

Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім Ю.М. Потебні

(назва факультету)

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної бакалаврської роботи

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

на тему Проект очисних споруд зворотного циклу газоочисток доменного цеху

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1830

_____ Панасенко О.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

Панасенко Олександр Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Проект очисних споруд зворотного циклу газоочисток доменного цеху

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

затверджені 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 - 2900 г/м³, Температура стічних вод- 50°С,

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Технологія мокрої очистки колошникових газів. Джерела утворення забруднених стічних вод. Аналіз існуючих схем очистки стічних вод доменного 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: План доменної печі. Розріз системи мокрої очистки колошникових газів. 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 _____ О.О. Панасенко
 (підпис) (прізвище та ініціали)

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

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційний проект для здобуття ступеня вищої освіти бакалавр:

88 с., 5 табл., 14 рис., 30 джерел.

ОЧИСТКА КОЛОШНІКОВОГО ГАЗУ, СКРУБЕР ВЕНТУРИ, ДОМЕННЕ ВИРОБНИЦТВО, РЕАГЕНТНЕ ГОСПОДАРСТВО, ГІДРОЦИКЛОН, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ВОДООЧИСТКИ, ФІЛЬТР-ПРЕС

Об'єкти дослідження – зворотний цикл газоочисток доменного цеху;

Предмет дослідження – технологія очищення стічних вод газоочисток доменного цеху;

Мета роботи – на основі вивчення апаратурно-технологічних схем очистки стічних вод, які експлуатуються у промисловому виробництві, технологій переробки та утилізації шламів доменного 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 доменного виробництва, наведено їх фізичні та хімічні властивості. Виконаний аналіз існуючих технологій очищення стічних вод доменного 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, відкритий безнапірний гідроциклон. Виконано розрахунок ділянки згущення та зневоднення вловлених шламів.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	10
1.1 Системи мокрого очищення газів доменного виробництва	10
1.2 Характеристика стічних вод доменного виробництва	21
1.3 Системи очищення стічних вод доменного виробництва	29
2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	39
2.1 Розрахунок реагентного господарства	39
2.2 Розрахунок безнапірного гідроциклону	46
2.3 Гравітаційне згущення осадів	50
2.4 Розрахунок фільтр-пресів	50
3 ОХОРОНА ПРАЦІ	52
3.1 Безпека технологічних процесів та обладнання	53
3.1.1 Безпека технологічного процесу	53
3.1.2 Безпека технологічного обладнання	54
3.2 Гігієна праці і виробнича санітарія	58
3.2.1 Характеристика умов праці з гігієнічної точки зору	59
3.2.2 Розробка заходів з усунення небезпечних і шкідливих факторів ...	64
3.2.3 Об'ємно-планувальні рішення будівель і споруд цеху	70
3.2.4 Вентиляція	71
3.2.5 Санітарно – побутові приміщення	72
3.2.6. Засоби індивідуального захисту	73
3.3 Електробезпека	74
3.4 Пожежна безпека	75
ВИСНОВКИ	84
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	85

ВСТУП

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

Добовий оборот води на окремих підприємствах сягає 3 млн.м³ і більше. З цієї кількості близько 48% припадає на охолодження обладнання, 26% - на очищення газів, 12% - обробку та оздоблення металу, 11% - гідравлічне транспортування та 3% - на інші потреби. Безповоротні втрати, пов'язані з випаровуванням та краплеуносом у системах оборотного водопостачання, з приготуванням хімічно очищеної води, із втратами у технологічних процесах, становлять 6-8%. Решта води у вигляді стоків повертається у водойми. Близько 60-70% стічних вод ставляться до «умовно-чистих» стоків, тобто. які мають лише підвищену температуру. Інші стічні води (30-40%) забруднені різними домішками та шкідливими сполуками.

Витрата води за видами металургійного виробництва:

Вид виробництва	Продукція	Питома витрата води, м ³ /т продукції		Частка у спільній питомій витраті води, %
		всього	в т.ч. свіжої	
Горнорудне	руда	12	4,5	5,0
Агломераційне	агломерат	7,5	0,6	3,1
Коксохімічне	кокс	12,5	1,0	5,2
Доменне	чавун	60	4,5	25,0
Сталеплавильне	сталь	52	3,5	21,7
Прокатне	прокат	96	5,5	40,0
Усього	сталь	240	20	100

Вода, що використовується металургійними підприємствами, повинна мати певні якісні характеристики: температуру, вміст зважених частинок, мастил і смол, водневий показник рН.

Всі стічні води забруднені зваженими частинками, що утворюються під час очищення від пилу, золи та інших твердих матеріалів. Прокатне

виробництво, крім того, є джерелом забруднення мастилами, емульсіями та травильними розчинами. Велика кількість води металургійними виробництвами, що споживається, вимагає створення на підприємствах ефективних систем водоочищення.

Незважаючи на широке використання системи оборотного водопостачання на металургійних підприємствах, кількість стічних вод велика. Вони містять механічні домішки органічного та мінерального походження, нафтопродукти, токсичні сполуки. Орієнтовний якісний склад стічних вод однаковий, а концентрація забруднюючих речовин змінюється широко залежно від технологічного процесу.

Найбільша кількість води потрібна в прокатному, доменному та сталеплавильному виробництвах

Вид виробництва	Операції
Доменне	Очищення доменного газу; гідравлічне складання осілого пилу та просипу в підбункерному приміщенні; грануляція доменного шлаку та розливання чавуну.
Агломераційне та виробництво окатишів	Очищення газів; збирання просипу від випалювальних машин та пилових мішків; мокре прибирання приміщень
Коксохімічне	Вуглезбагачення та пиловловлення; хімічні процеси (фенольні стічні води); гасіння коксу
Сталеплавильне	Очищення газів; охолодження та гідроочищення виливниць та МНЛЗ; при обмиванні котлів-утилізаторів
Прокатне	Охолодження валків, шийок валків та підшипників; змив та транспортування окалини; охолодження допоміжних механізмів; гідравлічне випробування труб

У доменному виробництві стічні води утворюються при очищенні доменного газу, гідравлічному прибиранні пилу, що осів, і просипів, від установок грануляції доменного шлаку і розливальних машин. У цих стоках містяться частинки руди, коксу, вапняку, сульфати, хлориди, уламки застиглої чавуну, окалини, графіту, непогашеного вапна. При виплавці

феромарганцевого чавуну стоки також містять ціаніди, роданисті сполуки, аміак.

При скиданні забруднених стічних вод металургійних заводів у водоймі підвищується кількість завислих частинок, значна частина яких осідає поблизу місця спуску, підвищується температура води, погіршується кисневий режим, утворюється масляниста плівка на поверхні води. Якщо в стоках, що надходять, містяться кислоти, то підвищується і кислотність води, порушується перебіг біологічних процесів. Все це може призвести до загибелі водних організмів та порушення природних процесів самоочищення водойм.

Загальний стік підприємства має такі характеристики:

Характеристика	Вода, що подається від джерела	Загальний стік
Колір	Без кольору	Жовто-бурий
Запах	Без запаху	Шламу та нафти
Зважені речовини, мг/л	20-30	220-822
pH	7,5	7,6-8,5
Лужність, мг-екв/л	2,8-3,0	3,0-7,6
Хімічний склад, мг/л		
Cl ₂	13-28	41-198
	73-78	108-290
NO ₂	0.07-0.1	0.1-7.0
NO ₃		Сліди
NH ₄		1-40 (16,3)
Fe ⁺ заг	0,1-02	9-40 (23)
Нафтопродукти та смола, мг/л		0-92 (32)
Окиснюваність, мг/л O ₂	6,6-7,1	13-90 (40,8)

Надходження до організму з питною водою таких елементів як миш'як, селен, цинк, радій, паладій, ітрій призводить до виникнення злоякісних пухлин у теплокровних тварин. Таку ж дію надають при вступі в організм іншими шляхами - хром, берилій, свинець, ртуть, кобальт, нікель, тантал, уран та ряд інших елементів. Крім того, кадмій, свинець, літій та галій мають мутагенну дію.

Багато неорганічних сполук навіть у малих концентраціях надають шкідливий вплив на рибу та їх кормові ресурси. Особливо небезпечна наявність

неорганічних сполук у питній воді.

Все це потребує створення безстічних, зворотних систем очищення стоків як металургійних підприємств в цілому, так і окремих їх виробництв

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

Доменна піч – піч шахтного типу, яка призначена для виплавки чавуну.

Через верхню циліндричну частину - колошник - завантажують шихтові матеріали в піч і відводять гази, що утворюються в ній.

У процесі роботи доменної печі необхідно забезпечувати необхідне співвідношення основних компонентів доменної плавки. Так, наприклад, для доменної печі продуктивністю 5000 т чавуну на добу склад шихти розрахований, виходячи з 10000 т агломерату та окатишів і близько 2500 т коксу. Для введення плавки в піч надходить 5000 м³/хв гарячого дуття та 200 - 400 м³/хв природного газу. Крім того, разом з холодним повітрям повітрянагрівач вдується близько 300 м³/хв кисню. При цьому виробляється близько 2500 т шлаку на добу та близько 8000 м³/хв доменного газу[1].

1.1 Системи мокрого очищення газів доменного виробництва

Сучасні доменні печі працюють з підвищеним тиском газу під колошником і забезпечені установками для очищення газу. Внаслідок високого тиску газ має енергію, достатню для його транспортування по газопроводах, через систему газоочищення і далі до споживачів. Тому на газовому тракті доменних печей димососи не встановлюють.

При підвищенні тиску в доменній печі швидкість руху газу через шар шихти знижується. Це сприяє збільшенню часу перебування відновних газів в печі і ефективнішому їх використанню. Крім того, при малій швидкості газу через шар шихти зменшується винесення пилу. Тому запиленість колошникового газу при високому тиску газу в печі менше, ніж при низькому [3].

Склад і основні характеристики доменного газу залежать від шихти і ходу плавки і можуть значною мірою змінюватися. Доменний газ забруднений колошниковим пилом, який представляє суміш дрібних часток руди, коксу,

агломерату, вапняку і інших матеріалів, що завантажуються в доменну піч.

Вихід доменного газу з печей різного об'єму можна визначити на підставі питомого виходу і продуктивності печі по чавуну, виходячи з таких даних [2]:

Об'єм печі, м ³	1033	1513	2000	2700	5000
Продуктивність, т/доб	1720	2520	4350	5550	11500

Пил утворюється в результаті механічного подрібнення матеріалів при їх приготуванні, транспортуванні, завантаженні і стиранні при русі в шахті печі. Винесення пилу з печі обумовлене захопленням дрібних часток потоком газу, що проходить крізь шар шихти, а також сублімацією деяких елементів шихти, т. с. перетворенням їх на пароподібний стан під дією високих температур.

Сучасні доменні печі зазвичай працюють з витратою природного газу 80-120 м³ на 1 т чавуну і дуттям, збагаченим киснем до 35 %. При цьому вміст вологи у доменного газу складає 70-100 г/м³ сухого газу (точка роси 42-49°С при тиску 0,1 МПа).

Хімічний склад газу змінюється в наступних межах, % (об'ємн.) :

25-30 CO; 12-18 CO₂; 2-7 H₂; до 0,5 CH₄; 47-57 N.

Теплота згорання доменного газу складає 700-900 ккал/м³.

Вміст вологи в газі перед системою газоочищення складає зазвичай 40-60 г/м³. Він залежить від витрати природного газу або рідкого палива, що вдувається в піч з дуттям, і від вологості останнього і шихти.

Доменний газ, знаходячись в певному співвідношенні з киснем, утворює вибухонебезпечну суміш. Тому при обслуговуванні газопроводів і систем для очищення доменного газу необхідно строго дотримувати правила техніки безпеки.

Температура газу, що поступає на газоочищення при роботі печей на підвищеному тиску, складає 200-300 °С. Спостерігаються короточасні підвищення температури до 500 °С при виплавці спецчавунів (ливарного, феросиліцію, феромарганця) температура газу вище, чим при виплавці

передільного чавуну, і складає 300-400 °С [4].

Перехід доменних печей на роботу з підвищеним тиском газу на колошнику, зменшення у зв'язку з цим швидкості відведення газу, збагачення киснем повітряного дуття, заміна в шихті сирого залізняку агломератом або окатишами призводять до значного зниження запиленої доменного газу і зміни фракційного складу пилу (зменшенню розмірів часток пилу). У цих умовах запиленість доменного газу на виході з печі коливається в межах 5-20 г/м³ залежно від тиску під колошником. Колошниковий пил складається в основному з важких і великих часток залізняку і коксу з розмірами часток, що перевищують 50 мкм (близько 70 %), а також з дуже дрібних часток з'єднань кремнію, алюмінію, магнію, кальцію і ін., утворених сублімацією при високій температурі.

Пил, що міститься в доменному газі при виплавці передільного чавуну, складається з оксидів заліза, кремнію, алюмінію, магнію, кальцію, марганцю. У ній може міститися і сірка. Щільність пилу 3-4 г/см³. В період виплавки феросплавів і спеціальних чавунів склад колошникового пилу змінюється і зменшується її розмір. Цей пил містить велику кількість лужних металів, схильних під дією вологи до утворення відкладень в системі газоочищення і газопроводах.

Усереднений дисперсний склад пилу, відібраного після сухого пиловловлювача, при виплавці передільного чавуну характеризується наступними даними:

Розмір часток, мкм	<1,8	1,8-3,1	3,1-5,5	5,5-9,3	9,3-14,8	14,8-29	
(% по масі)	0,6	1,0	1,0	4,0	5,0	9,2	
Розмір часток, мкм	29-36,3	36,3-40	40-45	45-50	50-56	56-63	>63
(% по масі)	11,8	23,3	5,7	5,2	5,5	5	22,7

Питомий вихід пилу на 1 т чавуну складає при нормальному тиску на колошнику 50 - 150 кг і при підвищеному тиску 25 - 75 кг [4].

Орієнтовний хімічний склад пилу доменного газу : 6,02 % FeO; 12,9 % Fe₂O₃; 13,8% Fe₂S₃; 14,6% SiO₂; 4,35% Al₂O₃; 4,35% MgO; 11,85% CaO; 0,74%

S; 3,75 % MnO. Втрати при прожаренні 27,68 %.

Підвищення тиску доменного газу, що відходить, дозволяє використовувати потенційну енергію стислого газу, що відходить, в газових утилізаційних безкомпресорних турбінах (ГУБТ). При цьому собівартість отримуваної електроенергії виявляється досить низькою.

Досвід експлуатації ГУБТ на Криворізькому металургійному комбінаті показує, що для надійної роботи турбін, що виключає випадання вологи в їх хвостовій частині, температура газу на виході з турбіни повинна перевищувати точку роси. Тому мінімальна вхідна температура на тих ГУБТ ($P = 0,3$ МПа), що працюють нині прийнята рівною 120 °С. Оскільки для очищення доменного газу застосовуються схеми мокрого очищення, то перед подачею газу в ГУБТ його необхідно підігрівати [16].

Головним недоліком змішуючого підігрівання для ГУБТ є баластування горючого газу продуктами згорання. Поверхневі нагрівачі не знайшли застосування із-за їх громіздкості і складності експлуатації, пов'язаної з можливістю утворення відкладень пилу на поверхні теплообміну. На це вказує і досвід експлуатації ГУБТ, коли при розміщенні змішуючого підігрівача безпосередньо перед турбіною пил не встигає висохнути, і навіть при малій запиленій газу (5 мг/м³) в направляючому апараті турбіни спостерігаються відкладення пилу. Оскільки доменний газ широко використовується на металургійних заводах в основному як паливо, допустима величина вмісту пилу в очищеному газі не повинна перевищувати $4 - 10$ мг/м³.

Споживачі доменного газу - коксові печі, повітронагрівачі доменних печей, а останнім часом у зв'язку з широким впровадженням газорозширювальних станцій, що утилізують енергію доменного газу для вироблення електроенергії, використовують газові утилізаційні безкомпресорні турбіни. Для обмеження кількості вологи в доменному газі, що подається споживачам, охолодження його здійснюється до температури не нижче $35-40$ °С при тиску $0,1$ МПа (вміст вологи $47-63$ г/м³). Це пов'язано з тим, що випадна з газу волога сприяє корозії металу газоходів і є причиною

затвердіння відкладень пилу на устаткуванні. Підвищений вміст води знижує калорійність доменного газу і збільшує втрати тепла з газами [17].

Розроблено декілька схем мокрого очищення колошникового газу.

По мокрій схемі (рис. 1.1) газ з колошника 2 доменної печі 1 по газоходу 3 відводиться в систему газоочищення. У сухому пиловловлювачі 4 інерційного або відцентрового типу доменний газ очищається від великого пилу до кінцевого пиловмісту $5-10 \text{ г/м}^3$. Пил видаляється з бункера пиловловлювача періодично в залізничний вагон через пристрій, що складається з відсічного клапана, шнекового транспортера і системи подачі води або пари для зволоження пилу. У порожнистому скрубєрі 5 газ охолоджується і очищається від великого пилу. Запиленість доменного газу після порожнистого скрубєра складає $2-4 \text{ г/м}^3$, а іноді менше [10].

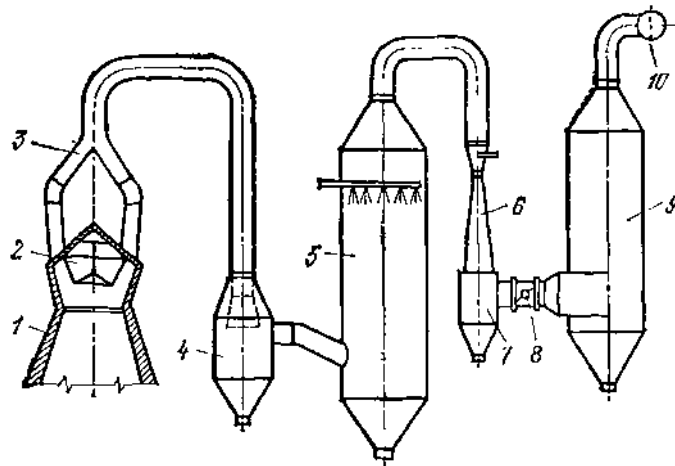


Рисунок 1.1 - Схема знепилювання доменного газу

Остаточне очищення доменного газу здійснюється в швидкоплинному пиловловлювачі з трубами Вентурі. У трубі або трубах Вентурі 6 (залежно від об'єму доменної печі) відбувається укрупнення дрібнодисперсного пилу. Найбільш великий пил і краплі рідини виводяться з газу в інерційному краплєвловлювачі 7, а остаточне очищення газу від пилу до необхідного кінцевого вмісту пилу здійснюється у відцентровому скрубєрі 8. Очищений газ відводиться в колектор чистого газу 10, звідки подається споживачам.

