

Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім Ю.М. Потєбні

(назва факультету)

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної бакалаврської роботи

рівень вищої освіти _____ *перший (бакалаврський) рівень* _____

на тему Проект очисних споруд зворотного циклу агломераційного виробництва

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1830

Бут К.О.

(ПІБ)

(підпис)

спеціальності

183 Технології захисту навколишнього середовища

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

освітньо-професійна програма

Технології захисту навколишнього середовища

(шифр і назва)

Керівник Кожемякін Г.Б.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Запоріжжя - 2024 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

Рівень вищої освіти перший бакалаврський рівень
перший (бакалаврський) рівень

Спеціальність 183 Технології захисту навколишнього середовища
(шифр і назва)

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МТЕТБ
Ю.О. Белоконь

“___” _____ 2024 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 очисних споруд зворотного циклу агломераційного виробництва

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

затвержені наказом вищого навчального закладу від “26” 12 2023 року № 2212-с

2. Строк подання студентом роботи (проекта) 23.06.2024

3. Вихідні дані до роботи (проекта) Витрата стічних вод - 2300 м³/год, Початковий вміст зависі - 2720 г/м³, Температура стічних вод - 30°C,

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Технологія мокрої очистки газів агломашин. Джерела утворення забруднених стічних вод. Аналіз існуючих схем очистки стічних вод агломераційного виробництва. Обґрунтування способу очистки стічних вод. Розрахунок очисних споруд систем очистки стічних вод. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Креслення, презентаційний матеріал: Розріз системи мокрої очистки технологічних газів агломашини. Скрубер Вентурі. Технологічна схема очистки стічних вод. Основні апарати схеми очистки стічних вод. Охорона праці.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		завдання прийняв
<i>Розділ 1</i>	<i>Кожемякін Г.Б., доцент</i>	
<i>Розділ 2</i>	<i>Кожемякін Г.Б., доцент</i>	
<i>Розділ 3</i>	<i>Кожемякін Г.Б., доцент</i>	
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Белоконь Ю.О. зав.каф.</i>	

7. Дата видачі завдання 02.02.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Загальна частина</i>	<i>02.2024-03.2024</i>	
2	<i>Спеціальна частина</i>	<i>03.2024-04.2024</i>	
3	<i>Охорона праці</i>	<i>05.2024</i>	
4	<i>Креслення</i>	<i>05.2024</i>	

Студент _____ К.О. Бут
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ Г.Б. Кожемякін

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційний проект для здобуття ступеня вищої освіти бакалавр:
69 с., 5 табл., 10 рис., 30 джерел.

ОЧИСТКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ГАЗІВ, СКРУБЕР ВЕНТУРИ, АГЛОМЕРАЦІЙНЕ ВИРОБНИЦТВО, РЕАГЕНТНЕ ГОСПОДАРСТВО, ВІДСТІЙНИК, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ВОДООЧИСТКИ, ВАКУУМ-ФІЛЬТР

Об'єкти дослідження – система очистки стічних вод агломашин;

Предмет дослідження – технологія очищення стічних вод газоочисток агломашин;

Мета роботи – на основі вивчення апаратурно-технологічних схем очистки стічних вод, які експлуатуються у промисловому виробництві, технологій переробки та утилізації шламів агломераційного 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 агломераційного виробництва, наведено їх фізичні та хімічні властивості. Виконаний аналіз існуючих технологій очищення стічних вод агломераційного виробництва. 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	6
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	8
1.1 Системи очищення газів агломераційного виробництва	8
1.2 Характеристика стічних вод агломераційного виробництва	16
1.3 Схеми очищення стічних вод агломераційного виробництва	21
2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	32
2.1 Розрахунок реагентного господарства	32
2.1.1 Склад зберігання реагентів	32
2.1.2 Приготування робочого розчину	33
2.1.3 Дозування реагентів	34
2.1.4 Змішування реагентів	35
2.1.5 Камери хлоп'єутворення	39
2.2 Розрахунок радіальних відстійників	40
2.3 Згущення та зневоднення шламів	42
2.3.1 Гравітаційне згущення осадів	42
2.3.2 Зневоднення осаду	43
3 ОХОРОНА ПРАЦІ	45
3.1 Безпека технологічних процесів та обладнання	47
3.1.1 Безпека експлуатації безперервного транспорту	48
3.1.2 Безпека технологічного обладнання	51
3.1.3 Реагентне господарство	55
3.1.4 Безпека експлуатації відділення утилізації та зневоднення шламу ..	56
3.2 Виробнича санітарія	57
3.3 Електробезпека	60
3.3.1 Електричні установки напругою до 1000 В	60
3.3.2 Електричні установки напругою більше 1000 В	61
3.3.3 Електричні двигуни	62
3.3.4 Електричне освітлення	63
3.4 Пожежна безпека	64
ВИСНОВКИ	66
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	67

ВСТУП

Значний обсяг виробництва, великий асортимент продукції, що випускається, і багатостадійність технологічних схем отримання чавуну, сталі і сплавів ставлять підприємства чорної металургії в ряд видатних постачальників різноманітних шкідливих викидів в атмосферу. Нині вклад цих підприємств в загальний об'єм викидів промисловості складає близько 16%, у тому числі по пилу - 3,7%, по оксиду вуглецю (II) - 7,7%, по оксиду сірки (IV) - 2,2%.

Розподіл основних викидів по цехах металургійного заводу може бути представлений в наступному виді:

Виробництво	Частка вкладу, %		
	Пил	CO ₂	CO
Агломераційна фабрика	34,3	82,5	62,5
Коксохімічний цех	1,1	0,9	7,5
Доменний цех	1,7	1,6	2,7
Конвертерний цех	8,3	0,6	0,4
Мартенівський цех	4,0	0,6	0,2
Прокатні цехи	0,01	3,0	—
Цехи вогнетривів	2,7	0,2	0,1
Енергетичні установки	36,9	7,5	—
Інші	11,0	3,1	26,6

З приведених даних видно, що по усіх трьох основних шкідливих викидах - пилу, оксиду вуглецю (II) і оксиду сірки (IV), - що виділяються на металургійних заводах, на частку агломераційної фабрики припадає найбільша частина. Тільки ТЭС, що працює на твердому паливі, має зрівняні з нею викиди пилу, а по двох інших речовинах аглофабриці немає рівних.

Джерелами забруднення повітряного басейну на аглофабриках є агломераційні стрічки, барабанні і чашкові охолоджувачі агломерату, обпалювальні печі, вузли пересипки, транспортування, сортування агломерату і компонентів, що входять до складу шихти для його приготування (руди, коксу, вапняка і інших матеріалів).

В багатьох випадках очищення димових газів аглофабрик здійснюється за допомогою води. Система водопостачання газоочисток має бути оборотною, але через хімічний склад забрудненої води, це не завжди можливо. Агломераційна фабрика зазвичай входить до складу металургійного заводу або гірничозбагачувального комбінату. У першому випадку водопостачання агломераційної фабрики виділене в самостійний замкнутий цикл з очищенням і наступним використанням стічних вод в обороті, в другому - водопостачання і очищення стічних вод агломераційної фабрики об'єднані в загальному господарстві горно-збагачувального комбінату.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

Агломераційна машина (площі поверхні спікання шихти складають 50, 75, 200 і 312 м²) є металевим колосниковим стрічковим конвеєром, що складається з окремих палет. Ширина цього конвеєра дорівнює 3-5 м, довжина 60 м і більше; швидкість його можна регулювати від 60 до 225 м/ч.

Компоненти шихти з бункерів шихтових змішувачів або безпосередньо з барабанного змішувача безперервно подаються на стрічку машини з регулюванням товщини шару, яка зазвичай складає 190-250 або 240-300 мм. При русі стрічкового конвеєра шар шихти входить під зонт запалювального горна, в якій встановлені пальники, що працюють на природному газі. Під час знаходження шихти на ділянці запалювального горна шар шихти розігрівається до температур 600-800°C, при яких починає окислюватися вуглець коксу, і подальше підвищення температури до температур спікання шихти (1200-1300°C) відбувається завдяки горінню коксу в шарі шихти. Процес горіння підтримується шляхом просмоктування повітря через шихту у вакуум-камери, розташовані в нижній частині агломераційної машини. Продукти згорання, що утворюються, і пил виносяться через екстаустери і трубопровід для відведення газу в пиловловлюючу систему і потім димососом викидаються в атмосферу через трубу.

Агломераційні машини можуть працювати в двох режимах: без охолодження агломерату на стрічці машини і з охолодженням агломерату повітрям в хвостовій частині машини.

1.1 Системи очищення газів агломераційного виробництва

При великих швидкостях руху стрічки відбувається інтенсивне розтріскування агломерату, в тріщинах скупчується пересушена маса, яка являється додатковим джерелом пилу, який виносяться газами, що відходять. Напри-

клад, при збільшенні швидкості руху конвеєра від 120 до 150 м/год кількість пилу в газах, що відходять, підвищується від 150 до 450 мг/м³.

В табл. 1.1 приведені усереднені дані по викидах, які виділяються в процесі спікання залізовмісної шихти на агломашинах з площею поверхні спікання від 50 до 312 м², що працюють з охолодженням агломерату [1].

Таблиця 1.1 - Викиди, які виділяються в процесі спікання залізовмісної шихти на агломашинах

Показник	Зона спікання	Зона охолодження
Висота шару шихти, мм	240-300	240-300
Вихід газу:		
м ³ /т агломерату	2100 - 2300	1600-1700
м ³ /м ² площі поверхні машини	2900-3400	3400-4200
Гідравлічний опір шару шихти, кПа	9,5 - 11,0	2,35 – 3,5
Вихід пилу після грубого очищення у колекторі, кг/т агломерату	3,01-7,0	8,0-21,0:

Збільшена витрата газів в зоні охолодження і наявність наскрізних тріщин в шарі шихти призводять до підвищеного виносу пилу із зони охолодження. На двозонних агломераційних машинах з охолодженням агломерату на стрічці, як вид-но з приведених даних, питомий вихід пилу із зони охолодження на 37-57% більше, ніж із зони спікання.

Питомий вихід пилу на 1 т агломерату досягає 50- 60 кг. Проте значна частина великих фракцій пилу осідає в колекторі машини і з газами, що виходять з агломераційної машини, виноситься тільки від 8 до 21 кг [2].

Частки неправильної форми з гострими гранями. Більшість часток від коричневого до чорного кольору. Серед дрібних часток зустрічаються світлі частки голкоподібної форми.

Хімічний склад пилу визначається в основному складом руд і викорис-

товуваного палива і змінюється в доволі широкому інтервалі, % [3]:

FeO - 9..10; Fe₂O₃ - 45..60; SiO₂ - 10..15; Al₂O₃ - 0.5..1,5; CaO - 9..13;

MgO - 0,5..1,5; MnO - 0,20..0,3; P₂O₅ - 0,03..0,05; S - 0,5..0,7; C - 4..7.

Приблизний дисперсний склад пилу в агломераційних газах зони спікання приведений в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - Дисперсний склад агломераційного пилу

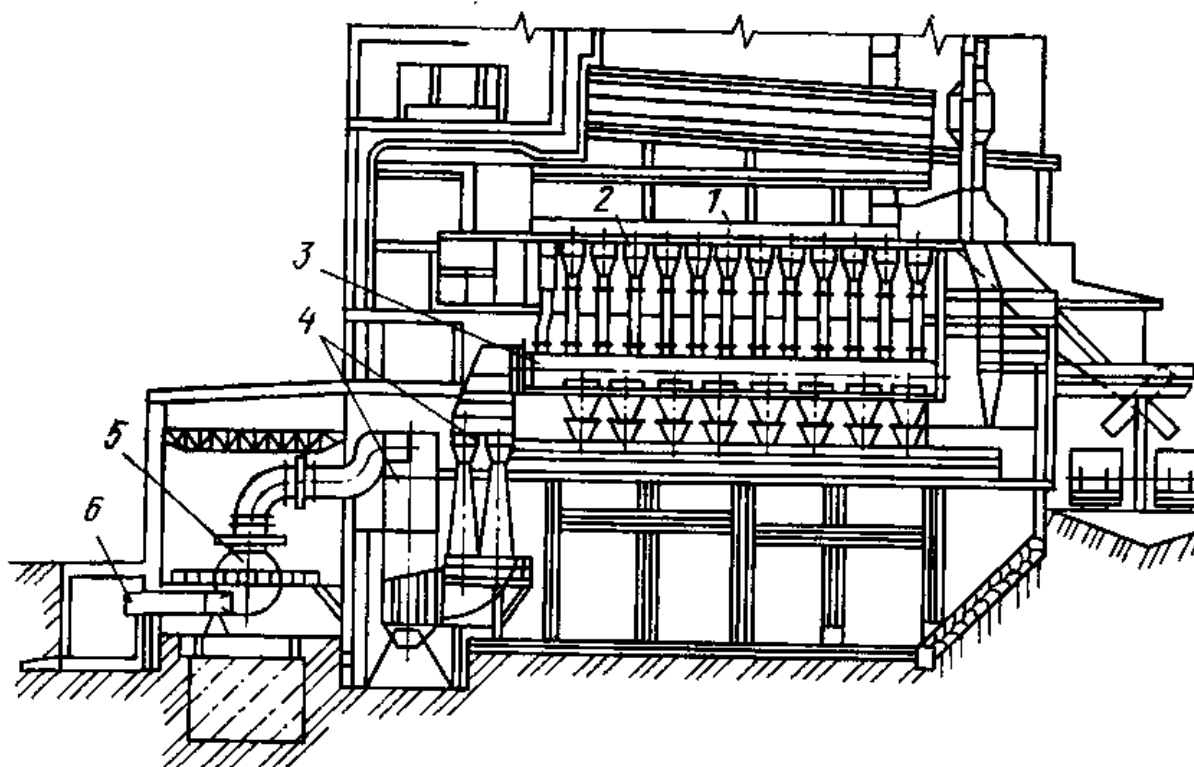
Розмір часток, мкм	0-30	30-63	63-100	100-400	Більш 400
Масова доля, %	20	34	27	14	5

Щільність пилу складає близько 3,6-4,0 г/см³, насипна щільність пилу 2,15-2,48 г/см³, кут природнього укосу 39-41°. Питомий електричний опір (ПЕО) пилу при температурі 60-200°C змінюється від 0,1 до 9 ГОм/м.

Вміст газоподібних компонентів залежить від складу руди й може коливатися в широких межах [5]: 4-10% CO₂; 12-17% O₂; 0,3-3% CO; 0,01-0,09% (SO₂+SO₃) при малосірчистих рудах; 0,1-0,6% (SO₂+SO₃) при сірчистих рудах; 0,1-0,2% NO_x; решта N₂ і інертні гази.

