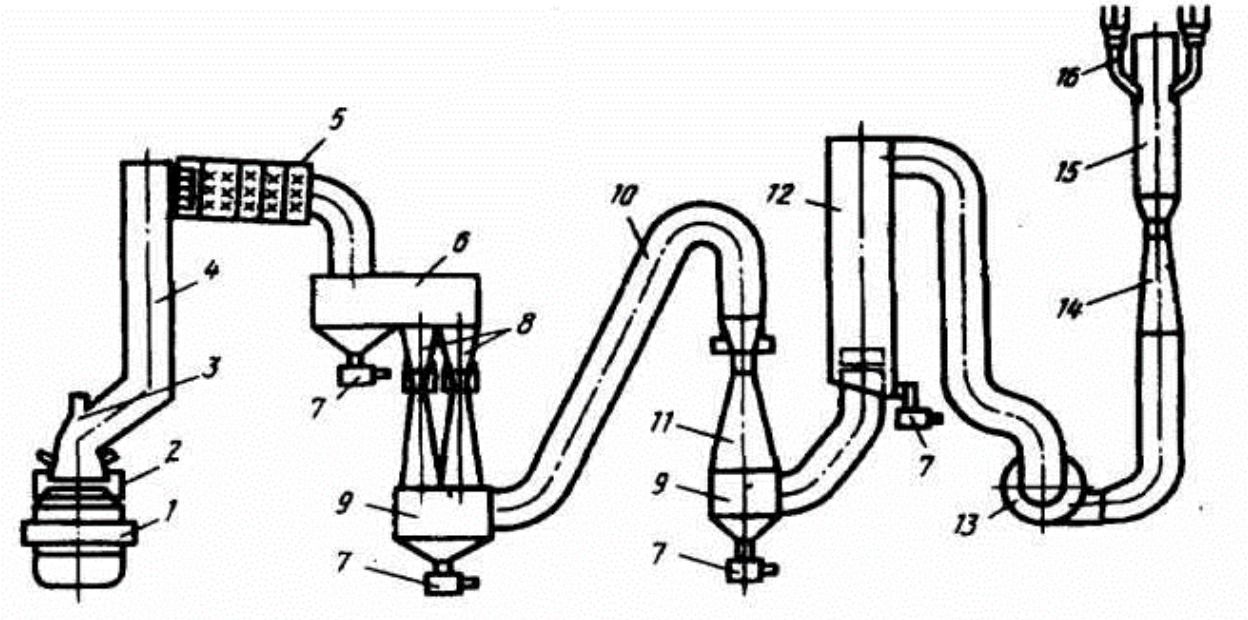
організації кисневої продувки, параметри плавильного режиму, тип і склад шлакоутворювальних добавок, конструкція фурми та глибина її занурення, марка використовуваного чавуну, а також інтенсивність подачі кисню. За даними виробничої практики, кількість утворюваного газу становить орієнтовно 70–90 м³ на кожну тонну номінальної місткості конвертера.

Скорочення розмірів тракту, що газовідводить, значно полегшує компонування і експлуатацію устаткування в конвертерному цеху. З іншого боку, при роботі без допалювання окислу вуглецю збільшується можливість утворення в тракті, що газовідводить, вибухонебезпечних сумішей кисню і окислу вуглецю. Проте досвід спорудження таких установок показав, що при дотриманні усіх правил технічної експлуатації їх робота цілком надійна і безпечна. Вибухобезпечність роботи газового тракту забезпечується тим, що на початку і після закінчення кисневого продування на межі розділу кисню і окислу вуглецю автоматично утворюється "тампон" з нейтрального газу (CO_2 + N_2), що надійно відділяє одне середовище від іншого і не дозволяє їм змішуватися. Утворення "тампона" забезпечує ковпак, що нависає над конвертером, проміжок, що опускається і частково перекриваючий, під час продування і що автоматично піднімається на початку і у кінці продування. У моменти підйому ковпака проміжок повністю відкритий, і завдяки повітрю, що спрямовується в нього, здійснюється допалювання конвертерного газу в CO_2, тобто утворюється "тампон" з нейтральних газів.

Оскільки в установках, що працюють без стадії допалювання оксиду вуглецю, обсяг утворюваних конвертерних газів у декілька разів менший порівняно з кількістю газів після їх згоряння, комплекси газоочищення для таких систем мають значно компактніші габарити. Це, у свою чергу, забезпечує зменшення капітальних витрат на обладнання, а також зниження експлуатаційних і енергетичних затрат порівняно з системами відведення та очищення газів із допалюванням CO.

Транспортування конвертерного газу в режимі без допалювання оксиду вуглецю переважно реалізується за технологічною схемою з використанням

котла-утилізатора. Видалення пилових домішок з міркувань вибухобезпечності здійснюється виключно у газоочисних апаратах мокрого типу (рис. 1.5).



1 - конвертер; 2 - рухлива водоохолоджувана муфта; 3 - киснева фурма; 4 - котел-утилізатор; 5 - зрошуваний газохід; 6 - колектор запиленого газу; 7 - гідрозасув; 8 - низьконапірні труби Вентурі - охолоджувачі газу; 9 - інерційний пило- і бризковловлювач; 10 - газохід; 11 - високонапірна труба-коагулятор; 12 - відцентровий скрубер із завихорювачем газу; 13 - димосос; 14 - труба Вентурі для виміру кількості газу; 15 - димар; 16 - допалюючий пристрій

Рисунок 1.5 - Схема відведення і очищення конвертерного газу без допалювання окислу вуглецю

Газовідвідний комплекс побудований як послідовність апаратів, початковою ланкою якої є кесон, що переходить у камінну частину, де інтегровано котел-утилізатор. У цьому теплообмінному агрегаті температура газового потоку знижується до рівня 800–900 °С. Подальше зниження температури здійснюється у два етапи: спочатку в горизонтальній ділянці газоходу шляхом упорскування тонкодисперсної водяної суспензії, а згодом — у низьконапірних трубах Вентурі зі змінною площею горловини.

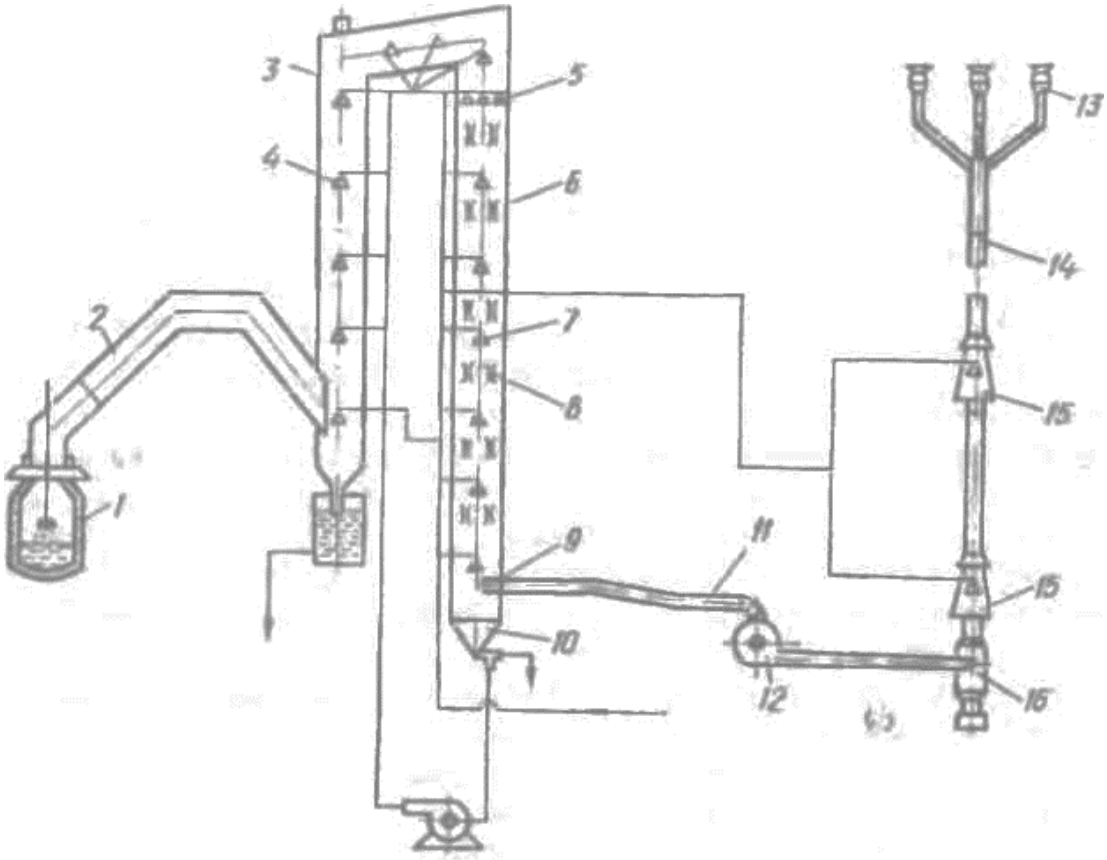
Агломерація наддрібних пилових частинок відбувається у

високонапірній трубі Вентурі, обладнаній механізмом регулювання перерізу звуженої зони та системою зрошування з питомою витратою води в межах 1,4–1,7 л/м³ газу. Вилучення великих крапель шламової фази забезпечується інерційними пило- та бризковловлювачами, на яких змонтовані відповідні труби Вентурі. Завершальна стадія очищення газового потоку від укрупнених твердих домішок реалізується у відцентровому скрубері.

Нині розроблені і впроваджені у виробництво дві досить ефективні системи очищення конвертерних газів без попереднього допалювання CO: гранівор-солівор (фірма "Ірсид Кафл") і двоступінчата схема з трубами Вентурі (фірма "Оксиджен-газ") [13].

У системі гранівор-солівор газ з радіаційного котла-охолоджувача поступає знизу в гранівор, що є висотною камерою охолодження типу форсункового скрубера, з п'ятьма ярусами зрошування газу водою через форсунки (рис. 1.6). З гранівора газ по похилому зрошуваному газоходу поступає в основний апарат газоочистки - солівор (також висотна камера), в якому розміщено шість ярусів низьконапірних дрібних труб Вентурі (всього 1575 шт.). Перед кожним ярусом в газохід подається дрібнорозпилена вода для насичення і часткового пересичення газів. При проходженні через труби Вентурі внаслідок зміни тиску по довжині труби відбувається конденсація пари, яка сприяє коагуляції пилу. На виході з солівору встановлений апарат відцентрового типу мультіциклогалакс, що складається з 200 литих елементів з гвинтовими вставками, який відділяє уловлений пил від потоку газу. Остаточне очищення газу здійснюють в циклоні, а газ виводять в атмосферу через димар. У гирлі димаря встановлені свічки для допалювання CO у разі його викидання в атмосферу.

При використанні очищеного від пилу конвертерного газу як палива (60-70% CO) димосос перемикають на роботу в газгольдер, звідки газ подається споживачам.



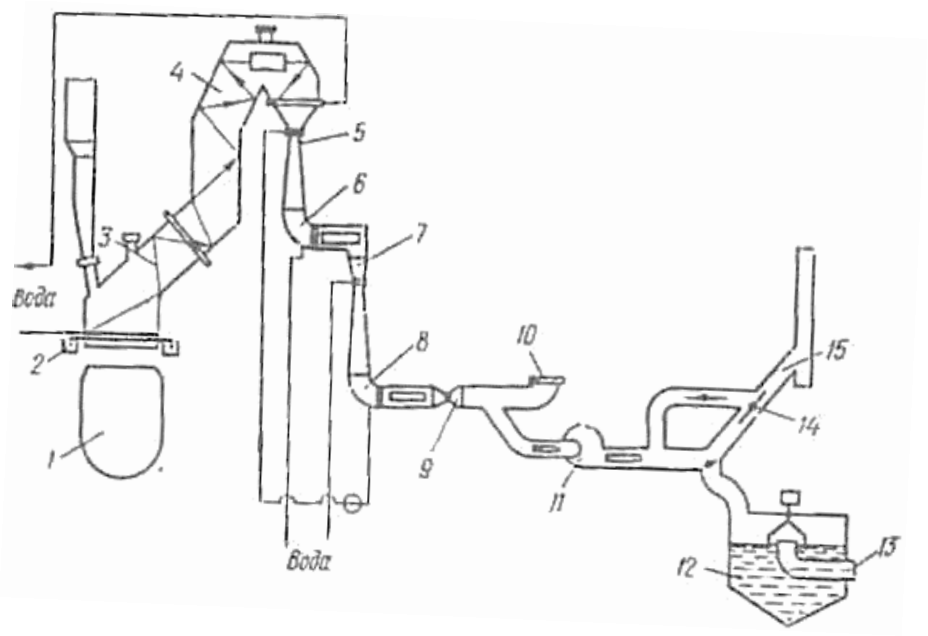
1 - конвертер; 2 - охолоджувач; 3 - гранивор; 4 - яруси зрошування; 5 - розпилювач води, що обертається; 6 - соливор; 7 - стаціонарний розпилювач; 8 - яруси труб Вентурі; 9 - мультіциклогалакс; 10 - бункер; 11 - дросельний клапан; 12 - димосос; 13 - допалюючий пристрій; 14 - труба-свічка; 15 - циклогалакс; 16 - циклон

Рисунок 1.6 - Система газоочищення гранівор-солівор

Характерною особливістю системи очищення гранівор-солівор є відносно невеликий гідравлічний опір (8,50 кПа) і значна витрата води (16,6 кг/м^3) [9].

Як на наших заводах, так і за кордоном ці установки не забезпечують очищення газів до досягнення санітарних норм, особливо в початковий і кінцевий періоди продування конвертера.

При очищенні конвертерних газів за двоступінчатою схемою з трубами Вентурі (система "Оксиджен-газ") газ послідовно проходить через дві ступені прямокутних труб Вентурі з регульованим перерізом горловини (рис 1.7).



1 - конвертер; 2 - водоохолоджуване кільце ущільнювача;
3 - підйомний газохід; 4 - скруберна частина; 5, 7 - труби Вентурі;
6, 8 - кутові сепаратори; 9 - гідрозасув; 10 - запобіжний клапан;
11 - димосос; 12 - газгольдер; 13 - газопровід до споживача;
14 - дросельний клапан; 15 - димар
Рисунок 1.7 - Двохстадійна схема очисть конвертерного газу в трубах Вентурі

Газ, що утворився в конвертері, проходить через водоохолоджуване кільце ущільнювача, розташоване над горловиною конвертера, потім котел-охолоджувач і по похилому зрошуваному газоходу, що є ступенем попереднього охолодження і очищення, поступає в першу ступінь очищення. Вона представлена п'ятьма трубами Вентурі, що працюють з малим перепадом тиску (2,5-3,0 кПа) і забезпечують першу напівтонку стадію очищення газу від пилу. Як краплевловлювачі за першим ступенем труб встановлені кутові сепаратори.

Тонке очищення газу здійснюють в другому ступені, що складається з семи труб Вентурі, перепад тиску на яких складає 7,0-8,0 кПа. Регулювання перерізу труб Вентурі другого ступеня забезпечує оптимальну ступінь очищення і одночасно підтримує необхідне розрідження при вході

конвертерного газу в кесон котла-охолоджувача. Відокремлення вологи після другого ступеня труб Вентурі відбувається в краплевловлювачах із лопатковим завихорювачем.

Безпека роботи системи забезпечується герметичним ущільненням проміжку між каміном і конвертером рухливою муфтою з пісочним затвором, що повністю закриває проміжок під час продування конвертера киснем. Для забезпечення кращого ущільнення і безпеки роботи при опущеній муфті в проміжок подається азот для продування тракту, що газовідводить, перед вступом конвертерного газу і потім при закінченні кисневого продування.