Для підвищення тиску газу в доменній печі перед відцентровим

скруберам встановлена дросельна група 8. Усі апарати, розташовані між доменною піччю і дросельною групою, працюють під надлишковим тиском газу, тому їх конструкцію роблять жорсткою, здатною витримувати цей тиск. Дросельну групу в залежності від її конструкції встановлюють на горизонтальному або вертикальному ділянках газопроводу [9].

Конструкція дросельної групи для доменної печі об'ємом до 1033 м^3 показана на рис. 1.2.

Три патрубки мають дроселі 1, які при повороті на деякий кут зменшують переріз для проходу газу і забезпечують грубе регулювання тиску в доменній печі. Поворот цих дроселів здійснюється за допомогою електродвигуна 5, сполученого з валом дроселя через редуктор.

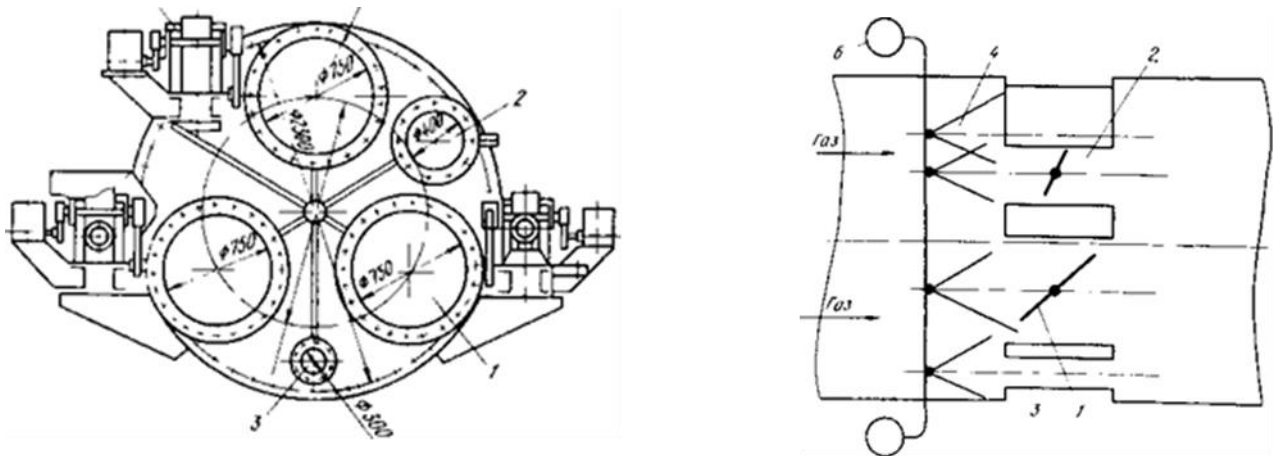


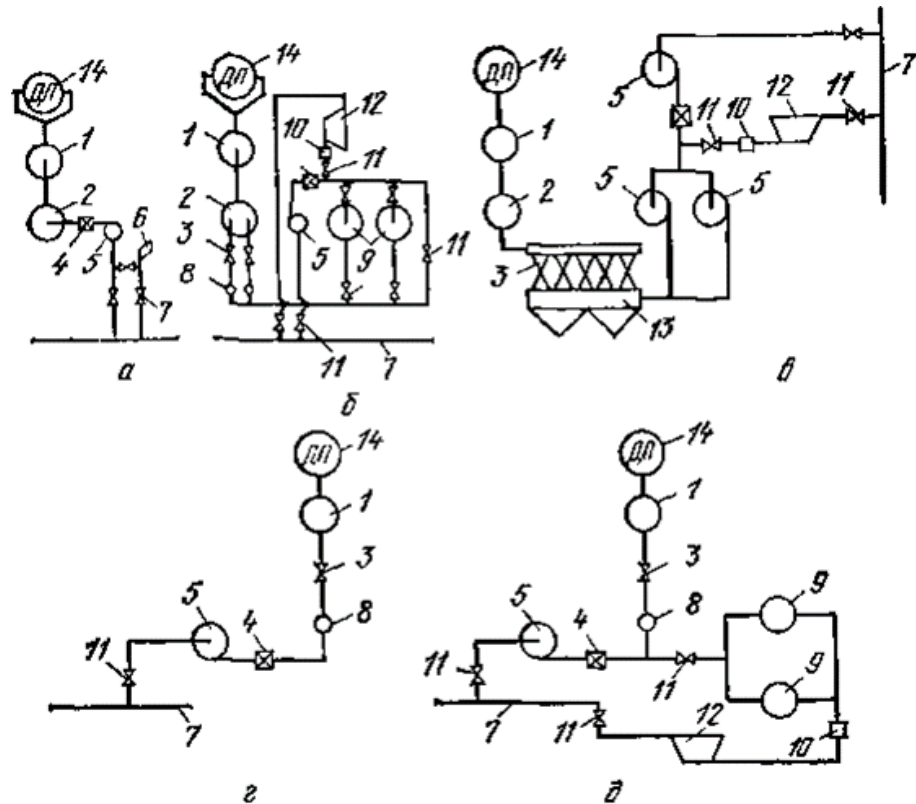
Рисунок 1.2. - Дросельна група

Дросель 2 пов'язаний з регулювальником і підтримує постійний тиск газу в доменній печі, яке створене за рахунок дроселів. Патрубок 3 зазвичай не має дроселя і призначений для пропуску води в систему каналізації. Для змиву пилу, що осів на лопатях дроселі перед патрубками (на відстані 600-800 мм) встановлюють форсунки 4, до яких подається вода з водопроводу 6. Швидкість газового струму в дросельній групі досягає 250-320 м/с. Тому дросельна група є ефективним пристроєм для укрупнення часток і діє аналогічно трубі Вентурі. Тому на деяких заводах не використовують труб Вентурі після порожнистого скрубера.

Для схем доменного газоочищення характерні конструктивні

особливості, які залежать від місцевих умов, числа доменних печей, а також від способу використання енергії доменного газу. У тому випадку, якщо для коагуляції пилю замість труб Вентурі використовується дросельна група, схема газоочищення спрощується (рис. 1.3, а). При використанні ГУБТ застосовують систему газоочищення, зображену на рис. 1.3, б.

У схемі газоочищення доменної печі об'ємом 5000 м^3 з використанням ГУБТ електрофільтри не застосовуються (рис. 1.3, б). Для коагуляції пилю передбачають в блоці п'ять - сім труб Вентурі із загальним бункером 13, але з індивідуальним сепаратором для кожної труби. При цьому забезпечується можливість відключення необхідного числа труб Вентурі за допомогою дросельних засувок. Після блоку труб Вентурі до і після дросельної групи встановлюють відцентрові скрубери.



- 1 - сухий пиловловлювач; 2 - порожнистий скрублер; 3 - труба Вентурі;
 4 - дросельна група; 5 - відцентровий скрублер; 6 - свічка для спалювання надлишку газу; 7 - колектор чистого газу, 8 - інерційний крапельловлювач;
 9 - електрофільтр; 10 - підігрівач газу; 11 - засувка з електроприводом;
 12 - ГУБТ; 13 - бункер з сепараторами; 14 - доменна піч

Рисунок 1.3 - Принципові схеми очищення доменного газу від пилю

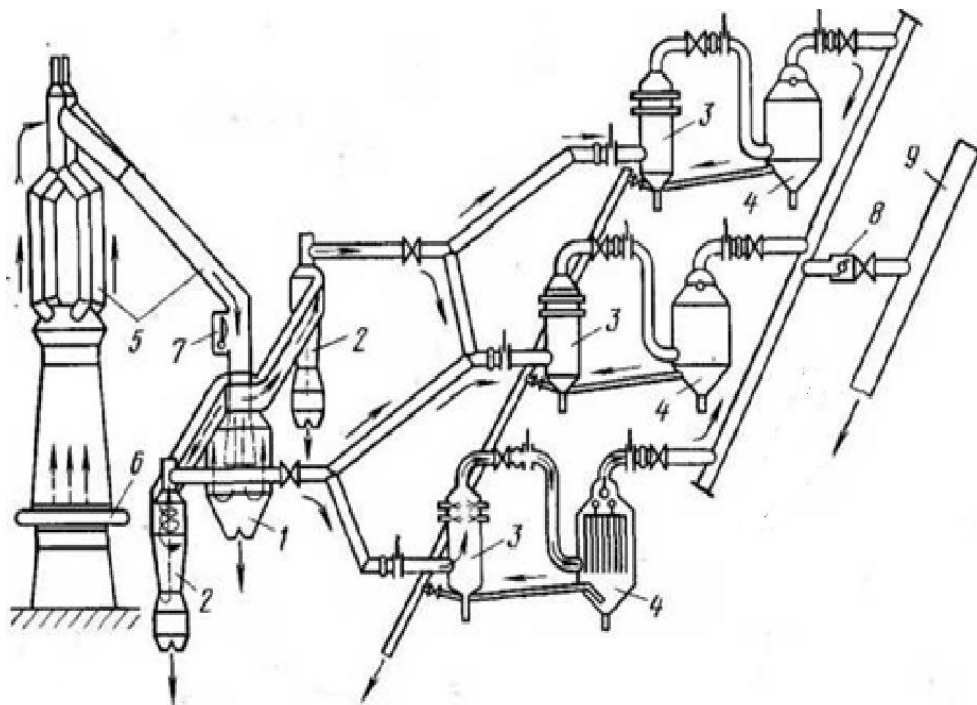
Досвід експлуатації систем для очищення доменного газу показав, що для усіх них характерне ефективно очищення газу від пилу. Проте внаслідок високої температури води, що поступає на зрошення апаратів з оборотного циклу водопостачання, температура очищеного газу перевищує нормативну величину (35 °С) і досягає 45-50 °С зимою і 50-60 °С літом. Інтенсивніше охолодження газу, чим у порожнистому скрубєрі, може бути здійснене в трубі Вентурі при швидкості газового потоку 120-160 м/с і питомій витраті води 1,25- 1,5 л/м³. За таких умов температура газу буде близька до температури мокрого термометра [12].

Схема газоочищення без порожнистого скрубєра показана на рис. 1.3, г. Охолодження газу здійснюється в трубі Вентурі, а коагуляція дрібно-дисперсного пилу в дросельній групі. Така ж схема очищення доменного газу з використанням ГУБТ приведена на рис. 1.3, д. За кордоном набула поширення схема очищення доменного газу, в якій після сухого інерційного пиловловлювача послідовно встановлені дві труби Вентурі. У першій низьконапірній трубі Вентурі здійснюється охолодження газу, а в другій високонапірній - коагуляція пилу. Далі газ очищується у відцентровому скрубєрі і, проходячи через дросельну групу, звільняється від краплинної вологи в друге відцентрові скрубєрі.

На металургійному комбінаті в Дюнкерке (Франція) для очищення доменного газу застосовують систему, зображену на рис 1.4, в якій початкове очищення здійснюють в статичному пилоосаджувачі 1 висотою 26 і діаметром 11 м, який закріплено в трубах, що конічно розширюються, розміром 3х6 м.

Статичний пилоосаджувач має у верхній частині ізолюючий дзвін і два отвори розміром 3х1 м, по яких газ проходить до циклонів 2 з розмірами 3х22 м. Статичний пилоосаджувач і циклони забезпечені спеціальними заслінками для звільнення від пилу при високому тиску, а також зволожувачем з витратою води 100 т/год [10]. На виході газу з циклону змонтовані здвоєні засувки. При вмісті в пилі 95% часток розміром більше 5 мкм ступінь очищення на цій ділянці системи повинна складати 90%. Виходи газу з циклону з'єднуються

між собою і утворюють три симетричних горизонтальних газопроводи, по яких заповнюються три системи вторинного очищення, що складаються з мокрих промивальних пристроїв 3 і мокрих електрофільтрів 4. Основною метою використання промивального пристрою в системі очищення доменного газу є зниження температури газу від 200 до 30°C, що дозволяє зменшити вміст води в насичених нею газах. Вода виділяється при виникненні перепаду тиску між верхньою і нижньою частинами промивального пристрою. Наприклад, витрата води в одному промивальному пристрої складає 400 м³/год для очищення 80 тис. м³ газу. Через нижню частину 3 у промивальні пристрої розміром 5x25 м входить газ, а через верхню виходить. Сильно розпилена у форсунках з порожніми конусами і з голками для протикання форсунок при сильному ударі вода рухається назустріч газу.



- 1 - статичний пилоосаджувач; 2 - циклони; 3 - скрубери;
 4 - електрофільтри; 5 - вертикальні і похилі газопроводи;
 6 - фурменний пояс; 7 - поворотний клапан; 8 - дросельна заслінка;
 9 - трубопровід для очищеного газу

Рисунок 1.4 - Схема пристрою для очищення доменного газу, використувана на підприємстві в Дюнкерке (Франція)[10]

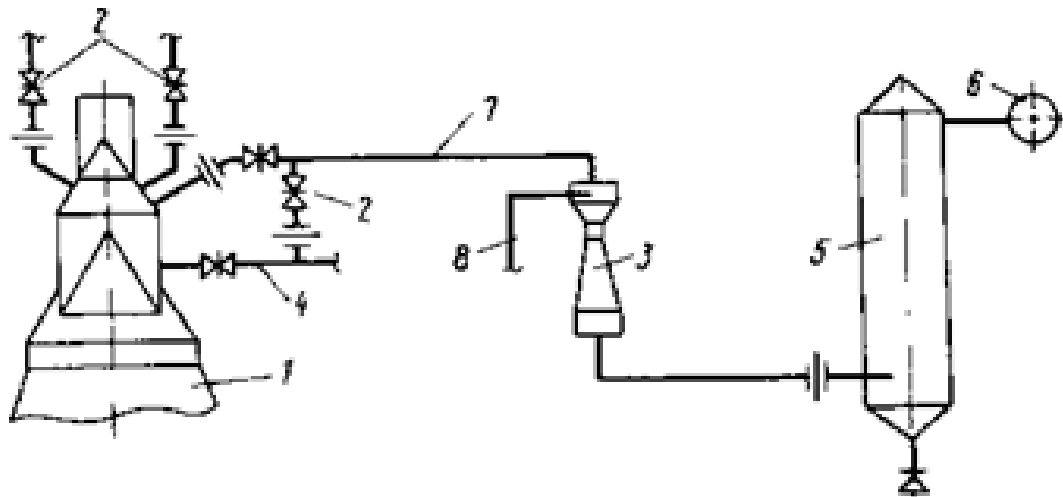
Електростатичний пилоочисний пристрій 4 складається з вертикального циліндра, перегородженого засувками на дві робочі частини (діаметром 9,5 і заввишки 18 м). Кожна частина обладнана групою вертикальних прямокутних плит, які використовуються як осаджувальні електроди, встановлені на відстані 26 см один від одного. Між плитами знаходяться електроди, прикріплені верхньою частиною до нагрітих ізоляторів високої напруги. Згори до електродів підводиться вода, яка, стікаючи по них, змиває відкладений пил. Струмień води через певні проміжки часу автоматично підсилюється. Під час очищення послідовно в кожне з трьох пилоочисних споруд подача газу припиняється, а висока напруга відключається. Електростатична пилоочисна споруда живиться від окремого генератора високої напруги (380 В) змінного струму. Кожен генератор забезпечений трансформатором, групою конденсаторів і селенових випрямлячів. Сила струму підтримується автоматично на встановленій верхній межі; у разі пробою вона миттєво знижується. Напруга при завантаженні складає 75-100 кВ. Пристрій має численні контрольно-вимірювальні прилади і засоби безпеки. Кожен пристрій можна ізолювати за допомогою здвоєних засувок без перерви в роботі сусідніх очисних пристроїв.

При максимальній витраті газ після очищення мьстить не більше 6 міліграмів пилу на 1 м^3 . У разі аварії однієї з систем можна працювати на двох системах, що залишаються, при нормальній витраті газу, при цьому зміст пилу в очищеному газі може підвищитися до 15 мг/м^3 . Сумарний потік води, що витрачається в промивних пристроях і електростатичних очисних спорудах, при повному навантаженні перевищує 19000 л/хв. Електрична потужність генератора 75 кВт [15].

Установка для очищення доменного газу на заводі в Дюнкерке має дві системи водяного живлення : одну систему живлення промивальних пристроїв, що працює при тиску 650 кН/м^2 з максимальною витратою $500 \text{ м}^3/\text{год}$, використовують при необхідності обмеження зростання температури води на 10°C , другу систему живлення електростатичного пилоосаджувача з

максимальною витратою води 50 м³/год для кожного пилоосаджувача використовують при тиску 365 кН/м². Спеціальний прилад служить для регулювання тиску води в контурі електростатичного пилоосаджувача. Він підтримує постійну різницю між тиском води на вході в пилоосаджувач і тиском газу.

Джерелом забруднень повітряного басейну також є загрузочні пристрої доменних печей. Для очищення шкідливих викидів із загрузочного міжконусного простору на доменних печах застосовуються системи газоочищення, що складаються із зрошувального газоходу, шламловлювача, регульованої труби Вентурі з краплеловлювачем (рис. 1.5).



