

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНИ

Кафедра прикладної екології та охорони праці
(повна назва кафедри)

КОМПЛЕКСНИЙ КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЕКТ

«Проект системи комплексної очистки газів агломераційних машин»

магістерський
(рівень вищої освіти)

на тему Проект системи очищення хвостових газів агломераційних машин з утилізацією тепла

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1830-1d
спеціальності 183 Технології захисту
навколишнього середовища
(код і назва спеціальності)

освітньої програми Технології захисту
навколишнього середовища
(і назва освітньої програми)

спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)

М.С.Духіна

(ініціали та прізвище)

Керівник зав.каф., доц., к.т.н. Кожемякін Г.Б.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доц., к.т.н. Румянцев В.Р.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя

2021

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

Кафедра _____ *прикладної екології та охорони праці*
Рівень вищої освіти _____ *магістерський*
Спеціальність _____ *183 Технології захисту навколишнього середовища*
(код та назва)
Освітня програма _____ *183 Технології захисту навколишнього середовища*
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____
« _____ » _____ 20 _____ року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ/ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

_____ *Духиній Марії Сергіївні*

(прізвище, ім'я, по батькові)

- 1 Тема роботи (проекту) *Проект системи очищення хвостових газів агломераційних машин з утилізацією тепла*
керівник роботи *доц.,к.т.н. Кожемякін Геннадій Борисович*,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від « *30* » *червня* 2021 року № *975-С*
- 2 Строк подання студентом роботи *1 грудня 2021р*
- 3 Вихідні дані до роботи *Витрата газів аспіраційної ситеми цеху - 545 тис нм³/год, продуктивність агломащини 65 т/год,*
Початковий вміст пилу: аспірацій на система - 1,0 г/м³, система охолодження агломерату – 1,8 г/м³. Температура газів: аспірацій на система - 200°С, система охолодження агломерату – 250°С .
- 4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____ *Технологія виробництва агломерату. Джерела утворення аспіраційних викидів агломераційного виробництва. Теплові ресурси агловиробництва. Обґрунтування способу очистки аспіраційних газів та утилізації тепла. Розрахунок споруджень ситем очистки аспіраційних газів. Охорона праці. Техніко-економічне обґрунтування* _____
- 5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) _____ *Джерела утворення викидів. Креслення основних апаратів схеми очистки. Інженерна розробка заходів з охорони праці. Основні техніко-економічні показники*

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	зав.каф. Кожемякін Г.Б.		
2	зав.каф. Кожемякін Г.Б.		
3	зав.каф. Кожемякін Г.Б.		
4	зав.каф. Кожемякін Г.Б.		

7 Дата видачі завдання 02.09.2021

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Загальна частина	09.2021-10.2021	
	Спеціальна частина	10.2021-11.2021	
	Охорона праці	11.2021	
	Організаційно-економічна частина	11.2021	
	Креслення	12.2021	

Студент _____ Духіна М.С. _____
(підпис) (ініціали та прізвище)

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

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ Рижков В.Г. _____
(підпис) (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційний проект: 109 с., 4 розд., 18 табл., 28 рис., 32 джерела.

ГАЗООЧИСТКА, ПИЛ, АГЛОМАШИНА, АГЛОЦЕХ, ЧАШОВИЙ
ОХОЛОДЖУВАЧ, ЕЛЕКТРОФІЛЬТР, ЦИКЛОН.

Об'єкт проектування – установка очищення аспіраційних газів хвостової частини агломашини з утилізацією тепла від охолодження агломерату.

Мета роботи – вибір та розрахунок сучасного газоочисного обладнання для зменшення викидів та підвищення енергоефективності агломераційного виробництва.

У загальній частині розглянуто необхідність агломерації пилюватих залізородних матеріалів, розглянуто теоретичні основи існуючих технологій процесу агломерації пилюватих руд, дана загальна характеристика технологічних викидів.

У спеціальній частині приведено обґрунтування обраного методу знешкодження аспіраційних викидів та утилізації тепла агломерату. Виконано вибір та розрахунки необхідних технологічних та газоочисних апаратів. Розраховано аеродинамічний опір газовідвідного тракту, що дозволило обрати тягодуттєвий пристрій.

У розділі охорона праці розроблені заходи по техніці безпеки, промислової санітарії, електробезпеки та протипожежної безпеки; представлено розрахунок теплоізоляції поста управління і захисних екранів.