Двоступінчаста схема очищення конвертерних газів в трубах Вентурі має значний гідравлічний опір (близько 16 кПа) і помірну витрату води (приблизно 6,5 кг/м^3 газу) [15].

Робота газового тракту при частковому допалюванні окислу вуглецю протікає з повністю відкритим проміжком. Димосос встановлюють на роботу з постійною продуктивністю, на 10-15% що перевищує вихід конвертерного газу в період максимального газовиділення. В цьому випадку в початковий період продування, коли конвертерного газу, а отже, і окислу вуглецю виділяється мало, з атмосфери через відкритий проміжок енергійно підсмоктується повітря і горіння окислу вуглецю йде з великими надлишками повітря, тобто в газовому тракті є присутній кисень і вуглекислий газ, а окислу вуглецю немає. По мірі збільшення виходу конвертерного газу надлишок кисню швидко зменшується і при $\alpha=1$ стає близьким до нуля. В цей час в газоході немає і окислу вуглецю, який повністю згорає у вуглекислий газ. Інакше кажучи, утворюється "тампон" з інертного газу $CO_2 + N_2$, який продуває тракт, що газовідводить, звільняючи його від залишків кисню. За "тампоном" рухається газ, в якому є присутній окисел вуглецю, але абсолютно відсутній кисень. Після закінчення продування ті ж процеси проходять в зворотному порядку. Таким чином, "тампон" з інертного газу, що утворюється на початку і кінці кисневого продування, надійно розділяє газ різного якісного складу, що транспортується, не допускаючи перемішування окислу вуглецю з

повітрям і утворення вибухонебезпечної суміші.

При режимі роботи з частковим допалюванням СО можливості використання конвертерного газу як палива значно зменшуються. Практика показує, що з усього часу продування газ з високим вмістом СО виходить з газового тракту за 6-10 хвилин, що складає 25-30% усього часу плавки. У решту часу газ для використання як палива не придатний внаслідок пониженого вмісту окислу вуглецю. Тому практично усі установки з частковим допалюванням окислу вуглецю працюють з допалюванням конвертерного газу перед викидом в атмосферу на свічці.

Практика експлуатації наявних установок, що працюють з частковим допалюванням окислу вуглецю, показала, що очищення газу в мокрих пиловловлювачах, подібних до тих, які застосовують в установках з повним допалюванням СО, дає цілком задовільні результати. Тому при переведенні процесу з повного на часткове допалювання СО немає необхідності в реконструкції систем газоочищення.

Ефективність роботи газоочисток, визначувана конструкцією апаратів очищення, потужністю устаткування, якістю води, що подається, досягається при гідравлічному опорі високонапірних труб Вентурі більше 13 кПа і питомій витраті води не менше 0,8 л/м3.

Аналіз результатів роботи газоочисток конвертерів на підприємствах України показує, що тільки на металургійному комбінаті ім. Дзержинского кінцеве вміст пилу знаходився на рівні санітарних норм - 50 мг/м^3.

Газоочистка конвертерів на заводі ім. Петрівського, в ККЦ-2 на комбінаті "Криворіжсталь" і конвертера №3 на комбінаті ім. Ілліча морально і фізично застаріли і мають найгірші показники по викидах. Як другий ступінь очищення застосований блок нерегульованих труб Вентурі з неефективною системою зрошування, що не дозволяє оптимізувати режим відведення і очищення газу.

Завантаження газоочисток конвертерів на комбінатах "Азовсталь" і ім. Дзержинского складає 70 % встановленій потужності нагнітачів і навіть при

та кому запасі по потужності на комбінаті "Азовсталь" не забезпечується кінцева запилена газів менше 50 мг/м^3.

Вимагає вдосконалення режим охолодження газу. Витрата води на газоочистку з урахуванням різної початкової температури газу 400 - 1000 °С і умов охолодження складає 1,7-7 л/м^3. Тому велике значення мають зниження початкової температури газу перед газоочистками шляхом установки додаткових поверхонь нагріву в ОКГ і оптимізація витрат води на очищення навіть при існуючих конструкціях ОКГ. На газоочистках конвертерів на комбінаті "Азовсталь" заміна неефективного плівкового зрошування на форсунку дозволило понизити витрати води на 20 %.

При роботі оборотних циклів водопостачання не досягаються необхідні показники очищення стічних вод - в газоочистку вода поступає з підвищеним вмістом зважених часток і солі. Особливо неефективно працюють оборотні цикли на металургійних комбінатах "Криворіжсталь" (ККЦ- 2) і ім. Ілліча, що призводить до заростання трубопроводів, що підводять, апаратів очищення і утворенню відкладень на роторах нагнітачів.

Проведений аналіз роботи газоочисток по використанню потужності встановленого тягодутьевого устаткування. Відношення викидів пилу до споживаної потужності коливається від 1,75 (г/с)/МВт на комбінаті ім. Дзержинского до 11,9 (г/с)/МВт на заводі ім. Петрівського. При однаковому садінні конвертера 160 т на комбінатах Єнакіївському і ім. Ілліча (конвертер № 3) цей показник рівний відповідно до 6,2 і 10,2 (г/с)/МВт, тобто на комбінаті ім. Ілліча майже в 2 рази вище за витрату енергії.

На металургійних підприємствах України проводяться роботи по скороченню витрати води і споживаної потужності нагнітачів. На комбінаті "Криворіжсталь" раціональною є переклад роботи нагнітачів на менше число оборотів (з 1480 до 750 про/мін) в міжпродувальний період, а також скорочення витрати води на газоочистку і котел-охолоджувач при зупинці конвертера більше 2 год. [15]

Режими з частковим допалюванням СО характеризуються викидами СО

в початковий і кінцевий періоди плавки, коли факел на "свічці" не запалюється; при тривалості плавки до 16 хв факел горить 6-8 хв.

Для підвищення ефективності пиловловлювання і скорочення викидів пилу розроблені технічні рішення для газових трактів конвертерів.

Велика увага приділяється вдосконаленню режимів охолодження газів, максимального використання апаратів для охолодження, пропрацювали варіанти по зниженню температури газів перед газоочистками. Оптимізація режимів охолодження дозволило понизити витрату води на газоочистку при відповідній економії електроенергії.

Розроблена нова конструкція прямокутної регульованої труби Вентурі, призначеною для тонкого очищення газів. Численні випробування н стендах і в промислових умовах показали, що велике значення для ефективного очищення газу пр найменших енерговитратах мають система зрошуванні і форма регулювальних лопаток. При впровадженні не виття конструкції регульованої труби Вентурі і конвертері №3 в ККЦ-1 на комбінаті "Криворіжсталь" встановлено, що при витраті газів в труба Вентурі 220 - 230 тис. $м^3$/год, питомій витраті вод 0,9 л/$м^3$ і гідравлічному опорі 13,5 кПа кінцевий вміст пилу понижено з 130-180 до 30-50 мг/$м^3$.

Тільки шляхом заміни блоку круглих нерегульованих труб Вентурі і круглих кільцевих на прямокутні регульовані нової конструкції можна добитися оптимізації швидкості газу в горловині, питомої витрати води і при відповідному гідравлічному опорі понизити викиди пилу.

Через недостатнє уловлювання краплинної вологи підвищуються викиди пилу при його налипанні на ротор, знижується експлуатаційна надійність нагнітача. Нова конструкція краплевловлювача з лопатевим завихорювачем дозволяє зменшити габарити устаткування, понизити гідравлічний опір і значно підвищити ефективне! уловлювання "краплинної" вологи.

1.2 Характеристика стічних вод газоочисток конвертерних печей

В цілях повторного використання стічних вод на газоочистках їх необхідно освітлювати до залишкового змісту зважених часток 150-200 мг/л. Особливу проблему представляє очищення стоків конвертерного газоочищення.

При виплавці стали в конверторних цехах із збагаченням повітря киснем утворюється 1200-1600 м^3 газу на 1 т сталі, що виплавляється, який містить в середньому 150 г/м^3 дрібного пилу (до 80 %, фракцій розміром менше 1 мкм), що складається в основному з оксидів заліза (до 98 %) оксидів марганцю, кремнію і частково вапняного пилу. Загальна кількість виноситься з газами пилу, що відходять, складає 1-1,5 % від маси сталі, що виплавляється [16].

Для очищення 1000 м3 газів, що відходять, мокрим способом вимагається від 1-3 м^3 води при відведенні газів з допалюванням CO, що міститься в них, і утилізацією тепла, до 8 м^3 без утилізації тепла і до 10-13 м^3 при відведенні без допалювання і утилізації тепла.

Водопостачання газоочисток конвертерних цехів здійснюють за оборотною схемою.

Стічні води газоочисток конвертерних цехів класифікують по трьох категоріях:

а) стічні води із слаболужною реакцією, обумовленою присутністю бікарбонатів;

б) стічні води з гідратною лужністю;

в) стічні води з кислою реакцією води.

Стічні води від очищення конверторного газу забруднені зваженими твердими частками і розчинними хімічними речовинами. Склад і кількість забруднень залежать від схеми відведення і очищення газів і технологічного процесу (виплавки стали або полупродукту) із зміною складу стічних вод по ходу плавки.

Граничні показники кількості і якості стічних вод конверторів місткістю

100 т приведені нижче [17]:

Витрата води на очищення 100 м^3 газу, м^3	1-2,2
Середня витрата стічних вод, м^3/год	240-800
Вміст зважених речовин, мг/дм^3 :	
до газоочисток	145-600
після газоочисток	2800-20000
Лужність, мг-екв/дм^3:	
до газоочистки	1-5
після газоочисток	3-41
Жорсткість загальна, мг-екв/дм^3:	
до газоочисток	4,3-20,6
после газоочистки	19-48
Значення pH :	
до газоочисток	7,5-10,6
після газоочисток	7,6-12

Загальний вміст солі в оборотній воді знаходиться в межах 1450-2600 мг/дм^3 при концентрації в початковій воді до 250 мг/дм^3.

Кількість стічних вод від газоочисток одного 100-130 т конвертера складає 200-300 м^3/год, а 250-300 т конвертера ~ 2000 м^3/год. Конвертерний цех складається з 2-3 агрегатів. Тому кількість стічних вод від газоочисток сучасного конвертерного цеху досягає 4000-6000 м^3/год. Водно-хімічний режим систем оборотного водопостачання газоочисток конверторних цехів на ряду металургійних заводів приведений в таблиці 1.2. Основною відмітною особливістю стічних вод газоочисток конвертерів є нерівномірний склад забруднень протягом одного технологічного циклу (плавки). Зокрема, концентрація суспензії коливається від 1,0 до 10-15 г/л. Швидкість осадження зважених речовин, що містяться в стічних водах газоочисток конвертерних цехів, для досягнення необхідної якості воді складає 0,1-0,3 мм/с без застосування коагуляції і 0,4-0,6 мм/с із застосуванням коагуляції [6].

Таблиця 1.2 - Водно-хімічний режим систем оборотного водопостачання газоочисток конверторних цехів

Завод	Величина продування, %	pH	Лужність мг-экв/л		Жорсткість мг-екв/л	Хімічний склад води				
			фенол-фталеїн	загальна		мг-екв/л		мг/л		сухий залишок
						Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	
ММК ім. Ілліча	3-5	8,4-8,6	0,2-0,4	1,6-2,8	27,0	20,0	7,0	1210	1950	4940-5000
Азовсталь	100 2	12 9-10	14,8 1,5-2,5	14,8 2,0-3,0	17,8 8,0	17,8 6,0	0 2,0	84 -	166 -	933 -
ДМК	5	10	3,5-5,5	4,8-5,8	12,0-14,5	10,0-14,5	0	320-400	510-650	1430-1830
Арселор Миттал Кривий ріг	-	7-8	1,8-3,0	2,6-4,4	4,6-6,2	3,4-3,6	1,2	160-180	40-80	460-640
ДМЗ	6	8-9	1,2-2,0	2,0-2,8	7,5-11,0	7,0-8,0	0,6-3,0	30-50	250-400	520-720

Таблиця 1.3 - Вимоги до складу оборотної води систем водопостачання газоочисток конверторів

Агрегат	pH	Щелоч-ность, мг-экв/л	Максимально -допустимая концентрація	
			мг-экв/л	г/л
			Ca2+	SO42 -
Конвертори *:				
з частковим і повним дожига-нием З *1	10-11	0,5-2	2-20	11
без допалювання З *2	7,7-8,4	2-6	2-8	11

* * Концентрація хлоридів не нормується в межах Cl^- 7 г/л.

**1 Для утворення інгібірувальної захисної плівки.

**2 При вищих концентраціях утворюються відкладення карбонату кальцію.

З таблиці 1.2 витікає, що на тих заводах, де величина продування систем оборотного водопостачання порівняно невелика, загальний солевміст оборотної води досягає 5 г/л. Хімічний склад води на ряді заводів свідчить про необхідність ведення стабілізаційної обробки з метою запобігання щільних сольових (переважно карбонатних) відкладень.

Накопичення солей (в першу чергу, хлоридів і сульфатів) в оборотній воді вище певної межі є причиною корозії металу трубопроводів і устаткування, у тому числі насосів, апаратів газоочисток та ін. Це призводить до того, що в проектах необхідно передбачати продування систем оборотного водопостачання для підтримки сольового складу на певному рівні. Враховуючи, що скидання продувальних вод з високим вмістом солей у водоймища заборонене, знаходяться шляхи зншкодження таких вод за допомогою дуже дорогих методів - таких, як іонний обмін, випарка та ін. Зроблена спроба встановити допустиму величину солевмісту і концентрацію компонентів розчину, що дозволить обґрунтувати необхідність і величину продування систем оборотного водопостачання газоочисток конверторних цехів.

При організації повністю замкнутих систем оборотного водопостачання, в яких величина підживлення скорочується до величини природних втрат, концентрації хлоридів і сульфатів в прогнозованому складі оборотних вод зростуть відповідно до 7 і 11 г/л.

Дослідження показали, що немає прямої залежності швидкості корозії як від величини загального солевмісту, так і від концентрації окремих компонентів. Проте встановлено, що наявність сульфатів сприяє гальмуванню процесу корозії. Таким чином, для практично замкнутих оборотних систем водопостачання величина концентрації хлоридів і сульфатів в цих межах не повинна нормуватися як з точки зору процесів корозії, так і утворення сольових відкладень (таблиця. 1.3).

Концентрація зважених речовин в стічній воді за період плавки стали в конвертері не постійна: на початку плавки вона швидко (за 1,5-2 хв) досягає

максимуму - 5000 мг/л і більше (на газоочистці австрійського 100-т конвертера заводу вона досягає до 30 000 мг/л при витраті води удвічі меншому, ніж вказано вище), потім поступово в продовженні 14-16 хв падає до концентрації суспензії у воді, що подається на газоочистку (рис 1.8). При паралельній роботі декількох конвертерів в цеху відбувається усереднювання концентрації зважених речовин як в стічній воді, так і у воді, освітленій у відстійнику (рис. 1.9).