1 - доменна піч; 2 - атмосферний клапан; 3 - труба Вентурі;
4 - зрівняльний газопровід; 5 - краплеловлювач; 6 - колектор очищеного доменного газу; 7 - зрошуваний газохід; 8 - трубопровід напівчистого газу;

Рисунок 1.5 - Схема очищення газів з міжконусного простору:

Газ звільняється від великого пилю в зрошуваному в газоході 7, а коагуляція дрібнодисперсного пилю здійснюється у вертикальній трубці Вентурі 3. Очищення газу від укрупненого пилю відбувається у відцентровому скрубєрі 5 основної системи газоочищення доменної печі. Швидкість газу в горизонтальному зрошуваному газоході 30-35 м/с. Для збільшення енергії газового потоку при проходженні ним до труб Вентурі в неї подають частину газу, що пройшов порожнистий скрубєр газоочищення. Він ежектує в трубу

Вентурі газ з міжконусного простору. За допомогою клапанів в газовому тракті газоочищення підтримується позитивний тиск.

Також для очищення газів, що відходять з міжконусного простору, використовується порожнистий скрубєр і регульована труба Вентурі.

Великим виділенням пилу супроводжуються розвантаження вагонів на рудному дворі і подачі шихтових матеріалів на бункерну естакаду. Концентрація пилу при цих операціях може досягати 1000 мг/м^3 . Особливо тяжкі умови праці в підбункерних приміщеннях доменного цеху, зокрема в районі завантаження матеріалів в скіп. Визначений методами ситового аналізу і повітряної сепарації дисперсний склад пилу, відібраного в підбункерному приміщенні доменного цеху заводу "Криворіжсталь", при щільності її $3,3 \text{ г/см}^3$ наведений в табл. 1.1 [14].

Таблиця 1.1 – Дисперсний склад пилу в підбункерному приміщенні доменного цеху

Розмір часток, мкм	< 1,8	1,8-3,9	3,9-5,4	5,4-9,1	9,1-28,5	28,5-35,7
(% по масі)	1,63	6,22	11,69	22,3	20,23	6,48
Розмір часток, мкм	35,7-40	40-45	45-50	50-56	56-63	>63
(% по масі)	7,29	11,24	3,87	2,29	3,06	3,7

1.2 Характеристика стічних вод доменного виробництва

У доменному виробництві стічні води поступають від охолодження обладнання, очищення газів, гідроприбирання підбункерних приміщень, від розливальних машин і переробки шлаку.

Стічні води від охолодження устаткування є умовно чистими. Кількість їх при водяному охолодженні складає $15-20 \text{ м}^3$ на 1 т чавуну, що виплавляється, при випарному охолодженні $5-10 \text{ м}^3$. Температурний перепад складає $7-8 \text{ }^\circ\text{C}$.

Стічна вода після газоочищення забарвлена в червоно-бурий, темно-сірий або коричневий колір. Температура води, що відходить, зазвичай близько $45-55 \text{ }^\circ\text{C}$. Кількість стічних вод складає $4-6 \text{ м}^3$ на 1000 м^3 газу, що

очищається, або близько 20 м^3 на 1 т чавуну. Для стічної води, що відходить від газоочищення, характерний високий вміст зважених речовин за рахунок часток пилю, що попадають з газу у воду, кількість яких коливається від 500 до 4000 мг/л в середньому при роботі печей з нормальним тиском 2900 мг/л, а при підвищеному до 170 кН/м^2 ($1,7 \text{ кгс/см}^2$) - 1000 мг/л [12].

З підвищенням тиску дугтя під колошником доменної печі, а також при збагаченні повітря киснем і природним газом кількість що виноситься доменним газом пилю і великість її часток зменшуються. Відповідно знижуються концентрація і великість часток зважених речовин в стічній воді від газоочищення (рис. 1.6).

Газ доменних печей, що виплавляють феромарганець, відрізняється від газу доменних печей, що виплавляють передільний або ливарний чавун, ще більшим вмістом пилю, дисперсністю і хімічним складом. Відповідно відрізняються і стічні води.

Приблизний склад стічних вод установок очищення доменного газу приведений в таблиці. 1.2.

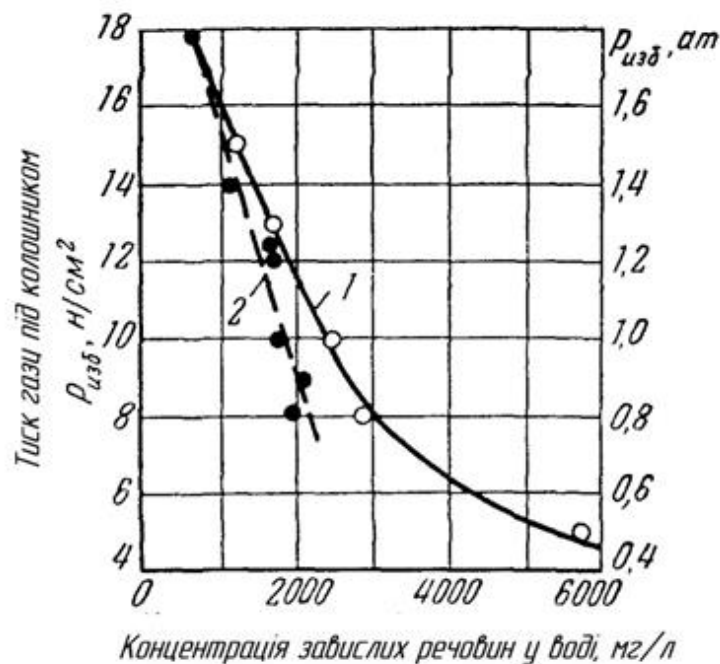


Рисунок 1.6 - Вплив тиску газу під колошником доменної печі на концентрацію завислих речовин в стічній воді газоочищення

Таблиця 1.2 - Склад забруднень стічних вод від очищення доменного газу

Характеристика	При виплавці передільного і ливарного чавуну		При виплавці феромарганця	
	вода що поступає	вода після газоочищення	вода що поступає	вода після газоочищення
Колір	Безбарвна	Червоно-бура	Слабо-сіра	Темно-сіра
Запах, бал	0	4	—	—
Прозорість по шрифту, см	12	I	—	—
Зважені речовини, г/л	0,033	2,065	0,168	1,608
pH	7,7	8,1	—	—
Жорсткість загальна, мг-екв/л	3,5	4,9	2	1,1
Жорсткість арбонатна, мг-екв/л	2,4	3,64	—	
Щільний залишок, г/л	0,22	0,478	—	—
Cl ⁻ г/л	0,034	0,055	2,595	2,391
SO ₄ ²⁻ , г/л	0,013	0,028	0,263	0,288
HCO ₃ ⁻ , г/л	-	0,233	2,922	3,388
CaO, г/л	0,063	0,078	0,014	0,013
MgO, г/л	0,012	0,016	0,02	0,008
SiO ₂ , г/л	0,011	0,013	0,122	0,16
CO ₂ пов'язаний., г/л	0,055	0,801		—
CO ₂ свободн., г/л	—	0,202	—	
CO ₂ агресивн, г/л	0	0-0,01		
окиснюваність, г/л O ₂ :				
у натуральн. воді	0,009	37		
у фільтрів, воді	0,009	0,01		
Ціаніди, г/л		0-0,015	0,022	0,028
Аміак, г/л	—			0,127

При проектуванні водоочисних споруд концентрацію зважених речовин в стічній воді доменного газоочищення при виплавці передільного і ливарного чавунів слід приймати 1500 мг/л при виплавці феросиліцію і феромарганця 2500 мг/л. У стічних водах від газоочищень при виплавці передільного і ливарних чавунів суспензія у воді розміром 0,01-0,1 мм складає 85-90 % і менше 0,01 мм 10-15 %; при виплавці феромарганця суспензія у воді великістю 0,01 мм і менше складає 81 % [13].

При проектуванні водоочисних споруд концентрацію зважених речовин в стічній воді доменного газоочищення при виплавці передільного і ливарного чавунів слід приймати 1500 мг/л при виплавці феросиліцію і феромарганця 2500 мг/л. У стічних водах від газоочищень при виплавці передільного і ливарних чавунів суспензія у воді розміром 0,01-0,1 мм складає 85-90 % і менше 0,01 мм 10-15 %; при виплавці феромарганця суспензія у воді великістю 0,01 мм і менше складає 81 % [12].

Ціаніди в стічних водах при виплавці передільного і ливарного чавунів складаються в основному з цианофератів $\text{Fe}(\text{CN})_6$, нешкідливих для водоймища; при виплавці феромарганцевого чавуну в стічних водах від газоочищення містяться також нерозчинні ціаніди, які є шкідливими для живих організмів, що знаходяться у водоймищі.

Водопостачання доменних газоочищень, як правило, тільки оборотне з очисткою і охолодженням води, що відпрацювала.

Витрату води на зрошування газоочисток розраховують, виходячи з вологості, початковою і кінцевою температури газу, а також температури води, що поступає. У зв'язку з інтенсифікацією доменного процесу, використанням на ряду заводів гарячого агломерату в шихті (слідством чого являється підвищення початкової температури доменного газу) і зростанням вимог до температури чистого газу питома витрата води на скрубери газоочищень доменних печей підвищилася до 6-9 л/м³.

Кількість води, що подається на газоочищення сучасних доменних печей об'ємом 2700-3200 м³, досягає 2-4 тис. м³/год. За проектними даними, для газоочищення доменної печі об'ємом 5000 м³ потрібно 6600 м³/год води, у тому числі 600 м³/год на електрофільтри.

Хімічний склад шламу (табл. 1.2) майже співпадає с хімічним складом пилу.

Гранулометричний склад частинок зависі (ваговий вміст фракцій, %) для різних заводів неоднаковий (табл. 1.3).

Таблиця 1.2 – Хімічний склад шламу доменних газоочисток

Елементи та з'єднання	Вміст, %
Залізо загальне	36.5
Оксид заліза (II)	5.4
Оксид кальцію	7.5
Оксид кремнію	1.6
Оксид алюмінію	0.13
Оксид магнію	0.14
Оксид калію	0.09
Оксид титану (IV)	0.10
Марганець	0.23
Оксид ванадію (V)	0.60
Сірка загальна	0.17
Оксид сірки (VI)	0.53
Нікель	0.016
Мідь	3.80
Цинк	0.026
Миш'як	26.10
Вуглець загальний	23.60

Таблиця 1.3 – Гранулометричний склад шламу доменних газоочисток

Розмір фракцій, мкм	Заводи				Розмір фракцій, мкм	Заводи			
	А	Б	В	Г		А	Б	В	Г
<1	10	4	31	0,5	100	6	10	14	13
5	60	43	36	19	250	0,3	7,5	1	7,2
10	10	15	9	30	>250	0,7	0,5	—	0,3
40	13	20	9	30					

Для очисних споруд, що проектуються, приймається гранулометричний склад згідно табл. 1.4.

Концентрація механічних домішок, що містяться в стічних водах, їх гранулометричний склад і фізико-хімічні властивості залежать від складу шихти і тиску газів під колошником. Тому перед вибором типу споруди для очищення стічних вод і визначенням їх продуктивності необхідно вивчити процес осадження суспензії і її флокуляційні властивості як без застосування коагулянтів і флокулянтів, так і з їх застосуванням. Найчастіше концентрація суспензії в стічних водах коливається від 1,0 до 2,1 г/л, а на деяких доменних

печах знаходиться на рівні 0,5 г/л.

Таблиця 1.4 - Гранулометричний склад шламу газоочисток доменних печей

Клас крупності	Вміст по масі, %
>2.5	0.2
1.6-2.5	0.1
1.0-1.6	0.4
0.63-1.0	0.9
0.315-0.63	2.5
0.16-0.315	1.7
0.10-0.16	1.3
0.063-0.10	2.5
0.05-0.063	3.5
0.032-0.050	14.4
0.016-0.032	36.8
0.008-0.016	17.5
менше 0.008	18.2

Освітлення води відбувається дуже повільно. Допустима концентрація суспензії в освітленій воді 150-200 мг/л (окрім електрофільтрів, для яких потрібно чистішу воду - до 100 мг/л) досягається при $u_0 = 0,1-0,6$ мм/с, тобто відповідає питомому гідравлічному навантаженню на відстійники 0,4- 2,1 м³/(м²·год). В деяких випадках, коли зважені речовини мають підвищену схильність до природної флокуляції, навантаження може досягати 3 м³/(м²·год) [12].

Застосування флокулянта ПАА трохи прискорює процес освітлення. Істотно інтенсифікується осадження суспензії при застосуванні коагуляції хлорним залізом або сірчаноокислим алюмінієм спільно з ПАА. При цьому швидкість осадження може досягати 3 мм/с. Використання електролітів для коагуляції суспензії пов'язане з введенням в оборотну воду небажаних аніонів. У зв'язку з цим актуальним є пошук фізико-хімічних методів коагуляції, наприклад за допомогою електрокоагуляції.

Кінетика випадання осаду зі стічних вод від очищення доменного газу, що виходить при виплавці передільного та ливарного чавунів залежить від

ряду факторів: складу руди та підготовки шихти, що завантажується в доменні печі, тиску газу під колошником доменної печі, режиму її роботи та ін. графіків 1 (рис. 1.4), кінетика випадання осаду зі стічних вод доменного газоочищення на ряді заводів, що використовують руди різних родовищ та агломерат різного приготування, далеко не однакова. Однак основна маса завислих речовин випадає протягом 30-40 хв, і близько 5-10% загальної кількості завислих речовин залишається у воді протягом багатьох годин. Наявність цих дрібних частинок обумовлює забарвлення води, яка зникає дуже повільно. Найменша швидкість випадання з води 90% осаду, що забезпечує в очищеній і подається споживачеві воді концентрації суспензії не понад 150 мг/л, $u_0 = 0,06-0,08$ мм/с.

Зазначеними дослідженнями було встановлено залежність між найменшою швидкістю випадання осаду та тиском газу під колошником доменної печі від 0,12 до 0,5 ат.

Так, необхідний ступінь очищення стічної води (150 мг/л) досягалася за таких умов:

$P_{\text{над}}$ під колошником, н/см ² (ат). . .	1,2-5 (0,12-0,5)	8-10 (0,8-1)	13-15 (1,3-1,5)
Швидкість випадання осаду, мм/сек. .	0,4-0,55	0,25	0,06-0,08

Кінетика випадання осаду зі стічних вод від очищення доменного газу, що виходить при виплавці феромарганцю та феросиліцію (рис. 1.7, крива 7), значно відрізняється від наведеної.

Очевидно, що освітлення стічних вод від очищення доменного газу при виплавці чавунів передільного і ливарного можливе осадженням до вмісту суспензії 150—200 мг/л без застосування коагулянту; освітлення стічних вод від очищення доменного газу при виплавці феромарганця і феросиліцію до тієї ж концентрації суспензії можливе тільки при коагулюванні води.

Якщо необхідно форсувати роботу відстійників зі збільшеним навантаженням, що знаходяться в експлуатації або знову проектуються, рекомендується коагулювання стічної води. При освітленні стічних вод від

очищення доменного газу при виплавці передільного та ливарного чавунів можуть бути застосовані такі коагулянти в кількостях: 1) залізний купорос FeSO_4 20 мг/л і вапно (вважаючи CaO) 10 мг/л; 2) поліакриламід 0,2 мг/л та сірчаноокислий алюміній $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 10-20 мг/л.

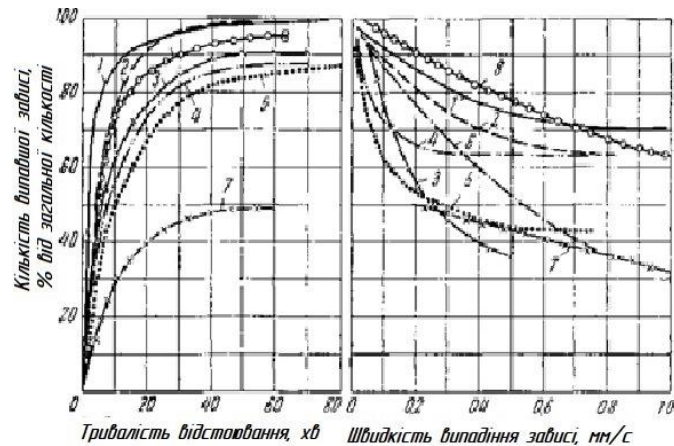


Рисунок 1.7 - Кінетика процесу випадання суспензії зі стічних вод доменної газоочистки при роботі печей з високим тиском газу під колошником (криві 1-7) і з низьким тиском (крива 8).

Встановлено, що наявність цинку в шихті та стічній воді від доменного газоочищення прискорює процес освітлення води. Крім того, доцільною була б спільне очищення стічних вод від доменної газоочищення, що містить багато вільної вуглекислоти CO_2 і гідрокарбонатної вуглекислоти, і води від розливних машин, що містить луг у вигляді розчину вапна $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Для розрахунку водоочисних споруд у системі оборотного водопостачання газоочистки при роботі доменних печей з підвищеним тиском під колошником рекомендується приймати такі концентрації забруднень у воді, що відпрацювала:

при виплавці передільного та ливарного чавунів – завислих речовин 1500 мг/л та вільних ціанідів – до 15 мг/л.

при виплавці феромарганцевого чавуну - завислих речовин 2700 мг/л, вільних ціанідів - до 100-175 мг/л і вільних роданідів - до 13 мг/л.

Оборотна вода в тому та іншому випадку повинна бути очищена до

концентрації суспензії 150 мг/л, хоча допускається до 200 мг/л. Температура відпрацьованої води $t_2 = 45-50$ ° C; охолодженої очищеної води - до $t_1 = 30-35$ ° C.

Відпрацьовану воду від очищення газу доменних печей, що виплавляють передільний і ливарний чавуни, слід очищати від зважених речовин у радіальних відстійниках без коагулювання з гідравлічним навантаженням до 1,5 м³/год на 1 м² площі відстійників. Практика заводів показує, що у очищеній за такої режимі воді залишається суспензії трохи більше 150 мг/л. Видалення невеликих концентрацій ціанідів з оборотної води не потрібно.

Відпрацьовану воду від очищення газу доменних печей, що виплавляють феромарганцевий чавун, рекомендується піддавати очищенню від завислих речовин також у радіальних відстійниках з знешкодженням ціанідів залізним купоросом і подальшим підлужуванням для підтримки рН води в межах 9-10. При цьому потрібна велика витрата залізного купоросу та вапна.