У усіх вакуум-камерах підтримується розрідження 10-11 кПа, гази збираються в загальний колектор, розміщений збоку від агломашини паралельно її осі (рис. 1.1).

На відгалуженнях від вакуум-камер до колектора стоять S-подібні інерційні пристрої або спеціальні пастки К- 9, в яких за рахунок сил інерції, що виникають при поворотах, відбувається відокремлення тільки найбільшого пилу. Збираючись в колекторі, запиленні гази з невеликою швидкістю (до 10 м/с) рухаються до головної частини машини. При цьому великі частки пилу під дією власної ваги випадають з потоку і збираються в розташованих під колектором пилових бункерах, звідки видаляються зазвичай за допомогою гідрозмиву.

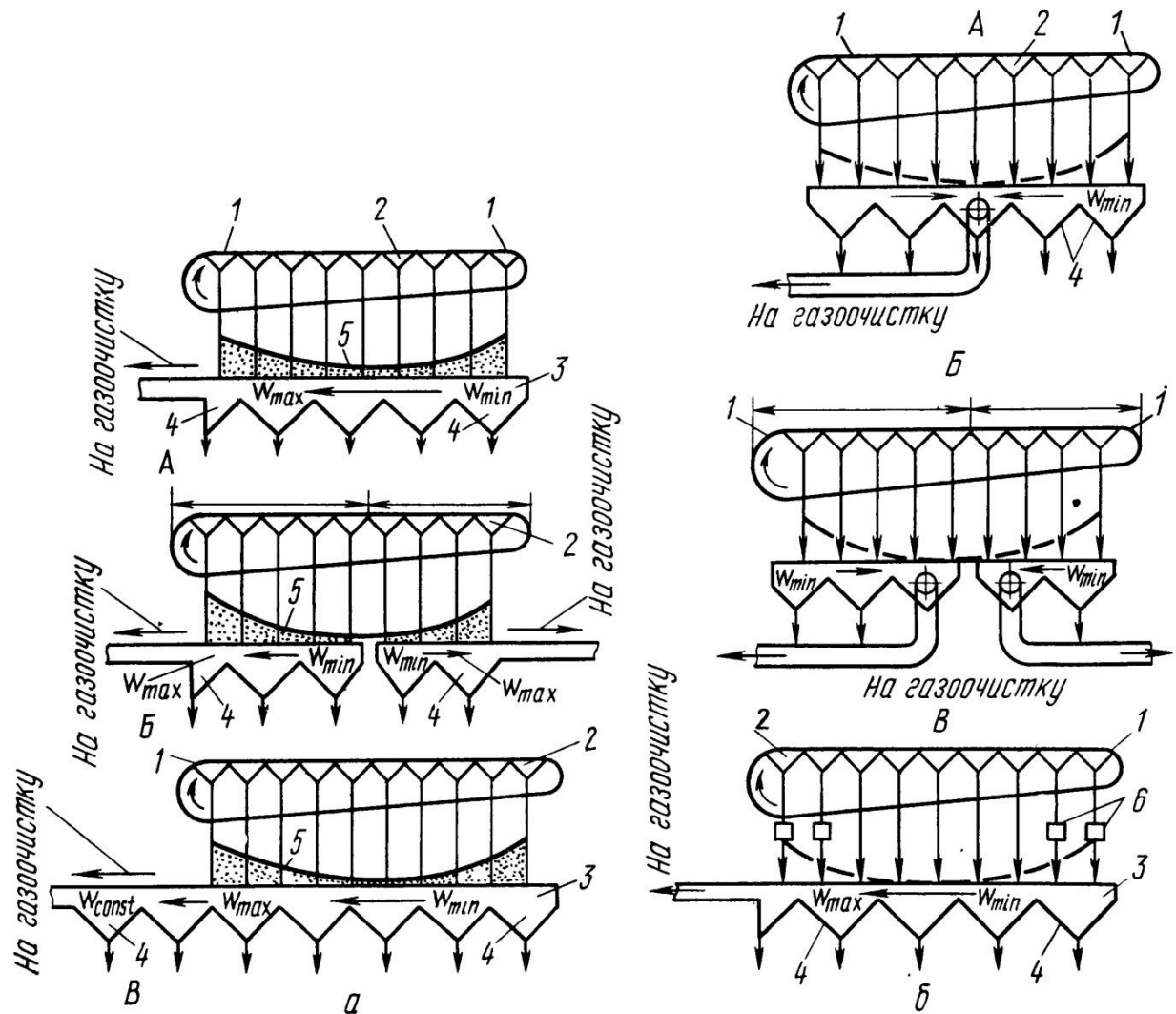


1 - укриття стрічки; 2 - вакуум-камери; 3 - колектор;
4 - газоочистка; 5 - ексаустер; 6 - димар

Рисунок 1.1 - Загальний вигляд відведення газів від агломераційної машини

На відгалуженнях від вакуум-камер до колектора стоять S-подібні інерційні пристрої або спеціальні пастки К- 9, в яких за рахунок сил інерції, що виникають при поворотах, відбувається відокремлення тільки найбільшого пилу. Збираючись в колекторі, запиленні гази з невеликою швидкістю (до 10 м/с) рухаються до головної частини машини. При цьому великі частки пилу під дією власної ваги випадають з потоку і збираються в розташованих під колектором пилових бункерах, звідки видаляються зазвичай за допомогою гідрозмиву [6].

На рис. 1.2 показані існуючі схеми збору і відведення технологічних газів від агломашин як при використанні усієї стрічки для процесу спікання, так і при здійсненні охолодження агломерату на хвостовій частині стрічки.

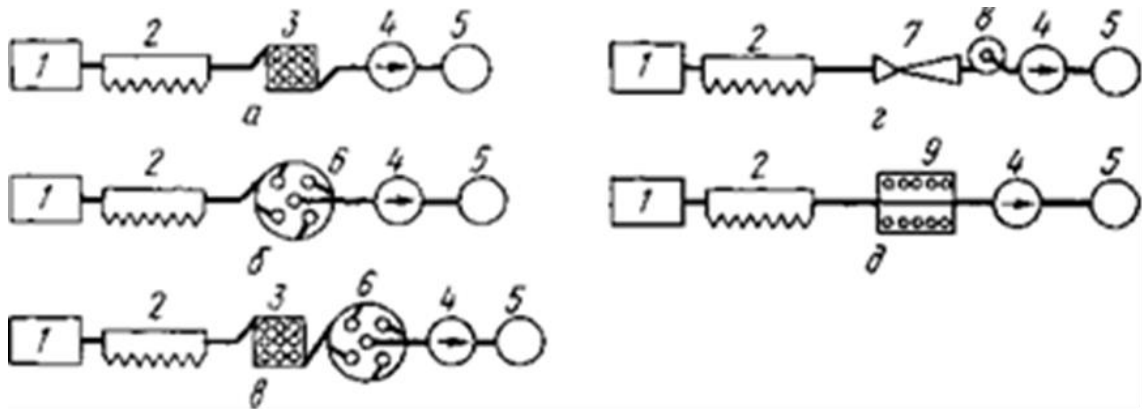


- 1 - аглолента; 2 - вакуум-камери; 3 - колектор;
 4 - бункери; 5 - крива розподілу винесення пилу;
 б - пиловловлювачі селективного очищення

Рисунок 1.2 - Схеми збору і відведення технологічних газів від агломераційних машин:

Ефективність роботи колектора зазвичай не перевищує 50-60 % і лише для варіанту «аВ» вона підвищується до 70-80 % за рахунок збільшеної його довжини. Враховуючи, що викиди з високою концентрацією пилу поступають в колектор лише з перших і останніх камер, доцільніше застосовувати схеми збору і відведення агломераційних газів по варіанту «б».

Знепилювання газів агломераційних машин на відчизняних аглофабриках здійснюють в батарейних і поодиноких циклонах, мокрих пиловловлювачах і електрофільтрах (рис 1.3).



- 1 - агломашина; 2 - колектор; 3 - батарейний циклон; 4 - ексаустер;
5 - димар; 6 - відцентровий скруббер; 7 - труба Вентурі;
8 - краплевловлювач; 9 - електрофільтр

Рисунок 1.3 - Схеми очищення газів агломераційних машин:

Стічні води утворюються в системах, де для очищення газів агломашини застосовуються мокрі пиловловлювачі як в якості другої ступені очищення, так і як самостійні апарати.

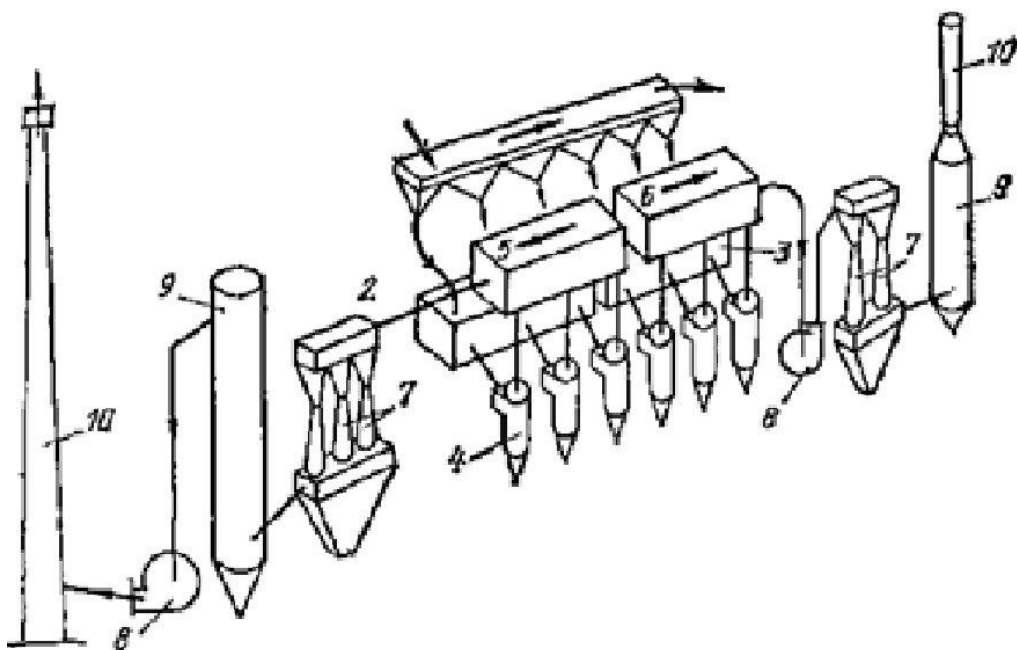
Для нормальної роботи димососів при очищенні газу в пиловловлювачах мокрого типу запиленість його перед димососами має бути не більше 50 мг/м³.

На деяких заводах відразу після колектору встановлені відцентрові скрубери ВТИ (рис. 1.3б), що забезпечують досить високу міру очистки (94-96%). Проте запиленість газів на виході складала 150-250 мг/м³, що значно більше допустимої 50 мг/м³.

За одною схемою після батарейних циклонів встановлені відцентрові скрубери типу МП-ВТИ (рис. 1.3в), що дозволило понизити запиленість очищеного газу до 150-200 мг/м³ і тим самим збільшити термін служби ексаустерів. Проте до недоліків батарейних циклонів, додалися недоліки мокрих апаратів, внаслідок чого експлуатація ускладнилася, а надійність знизилася, тому як типову таку схему перестали застосовувати [10].

При використанні низьконапірних скруберів Вентурі (рис. 1.3 г), які при перепаді тиску 2,5-3,5 кПа і питомій витраті води на зрошення, рівному 0,10-0,15 кг/м³, працювали з коефіцієнтами очистки 0,93-0,95. Можливість підвищення ступеня очищення за рахунок збільшення перепаду тиску на трубах Вентурі обмежувалася натиском ексгаустера. Внаслідок того, що вони включаються в тракт агломашини, що газовідводить, можливий для використання перепад тисків обмежений 0,2-0,3 кПа, що відповідає швидкостям газу в горловині труб Вентурі 60-75 м/с [11].

На деяких аглофабриках для очищення агломераційного газу використовують досконаліші системи, що складаються з циклонів типу ЦН- 15 і блоку низьконапірних труб Вентурі (рис. 1.4).



- 1 - вакуум-камери; 2 - колектор зони спікання; 3 - колектор зони охолодження; 4 - циклони; 5 - колектор-газозбірник зони спікання; 6 - колектор-газозбірник зони охолодження; 7 - блок труб Вентурі; 8 - димосос, 9 - відцентровий скрубєр; 10 - димар

Рисунок 1.4 - Установки очищення газів агломераційних машин з відведенням і очищенням газів в мокрих апаратах;

Після вакуум-камер запилений газ потрапляє в колектори, з яких поступає в поодинокі циклони, їх число відповідає кількості вакуум-камер. Очищений в циклонах газ прямує в колектори-газозбірники і далі в блок труб Вентурі і відцентровий скруббер.

Перевага застосування мокрого способу очищення аглогазів полягає в тому, що в скруберах при зрошуванні газів тонкорозпиленою водою вдається витягнути з газів, що відходять, до 50% з'єднань сірки, що містяться в них.

Недоліком мокрих пиловловлювачів є необхідність створення водно-шламового господарства і захисту апаратів від залипання, абразивного зносу і корозії. Відкладення на стінках газоходів, апаратів і в димососах виникають в результаті взаємодії активного вапна з сірчистим ангідридом і вуглекислим газом, що входять в состав агломераційних газів і утворюють нерозчинні у воді сульфат і карбонат кальцію, які руйнують футерування корпусів апаратів, призводять до заростання газоходів і викликають дебаланс і вихід з ладу димососів.

Окрім технологічних викидів, що утворюються при спіканні шихти, на агловиробництві є гази, що видаляються через аспіраційні системи. Пилоутворення відбувається на різних стадіях підготовки шихти - вивантаженні компонентів шихти, перевантаженнях, дробленні, подрібненні, а також дозуванні.

Джерелами забруднення повітряного басейну є барабанні і чашкові охолоджувачі агломерату, обпалювальні печі, вузли пересипки, транспортування, сортування агломерату і компонентів, що входять до складу шихти для виробництва агломерату (руди, коксу, вапняку і інших матеріалів).

Так, тільки на ділянці подачі матеріалів з шихтових бункерів через дозувальні столи в барабанний змішувач первинного змішення кількість пилу у барабанів складає 60–200 мг/м³.

Значна кількість пилу утворюється при скиданні коксового пирога в хвостовій частині стрічки на стаціонарний колосниковий гуркіт від (160-1300 мг/м³).

Щедре пиловидалення спостерігається в процесі сортировки агломерату на самобалансних віброгуркотах, до $14,3 \text{ г/м}^3$.