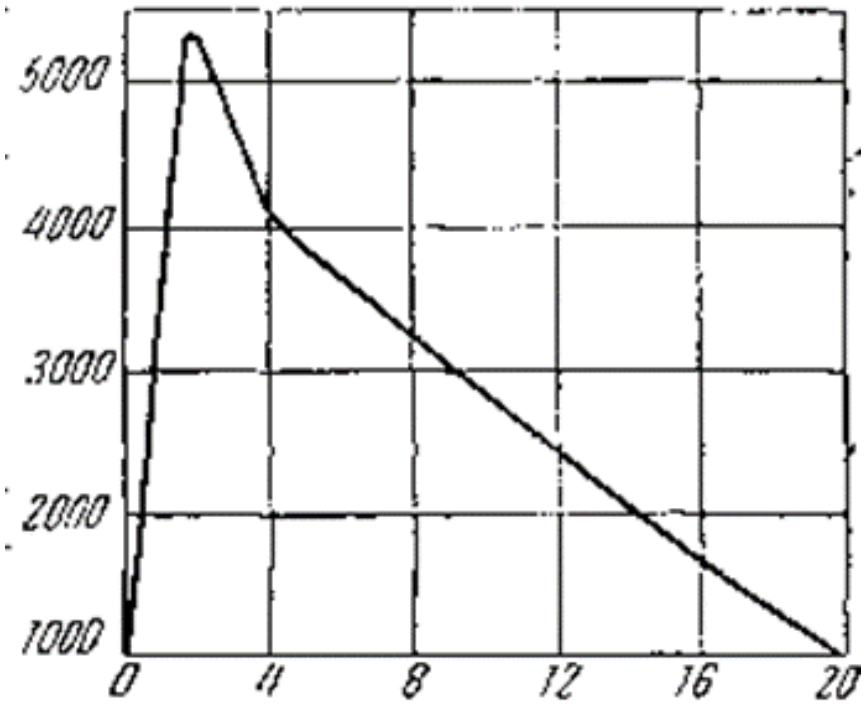
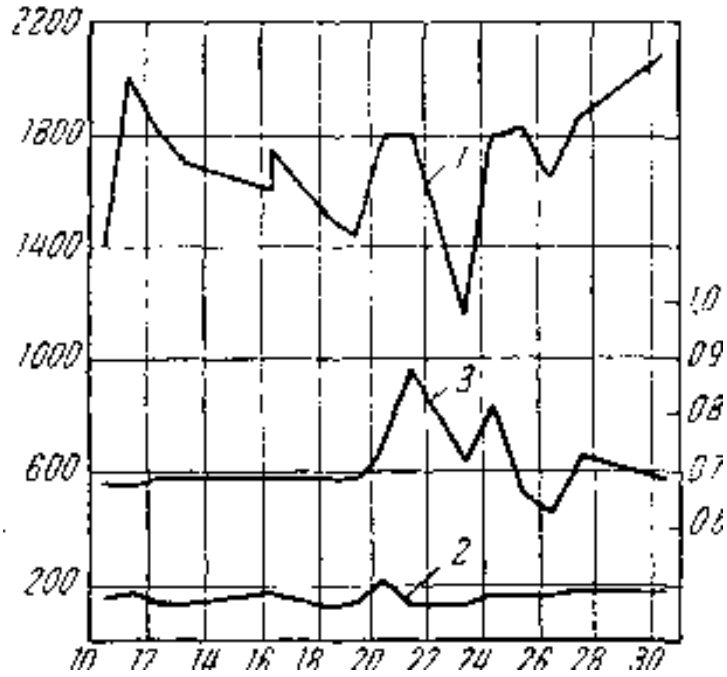


Рисунок 1.8 - Зміна концентрації суспензії у воді, що відпрацювала конвертерного газоочищення

Зважені речовини, що містяться у воді, володіють абразивністю, незважаючи на їх дуже малу крупність.

При киснево-конвертерній плавці стали гази, що виходять, проходять через котел-утилізатор, потім піддаються мокрій очистці. Тривалість продування стали легко-кисневою сумішшю складає 12-15 хв при плавці ванадійвмісного чавуну і 35-50 хв при плавці передільного чавуну.

Процес осадження зважених речовин стічних вод газоочисток конверторів характеризується кривими, приведеними на рис. 1.10.



1 - концентрація зважених речовин у воді, що відпрацювала;
2 - те ж, у воді, освітленій у відстійнику;
3 - гідравлічне навантаження відстійника, м3/ч на 1 м2

Рисунок 1.9 - Зміна концентрації зважених речовин у воді конвертерних газоочисток гідравлічного навантаження радіального відстійника

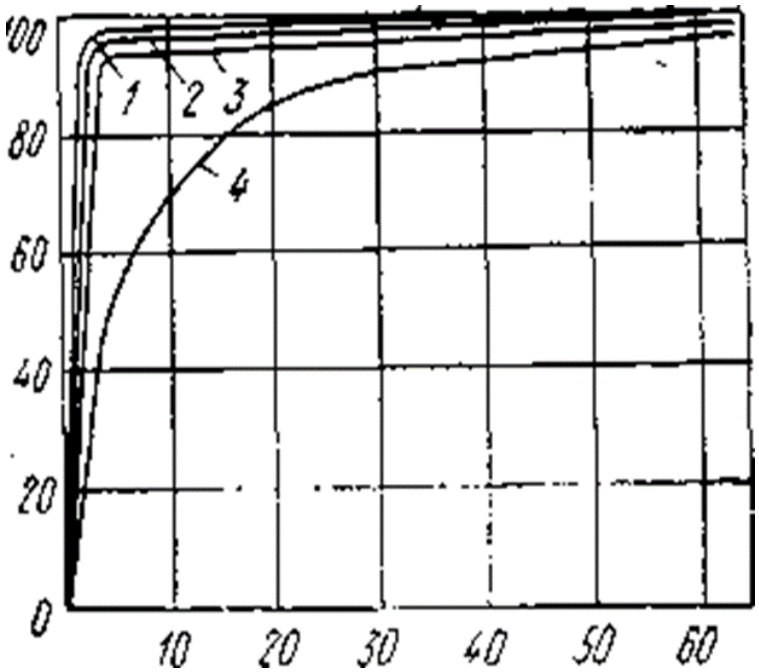


Рисунок 1.10 - Кінетика осадження суспензії в стічних водах газоочищень конверторів при початковій концентрації, г/л : 1 - 14; 2 - 3,7; 3 - 1,6; 4 - 0,8

Це дозволяє рекомендувати для очистки цих стічних вод відкриті гідроциклони діаметром 6-8 м з навантаженням до 14 $м^3/(м^2$-год) при коагуляції (по аналогії з газоочистками мартенівських печей), флокулятори діаметром 12м з навантаженням до7- 8 $м^3/(м^2$-год) або відстійники з камерою флокуляції з навантаженням до 5 $м^3/(м^2 \cdot$год) [11].

1.3 Способи очищення стічних вод конвертерного виробництва

Стічні води від очищення конверторних газів рекомендується направляти в радіальні відстійники або відкриті гідроциклони (гідравлічне навантаження на гідроциклони приймається рівним 5-6 $м^3/(м^2$-год) без коагуляції і 12-14 $м^3/(м^2$-год) з коагуляцією [12].

Перед відведенням стічних вод на очисні споруди здійснюють видалення окислу вуглецю з води. З цією цілою передбачають спеціальну камеру дегазації з каскадним потоком води і примусовою вентиляцією для відведення СО в атмосферу. У зоні розташування камери дегазації, очисних споруд і тунелях передбачити заходи по дотриманню техніки безпеки у відповідності про існуючими інструкціями для газового господарства

Очищення стічних вод рекомендується проводити:

а) у відкритих гідроциклонах D=6 м - для газоочисток конвертерних цехів з 100-130 т агрегатами і витратою стічних вод 600-900 $м^3$/годину;

б) у відстійниках з камерою флокуляции D=30 м - для великовантажних конвертерів (250-400 т), що працюють по режиму відведення газів без допалювання СО з витратою води на цех 2000-4000 $м^3$/год;

в) у флокуляторах гідроциклонного типу D=12 м для конвертерів будь-якої місткості.

Вибір того або іншого типу очисної споруди здійснюється залежно від техніко-економічних показників і наявності вільних виробничих площ.

Питоме навантаження на очисні споруди приймають [14]:

а) на відкриті гідроциклони при роботі без коагуляції

5-6 $м^3/м^2$год, з коагуляцією до 10 $м^3/м^2$год;

б) на відстійники про камерою флокуляции при роботі без коагуляции 3-3,5 $м^3/м^2$год, з коагуляцією 6 $м^3/м^2$год;

в) на фокуляторы при роботі без коагуляції - 3-4 $м^3/м^2$год, з коагуляцією 7-8 $м^3/м^2$год.

Як коагулянт прийняти поліакриламід дозою 1 мг/л.

Нині очищення стічних вод газоочисток конверторів здійснюється, як правило, в радіальних відстійниках з питомим гідравлічним навантаженням до 1 $м^3/(м^2 \cdot год)$.

Очищення стоків ведеться шляхом виділення зважених речовин у відкритих гідроциклонах з обов'язковою реагентною обробкою поліакриламідом. При цьому гідравлічні навантаження відповідно складають 0,5 - 0,7 і 2,5-3 $м^3/(м^2 \cdot год)$.

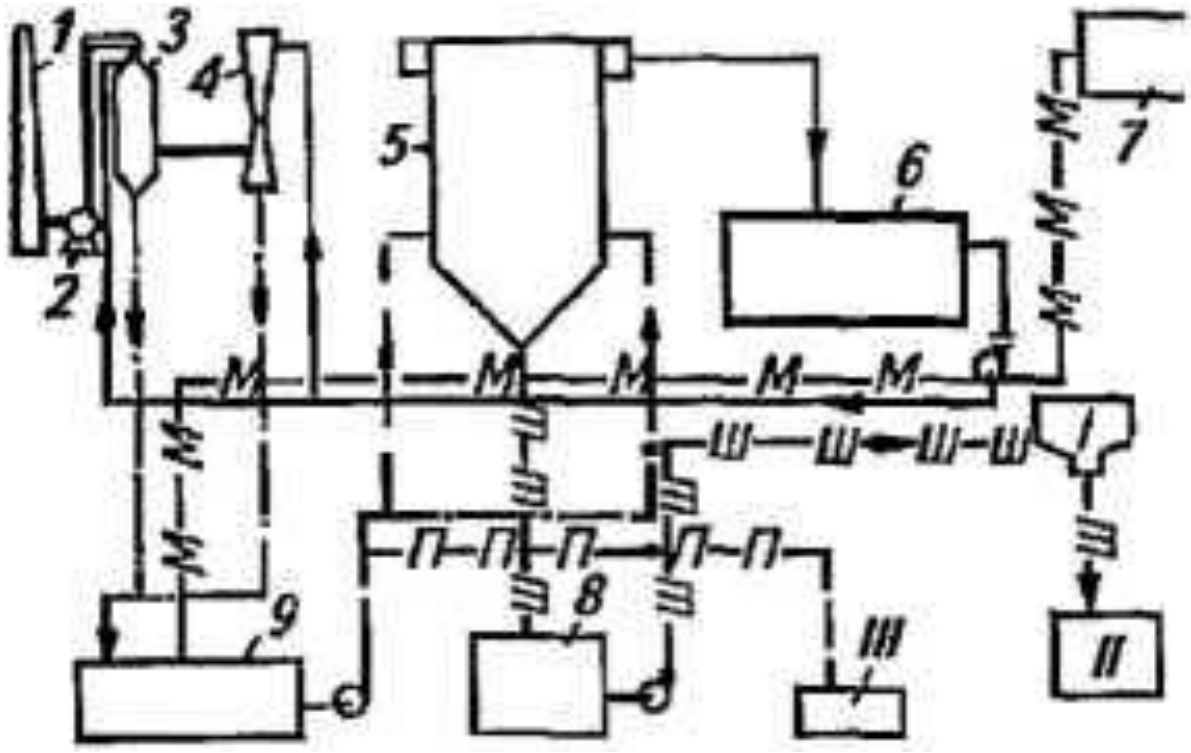
На рис. 1.11 приведена принципова схема водопостачання газоочисток конвертерів з використанням відкритих гідроциклонів.

Перспективним є застосування магнітної обробки. Так, при застосуванні для очищення коагуляцією стічних вод конвертерного газоочищення безнапірних магнітних гідроциклонів навантаження досягає 14 $м^3/(м^2$-год), тоді як у разі радіальних відстійників не перевищує 1 $м^3/(м^2$-год). Позитивні результати отримані при спільному очищенні стоків конвертерної і доменної газоочистки.

Аналогічні схеми широко застосовуються в закордонній практиці (рис. 1.12). Освітлена вода стабілізується (шляхом додавання вапняного молока, інгібіторів та ін.) і після охолодження (чи без нього) використовується повторно. Осад при необхідності піддається класифікації, потім згущується, зневоднюється, сушиться і утилізувався.

Після очищення стічні води слід охолоджувати на вентиляторних градирнях із забезпеченням температури води на рівні 30-35^{0}С.

За наявності в оборотній воді гідратної лужності здійснюється стабілізаційна обробка води рідким склом дозою I0 - 50 міліграм/л.

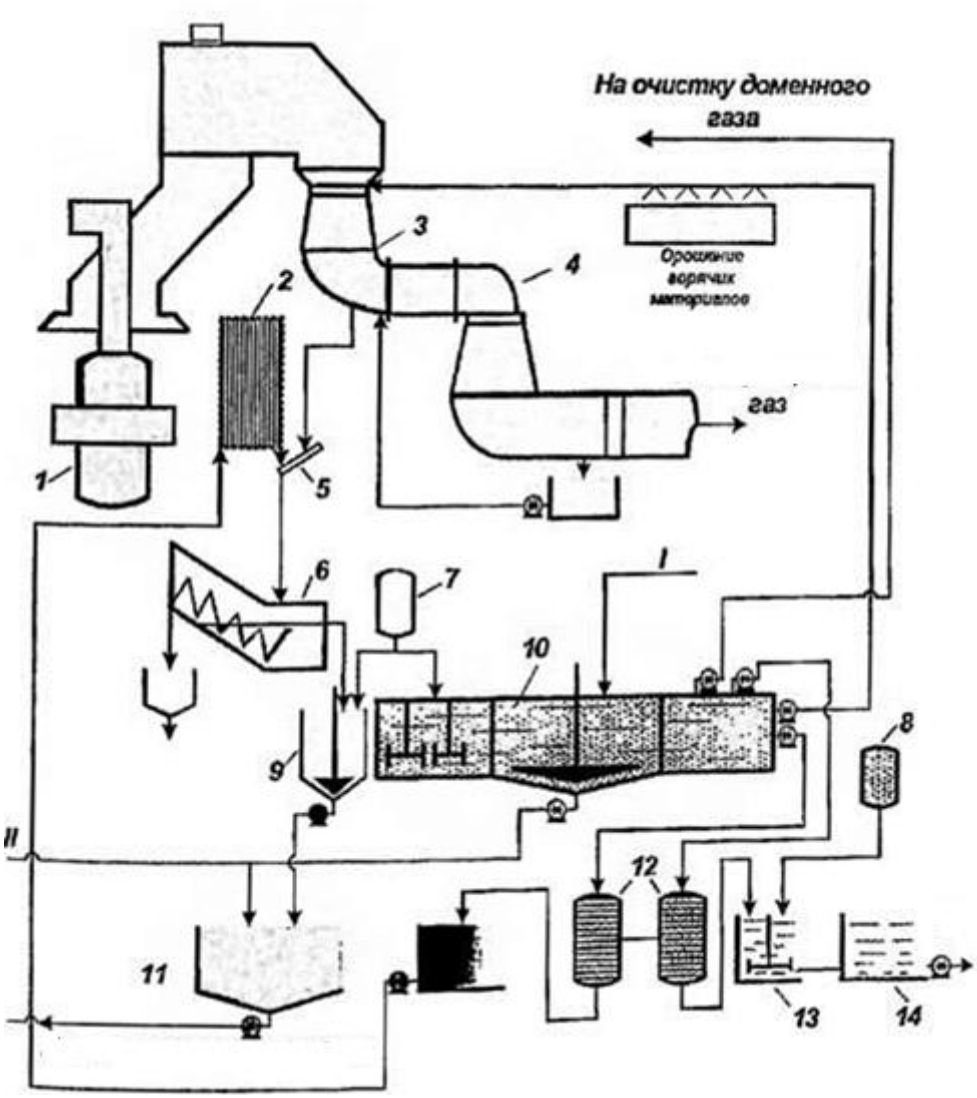


1 - димова труба; 2 - димосос; 3 - скрубер; 4 - труба Вентурі;

5 - відкритий гідроциклон; 6 - ємність для прийому очищеної води;
7 - установка для приготування розчинів реагентів;
8 - ємністьдля прийому шламу; 9 - ємність для прийому стічних вод;
І - згущування шламової пульпи; ІІ - обезводнення шламу;
ІІІ - приготування розчину поліакриламіду;
трубопроводи: М - вапняне молоко; П - поліакриламід; Ш - шлам; сполошна лінія - освітлена вода, пунктирна - забруднена вода
Рисунок 1.11 - Принципова схема водопостачання газоочисток конвертерів

При кислій реакції стічних вод після газоочисток проводять нейтралізацію води вапном, орієнтовно дозою 50-100 мг/л по CaO, для підтримки pH в межах 8-8,4. Доза вапна уточнюється в процесі пуско-налагоджувальних робіт.

