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 водоочисних споруд зворотного циклу системи очистки газу електродугових печей»*

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)
Бут К.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.Ю 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

_____ *Буту Костянтину Олександровичу* _____
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи)__*«Проект водоочисних споруд зворотного циклу системи очистки газу електродугових печей»*_____

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 - 800 м^3/год, Початковий вміст завісі - 2900 г/м^3, Температура стічних вод - 50^{o}С,*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) *Технологія мокрої очистки газів електросталеплавидьних печей. Джерела утворення забруднених стічних вод. Аналіз існуючих схем очистки стічних вод електросталеплавильного 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 електродугових печей. 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 _____ *К.О. Бут*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ *Г.Б. Кожемякін*

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційний проект для здобуття ступеня вищої освіти магістр:

83 с., 11 табл., 11 рис., 33 джерел.

ОЧИСТКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ГАЗІВ, СКРУБЕР ВЕНТУРІ, ЕЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНЕ ВИРОБНИЦТВО, РЕАГЕНТНЕ ГОСПОДАРСТВО, ГІДРОЦИКЛОН, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ВОДООЧИСТКИ, ФІЛЬТР-ПРЕСС, ОХОРОНА ПРАЦІ

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

Предмет дослідження – технологія очищення стічних вод газоочисток електродугових печей;

Мета роботи – на основі вивчення апаратурно-технологічних схем очистки стічних вод, які експлуатуються у промисловому виробництві, технологій переробки та утилізації шламів електросталеплавильного 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 електросталеплавильного виробництва, наведено їх фізичні та хімічні властивості. Виконаний аналіз існуючих технологій очищення стічних вод систем очищення газів електродугових 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 електросталеплавильного цехів …..……... 10
1.1.1 Характеристика технологічних газів електродугових печей …… 10
1.1.2 Системи мокрого очищення технологічних газів електросталеплавильного виробництва …… 13
1.2 Характеристика стічних вод газоочисток електродугових печей ……. 26
1.3 Способи очищення стічних вод електросталеплавильного виробництва 29
1.4 Утилізація шламів електросталеплавильного виробництва …… 36
2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА ……..……. 38
2.1 Перерахунок витрат …….. 38
2.2 Розрахунок споруд та обладнання реагентного господарства ..…….. 40
2.2.1 Склад зберігання флокулянта ……..…… 40
2.2.2 Приготування робочого розчину флокулянта…….…… 42
2.2.3 Дозування робочого розчину пліакриаміду ……. 43
2.3 Дільниця приготування вапняного молока …….…..……..….. 44
2.3.1 Склад сухого зберігання вапна …….…….……..…… 44
2.3.2 Приготування робочого розчину вапняної суспензії ……..…… 45
2.3.3 Дозування розчину вапняного молока ..…….…….……. 46
2.4 Процес змішування реагентів ……..…..…… 46
2.5 Розрахунок гідроциклонів ……..……. 47
2.6 Підготовка вловленого шламу до утилізації ……..……...……. 49
2.6.1 Гравітаційне згущення осадів ……..…….. 49
2.6.2 Механічне зневоднення шламу …….…… 52
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА ……..…….. 54
3.1 Основні небезпечні та шкідливі чинники виробничого середовища на спорудах очищення стічних вод ……..……..…..…….. 54

3.2 Заходи з охорони праці на очисних спорудах, спрямовані на
зниження впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників ….…... 58
3.3 Заходи безпеки у відділенні приготування реагентів …….……. 60
3.4 Безпека технологічних процесів та обладнання у відділенні
зневоднення шламу …… 62
3.5 Виробнича санітарія та гігієна праці на очисних спорудах ……. 63
3.5.1 Мікроклімат …….. 63
3.5.2 Вентиляції та опалення …… 64
3.5.3 Організація освітлення робочих місць …… 65
3.6 Заходи з електробезпеки ……. 66
3.7 Заходи з протипожежної безпеки ..……..……. 68
3.8 Інженерне обґрунтування системи захисного заземлення ……..…….. 59
4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ……..…….. 70
4.1 Розрахунок капітальних вкладень …… 71
4.2 Розрахунок витрат на очищення стічних вод ……. ……..…….. 73
4.3 Техніко-економічне обґрунтування рішень прийнятих в проекті …..… 77
ВИСНОВКИ …… 79
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ ……. 80

ВСТУП

Вода є ключовим фактором у багатьох природних процесах і забезпечує нормальне функціонування людської діяльності. У промисловості вона слугує сировиною, джерелом енергії, холодоагентом, розчинником, екстрагентом, а також використовується для транспортування матеріалів і сировини.

Стрімкий розвиток промисловості зумовлює потребу в запобіганні негативному впливу виробничих стічних вод на водойми. Багато сучасних технологічних процесів передбачають скидання стоків у водні об’єкти.

Через значне різноманіття складу, властивостей і об’ємів стічних вод промислових підприємств виникає необхідність застосування спеціалізованих методів їх локальної, попередньої та повної очистки.

У структурі інженерних комунікацій будь-якого промислового підприємства присутня система каналізаційних мереж і споруд, призначена для відведення відпрацьованої води, подальше використання якої є технічно неможливим або економічно недоцільним, а також для її попередньої та основної обробки.

У чорній металургії водоспоживання становить приблизно 15 % загального обсягу, який використовують усі промислові галузі. Основні витрати припадають на охолодження та очищення газів, охолодження різного обладнання (сталеплавильних агрегатів, конверторів, кристалізаторів), знепилення, гідротранспорт, промивання металу після травлення і знежирення, а також на роботу прокатних станів та емульсійних систем. Частка оборотного водопостачання у галузі сягає 80 %, а на окремих великих підприємствах — 92-97 %.

У процесах охолодження й очищення газів, пилоподавлення та гідротранспорту оборотні системи містять споруди для очищення та охолодження води. Щоб запобігти утворенню сольових відкладень у трубопроводах і обладнанні, такі системи працюють із продуванням, що становить 3–5 %, а інколи до 10 % загального водоспоживання. До 80 % усіх

стоків, що потрапляють у водойми, складають продувальні води оборотних систем доменних, мартенівських та сталеплавильних печей, конверторів, а також стоки гарячої прокатки та хімводоочищення. Вони містять завислі речовини, оливи й мають високий рівень мінералізації.

Зменшити витрату води в металургії можна завдяки:

- використанню випарного охолодження печей та кристалізаторів машин неперервного лиття;
- удосконаленню систем охолодження прокатного обладнання та металу;
- заміні перфорованих труб форсуночними системами;
- переходу до повітряного охолодження окремих агрегатів і середовищ;
- впровадженню сухих методів газоочищення, пневмотранспорту пилу, його окомкування та утилізації (рукавні фільтри, електрофільтри, вихрові пиловловлювачі).

Підприємства чорної металургії мають сприятливі умови для створення замкнених водооборотних циклів, що дає змогу:

- послідовно використовувати воду — коли продувальна вода систем із високими вимогами до якості може підживлювати інші системи з нижчими вимогами;
- застосовувати безпродувний режим оборотних систем за умови стабілізаційної обробки води;
- використовувати значні об’єми освітленої оборотної води на різних технологічних етапах;
- досягати необхідних показників якості води за допомогою наявних очисних споруд.

Очищення виробничих стоків на металургійних підприємствах здійснюється окремо в доменному, сталеплавильному та прокатному виробництвах.

Одним із ключових напрямів сучасного науково-технічного прогресу є створення маловідходних і безвідходних технологій. У сфері очищення стічних вод це означає впровадження каналізаційних систем із мінімальним або нульовим скиданням стоків у водойми.

Найефективнішим способом зменшення об’ємів стічних вод є створення оборотних і замкнених систем водопостачання, що повністю виключають їх скидання. Такі системи передбачають очищення, охолодження, обробку та повторне використання води.

Запровадження замкнених систем технічного водопостачання з вилученням корисних компонентів є пріоритетним під час будівництва нових підприємств або реконструкції діючих. Перехід на безстічні або малостічні системи можливий за рахунок багаторазового використання води та заміни водяного охолодження повітряним. А впровадження безводних технологічних процесів взагалі усуває утворення стічних вод.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

Електричні печі для виплавки сталі мають ряд переваг в порівнянні з іншими сталеплавильними агрегатами. У них виплавляють високолеговані інструментальні, нержавіючі, жаростійкі і жароміцні стали. Процес виплавки стали в електропечах проходить за рахунок тепла електричної дуги, що виникає між електродами. Насичені пилом гази, що утворюються в процесі плавки, підвищують тиск в печі і через нещільність в її конструкції виділяються у виробничі приміщення. Основна кількість газу виділяється через нещільність у електродів і робочого вікна. Гази виділяються з електропечей не лише в процесі плавки, але і під час завантаження печі і зливу готової сталі в ківш.

С зростанням об'єму виплавки якісних сталей в електродугових печах, а також у зв'язку з інтенсифікацією процесів плавки продуванням ванни киснем уловлювання і очищення газів, що викидаються, придбавають особливу актуальність.

1.1 Системи очищення газів електросталеплавильного цехів

1.1.1 Характеристика технологічних газів електродугових печей

Вихід газів з електросталеплавильної печі і склад газової фази залежить від складу шихти, швидкості плавлення, технологічного і температурного режимом плавки, режиму кисневого продування і тому подібне. За час виплавки стали в електропечах, особливо при вдуванні кисню, температура металу підвищується до 3000 °С, відбуваються різні хімічні реакції, що супроводжуються утворенням газу. Цей газ містить продукти вигорання електродів, випару, заліза, кремнезему, глинозему і інших речовин, що містяться в металі. З електропечі гази виділяються під час завантаження шихти, в процесі плавки і зливу стали в ківш. Газ, що виділяється з печі, має

наступний зразковий склад: 15-25% оксиду вуглецю; 5-11% діоксиду вуглецю; 0,5-3,5% водню; 3,5-10% кисню; 61-72% азоту [1].

Великий вплив на режим газовиділення чинить ряд чинників і, в першу чергу, підсос повітря в піч, залежний від режиму внутрішньопічного тиску, якості ущільнення наявних проміжків, наявності автоматичного регулювання і тому подібне. Максимальний вихід газів може перевищувати середній на 60-70% і тривати до 30 хвилин. Температура газу на виході з печі складає 1800-2000 °С [2]. Газ вибухонебезпечний із-за наявності в нім СО, тому перед очищенням СО допалюється в спеціальному пристрої.

В цілому величина викидів електросталеплавильної печі залежить від потужності печі, вживаної сировини, технологічного режиму плавки, інтенсивності використання кисню і способу відведення газів з печі.

По ходу плавки склад газів, що утворюються, залежно від швидкості вигорання вуглецю змінюється в наступних межах [3]:

Компоненти	CO	CO_2	H_2	O_2	N_2
Об'ємна доля, %	15-25	5-11	0,5-3,5	3,5-10	61-72

Звідси витікає, що зміст оксиду вуглецю (II) і водню в газах таке, що робить гази електросталеплавильних печей, що відходять, вибухонебезпечними.

Викиди газів з дугових електропечей представлені в таблиці 1.1. З даних таблиці виходить, що питомий вихід газу на 1 т сталі складає близько 350-450м^3.

Таблиця 1.1 - Вихід газів з дугових електросталеплавильних печей при відсмоктуванні газів через отвір в зведенні печі

Ємність печі, т	Потужність трансформатора, КВ-А	Тривалість плавки, год	Вихід газів, м^3/год
5	3000	3,5	650-700
10	5000	4,0	1000-1100
20	7000	4,25	2200-2300
40	13000	4.25	3900-4000
400	25000	5,0	7800-8000

Кількість пилу, що виноситься з електричних сталеплавильних печей, складає 0,4-1,0% маси сталі, що виплавляється. Середня концентрація пилу в газі знаходиться в межах 15-30 г/м3, що дає питомий вихід пилу, рівний 6-9 кг/т стали. Дрібнодисперсний пил утворюється в результаті випаровування металу в районі дії електричних дуг, пари якого конденсуються і взаємодіють з киснем і азотом, що містяться в робочому просторі печі. Приблизний дисперсний склад пилу, що утворюється при виплавці середньо-вуглецевих і хромистих сталей, характеризується наступними даними [9]:

Розмір часток, мкм	0-0,7	0,7-7	7-80	Більше 80
Масова доля, %	42	35	16	7

Пил, що виділяється з електросталеплавильних печей, складається переважно з оксидів заліза і залежить від марки, сталі, що виплавляється, і інших технологічних чинників. У період розплавлення сумарна кількість оксидів заліза складає близько 80%, в період кипіння (при продуванні киснем) - 62%. в період доведення - 53%.

Питомий електричний опір (ПЕО) пилу досить значний - досягає 1 ГОм·м при 130°С, тому при очищенні газу в електрофільтрі необхідно вживати заходи для його зниження.

У невеликих кількостях в газах, що відходять, містяться також інші компоненти, мг/м^3 (г/т) : оксиди азоту - 550 (270), оксиди сірки - 5 (1,6), ціаніди - 60 (28,4), фториди - 1,2 (0,56) [11].

Гази, що виходять з печі, значною мірою запилені. Концентрація пилу в газі може змінюватися в широких межах: від 2 до 10 г/м^3 без продування киснем і при продуванні - від 14 до 100 г/м^3 [12], причому запиленість газів залежить від об'єму підсосу в зоні допалювання. Середній питомий вихід пилу складає 6-9 кг/т сталі. Основна маса пилу (~42%) дрібнодисперсна. Він утворюється в результаті випару металу в зоні дії електричних дуг і кисневого продування і наступної конденсації в пічному просторі. Шлакотворні і мелені добавки дають більші фракції. Пил складається з оксидів заліза (до 80%), кремнію, алюмінію, марганцю, кальцію.

Винесення феромагнітного пилу з печі складає 2,5÷10 кг на 1 т стали. Близько 75% усієї кількості пилу утворюється протягом першої половини плавки.

У невеликих кількостях в газах знаходяться наступні токсичні мікрокомпоненти, мг/м3 (г/т) : оксиди азоту - 550 (270); оксиди сірки - 5 (1,6); ціаніди - 60 (28,4); фториди - 1,2 (0,56) [8].

Газ, що виділяється з печі, має наступний хімічний склад, % (об'ємн.) [5]: ≤ 68 CO; ≤ 30 CO_2; ≤21 O_2; 30-79 N_2. Температура газу на виході з печі складає близько 1600 °С. Зважаючи на наявність в газі З він вибухонебезпечний і тому перед напрямом на очищення оксид вуглецю допалюють в спеціальному пристрої. Концентрація пилу складає 50-60 г/$м^3$; вона складається з оксидів заліза, кремнію, алюмінію, марганцю, кальцію. Щільність пилу 4-4,2 г/$см^3$, насипна щільність 1,2 г/$см^3$; кут природного укосу 20-25° [10].

1.1.2 Системи мокрого очищення технологічних газів електросталеплавильного виробництва

До пристроїв, які застосовуються для мокрого очищення газів електродугових печей, відносяться скрубери з форсунками, що розпиляли воду, труби Вентурі і пінисті фільтри. Скрубери з форсунками застосовують для очищення газів з дугових печей, що працюють з продуванням киснем. Ефективність очищення в цих пристроях складає тільки 65-75%. Для отримання запиленості очищених газів нижче 50 мг/$м^3$ слід застосовувати труби Вентурі.

При електросталеплавильному виробництві із-за трудності уловлювання близько 40% запиленого газу, що утворився, поступає безпосередньо в атмосферу цеху. Це так звані технологічні викиди. В процесі експлуатації дугової електросталеплавильної печі потрібно підйом і опускання електродів, підйом і поворот зведення, нахил ванни і інші операції. Тому створення

стаціонарного пристрою для відсмоктування газів представляє значні конструктивні труднощі.