1.3 Системи очищення стічних вод доменного виробництва

Доменний газ очищають від пилу і охолоджують водою, потім спалюють в топках котлів, повітрянагрівачах і коксових печах. При цьому газ має бути очищений від пилу до змісту її не більше 4 мг/м³ газу, а також осушений до змісту вологи в нім не більше 40-45% шляхом зменшення температури внаслідок зіткнення з холодною водою.

При очищенні доменного газу в скруберах, трубах-водорозпилювачах, дросельних пристроях і електрофільтрах вода захоплює за собою механічні домішки (частки руди, коксу і вапняку) і хімічні сполуки (сульфати, хлориди, іноді роданіди і ціаніди), а також газу.

Для освітлення стічних вод упродовж багатьох років використовувалися радіальні відстійники звичайних конструкцій діаметром від 26 до 60 м. Нині

для очищення стічних вод деяких великих доменних печей об'ємом 2700-3200 м³ застосовують радіальні відстійники вдосконаленої конструкції з двома водозбірними лотками (рис. 1.8).

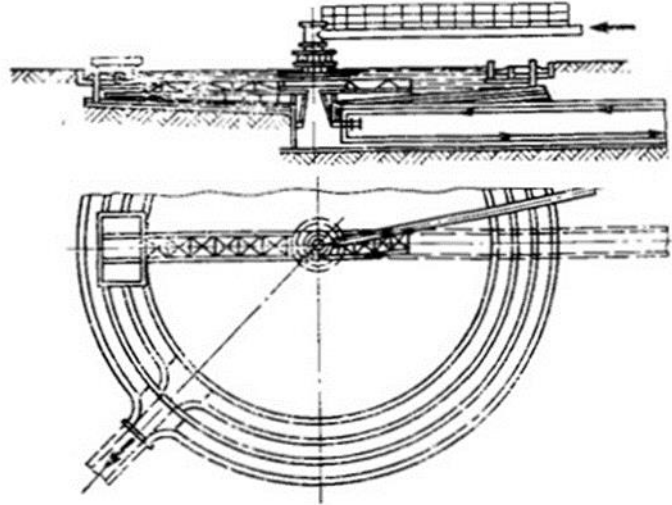


Рисунок 1.8 - Радіальний відстійник з двома водозбірними лотками

На основі досліджень флокулюємості суспензії стічних вод газоочищень металургійних печей і агрегатів розроблені способи очищення стічних вод у відкритих гідроциклонах, флокуляторах і відстійниках з камерою флокуляції.

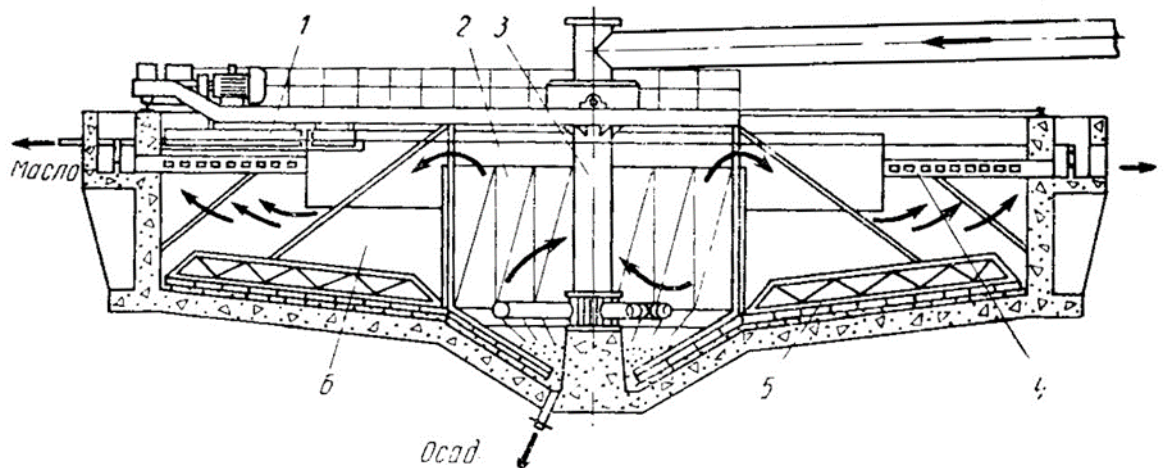
Швидкість флокуляції суспензії залежить від градієнтів швидкостей потоку, зокрема від градієнтів швидкостей найдрібніших турбулентних пульсацій. Крім того, на процес флокуляції чинить вплив час перемішування води. Встановлено, що градієнт швидкості не повинен перевищувати 30-45 1/с; час перемішування знаходиться в межах 20 хв [12].

При проектуванні флокуляційних зон очисних споруд слід набувати вказаних значень градієнтів швидкостей і часу флокуляції.

Розроблена конструкція відстійника діаметром 30 м з камерою флокуляції (рис. 1.9).

У цьому відстійнику пристрій для розподілу початкової води виконаний у вигляді радіальних труб з соплами, спрямованими тангенціально по відношенню до стінки камери флокуляції. У центрі відстійника змонтована

камера флокуляції діаметром 10 м, обмежувальна стінка якої підвішена до поворотного моста. Нижня кромка обмежувальної стінки з дном резервуару утворює мінімальний проміжок, що ущільнюється в процесі роботи осадом, а верхня кромка розташована нижче за рівень води. Відстійники мають систему розосередженого збору освітленої води [5].



- 1 - маслзбірна система; 2 - камера флокуляції;
 3 - пристрої для розподілу води; 4-водозбірні труби;
 5 - скребкова ферма; 6 - зона осадження
 1 – корпус; 2 – патрубок підводу забрудненої води; 3 – скребкова ферма;

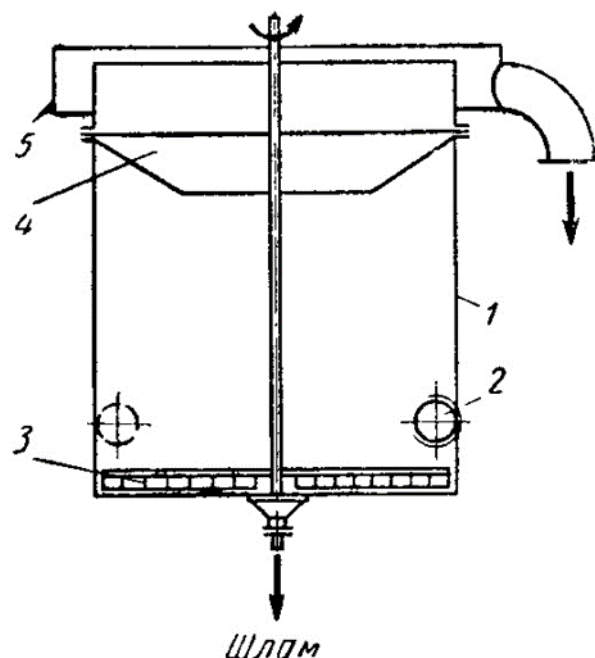
Рис.1.9 - Відстійник з камерою флокуляції гідроциклонного типу:

Відстійники з камерою флокуляції використовують для очищення стічних вод газоочищення доменної печі об'ємом 5000 м³. В процесі експлуатації відстійників встановлено, що при гідравлічному навантаженні 2 м³/(м²·год) вміст суспензії в освітленій воді складає 100-150 мг/л, при навантаженні 2,8-3,3 м³/(м²·год) - відповідно до 150-200 мг/л (без коагуляції). У разі коагуляції навантаження на ці відстійники може бути збільшене до 5 м³/(м²·год). Вказані параметри отримані при очищенні стічних вод заводу А, що відрізняється порівняно дрібнодисперсним складом суспензії.

Досвід експлуатації відстійників з камерою флокуляції показав, що витрату шламової пульпи слід приймати 50-150 м³/год. При цьому циклічне

відкачування пульпи, мабуть, доцільно здійснювати при більшому значенні вказаної витрати.

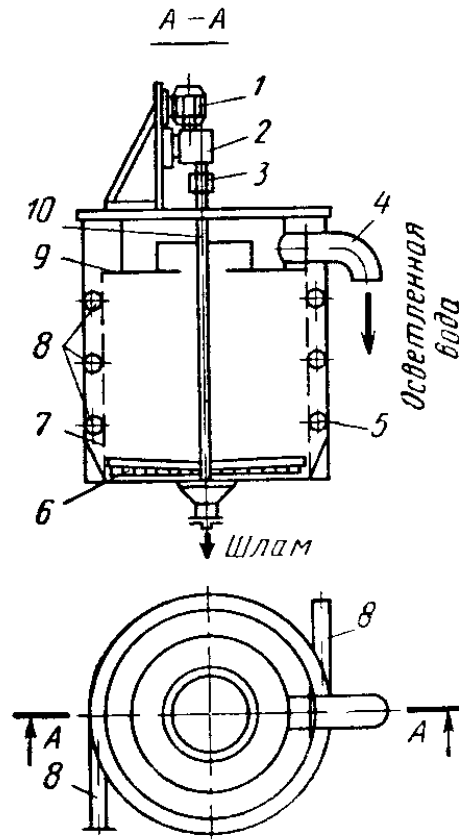
Встановлено, що відкриті гідроциклони доцільно застосовувати для освітлення порівняно невеликих кількостей стічних вод (близько 1000-2000 м³/год), що мають значну концентрацію суспензії і високі флокуляційні властивості (природними або виниклими внаслідок застосування реагентів). Проте при значній витраті стічних вод (близько 5000-7000 м³/год) потрібно 20-25 гідроциклонів діаметром 5-6 м, що ускладнює експлуатацію систем оборотного водопостачання. У зв'язку з цим для очищення стічних вод газоочищень сучасних доменних печей рекомендується застосовувати відстійники зі вбудованою камерою флокуляції. Одночасно з цим удосконалюються апарати циклонного типу. Запропоновано флокулятор - апарат, в якому поєднані конструктивні елементи відкритого гідроциклона і радіального відстійника (рис. 1.10).



- 1- корпус; 2 – патрубок підводу забрудненої води; 3 – скребкова ферма
4 – конічна діафрагма; 5 – лоток освітленої води;

Рисунок 1.10 – Флокулятор

Апарат складається з циліндричного корпусу з плоским дном, тангенціальних патрубків для підведення забрудненої води, діафрагми з лотком для збору освітленої води, ферми для видалення осаду. Конструкція може бути доповнена периферичною камерою для розподілу води (рис. 1.11).



- 1 - електродвигун; 2 - редуктор; 3 - муфта;
 4 - патрубок для відведення освітленої води; 5 - корпус; 6 - скребкова ферма;
 7 - циліндрична перегородка; 8 - тангенціальні патрубки;
 9 - плоска діафрагма з лотком; 10 - вал з розподільною камерою

Рисунок 1.11 - Флокулятор з периферичною камерою для розподілу води

Встановлено, що у флокуляторі з плоскою діафрагмою і розосередженим впусканням води вміст зважених речовин (150 мг) на 1 л освітленої води досягається при навантаженні до $15 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$. Найкращі результати освітлення води виходять при навантаженні 10 - 11 $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$. Вивчення освітлення стічних вод у флокуляторе показало, що такий же ефект очищення досягається при навантаженні до $16 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ (рис. 1.12).

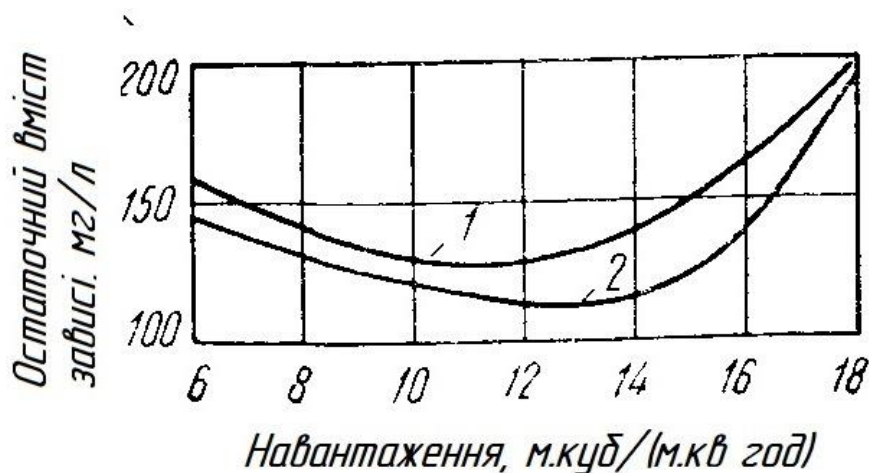


Рисунок 1.12 - Освітлення води у флокюляторі діаметром 1400 мм з розподільною камерою (2) і без неї (1)

Кількість сірчаноокислого алюмінію в усіх випадках складає 35 мг/л, а ПАА - до 1 мг/л. Витрата шламової пульпи, що відводиться з флокюляторів, слід приймати 3-5% від витрати води, що очищається.

Гіпропром розробив проект системи оборотного водопостачання газоочищень доменних печей заводу "Запоріжсталь" з використанням як очисних споруд флокюляторів діаметром 12 м. Установа відрізняється компактністю, продуктивність її 6-7 тис. м³/год. Механізм для видалення осаду виконується на базі устаткування для згущувачів. Довжина валу приводу складає приблизно 10 м.

У всіх випадках для доменного газоочищення влаштовують систему оборотного водопостачання з очищенням води, що відпрацювала, в радіальних відстійниках і охолодженням на вентиляторних градирнях з бризкальним зрошувачем; лише на небагатьох заводах охолодження оборотної води газоочищення проводиться в бризкальних басейнах або баштових градирнях з бризкальним зрошувачем. Безповоротні втрати оборотної води компенсуються додатковою водою з джерела або інших циклів (теплової електроцентралі, пароповітродувної станції, доменного цеху та ін.). Схема оборотного водопостачання доменного газоочищення показано на рис. 1.13.

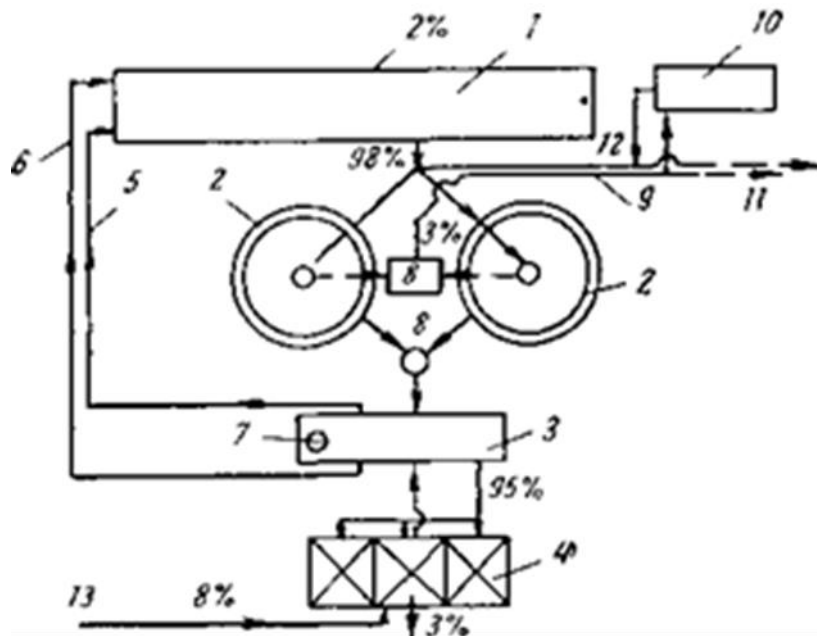


Рисунок 1.13 - Схема оборотного водопостачання доменного газоочистки при виплавці передільного та ливарного чавунів. Цифрами (%) показано баланс води в оборотному циклі водопостачання газоочищення, стрілки біля споруди показують безповоротну втрату води

Стічна вода виходить з газоочищення 1 з температурою 45-55 ° С, що містить від 0,5 до 5 г/л (в середньому 1,5 г/л) завислих речовин, надходить у радіальні відстійники 2, де кількість зважених у ній речовин знижується до 50-150 мг/л [13].

З відстійників вода надходить до насосної станції 3, звідки насосами подається для охолодження на градирню або бризковий басейн 4, де температура її знижується до 30-35° С. Другою групою насосів, встановлених на тій же насосній станції, охолоджена вода подається по трубопроводах 5 та 6 знову на газоочищення.

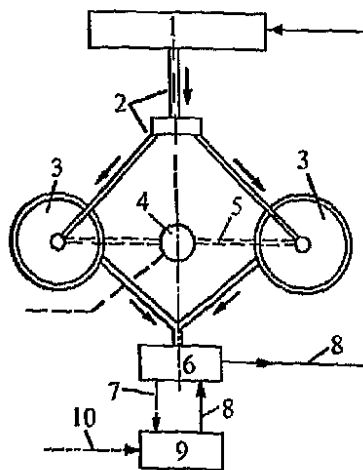
При виплавці в доменних печах феромарганцю зважені речовини у воді від газоочищення дрібніші, ніж зазвичай; вміст їх після відстійників коливається не більше 300—600 мг/л. У цьому випадку на безперервне промивання електрофільтрів трубопроводом подавали воду, освітлюючи її додатково в піщаних напірних фільтрах 7, встановлених в одному будинку з насосною станцією. Останнім часом відмовляються від додаткового

очищення води на піщаних фільтрах, а безперервне промивання електрофільтрів (де вони ще збереглися) виробляють водою, очищеною лише у відстійниках. Осілий у відстійнику шлам подається шламовою насосною станцією 8 по шламопроводу 9 на установку зневоднення шламу 10 або по трубопроводу 11 в шламонакопичувач; освітлена вода з шламонакопичувача повертається в радіальний відстійник трубопроводом 12.

Втрати води в зворотному циклі поповнюють водою з джерела трубопроводу 13.

У системах мокрих газоочисток застосовують також інші схеми оборотного водопостачання. Одна з них представлена на рис. 1.14.