При здійсненні стабілізаційної обробки оборотної води конвертерних газоочисток системи можуть працювати в повністю замкнутому (безстічному) режимі беєві скидання надмірних вод у водоймища



1 - конвертер; 2 - допоміжне устаткування; 3,4 - перший і другий ступінь очищення газів; 5 - жолоб; 6-классификатор; 7,8 - устаткування для введення коагулятів; 9 - реактор-коагулятор; 10-тонкошаровий відстійник; 11 - згущувач; 12 - фільтри; 13 - реактор-нейтралізатор;
I - промивні стічні води системи непрямого охолодження конвертерного устаткування; II - стічні води з системи очищення доменного газу; III - промивні стічні води фільтрів з систем водопостачання МЛНЗ;

Рисунок 1.12 - Система очищення стічних вод газоочисних установок конвертерів на заводі в р. Огасима (Японія) :

1.4 Утилізація шламів конвертерного виробництва

Осад від стічних вод конверторного газоочисток характеризується наступним хімічним складом: до 90-95 % Fe_2O_3; 1-2 % FeO; 2-4 % SiO_2; 0,1-0,5% Al_2O_3; 0,1-0,5 % CaO; 0,05-0,1 % P; 0,02-0,04 % S; 1-2 % Mn. Цей осад після обезводнення направляють в аглофабрику і використовують в шихті агломерата. Щільність його 3,5-4,5 т/м^3 [17]. Гранулометричний склад (крупність фракцій) осаду із стічних вод конверторних газоочисток коливається в межах, приведених нижче :

Крупність фракцій осаду, мм	до 0,01	0,01-0,1	0,1-0,25	0,25-0,5	0,5-2	більше 2
Вміст, %	10-20	35-50	8-51	8-15	2-15	8-25

Витрата шламової пульпи від відкритих гідроциклонів приймається рівній 6% від витрати очищається води. Режим відведення шламової пульпи безперервний.

Концентрація твердого в шламовій пульпі від очисних споруд складе:

- від відкритих гідроциклонів в середньому 100-150 г/л;
- від відстійників і флокуляторів 300-400 г/л.

Шламова пульпа прямує в корпус обезводнення з наступною утилізацією шламу, а сливи після згущувачів і фільтрат зневоднюючих установок слід повертати на очисні споруди з обробкою їх коагулянтами.

Найпоширеніші за кордоном технологічні схеми зневоднення включають згущення шламової пульпи в радіальних згущувачах, подальше фільтрування на вакуум-фільтрах і сушіння у барабанних сушарках. Проте такі схеми характеризуються значними витратами через енерго- та капіталомісткість барабанних сушарок. До того ж після сушіння шлами втрачають свої гідрофільні властивості, які мають важливе значення під час окускування. У вітчизняній практиці вперше на комплексі з підготовки відходів було застосовано нову технологію, що передбачає спільну підготовку сухого вапняного пилу з вапняно-випалювальної дільниці та вологого

конвертерного шламу [12].

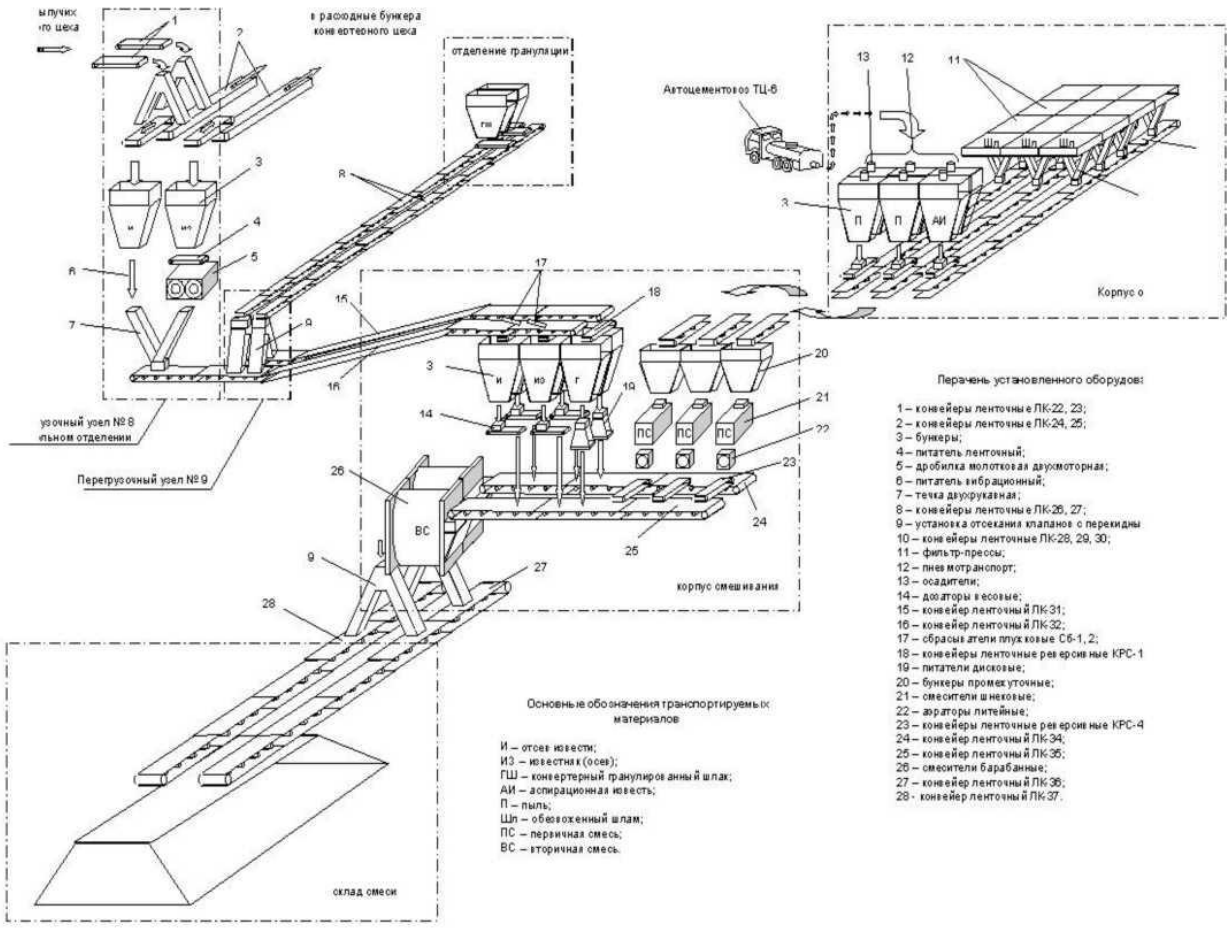


Рисунок 1.13 - Схема комплексу підготовки відходів ККЦ металургійного заводу

2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Перерахунок витрат

Вихідні дані:

Кількість стічних вод	– 2500 м^3/год
Концентрація зважених речовин	- 2,7 г/л
pH	- 6,0
Температура	- 60^{o}C
Щільність завісі	- 3,5 г/см^3
Сульфати	- 0,7 г/л
Хлориди	- 0,5 г/л
Кальцій	- 3 мг-екв/л
Магній	- 5 мг-екв/л

Маса уловленого осаду, т/год:

$$G_{СУХ} = \frac{C_H \cdot E \cdot Q}{1000 \cdot 1000} = \frac{2700 \cdot 0{,}94 \cdot 2500}{1000000} = 6{,}35, \quad (2.1)$$

де C_H – початкова концентрація суспензії в стічній воді, мг/л;

E - ефект освітлення;

Q - витрата стічної води, м^3/год.

Ефект освітлення:

$$\eta = E = \frac{C_н - C_к}{C_н} = \frac{2700 - 150}{2700} = 0{,}94 \quad (2.2)$$

де, $C_к$ – допустима концентрація завісі в очищеній воді, мг/л.

Об'єм осаду після відстійника, м^3/год:

$$V_{OC} = \frac{100 \cdot G_{СУХ} \cdot 1{,}2}{(100 - W_{OC}) \cdot \rho} = \frac{100 \cdot 6{,}35 \cdot 1{,}2}{(100 - 95)1{,}13} = 134{,}9, \quad (2.3)$$

де $W_{ос}$ - вологість осаду, %;

ρ - щільність осаду, т/м^3.

Щільність осаду, т/м^3:

$$\rho_{OC} = \frac{\rho_B \cdot W' + \rho_{ВЗВ}(100 - W')}{100} = \frac{1 \cdot 95 + 3{,}5(100 - 95)}{100} = 1{,}13 \quad (2.4)$$

де ρ_B – щільність води, т/м^3;

$\rho_{ВЗВ}$ – щільність завісі, т/м^3.

Об'єм осаду після згущення, м^3/год:

$$V_{ос}^{з} = \frac{100 \cdot G_{СУХ} \cdot 1{,}2}{(100 - W'') \cdot \rho^{з}} = \frac{100 \cdot 6{,}35 \cdot 1{,}2}{(100 - 65)1{,}88} = 11{,}6, \quad (2.5)$$

де $W^{''}$ - вологість осаду після згущення, %;

$\rho^{'}$ - щільність осаду після згущення, т/м^3.

Щільність осаду після згущення, т/м^3:

$$\rho^{з}{}_{OC} = \frac{\rho_B \cdot W''' + \rho_{ВЗВ}(100 - W'')}{100} = \frac{1 \cdot 65 + 3{,}5(100 - 65)}{100} = 1{,}88, \quad (2.6)$$

Об'єм осаду після зневоднення, м^3/год:

$$V_{ос}^{зн} = \frac{100 \cdot G_{СУХ} \cdot 1{,}2}{(100 - W''') \cdot \rho^{зн}} = \frac{100 \cdot 6{,}35 \cdot 1{,}2}{(100 - 25)2{,}88} = 3{,}5, \quad (2.7)$$

де $W^{'''}$ - вологість осаду після зневоднення, %;

$\rho^{зн}$ - щільність осаду після зневоднення, т/м^3.

Щільність осаду після зневоднення, т/м^3:

$$\rho^{зн}_{ОС} = \frac{\rho_В \cdot W''' + \rho_{ВЗВ}(100 - W''')}{100} = \frac{1 \cdot 25 + 3{,}5(100 - 25)}{100} = 2{,}88, \quad (2.8)$$

2.2 Розрахунок споруд та обладнання реагентного господарства

2.2.1 Склад зберігання флокулянта

На об’єкти водоочищення поліакриламід (ПАА) надходить у вигляді гелеподібного продукту з масовою часткою активної речовини близько 8 %. Матеріал фасується в герметичні пакети, виготовлені з поліетиленової або полівінілхлоридної плівки, які додатково поміщаються у зовнішню тару з паперу або тканинного матеріалу. Сформовані пакувальні одиниці укладаються в дерев’яні контейнери із сумарною масою в межах 40–50 кг.

Зберігання поліакриламіду допускається виключно в закритих складських приміщеннях за температурних умов, що не перевищують 25–30 °С. Гарантований строк зберігання реагенту обмежується шістьма місяцями з моменту виготовлення. Заморожування продукту в процесі транспортування або зберігання не допускається.

Розрахункова витрата поліакриламіду приймається на рівні 1 мг на 1 л оброблюваної води [20]. Визначення добової потреби в товарному ПАА з концентрацією активної речовини 8 % виконується за відповідною розрахунковою залежністю, т/доб:

$$G_ф = \frac{Д_ф \cdot 24Q}{0{,}08 \cdot 10^6} \quad (2.9)$$

де $Д_ф$ – доза поліакриламіду, мг/л;

Q – витрата води, м^3/год.

$$G_ф = \frac{1 \cdot 24 \cdot 2300}{0{,}08 \cdot 10^6} = 0{,}7 \text{ т/доб.}$$

Кількість ящиків ПАА, розрахована на використання на протязі 15 діб, шт:

$$n = 15 \cdot G_ф/0{,}04 = 15 \cdot 0{,}7/0{,}04 = 263 \quad (2.10)$$

Площа складу для зберігання ПАА визначається за формулою, м^2:

$$F_ф = \frac{n \cdot f \cdot \alpha}{n_я} \quad (2.11)$$

де n - кількість ящиків ПАА, що розрахована на 15 добове зберігання, шт.;

f – площа ящика з ПАА [21], що дорівнює 0,64 м^2 ;

α – коефіцієнт запасу, що враховує площу проходів, α =1,15;

$n_я$ - кількість встановлених ярусів ящиків ПАА, $n_я$ = 5.

$$F_ф = \frac{263 \cdot 0{,}64 \cdot 1{,}15}{5} = 38{,}7 \text{ м}^2$$

Приймаємо приміщення складу зберігання флокулянту 9х6м, загальною площею 54м^2.

2.2.2 Приготування робочого розчину флокулянта

Готування розчину з технічного поліакриламіду роблять у баках з механічними лопатевими мішалками. Обсяг видаткових баків для розчинів ПАА визначається виходячи з термінів збереження 0,7...1% розчинів не більш 15 доб., 0,3...0,6% розчинів - 7 доб. і 0,1...0,3% розчинів - 2 доб.

Робочий розчин поліакриламіду (ПАА) отримують шляхом розведення гелю водою у розчинних ємностях, об'єм яких визначається за формулою, м³:

$$W_{ф} = \frac{Q \cdot t \cdot Д_{ф}}{10000 \cdot b_{Р} \cdot \gamma} \tag{2.12}$$

де $Д_{ф}$ - доза поліакриламіду, 1 мг/л;

Q – витрата води, м³/год;

t – час, на який заготовлюють розчин ПАА [20], 10…12 год;

$b_{р}$ – концентрація розчину ПАА в розчинному баці [20] 0,1 %;

γ – об'ємна маса розчину ПАА [20] 1 т/м³.

$$W_{ф} = \frac{2300 \cdot 12 \cdot 1}{10000 \cdot 1 \cdot 1} = 2{,}76 \text{ м}^3$$

Приймаємо кількість розчинних баків 2, тоді об'єм одного бака дорівнює:

$$W_{ф1} = \frac{W_{ф}}{2} \tag{2.13}$$

де $W_{ф}$ – місткість видаткових баків, м³.

$$W_{ф1} = \frac{2{,}76}{2} = 1{,}38$$

Приймаємо тип баку з конічним днищем та лапастою мішалкою робочим об'ємом 1,5м³ [19] у кількості 2 шт.

2.2.3 Дозування робочого розчину флокулянту

Подача поліакриламіду (ПАА) в оброблювану воду реалізується із застосуванням спеціалізованих засобів дозування, зокрема насосів із регульованою подачею, вагових дозувальних установок та інших технічних пристроїв аналогічного призначення.