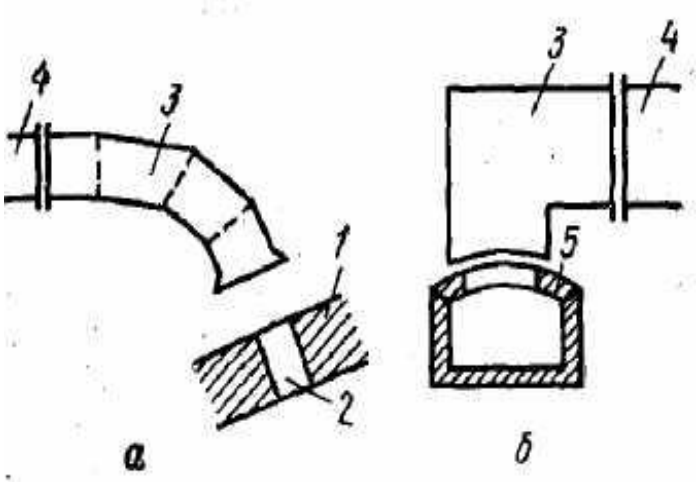
Застосовуються наступні системи для уловлювання, відведення і очищення газів електропечей :

1) Облаштування ліхтарів і витяжних шахт в даху цехів, через які газ, що потрапив в цех, віддаляється природним чином. При цьому пил випадає з потоку, що повільно піднімається, осідає на зведенні печі, устаткуванні, конструкціях будівлі, що знижує світлопроникність вікон і вимагає створення спеціальних пристроїв для прибирання. Загазованість і запиленість приміщення цеху часто настільки збільшуються, що у верхній зоні утруднюється видимість для кранівників, а на робочому майданчику концентрація пилу і газів у багато разів перевищує санітарні норми. Пил і газ викидаються через ліхтарі і витяжні шахти і істотно забруднюють атмосферу;

2) Установка над електропіччю зонта або ковпака, що повністю перекриває зведення печі. У простому випадку над піччю вище за електроди споруджують зонт, що не пов'язану з конструкцією печі, охоплює усі точки пило- і газовиділень і що не заважає обслуговуванню печі. Замість зонту іноді роблять ковпаки, укріплені на каркасі печі, безпосередньо у місць пило- і газовиділень. Таке рішення являється ефективнішим за зонт, але ускладнює конструкцію, оскільки ковпаки переміщаються разом з піччю і вимагають шарнірних з'єднань із стаціонарним газоходом. Загальним недоліком подібної системи відсмоктування газів є невисока ефективність (70-80%). Крім того спостерігається велика витрата енергії на переміщення великих мас газу з підсосами повітря, значна металоємність конструкцій, погіршення умов обслуговування і доступу до печі. Тому найбільш доцільним способом видалення газів з печі є їх відсмоктування з робочого об'єму через спеціальний отвір, найчастіше в зведенні печі поблизу робочого вікна, або через арку робочого вікна (рис. 1.1);

3) Секційне відсмоктування, що представляє укриття з декількох секцій, приєднаних до витяжного газоходу. Газ, що виходить через проміжки між

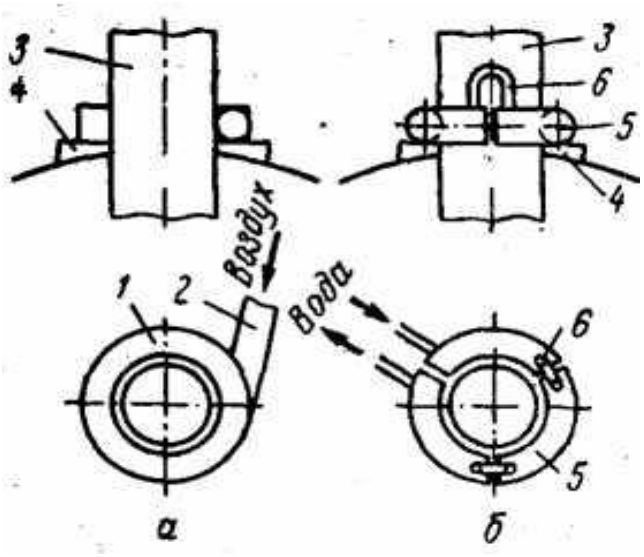
електродами і зведенням печі, віддаляється за допомогою відсмоктувань (рис 1.2). При хорошому ущільненні скорочується підсос повітря або вибивання газів, зменшується витрата електродів внаслідок меншого окислення їх поверхні, скорочується продуктивність газовідсмоктування;



1 - зведення печі; 2 - отвір в зведенні; 3 - пересувний газохід;

4 - стаціонарний газохід; 5 - арка робочого вікна

Рисунок 1.1 - Організація відсмоктування газів з електросталеплавильної печі



1-повітряне кільце; воздуховод, що 2-підводить; 3-электрод; 4-опорне кільце;
5 - водоохолоджувана труба; 6-сполучні труби-компенсатори

Рисунок 1.2 - Ущільнення проміжків у електродів дугової печі

Відведення газу безпосередньо з-під зведення печі, в якому роблять спеціальний отвір, через який за допомогою водоохолоджуваного патрубка, сполученого з газопроводом, що газовідводить, відсисають газ. При відсмоктуванні газу через рабочий переріз парасольки з швидкістю не менше 2 м/с або через секційне відсмоктування продуктивність газоочищення і дымососа приймають залежно від місткості печі (таблиця. 1.2).

Під зведенням печі створюють розрідження 4,5-13 Па, яке виключає вибивання газу через її нещільність. В деяких випадках в печі утворюють невеликий надмірний тиск 5-30 Па, при якому створюється відновлювальна атмосфера. При розрідженні в печі підсмоктуване повітря окислює закис заліза до вищих оксидів, які не запалюються. Надмірний тиск в печі виключає підсос повітря і можливість вибухів газу і бавовни в її робочому просторі. Проте такий метод вимагає установки перед подачею газу на очищення спеціальної камери для допалювання CO.

При застосуванні кисню об'єм газу, що відсисається, збільшується приблизно на 60 %. Внаслідок великої кількості газу, що відсисається, і громіздкості парасольок і відсмоктувань їх встановлюють на електропечах місткістю до 12 т. При підсосі повітря в парасольку або секційне відсмоктування наявний в газі окисел вуглецю повністю або в більшій частині згорає.

Таблиця 1.2 - Залежність продуктивності газоочищення і дымососа від місткості печі

Місткість печі, т	Відсмоктування за допомогою зонта				Секційне відсмоктування		
	<1,5	3	5	10	2,5	4,5	9
Об'єм газу, тис. $м^3/т$	20	30	45	60	13,6	25	39

4) Відведення газів способом повного укриття печі, в якому виробляють завантаження, плавку і злив металу, забезпечуючи зниження рівня шуму і можливість виробництва ремонтних робіт. В цьому випадку

забезпечується практично повне відведення газів від печі при різкому зниженні потужності системи відсмоктування газів в порівнянні з відведенням газу крізь піддаховий зонт. Гази на очищення відводяться з верхньої частини укриття протягом усього періоду плавки.

Очищення технологічних газів від пилу здійснюють мокрим способом в трубах Вентурі і сухим способам в електрофільтрах або рукавних фільтрах. На рис. 1.3 представлена схема роздільного очищення газів що як відводяться від електропечі, так і йдуть через зонт під ліхтарем цеху.

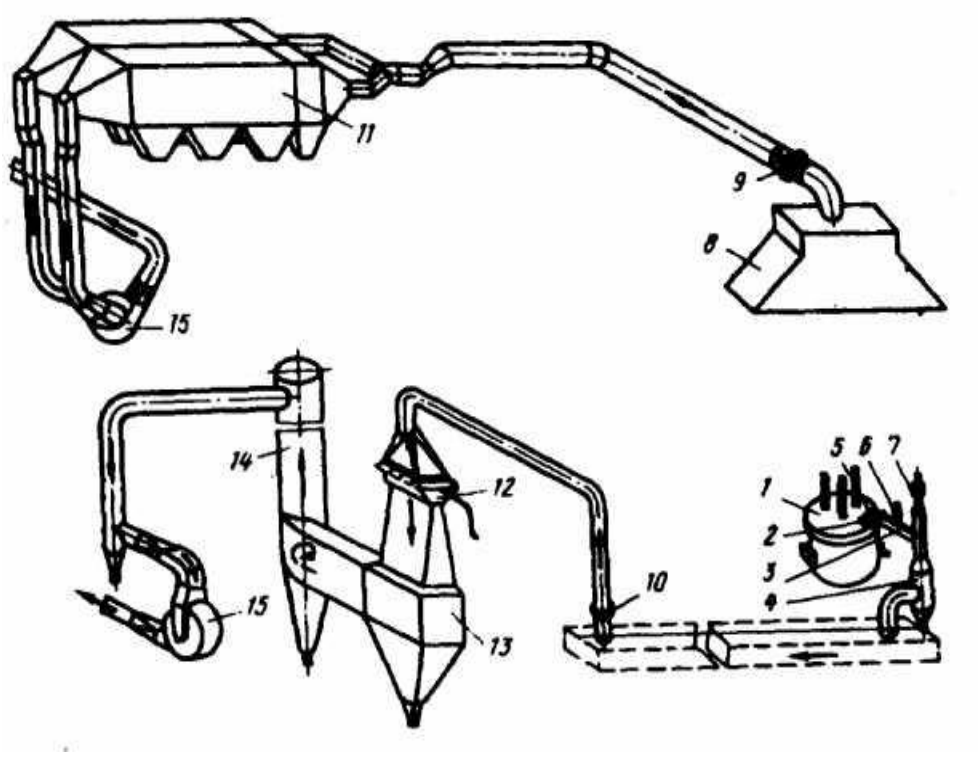
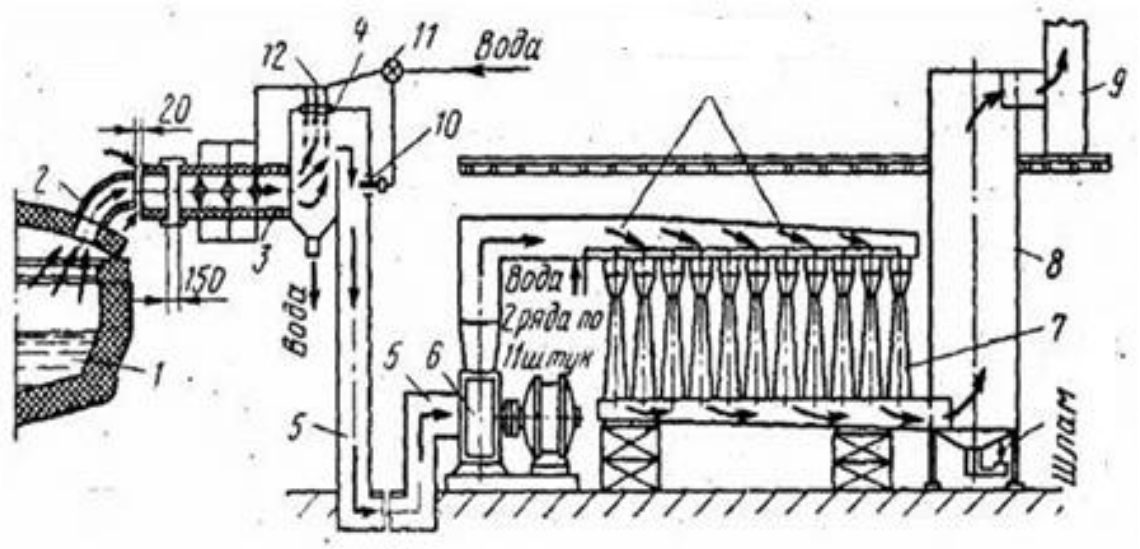


Рисунок 1.3 - Схема роздільного очищення газів,
що відводяться від електропечі і через зонт під ліхтарем цеху

Газ відводиться від печі через водоохолоджуваний патрубок, розташований в зведенні печі 1. Між патрубком 2 і трубопроводом, що газовідводить, є повітряний проміжок, що дає можливість регулювати кількість газу, що відсисається. Величина цього проміжку регулюється муфтою 5. Оксид вуглецю допалюється в камері 3 і далі охолоджується в пристрої 4. Допалювання і охолодження газу здійснюються атмосферним

повітрям, що поступає в камеру допалювання через клапан 6, а в камеру охолодження через клапан 7. Після цього газ відводиться в систему газоочищення по газопроводу, забезпеченому клапаном 10, за допомогою якого регулюють кількість газу. У покрівлі цеху під ліхтарем встановлена зонт 8, через нього віддаляються неорганізовані викиди. Кількість газу, що відсисається, регулюється за допомогою клапана 9. неорганізованих викидів очищаються в сухому пластинчатому електрофільтрі 11. Газ, що відводиться від електропечі, проходить через прямокутну трубу Вентурі 12 з регульованим перерізом горловини, де пил коагулює. Укрупнений пил очищається спочатку в інерційному пило- і бризквловлюваче 13, а потім у відцентровому скрубері 14.

На рис. 1.4 представлена найбільш поширена схема очищення газів дугових електросталеплавильних печей в скруберах Вентурі з розривом газового потоку. Подібна установка, як правило, скомпонована з декількох труб Вентурі порівняно невеликого розміру з діаметром горловини 100-150 мм.



1-печь; 2-огорожний патрубок; 3-стаціонарний газохід; 4-скруббер; 5-газоход напівчистого газу; 6-вентилятор; 7-блок труб Вентурі; 8-каплеуловитель; 9-димова труба; 10-термопара; 11-регулятор подачі води; 12-форсунки
Рисунок 1.4 - Схема охолодження і очищення газів електросталеплавильних дугових печей в скруберах Вентурі

Гази з електропечі з водоохолоджуваним патрубком на зведенні прямують в стаціонарний газохід з розривом меж-ду патрубком і газоходом для підсосу повітря з метою допалювання СО, що становить 20 мм. Потім вони поступають в скрубер-випарник, що зрошується водою з форсунок, де здійснюється охолодження газу і первинне очищення від пилу, і по газоходу вентилятором спрямовуються на другу стадію - тонке очищення - в блок труб Вентурі (2 ряди по 11 шт.). У якості спонукачів тяги зазвичай застосовують млинові вентилятори, оскільки пил дрібнодисперсна і для її уловлювання переважні режими роботи зі значними перепадами тиску. Димососи встановлюють як перед трубою Вентурі з краплевловлювачем, так і після них.

У першому випадку внаслідок високих температур і значних кількостей перекачуваних газів їх підвищена запиленість сприяє абразивному зносу лопаток ротора.

У другому ж випадку перекачується менша кількість охолоджених і майже повністю очищених від пилу газів, проте підвищена вологість сприяє налипанню невловленого пилу на лопатки ротора, що вимагає періодичної зупинки димососу на очищення.

Після краплевловлювача очищені гази через димову трубу виводяться в атмосферу.

Швидкість газу в горловині труб Вентурі досягає 110 м/с, а в краплевлювачі не перевищує 1,5 м/с. Вміст пилу в очищених газах не перевищує 100 мг/м^3 при витраті води в трубах Вентурі, що становить 0,5-0,7 кг/м^3 газу.

На виробництві гази з електродугової печі місткістю 100 т відводяться через четвертий отвір діаметром 800 мм. Для цього на зведенні печі встановлений футерований фланець діаметром 900 мм.