При вантаженні агломерату у вагони також утворюється велика кількість пилу. Концентрація пилу у газовому потоці над відкритим вагоном коливається від 2,5 до 4,9 г/м^3 . Валова кількість що викидається в атмосферу пилу при навантаженні агломерату у вагони складає 360 кг/ч [8].

Значна кількість аспіраційних систем хвостової частини агломашин обладнано мокрими пиловловлювачами з використання скрубберів і труб Вентурі.

1.2 Характеристика стічних вод агломераційного виробництва

Питомі витрати води при оборотному водопостачанні аглофабрик становлять 5-9 м^3 на 1 т агломерату, у тому числі на чистий і брудний цикл припадає 1,5-2,5 $\text{м}^3/\text{т}$ і 3,5-6,5 $\text{м}^3/\text{т}$ відповідно.

Безповоротні втрати води у виробництві становлять 0,35- 0,40 $\text{м}^3/\text{т}$ [12].

Норми витрати води у кількості СВ на 1 т агломерату при оборотній системі водопостачання приймати за даними табл.1.4 Для проектів нових аглофабрик, що передбачають застосування сухих способів уловлювання та транспортування пилу, витрата оборотної води приймати 4,5 м^3 на 1 т агломерату, а безповоротна втрата 0,31 $\text{м}^3/\text{т}$ [13].

При виробництві агломерату утворюються умовно чисті і забруднені стічні води. Перші поступають від охолодження устаткування. Кількість їх складає 0,7-1,7 м^3 на 1 т агломерату. Забруднені стічні води утворюються при очищенні газів і гідроприбиранні приміщень. Кількість їх складає 4,2-7,1 м^3 на 1 т агломерату (таб. 1.5).

Споживачі води аглофабрики підрозділяються на наступні групи:

1. Споживачі, що використовують воду для охолодження і гідроущільнення устаткування (охолодження підшипників, ексгаустерів і димосо-

сів, охолодження горна, ущільнення вакуум-насосів та ін.). Водопостачання цих споживачів здійснюється технічною водою з умовно чистого циклу. В цьому випадку вода тільки нагрівається і може бути використана повторно після охолодження.

2. Споживачі, які утворюють забруднені стічні води, що вимагають спеціального очищення перед повторним використанням (гідрозмив пилу з пилових мішків газового колектору і батарейних циклонів, переливання із скребкових конвеєрів, змиви пилу з підлог і стін, гідровидалення пилу з аспіраційних установок, апарати мокрого очищення аглогазів та ін.).

3. Споживачі, в яких вода безповоротно втрачається (зволоження шихти в барабанах змішувачів, охолодження повернення агломерату, живлення форсунок гідрознепилювання та ін.). Для живлення форсунок апаратів гідрознепилювання потрібна технічна вода, а на зволоження шихти і охолодження повернення агломерату може бути використана освітлена оборотна вода.

Таблиця 1.4 - Оптимальні норми витрати води та кількість стічних вод на 1 тону агломерату

Споживачі води	Середньорічна витрата води, м ³ /т		Безповоротне споживання та втрати води, м ³ /т	Коефіцієнт зміни середньорічної норми	
	всього	в т.ч. свіжої води		К _{літ}	К _{зим}
Аглофабрики залізняка:	5,82	0,76	0,40	1,05	0,95
охолодження обладнання	2,26	0,11	0,11	1,1	0,95
очищення газів	1,00	0,15	0,08	1,0	1,0
аспірація	0,91	0,11	0,06	1,0	1,0
Промивання лотків, шламопроводів, змив стін, підлог та ін.	1,46	0,19	0,01	1,0	1,0
гідрообезпилювання	0,10	0,10	0,10	1,0	1,0
зволоження шихти	0,06	0,05	0,06	1,0	1,0
Охолодження повернення	0,05	0,05	0,05	1,0	1,0

Таблиця 1.5 - Орієнтовна балансова схема використання води в замкнутому циклі на агломераційній фабриці

Процес	Питома витрата води, м ³ /т	Температурний перепад, °С	Безповоротне споживання і втрати води, (м ³ /т)/%					Продуква, (м ³ /т)/%	Витрата води на підживлення, м ³ /т		
			У виробництво	на випар	на краплинне віднесення	Зі шламом	разом		свіжої	продувочної	разом
Охолодження устаткування (чистий цикл)	3,1	10	-	<u>0,05</u> 1,5	<u>0,01</u> 0,3	-	<u>0,06</u> 1,8	<u>0,03</u> 1,0	0,09	-	0,09
Гідротранспорт пилу і газоочищення (брудний цикл)	4,6	7	-	<u>0,05</u> 1,0	<u>0,01</u> 0,3	<u>0,03</u> 0,7	<u>0,09</u> 2,0	<u>0,05</u> 1,0	0,04	0,14	0,14
Зволоження шихти	0,04	—	<u>0,04</u> 100	—	—	—	<u>0,04</u> 100	-	-	—	0,04
Охолодження повернення агломерату	0,16	—	<u>0,16</u> 100	-	—	-	<u>0,16</u> 100	-	-	0,16	0,16
Гідрознепилювання	0,10	—	<u>0,10</u> 100	-	—	—	<u>0,10</u> 100	-	-	0,10	0,10
Всього	8,0	—	<u>0,30</u> 3,75	<u>0,10</u> 1,25	<u>0,02</u> 0,25	<u>0,03</u> 0,35	<u>0,45</u> 5,6	<u>0,08</u> 1,00	0,13	0,40	0,53
**При механічному обезводненні шламу і поверненні фільтрату в оборотний цикл.											

Загальна витрата забруднених стічних вод від однієї агрофабрики коливається від 500 до 4000 м³/год.

Забруднені стічні води утворюються в усіх відділеннях агломераційної фабрики: в корпусах підготовки і дозування шихти, випалення вапняку, розподілу матеріалів і агломерації. У стічних водах містяться механічні домішки (13- 20 г/л), вапно, а у ряді випадків і сірчисті з'єднання. Характер забруднень стічних вод залежить від складу шихти, наявності мокрого очищення газів і схеми водопостачання.

Кількість стічних вод аглофабрик складає 50-60% від кількості споживаної води, або близько 0,5-0,6 м³ 1 т агломерату. Притік води зазвичай рівномірний. Концентрацію зважених речовин в загальному стоці агломераційних фабрик встановлюється в результаті розрахунку. Для орієнтовних розрахунків концентрацію цих речовин приймають в межах 13-20 г/л. Склад стічних вод аглофабрик залежить від складу шихти, що йде на спікання, наявність мокрого очищення газів від агломераційних машин і обпалювальних печей вапняку [13].

Для водоспоживачів першої групи приймають обігову систему водопостачання із послідовним використанням води. При цьому відпрацьована вода від масло-і повітроохолоджувачів ексаустерного відділення збирається в приймач чистої води і подається на повторне використання решти споживачів.

Після повторного використання частина води, що відпрацювала, скидається в «брудний» цикл для поповнення втрат, а частина повертається в оборот після охолодження на градирнях.

Для водоспоживачів другої групи приймають оборотну систему водопостачання із очищенням СВ від механічних домішок.

Склад СВ аглофабрик залежить від складу шихти, способів уловлювання та транспортування пилу і характеризується, в основному, наявністю рудного та вапняного пилу [14].

Показники якості СВ аглофабрик виражаються такими величинами:

- температура 20-30 ° С;
- зважені речовини 10000 – 25000 мг/л;
- рН 10,0-12,5;
- загальна жорсткість 10-50 мг-екв/л;
- жорсткість карбонатна 2-6 мг-екв/л;
- лужність загальна 8-46 мг-екв/л;
- лужність гідратна 6-40 мг-екв/л;
- загальний солевміст або сухий залишок 500-4000 мг/л;

- Ca^{2+} 200-1000 мг/л;

- Cl^- 60-450 мг/л;

SO_4^{2-} 300-2000 мг/л.

Приріст гідратної лужності за оборот становить 0,2-0,3 кг на тонну агломерату.

Найбільша кількість активного вапна (до 80%) вноситься від сухих пиловловлювачів холодної гілки аглострічки та аспіраційних систем від місць грохочення, вивантаження агломерату та повернення [15].

Приріст гідратної лужності за один виробничий цикл від зазначених апаратів у середньому становить відповідно 12 та 20 мг-екв/л.

Основним видом забруднень є рудний і вапняковий пил. При контакті води з шламом відбувається вилуговування вапняку і інших компонентів, внаслідок чого сольовий склад стічних вод зазнає значні зміни. Дослідження показали, що рН води зростає з 7,5 до 12-13, лужність з 1,3-3,6 до 21-22 мг-екв/л, у тому числі гідрат від нуля до 17 мг-екв/л. Зростає також вміст хлоридів і сульфідів [13].

Наявність в стічних водах активного вапна робить оборотну воду нестійкою і збільшує можливість заростання трубопроводів і лотків солями карбонату кальцію. Кількість шламів, що утворюються в агломераційному виробництві, для орієнтовних розрахунків, в умовах оборотного водопостачання можна приймати в межах 60-80 кг на 1 т агломерату, або 6-7 % від продуктивності агломераційної фабрики.

Наявність активного вапна в стічних водах від сухих пиловловлювачів аглострічок і вентиляційних систем викликає заростання трубопроводів і лотків солями карбонату і сульфату кальцію. Для запобігання цього слід передбачати стабілізацію хімічного складу оборотної води.

У скруберах мокрого очищення аглогазів лужність гідратна нейтралізується кислими компонентами газу з 17 мг-екв/л до 0, рН при цьому знижується з 10-12 до 7. В результаті в скруберах утворюється сульфід і карбонат кальцію, який частково видаляється з шламом, а частково відкладається на вну-

трішній поверхні скрубера у вигляді щільних сольових відкладень.

У стічних водах після скруберів мокрого очищення аглогазів міститься до 500 мг/л бісульфіту, який при взаємодії з лужністю гідратів дає відкладення в самопливних трубопроводах.

У стічних водах міститься 85-90% суспензії з швидкістю осадження $u_0 = 0,7-1,0$ мм/с. Осад випадає дуже швидко - за час менше 10 хв. Інша суспензія має $u_0 = 0,2-0,3$ мм/с, і для відстоювання її вимагається більш тривалий час 60-80 хв [12].

1.3 Схеми очищення стічних вод агломераційного виробництва

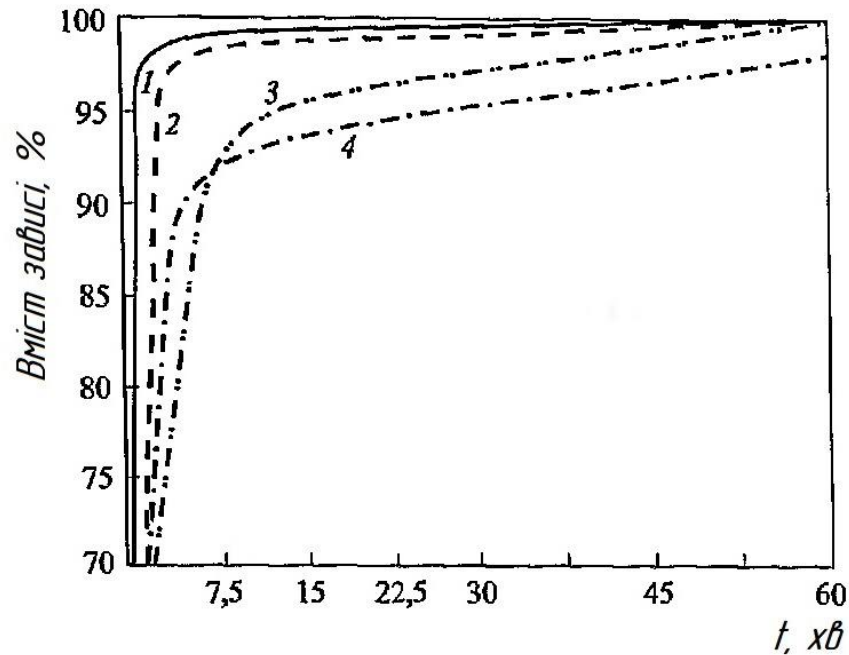
Подачу стічних вод агломераційних фабрик на очисні споруди слід здійснювати двома потоками:

1) потік, що містить дрібнодисперсну суспензію (газоочищення і централізовані вентиляційні установки), перекачується шламовими насосними станціями безпосередньо на очисні споруди;

2) потік, що містить крупнодисперсну суспензію (гідрозмив підлог, стічні води від місцевих вентиляційних установок, газових колекторів, агломераційних машини за відсутності безвідходних конвеєрів та ін.), прямує в центральну шламову насосну станцію перекачування, яка повинна мати відстійну пастку (час перебування води до трьох хвилин).

З центральної шламової насосної станції шламові води насосами подаються на напірні гідроциклони, злив з яких прямує на очисні споруди, а шлам - в корпус обезводнення шламу.

Для освітлення стічних вод агломераційних фабрик рекомендується застосовувати радіальні відстійники - при великих витратах і прямокутні - при малих. Перед подачею стічних вод на радіальні відстійники необхідно передбачати їх попереднє очищення від грубої суспензії. Характеристика освітлення стічних вод агломераційної фабрики приведена на рис. 1.5



1 - $K_n = 1470$ мг/л; 2 - $K_n = 22050$ мг/л; 3 - $K_n = 3087$ мг/л; 4 - $K_n = 19180$ мг/л

Рисунок 1.5 - Динаміка випадання суспензії із загального стоку агрофабрик

Необхідний ефект освітлення стічних вод (до 150-200 мг/л) досягається за умови відділення часток з гідравлічною великістю 0,15-0,2 мм/с без коагуляції.

В цьому випадку розрахункові питомі навантаження на радіальні відстійники рекомендується приймати 0,6-0,7 м³/ (м²·год).

Інтенсифікація освітлення стічних вод в радіальних відстійниках може бути досягнута застосуванням флокуляції. При використанні як флокулянта поліакриламід (ПАА) з дозою до 2 мг/л (з розрахунку на активний продукт) навантаження на радіальні відстійники може бути прийняте 2,0 - 3,0 м³/ (м²·год) [13].

При використанні активніших флокулянтів продуктивність відстійників може бути ще збільшена в 2-3 рази. Дуже ефективно застосовувати радіальні відстійники нової конструкції з тонкошаровими блоками, які мають в порівнянні із звичайними радіальними відстійниками в 3-5 разів більшу продуктивність.

Для забезпечення нормальної роботи очисних споруд кількість радіальних відстійників слід приймати з умов максимальної витрати води і виходу одного відстійника на ремонт.