Потрібну продуктивність дозувальних насосів визначають за розрахунковою залежністю, що виражається в м³/год:

$$Q_{нф} = \frac{W_ф}{t} \tag{2.14}$$

де $W_ф$ - місткість видаткових баків, м³;

t - час, на який заготовлюють розчин ПАА [20], 10…12 год.

$$Q_{нф} = \frac{2,76}{12} = 0,23 \text{ м3/год} = 230 \text{ л/год}$$

Приймаємо 3 насоси-дозатори типу НД-120/6 [19] продуктивністю 36-120 л/год, 2 робочих та 1 резервний.

2.3. Розрахунок вапняного господарства

2.3.1 Склад зберігання вапна

Для розміщення вапна слід запроєктувати спеціальне складське приміщення, розраховане на накопичення запасу реагенту, достатнього для безперебійної роботи протягом 30 календарних днів. Складські зони доцільно розташовувати у безпосередній близькості до приміщень, у яких встановлене обладнання для приготування вапняних і інших реагентних розчинів.

Розрахункова площа складу для зберігання сухого вапна визначається за формулою, м²:

$$F_в = \frac{Q \cdot D_в \cdot T \cdot \alpha}{10000 \cdot P_в \cdot \gamma_в \cdot h} = \frac{2300 \cdot 50 \cdot 720 \cdot 1{,}15}{10000 \cdot 70 \cdot 2{,}7 \cdot 1{,}5} = 53{,}9 \quad (2.15)$$

де Q - витрата стічної води, м^3/год;

$D_в$ - розрахункова доза вапна, 50 г/м^3;

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

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

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

$P_в$ - вміст вапна в сухому продукті, $P_в$ = 50 %;

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

Приймаємо розмір складу 9х6м, загальною площею 54м^2.

2.3.2 Приготування робочого розчину вапняного молока

Для одержання вапняної суспензії необхідно передбачити встановлення технологічних агрегатів, призначених для гідратації вапна, а також резервуарів, у яких формується робочий розчин заданої концентрації.

Операція гасіння виконується в спеціалізованих вапногасильних апаратах, у які при завантаженні кожної тонни вапна подають воду в об’ємі приблизно 7–10 м³.

Розрахунок масової витрати вапна здійснюють за відповідною аналітичною залежністю:

$$G_в = D_в \cdot Q = 50 \cdot 2300 = 115000 г/год = 0{,}115 т/год. \quad (2.16)$$

Вибираємо термомеханічний безпереврвний вапногасильний апарат продуктивність 1 т/год в кількості 1 шт.

Із вапногасильних апаратів вапняне молоко подається до баків. Кількість баків має бути не менше двох. Процес приготування вапняного молока здійснюється в розчинних баках, об’єм яких у м^3 розраховується за формулою:

$$W_P = \frac{Q \cdot n \cdot D_в}{10000 \cdot b_в \cdot \gamma} = \frac{2300 \cdot 10 \cdot 50}{10000 \cdot 5 \cdot 1} = 23 \text{ м}^3, \quad (2.17)$$

де Q - витрата стічних вод, Q =2300 м^3/год;

n - час, на який заготовлюють вапняне молоко, 10 год;

$D_в$ - доза вапна в перерахунку на CaO, 50 г/м^3;

$b_в$ - концентрація вапняного молока, не більше 5%;

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

Вибираємо бак типу ПМТ-25 (місткість 12,2 м^3).

Кількість баків $N = \frac{W}{W_1} = \frac{23}{12,2} = 1,89 = 2$ шт.

2.3.3 Дозування вапняного молока

Необхідну витрату насосів-дозаторів визначають за формулою (2.14), м^3/год:

$$Q_{нф} = \frac{23}{10} = 2,3 \text{ м3/год} = 2300 \text{ л/год}$$

Приймаємо 3 насоси-дозатори типу НД-1200/6И [19] продуктивністю 360-1200 л/год, 2 робочих та 1 резервний.

2.4 Процес змішування реагентів

Введення реагентів у воду, що підлягає очищенню, відбувається шляхом їх інтенсивного перемішування в гідравлічних змішувальних пристроях, зокрема вихрового типу або конструкціях із внутрішніми перегородками.

Вертикальний змішувач конструктивно виконують у вигляді резервуара циліндричної або прямокутної конфігурації, нижня частина якого має конічну чи пірамідальну форму. Оптимальна подача води, що припадає на один змішувач, становить у межах 0,33–0,42 м³/с.

Кількість змішувачів, шт.:

$$N = \frac{Q}{3600 \cdot Q_1} = \frac{2300}{3600 \cdot 0{,}38} = 1{,}68 \qquad (2.18)$$

де Q_1 - витрата води на один змішувач, до 0,33...0,42 м^3/с;

Приймаємо два вертикальні змішувачі з циліндричною верхньою частиною та витратою води на один змішувач $Q_1 = 0{,}32$ м^3/с

Площа поперечного перерізу верхньої циліндричної частини змішувача, м^2:

$$F_B = Q_1 / v, \qquad (2.19)$$

v - швидкість висхідного руху води під водозбірним пристроєм, рівна 0,03...0,04 м/с.

$$F_B = 0{,}32 / 0{,}03 = 10{,}7 \text{ м}^2$$

Діаметр верхньої частини циліндричного змішувача, м:

$$D_ц = \sqrt{4F_B / \pi} = \sqrt{4 \cdot 9{,}14 / 3{,}14} = 3{,}7 . \qquad (2.20)$$

Висота конічної частини змішувача, м:

$$h_к = (D_Ц - d_П) / (2 \sin \alpha/2), \qquad (2.21)$$

де d_n - діаметр трубопроводу для подачі стічної води зі швидкістю руху потоку v_n межах 1,2...1,5 м/с;

α - кут між похилими стінками конічної частини, рівний 30...45^0.

Діаметр трубопроводу для подачі стічної води у змішувач, м:

$$d_n = \sqrt{\frac{4Q_1}{\pi \cdot v_n}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0{,}32}{3{,}14 \cdot 1{,}35}} = 0{,}55 \qquad (2.22)$$

Приймаємо стандартний діаметр трубопроводу 550мм.

Толі висота конічної частини змішувача, згідно (2.21), м:

$$h_к = (3{,}7 - 0{,}55) / (2 \cdot \sin 40/2) = 4{,}6$$

Об'єм конічної частини змішувача, м^3:

$$V_К = \pi h_к (D_Ц^2 + d_П^2 + D_Ц \cdot d_П)/12 = 3{,}14 \cdot 4{,}6(3{,}7^2 + 0{,}55^2 + 3{,}7 \cdot 0{,}55)/12 = 19{,}3 \qquad (2.23)$$

Об'єм змішувача, м^3:

$$V_{зм} = Q_1 \cdot t / 60, \qquad (2.24)$$

де t - час змішання, 1,2...2 хв.

$$V_{зм} = 1150 \cdot 1{,}8 / 60 = 34{,}5 \text{ м}^3$$

Обсяг верхньої частини змішувача, м^3:

$$V_в = V_{зм} - V_к = 34{,}5 - 19{,}3 = 15{,}2 \qquad (2.25)$$

Висота верхньої частини, що повинна знаходитися в межах 1...1,5 м:

$$h_в = V_в / F_в = 15{,}2 / 10{,}7 = 1{,}42 \quad (2.26)$$

Збір води здійснюється у верхній частині змішувача периферійним лотком через затоплені отвори при швидкості руху води через отвір $v_{отв}$ = 1 м/с.

Загальна площа отворів, м^2:

$$f_{отв} = Q_1 / v_{отв} = 0{,}32 / 1 = 0{,}32 \quad (2.27)$$

Число отворів при його діаметрі $d_{отв}$ =50мм складає, шт:

$$n_{отв} = 4Q_1 / (\pi d^2_{отв} \cdot v_{отв}) = 4 \cdot 0{,}32 / (3{,}14 \cdot 0{,}05^2 \cdot 1) = 163 \quad (2.28)$$

Отвори рівномірно розподіляються по периметру. Швидкість руху води в периферійному лотку $v_л$ = 0,6 м/с, а ухил дна лотка i = 0,02.

2.5 Розрахунок радіальних відстійників із вбудованою камерою пластівцеутворення

Для очищення стічних вод конвертерних газоочисток з витратою води більше 2000 м^3/год рекомендується застосовувати радіальні відстійники з вбудованою камерою пластівцеутворення водоворотного типу.

Площа перетину камери пластівцеутворення розраховується за формулою, м^2:

$$f_{к.х.} = Q_1 \cdot t_{к.х} / (60\, H_{к.х.}), \quad (2.29)$$

де Q_1 - витрата води на камеру пластівцеутворення м^3/год;

$t_{к.х}$ - час перебування води в камері,15...20 хв;

$H_{к.х.}$ - висота камери пластівцеутворення, 3,5...4 м.

$$f_{к.х.} = 1150 \cdot 15 / (60 \cdot 4) = 72 \text{ м}^2$$

Діаметр камери утворення пластівців, м:

$$d_{к.х.} = \sqrt{4 f_{к.х} / \pi} = \sqrt{4 \cdot 72 / 3{,}14} = 9{,}6 \qquad (2.30)$$

Воду в камеру подають із двох тангенціально розташованих сопл, які занурені на глибині 0,5 м від дна камери і на відстані $0{,}2 d_{к.х.}$ від стінки. Діаметр сопла, м:

$$d_c = 1.13 \sqrt{\frac{Q_1}{2 \cdot \mu_c \cdot v_c}} \qquad (2.31)$$

де μ_c - коефіцієнт витрати сопла, рівний 0,9...0,92;

v_c - швидкість виходу води із сопла, 2...3 м/с.

$$d_c = 1.13 \sqrt{\frac{0{,}32}{2 \cdot 0{,}92 \cdot 2{,}5}} = 0{,}298$$

Приймаємо стандартний діаметр труби 300мм.

Діаметр трубопроводу для подачі стічної води у камеру приймають із розрахунку швидкості руху води 0,7...1,2 м/с.

$$d_c = 1.13 \sqrt{\frac{Q_1}{v_c}} = 1{,}13 \sqrt{\frac{0{,}32}{0{,}85}} = 0{,}693 \qquad (2.32)$$

Приймаємо діаметр трубопроводу, що підводить 700мм.

У верхній частині камери пластівцеутворення встановлюються заспокійливі ґрати для гасіння обертального руху води.

Площа поверхні зони освітлення радіального відстійника, м^2:

$$F = \frac{Q}{n \cdot q_0}, \tag{2.33}$$

де, n – кількість відстійників, не менше двох;

q_o – питоме гідравлічне навантаження, 2 м^3/(м^{2}год).

$$F = \frac{2300}{2 \cdot 2{,}0} = 575 \text{ м}^2$$

Діаметр радіального відстійника, м:

$$D = \sqrt{4(F + f_{кх}) / \pi} = \sqrt{\frac{4 \cdot (575 + 72)}{3{,}14}} = 28{,}7 \tag{2.34}$$

Приймаємо два стандартні радіальні відстійника діаметром 30м.

Швидкість на половині радіуса, м/с:

$$v = \frac{2q}{n\pi DH_p} = \frac{2 \cdot 2300}{2 \cdot 3600 \cdot 3{,}14 \cdot 30 \cdot 4} = 0{,}008 м/с, \tag{2.35}$$

де H_p - робоча глибина відстійника, м.

Теоретична тривалість освітлення води:

$$t = n\pi (D^2 - d_{кх}^2) H/(4Q) = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 30^2 \cdot 4/(4 \cdot 2300) = 2{,}2 \text{ год} \tag{2.36}$$

Маса уловленого осаду, т/доб.:

$$G_{сух} = \frac{(C_o - C_к) \cdot Q}{C_o \cdot 1000} = \frac{(2700 - 150) \cdot 2300 \cdot 24}{2700 \cdot 1000} = 52{,}1 \tag{2.37}$$

де C_o - початкова концентрація суспензії, г/м^3;

$C_к$ – кінцева концентрація суспензії, г/м^3;

Q - витрата води, м^3/доб.

Об'єм уловленого осаду, м^3/доб:

$$V_{ос} = \frac{100 \cdot G_{сух,} \cdot 1{,}2}{(100 - W_{ос}) \cdot \rho} = \frac{100 \cdot 52{,}1 \cdot 1{,}2}{(100 - 95) \cdot 1{,}003} = 1247, \quad (2.38)$$

де $W_{ос}$ - вологість осаду, %;

ρ - щільність осаду, т/м^3.

Висота відстійника у стінки, м:

$$H_0 = H_p + H_1 + H_2 = 4{,}0 + 0{,}3 + 0{,}5 = 4{,}8, \quad (2.39)$$

де H_1 - висота зони накопичення осаду, рівна 0,3 м;

H_2 - перевищення борта відстійника над краєм збірного кільцевого жолоба, дорівнює 0,5 м.

Глибина відстійника в центрі, м:

$$H_ц = H_p + H_1 + i \cdot D/2 = 4{,}0 + 0{,}3 + 0{,}01 \cdot 30/2 = 4{,}6, \quad (2.31)$$

де i - ухил днища.

Об'єм осадової частини відстійника, м^3:

$$V'_{ос} = \frac{\pi D^2}{4}\left(H_1 + \frac{iD}{6}\right) = \frac{3{,}14 \cdot 30^2}{4}\left(0{,}3 + \frac{0{,}01 \cdot 30}{6}\right) = 247. \quad (2.32)$$

Час вивантаження осаду, год.:

$$t = 24 \cdot V'_{ос} / (2 \cdot V_{ос}) = 24 \cdot 247 / (2 \cdot 1247) = 2{,}4. \quad (2.33)$$

Площа перетину водозбірного лотка, м^2:

$$S_л = Q_{ов} /(2nv_л) = 2300/(3600 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 1) = 0,16 \quad (2.34)$$

Ширина лотка, м:

$$b_л = S_л^{0,5} = 0,16^{0,5} = 0,4 \quad (2.35)$$

Приймаємо глибину лотка $h_л$ = 0,4 м.

Глибина лотка у місці відводу освітленої води , м:

$$h_л^{'} = h_л + i_л \pi R = 0.4 + 0.001 \cdot 3.14 \cdot 10 = 0.51 \quad (2.36)$$

де, $i_л$ – ухил лотка, 0,001;

R – радіус відстійника, м.

Витрата осаду при вивантаженні із зони накопичення:

$$q_{ос} = v_{ос} \pi d_{ос}^2 /4 \quad (2.37)$$

де, $v_{ос}$ – швидкість у трубопроводі вивантаження осаду, не менш 1,1 м/с;

$d_{ос}$ – діаметр трубопроводу для вивантаження осаду, не менш 200 мм.

$$q_{ос} = 1,1 \cdot 3,14 \cdot 0,2^2/4 = 0,035 \text{ м}^3/\text{с} = 124 \text{ м}^3/\text{год}$$

2.6 Підготовка вловленого шламу до утилізації

2.6.1 Гравітаційне згущення осаду

Оброблення осадів у процесі очищення стічних вод металургійних підприємств зазвичай включає кілька послідовних етапів, ключовими серед

яких є підвищення концентрації осаду та його подальше механічне видалення вологи.

Згущення осадів переважно здійснюють двома методами: шляхом дії сили тяжіння або з використанням відцентрових сил. У разі гравітаційного способу процес відбувається в спеціальних ущільнювачах, конструктивно подібних до радіальних відстійників, оснащених механізмами перемішування. Тривалість перебування осаду в ущільнювачі під час проєктного розрахунку приймають у межах від 3 до 24 годин, що визначається видом і фізико-хімічними характеристиками осадової маси. Вміст вологи в згущеному осаді, як правило, знаходиться в діапазоні 85–97 %.