Щоб уникнути заростання фланця і забезпечення допалювання окислу вуглецю між нижньою кромкою фланця і верхньою кромкою склепінного отвору є проміжок величиною 80 мм, що забезпечує підсос достатньої кількості атмосферного повітря. Регулювання кількості витягуваних з печі

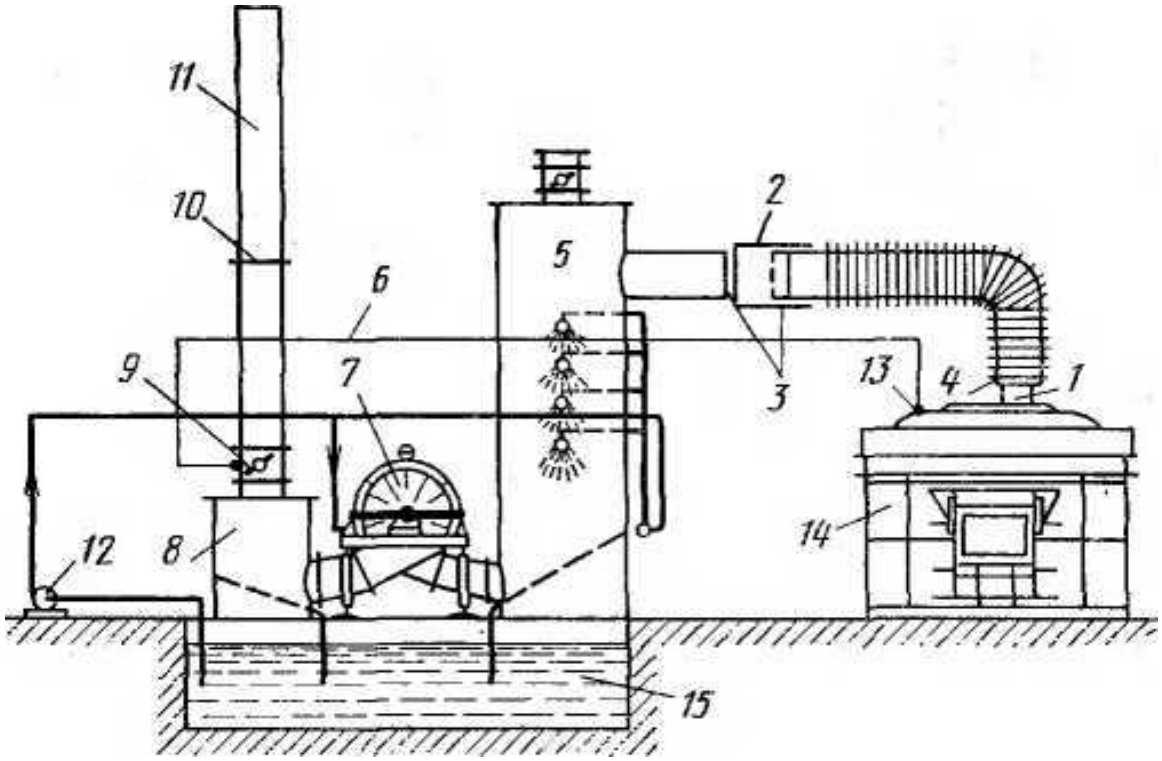
газів в окремі періоди плавки здійснюється дроселями, що встановлені перед вентиляторами. Гази спочатку охолоджуються в скрубері-випарнику, подаються по газопроводу до вентилятора і нагнітаються в блок, що складається з дванадцяти труб Вентурі з діаметрами горловини 120 мм. Температура газу в скрубері-випарнику при продуванні ванни киснем знижується від 1100 до 200° С. Швидкість газу в горловині труб Вентурі досягає швидкості 110 м/с. Пил, зволожений в трубах Вентурі, у вигляді шламу поступає в циклон мокрого очищення. Щоб уникнути винесення вологи швидкість газу в краплевлювачі не перевищує 1,5 м/с [5]. Забруднена вода відводиться у відстійник для відстою шламу, звідки раз на добу перекачується насосом. Очищений газ з краплевловлювача виходить крізь патрубок, що виводить, в атмосферу. Кінцева запиленість за трубами Вентурі при перепаді тиску 6800 Н/м^2 складає 0,120-0,200 г/м^3. Витрата води для труб Вентурі в цьому випадку дорівнює 0,5-0,7 л/м^3 газу [4]. Ця очисна установка з трубами Вентурі надійна в експлуатації і нескладна, проте не забезпечує норматив у 50 мг/м^3, а також до теперішнього часу не встановлена залежність перерізу каналів для відбору запилених газів і продуктивності вентилятора від кількості газів, що виділяються, що призводить до викидання частини газів через вікна завалок, особливо під час продування кисню.

Є установки для очищення газів електричних дугових печей за допомогою дезінтеграторів (рис. 1.5).

Газ відводиться з печі через спеціальний (четверте) отвір в зведенні. У трубопроводі, прилеглому до фланця, здійснюється повне допалювання Із за допомогою повітря, що підсмокчується через проміжок. У скрубері газ охолоджується до температури нижче за точку роси. У зведенні скрубера розміщений повітрозабірник. За скрубером встановлений променевий дезінтегратор, швидкість обертання якого складає 1050- 1450 об/хв. Кількість води що подається в дезінтегратор регулюється. Ємність контейнера із запасом води дорівнює 18 м^3. Цю воду замінюють один раз в тиждень.

Під час розплавлення шихти кількість газів, що відсисаються, складає

145-350, під час продування киснем 390-550, в період відновлення 60-80 $м^3$/т стали. Ці величини отримані при тиску в робочому просторі печі від 3 до 25 $Н/м^2$. Під час роботи тиск в печі складав 2,5 $Н/м^2$. Температура газу на вході в скрубер змінювалася від 19 до 27° С. Запиленість газів в період плавлення під час проведення експериментів складала 1,93-4,7, при продуванні киснем 2,63-5,95 $г/м^3$. При перекритті проміжків запиленість газів зростала відповідно від 7,45 $г/м^3$ в період плавлення до 9,3 $г/м^3$ в період продування киснем. Запиленість очищеного газу, що вимірена в димарі, в період плавлення складала 70-130 $мг/м^3$, а в період продування киснем 85-145 $мг/м^3$ [12].



1 - патрубок, що відводить; 2 - рухливе ущільнення; 3 - проміжки;
4 - забірник повітря з довкілля; 5 - скрубер-охолоджувач;
6 - імпульсний привід для автоматичного регулювання тяги в печі;
7 - дезінтегратор; 3 - роздільник; 9 - дросельна заслінка; 10 - зона вимірів;
11 - димар; 12 - насос; 13 - манометр; 14 - електродугова піч;
15 - водозбірник місткістю 18 $м^3$

Рисунок 1.5 - Пристрій з дезінтегратором для мокрого очищення газів з дугової печі

На металургійному заводі Huta Czestochowa (Польща) працюють чотири електричні печі: три 6-т і одна 15-т. Їх продуктивність на 50-80% вища за номінальну. Печі місткістю 6 т працюють з уловлюванням газів, що відходять, за допомогою ковпака рис. 1.6, а). З печі місткістю 15 т газ відводиться безпосередньо через четвертий отвір в зведенні (рис. 1.6, б).

З кожної печі виводиться близько 1500 $м^3$/год. Ковпаки, розміщені над зведеннями 6-т печей, забезпечують відведення газів, що виходять через отвори в зведенні, призначені для пропускання електродів, і через вікно завалки. При такій схемі уловлювання пилу з довкілля підсмоктується велика кількість повітря, що призводить до зниження температури газів в газопроводах до 300° С і нижче. С такою температурою гази спрямовуються безпосередньо в очисну споруду.

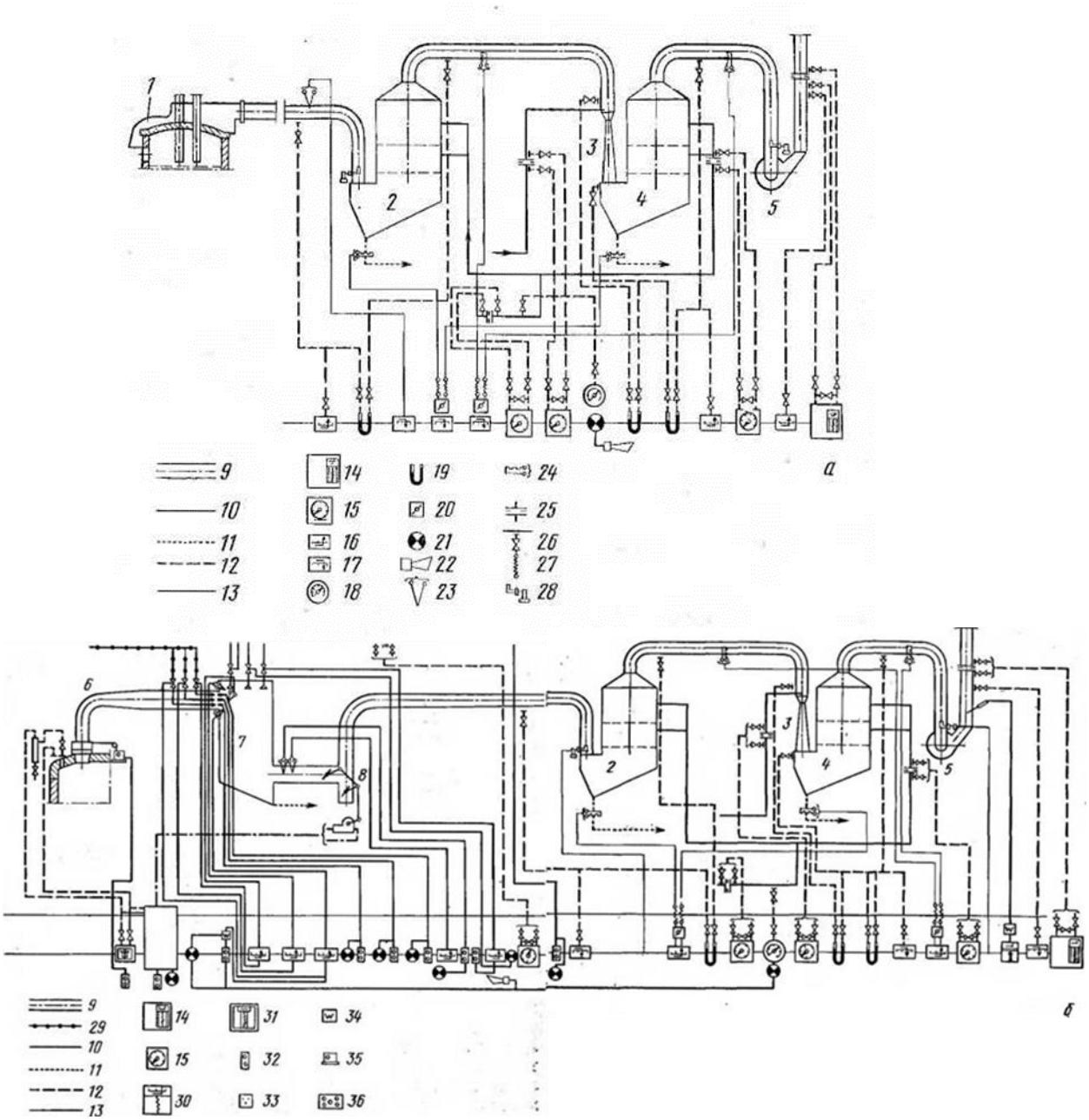
Гази з печі місткістю 15 т безпосередньо на виході з неї допалюються і піддаються первинному охолодженню в холодильному пристрої, куди упорскує вода. Звідси продукти згоряння при температурі 200-300° С прямують в систему газоочищення. Обмежені площі пічного прольоту сталеплавильного цеху не дають можливості повною мірою вирішити питання очищення газів від пилу. Експлуатація системи газоочищення в значній мірі ускладнена внаслідок труднощів, що виникають при витяганні з нього пилу.

У кожної печі є власна система газоочищення. По конструкції вони однакові, причому номінальна пропускна здатність пристроїв, що працюють за печами місткістю 6 т, складає 12 тис. $м^3$/год, а за 15-т печами 15 тис. $м^3$/год.

Для очищення від пилу продуктів згорання цих печей застосовують пінний фільтр - труби Вентурі - пінний фільтр. Перший пінний фільтр передусім грає роль охолоджувача газів до температури, близької до точки роси, і при цьому частково очищує газ від пилу.

Труби Вентурі діаметром горловини 96 мм і осьовим вприскуванням води є другим вузлом очищення. У них коагулюється субмікронний пил, який частково осідає у воронці другого фільтру і частково на його гратах. Уся установка обладнана контрольно-вимірювальною апаратурою, що вимірює

тиск і температуру в критичних точках і витрату газу і води. Це дає можливість повністю контролювати подачу і очищення газів.



1 - ковпак; 2 - пінний фільтр; 3 - ряд труб Вентурі; 4 - другий пінний фільтр; 5 - потужний вентилятор; 6 - водоохолоджуваний патрубок, що газовідводить; 7 - пристрій для допалювання і первинного охолодження газу; 8 - система регулювання тиску в печі; 9 - канал для продуктів згорання; 10 - трубопровід чистої води; 11 - те ж, забрудненої води; 12 - лінія виміру тиску; 13 - вимірювальні дроти; 14 - витратомір; 15 - витратомір підсумовує; 16 - манометр; 17 - вторинний вимірювальний прилад; 18 - контрольно-індикаторний манометр; 19 - U -образна трубка; 20 - електричний перемикач; 21 - сигнальна лампа; 22 - звуковий сигнал; 23 - термопара; 24 - термометр опору; 25 - вимірювальний фланець; 26 - місце виміру тиску; 27 - компенсаційні дроти; 28 - зонд для виміру концентрації пилу; 29 - коксовий газ; 30 - витратомір продуктів згорання; 31 - регістратор тяги; 32 - двокнопочний перемикач; 33 - перемикач; 34 - підсилювач; 35 - електричний сервомотор; 36 - електрорегулювальник

Рисунок 1.6 - Відведення газу з 6-т електродугових печей за допомогою ковпака (а) і через четвертий отвір з 15-т печі (б)

На основі досліджень цього пристрою встановлене [13, 14], що середня щільність пилу, що виноситься з дугової печі місткістю 15 т, складала 4,58 г/см^3. Щільність пилу під час продування була найвищою і досягала 4,66 г/см^3, а під час плавлення 4,42 г/см^3. Це свідчить про слабку змочуваність пилу водою, що слід враховувати при мокрому очищенні.

Пил, що виноситься з дугової печі, складався з первинних частинок розміром 0,01-1,5 мкм, які утворювали конгломерати різного виду.

Під час продування ці частинки з'єднувалися в конгломерати різних розмірів. Пил, відібраний перед першим холодильником, містив 97% вторинних і первинних частинок розміром <5 мкм і 3% <3 мкм. Просушений шлам містив в середньому 30% води, 30,5% заліза і 8,4% окисли марганцю. Щільність сухого шламу складала в середньому 3,92 г/см^8, а кути зсипання і насипання відповідно в середньому дорівнювали 54 і 41°.

Кут змочування пилу в усіх періодах плавки був однаковим і складав 83°.

Встановлено, що внаслідок засмоктування значної кількості "додаткового" повітря через вузол з'єднання печі з первинним холодильником СО спалювалася повністю. У продуктах згорання за холодильним пристроєм не виявлене СО.

На Донецькому металургійному заводі для очищення газів, що відводяться від 100-т електропечі, використовується мокре газоочищення з трубами Вентури (рис. 1.7).

Газ, що відводиться від печі, пропускають через прямокутну трубу Вентурі 12 з регульованим перерізом горловини, де пил коагулює. Укрупнений пил очищається в інерційному пило- та краплевловлюваче 13, а потім у відцентровому скрубері 14. Очищений газ за допомогою димососу 15 викидається в димар.

Як завжди, мокрий спосіб очищення газів електросталеплавильних печей супроводить проблема очищення стічних вод газоочисток. Споруди для очищення води і повернення її в оборотний цикл складають велику частину газоочисної установки як за об'ємом, так і за капітальними витратами.

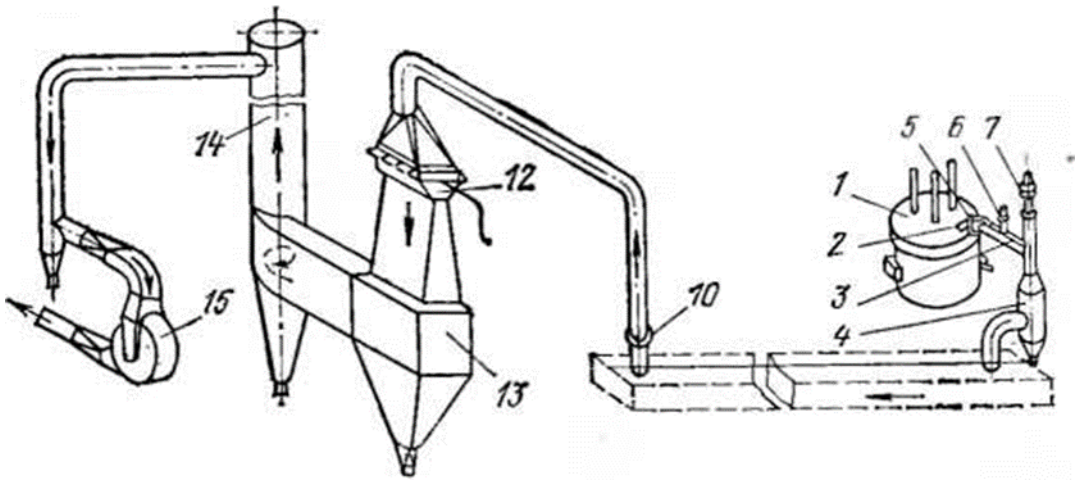


Рисунок 1.7 - Схема очистки газів, що відводяться від електропечі

При цьому слід також враховувати можливість кристалізації деяких з'єднань на стінках трубопроводів для забрудненої води і їх заростання. Наприклад, на електродуговій печі місткістю 70 т над зведенням виконаний ковпак, і для очищення газів від пилу застосовують трубу Вентурі. Кількість газів, що відсисаються, складала 1840 м^3/хв. Запиленість газів після очищення складала в середньому 70 мг/м^3, але в період продування киснем зростала до 91,5 мг/м^3.