Для стабілізації води рекомендується нейтралізація слабким кислотним розчином лужних стічних вод від сухих пиловловлювачів, хвостової частини агломераційних стрічок в апаратах мокрого очищення агломераційних газів. Лужні стічні води від вказаних апаратів заздалегідь освітлюються у відстійниках або гідроциклонах і подаються на повторне використання на зрошування ґрат скрубєрів. Стічні води від скрубєрів освітлюються в аналогічних очисних спорудах, охолоджуються на градирне і повертаються в загальний оборотний цикл. Така схема дозволяє нейтралізувати близько 80 % усього вилуговного вапна з шламів агломераційних фабрик і виключає необхідність охолодження оборотної води. Описану схему рекомендується застосовувати на агломераційних фабриках, що працюють з низким вмістом сірки в руді (0,02-0,06 %).

Для першої групи споживачів слід приймати систему оборотного водопостачання з послідовним використанням води. При цьому вода, що відпрацювала, від масло- і повітроохолоджувачів ексгаустерного відділення збирається в приймач чистої води і потім прямує на повторне використання іншим споживачам. Після повторного використання частина вод, що відпрацювали, скидається в брудний цикл для поповнення втрат, а частина повертається в оборот після охолодження на градирнях.

Для другої групи споживачів передбачається схема оборотного водопостачання. Стічні води водоспоживачів, які містять грубодисперсну суспензію, слід заздалегідь очищати в ямах типу горизонтальних відстійників або відкритих гідроциклонах. Час перебування води в них 2-3 хв, вивантаження осаду здійснюється краном ґрейфера. Потім попередньо очищені ці стічні води спільно із стічними водами газоочисток і вентиляційних установок можливо очищати на радіальних відстійниках при навантаженні 0,8-1,0 м³/(м²·год) без коагуляції і 2,0-2,2 м³/(м²·год) з коагуляцією поліакриламідом

(1,0-2,0 мг/л). При цьому в очищеній воді концентрація суспензії складає 150-200 мг/л.

Стічні води другої групи водоспоживачів, що містять великодисперсну суспензію понад 0,5 мм (гідросмив підлог, місцеві аспіраційні установки, газові колектори агломашин) слід попередньо очищати у відстійнику-пастці. Час перебування води у них приймається 2-3 хв, обсяг осадової частини трохи більше дводобового обсягу осаду. Видалення шламу з пасток має бути механізовано.

Для попереднього очищення води можливе застосування спіральних класифікаторів, що вловлюють завис розміром більше 0,25мм, або безнапірних гідроциклонів з питомим навантаженням 50-60 м³/м²·год і грейферним видаленням осаду. Ефективність освітлення води в них становлять 30-40%, вологість осаду 8-12%,

Стічні води, що містять дрібнодисперсну заввишки 0,5 мм, подають на очисні споруди без попереднього відстоювання.

Для зменшення інтенсивності сольових відкладень в системах оборотного водопостачання рекомендується передбачати продування в розмірі до 5%. На агломераційних фабриках, що мають у своєму складі установки уловлювання сірки із застосуванням хімічних реагентів, водопостачання останніх має бути виділене в самостійний цикл. Оскільки шлами при сіркоочистки містять велику кількість сірчистих з'єднань, вони не можуть утилізувати в технологічному виробництві агломераційних фабрик.

При розташуванні аглофабрики на території металургійного заводу забруднені стічні води піддають очищенню в горизонтальному відстійнику спеціального типу (рис. 1.6).

Для розрахунку відстійника можна вступ стічної води вважати рівномірним у кількості 0,6 м³ на 1 т агломерату, концентрацію зважених речовин в цій воді 5 г/л. При роботі агломераційної фабрики, де вапно обпалюють в печі з киплячим шаром, в стічній воді міститься вільного вапна до 1 -1,2 г/л, тобто до межі насичення цієї води гідроксидом. За відсутності печі випален-

мг/л, подають на аглофабрику на ті ж цілі: знепилювання повітря в скруберах, змив пилу з підлог і стін, обмивання зворотного ходу транспортерних стрічок, зволоження шихти, а також охолодження запальних горнів, підшипників і масла для змазування підшипників ексгаустера і електродвигуна (якщо на останні цілі не подається чиста вода).

Число секцій відстійника має бути не менше двох з таким розрахунком, щоб одна знаходилася в роботі, друга на ущільненні осаду і його вивантаження. Бажано мати і третю секцію відстійника для ремонту або як резервну.

Для освітлення СВ аглофабрик рекомендується застосовувати радіальні відстійники з камерою флокуляції. Кількість відстійників розраховують за максимальними витратами стоків з урахуванням одного резервного.

Радіальні відстійники розраховуються на навантаження 0,8-1,0 м³/м²·год без реагентної обробки і 2,0-2,2 м³/м²·год з реагентної обробкою поліакриламідом дозою 2 мг/л, вважаючи на 100% продукт.

При розрахунку відстійників гідравлічну крупність суспензії приймати 0,2-0,3 мм/с без реагентної обробки та 0,6 мм/с з реагентною обробкою.

Відкачування шламової пульпи з відстійників робити циклічно при концентрації твердого 100-200 г/л.

При проектуванні очисних споруд розрахункові витрати СВ повинні визначатися за сумарним графіком припливу СВ, як від технологічного обладнання, так і від гідроприбирання.

При подачі СВ на очисні споруди насосами, розрахунок очисних споруд повинен проводитися за максимальною розрахунковою продуктивністю робочих насосів, а вразі подачі СВ за самопливним колектором - за розрахунковою витратою колектора, що підводить.

Для прийому переливних СВ з оборотного циклу 1-ї групи водоспоживачів у приймальній ємності освітленої води повинен бути вільний обсяг з розрахунку 20-30 хвилинної продуктивності робочих насосів.

Для запобігання відкладенням у самопливних лотках та трубопро-

водах передбачати розділену подачу на очисні споруди СВ, що мають різні форми лужності.

Для запобігання відкладенням карбонату кальцію у напірних трубопроводах час перебування води у відстійнику приймати не менше 1,2 год.

Для аглофабрик, що використовують руду з низьким вмістом сірки (0,02-0,06%) рекомендується здійснювати нейтралізацію лужності СВ від сухих пиловловлювачів хвостової частини аглострічки шляхом їх подачі після попереднього очищення у відстійниках або гідроциклонах на зрощення решіток в апаратах мокрої очистки, при цьому можлива нейтралізація 15-20 мг-екв/л гідратної лужності та подальшого очищення у відстійниках.

Аглофабрики з мокрым очищенням аглогазів від сірчистих сполук повинні мати самостійний цикл обороту для сіркоочищення [16].

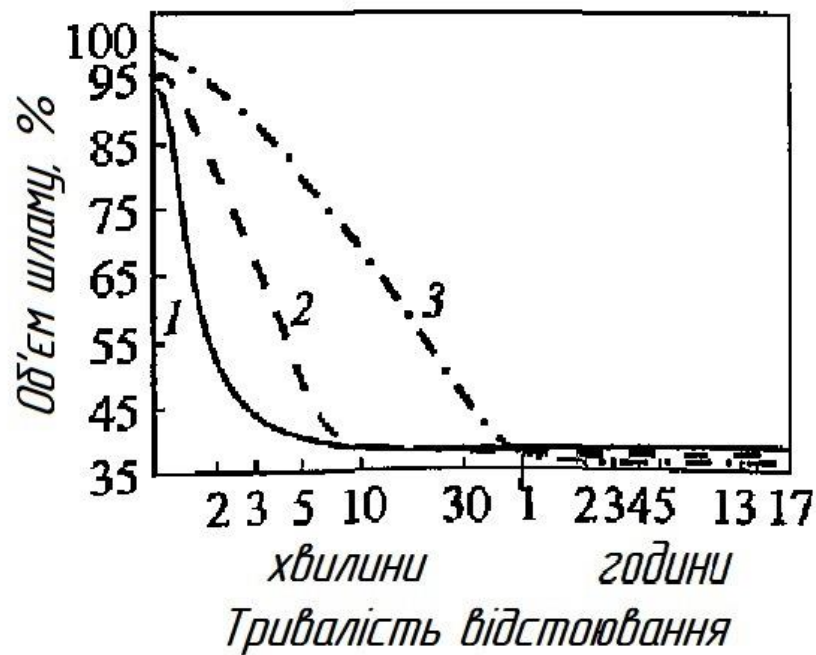
У системі оборотного водопостачання агломераційної фабрики за наявності печі випалення вапна в киплячому шарі відбувається відкладення дрібнодисперсного вапняного шламу в трубопроводах. Щоб уникнути втрати пропускної спроможності трубопроводів ці відкладення періодично (один раз в зміну або в добу) видаляють промиванням їх водою з повітрям в співвідношенні 1:2 на протязі приблизно 15 хв. Якщо така міра виявиться недостатньою, то може бути застосована рекарбонізація оборотної води димовими газами

У НВО «Енергосталь» проведені дослідження освітлення стічних вод агломераційних фабрик у відкритих гідроциклонах з однією діафрагмою у верхній частині (рис. 1.7).

Встановлено, що необхідна концентрація суспензії в очищеній воді (150-200 мг/л) досягається при питомих гідравлічних навантаженнях 10-12 м³/(м²·ч) при коагуляції ПАА дозою 1 мг/л і до 5-6 м³/(м²·ч) - без коагуляції.

табельність водного господарства заводу. Витягання шламу з пульпи і обезводнення його до вологості, потрібної для використання шламу в шихті, проводяться на місцевих установках утилізації або на єдиному центрі утилізації заводу, куди також поступають залізовмісні шлами інших цехів.

Динаміка ущільнення шламів із загального стоку деяких агломераційних фабрик приведена на рис. 1.8.



1 - $K_n = 115,5$ г/л; 2 - $K_n = 52,5$ г/л; 3 - $K_n = 123$ г/л

Рисунок 1.8 -- Динаміка ущільнення шламу із загального стоку аглофабрик

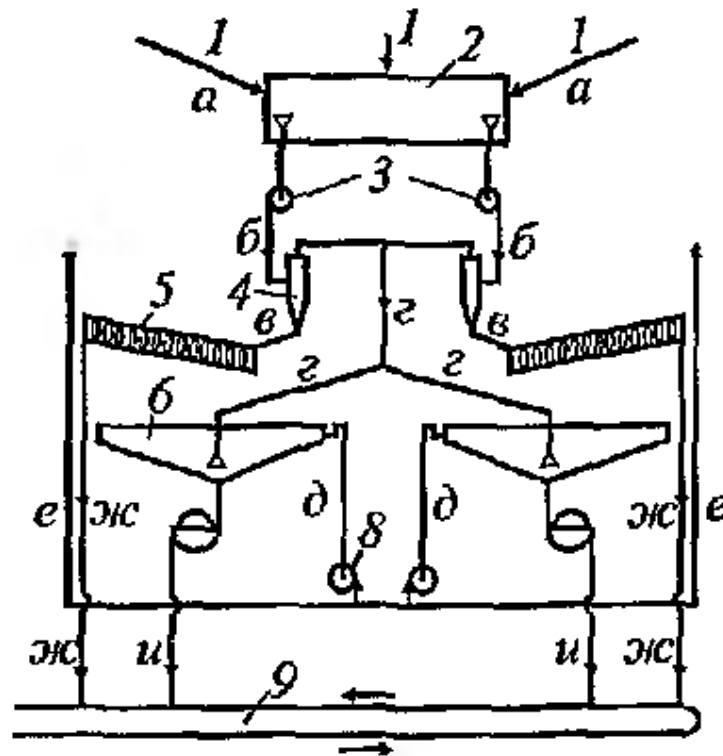
Грубодисперсний характер шламів визначає відносно високі швидкості випадання суспензії; основна кількість суспензії (85-90 %) з гідравлічною крупністю 0,75-1,0 мм/с випадає за 10 хв; інша дрібніша суспензія з гідравлічною крупністю 0,3-2 мм/с і менш випадає за 60-80 хв. Вологість ущільненого шламу 35-45 %, щільність сухого 3,5-4,0 г/см³. У складі шламів міститься від 35 до 53 % заліза, у зв'язку з чим необхідно передбачати його утилізацію.

Вологість ущільненого у відстійнику шламу становить 35-45%, питома вага сухого 3,5-4,0 г/см³. У складі шламу міститься від 36 до 53% за-

ліза, у зв'язку з чим необхідно передбачати його утилізацію.

Кількість шламу сухого продукту становить 60-80 кг/т агломерату.

На рис. 1.9 показана схема водно-шламового господарства для агломеративної фабрики з мокрим способом видалення і утилізації пилу.



- 1 - приплив шламових вод; 2 - приймальна камера; 3-насос; 4-гідроциклон;
 5-спіральний класифікатор; 6 - радіальний відстійник; 7 - вакуум-фільтр;
 8-насос освітленої води; 9-транспортер на шихтовий склад;
 а- приплив стічних вод від устаткування; б - напірний трубопровід;
 в - шлам з гідроциклона; г - злив з гідроциклона; д - освітлена вода з відс-
 тійника; е - напірна мережа до устаткування; ж - крупняк із спіральних
 класифікаторів; и - шлам з вакуум-фільтрів

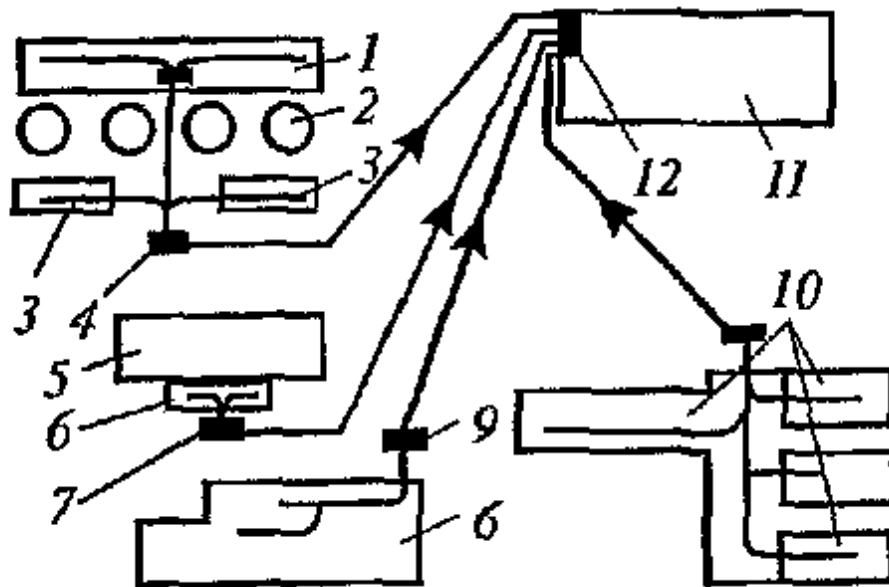
Рисунок 1.9 - Схема водно-шламового господарства аглофабрики

Усі шламовмісні стічні води поступають в загальну приймальню каме-
 ру. Насосною станцією пульпа подається на напірні гідроциклони, шлам з
 яких поступає на спіральні класифікатори, відділяючи великі фракції шламу
 від дрібних. З класифікаторів великі фракції шламу поступають на транспор-
 тер і далі на склад шихти [13].