Залежно від хімічного складу уловлюваного пилу і газів, що очищаються, вода оборотного циклу має придбати і кислу, і лужну реакції. Кисла реакція обумовлена переходженням у воду іонів SO_4 і Cl . Лужну реакцію вода в більшості випадків отримує при вмісті в пилі підвищеної кількості вапна. Для запобігання утворенню міцних карбонатних відкладень застосовують фосфатування оборотної води.



- 1 - газоочищення; 2-самопливні лотки; 3-радіальні відстійники;
 4 - шламова насосна станція; 5 - тунелі всмоктуючих трубопроводів;
 6-насосна станція; 7 - трубопроводи нагрітої води;
 8 - трубопроводи охолодженої води; 9 - градирня;
 10 - трубопровід додаткової свіжої води

Рисунок 1.14 - Схема водного господарства доменного газоочищення :

Система оборотного водопостачання зазвичай включає відстійники для осадження зважених домішок, пристрої для охолодження оборотної води, насоси для перекачування освітленої води на пристрої, що охолоджують, і насоси для подачі води, що охолоджує, в систему газоочищення приймають насоси середнього тиску (НСД) з установкою їх під затокою; градирні - вентилятори, секційні з навантаженням до 5-7 м³/год на 1 м² корисної площі градирні.

У багатьох випадках забруднену воду не вдається подати у відстійники самопливом, що викликає необхідність застосування спеціальних насосів.

Хімічна обробка води, якщо вона потрібна, здійснюється зазвичай у відстійниках.

Найбільш поширені радіальні відстійники, що є круглими залізобетонними резервуарами діаметром 20-30 м і більше, і з дном, що має ухил 0,133 до центру. Вода по спеціальному жолобу поступає в центральну частину відстійника, звідки повільно рухається в радіальному напрямку.

Досягнувши стінки, освітлена вода через зубчастий водозлив переливається в круговий лоток, з якого по трубопроводу відводиться до насосів освітленої води. Осад, що випав на дно відстійника, безперервно згрібається спеціальними шкрябаннями до центру відстійника, звідки у вигляді пульпи відводиться по трубах до шламових насосів, що перекачують його в шламонакопичувач або на зневоднюючу установку. Шкрябання прикріплені до ферми, яка обертається навколо центру відстійника за допомогою електрифікованої теліжки, рухомої по круговій рейці, укладеній по борту відстійника.

Лотки, що подають брудну відпрацьовану воду з газоочищення в радіальні відстійники, повинні мати мінімальну протяжність, коефіцієнт шорсткості в них слід приймати не менше 0,016 і ухил, забезпечуючий швидкість 1,10-1,25 м/с; кути повороту мають бути не менше 90 °С радіусом закруглення 3-5 м

Стічні води освітлюються в два ступені: у відстійниках-пастках з 3-5

хвилинним перебуванням і в горизонтальних або радіальних відстійниках з гідравлічним навантаженням $1-1,5 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$. У освітленій воді залишковий вміст зважених речовин складає $150-200 \text{ мг/л}$. Вказане навантаження може бути підвищено до $2-2,5 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ при немарганцевистій руді і нормальному тиску під колошником. При підвищенні питомого навантаження в два рази ефект освітлення знижується всього на $5-7 \%$. Підвищення ефективності відстійників можливо зменшенням навантаження в результаті добавки коагулянту (вапна, глинозему, залізного купоросу, поліакриламід). Добавка коагулянту сприяє підвищенню питомого завантаження до $3-4 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 .

При необхідності стічні води треба нейтралізувати від кислот і знешкоджувати від ціанідів. При організації оборотного водопостачання необхідно передбачати стабілізацію оборотної води. Для лужних вод нейтралізація не потрібна.

Безповоротні втрати оборотної води компенсуються додатковою водою з джерела або з інших циклів (тепловій електроцентралі, ПВС, та ін.).

2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок реагентного господарства

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.

$$G_{\text{ПАА}} = \frac{1 \cdot 55\,200}{0,08 \cdot 10^6} = 0,69 \text{ т/доб.}$$

Робочий об'єм 1%-го розчину ПАА дорівнює 69 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 м², м² ;

α - коефіцієнт, що враховує площу проходів;

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

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

$$n = \frac{G_{\text{ПАА}} \cdot 15}{50}, \quad (2.3)$$

$$n = \frac{690 \cdot 15}{50} = 207 \text{ шт.}$$

Тоді

$$F = \frac{207 \cdot 0,3 \cdot 1,15}{4} = 17,85 \text{ м}^2.$$

Приготування розчину ПАА роблять у видаткових баках, місткість яких визначають за формулою, м³:

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

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

Q – витрата води, м³/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.

$$W_p = \frac{1 \cdot 2\,300 \cdot 10}{10\,000 \cdot 0,1 \cdot 1} = 23 \text{ м}^3.$$

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, m^3 .

$$W_{p1} = \frac{23}{2} = 11.5 m^3 = 12 m^3.$$

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

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

Витрату насосів-дозаторів розраховують за формулою, $m^3/год$:

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

де W_p - місткість видаткових баків, m^3 ;

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

$$Q_n = \frac{23}{24 \cdot 10} = 0,095 m^3/год = 95 л/год.$$

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

Змішання 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, $m^3/с$:

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

де Q – витрата води, $m^3/с$:

n – кількість змішувачів.

$$Q_1 = \frac{0,64}{2} = 0,32 \text{ м}^3/\text{с}.$$

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

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

де Q_1 - 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.

$$F_B = \frac{0,32}{0,03} = 10,67 \text{ м}^2.$$

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, м².

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{4 \cdot 10,67/3,14} = 3,69 \text{ м}.$$

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, м³/с.

$$d_{\pi} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,32}{3,14 \cdot 0,5}} = 0,9 \text{ м/с.}$$

Тоді

$$h = (3,69 - 0,9) / (2 \sin 45/2) = 3,94 \text{ м.}$$

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

$$V_{\kappa} = \pi \cdot h (D_{\zeta}^2 + d_{\pi}^2 + D_{\zeta} \cdot d_{\pi}) / 12. \quad (2.12)$$

$$V_{\kappa} = 3,14 \cdot 3,94 (3,69^2 + 0,9^2 + 3,69 \cdot 0,9) / 12 = 18,3 \text{ м}^3.$$

Обсяг змішувача, м³:

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

де t – час змішання [4], 1,2...2 хв.

$$V_{\text{зм}} = 0,32 \cdot 1,5 / 60 = 0,008 * 3600 = 28,8 = 29 \text{ м}^3$$

Обсяг верхньої частини змішувача, м³:

$$V_{\text{в}} = V_{\text{зм}} - V_{\kappa}. \quad (2.14)$$

$$V_{\text{в}} = 29 - 18,3 = 10,7 \text{ м}^3.$$

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

м:

$$h = V_{\text{в}} / F_{\text{в}}. \quad (2.15)$$

$$h = 10,7 / 10,67 = 1,0028 \text{ м.}$$

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.

$$n_{\text{отв}} = 4 \cdot 0,32 / (3,14 \cdot 0,05^2 \cdot 1) = 162$$

Крок отвору розраховується за формулою, мм:

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

$$l_{\text{отв}} = 3,14 \cdot 3,69 / 162 = 0,072 \text{ мм.}$$

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.

$$F_{\text{л}} = \frac{0,32}{0,6} = 0,53 \text{ м}^2.$$

Ширина лотку, м :

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

$$h_{\text{л1}} = \sqrt{0,53} = 0,73 \text{ м.}$$

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

$$h_{л2} = 0,73 + 0,05 = 0,78 \text{ м.}$$

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

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

$$h_{л}^{\perp} = h_{л2} = 0,78 - \frac{3,14 \cdot 3,69}{2} \cdot 0,02 = 0,66 \text{ м.}$$

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.

$$f_{к.х.} = 1150 \cdot 20 / (60 \cdot 4) = 95,8 \text{ м}^2.$$

Діаметр камери хлоп'єутворення, м:

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

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

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

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

$$V'_{oc} = \frac{100 \cdot G_{cyx} \cdot 1.2}{(100 - W'_{oc}) \cdot \rho'_{oc}}, \text{ м}^3/\text{ГОД}, \quad (2.26)$$

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

Приймає $W'_{jc} = 97\%$;

ρ'_{oc} - щільність осаду, т/м³; приймає щільність осаду рівною щільності води, тобто $\rho'_{oc} = \rho_e = 1000 \text{ кг/м}^3 = 1 \text{ т/м}^3$

G_{cyx} - маса вловленого осаду, т/ч:

$$G_{cyx} = \frac{C_n \cdot \Theta \cdot Q}{10^6} = \frac{2900 \cdot 0,95 \cdot 1800}{10^6} = 5 \text{ т/ч}, \quad (2.27)$$

де $\Theta = \frac{C_n - C_k}{C_n} = \frac{2900 - 150}{2900} = 0,95$ - ефект освітлення;

C_n - початкова концентрація суспензії, мг/л;

C_k - кінцева концентрація суспензії, мг/л;

Q - витрата стічної води, м³/год.

Тоді

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

2. Щільність осаду, який поступає від сгушувача, т/м³:

$$\rho''_{oc} = \frac{\rho'_{oc} \cdot W''_{oc} + \rho_{взг} (100 - W''_{oc})}{100} = \frac{1 \cdot 60 + 4,2(100 - 60)}{100} = 2,28 \text{ т} / \text{м}^3, \quad (2.28)$$

де W''_{oc} - вологість осаду в сгушувачі, %, $W''_{oc} = 60\%$

$\rho_{взг}$ - щільність зважених речовин, т/м³

Тоді обсяг осаду від згушувача, м³/год:

$$V''_{oc} = \frac{100 \cdot G_{сyx} \cdot 1.2}{(100 - W''_{oc}) \cdot \rho'_{oc}} = \frac{100 \cdot 5 \cdot 1,2}{(100 - 60) \cdot 2,28} = 6,58 \text{ м}^3 / \text{ч}, \quad (2.29)$$

3. Щільність кеку після фільтр-пресу, т/м³

$$\rho'''_{oc} = \frac{\rho'_{oc} \cdot W'''_{oc} + \rho_{взг} (100 - W'''_{oc})}{100} = \frac{2,28 \cdot 30 + 4,2(100 - 30)}{100} = 3,62 \text{ т} / \text{м}^3 \quad (2.30)$$

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

Обсяг кеку після фільтр-пресу, м³/год:

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

Кількість фільтрату, що поступає в приймальний резервуар від згущувача, м³/год:

$$Q_1 = V'_{oc} - V''_{oc} = 200 - 6,58 = 193,42 \text{ м}^3 / \text{ч} . \quad (2.31)$$

Кількість фільтрату, що поступає в приймальний резервуар від фільтр-пресу, м³/год:

$$Q_2 = V''_{oc} - V'''_{oc} = 6,58 - 2,37 = 4,21 \text{ м}^3 / \text{ч} .$$

Тоді в приймальному резервуарі фільтрату кількість води складе:

$$Q_\phi = Q_1 + Q_2 = 193,42 + 4,21 = 197,63 \text{ м}^3 / \text{ч} . \quad (2.32)$$

Відкриті гідроциклони з конічною діафрагмою застосовують при витраті стічних вод на один апарат до 200 м³/год для очищення від крупно-і дрібнодисперсних домішок гідравлічною крупністю 0,2 мм/с і більше, а також коагульованої суспензії. Для відкритих гідроциклонів передбачають:

- видалення шламу під гідростатичним тиском води;
- затримання спливаючих домішок кільцевих полузануреним щитом перед водозливом на відстані не більше 50 мкм.

- видалення спливаючих речовин занурюваної лійкою.

Конструктивні параметри гідроциклону з конічною діафрагмою:

- 1) діаметр апарату, 6м,
- 2) висота циліндричної частини, 6м,
- 3) кількість впуску, 2 шт ,
- 4) кут конічної частини, 600 ,
- 5) кут корпусу діафрагми, 900 ,
- 6) діаметр центрального отвору в діафрагмі, 3м,
- 7) висота водозливу стінки над діафрагмою, 0,5м,

8) діаметр водозливної стінки 6,2м,

9) діаметр напівзанурювальної кільцевої перегородки, 6м,

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

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

$$q_{z.ч} = 3.6 \cdot K_{z.ч} \cdot U_0$$

$$U_0 = \frac{q_{z.ч}}{3.6 \cdot K_{z.ч}} = \frac{5}{3.6 \cdot 1.98} = 0.7 \text{ м/с} \quad (2.33)$$

Тоді

$$q_{z.ч} = 3.6 \cdot 1.98 \cdot 0.7 = 4.99 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{ч})$$

продуктивність одного гідроциклону, м³/год

$$Q_{zч} = 0.785 \cdot q_{zч} \cdot D_{zч}^2 = 0.785 \cdot 4.99 \cdot 6^2 = 141 \text{ м}^3 / \text{ч} . \quad (2.34)$$

Кількість гідроциклонів, шт:

$$N = \frac{Q_{обц}}{Q_{zч}} = \frac{2040.31}{141} = 15 \text{ шт} . \quad (2.35)$$

Діаметр впуску, м:

$$d_{en} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{обц}}{3600 \cdot N \cdot n_{en} \cdot V_{ex} \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2040.31}{3600 \cdot 15 \cdot 2 \cdot 0.3 \cdot 3.14}} = 0.28 \text{ м} \quad (2.36)$$

приймаємо $d_{en} = 300 \text{ мм} .$

2.3 Гравітаційне згущення осадів.

Питому площу згущення визначають за формулою, м²год/т:

$$S_{уд} = \frac{R_{и} - R_{к}}{V \cdot \Delta}, \quad (2.37)$$

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:

$$S = G_{сух} \cdot S_{уд} = \frac{147}{24} 3,87 = 23,17, \quad (2.38)$$

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

Приймаємо два згущувача марки Ц-4 площею 13 м²

2.4 Розрахунок фільтр-пресів

Кількість фільтрів:

$$F_{\phi} = \frac{G_{сух}}{q_{ос}}, \quad (2.39)$$

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

$$F_{\phi} = \frac{147000}{24 \cdot 90} = 71 \text{ м}^2.$$

Приймаємо 3 фільтр-преса типу ФПАКМ-25 та один резервний фільтр [5].

Повітродувка для просушки осаду.

Витрата повітря для просушки осаду визначається за формулою:

$$Q_{\text{возд1}} = N_{\phi} \cdot F_{\phi} \cdot V_{\text{пов}}, \quad (2.40)$$

де N_{ϕ} – кількість фільтрів, шт.;

F_{ϕ} – площа, яка фільтрується, м^2 ;

$V_{\text{пов}}$ – питома витрата повітря, $\text{м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{хв})$

$$Q_{\text{возд1}} = 3 \cdot 25 \cdot 0,2 = 15 \text{ м}^3/\text{хв} = 900 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Приймаємо повітродувку типу BL920002150 [5].

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

Нормованими параметрами безпеки доменного процесу є маса, склад та швидкість руху шихтових матеріалів, тиск, склад та температура дуття. Перебіг фізико-хімічних процесів за оптимальних параметрів відповідає найвищому рівню безпеки, тобто. рівному ходу печі або нормальним умовам її роботи. Для забезпечення нормального ходу печі в залежності від умов плавлення встановлюють оптимальні технологічні параметри: кількість та якість дуття, інтенсивність горіння коксу, основність шлаку, витрата природного газу, вміст кисню у дутті, тиск газу на колошнику [19].

На практиці в доменному процесі постійно виникають відхилення від нормальних параметрів, що знижують рівень безпеки та призводять до виникнення небезпечних виробничих факторів. У доменному виробництві понад 41% нещасних випадків від загального їх числа відбувається під час плавки чавуну та випуску чавуну та шлаку [19].

При аналізі аварій у доменних цехах встановлено, що на кожух доменної печі припадає у середньому 12% аварій, на охолоджувальну арматуру доменної печі - 44%, обладнання та пристрої печі, які забезпечують випуск продуктів плавки - 7% [20].

Основними відхиленнями від нормальних параметрів (видами розладу ходу печі), що викликають зниження рівня безпеки, є: охолодження, підігрів, тугий хід, підвисання шихти, периферійний хід, каналний хід, односторонній хід, захаращення горна тугоплавкими масами.

Порушення доменного процесу, пов'язані із змінами фізико-хімічних параметрів, призводять до зміни технології плавки, впливають на технічний стан агрегату та безпеку обслуговуючого персоналу. Наслідком порушень є утворення гарнісажу, прогар холодильників, розрив кожуха печі, перегрів засипного апарату, захаращення горна, горіння приладів фурм, заливка фурм шлаком, горіння шлакових льоток. Це призводить до виділення через нещільності кладки і кожуха доменного газу, потрапляння в піч води,

скорочення довжини чавунної льотки, аварійним прогарам чавунних і шлакових фурм, викиду розпечених мас через розриви кожуха, засмічення каналу льотки коксовим сміттям під час випуску чавуну. Всі ці явища можуть спричинити нещасні випадки.

Для усунення порушень доменного процесу вживають різноманітних заходів. Як правило, максимальний ефект отримують у тому випадку, якщо розлад ходу доменної печі виявлено в початковій стадії і заходи, що вживаються, впливають на фактори, що викликали порушення нормального ходу процесу.

3.1 Безпека технологічного процесу і обладнання доменного виробництва

3.1.1 Безпека технологічного процесу

Найбільш складними операціями при веденні доменної плавки, що вимагають суворого дотримання вимог безпеки, є роботи з обслуговування горна доменної печі. Чавунна льотка є найбільш відповідальною частиною горна доменної печі.

Найбільш важливими операціями з обслуговування доменної печі, від яких залежать нормальна робота та безпека обслуговуючого персоналу, є підготовка чавунної льотки до випуску та випуску чавуну через те, що чавунна льотка періодично піддається впливу теплових ударів і значних теплових і механічних навантажень. Це призводить до розмивання каналу льотки чавуном та шлаком під час випуску у зв'язку з недостатньою міцністю та шлакостійкістю льотної маси та надходження чавуну до льоткових холодильників. Чавун, що підійшов до холодильників, оплавляє їх, що іноді призводить до прориву горна. Незадовільний стан футеровки створює небезпеку виникнення екстремальних відхилень у роботі доменної печі, тому

своєчасний ремонт футляра чавунної льотки є важливим фактором забезпечення безпеки процесу.