Під час виконання технологічних розрахунків і підбору згущувачів вихідними параметрами є:

Gт — продуктивність за сухою речовиною (т/год);

співвідношення рідкої та твердої фаз у вихідній пульпі $R_и$ та у згущеному продукті $R_к$;

d — густина твердої складової пульпи (т/м³);

Δ — густина рідкої фази (т/м³).

Значення питомої площі згущення та продуктивності згущувачів приймають на основі експлуатаційних даних, отриманих під час оброблення аналогічних матеріалів у промислових умовах. За відсутності таких відомостей попередньо проводять експериментальні дослідження для визначення швидкості осадження твердої фази пульпи V (м/год) при співвідношенні Ж:Т у межах від $R_и$ до $R_к$.

Питому площу згущення $S_{уд}$ (м²·год/т) обчислюють за відповідною розрахунковою залежністю:

$$S_n = \frac{R_n - R_к}{\rho_m \cdot \rho_p} \tag{2.38}$$

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

ρ_m – щільність твердої фази, т/м^3;

ρ_p - щільність рідкої фази, т/м^3.

$$S_n = \frac{95/5 - 60/40}{3{,}5 \cdot 1} = 5 \text{ м}^2\cdot\text{год/т}$$

Загальна площа згущення, м^2:

$$S = G_{сух} \cdot S_n \quad (2.39)$$

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

$$S = 52{,}1 \cdot 5/24 = 10{,}8 \text{ м}^2$$

Приймаємо два гравітаційні згущувачі марки Ц-4 з площею згущення 12 м^2, діаметром згущувача 4м, робочою глибиною 2,5м та потужністю приводу 1,1 кВт.

2.6.2 Механічне зневоднення шламу

Зневоднення шламу газоочисток конвертерного виробництва здійснюється у вакуум-фільтрах.

Загальна площа фільтрування вакуум-фільтру, м^2:

$$F_ф = \frac{1000 \cdot G_{сух}}{24 \cdot q_{ос}} \quad (2.40)$$

де $q_{ос}$ – продуктивність фільтру для даного типу осаду, 80 кг/(м^2·год).

$$F_ф = \frac{1000 \cdot 52{,}1}{24 \cdot 80} = 27{,}13 \text{ м}^2$$

Вибираємо 3 вакуум-фільтри типу БОУ 10-2,6 та один резервний фільтр [19].

Технічна характеристика вакуум-фільтру БОУ 10-2,6:

Тип фільтруючої поверхні	зовнішня
Розміри барабана, мм:	
Діаметр	2612
Довжина	1350
Частота обертання барабана, об/хв	0,1-1,9
Площа фільтрування, м^2	10
Потужність електродвигуна, кВт	4,4
Габарити, мм:	
Довжина	3360
Ширина	3320
Висота	3060
Маса, т	7,8

Витрата повітря для створення вакууму м^3/хв визначається за формулою:

$$Q_{пов} = n_ф \cdot F_{ф1} \cdot v_в \qquad (2.41)$$

де $n_ф$ – кількість фільтрів, шт.;

$F_{ф1}$ – площа, фільтрування одного вакуум-фільтру, м^2;

$v_в$ – питома витрата повітря для створення вакууму, м^3/(м^2·хв).

$$Q_{пов} = 3 \cdot 10 \cdot 0{,}5 = 15{,}0 \text{ м}^3\text{/хв} = 15000 \text{ л/хв} = 900 \text{ м}^3\text{/год}$$

Приймаємо вакуум-насос ВВН-6 продуктивністю по повітрю до 6 м^3/хв та потужністю 13 КВт [19] – 3 робочих та 1 резервний.

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

$$Q_{пов} = n_{ф} \cdot F_{ф1} \cdot v_{пов} \quad (2.42)$$

де $n_{ф}$ – кількість фільтрів, шт.;

$F_{ф1}$ – площа, фільтрування одного вакуум-фільтру, м^2;

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

$$Q_{пов} = 3 \cdot 10 \cdot 0{,}1 = 3{,}0 \text{ м}^3/\text{хв} = 3000 \text{ л/хв}$$

Приймаємо повітродувку для просушки типу ВК-1,5 [19] – 1 робоча та 1 резервна.

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

$$Q_{вод} = n_{ф} \cdot F_{ф1} \cdot v_{вод} \quad (2.43)$$

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

$$Q_{пов} = 3 \cdot 10 \cdot 4 = 120 \text{ л/хв} = 7{,}2 \text{ м}^3/\text{год}$$

Приймаємо насос для промивки фільтрувальної тканини типу ВКС-1/16 продуктивністю 1,1-3,7 м^3/год, напором 40-14 м та потужністю двигуна 1,5 КВт - три робочих та один резервний.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

3.1 Основні небезпечні і шкідливі фактори виробничого середовища на спорудах з очищення стічних вод

До основних небезпечних і шкідливих виробничих чинників, характерних для очисних споруд, належать [22]:

- рухомі елементи обладнання (насосні агрегати, привідні механізми, скребкові пристрої, зрошувачі, мішалки тощо);
- відліт деталей і предметів під час розбирання трубопроводів або механічної обробки елементів;
- ризик ураження електричним струмом унаслідок коротких замикань в електромережі;
- знижена температура повітря у виробничих приміщеннях;
- підвищена вологість повітря, зокрема в насосних і реагентних відділеннях, а також на території очисних споруд;
- надмірні рівні шуму та вібрації, особливо в машинних залах;
- недостатня освітленість робочих зон (у колодязях, каналах, камерах тощо);
- вплив токсичних і шкідливих газоподібних речовин, що накопичуються в колодязях, каналах, насосних станціях.

Крім зазначених факторів, на підприємстві існує небезпека ураження електрострумом, отримання травм під час експлуатації вантажопідіймальних механізмів, а також ризик отруєння при роботі з хімічними речовинами та реагентами.

Показники виробничого травматизму та рівень професійної захворюваності є важливими критеріями оцінювання стану охорони праці. Їх аналіз дає змогу визначити основні причини виникнення нещасних випадків.

Причини травматизму на очисних спорудах умовно поділяють на три групи:

1. Технічні — конструктивні недоліки або несправності обладнання, інструментів, транспортних засобів і систем, відсутність чи несправність захисних та блокувальних пристроїв, недосконаліть технологічних процесів.

2. Санітарно-гігієнічні — шкідливий вплив технологічних виділень, контакт зі стічними водами, недостатнє освітлення, підвищений рівень шуму, запиленість і загазованість повітря.

3. Організаційні — неналежний контроль за виконанням робіт, порушення технологічної дисципліни, нераціональне розміщення обладнання, захаращення робочих місць, недотримання режиму праці та відпочинку, залучення працівників не за спеціальністю, відсутність або невідповідність засобів індивідуального захисту, недоліки в навчанні та інструктажі з охорони праці.

Серед суб'єктивних причин травмування слід відзначити нехтування вимогами безпеки, недбале ставлення до службових обов'язків, неуважність і зниження рівня самоконтролю працівників.

Найчастіше нещасні випадки трапляються під час:

- виконання робіт у загазованих колодязях, камерах і приміщеннях насосних та очисних станцій;
- обслуговування й ремонту електрообладнання без відключення електроживлення та застосування засобів захисту;
- експлуатації вантажопідіймальних механізмів (автокранів, талей тощо);
- контакту з забрудненими стічними водами без використання спеціальних засобів індивідуального захисту, захисного одягу та взуття;
- відкривання кришок колодязів без дотримання встановлених вимог безпеки.

Регулярний аналіз випадків виробничого травматизму й професійних захворювань сприяє розробленню та впровадженню дієвих профілактичних заходів.

Робота насосного обладнання та транспортування рідин трубопроводами супроводжуються утворенням шуму і вібрації. Основними джерелами шуму є механічні (насосні агрегати) та аерогідродинамічні процеси (рух води). За спектральними характеристиками шум належить до середньочастотного. Максимальний рівень звукового тиску поблизу насосів становить близько 70 дБА, що не перевищує допустиме граничне значення 80 дБА [24].

Показники факторів виробничого середовища на дільниці очисних споруд прведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Оцінка факторів виробничого середовища й трудового процесу оператора реагентного відділення

№	Фактори виробничого середовища й трудового процесу	Норматив значення (ПДК, ПДУ)	Фактич. значення	Шкідливі й небезпечні умови й характер праці			Тривалість дії фактора за зміну, %
				I	II	III	
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м^3 вапно	2	1,5	-	-	-	75
2	Пил переважно фиброгенного впливу, мг/м^3	4	1				75
3	Вібрація, дБ	92	75				75
4	Шум , дбА	80	70				75
5	Мікроклімат в приміщенні (теплий період гроку): температура повітря, ^{0}С відносна вологість,%	18-25 60-65	26 70	1 5			80 90
6	Тяжкість и напруженість праці	середньої тяжкості IIа, помірно напружена					

Умови та характер праці оцінюються як допустимі, з незначним перевищенням окремих показників. Працівникам надаються пільги та компенсації: додаткова триденна відпустка та забезпечення молоком.

3.2 Заходи з охорони праці на очисних спорудах, спрямовані на зменшення впливу шкідливих та небезпечних виробничих факторів.

З метою гарантування безпечного виконання робіт і попередження дорожньо-транспортних пригод на території очисних споруд впроваджується комплекс організаційних та інженерно-технічних заходів. Підземні резервуари засипають шаром ґрунту товщиною не менше 0,7 м від рівня спланованої поверхні. Крім того, у місцях можливого наїзду транспортних засобів або роботи механізмів передбачаються захисні елементи території. Відкриті ємності, у яких висота стін над поверхнею землі становить менше 0,6 м, обов′язково обладнують зовнішніми огородженнями по периметру.

На ділянках перетину пішохідних маршрутів з каналами, трубопроводами та іншими потенційно небезпечними об′єктами встановлюють містки шириною щонайменше 0,6 м, оснащені поручнями висотою 1 м. У зонах підйому та спуску, зокрема до водозабірних споруд і резервуарів, облаштовують сходи з міцними перилами.

Для безпечного доступу до колодязів, камер та інших підземних споруд застосовують стаціонарні сходи або металеві скоби. Усі люки, прорізи в підлогах, заглиблені резервуари, траншеї та котловани повинні бути перекриті плитами, кришками або листами рифленого металу чи огороджені суцільними або ґратчастими конструкціями. У нічний час у небезпечних зонах встановлюють сигнальні ліхтарі червоного кольору.

Заглиблення в підлогах також підлягають захисту: їх перекривають кришками або обладнують огородженнями висотою 1 м із суцільною обшивкою по низу висотою не менше 0,1 м. У всіх виробничих і допоміжних приміщеннях передбачають системи опалення, вентиляції, водопостачання, каналізації та освітлення відповідно до санітарно-гігієнічних вимог.

Висота приміщень до виступаючих елементів перекриття повинна становити не менше 2,2 м. У місцях постійного проходу персоналу відстань до

виступаючих комунікацій і обладнання має бути не меншою за 2 м, а у зонах періодичного проходу — не менше 1,8 м. Мінімальна ширина проходів встановлюється на рівні 1 м, дверних прорізів — 0,8 м, коридорів — 1,4 м, а сходових маршів — 1,05 м.

Приміщення оснащуються підйомно-транспортними механізмами для обслуговування обладнання. Усе електроустаткування розраховане на експлуатацію в умовах підвищеної вологості та повинно мати надійне заземлення, зокрема корпуси електродвигунів, каркаси рубильників, пускачів та іншого електрообладнання. Електричні з′єднання виконують за допомогою різьбових муфт, а електропроводка має бути з неушкодженою ізоляцією.

Технологічне обладнання, включаючи насосні агрегати, електрощити, трубопроводи, запірну арматуру та інструмент, розміщують з дотриманням нормативної ширини проходів [23]:

- між агрегатами з напругою до 1000 В — не менше 1 м;
- між агрегатами з напругою понад 1000 В — не менше 1,2 м;
- між агрегатами та стінами у шахтах — 0,7 м;
- в інших приміщеннях — 1 м;
- між компресорами — 1,5 м;
- між обладнанням і щитами керування — 2 м.

Для зниження рівня шуму та вібрацій, що створюються насосними установками, їх монтують на віброізоляційних прокладках із гуми або пластику. Зменшенню аерогідродинамічного шуму сприяє плавне виконання поворотів трубопроводів, застосування дифузорів і конфузорів при з′єднанні труб різних діаметрів, а також злиття потоків під мінімальним кутом і з незначною різницею швидкостей. Додатково впроваджується автоматизоване керування обладнанням, що скорочує необхідність постійного перебування персоналу в приміщеннях з підвищеним рівнем шуму.

Обслуговуючий персонал регулярно здійснює контроль герметичності зварних з′єднань і стиків трубопроводів газових систем із застосуванням

мильного розчину. Для виявлення витоків газу використовують лампи типу ЛБВК або газоаналізатори. Використання відкритого вогню для цих цілей забороняється. Допуск до загазованих приміщень дозволяється лише працівникам у шлангових або кисневих протигазах ізолювального типу.

3.3 Заходи безпеки в реагентному господарстві

З метою мінімізації ризиків під час використання та зберігання хімічних реагентів приміщення реагентного господарства повинні бути обладнані високоефективними вентиляційними системами, здатними підтримувати вміст небезпечних домішок у повітрі в межах установлених нормативів. Усі операції з реагентами дозволяється виконувати виключно у складі щонайменше двох працівників із обов′язковим застосуванням засобів індивідуального захисту [24].

Недопустимим є розливання, розсипання чи розбризкування реагентів на будь-які поверхні, зокрема підлогу, ґрунт, обладнання, тару або спецодяг. У разі аварійного потрапляння реагентів на поверхні вони підлягають негайному видаленню та нейтралізації згідно з чинними інструкціями.

Ділянки зберігання, завантаження та розвантаження реагентів мають бути заздалегідь укомплектовані достатньою кількістю матеріалів і пристроїв для оперативної ліквідації можливих витоків чи розливів.

Проведення ремонтних робіт на трубопровідній обв′язці, запірній арматурі або технологічному обладнанні за працюючих насосів категорично забороняється. У випадку відмови вентиляційної системи або перевищення гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин усі роботи в приміщенні повинні бути негайно припинені.

Для запобігання виникненню гідравлічних ударів керування запірною арматурою необхідно здійснювати поступово, без різких відкривань або закривань.

Оглядові, очисні та ремонтні роботи на резервуарах і трубопроводах, призначених для реагентів, допускаються лише після їх повного спорожнення та проведення процедур знешкодження залишків хімічних речовин.

Окрім загальнообмінної вентиляції, у місцях імовірного виділення шкідливих парів або пилу слід встановлювати локальні витяжні системи з герметизованими кожухами та ефективними відсмоктувальними пристроями.

У приміщеннях реагентного господарства, включно зі складськими зонами, повинні застосовуватися хімічно інертні та корозійностійкі матеріали для облицювання підлоги, стін і несучих конструкцій. Оздоблення не повинно сприяти осіданню пилу або накопиченню парів та має легко піддаватися очищенню. Підлогові покриття необхідно виконувати з ухилом і обладнувати дренажними лотками для відведення рідин у систему нейтралізації.

Під час проведення операцій з розвантаження твердих реагентів персонал зобов′язаний використовувати респіратори, захисні окуляри та хімічно стійкі рукавиці.

Кожне складське приміщення повинно мати чітке маркування із зазначенням найменування реагенту. Спільне зберігання різних хімічних речовин без поділу за видами не допускається.

Склади реагентів необхідно оснащувати системами світлової та звукової сигналізації, які сповіщають про припинення роботи вентиляції, а також забезпечувати наявність телефонного зв′язку з адміністрацією підприємства та пожежно-рятувальними підрозділами.