Забруднена вода прямує у флокулятори, в які подаються різні поліелектроліти. Потім воду направляють у відстійник, де витримують 2 години, а потім повертають в очисні споруди. Без додавання хімікатів для очищення стічних вод їх pH після повернення в газоочистку складає ~5,5-6,0, а вміст часток, що знаходяться в зваженому стані, значно коливався і в середньому складав 34%. Низький pH води сприяє виникненню корозії, а великий вміст у воді твердих часток призводить до заростання труби Вентурі. Щоб уникнути цього необхідно подавати в забруднену воду кальциновану соду, що дозволяє понизити вміст твердих часток у воді до 125 мг/л, а pH підвищити до 7,0-7,6. Вважається, що таку воду можна використовувати для рециркуляції. Осад з відстійників фільтрують у вакуум-фільтрах. Середній вміст вологи у фільтраційному концентраті складає 25 -30% [6].

1.2 Характеристика стічних вод газоочисток електродугових печей

Склад і фізико-хімічні властивості газу, пилу, а, отже, і стічних вод залежать від марок сталі, що виплавляються, складу шихти, технології виробництва стали та ін.

При застосуванні мокрої системи очищення газів електродугових печей питома витрата води залежно від об'єму печі і системи газоочисних апаратів складає від 1 до 4 $м^3$ на 1000 $м^3$ газу, або 4,5-6 $м^3$/т сталі, що виплавляється. Стічні води газоочищення забруднені дрібними зваженими речовинами (приблизно 50 % часток крупністю до 0,002 мм і 25 % від 0,002 до 0,004 мм), а також розчиненими в них хімічними речовинами [16]. Склад стічних вод залежить від складу шихти і роботи газоочисних пристроїв і міняється по ходу плавки.

Склад стічних вод газоочисток електропечей змінюється в широкому діапазоні. Так, на більшості електропечей pH води зменшується на величину, яка коливається від 0,3 до 2,8 одиниць. В той же час при виплавці деяких конструкційних сталей спостерігається невелике підлуговування води. Характерним для усіх марок сталі являється приріст сульфатів, фторидів, кременевої кислоти і загального солевмісту. Збільшення вмісту кислих компонентів частково нейтралізується винесенням лужних (в основному вапна, яке застосовується при виплавці усіх марок сталі).

Характеристика стічних вод газоочисток електропечей при виплавці різноманітних марок стали, приведена в таблиці 1.3.

При виплавці в електропечах і мокрому очищенні газів, що відходять, витрачається 7-8 $м^3$ води на 1000 $м^3$ газу. Зміст зважених речовин коливається в межах 600-8000 мл/л і в середньому складає 2220 мг/л .

Концентрація зважених речовин в стічних водах змінюється по ходу плавки, але в середньому складає 2-3 г/л. Питома витрата води для очищення газу на різних заводах коливається від 1 до 3 л/$м^3$ [17].

Таблиця 1.3 - Характеристика стічних вод установок газоочищення електросталеплавильних печей при виплавці різних сталей

Показники	Нерж. 1	Нерж. 2	Корозійно стійка	Конструк-ційна	Трансформаторна
Лужність (загальна), мг-екв/л	—	60-66	1,9		4-6
Кислотність, мг-екв/л	25	—	—	—	—
Жорсткість, мг-екв/л	5,8	7,8-8,1	1,3	5-10	6-9,5
Сульфати, мг/л	912	960	36,2	100-130	800
Фториди" мга/л	473	98,4	112	—	—
Хлориди, мг/л	62,1	670	—	120	28
Ціаніди, мг/л	—	30-51	—	—	—
Залізо загальне, мг/л	61,4	—	40	—	—
Зважені речовини, мг/л	9000	1500	5000	1000	7000
Сухий залишок, мг/л	3500	5000	558	1200	1500
Значення pH води	4,1	8,5	8	2	7-8

Стічні води газоочищення електросталеплавильних цехів забруднюються дрібними феромагнітними суспензією, що включають оксиди заліза, алюмінію, марганцю, магнію, нікелю, кремнію, кальцію, хрому та ін. Слід зазначити, що пил, що виноситься з печі, схильна до злипання, погано змочується водою, а приблизно 70% частинок, що містяться в стічних водах, що характеризується крупністю <10 мкм. Завись стічних вод електросталеплавильних цехів дуже важко осідає.

На рис. 1.8 приведені криві осадження суспензії стічних вод газоочисток електропечей одного із заводів. Висота шару відстоювання 180 мм. З кривих видно, що залишковий зміст суспензії 150-200 мг/л досягається через 60 хв відстоювання. Таке тривалий час освітлення обумовлено присутністю значної кількості дрібнодисперсних часток, тобто малою гідравлічною крупністю суспензії 0,03-0,05 мм/с.

Характерною особливістю оборотних вод газоочисток електросталеплавильних печей є наявність в них шестивалентного хрому, що виконує роль інгібітору сольової корозії, а також тимчасової жорсткості, яка за певних умов сприяє створенню захисної карбонатної плівки. Досвід експлуатації замкнутих систем оборотного водопостачання на деяких заводах показав, що оборотні цикли можуть працювати без спеціальних продувок.

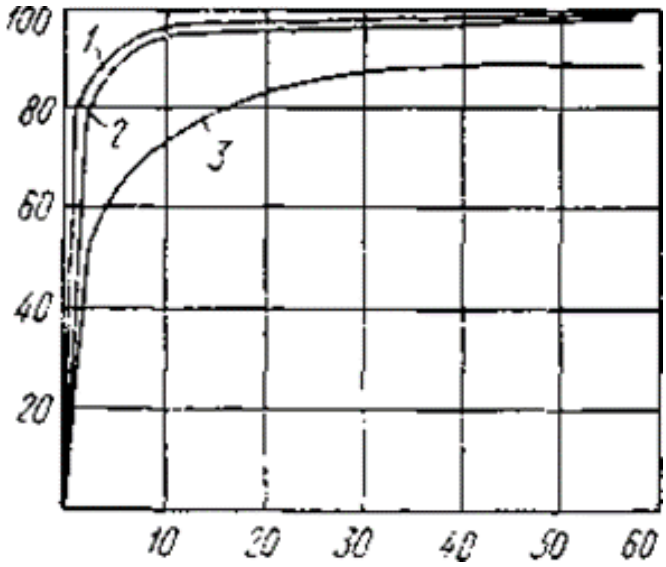


Рисунок 1.8 - Кінетика осадження суспензії в стічних водах газоочисток електросталеплавильних печей при початковій концентрації 3,22 г/л:
1, 2 - з коагуляцією ПАА відповідно до 2 і 1 мг/л; 3 - без коагуляції

Порівняно високе накопичення солей спостерігається в системі водопостачання газоочисток електропечей місткістю 100-200 т, де загальний солевміст складає 4,0 г/л, тоді як в інших системах не перевищує 1,0 г/л. Наявність в системах сприятливих умов для створення захисної карбонатної плівки і інгібірувальна дія хроматів дозволяє не нормувати концентрацію хлоридів і сульфатів. Величина загального солевмісту нормуванню також не підлягає у зв'язку з відсутністю прямої залежності між цим показником і швидкістю корозії. Водно-хімічний режим систем оборотного водопостачання приведений в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 - Характеристика водно-хімічного режиму систем оборотного водопостачання газоочисток електросталеплавильних печей

Місткість печі, т	витрата води на газоочистку, $м^3$/год	Продування системи, %	pH	Лужність, мг-екв/л			Хімічний склад води				
				по фенолфталеїну	загальна	жорсткість, мг-екв/л	мг-экв/л		мг/л		
							Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	SO^{2-}	сухий залишок
100-200	1260	4	7,7-7,9	0	1,8-2,8	17,0-20,0	5,6-5,8	35-55	460-550	1720-1870	3720-4000
25	32	-	8,7	0,5	1,5	6,25	3,25	8,6	155	144	648
30-40	80	5	8,2-8,4	0,3	3,9	5,7-7,1	4,1-4,9	-	41-55	166-196	510-580

З цієї таблиці виходить, що оборотні води мають слаболужний характер середовища, pH коливається в межах 7,7-8,7. У одних випадках це обумовлено технологією виплавки сталі, в інших - веденням стабілізаційної обробки вапняним молоком.

Стічна вода від газоочисток містить дрібну суспензію (50% часток великістю до 2 мкм, 23% - від 2 до 4 мкм) - до 500 мг/л і більше, а при продуванні плавки киснем - до 2000 мг/л і більше. Гранулометричний склад твердих часток в цій воді приведений в табл. 1.5 . Температура стічної води близько 40° С. В стічні води від газоочищення можуть поступати стічні води від установки по вакуумуванню сталі.

Таблиця 1.5 - Гранулометричний склад осаду із стічних вод газоочищення електросталеплавильних печей

крупність фракцій осаду, мм	**вміст, %**
До 0,002	50
0,002-0,004	23
0,004-0,006	6
0,006-0,008	7
0,008-0,01	4
Більше 0,01	10

1.3 Способи очищення стічних вод електросталеплавильного виробництва

Водопостачання газоочисток електросталеплавильних печей здійснюють за оборотною схемою без об'єднання з системами оборотного водопостачання інших цехів (мартенівських, доменних, прокатних та ін.). Це пояснюється тим, що при об'єднанні двох чи декількох систем можуть виникнути складнощі в експлуатація, пов'язані з обробкою води різного складу.

Питома витрата води на газоочищення залежить від способу зрошування газу (форсункове або плівкове) і коливається від 1 до 2 $м^3$ на 1000 $нм^3$ газу.

Концентрація зважених речовин в стічних водах після газоочисток

електропечей змінюється по періодах плавки і залежить від складу шихти, ефективності роботи газоочисних апаратів, питомої витрати води. В середньому за плавку вміст зважених речовин коливається від 1000 мг/л до 10000 мг/л.

Залишкова концентрація зважених речовин в освітленій воді 150-200 мг/л досягається при затриманні часток з гідравлічною великістю 0,05-0,09 мм/с без коагуляції і 0,15-0,3 мм/с при реагентній обробці води. Реагентна обробка води здійснюється вапняним молоком (яке одночасно служить для нейтралізації) і флокулянтом ПАА (доза 1 мг/л) [8].

Стічні води газоочисток електропечей характеризується зниженням pH середовища, накопиченням значних концентрацій сульфатів і фторидів. Нейтралізацію і знешкодження стічних вод в умовах оборотного водопостачання здійснюють вапняним молоком. Доза вапна складає 50-100 мг/л по активній CaO, pH води, що поступає на апарати газоочищення, повинен знаходитися в межах 8-8,5 од. З цією метою необхідно передбачити автоматизацію дозування вапняного молока і механізацію приготування молока постійної активності.

Як апарати для освітлення стічних вод газоочисток електропечей застосовують відкриті гідроциклони Д=6 м з питомим гідравлічним навантаженням 1,5 $м^3/м^2$год (без реагентної обробки води) і 4-6 $м^3/м^2$год (з коагуляцією ПАА і вапняним молоком), при витратах стічних вод більше 1000 $м^3$/год - радіальні відстійники з навантаженнями, відповідно, 1 $м^3/м^2$год і 2 $м^3/м^2$год [8].

Концентрація твердого в шламовій пульпі при періодичному її відведенні з гідроциклона 100-200 г/л, при цьому витрата шламової пульпи дорівнює 0,5-1% від витрати води, що очищається. Шламова пульпа після згущування прямує на обезводнення з наступною утилізацією осаду.

Охолодження оборотної води не передбачають.

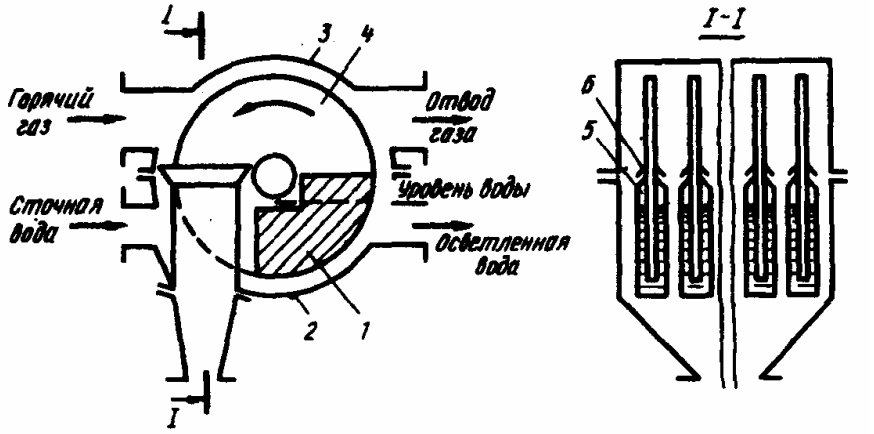
При проектуванні передбачають камеру для розподілу води на гідроциклони. Реагенти (вапняне молоко і ПАА) вводять в розподільну

камеру.

Спеціальне продування системи оборотного водопостачання не передбачають. Свіжу воду для підживлення системи оборотного водопостачання вводять до очисних споруд.

Освітлення стічних вед електросталеплавильних цехів здійснюється також в горизонтальних та радіальних відстійниках. Гідравлічне навантаження на 1 м^2 поверхні відстійника становить 0,5-0,6 м^3/год. Застосування магнітної коагуляції сприяє збільшення питомої навантаження до 1,2 м^3/(год·м^2). Для покращення освітлення коагуляція стічних вод проводиться за допомогою поліакриламіду.

Для очищення стічних вод сталеплавильного виробництва досить ефективним обладнанням є магнітодисковий апарат, тому що суспензії, які виносяться із сталеплавильних агрегатів і забруднюють стічні води, є похідними металів, що відносяться до групи феромагнетиків. Тому присутність у процесах освітлення стічних вод магнітного поля значно впливає очищення цих вод. Магнітодисковий апарат (рис. 1.9) складається з десяти дисків, нижня частина яких розміщена між магнітними.



1-магніти; 2-ванна; 3-кришки; 4-диски; 5-бункер; 6-знімні ножі

Рисунок 1.9 - Магнітодисковий апарат

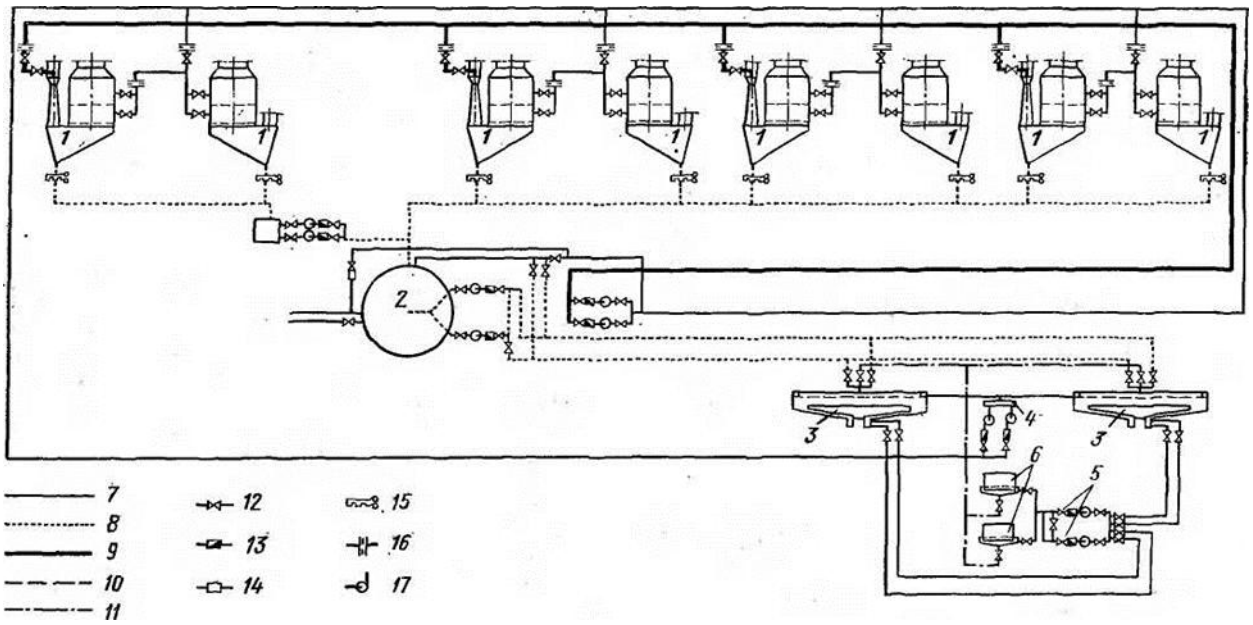
Спеціальна конструкція дисків забезпечує спрямоване осадження зважених феромагнітних речовин лежить на поверхні дисків. Над поверхнею води під дією магнітних сил відбувається значне зневоднення шламу (до 60%).