Велику небезпеку в доменному виробництві становить прогар повітряних та шлакових фурм, а також холодильників системи водяного охолодження вогнетривкої футеровки доменної печі. Повністю усунути прогар повітряних та шлакових фурм та холодильників печі неможливо. Однак своєчасна зміна прогорілої водоохолоджуваної апаратури і відключення подачі води в прогорілі холодильники запобігають надходженню великої кількості води в вогнетривку кладку, передчасне її руйнування і, як правило, виникнення вибухів при контакті розплавленого чавуну і шлаку з водою, витоку розплавлених мас і викидів розпеченого газу.

Найбільш частим порушенням нормальної роботи доменної печі є прогар повітряної фурми. Прогорілі фурми негайно замінюють. Роботи із заміни згорілих повітряних фурм є особливо складними операціями, що вимагають суворого дотримання вимог безпеки [21].

3.1.2 Безпека технологічного обладнання

Зі збільшенням механо- та енергоозброєності доменного цеху особливо актуальною стає проблема підвищення надійності обладнання та максимального збільшення міжремонтних періодів. Порушення у нормальній роботі того чи іншого елемента обладнання можуть стати джерелом травм не тільки на ділянці, де вийшов з ладу елемент обладнання, а й на суміжних ділянках, де створюються перебої у роботі [22].

Основне обладнання доменного цеху: бункерна естакада, рудні крани, вагон-ваги, витяг доменної печі, засипний апарат, колошниковий пристрій, повітрянагрівачі, повітропроводи, сухі пиловловлювачі.

Основними небезпеками при розвантаженні шихти на естакадах і бункерах є падіння робітників з естакад, наїзди залізничних потягів на робітників і придушення вантажників кришками люків гондол при їх

відкриванні. Ці небезпеки виникають через те, що на естакадах немає ходових майданчиків або вони неправильно розташовані. Відсутність ходових майданчиків призводить до наїздів на робітників рухомого складу, оскільки вони змушені ходити залізничними коліями, і до застосування небезпечного способу відкривання кришок люків гондол з-під вагонів. На естакадах обов'язково мають бути влаштовані ходові майданчики. При цьому їх треба влаштовувати по обидва боки естакад по всій довжині. Майданчики слід розташовувати на рівні рейок на відстані 2м від осі залізничної колії та постачати міцними поручнями. При розташуванні ходових майданчиків на естакадах на рівні підлоги вагонів створюється небезпека падіння робітників при відкритті ними люків гондол.

При експлуатації рудних кранів значну небезпеку становить притискання робочих візком крана до конструкцій моста внаслідок відсутності безпечного габариту. У зв'язку з цим передбачається відстань між візком та конструкціями мосту не менше 400 мм. Ходові галереї на мосту крана огорожуються з боку візка запобіжною металевою сіткою заввишки не менше 2м. Двері огорожі повинні мати блокування, що запобігає можливості руху візка крана при відкритих дверях та його відкривання, якщо не буде збігу з дверима візка крана. Щоб уникнути небезпеки перекидання крана вітром, його необхідно обладнати спеціальними захватами за підкранові шляхи, що автоматично діють при сильному вітрі. Крім того, наприкінці підкранових шляхів мають бути встановлені міцні тупикові упори. Конструкція та стан грейфера повинні усувати можливість падіння шматків шихтових матеріалів під час роботи крана.

Основними небезпеками при експлуатації вагон-ваг є притискання робочих вагон-вагами до коксових гуркотів, барабанів затворів бункерів та інших предметів, а також наїзди вагон-ваг на робочих в підбункерному приміщенні. Щоб усунути придушення робітників до затворів бункерів, вагон-ваги обладнуються блокуванням, що запобігає можливості їх руху тоді, коли робітники знаходяться на передніх або задніх нижніх майданчиках вагон-ваг.

Для запобігання придавлюванню вагон-ваги до гуркотів між ними повинен залишатися вільний габарит не менше 700 мм. Для запобігання наїздам вагон-ваг на робочих, крім швидкодіючих гальм, сигнальних і освітлювальних пристроїв, вагон-ваги обладнуються спеціальними приладами (фотоелементами) для автоматичної зупинки, якщо робітники опиняться в небезпечній близькості до вагон-ваги. З передньої та задньої сторін вагон-ваг улаштовуються запобіжні підхоплюючі сітки, зблоковані з вимикачами та гальмами, для негайної зупинки у разі наїзду на людину.

Основна небезпека під час експлуатації підйомників полягає у придушенні робочих скіпами у скіповій ямі. Це відбувається в скіпових ямах малих розмірів при їх очищенні від матеріалів, що впали під час руху скіпів. Щоб уникнути притискання скіпами, відстань від них до задньої стінки ями має бути не менше 2м, а до бічних стінок не менше 1м. Місце посадки скіпу слід огорожувати міцною решіткою заввишки 1,8 м, зберігаючи відстань між огорожею та скипом не менше 500 мм. Очищають дно ями у місці посадки скіпу довгими скребками через ґрати.

Основні види травматизму при завантаженні шихти в доменні печі – отруєння доменним газом та опіки полум'ям газу. Найважливішим заходом для запобігання цим видам травматизму є герметизація засипних пристроїв печей. Це особливо необхідно під час роботи печей з підвищеним тиском газу на колошнику. Насамперед необхідно забезпечити щільне прилягання конусів до лійок ретельною обробкою контактних поверхонь. Дуже важливо також ретельно ущільнювати розподільну воронку засипного апарату, що обертається. При підвищеному тиску газу на колошнику застосовують подвійне сальникове ущільнення лійки з мастилом або з паровою або повітряною подушкою.

Найбільш серйозними небезпеками під час обслуговування повітрянагрівачів є: отруєння робітників доменним газом та його вибухи. Для запобігання отруєнням газові пристрої повітрянагрівачів та їх експлуатація повинні відповідати правилам безпеки в газовому господарстві металургійних

заводів. Підведення газу до пальників повітрянагрівачів необхідно влаштувати лише надземні. Пристрої для відведення з газопроводів води, що конденсується, повинні виключати небезпеку прориву газу. Повітрянагрівачі обладнуються пальниками нерухомого типу з підведенням газу зверху та з подачею повітря в середину пальника. Такі пальники відповідають вимогам безпеки та забезпечують нормальний режим нагрівання повітрянагрівачів.

Повітропровід, що з'єднує трубопроводи холодного та гарячого дуття, а також повітропроводи холодного дуття. Окрім звичайних дискових засувок, обладнуються автоматично діючими зворотними клапанами, що усувають небезпеку потрапляння газу з печі до повітропроводів. Монтують повітропроводи з урахуванням усунення вібрацій, що утворюють значний шум. Повітропроводи мають бути герметичними. Витоки повітря, що виникають при експлуатації, слід негайно ліквідувати.

Основні небезпеки при експлуатації сухих пиловловлювачів такі: обвалення пиловловлювачів, отруєння доменним газом, обвали настилів пилу при чищенні та опіки гарячим пилом при його видаленні. Щоб усунути небезпеку обвалення пиловловлювачів, ці апарати необхідно спирати корпусом на колони. Міцність опор розраховується на максимальну вагу пиловловлювача, наповненого колошниковим пилом. Для запобігання стирання колошниковим пилом і зменшення відкладення пилу внутрішні стінки пиловловлювачів футеруються зносостійкими матеріалами. При випуску пилу з пиловловлювачів трубами у вагони виникає небезпека отруєння газом і опіків робітників гарячим пилом. У зв'язку з цим випуск колошникового пилу необхідно здійснювати за допомогою зволожувальних шнеків. Щоб запобігти змерзання пилу в зимовий час, кожух шнеків обігрівають пором. Для обслуговування пиловловлювачів необхідно обладнати майданчики з набірним настилом поруччями та похилими сходами. Входи на майданчики потрібно влаштувати із двох протилежних сторін. Ці майданчики треба з'єднувати перехідними містками із майданчиками печей.

Для транспортування колошникового пилу застосовують спеціально пристосовані при цьому закриті вагони типу хоперів з пневматичними розвантажувальними пристроями, керованими дистанційно. При ручному відкриванні люків вагонів нерідко спостерігалися серйозні опіки робітників гарячим пилом. Для додаткового зволоження колошникового пилу при його вивантаженні на відвалах повинен бути водопровід, обладнаний водорозпилюючими форсунками [22].

3.2 Гігієна праці і виробнича санітарія

Окремі операції доменного процесу супроводжуються шкідливими виробничими факторами - виділенням великих кількостей тепла, пилу та газів. До таких операцій належать обробка отворів чавунної та шлакової льоток (особливо пропалювання їх киснем), випуск шлаку та чавуну з доменної печі.

Джерелом інтенсивних теплових випромінювань є розплавлені чавун та шлак. Працівники періодично піддаються впливу інфрачервоного випромінювання.

Конструктивні елементи доменної печі є джерелом значних теплових виділень у виробниче середовище. Для зниження шкідливого впливу тепла на організм людини встановлюють стаціонарні або пересувні вентиляційні установки, найчастіше з водорозпорошеннями. Можливе застосування індивідуальної автономної системи теплозахисту працюючих, що забезпечує ефективне знімання ендогенного тепла та терморегуляцію організму.

Випуск чавуну та шлаку з печі супроводжується також виділенням значних кількостей шкідливих для організму газів та сполук: оксиду вуглецю, сірчистого газу, різних вуглеводнів та ціаністих сполук. Джерелами виділень газів можуть бути також тріщини в кладці і кожусі доменної печі, нещільності з'єднань окремих елементів конструкцій. Основну шкідливість становить оксид вуглецю. Потрапляючи в організм людини через легені, він порушує нормальні процеси газового обміну та окислення в організмі, що призводить

до тяжких наслідків. У загальному обсязі газовиділень частка інших газів є незначною і вони, як правило, надають періодичний вплив.

Шкідливим фактором є також наявність високих концентрацій пилу у повітрі робочої зони при випуску чавуну та шлаку. Максимальні пиловиділення спостерігаються з головного жолоба під час випуску чавуну. У зоні чавуновозного ковша, що заповнюється чавуном, утворюється хмара пилу, що складається в основному з графіту дрібних фракцій; концентрація пилу у цій зоні під час випуску значна. Найбільш ефективним засобом боротьби з пилом є влаштування аспірації.

До шкідливих виробничих чинників ставляться також підвищені рівні шуму, вібрацій під час проведення деяких операцій, проте частка їх на формування умов праці проти іншими шкідливими чинниками виробництва є незначною [24].

3.2.1 Характеристика умов праці з гігієнічної точки зору

Забезпечення безпечних та здорових умов праці на виробництві є одним із головних принципів організації виробництва та важливою умовою зростання продуктивності праці. У доменному цеху в результаті особливостей технологічного процесу, що супроводжується утворенням великих кількостей надлишкового тепла, інфрачервоної радіації, пилу та газів, питання створення сприятливих санітарно-гігієнічних умов праці набувають особливого значення.

Визначальними чинниками, які впливають здоров'я працівників, що працюють у доменному виробництві, є чинники, що виникають у ході технологічних процесів виробництва, усунення яких залежить від розроблених комбінатом заходів, що у його компетенції.

Розвантаження та транспортування сирих матеріалів (коксу, руди, агломерату тощо) супроводжується виділенням значних кількостей пилу в повітряний басейн рудного двору. Основними джерелами пиловиділення є

розвантаження вагонів, навантаження руди грейферними кранами, навантаження та розвантаження трансферкара. Концентрації пилю на рудному дворі коливаються від 10 до 120 мг/м³, на бункерній естакаді – від 16 до 1000 мг/м³. Максимальних значень концентрація пилю досягає під час навантаження та вивантаження пилю. Виробничий шум на рудному дворі та бункерній естакаді, як правило, не перевищує допустимих рівнів, встановлених СН-245-71. Вплив шуму зазнають машиністи рудного крана, вагоноперекидача, вагоноштовхача, трансферкара [24].

У підбункерних приміщеннях основною виробничою шкідливістю є пил флюсованого агломерату. Пиловиділення від коксу та добавок значно менше. Офлюсований агломерат містить домішок вільного окису кальцію, який збільшує його пилетворні властивості. Забруднення атмосфери підбункерних приміщень газоподібними токсичними речовинами (окис вуглецю і сірчистим газом) відбувається переважно за рахунок агломерату, оскільки кокс і добавки надходять у холодному вигляді. Окис вуглецю і сірчистий газ присутні в незначних кількостях, що не перевищують гранично допустимої концентрації, і не можуть істотно впливати на умову праці. Однак у комплексі з іншими факторами вони можуть посилити їхню дію. Мікроклімат підбункерних приміщень формується під впливом двох факторів – тепловиділень від агломерату та неорганізованого надходження зовнішнього повітря. У теплу пору року в підбункерних приміщеннях створюється мікроклімат, що нагріває. У зимовий період надходження мас холодного повітря часто переважає над надлишками, внаслідок чого приміщення вихолоджується і в ряді випадків спостерігаються негативні температури повітря. Виробничий шум у підбункерних приміщеннях на робочих місцях зазвичай не перевищує допустимі рівні, встановлені СН-245-71.

З санітарно-гігієнічної точки зору умови праці на робочому майданчику печі характеризуються:

- утворенням великих кількостей надлишкового тепла в процесі доменної плавки, при випуску чавуну та шлаку;

- інтенсивною інфрачервоною радіацією від продуктів плавки, а також від розігрітих поверхонь технологічного обладнання;
- забрудненням повітряного середовища окисом вуглецю, сірчистим газом в основному при випуску чавуну та шлаку, а також у процесі плавки;
- запиленням повітряного середовища при прибиранні, підготовці чавунних і шлакових жолобів, а також частинок металу і графіту в результаті конденсації, які випаровуються з поверхні розплавлених продуктів.

Основним джерелом тепловипромінювання є розплавлені чавун та шлак. Випромінювання від рідкого шлаку вище, ніж від рідкого чавуну, що пояснюється вищою температурою шлаку. Зі збільшенням кількості чавуну, що випускається, питомі тепловиділення зменшуються. Це пояснюється тим, що за інших рівних умов площа розплавленого металу, що випромінює тепло, зі зміною кількості чавуну, що випускається, змінюється незначно. Максимальні виділення тепла спостерігаються при одночасному випуску чавуну та шлаку.

Окис вуглецю надходить у робоче середовище при випуску чавуну та шлаку, через нещільності в кожусі доменної печі та газових комунікаціях, а також утворюється при згорянні коксу, що закидається у жолоби та ковші з чавуном. Кількість окису вуглецю в повітрі різне в різні періоди і залежить від щільності кожуха печі та газових комунікацій, кількості та якості продуктів плавки, що випускаються, і розміру площ їх дзеркала. У районі чавунного жолоба та загалом на чавунному боці ливарного двору під час випуску чавуну відзначається збільшення концентрацій окису вуглецю. На стан впливає. Випуск верхнього шлаку супроводжується незначними виділеннями окису вуглецю.

У загальному обсязі газовиділень частка сірчистого ангідриду незначна. Утворення сірчистого ангідриду пояснюється наявністю сірчистих сполук у паливі, що спалюється.

При випуску чавуну та шлаку спостерігається підвищення вмісту пилу в повітрі робочої зони. Найбільші пиловиділення відбуваються при випуску

чавуну і досягають 270 мг/м^3 у головного жолоба. Значні концентрації пилю (до 1500 мг/м^3) у зоні чавуновозного ковша, що заповнюється чавуном [26]. Ця операція супроводжується утворенням хмари пилю, що складається переважно з частинок графіту. Розповсюдження пилю в процесі випуску чавуну обмежується чавунною стороною ливарного двору та майже не впливає на шлакову сторону. У свою чергу, випуск шлаку призводить до збільшення концентрації пилю переважно на шлаковій стороні двору.

Відносна вологість повітря в робочому середовищі залежить від інтенсивності поливання підлоги, наявності на ливарному дворі вологої глини та піску, а також від пори року. Як у теплу, так і холодну пору року вона знаходиться в межах, допустимих СН-245-71.

Карта умов праці представлена таблиці 3.1

Джерелами інтенсивних теплових випромінювань є: розплавлений чавун та шлак, нагріта до високої температури вогнетривка футеровка внутрішнього простору печі та поверхня розплавленого шлаку, вплив яких проявляється при відкритих вікнах печі. Робочі періодично піддаються впливу інфрачервоного випромінювання. Інтенсивність опромінення на робочих місцях залежно від розмірів та температури джерел випромінювання та відстані становить $0,01...3,6-7 \text{ кВт/м}^2$ [27].

Аналіз карти умов праці показує, що головним фактором, що впливає на здоров'я працюючих, є тепло, що виділяється від агрегатів. Передбачається для захисту від тепловиділень використовувати аерацію через поворотні щити в нижній зоні; душна вентиляція кондиціонованим повітрям кабіни машиніста крана.

Через високі температури повітря відбувається збіднення організму працюючих водою, що викликає згущення крові, порушення діяльності серцево-судинної системи. Для відновлення порушеного водного балансу в організмі робітників доменного цеху, їх постачають (крім питної води) підсоленою.