Приміщення для приготування розчинів твердих реагентів мають бути ізольовані від інших виробничих зон. У таких відділеннях обов′язковим є встановлення пиловловлювального обладнання та засобів механізованого прибирання пилу.

Ємності для розчинення реагентів і відстійники слід розміщувати таким чином, щоб була забезпечена можливість їх повного очищення та обслуговування.

У реагентному відділенні необхідно впроваджувати автоматизовані системи контролю заповнення резервуарів, а процеси приготування, подачі та транспортування реагентів максимально механізувати. Застосування ручної праці допускається лише за незначних обсягів споживання. Операції з транспортування та приготування вапняного молока повинні виконуватися виключно механізованим способом.

Додатково в реагентному відділенні слід передбачити окрему сигналізацію, яка інформує персонал про зупинку вентиляторів вентиляційної системи.

3.4 Безпечна експлуатація обладнання у відділенні утилізації та зневоднення шламу

Усі радіальні згущувальні установки, а також пірамідальні й коритні відстійні споруди підлягають обов′язковому обладнанню захисними бар′єрами у випадках, коли рівень їхнього верхнього борта розташований на висоті менше 1,0 м від поверхні експлуатаційного майданчика. Для пірамідальних відстійників із суцільним перекриттям верхньої частини встановлення периметральних огороджень не вимагається, однак технологічні прорізи, люкові отвори та ревізійні лази повинні бути надійно перекриті металевими кришками. Перебування або переміщення персоналу безпосередньо по кромках зазначених споруд не допускається [25].

Регулювання або підтягування секторів барабанних і дискових вакуум-фільтраційних установок у процесі їх функціонування забороняється. Під час експлуатації фільтрувального обладнання видалення осаду з рам та

фільтрувального полотна дозволяється виконувати виключно за допомогою спеціально призначеного інструменту, зокрема лопаток.

У період роботи притискного механізму фільтр-преса будь-які маніпуляції з рамами, плитами чи фільтрувальними серветками категорично заборонені. Перед початком розбирання обладнання необхідно здійснити його продування стисненим повітрям з метою повного видалення залишкової рідини. Демонтажні операції допускається проводити лише із залученням не менше двох працівників.

У випадку пошкодження або обриву стяжного дроту під час обертання барабана вакуум-фільтра виконання ремонтних робіт або усунення несправностей до повної зупинки обладнання не дозволяється.

Барабанні фільтраційні агрегати, оснащені системами гідравлічного змивання осаду, повинні мати захисні екрани або огородження, що унеможливлюють потрапляння бризок на обслуговуючий персонал. Листові фільтри з висувними рамами необхідно комплектувати стаціонарними робочими платформами, які забезпечують безпечні умови для проведення операцій зі змивання осадів.

3.5 Технічні заходи з виробничої санітарії на очисних спорудах

3.5.1 Мікроклімат

Забезпечення безпечних і зручних умов праці у виробничих приміщеннях потребує підтримання нормативних показників мікроклімату, зокрема температури повітря, його вологості та швидкості руху [26]. Надмірне теплове навантаження на організм може спричинити тепловий удар у разі підвищення температури тіла до 40 °C. Водночас тривале перебування в умовах знижених температур, особливо в неопалюваних приміщеннях (зокрема на складах або в цехах зберігання реагентів), викликає переохолодження організму та знижує його опірність до інфекційних

захворювань. Підвищена вологість повітря, що є типовою для більшості об′єктів очисних споруд, посилює шкідливий вплив як високих, так і низьких температур.

3.5.2 Організація вентиляції та опалення

До основних інженерно-технічних заходів, спрямованих на мінімізацію негативного впливу факторів виробничого середовища, належать автоматизація, механізація та електрифікація важких і шкідливих робіт з погляду санітарно-гігієнічних норм [27]. Важливе значення має також забезпечення герметичності технологічного обладнання, трубопроводів і ємностей, а також дотримання встановлених вимог щодо зберігання матеріалів.

Систематичний контроль вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони є необхідною умовою підтримання безпечного виробничого середовища та запобігання перевищенню гранично допустимих концентрацій [28]. За наявності розливів рідких речовин, транспортування сипких матеріалів, витоків через нещільності обладнання або порушень технологічного режиму обов′язковим є застосування ефективних вентиляційних систем.

Залежно від принципу дії вентиляція поділяється на:

- витяжну — для видалення забрудненого повітря;
- припливну — для подачі свіжого повітря;
- припливно-витяжну — що забезпечує одночасний повітрообмін.

Для працівників, які працюють в умовах підвищених температур, організовується забезпечення охолодженою газованою підсоленою водою. У приміщеннях з імовірністю раптового викиду шкідливих або різко пахнучих речовин додатково передбачають аварійну вентиляцію, яка може вмикатися як вручну, так і автоматично за сигналами газоаналізаторів.

З метою стабілізації мікрокліматичних параметрів можуть застосовуватися системи кондиціонування повітря, що забезпечують автоматичне регулювання температури, вологості та рівня чистоти повітря.

3.5.3 Освітлення виробничих приміщень

Освітлення належить до найважливіших факторів, що визначають рівень безпеки та ефективності трудової діяльності. Недостатня освітленість робочих зон спричиняє підвищену втому працівників, зниження концентрації уваги й продуктивності праці, а також підвищує ризик виникнення виробничого травматизму [29].

У денний час освітлення приміщень здійснюється переважно за рахунок природного світла, яке проникає через віконні прорізи та інші світлопрозорі конструкції. За умови його нестачі застосовують штучне освітлення з використанням світильників різних типів і конструкцій.

Відповідно до нормативних вимог [31], рівні освітленості повинні становити:

- за постійного спостереження за технологічними процесами — не менше 75 лк;
- при періодичному контролі — не менше 50 лк;
- у медичних пунктах — 200 лк;
- у гардеробних приміщеннях і вмивальнях — 75 лк;
- у душових — 50 лк;
- на панелях приладів і навчальних дошках — не менше 300 лк.

Для аварійного освітлення встановлюються окремі вимоги: на сходових клітках, підлогах і основних проходах рівень освітленості має бути не нижчим за 0,3 лк, при цьому загальне аварійне освітлення повинно забезпечувати щонайменше 10 % від нормативного значення основного освітлення.

Штучне освітлення за призначенням поділяється на:

- робоче — для створення нормативних умов освітленості під час виконання виробничих операцій;

- аварійне — яке автоматично або вручну вмикається у разі відмови основного джерела світла.

Справність систем аварійного освітлення підлягає регулярному контролю, а порядок їх увімкнення визначається інструкціями з охорони праці. Електричні мережі аварійного освітлення повинні мати незалежне джерело живлення, приєднання сторонніх споживачів до цих мереж забороняється.

Стан освітлювальних приладів потребує постійного нагляду, оскільки чисті світлопрозорі поверхні пропускають до 90 % світлового потоку, тоді як забруднені — лише близько 8 %. Очищення вікон і світлових прорізів слід проводити щонайменше двічі на рік, а в приміщеннях з підвищеною запиленістю — за необхідності частіше.

Своєчасна заміна ламп, очищення світильників, а також видалення пилу зі стін і стель дозволяють підтримувати освітленість на нормативному рівні. Роботи, пов′язані з обслуговуванням освітлювальних систем, особливо на висоті або з електрообладнанням, мають виконуватися виключно працівниками, які пройшли відповідний інструктаж і підготовку.

3.6 Електробезпека на очисних спорудах

На очисних спорудах найбільшими споживачами електричної енергії є насосні агрегати та освітлювальні системи. З метою запобігання ураженню електричним струмом застосовуються системи дистанційного керування, блокувальні пристрої та попереджувальна сигналізація. Використання цих технічних рішень істотно зменшує ризик випадкового дотику працівників до струмопровідних елементів обладнання.

Підвищеної уваги потребує захист персоналу в умовах можливого пошкодження ізоляції, коли напруга може з′являтися на металевих частинах,

що за нормальних умов не перебувають під струмом. Одним з найнадійніших способів захисту в таких ситуаціях є захисне заземлення, яке полягає у навмисному електричному з′єднанні металевих частин устаткування із землею. Це дозволяє знизити силу струму, що може пройти через тіло людини під час дотику до несправного обладнання, до безпечних значень.

Згідно з Правилами безпечної експлуатації електроустановок [32], захисне заземлення є обов′язковим для:

- усіх металевих неструмоведучих частин електроустановок з напругою 500 В і більше (як змінного, так і постійного струму) незалежно від умов їх розміщення — у приміщеннях або на відкритому повітрі;

- електроустановок напругою понад 36 В змінного струму та понад 110 В постійного струму, що експлуатуються у вологих, особливо небезпечних приміщеннях або на відкритих майданчиках;

- корпусів електричних машин, трансформаторів, апаратури, розподільчих пунктів і щитів, освітлювальної арматури, оболонок кабелів, захисних екранів, огорож електроустановок, а також металевих конструкцій підкранових шляхів.

Виконання заземлення не вимагається для електроустановок з напругою до 36 В змінного струму або до 110 В постійного струму (за винятком вибухонебезпечних зон), а також для арматури підвісних і штирових ізоляторів, кронштейнів і освітлювальних приладів, змонтованих на дерев′яних конструкціях, якщо інше не передбачено вимогами блискавкозахисту.

З метою підвищення рівня електробезпеки поряд з основними заходами використовують додаткові ізолювальні засоби захисту, зокрема діелектричні килимки, рукавички, калоші, спеціальне взуття та ізолюючі підставки. Їх застосування суттєво знижує ймовірність ураження електричним струмом.

Усі засоби електрозахисту підлягають регулярним випробуванням відповідно до чинних нормативних вимог. Після проведення перевірок на них

наносять позначення із зазначенням дати наступного випробування. Використання засобів захисту без чинного маркування або з простроченим терміном перевірки категорично забороняється.

Під час експлуатації очисних споруд широко застосовуються переносні електричні машини. У приміщеннях з підвищеною вологістю або сирістю дозволяється використовувати лише електрообладнання II або III класу захисту.

3.7 Пожежна безпека очисних споруд

Ступінь пожежної та вибухової небезпеки виробничих будівель і споруд очисної станції визначається особливостями технологічних процесів, які обумовлюють імовірність виникнення загорянь та можливі масштаби поширення пожежі.

Найпоширенішими причинами пожеж на очисних спорудах є технічні несправності або порушення правил експлуатації електрообладнання, а також недотримання вимог пожежної безпеки під час виконання зварювальних та інших вогневих робіт.

До категорії «Д» відносяться виробництва, у яких використовуються та зберігаються негорючі речовини й матеріали у холодному стані, зокрема насосні станції, відстійники та подібні об′єкти.

Згідно з нормативною класифікацією пожежонебезпечні приміщення поділяються на такі класи [29]:

- II-I — цехи з ремонту електродвигунів;

- II-IIa — мийні, підготовчі, верстатні, інструментальні та ремонтні дільниці механічних майстерень;

- II-I — приміщення з масляними трансформаторами та комплектними трансформаторними підстанціями напругою 6 (10) кВ.

Архітектурно-будівельні рішення, а також вибір технологічного та протипожежного обладнання визначаються категорією виробництва і відповідним класом пожежної та вибухової небезпеки.

Загальну відповідальність за стан пожежної безпеки на підприємстві несе керівник, тоді як безпосередній контроль на робочих місцях покладається на майстрів. До початку трудової діяльності всі працівники зобов′язані пройти вступний інструктаж з пожежної безпеки, ознайомитися з протипожежними вимогами та набути практичних навичок користування первинними засобами пожежогасіння.

Підвищеної уваги потребують пожежі на складах газових балонів, оскільки їх нагрівання може призвести до вибуху. У разі загоряння таких об′єктів рекомендується застосовувати пінні вогнегасники з одночасним охолодженням балонів водою.

У кожному приміщенні з потенційною пожежною небезпекою повинен бути передбачений повний набір первинних засобів пожежогасіння: лопати, ломи, гаки, ящики з піском, ємності з водою, відра та вогнегасники, які мають регулярно проходити технічне обслуговування і перезарядження. Протипожежний інвентар слід розміщувати у доступних та чітко позначених місцях.

Оскільки площа станції нейтралізації становить 2160 м², на кожному поверсі передбачено встановлення двох пінних вогнегасників типу ОВП-10 та двох вуглекислотних вогнегасників ОУ-10.

Крім того, на підприємстві застосовуються автоматизовані системи пожежогасіння водою — спринклерні та дренчерні установки. Спринклерна система являє собою мережу трубопроводів, змонтованих під стелею та підключених до пожежного водопроводу, з розміщеними на них спринклерними головками, обладнаними легкоплавкими замками. У разі пожежі замок руйнується під дією температури, що забезпечує подачу та

розпилення води у зоні загоряння. Дренчерна система має подібний принцип дії, проте спрацьовує автоматично за сигналами датчиків диму, полум′я або температури, а також може вмикатися вручну.

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Техніко-економічне обґрунтування проєктних рішень є невід'ємною складовою проєкту очисних споруд і спрямоване на підтвердження доцільності прийнятої технологічної схеми очищення стічних вод газоочисток конвертерних печей. У межах цього розділу здійснюється комплексна оцінка технічних, економічних та експлуатаційних показників проєктованої системи з урахуванням умов металургійного виробництва.

У зв'язку з цим обґрунтування прийнятих проєктних рішень передбачає аналіз ефективності застосування механічних і фізико-хімічних методів очищення, а також вибір оптимального складу споруд і обладнання.

Основним завданням техніко-економічного обґрунтування є вибір такого варіанта системи очищення, який забезпечує досягнення необхідної якості очищеної води при мінімальних капітальних вкладеннях і раціональних експлуатаційних витратах. При цьому враховуються можливості повторного використання очищеної води в оборотних або замкнених системах водопостачання, що сприяє зниженню споживання природних водних ресурсів та зменшенню екологічного навантаження.

У розділі наведено розрахунок капітальних та поточних витрат, пов'язаних із будівництвом, експлуатацією та обслуговуванням очисних споруд, а також виконано порівняльну оцінку ефективності проєктних рішень. Отримані результати дозволяють обґрунтувати економічну доцільність впровадження запропонованої технологічної схеми та підтвердити її відповідність технічним, екологічним і економічним вимогам.

Обслуговування реагентного господарства, відстійників, дільниці зневоднення шламу насосного обладнання відбувається черговим та ремонтним персоналом системи оборотного водопостачання газоочисних споруд і не потребує додаткових витрат.

4.1 Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні витрати розраховують у вигляді питомих величин, віднесених до 1 м^3 стічних вод (грн/м^3).

$$C_K = \left(C_{ОСН.УС} + C_М + C_Н + C_{буд} + C_{МОН}\right) \cdot \frac{1}{3600 \cdot Q_C \cdot \tau},$$

де $C_{осн.уст.}$ - вартість основного устаткування, грн;

$C_м$ – вартість установки й монтажу устаткування,

$C_м = 0{,}3 \cdot C_{осн.уст.}$, грн;

$C_{МОН}$ – вартість монтажу комунікацій, $C_{мон.} = 0{,}15 \cdot C_{осн.уст}$;

$C_Н$ – вартість накладних витрат спеціалізованої організації,

$C_н = 0{,}2 \cdot C_{осн.уст}$;

$C_{буд}$– вартість будівлі, грн.;

$Q_С$ – секундна витрата стічної води, що очищається, м^3/с,

τ – ефективний час роботи газоочистки за рік, год.