Рідка фаза з гідроциклонів і спіральних класифікаторів (сливи) направ-

ляється на радіальні відстійники для освітлення; освітлена вода насосами подається на виробництво для повторного використання. Шлам з радіальних відстійників насосами подається на вакуум-фільтри (краще на фільтр-преси) і в зневодненому виді транспортером подається на склад шихти для утилізації.

У корпусі обезводнення агломераційної фабрики можна також утилізувати металовмісні шлами, що утворюються в оборотних циклах доменного газоочищення з підбункерними приміщеннями, в конвертерній газоочистці і окалину прокатних цехів, зібрану в гідроциклонах або у фільтрах полістиролів. В цьому випадку корпус обезводнення стає єдиним центром утилізації для усіх металовмісних стічних вод підприємства (рис. 1.10).



- 1 - підбункерні приміщення; 2 - доменні печі; 3 - газоочищення;
 4 - оборотний цикл газоочищення і шламова насосна станція;
 5 - конвертерний цех; 6 - газоочищення конвертерного цеху;
 7 - оборотний цикл газоочищення і шламова насосна станція;
 8 - трубопрокатний цех; 9 - оборотний цикл трубопрокатного цеху і шламова насосна станція; 10 - прокатний цех; 11 - агломераційна фабрика;
 12 - корпус обезводнення при агломераційній фабриці

Рисунок 1.10 - Схема централізованої утилізації металовмісних стічних вод

2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок реагентного господарства

2.1.1 Склад зберігання реагентів

На очисні споруди ПАА надходить у вигляді 8%-го гелю в такій упаковці: мішки з поліхлорвінілової або поліетиленової плівки, вкладені в паперові або тканинні мішки з подальшим укладанням у дерев'яні ящики з масою 40-50 кг.

ПАА зберігається в критих приміщеннях при температурі не вище 25-30°C. Термін зберігання не більше 6 місяців, при цьому заморожування ПАА не допускається.

Приймаємо дозу ПАА дорівнює [4] 1мг/л. Добова потреба ПАА за товарним продуктом з вмістом корисної частини 8% визначається за формулою, т/доб:

$$G_{\text{ПАА}} = \frac{D_{\text{ПАА}} \cdot Q}{0,08 \cdot 10^6}, \quad (2.1)$$

де $D_{\text{ПАА}}$ – доза поліакриламід, мг/л;

Q – витрата води, м³/доб.

$$G_{\text{ПАА}} = \frac{1 \cdot 57\,600}{0,08 \cdot 10^6} = 0,72 \text{ т/доб.}$$

Робочий об'єм 1%-го розчину ПАА дорівнює 72 м³.

Площа складу для ПАА визначається за формулою, м²:

$$F = \frac{n \cdot f \cdot \alpha}{n_{\text{ярус}}}, \quad (2.2)$$

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

f – площа ящика з ПАА [4], що дорівнює $0,3 \text{ м}^2$, м^2 ;

α - коефіцієнт, що враховує площу проходів;

$n_{\text{ярус}}$ - кількість встановлених ярусів ящиків ПАА.

2.1.2 Приготування робочого розчину

Оскільки добова потреба ПАА становить $0,69 \text{ т/доб}$, то при 15-ти добовому зберіганні запасів кількість ящиків при вазі кожного [4] по 50 кг складе:

$$n = \frac{G_{\text{ПАА}} \cdot 15}{50}, \quad .3)$$

$$n = \frac{720 \cdot 15}{50} = 216 \text{ шт.}$$

Тоді

$$F = \frac{216 \cdot 0,3 \cdot 1,15}{4} = 18,63 \text{ м}^2.$$

Приготування розчину ПАА роблять у видаткових баках, місткість яких визначають за формулою, м^3 :

$$W_p = \frac{D_{\text{ПАА}} \cdot Q \cdot T_p}{10\,000 \cdot b_p \cdot \gamma}, \quad (2.4)$$

де $D_{\text{ПАА}}$ - доза поліакриламід, мг/л ;

Q – витрата води, $\text{м}^3/\text{год}$;

T_p – час, на який заготовлюють розчин ПАА [4] 10...12 год;

b_p – концентрація розчину ПАА в розчинному баці [4] 0,1 %;

γ – об'ємна маса розчину ПАА [4] 1 т/м³.

$$W_p = \frac{1 \cdot 2400 \cdot 10}{10000 \cdot 0,1 \cdot 1} = 24 \text{ м}^3.$$

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

$$W_{p1} = \frac{W_p}{2}, \quad (2.5)$$

де W_p – місткість видаткових баків, м³.

$$W_{p1} = \frac{24}{2} = 12 \text{ м}^3.$$

Приймаємо тип баку з плоским днищем та пропелерною мішалкою [5].

Дозування ПАА у воду роблять насосами-дозаторами, ваговими дозаторами і т.п.

2.1.3 Дозування реагентів

Витрату насосів-дозаторів розраховують за формулою, м³/год:

$$Q_n = \frac{W_p}{24 \cdot T_p}, \quad (2.6)$$

де W_p - місткість видаткових баків, м³;

T_p - час, на який заготовлюють розчин ПАА [4], 10...12 год.

$$Q_n = \frac{24}{24 \cdot 10} = 0,1 \text{ м}^3/\text{год} = 100 \text{ л/год.}$$

Приймаємо 2 насоси-дозатори типу НД-100 [5].

2.1.4 Змішування реагентів

Змішування реагентів з оброблюваною водою роблять у змішувачах гідравлічного типу (вихрових, перегородчатих).

Вертикальний змішувач являє собою круглий чи квадратний резервуар з конічним днищем.

Приймаємо 2 змішувача.

Витрата на один змішувач розраховується за формулою, м³/с:

$$Q_1 = \frac{Q}{n}, \quad (2.7)$$

де Q – витрата води, м³/с:

n – кількість змішувачів.

$$Q_1 = \frac{0,67}{2} = 0,33 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Площа поперечного перерізу верхньої частини змішувача визначають за формулою, м²:

$$F_B = \frac{Q_1}{V}, \quad (2.8)$$

де Q₁ - витрата на один змішувач [4], до 0,33...0,42 м³/с;

V – швидкість висхідного руху води під водозбірним пристроєм, що дорівнює [4] 0,03...0,04 м/с.

$$F_B = \frac{0,33}{0,03} = 11 \text{ м}^2.$$

Діаметр верхньої частини циліндричного змішувача, м:

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{4F_B/\pi}, \quad (2.9)$$

де F_B - площа поперечного перерізу верхньої частини змішувача, м^2 .

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{4 \cdot 11/3,14} = 3,74 \text{ м.}$$

Висота конічної частини змішувача, м:

$$h = (D_{\text{ц}} - d_{\text{п}}) / (2 \sin \alpha/2), \quad (2.10)$$

де $D_{\text{ц}}$ - діаметр верхньої частини циліндричного змішувача, м;

$d_{\text{п}}$ – діаметр трубопроводу, м/с;

α – кут між похилими стінками нижньої частини [4], рівний 30...45°.

$$d_{\text{п}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot V}}, \quad (2.11)$$

де Q_1 - витрата на один змішувач, $\text{м}^3/\text{с}$.

$$d_{\text{п}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,33}{3,14 \cdot 0,5}} = 0,9 \text{ м.}$$

Тоді

$$h = (3,74 - 0,9) / (2 \sin 45/2) = 3,95 \text{ м.}$$

Об'єм конічної частини змішувача визначається за формулою, м³:

$$V_k = \pi \cdot h (D_{\text{ц}}^2 + d_{\text{п}}^2 + D_{\text{ц}} \cdot d_{\text{п}}) / 12 \quad (2.12)$$

$$V_k = 3,14 \cdot 3,95 (3,74^2 + 0,9^2 + 3,74 \cdot 0,9) / 12 = 18,8 \text{ м}^3.$$

Обсяг змішувача, м³:

$$V_{\text{зм}} = Q_1 \cdot t / 60, \quad (2.13)$$

де t – час змішання [4], 1,2...2 хв.

$$V_{\text{зм}} = 0,33 \cdot 1,5 / 60 = 0,0083 * 3600 = 29,7 = 30 \text{ м}^3$$

Обсяг верхньої частини змішувача, м³:

$$V_B = V_{\text{зм}} - V_k. \quad (2.14)$$

$$V_B = 30 - 18,8 = 11,2 \text{ м}^3.$$

Висота верхньої частини, що повинна знаходитися в межах [4] 1...1,5 м:

$$h = V_B / F_B. \quad (2.15)$$

$$h = 11,2 / 11 = 1,02 \text{ м.}$$

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

Число отворів визначається за формулою:

$$n_{\text{отв}} = 4 \cdot Q_1 / (\pi \cdot d_{\text{отв}}^2 \cdot V_{\text{отв}}), \quad (2.16)$$

де $d_{\text{отв}}$ – діаметр отворів, що дорівнює [4] 0,05

$V_{\text{отв}}$ - швидкості руху води через отвір, м/с.

$$n_{\text{отв}} = 4 \cdot 0,33 / (3,14 \cdot 0,05^2 \cdot 1) = 166$$

Крок отвору розраховується за формулою, мм:

$$l_{\text{отв}} = \pi \cdot D_{\text{ц}} / n_{\text{отв}}. \quad (2.17)$$

$$l_{\text{отв}} = 3,14 \cdot 3,72 / 166 = 0,07 \text{ м.}$$

Площа лотку, м²:

$$F_{\text{л}} = Q_1 / V_{\text{л}}, \quad (2.18)$$

де $V_{\text{л}}$ – швидкість руху води в периферійному лотку, що дорівнює 0,6 м/с.

$$F_{\text{л}} = \frac{0,33}{0,6} = 0,55 \text{ м}^2.$$

Ширина лотку, м :

$$h_{\text{л1}} = \sqrt{F_{\text{л}}} \quad (2.19)$$

$$h_{л1} = \sqrt{0,55} = 0,74 \text{ м.}$$

$$h_{л2} = h_{л1} + 0,05 \quad (2.20)$$

$$h_{л2} = 0,74 + 0,05 = 0,79 \text{ м.}$$

$$h_{л}^I = h_{л2} = h_{л2} - \frac{\pi \cdot D_{ц}}{2} \cdot i, \quad (2.21)$$

де i – ухил дна лотку, що дорівнює [4] 0,02.

$$h_{л}^I = h_{л2} = 0,79 - \frac{3,14 \cdot 3,72}{2} \cdot 0,02 = 0,67 \text{ м.}$$

2.1.5 Камери хлоп'єутворення.

У камерах хлоп'єутворення застосовують механічне чи гідравлічне перемішування.

Водоворотні камери хлоп'єутворення проектують, як правило, убудованими у відстійники.

Площа перетину камери хлоп'єутворення розраховується за формулою, м^2 :

$$f_{к.х.} = Q_1 \cdot t_x / (60 \cdot H_{к.х.}), \quad (2.22)$$

де Q_1 – витрата води на камеру хлоп'єутворення, $\text{м}^3/\text{с}$;

t_x – час перебування води в камері [4], 15...20 хв;

$H_{к.х.}$ – висота камери хлоп'єутворення [4], 3,5...4м.

$$f_{к.х.} = 1200 \cdot 20 / (60 \cdot 4) = 95,8 \text{ м}^2.$$

Діаметр камери хлоп'єутворення, м:

$$d_{\text{к.х.}} = \sqrt{4 \cdot f_{\text{к.х.}} / \pi} \quad (2.23)$$

$$d_{\text{к.х.}} = \sqrt{4 \cdot 95,8 / 3,14} = 11,05 \text{ м.}$$

Воду в камеру подають із двох тангенціально розташованих сопів, що знаходяться на глибині 0,5 м від поверхні води і на відстані $0,2d_{\text{к.х}}$ від стінки.

Діаметр сопла розраховують за формулою, м:

$$d_c = 1,13 \sqrt{Q_1 \cdot / (\mu_c \cdot V_c)}, \quad (2.24)$$

де μ_c – коефіцієнт витрати сопла [4], рівний 0,9...0,92;

V_c – швидкість виходу води із сопла [4], 2...3 м/с.

$$d_c = 1,13 \sqrt{0,32 \cdot / (0,9 \cdot 2,5)} = 0,426 \text{ м.}$$

2.2 Розрахунок радіальних відстійників

Діаметр і глибину радіального відстійника можна визначити двома способами.

1. Діаметр відстійника, м, визначають по формулі:

$$D = \sqrt{\frac{4q}{nk\pi(U_o - \omega)}}, \quad (2.25)$$

де q - витрата води, м³/с;

n - кількість відстійників;

U_0 - умовна гідравлічна крупність, м/с;

ω - турбулентна складова, м/с, табл.3.4.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2400}{3600 \cdot 2 \cdot 0,45 \cdot 3,14 \cdot 0,0006}} = 39,65 \text{ м}$$

Приймаємо два відстійника діаметром 40м

Швидкість на половині радіуса, м/с:

$$V = \frac{2q}{n\pi D H_p} = \frac{2 \cdot 2400}{4 \cdot 3600 \cdot 3,14 \cdot 30 \cdot 4,5} = 0,007 \text{ м/с}, \quad (2.26)$$

де H_p - робоча глибина відстійника, м.

Теоретична тривалість освітлення води:

$$t = n/q = n\pi D^2 H / (4q) = 4 \cdot 3,14 \cdot 30^2 / (4 \cdot 2400) = 1,2 \text{ год} \quad (2.27)$$

Маса уловленого осаду, т/доб.:

$$G_{\text{сух}} = \frac{C_0 \cdot \mathcal{E} \cdot Q}{1000 \cdot 100} = \frac{2,72 \cdot 0,94 \cdot 2400 \cdot 24}{1000 \cdot 100} = 147, \quad (2.28)$$

де C_0 - початкова концентрація суспензії, мг/л;

\mathcal{E} - ефект освітлення;

Q - витрата води, м³/доб.

Об'єм уловленого осаду, м³/сут:

$$V_{\text{ос}} = \frac{100 \cdot G_{\text{сух}} \cdot 1,2}{(100 - W_{\text{ос}}) \cdot \rho} = \frac{100 \cdot 147 \cdot 1,2}{(100 - 95) \cdot 1,003} = 3517, \quad (2.29)$$

де $W_{\text{ос}}$ - вологість осаду, %;

ρ - щільність осаду, т/м³.