Таблиця 3.1 - Оцінка факторів виробничого та трудового процесу

№	Фактори виробничого середовища та трудового процесу	Нормативне значення (ГДК, ПДК)	Фактичне значення	III клас Шкідливі та небезпечні умови та характер праці			Тривалість дії фактора за зміну, %
				I ступінь	II ступінь	III ступінь	
1	Шкідливі хімічні речовини, мг м						
	2 клас небезпеки марганцю оксиди	0,05	0,36			7,2	90%
	3 клас небезпеки NO ₂	2,0	0,85				
	H ₂ S	10,0	39,0	3,9			90%
	CO	20,0	13,6				
2	Пил переважно фіброгенної дії, мг/м	4,0	24,0		6		80%
3	Вібрація (Загальна та локальна), дБ	92	96		4		90%
4	Шум, дБа	80	86	6			80%
5	Інфразвук, дБ						
6	Ультразвук, дБ						
7	Неіонізуючі випромінювання - радіочастотний діапазон, В/м						
	- Діапазон промислової частоти, кВ/м						
	- оптичний діапазон (лазерне випромінювання), Вт/м ²						
8	Мікроклімат у приміщенні - температура повітря, °С	26	37			11	90%
	- швидкість руху повітря, м/с	0,3	0,4	0,1			90%
	- відносна вологість повітря	55	37				90%
	- інфрачервоне випромінювання, Вт/м ²	140	560		420		90%
9	Температура зовнішнього повітря (під час роботи на свіжому повітрі), град. С влітку взимку						
10	Атмосферний тиск						
11	Тяжкість праці	III	III				
12	Напруженість праці						

Умови праці відносяться до III класу 3 ступеня. Робоче місце має два фактори 1-го ступеня, три фактори 2-го ступеня і два фактори 3-го ступеня.

3.2.2 Розробка заходів з усунення небезпечних і шкідливих факторів

Пил має шкідливу дію на організм, подразнюючи шкіру, очі, ясна, вуха. Проникаючи у легені, пил викликає специфічні професійні захворювання. При запиленому повітрі встановлюється поверхнєве дихання. Наявність SiO_2 у пилу впливає на легеневу тканину працюючих, викликаючи фібрози.

При перевищенні норм запиленості робочих приміщень вжито заходів захисту робочих. Доменні цехи розташовані з підвітряної сторони по відношенню до цехів з меншою кількістю шкідливих виділень, а також по відношенню до населених пунктів. Виробничі будинки обладнані припливною вентиляцією, кондиціонованим повітрям. Також передбачені легкі пересувні агрегати на майданчику біля доменної печі; підйомні витяжні парасольки над головним жолобом (150000 м³/год) та шлаковими льотками; бортові відсмоктувачі від жолобів для чавунку та шлаку; накатні витяжні пристрої над ковшами для чавунку та шлаку. Найбільш ефективним засобом боротьби з пилом є пристрій аспірації. [28]

Аспіраційні пристрої для знепилення льоток доменних печей розміщуються над льоткою, виконуються у вигляді накатних телескопічних зонтів, а також знімних та стаціонарних укриттів.

Відкатні телескопічні зонти обслуговують, як правило, дві льотки. Бічні стінки парасольок являють собою дві групи шторок, шарнірно підвішених на каретках. Знімні аспіраційні пристрої встановлюються на колонці консольно. На коробі укриття є приймальний фланець, який при встановленні розташовується навпроти стаціонарного патрубка з'єданого із системою відсмоктування газів.

Випуск чавуну та шлаку з печі супроводжується також виділенням значних кількостей шкідливих для організму газів та сполук оксиду вуглецю, сірчистого газу, різних вуглеводнів та ціаністих сполук. Джерелом виділення

газів можуть бути також тріщини в кладці та кожусі доменної печі, нещільності з'єднань окремих елементів конструкцій.

Основну шкідливість представляє оксид вуглецю - безбарвний газ, що не має запаху і не має дратівливих впливів на організм людини, що може викликати отруєння без будь-яких попередніх відчуттів. Потрапляючи в організм людини через легені, він порушує нормальні процеси газового обміну та окислення в організмі, що призводить до тяжких наслідків. У загальному обсязі газовиділень частка інших газів є незначною і вони, як правило, надають періодичний вплив.

Для захисту від впливу токсичних газів велике значення мають комплексна механізація та автоматизація процесів, дистанційне керування ними. Необхідно вдосконалення технологічних процесів та конструкцій обладнання, при якому виключалося б або зменшувалося виділення у навколишнє середовище.

В умовах доменного виробництва шкідливими факторами є шум і вібрація. Найбільш шумонебезпечним обладнанням у доменному виробництві є інерційні гуркоти, клапани «Спорт», головні пальники повітрянагрівачів, віброживильники.

Шум викликає зміни в нервовій системі, впливає на психіку людини, серцево-судинну систему, травлення, погіршує сон. Робота в умовах сильного шуму може спричинити головний біль, запаморочення, ослаблення уваги. Тривалість впливу надмірного шуму супроводжується стійкими ураженнями та порушенням функцій слухових органів. Шум є причиною швидкого розвитку втоми та зниження працездатності. Шум може бути непрямою причиною нещасного випадку.

На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та на території підприємства допустимий рівень шуму становить 75-80 дБ (при частоті 1000 Гц), для якого ймовірність пошкодження слуху практично дорівнює «0» за будь-якого стажу роботи. Фактичний рівень шуму перевищує норму на 7...10 дБ, тобто. становить 87...90 дБ. [29]

Відчуття вібрації виникає при зіткненні частини тіла з предметами, що зазнають під впливом якоїсь сили коливання у вертикальному або горизонтальному напрямках. Вібраційним впливом в доменному цеху піддаються працюючі з пневматичним ручним інструментом, горнові, гуркітники та інші робітники, що обслуговують механізми, які тією чи іншою мірою створюють вібрацію.

Для умов доменного виробництва нормативне значення вібрації становить 92 дБ (при частоті $f = 1000$ Гц). Фактичне значення становить 96 дБ, що перевищує норму.

Вплив вібрації викликає спазм судин, що розвиваються в кінцевих фалангах пальців, поширюються на всю кисть, передпліччя, охоплюють судини серця. Вібрації впливають на нервову систему, шлунково-кишковий тракт, м'язи, кістково-суглобовий апарат, порушують гостроту зору, слуху, світловідчуття тощо.

Тривала дія вібрації може призвести до важко виліковної вібраційної хвороби.

Для захисту робітників від шуму та вібрації при гуркотінні, дозування слід передусім прагнути до автоматизації цих процесів, щоб забезпечити дистанційне керування та контроль технологічних параметрів роботи агрегатів, самоболансні та інерційні гуркіти працюють у режимі вимушених коливань з амплітудами 3-6 мм та швидкістю обертання валу вібратора від 800 до 1500 об/хв.

Жорсткість амортизаторів доцільно вибирати так, щоб амплітуда коливань вібраторів була найменшою. У цьому випадку знижується інтенсивність зіткнень у підшипниках і підвищується їх довговічність; одночасно зменшується рівень шуму, що випромінюється підшипниковим вузлом.

У разі гуркотіння порівняно холодних матеріалів ($t < 1000$ С) рекомендується застосовувати гумові сита гуркотів або гулігрувати сита шаром зносостійкої гуми типу 7889 товщиною 4-5 мм.

Випуск стисненого повітря в атмосферу через повітряно-розвантажувальний клапан («Спорт») відбувається за великого надлишкового тиску і супроводжується інтенсивним шумом. Для його зниження рекомендують відводити повітря в димар або застосовувати глушник типу М1 01-21.

Для зниження шуму газового пальника і шуму вентилятора їх слід укласти в сталевий звукопоглинаючий кожух, зварений з листа товщиною 2 мм, і фанерований зсередини шаром сталевий повсті. Для герметизації кожуха використовують гумові прокладки із губчастої гуми. Вентилятор встановлюють на плиту перекриття через амортизатори товщиною 20 мм гуми типу 3311.

З боку забору повітря вентилятора та газових пальників, повітрянагрівачів необхідно обладнати глушником шуму, який є сталевим циліндром, заповненим сталевий повстю. [29]

Зменшити шум і вібрацію можна також заміною деталей машин, що співударяються деталями, виконаними з матеріалів, які при ударі створюють менший шум; зменшення маси деталей, що сударяються, зменшенням твердості поверхонь, що труться, заміною ударних деталей ненаголошеними і т.п. Обов'язковою умовою зниження шуму при експлуатації обладнання є своєчасне і повноцінне мастило частин, що труться; укладання в масляні ванни деталей, що вібрують і створюють шум, наприклад, шестерних редукторів; ретельна підготовка рухомих і тертьових частин машин і механізмів та утримання їх у повній справності,

Як індивідуальні засоби захисту від вібрації використовують рукавиці з подвійним шаром: гумовим (зовні) і бавовняним (всередині). Застосовують також віброгасне взуття (з поролоновою устілкою), килимки віброгасіння, антивібраційні пояси, подушки і т.п.

До організованих заходів щодо боротьби з шумом та вібрацією слід віднести правильну організацію праці та відпочинку у виробничих умовах з підвищеним шумом та вібрацією. Для відпочинку мають бути відведені місця

ізолювані від дії шуму. Доцільно провести заміну звукових сигналів світловими чи знаковими там, де це допустимо за умовами безпеки.

На умови праці працюючих надають велику увагу характеристики мікроклімату: температура, вологість, швидкість руху повітря, теплове випромінювання.

Температура повітря в приміщенні для умов доменного виробництва становить $20...27^{\circ}\text{C}$, що перевищує норму ($18...21^{\circ}\text{C}$) на $2...6^{\circ}\text{C}$. Температура повітря залежить від кількості явного (надлишкового) тепла. Надлишки явного тепла в доменних цехах набагато більші за $84 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{год}$, що значно перевищує це нормативне значення.

В результаті періодичності проведення гарячих операцій мікроклімат цехів нестійкий, з параметрами, що часто змінюються. Різкі коливання температури повітря впливає теплорегуляцію організму, знижується імунітет працюючих, порушується обмін речовин.

Вологість повітря в доменних цехах низька 10 г/м^3 влітку та 8 г/м^3 взимку.

Фактичне значення швидкості руху повітря в доменних цехах становить $0, 2...0,3 \text{ м/с}$, при нормативному значенні $0,3 \text{ м/с}$. [24]

Джерелами інтенсивних теплових випромінювань у доменному виробництві є розплавлені чавуни та шлак, нагріта до високої температури вогнетривка футеровка внутрішнього простору печі та поверхня розплавленого шлаку, вплив яких проявляється при відкритих вікнах печі. Робітники періодично піддаються впливу інфрачервоного випромінювання. Інтенсивність опромінення на робочих місцях в залежності від розмірів та температури джерел та відстані становить від $0,01$ до $5,6-7,0 \text{ кВт/м}^2$. За виконання окремих операцій інтенсивність опромінення досягає $10,5 \text{ кВт/м}^2$ і більше.

Конструктивні елементи доменної печі є джерелами значних теплових виділень у виробниче середовище.

Для захисту від теплових випромінювань та створення необхідних умов праці в доменних цехах застосовують: теплову ізоляцію поверхонь, що випромінюють тепло; теплову ізоляцію та охолодження робочих місць; природну та механічну вентиляцію, спецодяг та ін.

Пост управління електрогарматою та бурмашиною доменної печі повинен перебувати біля стіни ливарного двору (без порушення видимості горнової канави). Оглядові отвори слід захищати органічним склом товщиною 8-10 мм, а сталевий екран, що переміщується вручну, що оберігає оглядовий отвір від викидів, повинен розташовуватися перед склом. Дублюючий пульт керування електрогарматою та бурмашиною слід розташовувати біля доменної печі та захищати його з трьох боків цегляною стіною (від доменної печі та горнових канав). В одній з бічних стін для спостереження за роботою біля горнової канави слід передбачити оглядовий отвір, захищений двома сталевими стінками, що переміщаються в пазах (з розміром перерізу 2x2 мм) в рамках. Управління жолобом, що хитається, спостереження за наповненням ковпків чавуном, шлакових чаш шлаком і їх пересування слід проводити через діафрагмоване отвір в цегляному екрані, а при ремонтах жолобів, що коливаються, використовувати екран - кесон.

Кабіни машиністів кранів теплоізолюють, герметизують та подають у них кондиціоноване повітря.

Для зняття теплової напруги важливе значення має питний режим. Робітники, зайняті в цехах, повинні постійно забезпечуватися газованою охолодженою водою. Крім газованої води, їм рекомендується пити мінеральні води, чай, відвари фруктів, молочнокислі напої. Ці напої містять цінні для організму вітаміни та мінеральні солі і є добрими загальнозміцнюючими засобами. Питні точки повинні розташовуватися поблизу робочих місць. [28]

3.2.3 Об'ємно-планувальні рішення будівель і споруд цеху

Металургійні підприємства із повним металургійним циклом віднесено до першого класу. Санітарно-захисна зона має становити 1000м.

Доменний цех, що проектується, повинен розташовуватися з підвітряної сторони по відношенню до житлового району з урахуванням троянди вітрів. Розташування будівель та споруд доменного цеху має забезпечувати найбільш сприятливі умови аерації та природного освітлення приміщень [28].

Відповідно до ДБН для підприємств чорної металургії поздовжня вісь ливарного двору має бути розташована під кутом 45-90° до напрямку панівних вітрів. Повітронагрівачі необхідно розташовувати в одну лінію паралельно осі доменних печей.

Центральний пост управління доменною піччю розміщується в окремому тепло- та звукоізолюваному приміщенні з подачею до нього кондиціонованого повітря.

Несучі конструкції будівель комплексу доменної печі слід проектувати переважно сталевими з урахуванням можливості їх монтажу укрупненими блоками, що з'єднують будівельні конструкції, технологічне обладнання, трубопроводи. Сітку колон робочих майданчиків у спорудах доменного цеху слід приймати, як правило, 6-9 м [27].

Покрівлю будинків центрального вузла доменної печі слід проектувати з гладкого сталевого листа з ухилом не менше 40°. Для зовнішніх стін будівель ливарного двору та повітронагрівачів слід застосовувати сталеві оцинковані листи. У зовнішніх стінах будівлі слід передбачати на рівні 0,3 м від підлоги робочих майданчиків влаштування аераційних отворів, обладнаних поворотними щитами, що закриваються в холодний та перехідний період року. Ухили підлоги робочого майданчика слід приймати не більше 6° для забезпечення проїзду навантажувачів та електрокарів.

Для обмеження забруднення газами повітряного середовища необхідно забезпечити герметичність газових комунікацій, арматури, кожухів печі.

Проходи між окремими агрегатами, стінами та обладнанням повинні мати теплозахисні екрани. Перехідні містки над чавунними та шлаковими канавами та іншими гарячими поверхнями повинні бути теплоізольованими та захищені з боків суцільними щитами на висоту не менше 1 м.

Для обслуговування шкарпеток чавунних та шлакових жолобів по краях ливарного двору слід влаштовувати майданчики консольного типу з теплозахисними екранами, а біля стін будівель ливарного двору вище за рівень жолобів – майданчики для проходу людей. Поблизу жолобів та ковшів проходи повинні огорожуватися пилеізолюючими екранами. При одноносковому розливанні чавуну з боку зливного отвору повинен бути влаштований майданчик з тепловим захисним екраном для обслуговування рухомого жолоба заввишки не менше 1,2 м з обгортанням по низу на висоту не менше 140 мм.

Обсяг виробничого приміщення одного працюючого щонайменше 15 м³, а площа щонайменше 4,5 м². Для забезпечення норм природного освітлення не менше 20% світлових прорізів виконують у вигляді стулок палітурок, що відкриваються.

3.2.4. Вентиляція

Внаслідок виділення великої кількості тепла надлишкового в доменному цеху потрібен значний повітрообмін, особливо в літній час.

Вентиляція є ефективним засобом забезпечення необхідних гігієнічних якостей повітря, відповідних вимог Санітарних норм проектування промислових підприємств ДСН 3.3.6.042-99 [24].

Вентиляція досягається переміщенням повітря: забрудненого – із приміщення та свіжого – до приміщення.

За застосовуваним способом переміщення повітря розрізняють природну та механічну (штучну) вентиляцію. При змішаній вентиляції поєднується природна та механічна вентиляція у різних варіантах.

Природна загальнообмінна вентиляція проектується для: ливарного двору, доменних печей будівлі повітрянагрівачів та розливної машини. При механічній вентиляції повітрообмін досягає за рахунок різниці тиску, створюваного вентилятором.

Механічна вентиляція застосовується, коли тепловиділення в цеху недостатні для цілорічного використання аерації, а також якщо кількість або токсичність приміщення шкідливих речовин, що виділяється в повітря, вимагає підтримки постійного повітрообміну незалежно від зовнішніх метеорологічних умов.

Механічна вентиляція ділиться на робочу та аварійну. Робоча - на загальнообмінну та місцеву. Опалення в приміщенні місцеве, а також є центральне опалення допоміжних приміщень. Для опалення доменного цеху та нагрівання припливного повітря використовують тепловиділення від обладнання. Основним методом боротьби з тепловиділеннями в доменномує система загальнообмінної та місцевої припливної вентиляції, а також кондиціонування повітря.

Природна вентиляція здійснюється завдяки різниці температур повітря в приміщенні та поза ним (тепловий натиск) та впливу вітру (вітровий напір). Для аерації зазвичай влаштовують отвори в поздовжніх стінах будівлі: нижній ряд (для припливу повітря в теплу пору року) – на рівні не більше 1,8 м; верхній ряд (для припливу повітря взимку та влітку) – на рівні не менше 4 м. На покрівлі будівлі встановлюють аераційний ліхтар.

3.2.5 Санітарно – побутові приміщення

До санітарно-побутових приміщень відносяться: вбиральні для зберігання одягу, умивальні та душові, здоровпункти, пункти харчування тощо.

Побутові приміщення, якими робітники користуються у позаробочий час, розташовані поза цехом. Побутові приміщення, якими робітники користуються у робоче, розміщуються біля цеху.

Склад побутових приміщень обраний відповідно до норм, оскільки доменне виробництво відноситься до продуктивних процесів, що протікають за несприятливих метеорологічних умов, з виділенням променистого та конвективного тепла [26].

Напівдуші розміщують поблизу робочих місць, від яких їх відокремлюють екранами з водостійких матеріалів. Кількість напівдуш: один на кожні 15 працюючих у агрегаті за зміну [28].

Приміщення для знепилення робочого одягу влаштовуються суміжними із приміщеннями для зберігання робочого одягу. Їхня площа повинна бути не менше 12 м²

Для зберігання одягу застосовуються вбиральні. Вони проектується окремо для чоловіків та жінок. Вбиральні для зберігання одягу розташовуються в окремих приміщеннях, одяг зберігають у закритих шафах.

Вбиральні розміщують на відстані не більше 75 м від найбільш віддаленого робочого місця.