Вартість основного устаткування, його монтажу, а також монтажу комунікацій приведено в таблиці. 4.1

Таблиця 4.1 -Вартість будівництва і монтажу будівель, споруд і устаткування очисних споруд

Найменування	Базовий варіант			Проектний варіант		
	К-ть	Вартість, тис.грн		К-ть	Вартість, тис.грн	
		Ціна	всього		Ціна	всього
Прийомний резервуар	1	249,6	249,6	2	165,0	330,0
Реагентне господарство	1	890,8	890,8	1	1290,5	1290,5
Відстійник	2	1900,2	3800,4	2	2150,0	4300,0
Згущувач ЦП-4	1	468,2	468,2	2	468,20	936,40
Вакуум-фільтр БОУ 5-2,6	6	152,2	914,4			
Вакуум-фільтр БОУ 10-2,6				4	180,2	720,8
Насос 3К-6а	2	16,51	33,02	2	16,510	33,02
Насос 2х-9Л-1	2	13,70	27,40	2	13,70	27,40
Насос ВК-1/16	4	13,40	53,60	4	13,40	53,60

Найменування	Базовий варіант			Проектний варіант		
	К-ть	Вартість, тис.грн		К-ть	Вартість, тис.грн	
		Ціна	всього		Ціна	всього
Насос ФГ 14,5/10-б(2ф-6)	2	18,90	37,80	2	18,90	37,80
Насос DSP-12-9/1.3	2	24,80	49,60	4	24,80	99,20
Насос 1В6/10х	2	11,60	23,20	2	11,60	23,20
Разом устаткування			6548,02			7851,92
КВП			1637,0			1962,98
Разом устаткування с КВП			8185,02			9814,9
Вартість монтажу устаткування,			1964,4			2335,58
Вартість монтажу комунікацій,			982,2			1177,79
Вартість накладних витрат спеціалізованої організації,			1309,6			1570,38
Будівлі очисної станції			6048,0			6048,00
ВСЬОГО			18489,22			20946,65

КВП становить 25% від вартості основного устаткування:

$КВП_{ПР}$=0,25· 7851,92=1962,98 тис. грн.

$КВП_{БАЗ}$=0,25· 6548,02=1637,0 тис. грн.

Вартість будівлі в діючому варіанті розраховується залежно від його об'єму, 1 м^3 промислового будинку, що має залізобетонний каркас коштує 200 грн.

Необхідна будівля очисних споруд (90х 24 х 14)м.

Вартість будинку складе:

$С_{буд}$ =200 · 90 · 24 · 14 = 6 048 000 грн.

Питомі капітальні витрати для проектного варіанту :

$$C_K = 20946650 \cdot \frac{1}{3600 \cdot 0{,}32 \cdot 8400} = 2{,}16$$ грн/ м^3.

Питомі капітальні витрати для базового варіанту:

$$C_K = 18489220 \cdot \frac{1}{3600 \cdot 0{,}32 \cdot 8400} = 1{,}91 \text{ грн/м}^3.$$

4.2 Розрахунок витрат на очищення оборотної води

Річні експлуатаційні витрати на очищення газу:

$$C = \sum_{i=1}^{N} C_i = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7,$$

де C_1 – витрати на електроенергію, грн.;

C_2 – витрати на основні і допоміжні матеріали, грн.;

C_3 – амортизаційні відрахування від основного і ремонтного фондів, грн.;

C_4 – основна і додаткова зарплата виробничих робітників, грн.;

C_5 – відрахування на соціальне страхування, грн.;

C_6 – витрати на поточний ремонт і вміст основних засобів, грн.;

C_7 – інші цехові витрати, грн.

Енергетичні витрати:

$$C_1 = r \cdot l \cdot N \cdot T,$$

де r – вартість електроенергії, для промислових підприємств r=9,56 грн/кВт·год;

l – коефіцієнт, що враховує вміст обслуговуючого персоналу, приймаємо l=1,1;

T – час роботи станції нейтралізації, год;

N – сумарна потужність електродвигунів до насосів і повітродувок, кВт.

По проектному варіанту

$$C_1 = 9{,}56 \cdot 1{,}1 \cdot 8400 \cdot 910 = 80384304 \text{ грн;}$$

По базовому варіанту

$$C_1 = 9{,}56 \cdot 1{,}1 \cdot 8400 \cdot 825 = 72875880 \text{ грн.}$$

Для інтенсифікації відстоювання стічної води необхідний флокулянт. Вартість поліакриламіду, що витрачається за рік:

$$С_1 = 10^{-6} \cdot (Дк \cdot Ц_ф + Дв \cdot Ц_в) \cdot Q \cdot Т,$$

Де $Д_к$ – доза флокулянту, 1 г/м^3;

Q - витрата стічної води, м^3/год

Т – кількість годин роботи за рік, 8400;

$Ц_ф$ – ціна 1т флокулянту, 126000 грн.

$Ц_в$ – ціна 1т вапна, 5300 грн.

Проектний варіант

$С_{1пр}= 10^{-6}$ (1· 126000 +50·5300) · 2300 · 8400 =7554120 грн.

Базовий варіант

$С_{1Б}= 10^{-6}$ ·1· 2300 · 8400 · 126000=2434320 грн.

Амортизаційні відрахування від основних фондів визначаються множенням вартості основних фондів на відповідні норми амортизаційних відрахувань. Норми амортизаційних відрахувань: для будівель і споруд – 5 %, для устаткування – 25 %, для комунікацій – 15 %.

Амортизаційні відрахування на устаткування:

по базовому варіанту:

$$A_{УСТ} = 0{,}25 \cdot C_{ОСН.УС} = 0{,}25 \cdot 6548020 = 1637005 \ грн,$$

по проектному варіанту:

$$A_{УСТ} = 0{,}25 \cdot 7851920 = 1962980 грн.$$

Амортизаційні відрахування на будівлі:

$$A_{БУД} = 0{,}05 \cdot 0{,}6 \cdot C_{БУД},$$

$$A^{б}_{БУД} = 0{,}05 \cdot 0{,}6 \cdot 6048000 = 181440 \ грн,$$

$$A^{пр}_{БУД} = 0{,}05 \cdot 0{,}6 \cdot 6048000 = 181440 \ грн,$$

Амортизаційні відрахування на комунікації:

$$A_{К} = 0{,}15 \cdot C_{МОН},$$

$$A^{б}_{К} = 0{,}15 \cdot 982200 = 147330 \ грн,$$

$$A^{пр}_{К} = 0{,}15 \cdot 1177790 = 176668 \ грн.$$

Амортизаційні відрахування на КВП:

$$A^{б}_{КВП} = 0{,}25 \cdot C_{КВП} = 0{,}25 \cdot 1018780 = 254695 \text{ грн.}$$

$$A^{пр}_{КВП} = 0{,}25 \cdot C_{КВП} = 0{,}25 \cdot 1224300 = 306075 \text{ грн.}$$

Всього:

$$C^{пр}_{З} = A^{пр}_{\Sigma} = 1962980 + 181440 + 176668 + 306075 = 2627163 \text{ грн.};$$

$$C^{Б}_{З} = A^{б}_{\Sigma} = 1637005 + 181440 + 147330 + 254695 = 2240470 \text{ грн.}$$

Відрахування до ремонтного фонду складає 15 % від амортизаційних відрахувань:

$$С_6 = Ф_Р = 0{,}15 \cdot А_\Sigma,$$

$$C_6^{пр} = Ф_р^{пр} = 0{,}15 \cdot A_\Sigma^{пр} = 0{,}15 \cdot 2240470 = 336070 \ грн,$$

$$C_6^{б} = Ф_р^{б} = 0{,}15 \cdot A_\Sigma^{б} = 0{,}15 \cdot 2627163 = 394074 \ грн.$$

Інші цехові витрати складають 25 % від суми амортизаційних відрахувань, відрахувань до ремонтного фонду і зарплати службовців

$$С_7 = 0{,}25(А_\Sigma + Ф_Р);$$

$$C_7^{б} = 0{,}25 \cdot \left(A_\Sigma^{Б} + Ф_р^{Б}\right) = 0{,}25 \cdot (2240470 + 336070) = 644135 \ грн;$$

$$C_7^{пр} = 0{,}25 \cdot \left(A_\Sigma^{пр} + Ф_р^{пр}\right) = 0{,}25 \cdot (2627163 + 394074) = 755309 \ грн.$$

Економія від припинення скиду стічних вод в проектному варіанті:

$$E_У = \frac{C_з \cdot Q_б \cdot 8400}{1000000} П_з, \text{ грн.}$$

де $С_з$, – концентрації завислих речовин на виході, г/м^3;

$П_з$, – екологічний податок на скиди завислих речовин, грн/т.

$$E_у = \frac{150 \cdot 2300 \cdot 8400}{1000000} 739{,}04 = 2141736 \text{ грн}$$

Економія витрат на технічну воду для підживлення оборотної системи:

$$E_в = Q \cdot 8400 \cdot Пв = 2300 \cdot 8400 \cdot 2{,}04 = 39412800 \text{ грн}$$

Результати розрахунку зводимо в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Витрати на очищення 1 м^3 стічних вод

Статті витрат	Роз-мірна од.	Базовий		Проектний	
		Витрата на 1м^3 стічної води	Сума витрат, тис.гр	Витрата на 1м^3 стічної води	Сума витрат, тис.грн
Електроенергія	грн.		72875,88		80384,30
Витрати на реагенти	грн.		2434,32		7554,12
Основна зарплата	грн		1473,6		1557,6
Амортизаційні відрахування	грн.		2240,47		2627,63
Відрахування до ремонтного фонду	грн.		336,07		394,07
Інші цехові витрати	грн.		644,14		755,31
Загальні витрати на очищення	грн.		79360,74		93273,03
Економія від припинення скиду стічних вод	грн.				21417,36
Економія на технічній воді					3941,280
Загальні витрати з врахуванням економії	грн.	4,11	79360,74	3,71	71855,67

4.3 Техніко-економічне обґрунтування рішень прийнятих в проекті

Річний економічний ефект:

$$E = \left[\left(C_Б + E_Н \cdot K_Б\right) - \left(C_{ПР} + E_Н \cdot K_{ПР}\right)\right] \cdot Q_{ПР} =$$
$$= \left[\left(C_Б - C_{ПР}\right) + E_Н \left(K_Б - K_{ПР}\right)\right] \cdot Q_{ПР}, грн$$

де $C_б$ і $C_{пр}$ – собівартість одиниці продукції за допомогою відповідний базової і нової техніки, грн;

$K_б$ і $K_{п}$р – питомі капітальні вкладення на одиницю продукції базову і нову техніку, гр.;

$E_Н$ – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, для середозахисних заходів, $E_Н$=0,12;

A_2 – річний обсяг виробництва за допомогою нової техніки в розрахунковому році, м^3.

$$E = \left[(4{,}11 + 0{,}12 \cdot 1{,}91) - (4{,}07 + 0{,}12 \cdot 2{,}16)\right] \cdot 8400 \cdot 2300 = 724136 \text{ грн}$$

Різниця в капітальних вкладеннях:

$\Delta К = К_{пр} - К_{б} = 20946650 - 18489220 = 2457430$ грн.

Термін окупності капітальних вкладень в нову техніку:

$$T_{о.к.} = \frac{\Delta K}{E} = \frac{2457430}{724136} = 3{,}39 \text{ грн}$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Основні техніко-економічні показники

Показники	Одиниці виміру	Варіант	
		Базовий	Проектний
Річна виробнича потужність станції нейтралізації	тис. м^3	19320	19320
Річні експлуатаційні витрати	млн.грн	79,36	71,85
Капітальні вкладення	млн.грн	18,49	20,95
Витрати на очищення 1 м^3 води	грн.	4,11	3,74
Річний економічний ефект	тис.грн		724,1
Термін окупності капітальних вкладень	років		3,39

ВИСНОВКИ

У роботі виконано аналіз сучасних підходів і технологічних рішень, що застосовуються для мокрого очищення технологічних газів у конвертерному виробництві.

Визначено ключові технологічні показники процесу газоочистки, які безпосередньо впливають на утворення та склад стічних вод.

Систематизовано основні кількісні та якісні параметри стічних вод, а також охарактеризовано склад і властивості забруднювальних компонентів, що в них містяться.

Проведено порівняльний огляд існуючих технологій очищення стічних вод, що застосовуються у конверторному виробництві.

Запропоновано та обґрунтовано технологічну схему очищення стічних вод системи мокрої очистки конвертерних газів із подальшою підготовкою уловленого шламу до повторного використання або утилізації.

Здійснено підбір і інженерний розрахунок основного технологічного обладнання для очищення води, а також визначено склад і параметри допоміжних установок.

Проведено оцінку шкідливих і небезпечних чинників виробничого середовища на очисних спорудах стічних вод та розроблено комплекс заходів, спрямованих на зниження їх негативного впливу.

Виконано техніко-економічне обґрунтування та порівняльну оцінку альтернативних схем очищення стічних вод, що утворюються в процесах мокрої газоочистки технологічних газів електросталеплавильних печей.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Основи металургійного виробництва металів і сплавів: підручник для металург. спец. вищ. навч. закл./ Д. Ф. Чернега та ін. Київ: Вища школа, 2006. 503 с.

2. Бережний М.М., Чубенко В.А. Основи проектування технологічних ліній і комплексів металургійних цехів: монографія. Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2009. 430 с.

3. В.В. Шаравара. Охорона атмосферного повітря: теорія і практикум. Навчальний посібник. − Кам'янець-Подільський, 2012. 356с.

4. Теоретичні основи охорони навколишнього середовища / І.А. Василенко, М.І. Скиба, О.А. Півоваров, В.І. Воробйова. Дніпро: Акцент ПП, 2017. 204 с.

5. Ратушняк Г.С., Лялюк О.Г. Технічні засоби очищення газових викидів. Навч.посіб. – Вінниця: ВНТУ, 2005. 158с.

6. Технології захисту навколишнього середовища. Ч. 2. Методи очищення стічних вод : підручник / Петрук В. Г., Васильківський І. В., Петрук Р. В., Сакалова Г. В. та ін. – Херсон : Олді-плюс, 2019. – 298 с.

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

8. Гічов Ю.О. Очищення газів. Частина ІІ: Конспект лекцій. – Дніпро: НМетАУ, 2015. 46с.

9. Денисов С.І. Уловлювання та утилізація пилів та газів: навч. посібник. Київ: Вища школа, 1992. 333 с.

10. Захист навколишнього середовища при роботі теплотехнологічного устаткування: навч. посібник / Н.А. Шаройко та ін. Харків: УкрДАЗТ, 2011. 395с

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

12. Екологічні аспекти металургійних технологій (1 ч.): навч. посібник/Грес Л.П. та ін. Дніпро: Україн. держ. ун-т науки і технол., 2022. 106 с.

13. Природоохоронні технології. Частина 1. Захист атмосфери: навчальний посібник/Северин Л.І. та ін. Вінниця: ВНТУ, 2012. 388 с.

14. Крусір Г.В., Мадані М.М., Гаркович О.Л. Техніка та технології очищення газових викидів: навчальний посібник. Одеса: ОНАХТ-Одеса, 2017. 207 с.

15. Клименко В.В., Кравченко В. І., Телюта Р. В. Енергозбереження в теплотехнологічних процесах та установках: навчальний посібник. Кропивницький: ПП Ексклюзив – Систем, 2020. 2019 с.

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

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

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

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

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

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

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

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

24. НПАОП 27.0-7.04-21 Мінімальні вимоги щодо безпеки та здоров'я на роботі в металургійній промисловості: Наказ Мінекономрозвитку від 19.03.2021 № 569 «Про затвердження Мінімальних вимог щодо безпеки та здоров'я на роботі в металургійній промисловості» // База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0606-21#Text

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

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

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

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

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

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

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

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

33. «Техніко-економічне обґрунтування проектних рішень»: навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища», 263 «Цивільна безпека» всіх форм навчання / Укл.: Н. В. Беренда, О. О. Троїцька, Є. А Манідіна. Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2018. 194 с.