За час руху дисків над поверхнею води (протягом 45 с) здійснюється сушіння шламу гарячими газами, потім він знімається ножами і потрапляє в бункер у вигляді гранул, які далі використовуються в агломераційному виробництві.

При освітленні стічних вод сталеплавильного виробництва найчастіше застосовуються відстійники-згущувачі для первинного осушення шламу, що відкачується з відстійників; фільтр-преси для зневоднення шламу та сушильні барабани для його сушіння. Після освітлення стічні води використовують у системах оборотного водопостачання.

Забруднена вода (рис. 1.10) з пристроїв, що охолоджують і очисних, зливається в колектор місткістю 20 м^3, що знаходиться при сталеплавильному цеху. З нього насоси подають воду в розподільні відстійники типу Дорра. Після півторагодинного відстою очищена вода повертається в очисний пристрій. Шлами періодично прямують у вакуумний фільтр, з яких, осушені до вологості ~30% шлами під дією власної ваги падають в кузови машин і відвозяться на склад. Внаслідок того, що в шламі міститься 30% чистого заліза (з розрахунку на масу сухого шламу), він може стати цінним компонентом агломераційної шихти. Витрата водопровідної води в установці складає 2-2,5 л/м^3 очищених газів, причому поповнюють її забрудненими водами, що стікають з прокатного цеху, складає 5-10%. Максимальні опори установки до фільтру і самого фільтру складають 2000 Н/м^2; мінімальний опір форсунок Вентурі дорівнює 6000 Н/м^2 [11].

Представляє інтерес замкнута система водопостачання електросталеплавильних печей (СПП) і машини безперервного литва заготовок загальною витратою 800 м^3/год (160 і 640 м^3/год відповідно) на металлургійному заводі фірми "Кисивадо Сейко"(рис. 1.11).



1 - фундамент фільтру; 2, 3 - накопичувачі забрудненої води; 4 - насосна станція очищеної води; 5 - помпи для перекачування шламу; 6 - вакуумні фільтри;
7 - трубопровід чистої води; 8 - те ж, забрудненої води; 9 - трубопровод- води, що подається під тиском; 10 - те ж, для подачі шламу до вакуум-фільтрів; 11 - те ж, для подачі осаду з вакуум-фільтрів у відстійник Дорра; 12 -выдвижной вентиль;
13 - поворотний вентиль; 14 - водомір; 15 - термометр опору;
16 - вимірювальний фланець; 17 - помпа

Рисунок 1.10 - Схема водяного контура установки для очищення газу, що відводиться з чотирьох електричних печей заводу Батор

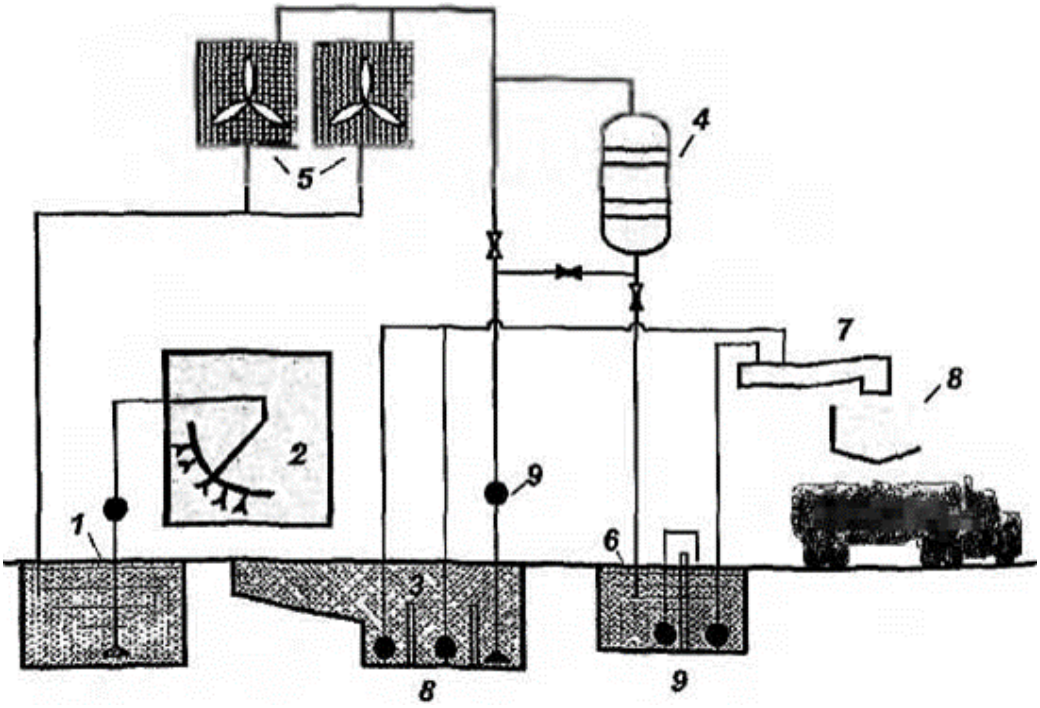


Рисунок 1.11 - Технологічна схема замкнутої системи водопостачання металургійного заводу фірми "Кисивадо Сейко" (Японія)

Вода з приймального резервуару 1 за допомогою насоса поступає на СПП і МНЛЗ 2. Потім використана стічна вода самопливно скидається в заглиблений на рівні 2 м відстійник 3. Освітлена вода з відстійника насосом 9 подається на магнітний фільтр типу М фірми "Хітачі" 4 для доочистки. Фільтр розміщений з зовнішнього боку стіни цеху на відмітці 12 м Магніти фільтру розташовані по периметру. Промивання фільтру зворотним струмом освітленої води здійснюють 1 раз на добу. Профілактичний ремонт магнітного фільтру проводять 1 раз на рік.

Дочищена вода після магнітного фільтру подається в дві вентиляторні градирні 5 розміром кожна 4×4 м в плані, розташовані на відмітці +18м. Потім з градирен охолоджена вода самопливно поступає в приймальний резервуар і знову подається у виробничий цикл. Забруднена вода після промивання магнітного фільтру скидається в згущувач 6. Освітлену воду після згущувача направляють в голову процесу. Осад з відстійника і згущувача насосом подається на конвеєрний лоток-згущувач 7. Зневоднений до 10 %-ї вологості, осад вивантажують в бункер 8 і автомашинами вивозять на утилізацію. Вода після конвеєрного лотка-згущувача повертається в голову процесу.

Кількість підживленої води замкнутої системи складає 25 $м^3$/міс, кількість виділеного осаду - 3000 кг/доб (у перерахунку на сухий продукт). Відмінністю описаної установки є те, що очисні споруди по суті відсутні, а окремі вузли технологічної схеми дуже раціонально розташовані на території цеху (на стінах, даху), практично не займаючи виробничої площі.

Основні показники процесу обробки оборотної води приведені нижче:

	Початкова вода	Оброблена вода
Витрата води, $м^3$/год	800	800
Час роботи, год/доб.....	24	24
Температура, °С.....	60	35
pH	Нейтр.	Нейтр.
Вміст зважених речовин, мг/$дм^3$	400-500	30
Вміст нафтопродуктів, мг/$дм^3$	10-20	10

Для очищення стічних вод газоочисток електросталеплавильних печей також рекомендується застосовувати відкриті гідроциклони діаметром 6 м.

Система оборотного водопостачання газоочисток електросталеплавильних цехів з очищенням стічних вод у відкритих гідроциклонах діаметром 6 м введена в експлуатацію. Перша черга оборотного циклу включає 12 гідроциклонів, ділянку обезводнення шламу, що складається з двох радіальних згущувачів і чотирьох фільтр-пресів типу ФПАКМ- 25 і реагентного господарства. У стічних водах, що поступають на очищення, міститься 500-3000 мг/л зважених речовин. Оптимальний режим роботи вказаної системи водопостачання забезпечує ефективне очищення стічних вод і створює умови надійної роботи устаткування.

Концентрація суспензії в освітленій воді знаходиться в межах 150 мг/л при навантаженнях на гідроциклони до 5 $м^3/(м^2 \cdot год)$ з нейтралізацією води ваеняним молоком і коагуляцією ПАА (1 мг/л). Шламова пульпа, що містить в середньому 100 г твердих часток, на 1 л води випускається з гідроциклону періодично. При цьому кількість шламової пульпи складає 2-3% від витрати води, що очищається [13]. Засмічення шламових отворів не відбувається.

В умовах оборотного водопостачання в більшості випадків спостерігається поступове зменшення pH води, накопичення сульфатів, фторидів, кременевої кислоти, поява іонів важких металів. Так, оборотна вода газоочищення одного з електропечей після двох місяців експлуатації без нейтралізації характеризується наступними показниками: pH = 4,0÷4,2, концентрація сульфатів 400 мг/л, фторидів 672 мг/л, солевміст 2600 мг/л, кислотність 25 мг-екв/л.

Найбільш раціональним методом нейтралізації і знешкодження стічних вод при оборотному водопостачанні є застосування вапняного молока. Встановлено, що доза вапна, необхідна для нейтралізації, складає в середньому 80 мг/л активної CaO. Застосування вапна для нейтралізації оборотної води сприяє зменшенню солевмісту внаслідок випадання в осад важкорозчинних солей, а також зменшує небезпеку появи щільних сольових

відкладень в результаті зв’язування кальцію, що вводиться, фторидами, які поступають в газоочищення, і силікатами. При цьому pH середовища потрібно підтримувати в межах 7,7-8,4.

1.4 Утилізація шламів електросталеплавильного виробництва

Склад шламів газоочисток електросталеплавильних печей змінюється в досить широких межах залежно від марок сталей, що виплавляються. Їх усереднений хімічний склад (у мас. %) представлений таким чином:

Залізо 30.0-55.0; оксид кремнію (IV) 2.0-12.0; оксид алюмінію 0.3-10.0; оксид магнію 5.0-27.0; оксид кальцію 1.5-17.0; оксид марганцю (II) 1.5-5.5; фосфор 0.02-0.25, сірка загальна 0.02-0.5; хром до 10.0; нікель до 8.0; цинк до 2.0; свинець до 1.0 [17].

Таблиця 1/6 - Хімічний склад шламів газоочисток електросталеплавильного виробництва

Елементи і з'єднання	**Шлами печей електродуг**
Залізо приведене	56.78
Оксид заліза (III)	60.70
Оксид же.лзза (II)	79.69
Оксид кальцію	1.35
Оксид кремнію	1.32
Оксид алюмінію	2.15
Оксид магнію	0.67
Оксид калію	2.97
Оксид натрію	0.29
Оксид титану (IV)	0.20
Марганець	2.81
Фосфор	0.06
Оксид хрому (III)	1.24
Оксид ванадит (V)	0.08
Сірка загальна	0.25
Оксид сірки (VI)	0.006
Сірка сульфідна	0.81
Нікель	0.01
Мідь	0.19
Цинк	

Елементи і з'єднання	Шлами печей електродуг
Свинець	1.15
Молібден	
Сурма	
Миш'як	0.006
Вуглець загальний	0.68
Вуглець твердий	0.63
Фтор	0.07
Хлор	0.13

Щільність шламів газоочисток електропечей лежить в інтервалі 3.0-4.5 г/см^3. Вони відрізняються також великою кількістю дрібних фракцій (табл.1.7):

Таблиця 1.7 - Гранулометричний склад шламів

Фракції, мм	Масова доля, %
>0.25	0-4.0
0.25-0.10	0.1-2.5
0.1-0.005	2.5-8.0
0.005-0.01	15.0-40.0
0.01-0.005	20.0-40.0
<0.005	20.0-40.0

Питомий вихід шламу електропечей міняється в широких межах - від 0.5 до 7.5 %, на нього впливає ряд чинників : склад шихти, інтенсивність підсосу повітря в робочий простір печі, застосування кисню для продування, місткість печі.

Проблема використання шламу електропечей є однією їх найважчих внаслідок коливань його хімічного складу, низької масової долі заліза, наявності домішок кольорових металів, високої дисперсності. В окремих випадках після обробки в суміші з іншими видами залізовмісних відходів шлами використовуються як добавка до агломераційної шихти.

Зазвичай підготовка шламу електропечей здійснюється спільно з іншими видами шламів. У тих випадках, коли зневоднюється тільки електросталеплавильний шлам, застосовуються схеми обезводнення з використанням фільтр-пресів.

2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Перерахунок витрат

Вихідні дані:

Кількість стічних вод	– 800 м^3/год
Концентрація зважених речовин	- 2,9 г/л
pH	- 5,8
Температура	- 50^{o}C
Щільність завісі	- 3,4 г/см^3
Сульфати	- 0,2 г/л
Хлориди	- 0,4 г/л
Кальцій	- 3,25 мг-екв/л
Магній	- 5,6 мг-екв/л

Маса уловленого шламу, т/год:

$$G_{СУХ} = \frac{C_H \cdot E \cdot Q}{1000 \cdot 1000} = \frac{2900 \cdot 0{,}95 \cdot 800}{1000000} = 2{,}2, \quad (2.1)$$

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

E - ефект очищення;

Q - витрата стічної води, м^3/год.

Ефект очищення:

$$\eta = E = \frac{C_н - C_к}{C_н} = \frac{2900 - 150}{2500} = 0{,}95 \quad (2.2)$$

де, $C_к$ – максимальна концентрація завислих речовин в оборотній воді, мг/л.

Об'єм шламу після гідроциклонів, м^3/год:

$$V_{ос} = \frac{100 \cdot G_{сух.} \cdot 1{,}2}{(100 - W_{ос}) \cdot \rho} = \frac{100 \cdot 2{,}2 \cdot 1{,}2}{(100 - 96) \cdot 1{,}13} = 58{,}4 \quad (2.3)$$

де $W_{ос}$ - вологість осаду, %;

ρ - щільність осаду, т/м^3.

Щільність осаду, т/м^3:

$$\rho_{ОС} = \frac{\rho_В \cdot W' + \rho_{ВЗВ}(100 - W')}{100} = \frac{1 \cdot 96 + 3{,}5(100 - 96)}{100} = 1{,}13 \quad (2.4)$$

де $\rho_В$ – щільність води, т/м^3;

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

Об'єм осаду після згущення, м^3/год:

$$V'_{ос} = \frac{100 \cdot G_{сух.} \cdot 1{,}2}{(100 - W'_{ос}) \cdot \rho} = \frac{100 \cdot 2{,}2 \cdot 1{,}2}{(100 - 60) \cdot 2{,}0} = 5{,}84 \quad (2.5)$$

де W'' - вологість осаду після згущення, %;

ρ' - щільність осаду після згущення, т/м^3.