Висота відстійника у стінки, м:

$$H_0 = H_p + H_1 + H_2 = 4,5 + 0,3 + 0,5 = 5,3, \quad (2.30)$$

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

H_2 - узвишся борта відстійника над крайкою збірною кільцевого жолоба, дорівнює 0,5 м.

Глибина відстійника в центрі, м:

$$H_{ц} = H_p + H_1 + i \cdot D / 2 = 4,5 + 0,3 + 0,01 \cdot 30 / 2 = 4,815, \quad (2.31)$$

де i - ухил днища.

Об'єм осадової частини відстійника, м³:

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

Час вивантаження осаду, год.:

$$t = V_{oc} / (24 \cdot V'_{oc}) = 3517 / (24 \cdot 247) = 0,59. \quad (2.33)$$

2.3 Згущення та зневоднення шламів

2.3.1 Гравітаційне згущення осадів.

Питому площу згущення визначають за формулою, м²год/т:

$$S_{уд} = \frac{R_{и} - R_{к}}{V \cdot \Delta}, \quad (2.34)$$

де $R_{и}$, $R_{к}$ – відношення Ж:Т в вихідній пульпі й у згущеному продукті;

V – щільність твердої фази, т/м³;

Δ - щільність рідкої фази, т/м³.

$$S_{уд} = \frac{95/5 - 70/30}{4,3 \cdot 1} = 3,87 \text{ м}^2\text{год/т}$$

Загальна площа згущення, м²:

$$S = G_{сух} \cdot S_{уд}, \quad (2.35)$$

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

Витрата осаду по сухій речовині визначається за формулою, кг/год:

$$G_{сух} = \frac{C_0 \cdot \varepsilon \cdot Q}{1000 \cdot 1000}, \quad (2.36)$$

де C_0 – початкова концентрація суспензії в стічній воді, мг/л;

ε – ефект освітлення;

Q – витрата стічної води, м³/год.

$$G_{сух} = \frac{4\,300 \cdot 0,965 \cdot 2300}{1\,000 \cdot 1\,000} = 9,54 \text{ кг/год.}$$

2.3.2 Зневоднення осаду

Кількість фільтрів:

$$F_{\phi} = \frac{G_{сух}}{q_{ос}}, \quad (2.37)$$

де $q_{ос}$ – продуктивність вакуум-фільтра для даного типу осаду, кг/(м² · ч).

$$F_{\phi} = \frac{9\,540}{90} = 106.$$

Приймаємо 6 фільтрів типу БОУ-20 та два резервних фільтра [5].

Воздуходувка для створення вакууму.

Витрата повітря для створення вакууму визначається за формулою:

$$Q_{возд1} = N_{\phi} \cdot F_{\phi} \cdot V_{пов}, \quad (2.38)$$

де N_{ϕ} – кількість фільтрів, шт.;

F_{ϕ} – площа, яка фільтрується, м²;

$V_{пов}$ – питома витрата повітря, м³/ (м² · хв)

$$Q_{возд1} = 6 \cdot 20 \cdot 0,5 = 60 \text{ м}^3/\text{хв} = 3600 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Приймаємо воздуходувку типу ТВ-50-1,9 [5].

Витрата повітря на отдувку визначається за формулою:

$$Q_{\text{возд1}} = N_{\phi} \cdot F_{\phi} \cdot V_{\text{пов}} \quad (2.39)$$

$$Q_{\text{возд1}} = 6 \cdot 20 \cdot 0,1 = 12 \text{ м}^3/\text{хв} = 620 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Приймаємо воздуходувку на отдувку типу ТВ-42-1,4 [5].

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

На кожній агломераційній фабриці обов'язково має здійснюватися систематичний контроль за безпечним станом та належною експлуатацією будівель та споруд [19].

Для кожної ділянки агломераційної фабрики повинна бути визначена категорія пожежної та вибухонебезпечності, а також здійснені необхідні заходи безпеки відповідно до цієї категорії. Крім того, необхідно розробити та затвердити положення про права, обов'язки та відповідальність керівного та інженерно-технічного персоналу за охорону праці.

Усе обладнання, яке вводиться в експлуатацію, повинно мати інструкції з безпечної експлуатації, розроблені підприємством, а також технологічні інструкції для відповідних процесів виробництва.

Усі працівники, які прибувають на фабрику або переводяться на нову роботу, повинні пройти медичний огляд, щоб визначити їхню придатність для виконання обов'язків згідно зі своєю спеціальністю.

Також необхідно, щоб всі працівники, які раніше не працювали на фабриці, проходили трьоденне попереднє навчання з техніки безпеки, а ті, хто має досвід, — дводенне навчання.

Освітлення на фабриці, в складах реагентів та інших приміщеннях, повинно відповідати вимогам нормативів щодо природного та штучного освітлення виробничих приміщень. У випадку відсутності аварійного освітлення на робочих місцях слід використовувати акумуляторні світильники.

На фабриці необхідно розмішувати плакати та знаки з інформацією про техніку безпеки в ошатних, на робочих місцях, на агрегатах та на шляхах руху працівників.

Робочі місця та проходи повинні бути утримані в чистоті й порядку, забороняється їх захаращення. Для зберігання матеріалів, деталей машин та відходів виробництва слід виділяти спеціальні місця.

Пересування працівників по фабриці дозволяється лише по відведених для цього місцях, які обладнані сходами, майданчиками тощо.

Всі обслуговуючі майданчики, переходні містки та сходи повинні бути міцними, стійкими та обладнані поручнями, висота яких складає не менше 1 м, з суцільною обшивкою на висоту 0,14 м нижче поручнів.

Майданчики для обслуговування обладнання та сходи мають бути такого вигляду, щоб на них не залишалася волога та бруд. Сходи до робочих майданчиків мають мати відповідний кут нахилу в залежності від частоти їх використання.

Сходи на робочі майданчики та механізми повинні мати наступні кути нахилу:

- а) для постійно експлуатованих - не більше 45° ;
- б) для тих, що відвідуються 1-2 рази на зміну - не більше 60° ;
- в) для зумпфів та колодязів - до 75° .

У всіх випадках ширина сходів повинна бути не менше 0,6 м, висота - не більше 0,3 м, а ширина сходової частини - не менше 0,25 м. Металеві сходи та майданчики мають бути зроблені з рифленого металу.

У зумпфах та колодязях можна використовувати скоби.

Всі монтажні отвори, приямки, зумпфи, колодязі, канали і т.п., що розташовані в приміщеннях і на території фабрики, мають бути обгороджені перилами заввишки 1 м з суцільною обшивкою по нижньому краю перил на висоту 0,14 м. У місцях переходу повинні бути забезпечені перехідні містки шириною не менше 1 м..

Труби та жолоби не повинні заважати робочим майданчикам, а їх розміщення, якщо вони перетинають проходи, повинно забезпечувати достатню висоту над рівнем підлоги.

Щоб уникнути перешкод на робочих майданчиках, потрібно дбати, щоб труби та жолоби не заважали. Якщо вони перетинають проходи або майданчики, їх слід розміщувати на висоті не менше 1,8 м від підлоги. У випадку перетину реагентопроводів проходами чи майданчиками, їх потрібно розміс-

тити в спеціальних не проникні піддонах. Мінімальна висота від підлоги до найвищої точки кожуха або піддону має бути не менше 2 м.

Для напірної арматури без автоматичного керування та контрольно-вимірювальних приладів, що розташовані на висоті понад 1,5 м від рівня підлоги, потрібно влаштувати стаціонарні майданчики шириною не менше 0,8 м.

Мінімальна відстань між габаритами машин та обладнання та стінами повинна відповідати наступним вимогам:

- а) на основних проходах - не менше 1,5 м;
- б) між машинами на робочих проходах - не менше 1 м;
- в) між машинами та стіною на робочих проходах - не менше 0,7 м;
- г) місцеві звуження при збереженні нормальних робочих проходів між машинами та між машинами та стіною мають бути не менше 0,7 м;
- д) на проходах до баків, чанів та резервуарів для обслуговування та ремонту - не менше 0,6 м.

Щоб визначити мінімальну ширину проходів для переміщення великих змінних вузлів та деталей під час ремонту обладнання, необхідно врахувати найбільший поперечний розмір вузлів і додати до нього 0,6 метра з обох сторін.

3.1 Безпека технологічних процесів та обладнання

Усі рухомі компоненти машин та механізмів, а також ремінні та інші передачі, повинні бути захищені таким чином, щоб уникнути доступу до них під час роботи. Огородження рухливих частин повинно бути надійно закріплене. [20]

Частини, які обертаються (вали, муфти, шківни, барабани, фрикційні диски і т. д.), мають бути захищені цілісними або сітчастими огорожами з комірками не більше 25×25 мм. Для сітчастого огороження барабанів конвеєрів допускається розмір комірки не більше 40×40 мм.

Зубчасті та ланцюгові передачі, незалежно від їхньої висоти розташування та швидкості руху, також повинні мати цілісні огорожі.

Експлуатація обладнання має відбуватися відповідно до технічних режимів, встановлених у паспортах, технологічних картах або спеціальних інструкціях. Все використовуване обладнання, інструменти та спеціальне обладнання мають бути у справному стані. Огляд, періодична перевірка та випробування повинні проводитися відповідно до чинних інструкцій та правил експлуатації. Робота на несправному устаткуванні та користування несправними пристроями та інструментами заборонені.

3.1.1 Безпека експлуатації безперервного транспорту

Треба забезпечити на стрічкових конвеєрах пристрої, що вимикають привід у випадку обриву або пробуксування стрічки, обриву канатів натяжних пристроїв, та забивання розвантажувальних лійок або жолобів. На цих конвеєрах також повинні бути засоби механічного очищення стрічки та барабанів від налипаючого матеріалу.

Розвантажувальні візки мають бути обладнані кінцевими вимикачами. Живлення електродвигунів візків, що автоматично скидаються, і пересувних човникових конвеєрів може забезпечуватися або підвісними шланговими кабелями або контактними проводами на висоті не менше 3,5 м від підлоги або обслуговуючих майданчиків. Для підвіски тролейного дроту, яка знаходиться на висоті від 2,2 до 3,5 м, необхідне спеціальне огороження. Розвантажувальні візки мають бути укомплектовані пристроями, які запобігають їх неконтрольованому русі.

Чищення матеріалу, що випадає з-під стрічкових конвеєрів, має бути автоматизовано (наприклад, гідравлічним способом). Щодо прибирання матеріалу вручну з-під головних, хвостових і барабанів, дозволяється це робити тільки при зупиненому конвеєрі та розібраній електричній схемі приводу з вивішеними попереджувальними плакатами. Головні та хвостові барабани

повинні мати огорожі, які запобігають можливості прибирати матеріал, що випадає з-під стрічки під час роботи.

Огородження головних і хвостових барабанів має бути заблоковане разом із двигуном конвеєра, щоб уникнути пуску конвеєра без огорожі. Щоб уникнути бічного сходу стрічки під час руху, конвеєри мають бути обладнані пристроями, що запобігають їй зміщенню.

Для обслуговування приводів конвеєрів на висоті понад 1,5 м повинні бути встановлені майданчики з поручнями та сходами.

Висота від підлоги до низу галерей та естакад має складати принаймні 2 метри. Ширина галерей та естакад повинна враховувати можливість проходу: з одного боку конвеєра - не менше 800 мм, а з іншого боку - не менше 700 мм при ширині стрічки до 1400 мм і не менше 800 мм при ширині стрічки понад 1400 мм. Між паралельними конвеєрами має бути принаймні 1000 мм, а між галереєю та конвеєром - не менше 700 мм при ширині стрічки до 1400 мм і не менше 800 мм при ширині стрічки понад 1400 мм.

При встановленні пластинчастих конвеєрів, необхідно забезпечити можливість обслуговування з обох боків. Вільний прохід між конвеєрами має бути не менше 1,2 м, а між стінами та конвеєрами - не менше 1 метра.

Пластинчасті конвеєри, що встановлені під кутом, повинні мати уловувачі ланцюгів, які запобігають зсуву полотна при обриві тягового органу.

При монтажі шнекових конвеєрів допускається одностороннє обслуговування з вільним проходом не менше 0,8 м. Кришки кожухів шнекових конвеєрів повинні бути заблоковані, щоб уникнути доступу під час руху.

При встановленні барабанного візка або пересувного живильника на стрічковому конвеєрі повинні передбачатися проходи з обох боків.

У підземних галереях конвеєрів мають бути зовнішні входи та переходи через конвеєр. Евакуаційні виходи з галерей і естакад, а також перехідні містки над конвеєрами, повинні розташовуватися не рідше, ніж кожні 100 метрів. Містки мають мати ширину 0,8 м і огорожуватися поручнями заввишки не менше 1 м.

У конвеєрних галереях з нахилом понад 7° мають бути сходи або дерев'яні трапи.

У галереях з пилогазовиділенням мають бути перегородки з самозакриваючимися дверима та мінімальними отворами для проходу конвеєрів.

Всі конвеєри з нахилом понад 6° повинні мати стопорні пристрої, що уникнуть переміщення стрічки у зворотному напрямку при зупинці.

При розміщенні конвеєрів над проходами та устаткуванням, нижня гілка повинна бути обладнана цільною обшивкою, що перешкоджає випаданню матеріалу, який прокидається.

Під час перевезення сухих і пилоподібних матеріалів стрічковими конвеєрами, особливо тих, що мають високу температуру або виділяють пари, необхідно запроваджувати герметизацію точок завантаження та вивантаження, а також додаткові заходи для контролю за пилом: аспірація, змивання підлоги та інші заходи, що забезпечують допустимі норми забруднення повітря. Під час перевезення сухих порошкоподібних пилових матеріалів робоча гілка стрічкового конвеєра повинна бути повністю герметизована.

Елеватори, скребкові конвеєри та шнекові механізми для сухих та пилових матеріалів мають бути закриті кожухами по всій довжині, а місця завантаження та вивантаження мають бути герметизовані. Для спостереження за роботою елеваторів передбачаються оглядові вікна з щільно закриваючимися дверцятами.

При одночасній роботі декількох послідовних конвеєрів з іншими машинами окремі двигуни апаратів та машин повинні бути заблоковані. Пуск та зупинка має відбуватися у певній послідовності згідно з технологічною схемою заводу. У разі раптової зупинки будь-якої машини чи конвеєра, попередні машини чи конвеєри повинні автоматично вимикатися. Передбачається місцеве блокування, що запобігає дистанційному запуску конвеєра або машини з пульта управління.

Усі конвеєри повинні бути оснащені пристроями, що забезпечують їх зупинку з будь-якої точки по довжині з боку основних проходів.