Душові розміщують у приміщеннях, суміжних із вбиральнями. Число душових сіток визначається за кількістю працюючих у найбільш численній зміні. Душові кабінки повинні відокремитися один від одного вологостійкими перегородками заввишки 1,6 м і не доходять 0,2 м до підлоги. Кабінки повинні бути обладнані індивідуальними змішувачами, поличками для мила та підніжками для ніг.

3.2.6. Засоби індивідуального захисту

Індивідуальні засоби служать захисту органів зору, дихання, слуху, і навіть голови, рук, ніг, тіла.

Органи зору захищають від механічних пошкоджень - захисними окулярами з безбарвним склом, що не б'ється; від бризок чавуну та шлаку - наголовними щитками з органічного скла; від випромінювань – спеціальними світлофільтрами. Органи дихання повинні бути захищені від прямого попадання газу та забрудненого повітря у дихальні шляхи. У доменному цеху застосовуються киснево-ізолюючі протигази типів КІТ – 5 та УРАЛ – 1. За наявності в робочій зоні пилу для захисту органів дихання застосовуються протипилові респіратори зі змінними фільтрами. Індивідуальний захист органів дихання застосовують переважно на ділянках завантаження.

При виконанні низки робіт на горні, шахті печі, завантаженні та ремонтах необхідно захищати голову робітника від механічних пошкоджень, опіків, вологи та променистої енергії. Для захисту голови від ударів та падіння предметів служать каски з фібри, металу. Для захисту від інтенсивного теплового випромінювання, бризок чавуну та шлаку застосовують капелюхи з великими пальцями з тонкої повсті, фетру. Від води голову захищають за допомогою головних уборів із водостійких матеріалів.

Для захисту при роботах на електроустановках передбачаються гумові рукавички та килимки.

До взуття пред'являються вимоги: захист ніг від тепловтрат, вогкості, опіків та механічних травм. На всіх ділянках доменного цеху застосовують звичайні робочі черевики на гумовій та шкіряній підшві [24].

3.3 Електробезпека

З урахуванням середовища у виробничих приміщеннях доменного цеху його можна віднести до особливо небезпечних приміщень ураження електричним струмом. Тут присутні такі фактори: підвищена температура повітря, струмопровідна підлога, можливість одночасного дотику до металевих конструкцій електричного обладнання та металевих конструкцій, з'єднаних із землею.

Для живлення електрообладнання, що використовується в доменному цеху, застосовується напруга (380/220) не більше 6 кВ.

З урахуванням зазначеного вище, зробимо вибір ел. мережі для харчування доменного цеху. За технологічними вимогами вибираємо 3-х фазну 4-х провідну мережу з глухозаземленою нейтраллю. Така мережа безпечніша за умови дотику до фазного проводу в період нормального режиму роботи мережі [30].

Електроустаткування та його експлуатація повинні відповідати вимогам Правил улаштування електроустановок, Правил технічної експлуатації споживачів та правил техніки безпеки під час експлуатації електроустановок споживачів. Доменний цех є великим споживачем електроенергії та має розвинене електрогосподарство та складне електрообладнання. Електропостачання доменного цеху виконано відповідно до вимог ПУЕ за першою категорією.

3.4 Пожежна безпека

Головну пожежну небезпеку в доменному цеху становлять вибухи газу, а також вибухи металу та шлаку. Для цих явищ характерно те, що вони, на відміну від звичайних пожеж, становлять безпосередню небезпеку для життя працюючих. Ці процеси виникають раптово і протікають настільки швидко, що працюючі зазвичай не встигають залишити небезпечні місця. Можливість звичайних пожеж у доменному цеху відносно невелика, оскільки

у зв'язку з високотемпературними технологічними процесами, що застосовуються, всі елементи будівель виконані з вогнетривких матеріалів.

Найпоширенішими видами вибухів у доменних печах є вибухи внаслідок зіткнення рідкого чавуну, шлаку з водою або вологими матеріалами. Вибух такого роду виникає головним чином при прогар стінок горна або ляща, в зонах льоток. Особливо небезпечні вибухи у фурмах, шлакових фурмочках та шлакових ківшах. Вибухи в фурмах дуже небезпечні, тому що при цьому

відкривається горн і через фурмовий отвір викидаються на робочий майданчик розпечені кокс і газ, які в атмосфері спалахують і горять, утворюючи довгі язички полум'я. Вибухи в фурмах дуже небезпечні, тому що при цьому відкривається горн і через фурмовий отвір викидаються на робочий майданчик розпечені кокс і газ, які в атмосфері спалахують і горять, утворюючи довгі язички полум'я. Вибухи у фурмах відбуваються головним чином через підвищення тиску пари, що утворився всередині порожнини фурми та виникнення вибухонебезпечних газоповітряних сумішей у каналі фурми. Вибухи, що викликаються підвищенням тиску пари, відбуваються внаслідок раптового припинення надходження води у порожнину фурми. Такі умови створюються, якщо водопідвідна та водовідвідна трубки фурми або обидві одночасно чомусь забиваються і не пропускають воду. Тоді вода, що залишилася в порожнині фурми, випаровується, тиск пари, що не має виходу, перевищує межу міцності фурми, і вона руйнується. При таких вибухах відкидається частина фурменого приладу, що складається з фурменого коліна, сопла та самої фурми.

Утворення вибухонебезпечних газоповітряних сумішей відбувається в каналі фурми при зупинках доменних печей або при осадах шихтових матеріалів, коли тиск газів та дуття вирівнюється; іноді тиск газів у горні стає навіть вищим, ніж тиск гарячого дуття у фурмених приладах. У такі періоди газ з горна проникають у фурмові рукави і тут зустрічаються з повітрям дуття, яке так само, як і газ, нагріте до високої температури; їх зіткнення призводить до займання та горіння, яке іноді відбувається з вибухом.

Особливо небезпечний контакт газів із повітрям дуття у присутності води (внаслідок течі фурм). Температура газів і дуття у фурменному приладі може виявитися нижчою за температуру їх займання внаслідок втрати тепла на випаровування води, в результаті утворюються вибухонебезпечні газоповітряні суміші.

В арматурі шлакової мітки фурма є отвором для випуску шлаку з горна доменної печі. Відливаються фурми з бронзи та обробляються на токарних

верстатах. Через отвір шлакової фурми випускається лише шлак. Якщо з якихось причин разом зі шлаком з лютки починає виходити чавун, то негайно станеться прогар фурми, і вода, що охолоджує, почне надходити в шлаковий канал. Зазвичай це закінчується зіткненням води з рідким чавуном чи шлаком та вибухом із викидом фурми. Вибухи у шлакових ківшах відбуваються порівняно не часто. Вони виникають унаслідок скупчення води на дні чаші. Вода на дні чаші може опинитися також під шаром холодного, незлитого залишку шлаку.

Велику небезпеку становлять пилоповітряні вибухові суміші. Тиск, що виникає при їх вибуху, внаслідок швидкого утворення газоподібних речовин і розширення повітря може виявитися досить значним і викликати руйнування повітря може виявитися досить значним і викликати руйнування, подібні до руйнувань при вибухах газо- і пароповітряних сумішей.

Разом з доменним газом з печі виноситься значна кількість пилу, що утворився в результаті випаровування сирих матеріалів та конденсації парів легких речовин. Колошниковий пил пірофорний (займистий), що нерідко призводять до вибухів газу в пиловловлювачах і газопроводах брудного газу [21].

Для виникнення процесу горіння необхідна одночасно наявність палива, окислювача та джерела займання. У доменному виробництві присутні такі горючі речовини, як природний, коксовий та доменний газ, мазут, кокс, вугільний пил, конструкційні матеріали транспортних галерей, ізоляція кабельного господарства, металізовані окатиші та інші допоміжні речовини та матеріали.

Джерелами запалювання можуть бути променисте тепло, розплавлений чавун і шлак та їх краплі, електричні іскри та дуги при коротких замиканнях в електричних ланцюгах, тепло та іскри тертя та удару та ін. що призводить до самозаймання окатишів.

При пожежах у кабельних тунелях зазвичай відбувається неповне горіння, причому оболонки і наповнювачі кабелів виділяють велику кількість

горючих і токсичних газів, які в процесі горіння можуть вибухати. Небезпеку становлять також розподільні щити управління.

Виходячи з нормативних документів та характеристик вибухопожежонебезпечності речовин, можна провести категорювання ділянок та пристроїв доменного виробництва з вибухової, вибухопожежної та пожежної небезпеки. До категорії А належить апаратура, заповнена коксовим чи природним газом. До категорії Б слід віднести систему газоочищення доменного газу, міжконусний простір колошника, а також установки для вдування вугільного пилу, відділення кульових млинів, де готують пил, розподільно-дозувальні відділення. До категорії В належать доменна піч, ливарний двір, тобто. ділянки виробництва з обробки вогнетривких речовин у гарячому або розплавленому стані та супроводжуються випромінюванням тепла та виділенням полум'я та іскор; пов'язані зі спалюванням твердого, рідкого та газоподібного палива [22].

При випуску чавуну та шлаку забороняється використовувати ковші, виливниці та інші ємності з водою або вологим матеріалом. Місця для розливання мають бути звільнені від горючих матеріалів, що не передбачені технологічним регламентом.

Велике значення мають надійне охолодження кладки печі, що перешкоджає її прогару та виходу розплавленого металу з печі, та контроль за охолодженням. Печі обладнуються приладами контролю температури кожуха по всій висоті та периметру печі. Покази датчиків фіксуються приладами на пульті керування піччю.

Насосні станції доменних печей обладнуються резервними насосами з електроприводами та резервними трубопроводами до печей. Крім того, насосні станції обладнуються резервними водонапірними баштами або резервними насосами з автономними приводами, що автоматично включаються при аварійному відключенні електроенергії приводів насосних станцій. Об'єм водонапірних веж розраховують на об'єм, достатній для

охолодження печей до введення в дію насосів або припинення доменних печей.

Забороняється проводити ремонти системи охолодження на оглядових майданчиках над чавунними та шлаковими льотками під час випуску продуктів плавки. Стан систем охолодження доменних печей та допоміжних пристроїв щозмінно перевіряється з наступним записом результатів перевірок у спеціальному журналі.

Захист від променистого тепла – один із заходів пожежної безпеки при розливанні та транспортуванні рідкого металу. Пульти керування розливних машин та інші пульти керування, розташовані в безпосередній близькості від місця випуску розплавленого металу та шлаку, виконують з негорючого матеріалу, захищеного металевією сіткою, зашкеленими теплопоглинаючим склом. У них влаштовують два виходи.

Входи в кабельні тунелі, маслопідвали, розташовані у безпосередній близькості від місця випуску, а також біля місць транспортування розплавленого металу, захищають від попадання розплавленого металу вогнестійкими порогами заввишки не менше 300 мм.

Кабелі електромеханізмів, електрообладнання та пристрої гідроприводів біля місць розливу металу, шлаку та в інших зонах підвищених температур захищають від механічних пошкоджень, впливу променистого тепла, а також від попадання на них бризок розплавленого металу та шлаку.

Усі кабельні та інші електротехнічні приміщення обладнані автоматичною пожежною сигналізацією. Приймальні станції цієї сигналізації зазвичай встановлюють на пультах управління сумом або у чергового в машинному залі.

Застосування для інтенсифікації доменного процесу вугільного пилу та мазуту порушило питання забезпечення пожежної безпеки їх використання. Для контролю температури пиловугільного палива у верхній частині бункера встановлюють контрольно-вимірювальні прилади з самописцями, що подають звуковий та світловий сигнали при загорянні в бункері. Конструкція

пилопроводів і швидкість руху пилокутної аерозуміші повинні унеможливити відкладення в них пилю. Систему пилопроводів установки герметизують.

Вдування пилоподібного палива та мазуту в доменну піч при несправній відсікаючій та запірній арматурі та несправних контрольно-вимірювальних приладах забороняється. При появі на фурмах шлаку слід негайно відключити їх від мазутопроводу. Потрібно також стежити, щоб мазут постійно циркулював трубопроводами, і не допускати падіння його температури нижче 70°C. При зниженні температури слід перевірити наявність пари в паропідігрівачі. Не можна проводити будь-які роботи на арматурі, приладах та мазутопроводах, що знаходяться під тиском. Розлитий на підлозі мазут засипають піском.

Для забезпечення вибухопожежобезпеки в міжконусний простір подають пару або інертний газ у кількостях, що виключають утворення вибухонебезпечних сумішей. Подача пари або інертного газу блокується із завантажувальним пристроєм, щоб без подачі пари або газу міжконусний простір механізм завантаження не працював.

У вибухонебезпечних приміщеннях електричне та вентиляційне обладнання, прилади та світильники встановлюються у вибухонебезпечному виконанні. Цілковитим неприпустимим є самовільна заміна світильників, вимикачів та іншого електроустаткування, оскільки це може призвести до вибуху.

Щоб уникнути пожежі на газових комунікаціях, забороняється: користуватися факелом для відігрівання газопроводу та запірної арматури, а також для визначення місця витоку газу; застосовувати дерев'яні пробки для закриття штуцерів та отворів на газопроводах; витрачати газ у разі падіння його тиску в газопроводі нижче 500 Па; складати поблизу газопроводу горючі матеріали; підпалювати газ, що випускається під час продування газопроводу.

У місцях з підвищеною температурою (дільниці електрогармат, машин для оброблення чавунної льотки, розливання металу та ін.) електричне проведення виконується спеціальними термостійкими електричними

проводами; застосування звичайної проводки, хоча б для тимчасових цілей, забороняється.

Ливарні двори та піддоменники печей повинні знаходитись у критих будинках, виконаних з вогнестійких матеріалів. Дахи повинні регулярно очищатися від пилу.

Повітрянагрівачі доменних печей повинні бути обладнані приладами контролю температури кожуха в купольній та підкупольній частинах. При нагріванні кожуха повітрянагрівача до температури вище 150°C негайно повинні бути вжиті заходи щодо усунення причин, що призвели до його перегріву. У разі появи тріщин та продувів повітрянагрівач повинен бути відключений від повітряної та газової мереж і повинні бути вжиті заходи щодо усунення виявлених дефектів.

Зупинення локомотивів під пиловловлювачами та поблизу пиловловлювачів під час випуску пилу забороняється. Колошниковий майданчик повинен мати не менше двох виходів.

Складування матеріалів та відходів виробництва біля основи доменної печі забороняється. Фундаменти повинні регулярно очищатися від сміття.

Важливе значення задля забезпечення пожежної безпеки мають чистота території, справність устаткування, шляхи евакуації працюючих. Головною та необхідною вимогою для забезпечення пожежної безпеки є безумовне та точне виконання персоналом вимог щодо експлуатації обладнання, інструкції з технології та техніки безпеки, дотримання трудової дисципліни [21].

У доменному виробництві застосовують такі засоби та способи пожежогасіння.

Гасіння пожежі на трактах подачі газу може здійснюватися такими способами: відривом полум'я сильними струменями води, пари, стисненого повітря чи азоту; закладенням місця прориву газу густим розчином глини, її точної маси; забиванням пробки в отвір, що пропускає газ, і карбуванням отвору азбестом; накладенням пластиру з азбестового полотна з одночасним рясним змочуванням водою; зниженням тиску газу до 500 Па; заповненням

газопроводу пором. Після закінчення гасіння газового полум'я необхідно забезпечити припинення виходу газу в атмосферу, щоб уникнути отруєння її та створення вибухонебезпечної газоповітряної суміші.

Кабельне господарство зосереджено на електричній підстанції, кабельних підвалах, тунелях, галереях. Небезпеку становлять також розподільні щити та щити управління. Тому кабельні приміщення та галереї оснащуються стаціонарними системами гасіння пожежі. Там, де постійно знаходиться черговий персонал, встановлюються потужні вуглекислотні або порошкові вогнегасники.

Міжконусний простір колошника, бункер для пилокутного палива, розподільна установка та пилопроводи обладнуються установками парового або газового гасіння. Для гасіння використовується пара, насичена або відпрацьована, а також перегріта пара технологічного призначення. Стаціонарною установкою пожежогасіння оснащується і пиловловлювач системи газоочищення для розведення вибухонебезпечного середовища та для усунення самозаймання піроффорних відкладень.

У доменному цеху найзручніша в експлуатації установка газового пожежогасіння з тросовим пуском. Установки газового пожежогасіння призначені для ліквідації пожеж усередині приміщень, пов'язаних з використанням вогнебезпечних рідин, кабельних тунелях, на різних електроустановках, що знаходяться під напругою, а також у всіх випадках, коли гасіння іншими вогнегасними складами є небажаним або неефективним. Установки газового гасіння досить ефективні при придушенні пожеж, особливо в початковій стадії їх розвитку.

Для всіх установок, в яких склад вогнегасний зберігається під тиском, характером є наявність транспортних балонів ємністю 40 л і більше.

Для забезпечення пожежної безпеки необхідні технічні та організаційні заходи, спрямовані на створення таких умов, за яких не утворювалося б пожежонебезпечне середовище (палива речовина плюс джерело

запалювання), та які забезпечують безпеку працюючих у разі виникнення пожежі.

ВИСНОВКИ

У загальній частині кваліфікаційного проекту розглянуті джерела утворення стічних вод доменного виробництва.

Визначені показники, що впливають на кількісний та якісний склад забруднень.

Виконаний аналіз кількісного та якісного складу забруднень, що надходять зі стічними водами газоочисток доменного цеху.

Проведений аналіз існуючих технологій захисту гідросфери при виробництві чавуну. Встановлено, що найбільш перспективною є очищення стічних вод в гідроциклонах.

Запропонована схема очищення стічних вод систем очистки колошникового газу з підготовкою шламу до утилізації.

У проектній частині проведений розрахунок основного обладнання системи очистки стічних вод доменного виробництва, підбрано необхідне допоміжне обладнання.

Розраховані та підбрані споруди по згущенню та зневодненню вловленого осаду для подальшої утилізації.

Розглянуті основні шкідливі і небезпечні чинники доменного виробництва і запропоновані напрями для розробки заходів 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 теплотехнологічних 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: УкрНДІОГаз, 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>