Щільність осаду після згущення, т/м^3:

$$\rho'_{ОС} = \frac{\rho_В \cdot W'' + \rho_{ВЗВ}(100 - W'')}{100} = \frac{1 \cdot 60 + 3{,}5(100 - 60)}{100} = 2{,}0 \quad (2.6)$$

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

$$V_{ос} = \frac{100 \cdot G_{сух.} \cdot 1{,}2}{(100 - W_{ос}) \cdot \rho} = \frac{100 \cdot 2{,}2 \cdot 1{,}2}{(100 - 25) \cdot 2{,}9} = 1{,}21 \quad (2.7)$$

де W''' - вологість осаду після зневоднення, %;

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

Щільність осаду після зневоднення, т/м^3:

$$\rho'_{ОС} = \frac{\rho_В \cdot W'' + \rho_{ВЗВ}\left(100 - W''\right)}{100} = \frac{1 \cdot 25 + 3{,}5(100 - 25)}{100} = 2{,}9 \quad (2.8)$$

2.2 Розрахунок споруд та обладнання реагентного господарства

2.2.1 Склад зберігання флокулянта

Поліакриламід (ПАА) надходить на очисні об′єкти у вигляді гелеподібної субстанції з концентрацією активної речовини близько 8 %. Матеріал упаковується у герметичні пакети з поліетиленової або полівінілхлоридної плівки, які додатково поміщаються у зовнішню упаковку з паперу або тканини. Готові пакувальні одиниці розміщуються у дерев′яних контейнерах загальною масою 40–50 кг.

Зберігати поліакриламід дозволяється лише у закритих складських приміщеннях за температури не вище 25–30 °С. Термін придатності продукту становить шість місяців від дати виготовлення. Заморожування ПАА під час транспортування або зберігання забороняється.

Розрахункова норма витрати поліакриламіду приймається на рівні 1 мг на 1 л оброблюваної води [20]. Добова потреба у товарному ПАА з 8%-ною концентрацією активної речовини визначається за відповідними розрахунковими формулами, вираженими у т/добу:

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

де $Д_ф$ – доза поліакриламіду, мг/л;

Q – витрата води, м^3/год.

$$G_ф = \frac{1 \cdot 24 \cdot 800}{0{,}08 \cdot 10^6} = 0{,}24 \text{ т/доб.}$$

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

$$n = 15 \cdot G_ф/0{,}04 = 15 \cdot 0{,}24/0{,}04 = 90 \qquad (2.10)$$

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

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

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

f – площа ящика з ПАА [23], 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.

$$F_ф = \frac{90 \cdot 0{,}64 \cdot 1{,}15}{5} = 13{,}3 \text{ м}^2$$

Приймаємо приміщення складу зберігання флокулянту 6х6м, загальною площею 36м^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.

$$W_{ф} = \frac{800 \cdot 12 \cdot 1}{10000 \cdot 1 \cdot 1} = 0{,}96 \text{ м}^3$$

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

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

де $W_{ф}$ – об'єм розчинних баків, м³.

$$W_{ф1} = \frac{0{,}96}{2} = 0{,}48$$

Приймаємо установку для розчинення поліакриламіду УПР-2М [19] у кількості 2 шт.

Технічна характеристика установки УРП-2М для розчинення поліакриламіду (ПАА):

Продуктивність, м^3/доб	14
Місткість бака, м^3	2
Кількість розчину в баку, м^3	1,2
Концентрація розчину, %,	не більше 1
Оптимальна температура розчинення. ^{o}C	не більше 40
Час перемішування, хв	25-40
Частоті обертання крильчатки об/хв.	960
Марка насоса .	2К-20/30
Встановлена потужність, кВт	7
Маса, кг ,	730

2.2.3 Дозування робочого розчину пліакриаміду

Подачу поліакриламіду (ПАА) в воду, що підлягає очищенню, здійснюють за допомогою спеціалізованого дозувального обладнання, зокрема насосів із регульованою продуктивністю, вагових дозувальних установок та інших технічних пристроїв аналогічного типу.

Необхідну продуктивність дозувальних насосів визначають за відповідною розрахунковою формулою, що виражається в м³/год:

$$Q_{нф} = \frac{W_ф}{t} \qquad (2.14)$$

де $W_ф$ - місткість розчинних баків, м³;

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

$$Q_{нф} = \frac{0,96}{12} = 0,08 \text{ м3/год} = 230 \text{ л/год}$$

Приймаємо 2 насоси-дозатори типу НД-120/6 [23] продуктивністю 36-120 л/год, 1 робочий та 1 резервний.

2.3 Дільниця приготування вапняного молока

2.3.1 Склад сухого зберігання вапна

Для зберігання вапна необхідно спроектувати спеціалізоване складське приміщення, здатне забезпечити накопичення запасу реагенту, достатнього для безперебійної роботи протягом 30 календарних днів. Розміщення складу рекомендується у безпосередній близькості до ділянок, де здійснюється приготування вапняних та інших реагентних розчинів.

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

$$F_в = \frac{Q \cdot D_в \cdot T \cdot \alpha}{10000 \cdot P_в \cdot \gamma_в \cdot h} = \frac{800 \cdot 50 \cdot 720 \cdot 1,15}{10000 \cdot 70 \cdot 2,7 \cdot 1,5} = 12,2 \qquad (2.15)$$

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 6х6м, загальною площею 36м^2.

2.3.2 Приготування розчину вапняної суспензії

Для приготування вапняної суспензії передбачено використання технологічних установок для гідратації вапна, а також резервуарів, де формується робочий розчин із необхідною концентрацією.

Процес гасіння здійснюється у спеціальних вапногасильних апаратах, при цьому на кожну тонну завантаженого вапна подається вода в обсязі приблизно 7–10 м³.

Масова витрата вапна визначається за відповідною аналітичною формулою:

$$G_в = D_в \cdot Q = 50 \cdot 800 = 40000 г/год = 0{,}04 т/год. \quad (2.16)$$

Приймаємо шаровий вапногасильний млин продуктивність 0,5 т/год в кількості 1 шт.

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

$$W_P = \frac{Q \cdot n \cdot D_в}{10000 \cdot b_в \cdot \gamma} = \frac{800 \cdot 10 \cdot 50}{10000 \cdot 5 \cdot 1} = 8 \text{ м}^3, \quad (2.17)$$

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 розчинний бак типу ПМТ-20 робочим об'ємом 5,6 м^3).

Кількість розчинних баків $N = \frac{W}{W_1} = \frac{8}{5,6} = 1,43 = 2$ шт.

2.3.3 Дозування розчину вапняного молока

Необхідну продуктивність насосів-дозаторів визначають за формулою (2.14), м³/год:

$$Q_{нф} = \frac{8}{10} = 0,8 \text{ м3/год} = 800 \text{ л/год}$$

Приймаємо насос-дозатор типу НД-800/6И [23] продуктивністю 240-800 л/год, 1 робочий 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, конструкціях із внутрішніми перегородками або у механічних змішувачах з мішалками.

Вапняне молоко подається в необхідній кількості в змішувач, через який протікають стічні води, що піддаються очистці. З метою забезпечення гарного перемішування вапняного молока зі стічними водами слід застосовувати механічні мішалки, що працюють зі швидкістю 30—40 об/хв.

Об’єм змішувачів при цьому розраховується на час змішування не менше 5 хвилин, а при наявності солей металів не менше 15 хвилин.

Об1єм змішувачів, м^3:

$$V_{зм} = \frac{Q \cdot t_{зм}}{60} \qquad (2.18)$$

де, Q – витрата стічної води, м^3/год;

$t_{зм}$ – час змішування, хв.

$$V_{зм} = \frac{800 \cdot 5}{60} = 66{,}7 \text{ м}^3$$

Приймаємо два змішувача з круглим днищем та рамною мішалкою місткістю 40 м^3.

2.5 Розрахунок відкритих гідроциклонів

У практиці очищення стічних вод газоочисток електросталеплавильних печей доцільно використовувати відкриті гідроциклони трьох конструктивних різновидів.

Перший тип — це апарати без внутрішніх елементів, призначені для вилучення з води як грубодисперсних, так і дрібнодисперсних включень із гідравлічною крупністю не менше 5 мм/с.

Другий різновид становлять гідроциклони, оснащені діафрагмою та конічною вставкою, які застосовуються за подачі стічних вод до 200 м³/год на один агрегат і забезпечують очищення від домішок із гідравлічною крупністю від 0,2 мм/с і вище, а також від коагульованих завислих речовин та нафтопродуктів.

Третій тип — багатоярусні циклони, що використовуються при витратах стічних вод понад 200 м³/год на один апарат і призначені для виділення з води дисперсних домішок з гідравлічною крупністю не менше 0,2 мм/с, а також нафтопродуктів.

Для всіх конструкцій відкритих гідроциклонів необхідно передбачати організацію відведення осаду за допомогою насосів або гідроелеваторів, які працюють під дією гідростатичного тиску води. З метою утримання спливаючих забруднень і нафтопродуктів перед водозливом слід установлювати кільцевий напівзанурений екран на відстані не більше 50 мм.

Вилучення речовин, що спливають на поверхню, рекомендується здійснювати за допомогою занурюваної воронки.

Як апарати для освітлення стічних вод газоочисток електропечей застосовують відкриті гідроциклони Д=6 м з питомим гідравлічним навантаженням 1,5 $м^3/м^2$год (без реагентної обробки води) і 4-6 $м^3/м^2$год (з коагуляцією ПАА і вапняним молоком)

Продуктивність одного апарата, $м^3$/год:

$$Q_{гц} = 0{,}785\, q_{гц}\, D^2_{гц}\,, \qquad (2.19)$$

де, $D_{гц}$ – діаметр гідроциклона, м;

$q_{гц}$ – питоме гідравлічне навантаження, $м^3/м^2$год.

$$Q_{гц} = 0{,}785 \cdot 5 \cdot 6^2 = 141{,}3.$$

Кількість гідроциклонів, шт.:

$$N = Q/Q_{гц}, = 800/141{,}3 = 5{,}7 = 6 \qquad (2.20)$$

де Q - витрата стічної води, $м^3$/год.

Конструктивні параметри відкритий гідроциклона с конічною діафрагмою:

Діаметр апарата, $D_{ГЦ}$	м	6
Висота циліндричної частини, $H_Ц$	м	6
Кількість впусків, n	шт.	2
Кут коніч. частини, α	град	60
Кут конуса діафр. β	«	90
Діаметр центр. отвору у діафрагмі, d_d	м	3
Висота водозл. стінки над діафр., H_2	м	0,5
Діаметр водозливної стінки, D_2	м	6,2
Діам. напівзанур. водокільцев. перегородки, D_3	«	6
Швидкість потоку на вході в апарат	м/с	0,3…0,5

Діаметр патрубків підводу стічної води, м:

$$d_в = \sqrt{\frac{4Q_{гц}}{n \cdot \pi \cdot v}}, \quad (2.21)$$

де, n – кількість патрубків, 2 шт.;

v - швидкість потоку на вході в аппарат, м/с.

$$d_в = \sqrt{\frac{4 \cdot 800}{3600 \cdot 6 \cdot 2 \cdot 3.14 \cdot 0.4}} = 0.242 = 250 \text{ мм}$$

Фактична швидкість потоку на вході в аппарат, м/с:

$$v = \frac{4Q_{гц}}{n \cdot \pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 800}{3600 \cdot 6 \cdot 2 \cdot 3.14 \cdot 0.25^2} = 0.38 \quad (2.22)$$

2.6 Підготовка вловленого шламу до утилізації

2.6.1 Гравітаційне згущення осаду

Процес поводження з осадовими продуктами, що утворюються під час очищення стічних вод металургійних виробництв, як правило, складається з кількох взаємопов’язаних стадій. Найбільш важливими серед них є операції зі збільшення вмісту твердої фази в осаді та подальше зневоднення шляхом механічного впливу.

Підвищення концентрації осадової маси зазвичай реалізується двома основними способами: із використанням сили гравітації або за рахунок дії відцентрових прискорень. При застосуванні гравітаційного методу згущення відбувається в спеціалізованих апаратах — згущувачах, які за конструктивним виконанням нагадують радіальні відстійники та обладнані пристроями для

повільного перемішування осаду. Під час проєктування тривалість перебування осадової суміші в таких апаратах приймається в інтервалі від 3 до 24 годин залежно від природи осаду та його фізико-хімічних властивостей. Вологість згущеного продукту, як правило, залишається досить високою і становить орієнтовно 85–97 %.

При виконанні технологічних розрахунків і виборі обладнання для згущення основними вихідними показниками є: продуктивність установки за сухою речовиною Gт (т/год), співвідношення між рідкою і твердою фазами у вихідній пульпі Rи та в кінцевому згущеному осаді Rк, густина твердої фракції d (т/м³) і густина рідкої складової Δ (т/м³).

Нормативні значення питомої площі згущення та фактичної продуктивності апаратів визначають, спираючись на результати експлуатації обладнання під час перероблення аналогічних матеріалів у промислових умовах. Якщо такі дані відсутні, попередньо виконують лабораторні або напівпромислові випробування, метою яких є встановлення швидкості осадження твердої фази пульпи *v* (м/год) при зміні співвідношення рідкої та твердої складових у межах від $R_и$ до $R_к$.

Розрахунок питомої площі згущення $S_{уд}$ (м²·год/т) здійснюють відповідно до встановленої аналітичної залежності.

$$S_n = \frac{R_n - R_к}{\rho_m \cdot \rho_p} \qquad (2.38)$$

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

ρ_m – щільність твердої фази, т/м³;

ρ_p - щільність рідкої фази, т/м³.

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

Загальна площа згущувачів, м^2:

$$S = G_{сух} \cdot S_n \tag{2.39}$$

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

$$S = 2{,}2 \cdot 5 = 11_{м^2}$$

Приймаємо два гравітаційні згущувачі марки Ц1-2,5 з площею згущення 6 м^2, діаметром згущувача 2,5 м, робочою глибиною 1,5 м та потужністю приводу 1,1 кВт.

2.6.2 Механічне зневоднення шламу

Зневоднення шламу газоочисток електросталеплавильного виробництва здійснюють на фільтр-пресах.

Загальна площа фільтрування, м^2:

$$F_ф = \frac{1000 \cdot G_{сух}}{24 \cdot q_{ос}} \tag{2.37}$$

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

$$F_ф = \frac{1000 \cdot 2{,}2}{24 \cdot 30} = 3{,}05_{м^2}$$

Приймаємо фільтр-прес типу ФПАКМ-5У: один робочий та один резервний фільтр [17].

Технічна характеристика фільтр-преса ФПАКМ-5У:

1. Концентрація твердої фази, г/л 10-500
2. Розмір частинок твердої фази не більше, мм 3
3. Температура середовища, °С 5-80
4. Максимальний робочий тиск, МПа(кгс/см) 1.2(12)

5. Тиск промивної рідини для регенерації тканини, МПа 0.3
6. Робочий тиск у маслосистемі управління, МПа 2(20)
7. Поверхня фільтрування, м^2 5
8. Зазор між фільтруючими плитами, мм 45-1,5
9. Максимальна товщина осаду, мм 35
10. Розрахункова кількість фільтруючих плит 6
11. Рекомендовані розміри фільтрувальної тканини:
    - довжина, м 10
    - ширина, мм 1100
    - товщина, мм 1,5-2
12. Потужність електродвигунів, кВт:
    а) станції водонасосної 2,2
    б) станції маслонасосної:
    - для механізму затиску 1,2
    - для гідрокерування 1,5
    в) приводу пересування тканини 2,5
    г) активатора 0,75
13. Час затискання та розтискання фільтра-преса, хв 2
14. Живлення від електричної мережі ~50 Гц 380В
15. Маса фільтра, кг 5300
16. Габаритні розміри, мм 4320 х 3820 х 2250

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

$$Q_{пов} = n_ф \cdot F_{ф1} \cdot v_{пов} \qquad (2.38)$$

де $n_ф$ – кількість фільтрів, шт.;

$F_{ф1}$ – площа, фільтрування одного фільтр-пресу, м^2;

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

$$Q_{пов} = 3 \cdot 5 \cdot 0{,}2 = 3 \text{ м}^3/\text{хв} = 300 \text{ л/хв}$$

Приймаємо повітродувку для просушки типу ВК-1,5 [23] – 1 робоча та 1 резервна.