3.1.2 Безпека технологічного обладнання

Бункера для сировини, шихти, повернення та ліжка мають бути оснащені аспіраційними системами, що перешкоджають викиданню пилу, пари та газів. Отвори в бункерах повинні бути закриті ґратами розміром 200×200 мм. Місця завантаження матеріалу в бункери через конвеєри повинні бути таким чином закриті, щоб уникнути викидів пилу. Дверцята люка, що використовуються для доступу людей до змішувального барабана під час його очищення та ремонту, мають бути забезпечені блокуванням, яке запобігає запуску барабана з відкритими дверцятами, незалежно від того, чи відбувається управління на місці, чи здалеку.

Приєм газу на пальники горниць має відбуватися відповідно до "Правил безпеки в газовому господарстві на заводах чорної металургії". Під час розпалювання газових пальників горниць слід дотримуватися такого порядку дій: увімкнути ексгаустер, відкрити засувки вакуум-камер, увімкнути вентилятор повітря, розвести багаття під пальниками горниці та відкрити засув повітря. Пуск газу в пальники дозволяється лише при належно розпаленому багатті або при застосуванні інших заходів для безперебійного запалювання. Газ слід поступово вводити при нормальному тиску в мережі.

Персонал, який працює з газовим господарством заводу, повинен бути оснащений відповідною захисною апаратурою та керуватися вимогами "Правил безпеки в газовому господарстві металургійних заводів". Ця апаратура має зберігатися в спеціальних ящиках, розташованих поблизу машин із щільним закриттям, та підлягати регулярній перевірці.

Отвори у перекритті для виходу візків на робочу гілку головної частини машини повинні бути обгороджені металевими листами, які щільно прилягають до габаритів візків. Завантажувальна частина агломераційної машини в торці повинна бути огорожена від підлоги робочої гілки до позначки "статі холостої гілки" запобіжним щитом, який перешкоджає доступу обслу-

говуючого персоналу до машини під час її роботи. Огорожа також має стосуватися майданчику приводу машини.

Робочий майданчик в місцях завантаження на візки повинен мати конструктивну огорожу, що запобігає травмуванню обслуговуючого персоналу роликками візків. Доступ до цих місць повинен бути доступним лише після зупинки машини та встановлення відповідного блокування.

Викид повітря та газів у атмосферу повинен оброблятися у спеціальних установках.

Для зручного та безпечного доступу до гуркотів та жолобів збоку, майданчики повинні бути обладнані поручнями.

Заміна колосників механічного гуркоту має відбуватися на ремонтному майданчику, а у разі ремонту - тільки при зупинці машини та звільненні останнього візка від матеріалу та пристрою настилу.

Конструкція бункерів повернення має перешкоджати утворенню зависань. У разі зависання повернення в бункері, обвалення матеріалу повинно проводитися лише при зупинці машини.

Опорожнення бункерів повернення має здійснюватися за допомогою спеціальних пристроїв (наприклад, стиснутим повітрям) під наглядом технічного персоналу. Перед розвантаженням бункера людей необхідно віддалити на безпечну відстань від розвантажувальних пристроїв. Важливо пам'ятати, що під час роботи машини заборонено подавати воду в бункер на гарячу поверхню. Якщо для охолодження бункера та гуркоту повернення потрібно використовувати воду під час неактивності машини, обов'язково потрібно приймати додаткові заходи безпеки [21].

Принципово не допускається використання пристроїв для відкривання шурувальних люків у бункерах повернення. Ручна розчищення повернення, яке застрягло в бункері, можливе лише при неробочому гуркоті і повністю охолодженому поверненні, за умови виконання додаткових заходів безпеки, які передбачені спеціальною інструкцією, схваленою головним інженером підприємства.

Оглядові люки та укриття обладнання мають розташовуватися збоку та мають бути оснащені кришками з надійними замками.

Пилоуловлювальні пристрої, які встановлені на системах вакууму агломераційних машин і механізмів підготовки шихти, повинні забезпечувати збереження рівня пилу у відпрацьованих газах на рівні, що відповідає нормам.

Видалення пилу з пилоосаджувальних пристроїв має здійснюватися за допомогою гідро- або пневмотранспорту або іншими методами, які виключають можливість розкидання його навколо.

Газоповітряні колектори відходячих газів, а також системи рециркуляції і рекуперації, а також їхні бункери для збору пилу, які знаходяться у спікальних відділеннях та інших приміщеннях, мають бути теплоізованими, забезпечуючи температуру їх поверхні не більше 45° С. Поверхня ізоляції повинна бути покрита алюмінієвим листом для того, щоб забезпечити регулярне очищення від пилу.

Конструкція газоповітряних колекторів газів, що відходять, і систем рекуперації повинна запобігати відкладенню пилу в них.

Заборонено відкривати люки та проводити огляд колекторів пиловловлюючих установок та їх бункерів під час роботи тяго-дутьових установок або коли схеми їхніх електродвигунів не розібрані. Очищення та ремонт внутрішньої частини пилових бункерів, колекторів та пилеочисних пристроїв має здійснюватися не менше ніж двома працівниками, при цьому електричні схеми приводів тяго-дутьових установок повинні бути розібрані.

Газоходи, що з'єднують тяго-дутьові установки з килимками, повинні бути герметичними. Борова, яка знаходиться поза корпусом, має бути ущільнена газонепроникною масою. Газоходи всередині корпусу мають бути виконані лише з металу.

Під час ремонтних робіт або заміни роторів тяго-дутьових установок, щоб усунути просочування продуктів горіння з бортів перед засувкою, необхідно встановити заглушку з боку ексгаустера, димососа або вентилятора.

Тяго-дутьові установки повинні бути звукоізовані або мати кабінки звукоізолюючі для обслуговуючого персоналу.

Очищення завантажувальних течок барабанів-змішувачів та барабанів-охолоджувачів заборонено проводити, перебуваючи всередині барабана. Вузол повернення має бути ізований від інших ділянок фабрики, і між відділенням спікання та вузлом повернення має бути прямий зв'язок.

Аспіраційні пристрої та пристрої для гідрозбирання пилу, встановлені у вузлі повернення, мають забезпечити нормальні санітарно-гігієнічні умови праці, а робота вузла при недостатній або несправній вентиляції заборонена. Робочі вузли повернення мають використовувати захисні окуляри. Бункери гарячого повернення повинні бути теплоізованими.

Пристрої для охолодження повернення повинні забезпечити зниження його температури до рівня, що забезпечує нормальні санітарно-гігієнічні умови праці.

С Охолодження агломерату повинно гарантувати зниження температури, виміряної за калориметричним методом, до не менше ніж 140°C.

Залізничні шляхи для завантаження у вагони мають бути покриті наметом (парасолькою), з відсмоктуванням запиленого повітря за допомогою спеціального вентилятора, та очищенням викидів за допомогою спеціальних пристроїв.

Пил, що видаляється з пилоосаджувальних пристроїв, має бути зловлений. Видалення шламу з відстійників повинно бути здійснене механізовано.

Приміщення агломашин повинно бути відокремлене стіною від роздавальної частини машин на всій висоті будівлі.

Двері для входу на майданчик роздавальної частини повинні бути герметичними і самозакривними.

Роздавальна частина агломашини, дробарка, гуркоти та жолоби повинні бути ізовані кожухами, що підключені до системи аспірації.

3.1.3 Реагентне господарство

Робота з реагентами та їх зберігання передбачає вентиляцію приміщень, щоб забезпечити видалення шкідливих речовин до допустимих концентрацій. Роботи з реагентами повинні виконуватися не менше ніж двома працівниками, які повинні мати на собі необхідні засоби індивідуального захисту [21].

Забороняється розпилення або проливання реагентів на ґрунт, підлогу, обладнання, тару чи одяг, а при їх потраплянні на підлогу або обладнання необхідно їх прибрати і нейтралізувати згідно з інструкціями.

Необхідно забезпечити на місцях зберігання, навантаження та розвантаження реагентів достатню кількість необхідних засобів для нейтралізації пролитих або розлитих реагентів.

Не дозволяється виконувати ремонт трубопроводів, запірної арматури та апаратури у присутності працюючих насосів.

При зупинці вентиляційних систем або перевищенні допустимих концентрацій шкідливих речовин роботу в приміщенні необхідно негайно припинити.

Для уникнення гідравлічних ударів забороняється різко відкривати або закривати запірні пристрої.

Огляд, очищення та ремонт ємностей та комунікацій, які використовуються з реагентами, можуть проводитися лише після повного видалення реагентів та знешкодження ємностей.

Крім загальної вентиляції, місця, де можливе виділення шкідливостей, повинні бути обладнані місцевими витяжними пристроями з герметичними укриттями та відсмоктувачами.

У складах реагентів та всіх приміщеннях реагентного господарства повинні бути встановлені відповідні заходи хімічного захисту для підлог, стін та несучих конструкцій.

Декоративне оздоблення не повинно сприяти накопиченню пилу та парів і має бути легко очищуваним. Підлоги повинні мати канавки для стоку та ухил для відведення води у дренаж з нейтралізацією розчинів.

При розвантаженні твердих реагентів робітники повинні користуватися захисними засобами, такими як респіратори, окуляри та рукавички.

Кожен склад реагентів повинен бути позначений написом з назвою реагенту, а зберігання реагентів у несортованому вигляді заборонене.

Склади повинні мати звукову та світлову сигналізацію для показу зупинки вентиляції та телефонний зв'язок з керівництвом фабрики та пожежною охороною.

Реагентні відділення, де проводять розчинення твердих реагентів, мають бути ізольовані від інших частин фабрики. Вони також повинні бути обладнані пиловідсмоктувальними пристроями та засобами для прибирання пилу.

Розчинні баки та відстійники повинні бути розташовані так, щоб їх можна було повністю очистити у разі потреби.

У реагентних відділеннях має бути автоматичний контроль рівня заповнення баків та механізовані процеси підготовки та транспортування реагентів. Використання ручної праці допускається лише при невеликих витратах реагентів, а транспортування вапна та приготування вапняного молока має бути механізованим.

Також у реагентному відділенні має бути передбачена сигналізація для вказівки на зупинку вентиляторів.

3.1.4 Безпека експлуатації відділення утилізації та зневоднення шламу

Радіальні згущувачі, пірамідальні та коритні відстійники потребують огороження, якщо верхня кромка їх борту знаходиться на висоті менше 1000 мм над рівнем робочого майданчика. Закриті зверху пірамідальні від-

стійники вздовж борту можуть бути не огорожені, але всі отвори, ремонтні лази та люки повинні бути закриті металевими кришками. Ходіння по бортам радіальних згущувачів, пірамідальних і коритних відстійників заборонено.

Виробляти підтяжку секторів під час роботи барабанних та дискових вакуум-фільтрів заборонено. Під час експлуатації фільтруючих апаратів слід очищати рами та полотна від кеку за допомогою спеціальних лопаток. Під час роботи затискного пристрою фільтр-преса не дозволяється виправляти рами, плити та серветки. При розбиранні фільтр-преса необхідно продувати його стисненим повітрям для максимального видалення рідини; розбирання повинні проводити одночасно не менше двох робітників. При включеному барабані вакуум-фільтра заборонено ліквідувати обрив дроту, що стягує.

Якщо на барабанних фільтрах є пристрій для змиву осаду, вони повинні мати огорожу для захисту персоналу від бризок. Листові фільтри з висувними рамами повинні мати стаціонарні майданчики для зручності змивання осаду.

3.2 Виробнича санітарія

Для забезпечення нормальних санітарно-гігієнічних умов праці на фабриках необхідно враховувати наступне [22]:

а) встановлення вентиляційних та аспіраційних систем відповідно до санітарних норм проектування промислових підприємств, а також використання автоматичних аналізаторів у місцях можливого накопичення отруйних газів;

б) організацію служби контролю експлуатації та ремонту всіх вентиляційних та аспіраційних систем, а також контролю за якістю повітря;

в) заходи, спрямовані на зниження пилутворення та пилоутворення на всіх ділянках, включаючи дробильні, сушильні, реагентні та інші відділення, склади реагентів, транспортування матеріалів, а також у процесах гідрометалургії та випалу.

Будівлі фабрик мають мати стіни з гладкими поверхнями для запобігання накопиченню пилу та полегшення його збирання. У всіх випадках має бути механізоване збирання пилу (змивання водою або пневмоприбирання).

У кожному корпусі фабрики та на кожному поверсі повинні бути аптечки з медикаментами та перев'язувальними матеріалами.

У цехах, де передбачається змивання та мокре прибирання підлоги, а також у всіх цехах з мокрим технологічним процесом, підлога має бути водонепроникним покриттям. Схил підлоги для стоку води повинен бути не менше $0,02$ ($1,8^\circ$). На основних проходах схили підлоги не повинні перевищувати $0,04$ ($2,6^\circ$), а на службових проходах - $0,1$ (6°).

Рейки, прокладені по підлозі на нульовій позначці, повинні бути втоплені, стічні канали закриті знімними кришками.

Технологічне обладнання, яке супроводжується викидом пилу та газів (дробарки, гуркоти тощо), повинно бути встановлене з герметичними укриттями, що мають відсмоктувачі з патрубками для підключення до аспіраційних установок.

Обладнання та виробничі комунікації, температура поверхні яких на робочих місцях перевищує 45°C , мають бути термоізольовані.

Вентиляційні системи повинні бути оснащені пристроями (люками, штуцерами) для контролю та вимірювання швидкості, тиску та температури повітря, а також для регулювання обсягу повітря, що пересувається.

При блокуванні роботи вентиляційних та аспіраційних систем з основним та допоміжним обладнанням мають бути передбачені додаткові пускові пристрої безпосередньо у вентиляційне чи аспіраційне обладнання. Забороняється включення технологічного обладнання, яке обслуговується вентиляційними системами, до їхнього пуску.

Повітря, що відводиться вентиляційними та аспіраційними системами, перед викидом у атмосферу має бути очищене від пилу до такого рівня, що відповідає нормативам. Для цього застосовуються очисні пристрої, які оби-

раються з урахуванням фізико-хімічних властивостей пилу, такі як скрубери, циклони-промивачі, електрофільтри, рукавні фільтри та інші.

Для компенсації видаленого повітря аспіраційними системами з приміщень рекомендується створювати штучний приплив повітря, обсяг якого відповідає або перевищує видалене, а таке повітря має бути очищене від пилу за допомогою фільтрів, а взимку його можна підігрівати.

Місця для забору припливного повітря слід вибирати з урахуванням можливих джерел забруднення атмосфери та напряму переважаючих вітрів.

На робочих місцях не допускається перевищення гранично допустимих норм вібрації та шуму від роботи машин, верстатів, моторів та іншого обладнання. У разі перевищення рівня шуму санітарних норм рекомендується встановлення звукоізованих кабін або проведення інших заходів для зменшення шуму.

Для робіт з ремонту скла, очищення та обслуговування аераційних отворів та освітлювальної арматури рекомендується використовувати спеціальне обладнання, таке як містки, балкони, підвісні люльки тощо.

Забороняється розташування лісових складів та відвалів горючих матеріалів надзвичайно близько до збагачувальних фабрик, але їх можна розташовувати з урахуванням напрямку переважаючих вітрів.

Загальні вимоги до пристроїв та експлуатації вентиляційних установок та організація вентиляційної служби передбачають, що у всіх приміщеннях, де працюють люди, незалежно від ступеня забруднення повітря, повинна бути забезпечена штучна вентиляція.

Основні системи вентиляції та аспірації повинні працювати безперервно протягом робочого дня, за винятком коротких перерв за дозволом начальника фабрики. В разі несправності систем вентиляції забороняється експлуатація технологічного обладнання, яке виділяє пил або газ.

Не дозволяється заходити всередину повітроводів, укриттів, охолоджувачів, зволожувачів та інших систем до повного припинення їх функціону-

вання, провітрювання внутрішніх частин установки, розбирання електросхем відповідного обладнання без відповідного дозволу.

3.3 Електробезпека

Вимоги до електроустановок та ведення технічної документації на фабриках повинні відповідати чинним "Правилам улаштування електроустановок", "Правилам технічної експлуатації електроустановок споживачів" та "Правилам техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів" [30].

Будівлі та споруди мають бути обладнані системою блискавкозахисту. Перед початком грозового сезону необхідно перевіряти стан блискавководвідів та заземлення та реєструвати результати відповідно до журналу.

Ремонт та інші технічні операції з електрообладнанням повинні виконуватися відповідно до інструкцій, схвалених головним інженером підприємства.

3.3.1 Електричні установки напругою до 1000 В

При вносі довгих предметів у приміщення розподільних пристроїв та роботі з ними поблизу електроустановок, де деякі частини знаходяться під напругою і не закриті огорожами, слід дотримуватися особливої обережності та працювати під наглядом кваліфікованих працівників або спостерігачів.

Підмости та сходи, використовувані для ремонтних робіт, мають бути стійкими та надійними. Сходи, які встановлюються на гладких поверхнях, повинні мати основи, оббиті гумою, а ті, які розміщуються на землі, повинні мати гострі металеві наконечники на підставах. Верхні кінці сходів повинні надійно спиратися на міцну опору, а з'єднані сходи не допускаються. При кріпленні приставних сходів до підкранових балок, металевих конструкцій тощо, необхідно надійно прикріпити верхню та нижню частини сходів до

конструкцій. Використання металевих сходів при обслуговуванні або ремонті електроустановок заборонено. Сходи повинні бути піддані випробуванням.

Включення та відключення окремих виробничих машин та механізмів за допомогою пускової апаратури може здійснюватися лише кваліфікованими особами, які отримали спеціальний дозвіл та інструктаж. Перед пуском обладнання, що тимчасово відключене, необхідно його оглянути та переконатися в його готовності до роботи. На тимчасових огорожах повинні бути встановлені запобіжні плакати.

Електромеханічне обладнання та інші елементи електричних установок мають відповідати встановленим стандартам. На комутаційних апаратах повинні бути чіткі позначення положень про включення та відключення.

3.3.2 Електричні установки напругою більше 1000 В

У випадку електроустановок з напругою понад 1000 В, одна особа не може проводити огляд і виконувати будь-які роботи. Також заборонено проникати за огороження, входити в камери розподільчого пристрою та вибухові камери масляних вимикачів без необхідних заходів безпеки. Огляд обладнання та апаратури має проводитися з безпечної відстані, стоячи перед бар'єром або на порозі камери.

При виявленні з'єднання струмоведучих частин з землею, наближення до такого місця до відключення повинно бути не менше 4-5 м у закритих розподільчих пристроях та 8-10 м на відкритих підстанціях. Допускається наближення для виконання операцій з комутаційною апаратурою та надання допомоги постраждалим, але лише за умови захисту від крокової напруги та використання діелектричних засобів.

На тимчасових огороженнях мають бути плакати "Стій! Висока напруга". Ремонтні роботи повинні виконуватися після проведення необхідних організаційних та технічних заходів. Пересувні огороження повинні надійно

захищати від випадкового дотику до струмоведучих частин та мати можливість безпечної установки.

3.3.3 Електричні двигуни

На корпусах електродвигунів повинні бути стрілки, які вказують напрям обертання. У випадках аварій:

- зміни в напрямку обертання;
- виникнення диму чи вогню;
- нещасного випадку;
- надмірної вібрації;
- поломки механізму;
- нагрівання підшипників;
- стрімкого зниження обертів,

електропривод повинен негайно відключатися від мережі.

Виводи статорної обмотки та кабелів повинні бути захищені огорожами. Частина, що обертається, також повинні бути захищені. Коробки виводів мають бути закриті та ущільнені. Виводи мають бути позначені.

На вимикачах, контакторах, магнітних пускачах, рубильниках та іншому електричному обладнанні, а також на запобіжниках, що встановлені на групових щитах, повинні бути наліпки, що чітко вказують, для якого двигуна вони призначені.

Після зупинки роботи електродвигуна для проведення ремонту, живлення кабелю на щиті або з'єднання кабелю повинно бути вимкнено, а на вимикачі вивішений плакат: "Не включати — працюють люди".

Операції з пусковими пристроями електродвигунів, які мають ручне керування, повинні проводитися в діелектричних рукавичках та захищатися від помилкового включення.

3.3.4 Електричне освітлення

Розташування світильників повинно бути таким, щоб їх можна було обслуговувати без відключення електроживлення [28].

Для загального освітлення використовується напруга не вище 220 В. У приміщеннях з підвищеною небезпекою та особливо небезпечних, коли світильники з лампами розжарювання розташовані на висоті менше 2,5 м над підлогою, застосовуються світильники, до яких неможливо дістатися без спеціальних пристроїв, або напруга не перевищує 36 В.

У цехах, де світильники розташовані на значній висоті, для їх обслуговування можна використовувати мостові крани, проте роботу слід проводити, одягнувши діелектричні рукавички та у присутності іншої особи. Світильники з люмінесцентними лампами, які працюють на напрузі 127-220 В, можна встановлювати на висоті менше 2,5 м, за умови, що контактні частини недоступні для випадкових дотиків.

Для місцевого освітлення застосовуються світильники з лампами розжарювання, а напруга живлення може бути 220 В у безпечних приміщеннях та 36 В у приміщеннях з підвищеною небезпекою.

Винятком допускається напруга до 220 В для спеціально сконструйованих світильників у таких випадках:

- а) коли вони використовуються як складова аварійного освітлення, що живиться від незалежного джерела струму;
- б) у випадках, коли вони встановлюються в приміщеннях із підвищеною небезпекою (але не в особливо небезпечних).

Арматура світильників з напругою понад 36 В повинна бути надійно заземлена.

У приміщеннях з особливими умовами, такими як вологість, жара або хімічно активні середовища, можна використовувати спеціальну арматуру для світильників з люмінесцентними лампами.

Живлення світильників з напругою до 36 В повинно здійснюватися через трансформатори з електрично роздільними обмотками.

Заборонено використовувати освітлювальні пристрої загального та місцевого освітлення, які не забезпечують захист від сліпучої дії світла джерела. Також заборонено знижувати висоту підвісу світильників та встановлення прожекторів над рівнем підлоги (настилу, землі), яка встановлена нормами.

Виробничі приміщення не можуть використовувати відкриті (незахищені) люмінесцентні лампи, за винятком приміщень, де не передбачено тривалого перебування людей.

Монтаж, очищення та обслуговування світильників, заміна ламп і плавких вставок, а також ремонт мережі, як правило, повинні проводитися при вимкненій напрузі.

Відкриті частини електричного обладнання повинні бути захищені кришками або кожухами.

3.4 Пожежна безпека

Побудова та оснащення агломераційних фабрик повинні відповідати рівню пожежної безпеки, визначеному за їхньою класифікацією. Агломераційна фабрика має мати прямий телефонний зв'язок з пожежною командою, що обслуговує підприємство, або з найближчим населеним пунктом [27].

Дороги, призначені для виробничого використання, мають бути придатними для проїзду пожежних автомобілів. Якщо, згідно з виробничими потребами, не передбачається наявність під'їздів до будівель, тоді під'їзд для пожежних автомобілів має бути забезпечений на спланованій території шириною не менше 6 м з обох сторін будівлі на увесь її периметр.

Відстань від краю проїжджої частини або вільної спланованої території до стін будівлі повинна бути не більше 25 м. Сплановані території для проїзду пожежних автомобілів повинні бути чистими, вільними від зайвих пред-

метів, мати систему водовідведення та, у випадку глинистих або пілоподібних ґрунтів, бути покритими травою або шлаком.

Усі виробничі, допоміжні приміщення, установки, споруди та склади мають бути оснащені першими засобами пожежогасіння та пожежним інвентарем. Місцезнаходження засобів пожежогасіння та пожежного інвентарю повинно бути узгоджене з пожежною інспекцією.

На території агломераційних фабрик повинен бути організований протипожежний водопровід, який може бути об'єднаний з виробничим або питним. Пожежні гідранти мають бути розташовані вздовж доріг та переїздів на відстані не більше 150 м один від одного, не ближче 5 м від стін будівлі та поблизу перехрестя, але не далі 2 м від краю проїжджої частини.

ВИСНОВКИ

Виконаний огляд існуючих методів та способів мокрої очистки технологічних газів агломераційного виробництва.

Виявлені технологічні показники очистки газів, що впливають на утворення стічних вод.

Визначені основні кількісні та якісні характеристики стічних вод та забруднень, що містяться в них.

Проведений аналіз існуючих технологій очистки стічних вод агломераційного виробництва.

Запропонована схема обробки стічних вод системи мокрого очищення технологічних газів агломашин з утилізацією вловленого шламу.

В проєктній частині був проведений вибір та розрахунок усіх основних водоочисних апаратів, виконаний вибір і розрахунок допоміжного обладнання.

Проведений аналіз основних шкідливих і небезпечних факторів виробничого середовища в агломераційному виробництві та запропоновані заходи щодо їх усунення.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Основи металургійного виробництва металів і сплавів: підручник для металург. спец. вищ. навч. закл./Д. Ф. Чернега та ін. Київ: Вища шк., 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. Верховлюк А.М., Нарівський А.В., Могилатенко В.Г. Технології одержання металів та сплавів для ливарного виробництва: навч. посібник/За ред. академіка НАН України В.Л. Найдека. Київ: Видавничий дім "Вініченко", 2016. 224 с.
4. Готвянський Ю.Я. Фізико-хімічні та металургійні основи виробництва металів: навч. посібник. Київ: ІЗМН, 1996. 392 с.
5. Харлашин П.С., Чаудрі Т.М., Меджибожський М.Я. Основи термодинаміки і кінетики сучасних сталеплавильних процесів: підручник для ВУЗів. Маріуполь, 2009. 340 с.
6. Уминський С.М., Лебедев Б.В., Житков С.С. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: навч. посіб. для студентів ВНЗ/ Одес. держ. аграр. ун-т. Одеса: ТЕС, 2017. 171 с.
7. Металургія (проблеми, теорія, технологія, якість): підручник / П.С. Харлашин та ін.. Донецьк: ТОВ «Норд-комп'ютер», 2005. 724 с.
8. Мовчан В. П., Бережний М. М. Основи металургії. Дніпропетровськ: Пороги, 2001. 336 с
9. Воденніков С. А., Тарасов В. К., Воденнікова О. С. Конструкції агрегатів чорної металургії : навч. посіб. Запоріжжя: ЗДІА, 2012. 192 с.
10. Денисов С.І. Уловлювання та утилізація пилів та газів: навч. посібник. Київ: Вища школа, 1992. 333 с.
11. Захист навколишнього середовища при роботі теплотехнологічного устаткування: навч. посібник / Н.А. Шаройко та ін. Харків: УкрДАЗТ, 2011. 395с

12. Самойленко Н.М., Аверченко В.І., Байрачний В.Б. Системи технологій та промислова екологія. Металургійний та енергетичний комплекс Ч. І.: навч. посіб. Харків: НТУ «ХП», Лідер, 2020. 212 с.
13. Екологічні аспекти металургійних технологій (1 ч.): навч. посібник/Грес Л.П. та ін. Дніпро: Україн. держ. ун-т науки і технол., 2022. 106 с.
14. Природоохоронні технології. Частина 1. Захист атмосфери: навчальний посібник/Северин Л.І. та ін. Вінниця: ВНТУ, 2012. 388 с.
15. Крусір Г.В., Мадані М.М., Гаркович О.Л. Техніка та технології очищення газових викидів: навчальний посібник. Одеса: ОНАХТ-Одеса, 2017. 207 с.
16. Клименко В.В., Кравченко В. І., Телюта Р. В. Енергозбереження в тепло-технологічних процесах та установках: навчальний посібник. Кропивницький: ПП Ексклюзив – Систем, 2020. 2019 с.
17. Гічов Ю.О., Бойко В.М., Адаменко Д.С. Котли-утилізатори та їх тепловий розрахунок: навч. посібник. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2004. 46. с.
18. Каталог пилогазоочисного обладнання: Каталог. Запоріжжя: УкрНДІО-Газ, 1990. 238 с.
19. Полетаєв 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.
20. Охорона праці на гірничо-металургійному підприємстві: навч. посібн. ч.4: Енергетичний комплекс/В.О. Шеремет та ін. Дніпропетровськ: Ліра ЛТД, 2004 256с.
21. 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>
22. Грибан В. Г., Негодченко О. В. Охорона праці: навч. посібник, [для студ. вищ. навч. закл.]. Київ: Центр учбової літератури, 2009. 280 с.

23. НПАОП 0.00-1.82-18 Правила охорони праці під час дроблення і сортування, збагачення корисних копалин і огрудкування руд та концентратів: Наказ Мінсоцполітики від 15.05.2018 № 704 «Про затвердження Правил охорони праці під час дроблення і сортування, збагачення корисних копалин і огрудкування руд та концентратів»/ База даних «Законодавство України» / ВР України. URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0666-18#Text>
24. 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>
25. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель [Електронний ресурс]: навч. посіб. / М.Ф.Боженко ; КПП ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 36,087 Мбайт). Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2019. 380 с
26. 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>
27. Л. А. Катренко, Ю. В. Кіт, І. П. Пістун. Охорона праці: навч. посібник /2-ге вид., стереотип. Суми: Унів. книга, 2007. 495 с.
28. ДБН В.2.5.-28-2006. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. Мінбуд України, 2006 76 с.
29. 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>
30. 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>