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

$$Q_{вод} = n_{ф} \cdot F_{ф1} \cdot v_{вод} \tag{2.39}$$

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

$$Q_{пов} = 3 \cdot 5 \cdot 4 = 70 \text{ л/хв} = 4{,}2 \text{ м}^3\text{/год}$$

Приймаємо насос для промивки фільтрувальної тканини типу ВКС-4/24 два робочих та один резервний.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

3.1 Основні небезпечні та шкідливі чинники виробничого середовища на спорудах очищення стічних вод

Виробниче середовище очисних споруд характеризується наявністю низки небезпечних і шкідливих факторів, що можуть негативно впливати на здоров’я та безпеку персоналу [21]. До найбільш поширених чинників належать:

- наявність рухомих і обертових частин технологічного обладнання, зокрема насосних установок, приводних механізмів, скребкових систем, мішалок, зрошувальних пристроїв та інших агрегатів;
- можливість травмування внаслідок відокремлення або відлітання елементів під час демонтажу трубопроводів, ремонту чи механічної обробки конструктивних деталей;
- імовірність ураження електричним струмом у разі порушення ізоляції, пошкодження електрообладнання або виникнення коротких замикань;
- несприятливий мікроклімат у виробничих приміщеннях, зокрема знижені температури повітря;
- підвищений рівень вологості, особливо у насосних станціях, реагентних відділеннях та на відкритих ділянках очисних споруд;
- перевищення допустимих значень шуму й вібрації, що спостерігається переважно в машинних залах;

- недостатній рівень освітлення в місцях виконання робіт, зокрема в колодязях, технологічних каналах, камерах та замкнених просторах;
- вплив токсичних і шкідливих газів, які можуть накопичуватися у колодязях, трубопроводах, насосних станціях та інших замкнених об’ємах.

Окрім перелічених факторів, на очисних спорудах існує додаткова небезпека ураження електричним струмом, травмування під час роботи з вантажопідіймальними механізмами, а також ризик хімічного отруєння під час зберігання, приготування та дозування реагентів.

Рівень виробничого травматизму та показники професійної захворюваності є важливими індикаторами стану охорони праці на підприємстві. Їх аналіз дозволяє виявити найбільш імовірні причини виникнення нещасних випадків і визначити напрями для впровадження профілактичних заходів.

Причини травматизму на очисних спорудах умовно поділяють на такі основні групи:

1. Технічні — пов’язані з конструктивними недоліками або несправністю машин і механізмів, відсутністю чи несправністю захисних, блокувальних і запобіжних пристроїв, а також недосконалістю технологічних процесів.

2. Санітарно-гігієнічні — зумовлені негативним впливом технологічних виділень, контактом персоналу зі стічними водами, недостатнім освітленням, підвищеним шумом, вібрацією, запиленістю та загазованістю повітря.

3. Організаційні — пов’язані з недостатнім контролем за виконанням робіт, порушенням вимог технологічної та трудової дисципліни, нераціональним розміщенням обладнання, захаращенням робочих зон, недотриманням режимів праці й відпочинку, залученням некваліфікованого персоналу, відсутністю або невідповідністю засобів індивідуального захисту, а також недоліками в навчанні та проведенні інструктажів з охорони праці.

Серед причин травматизму, пов’язаних із людським фактором, провідне місце займають ігнорування вимог охорони праці, формальне ставлення до виконання посадових обов’язків, неуважність, а також зниження рівня відповідальності й самоконтролю з боку працівників.

Найбільша кількість нещасних випадків виникає під час:

- виконання робіт у замкнених просторах із підвищеною загазованістю, зокрема в колодязях, технологічних камерах, насосних і очисних приміщеннях;

- проведення технічного обслуговування та ремонтних робіт на електроустановках без попереднього знеструмлення та без застосування захисних пристроїв;

- використання вантажопідіймального обладнання, такого як автокрани, талі й інші механізми;

- безпосереднього контакту зі стічними водами, що містять забруднення, за відсутності засобів індивідуального захисту, спеціального одягу та взуття;

- відкривання люків і кришок колодязів із порушенням установлених правил безпеки.

Систематичне вивчення випадків виробничого травматизму та професійних захворювань є необхідною умовою для розроблення, коригування й упровадження ефективних профілактичних заходів, спрямованих на підвищення рівня безпеки праці.

Функціонування насосних установок і переміщення рідин по трубопроводах супроводжується виникненням шумових і вібраційних впливів. Основними джерелами шуму є робота механічних вузлів насосів, а також аерогідродинамічні процеси, пов’язані з рухом води. За характером спектра такий шум належить до середньочастотного діапазону. Максимальні значення рівня звукового тиску в зоні розміщення насосного обладнання становлять приблизно 70 дБА, що не перевищує допустимого граничного рівня 80 дБА [24].

Характеристики факторів виробничого середовища на дільниці очисних споруд наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Оцінка факторів виробничого середовища та умов трудового процесу оператора очисних споруд

№	Фактори виробничого середовища й трудового процесу	Нормативне значення (ПДК, ПДУ)	Фактич. значення	Шкідливі й небезпечні умови й характер праці			Тривалість дії фактора за зміну, %
				I	II	III	
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Шкідливі хімічні речовини, мг/м^3 вапно	 2	 1,5	 -	 -	 -	75 75
2.	Пил переважно фіброгенного 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 року): температура повітря, ^{0}С відносна вологість,%	 18-25 60-65	 26 70	 1 7,7			 80 90
6.	Тяжкість и напруженість праці	середньої тяжкості IIа, помірно напружена					

Умови та специфіка трудової діяльності характеризуються як загалом допустимі, при цьому за окремими параметрами фіксується незначне перевищення нормативних значень. У зв′язку з цим працівникам передбачено надання відповідних пільг і компенсацій, зокрема додаткової відпустки тривалістю три дні, а також забезпечення молоком.

3.2 Заходи з охорони праці на очисних спорудах, спрямовані на зниження впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників

З метою забезпечення безпечних умов праці персоналу та мінімізації ризику виникнення аварійних ситуацій на території очисних споруд передбачається реалізація комплексу організаційних, планувальних і інженерно-технічних заходів.

Підземні резервуари засипають ґрунтом шаром не менше ніж 0,7 м від рівня спланованої поверхні землі. У зонах можливого руху транспортних засобів або роботи механізмів додатково встановлюють захисні елементи території. Відкриті ємності, у яких висота стін над рівнем землі не перевищує 0,6 м, обладнують суцільними або ґратчастими огородженнями по всьому периметру.

У місцях перетину пішохідних шляхів із каналами, трубопроводами та іншими потенційно небезпечними ділянками влаштовують перехідні містки шириною щонайменше 0,6 м із поручнями висотою близько 1 м. Для безпечного підйому та спуску до резервуарів, камер і водозабірних споруд передбачають сходи з надійними перилами.

Доступ до колодязів, підземних камер та інших заглиблених споруд забезпечується за допомогою стаціонарних сходів або металевих скоб. Люки, отвори в підлогах, заглиблені ємності, траншеї та котловани перекривають плитами, кришками або листами рифленого металу, а за потреби — огороджують суцільними чи сітчастими конструкціями. У темний час доби небезпечні зони позначають сигнальними ліхтарями червоного кольору.

Усі заглиблення в підлогах підлягають обов′язковому захисту шляхом перекриття або встановлення огороджень висотою до 1 м із суцільною нижньою частиною не менше 0,1 м. Виробничі та допоміжні приміщення оснащують системами опалення, вентиляції, водопостачання, водовідведення та освітлення відповідно до чинних санітарно-гігієнічних норм.

Мінімальна висота приміщень до нижніх виступаючих елементів перекриття повинна становити не менше 2,2 м. У зонах постійного переміщення персоналу відстань до виступаючих комунікацій і обладнання приймається не меншою ніж 2 м, а в місцях періодичного проходу — не меншою за 1,8 м. Ширина проходів повинна бути не меншою ніж 1 м, дверних прорізів — 0,8 м, коридорів — 1,4 м, сходових маршів — 1,05 м.

Для обслуговування технологічного обладнання приміщення забезпечують підіймально-транспортними механізмами. Усе електрообладнання призначається для роботи в умовах підвищеної вологості та обладнується надійними заземлювальними пристроями, включно з корпусами електродвигунів, пусковою апаратурою, щитами керування та іншими елементами електромережі. Електричні з′єднання виконують із застосуванням різьбових муфт, а електропроводка повинна мати справну ізоляцію.

Розміщення насосних агрегатів, електрощитів, трубопроводів, запірної арматури та інструменту здійснюють з дотриманням нормативних відстаней між елементами обладнання [25]:

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

Для зменшення шумового та вібраційного впливу насосні установки монтують на спеціальних віброізолювальних прокладках із еластичних матеріалів. Зниженню аерогідродинамічного шуму сприяє раціональне трасування трубопроводів із плавними поворотами, використання дифузорів і конфузорів під час переходів між трубами різного діаметра, а також з′єднання

потоків під малими кутами та з мінімальною різницею швидкостей. Додатково передбачається автоматизація керування технологічним обладнанням, що дає змогу скоротити час перебування персоналу в зонах підвищеного шуму.

Персонал, який обслуговує газові системи, здійснює регулярний контроль герметичності зварних швів і фланцевих з′єднань трубопроводів із використанням мильного розчину. Для виявлення витоків газу застосовують спеціальні лампи типу ЛБВК або газоаналізатори, при цьому використання відкритого полум′я категорично забороняється. Роботи в загазованих приміщеннях дозволяється виконувати виключно працівникам, забезпеченим шланговими або кисневими ізолювальними протигазами.

3.3 Заходи безпеки у відділенні приготування реагентів

З метою зниження рівня небезпеки під час зберігання, приготування та використання хімічних реагентів приміщення реагентного господарства необхідно оснащувати ефективними системами вентиляції, які забезпечують підтримання концентрацій шкідливих речовин у повітрі в межах допустимих норм. Усі роботи з реагентами дозволяється виконувати лише за участю щонайменше двох працівників і за обов′язкового застосування засобів індивідуального захисту [25].

Забороняється допускати проливи, розсипання або розпилення реагентів на підлогу, ґрунт, обладнання, тару чи спеціальний одяг. У разі аварійного потрапляння хімічних речовин на будь-які поверхні їх необхідно негайно прибрати та знешкодити відповідно до вимог чинних інструкцій.

Місця зберігання, навантаження та розвантаження реагентів повинні бути заздалегідь забезпечені достатнім запасом матеріалів і засобів для оперативної локалізації та ліквідації можливих витоків або розливів. Виконання ремонтних робіт на трубопроводах, арматурі чи технологічному

обладнанні при ввімкнених насосах не допускається. У разі виходу з ладу вентиляції або перевищення гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин усі роботи в приміщенні слід негайно припинити.

Для запобігання гідравлічним ударам керування запірною арматурою повинно здійснюватися плавно, без різких змін режимів відкривання або закривання. Огляд, очищення та ремонт резервуарів і трубопроводів, призначених для реагентів, дозволяється виконувати лише після їх повного спорожнення та проведення заходів з нейтралізації залишків хімічних речовин.

Окрім загальнообмінної вентиляції, у зонах можливого виділення пилу або токсичних парів необхідно передбачати місцеві витяжні установки з герметичними укриттями та високоефективними відсмоктувальними пристроями. У приміщеннях реагентного господарства, включаючи склади, слід використовувати матеріали з високою хімічною стійкістю та корозійною інертністю для облицювання підлоги, стін і конструктивних елементів. Оздоблення має бути гладким, не сприяти накопиченню пилу й парів та легко очищуватися. Підлоги необхідно виконувати з ухилом і обладнувати системами відведення рідин до вузлів нейтралізації.

Під час розвантаження твердих реагентів персонал зобов′язаний застосовувати респіратори, захисні окуляри та рукавиці, стійкі до дії хімічних речовин. Кожне складське приміщення повинно мати чітке маркування із зазначенням назви реагенту, при цьому спільне зберігання різних хімічних речовин без їх розподілу за видами не допускається.

Склади реагентів слід оснащувати світловою та звуковою сигналізацією, яка повідомляє про зупинку вентиляційних установок, а також забезпечувати наявність телефонного зв′язку з адміністрацією підприємства та аварійно-рятувальними службами.

Приміщення, призначені для приготування розчинів твердих реагентів, необхідно ізолювати від інших виробничих зон. У таких відділеннях обов′

язковим є встановлення пиловловлювального обладнання та засобів механізованого видалення пилу. Ємності для розчинення реагентів і відстійники слід розташовувати так, щоб був забезпечений зручний доступ для їх повного очищення та технічного обслуговування.

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

Додатково в реагентному господарстві передбачають окрему систему сигналізації, що інформує персонал про відключення вентиляторів вентиляційної системи.

3.4 Безпека технологічних процесів та обладнання у відділенні зневоднення шламу

Згущувальні установки радіального типу, а також відстійники пірамідальної й коритної конструкції повинні оснащуватися захисними огородженнями у випадках, коли висота верхньої кромки споруди є меншою ніж 1,0 м від рівня робочого майданчика. Для пірамідальних відстійників із повністю перекритою верхньою частиною встановлення огороджень по периметру не є обов′язковим, однак усі технологічні отвори, люки та ревізійні лази мають бути надійно закриті металевими кришками. Перебування або пересування працівників безпосередньо по краях таких споруд забороняється [24].

Під час роботи фільтр-пресів не допускається виконання регулювальних операцій або підтягування секторів. Видалення осадів із рам і фільтрувальних матеріалів у процесі експлуатації дозволяється здійснювати лише із

застосуванням спеціального інструменту, зокрема призначених для цього лопаток.

У період дії притискного механізму фільтр-преса категорично забороняється виконувати будь-які дії з рамами, плитами чи фільтрувальними елементами. Перед початком розбирання обладнання необхідно провести його продування стисненим повітрям для повного видалення залишкової рідини. Демонтаж дозволяється здійснювати лише за участю щонайменше двох працівників.

У разі обриву або пошкодження стяжного дроту під час обертання барабана вакуум-фільтра виконання будь-яких ремонтних або відновлювальних робіт до повної зупинки агрегату не допускається.

Барабанні фільтри, обладнані системами гідрозмивання осаду, повинні мати захисні кожухи або екрани, що запобігають потраплянню бризок на персонал. Листові фільтраційні установки з висувними рамами необхідно оснащувати стаціонарними робочими майданчиками, які забезпечують безпечне виконання операцій зі змивання та видалення осаду.

3.5 Виробнича санітарія та гігієна праці на очисних спорудах

3.5.1 Мікроклімат

Створення безпечного та комфортного виробничого середовища вимагає забезпечення нормативних параметрів мікроклімату, зокрема підтримання оптимальної температури повітря, рівня вологості та швидкості його переміщення [26]. Надлишкове теплове навантаження на організм людини може призвести до розвитку теплового удару, особливо у випадках підвищення температури тіла до 40 °C. Разом із тим тривале перебування працівників у холодному середовищі, зокрема в неопалюваних приміщеннях, таких як склади або відділення зберігання реагентів, спричиняє переохолодження, що знижує захисні функції організму та підвищує ризик виникнення інфекційних

захворювань. Характерна для очисних споруд підвищена вологість повітря додатково підсилює негативний вплив як високих, так і низьких температурних режимів.

3.5.2 Вентиляції та опалення

До ключових інженерно-технічних рішень, спрямованих на зниження шкідливого впливу чинників виробничого середовища, належать упровадження автоматизованих систем, механізація та електрифікація операцій, що є найбільш важкими або небезпечними з позицій санітарно-гігієнічних вимог [26]. Вагому роль при цьому відіграє забезпечення повної герметизації технологічного устаткування, трубопровідних мереж і резервуарів, а також суворе дотримання встановлених правил зберігання матеріалів і речовин.

Постійний моніторинг концентрацій шкідливих компонентів у повітрі робочої зони є обов′язковою умовою створення безпечних умов праці та недопущення перевищення гранично допустимих рівнів [26]. У разі виникнення розливів рідин, транспортування сипких продуктів, появи витоків через нещільності обладнання або порушень технологічних режимів необхідним є застосування ефективних вентиляційних установок.

Залежно від функціонального призначення вентиляційні системи поділяються на:

- витяжні, призначені для видалення забрудненого повітря з приміщень;
- припливні, що забезпечують подачу очищеного свіжого повітря;
- припливно-витяжні, які здійснюють одночасний повітрообмін.

Для працівників, зайнятих у зонах із підвищеними температурними навантаженнями, організовується забезпечення охолодженою газованою водою з додаванням солей. У приміщеннях, де можливі раптові викиди токсичних або різко пахнучих речовин, додатково передбачають аварійні

вентиляційні системи, що можуть запускатися як вручну, так і автоматично за сигналами газоаналізаторів.

Для підтримання стабільних параметрів мікроклімату доцільним є застосування систем кондиціонування повітря, які забезпечують автоматичне регулювання температури, вологості та ступеня очищення повітря в приміщеннях.

3.5.3 Організація освітлення робочих місць

Освітлення є одним із ключових чинників, що безпосередньо впливають на безпеку праці та результативність виробничої діяльності. Недостатній рівень освітленості на робочих місцях призводить до швидкої втомлюваності персоналу, погіршення зорового сприйняття, зниження уваги й продуктивності, а також суттєво підвищує імовірність виникнення нещасних випадків на виробництві [29].

У світлий період доби освітлення приміщень переважно забезпечується природним світлом, що надходить через вікна та інші світлопрозорі елементи будівель. За недостатнього рівня природної освітленості застосовують штучні джерела світла із використанням світильників різного типу та конструктивного виконання.

Згідно з чинними нормативними документами [30], мінімально допустимі значення освітленості становлять:

- при постійному контролі технологічних процесів — не менше 75 лк;
- за періодичного спостереження — не менше 50 лк;
- у приміщеннях медичного призначення — 200 лк;
- у гардеробах і санітарно-побутових приміщеннях (вмивальні) — 75 лк;
- у душових — 50 лк;
- на щитах приладів та навчальних поверхнях — не менше 300 лк.

Для систем аварійного освітлення встановлюються окремі нормативи: на сходових маршах, основних проходах і поверхнях підлог рівень освітленості

повинен бути не нижчим за 0,3 лк, при цьому загальне аварійне освітлення має забезпечувати щонайменше 10 % від нормативного значення робочого освітлення.

За функціональним призначенням штучне освітлення поділяється на:

- робоче, призначене для забезпечення нормативних умов під час виконання виробничих операцій;

- аварійне, яке вводиться в дію автоматично або вручну у разі виходу з ладу основного освітлення.

Системи аварійного освітлення повинні перебувати під постійним контролем щодо їх справності, а порядок їх використання регламентується інструкціями з охорони праці. Електромережі аварійного освітлення мають живитися від незалежних джерел, при цьому підключення сторонніх споживачів до них не допускається.

Освітлювальні прилади потребують регулярного догляду, оскільки чисті світлопрозорі поверхні здатні пропускати до 90 % світлового потоку, тоді як забруднені — лише близько 8 %. Очищення вікон і світлових прорізів необхідно виконувати не рідше двох разів на рік, а в приміщеннях із підвищеною запиленістю — у міру потреби.

Своєчасна заміна джерел світла, очищення світильників, а також видалення пилу зі стін і стель дозволяють підтримувати освітленість на рівні нормативних вимог. Усі роботи з обслуговування систем освітлення, особливо ті, що виконуються на висоті або пов′язані з електрообладнанням, повинні здійснюватися виключно підготовленим персоналом, який пройшов відповідний інструктаж.

3.6 Заходи з електробезпеки

На очисних спорудах найбільше електричної енергії споживають насосні установки та системи освітлення. Для зниження ризику ураження

електричним струмом впроваджуються дистанційне керування, блокувальні пристрої та сигнальні системи попередження. Такі технічні заходи значно обмежують ймовірність випадкового контакту персоналу з струмопровідними елементами обладнання.

Особливу увагу слід приділяти захисту працівників у випадках пошкодження ізоляції, коли напруга може з′явитися на металевих деталях, що за нормальних умов не перебувають під струмом. Найефективнішим методом у таких ситуаціях є захисне заземлення, яке передбачає штучне електричне з′єднання металевих частин обладнання із землею. Це дозволяє обмежити силу струму, що може пройти через тіло людини при контакті з несправним устаткуванням, до безпечного рівня.

Відповідно до Правил безпечної експлуатації електроустановок [32], захисне заземлення обов′язкове для:

- всіх металевих неструмоведучих частин електроустановок із напругою 500 В і вище (змінного або постійного струму), незалежно від їхнього розташування;

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

- корпусів електричних машин, трансформаторів, розподільних щитів, освітлювальних приладів, оболонок кабелів, захисних екранів та огорож електроустановок, а також металевих конструкцій підкранових шляхів.

Заземлення не потрібне для електроустановок із напругою до 36 В змінного струму або до 110 В постійного струму (крім вибухонебезпечних зон), а також для арматури підвісних і штирових ізоляторів, кронштейнів і освітлювальних приладів на дерев′яних конструкціях, якщо не вимагають інші правила, зокрема блискавкозахист.

Для додаткового підвищення електробезпеки застосовують ізолювальні засоби: діелектричні килимки, рукавички, калоші, спеціальне взуття та ізолюючі підставки. Використання таких засобів значно зменшує ризик ураження струмом.

Всі електрозахисні пристрої підлягають періодичному тестуванню згідно з нормативними вимогами. Після перевірки на них наносять маркування з датою наступного випробування. Використання засобів без чинного маркування або із простроченим терміном перевірки суворо заборонено.

Переносне електрообладнання на очисних спорудах широко застосовується, проте в приміщеннях з підвищеною вологістю допускається використання лише машин II та III класу захисту.

3.7 Заходи з протипожежної безпеки

Рівень пожежної та вибухової небезпеки на очисних спорудах визначається особливостями технологічних процесів, які впливають на ймовірність виникнення вогню та масштаби його поширення.

Найчастіше пожежі на очисних об′єктах виникають через несправності електрообладнання, порушення правил його експлуатації, а також недотримання вимог пожежної безпеки під час зварювальних та інших вогневих робіт.

До категорії «Д» належать об′єкти, де використовуються або зберігаються негорючі речовини у холодному стані, такі як насосні станції та відстійники.

Відповідно до нормативної класифікації, приміщення з підвищеною пожежною небезпекою поділяються на такі класи [25]:

- II-I — цехи з ремонту електродвигунів;

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

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

Архітектура будівель, а також вибір технологічного та протипожежного обладнання визначаються категорією виробництва та класом пожежної та вибухової небезпеки.

Загальна відповідальність за дотримання правил пожежної безпеки покладається на керівника підприємства, а контроль на робочих місцях здійснюють майстри. До початку роботи всі працівники повинні пройти вступний інструктаж, ознайомитися з вимогами пожежної безпеки та набути навичок користування первинними засобами пожежогасіння.

Особлива увага приділяється пожежам на складах газових балонів, оскільки їх нагрівання може спричинити вибух. У таких випадках рекомендується використовувати пінні вогнегасники та одночасно охолоджувати балони водою.

У приміщеннях з потенційною пожежною небезпекою обов′язково мають бути первинні засоби пожежогасіння: лопати, ломи, гаки, ящики з піском, ємності з водою, відра та вогнегасники. Вони повинні проходити регулярне технічне обслуговування та перезарядку, а їхнє розташування має бути зручним і чітко позначеним.

На очисних спорудах площею 2160 м² на кожному поверсі встановлено по два пінні вогнегасники ОВП-10 та два вуглекислотні ОУ-10.

Додатково застосовуються автоматизовані системи пожежогасіння водою — спринклерні та дренчерні установки. Спринклерна система складається з трубопроводів під стелею, підключених до пожежного водопроводу, із спринклерними головками, оснащеними легкоплавкими замками, які при нагріванні розпускають воду у зоні загоряння. Дренчерна система працює за схожим принципом, спрацьовує автоматично за сигналами датчиків диму, полум′я чи температури, а також може вмикатися вручну.

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Техніко-економічна оцінка прийнятих проєктних рішень є обов’язковим елементом розробки проєкту очисних споруд та має на меті обґрунтування раціональності вибраної технології очищення стічних вод, що утворюються в системах газоочистки конвертерних агрегатів. У межах даного розділу здійснюється всебічний аналіз технічних, економічних і експлуатаційних характеристик запроєктованої системи з урахуванням специфіки металургійного виробництва.

У процесі обґрунтування проєктних рішень проводиться оцінка доцільності використання механічних та фізико-хімічних способів очищення, а також визначається оптимальний склад технологічних споруд і відповідного обладнання.

Ключовою метою техніко-економічного обґрунтування є вибір найбільш ефективного варіанта системи очищення, який забезпечує досягнення нормативних показників якості очищеної води за умови мінімізації капітальних інвестицій і оптимізації експлуатаційних витрат. При цьому враховується можливість повторного залучення очищеної води в оборотні або замкнені цикли водопостачання, що дозволяє скоротити використання природних водних ресурсів та знизити негативний вплив на навколишнє середовище.

У розділі виконано розрахунки одноразових та поточних витрат, пов’язаних зі зведенням, функціонуванням і технічним обслуговуванням очисних споруд, а також проведено порівняльний аналіз ефективності запропонованих проєктних рішень. Отримані результати підтверджують економічну доцільність упровадження обраної технологічної схеми та її відповідність чинним технічним, екологічним і економічним вимогам.

Обслуговування реагентного господарства, відстійників, вузлів зневоднення шламу та насосного обладнання здійснюється черговим і

ремонтним персоналом системи оборотного водопостачання газоочисних установок, що не потребує залучення додаткових фінансових ресурсів.

4.1 Розрахунок капітальних вкладень

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

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

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			
Гідроциклон				6	470,4	2822,4
Згущувач ЦП1-2,5	1	468,2	468,2	2	468,20	936,40
Фільтр-прес ФПАКМ-5У	2	252,2	504,4	2	252,2	504,4

Найменування	Базовий варіант			Проектний варіант		
	К-ть	Вартість, тис.грн		К-ть	Вартість, тис.грн	
		Ціна	всього		Ціна	всього
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
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			6138,02			6157,92
КВП			1534,5			1539,48
Разом устаткування с КВП			7672,52			7697,4
Вартість монтажу устаткування,			1150,88			1154,61
Вартість монтажу комунікацій,			566,06			575,44
Вартість накладних витрат спеціалізованої організації,			1534,5			1539,48
Будівлі очисної станції			6048,0			6048,00
ВСЬОГО			16981,34			17014,42

КВП становить 25% від вартості основного устаткування:

$КВП_{ПР}$=0,25· 6157,92=1509,48 тис. грн.

$КВП_{БАЗ}$=0,25· 6138,02=1534,5 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 :

$$C_K = 17014420 \cdot \frac{1}{800 \cdot 8400} = 2{,}53 \text{ грн/ м}^3.$$

Питомі капітальні витрати для базового варіанту:

$$C_K = 16981340 \cdot \frac{1}{800 \cdot 8400} = 2{,}52 \text{ грн/м}^3.$$

4.2 Розрахунок витрат на очищення стічних вод

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

$$C_1 = 9{,}56 \cdot 1{,}1 \cdot 8400 \cdot 810 = 80384304 \text{ грн;}$$

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:

$$C_1 = 10^{-6} \cdot (Дк \cdot Ц_ф + Дв \cdot Ц_в) \cdot Q \cdot T,$$

Де $Д_к$ – доза флокулянту, 1 г/м^3;

Q - витрата стічної води, м^3/год

T – кількість годин роботи за рік, 8400;

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

$Ц_в$ – ціна 1т вапна, 5300 грн.

Проектний варіант

$C_{1пр}= 10^{-6} (1 \cdot 126000 + 50 \cdot 5300) \cdot 800 \cdot 8400 = 2627520$ грн.

Базовий варіант

$C_{1Б}= 10^{-6} \cdot 1 \cdot 800 \cdot 8400 \cdot 126000 = 846720$ 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:

$$A_{УСТ} = 0{,}25 \cdot C_{ОСН.УС} = 0{,}25 \cdot 7672520 = 1918130 \ грн,$$

по проектному варіанту:

$$A_{УСТ} = 0{,}25 \cdot 7697400 = 1924350 грн.$$

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:

$$A_{К} = 0{,}15 \cdot C_{МОН},$$

$$A^{б}_{К} = 0{,}15 \cdot 575440 = 86316 \ грн,$$

$$A^{пр}_{К} = 0{,}15 \cdot 566060 = 84909 \ грн.$$

Амортизаційні відрахування на КВП:

$$A^{б}_{КВП} = 0{,}25 \cdot C_{КВП} = 0{,}25 \cdot 15345000 = 383625 \text{ грн.}$$

$$A^{пр}_{КВП} = 0{,}25 \cdot C_{КВП} = 0{,}25 \cdot 1539480 = 384870 \text{ грн.}$$

Всього:

$$C_3^{пр} = A_\Sigma^{пр} = 1918130 + 181440 + 84909 + 383625 = 2568104 \text{ грн.};$$
$$C_3^{Б} = A_\Sigma^{б} = 1924350 + 181440 + 86316 + 384870 = 2573976 \text{ грн.}$$

Відрахування до ремонтного фонду складає 15 % від амортизаційних відрахувань:

$$\mathrm{C_6 = \Phi_Р = 0{,}15 \cdot A_\Sigma},$$
$$C_6^{пр} = \Phi_р^{пр} = 0{,}15 \cdot A_\Sigma^{пр} = 0{,}15 \cdot 2573976 = 386096 \ грн,$$
$$C_6^{б} = \Phi_р^{б} = 0{,}15 \cdot A_\Sigma^{б} = 0{,}15 \cdot 2568104 = 385215 \ грн.$$

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

$$\mathrm{C_7 = 0{,}25(A_\Sigma + \Phi_Р)};$$
$$C_7^{б} = 0{,}25 \cdot \left(A_\Sigma^{Б} + \Phi_р^{Б}\right) = 0{,}25 \cdot (2568104 + 385512) = 738404 \ грн;$$
$$C_7^{пр} = 0{,}25 \cdot \left(A_\Sigma^{пр} + \Phi_р^{пр}\right) = 0{,}25 \cdot (2573976 + 386096) = 740018 \ грн.$$

Економія скорочення витрат на технічну воду для підживлення оборотної системи:

$$E_в = Q \cdot 8400 \cdot Пв = 800 \cdot 8400 \cdot 0{,}05 \cdot 2{,}04 = 685440 \text{ грн}$$

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		71550,86
Витрати на реагенти	грн.		846,72		2627,52
Основна зарплата	грн		1557,6		1473,6
Амортизаційні відрахування	грн.		2568,10		2573,98
Відрахування до ремонтного фонду	грн.		385,21		386,1
Інші цехові витрати	грн.		738,40		740,02
Загальні витрати на очищення	грн.		78817,43		76787,1
Економія від скорочення забору води	грн.				685,44
Загальні витрати з врахуванням економії	грн.	11,75	78971,91	11,32	76101,66

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 $K_{пр}$ – 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.

$$E = \left[\left(2{,}52 + 0{,}12 \cdot 11{,}75\right) - \left(2{,}53 + 0{,}12 \cdot 11{,}32\right)\right] \cdot 8400 \cdot 800 = 279552 \text{ грн}$$

Різниця в капітальних вкладеннях:

$\Delta К = К_{пр} - К_{б} = 17014420 - 16981340 = 2457430$ 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	78,97	76,10
Капітальні вкладення	млн.грн	16,98	17,01
Витрати на очищення 1 $м^3$ води	грн.	11,75	11,32
Річний економічний ефект	тис.грн		279,6

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційному проєкті розглянуто й узагальнено актуальні методи та інженерні рішення, що використовуються у процесах мокрого уловлювання та очищення технологічних газів у сталеплавильному виробництві.

Проаналізовано визначальні технологічні параметри газоочисних процесів, від яких залежить формування об’ємів і характеристик стічних вод.

Узагальнено та впорядковано кількісні й якісні показники стічних вод, а також детально описано склад, фізико-хімічні властивості та походження основних забруднювальних речовин.

Здійснено аналітичне порівняння наявних методів очищення виробничих стоків, що впроваджуються на підприємствах виплавки сталі в електродугових печах.

На основі проведеного аналізу розроблено й технічно обґрунтовано схему очищення стічних вод систем мокрої газоочистки з подальшою обробкою уловленого шламового осаду з метою його повторного залучення у виробництво або безпечної утилізації.

Виконано вибір та інженерні розрахунки основного обладнання водоочисної системи, а також визначено номенклатуру, технічні характеристики й режими роботи допоміжних установок.

Окремо проведено аналіз шкідливих і небезпечних факторів виробничого середовища очисних споруд, на підставі чого сформовано комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на мінімізацію їх негативного впливу на персонал і навколишнє середовище.

Проведено порівняльний техніко-економічний аналіз різних варіантів технологічних схем очистки стічних вод з системи мокрого очищення 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.