В економічній частині наведені розрахунки основних економічних показників. Розроблені розрахунки капітальних вкладень, експлуатаційних затрат та зроблено техніко-економічне обґрунтування очищення проектного варіанту.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	6
1.1 Технологія виробництва агломерату	6
1.2 Конструкція агломераційних машин	12
1.3 Підготовка агломераційної шихти до спікання	21
1.4 Хімічні процеси при агломерації	26
1.5 Агломераційний процес з теплової точки зору	38
1.6 Устаткування для охолодження агломерату	45
1.6.1 Прямолінійні охолоджувачі агломерату	47
1.6.2 Чашові і кільцеві охолоджувачі агломерату	49
1.6.3 Охолоджувач дрібниці агломерату	53
1.7 Характеристика аспіраційних викидів агломераційного виробництва	55
1.8 Обґрунтування схеми очистки аспіраційних газів агломашин та утилізації тепла агломерату	59
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	63
2.1 Розрахунок схеми очистки аспіраційних газів	63
2.1.1 Розрахунок електрофільтру	63
2.1.2 Аеродинамічний розрахунок газового тракту системи газоочистки	68
2.1.3 Аеродинамічний розрахунок димової труби	70
2.1.4 Вибір димососу	71
2.2 Розрахунок схеми утилізації тепла агломерату	72
2.2.1 Вибір охолоджувача агломерату	72
2.2.2 Розрахунок циклону	73
2.2.3 Аеродинамічний розрахунок газового тракту системи утилізації тепла	77
3 ОХОРОНА ПРАЦІ	81
3.1 Шкідливі та небезпечні фактори виробничого середовища	81

3.2	Заходи щодо захисту від шкідливих і небезпечних факторів	83
3.3	Гігієна праці і виробнича санітарія	85
3.3.1	Мікроклімат	85
3.3.2	Освітлення виробничих приміщень	86
3.3.3	Виробничий шум, виробнича вібрація	86
3.3.4	Виробничі випромінювання	87
3.4	Електробезпека	88
3.5	Пожежна безпека	89
3.6	Техногенна безпека в агломераційному виробництві	90
3.7	Розрахунок теплоізоляції поста управління і захисних екранів	92
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО - ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	94
4.1	Організація роботи на ділянці очищення газів	94
4.2	Планування виробничої програми	95
4.3	Розрахунок штатної чисельності та фонду оплати праці основних робітників	96
4.4	Розрахунок капітальних вкладень	98
4.5	Розрахунок експлуатаційних витрат	101
4.6	Визначення основних техніко-економічних показників	104
	ВИСНОВКИ	106
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	107

ВСТУП

Чорна металургія є однією з основних галузей промисловості, яка значною мірою впливає на навколишнє середовище. За експертними оцінками, питома вихід твердих, газоподібних і рідких відходів на 1 т прокату, в цілому по чорній металургії становить: розкриті і вміщують породи 1500-2500 кг; шлаки 500-1000 кг; шлами 80-120 кг; суха пил 80-120 кг; окалина 30-40 кг; стічні води 250-300 м³; технологічні гази 8000-10000 м³; аспіраційний повітря 30-50 тис.м³; горючі гази 2000- 2500 м³. Сумарно відходи чорної металургії становлять сотні мільйонів тон на рік і перевищують випуск чорних металів в 2-4 рази.

В даний час в чорній металургії в технічному відношенні питання очищення газів і аспіраційного повітря від пилу вирішені, при цьому можливо домогтися будь-яких необхідних залишкових концентрацій пилу незалежно від величини початкової концентрації.

Пилоутворення в агловиробництві починається з моменту надходження сирих матеріалів на аглофабрику в процесі їх вивантаження, перевантаження і транспортування. Відсмоктування газів на всьому тракті руху матеріалів і їх очищення здійснюються за допомогою різних аспіраційних (вентиляційних) систем. Загальна кількість вентиляційних викидів на великих аглофабриках досягає 1-2 млн. м³ / год.

Утворені при спіканні шихти аглогазів містять також значні кількості SO₂ і CO. Процес вигорання сірки і ступінь десульфурації шихти залежать від властивостей сполук сірки в мінералах і витрати палива на спікання шихти.

Комплексне вирішення проблем очистки всіх газів агломераційного виробництва на даний час є одним з найперспективніших напрямів, який дозволяє значно зменшити екологічні проблеми, пов'язані з забрудненням навколишнього середовища аглофабриками та утилізувати вторинні сировинні та енергетичні ресурси.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Технологія виробництва агломерату

Нині відомі три методи кускування металургійної сировини: агломерація, обдавання і брикетування.

Кускування є одним з важливих і обов'язкових видів підготовки руди до доменної плавки. Значення кускування з кожним роком зростає, оскільки збільшується кількість рудної дрібниці і концентратів внаслідок зростання споживи в руді (через збільшення виплавки чавуну), що викликає прискорене залучення до експлуатації родовищ з низьким змістом заліза.

Безпосереднє завантаження рудної дрібниці або тим більше концентрату в доменні печі не практикується і не може бути рекомендована з наступних причин. При завантаженні значна частина пилюватої руди виноситься газом з печі і осідає потім в пиловловлювачах. Повне засвоєння пилюватої шихти печами можливо тільки за умови її попереднього кускування. Вусі сказане відноситься до пилюватої руди, колошниковому пилю і особливо до концентрату збагачення. Завантаження останнього в піч без кускування безглузда - він повністю виноситься газом з печі.

Агломерація - це процес кускування дрібних руд, концентратів і колошниковому пилю спіканням в результаті згоряння палива в шарі матеріалу, що спікається. Найбільш поширені стрічкові агломераційні машини із спіканням шару шихти на рухомих колосникових грат при просмоктуванні повітря через шихту.

Продукт спікання (агломерація) - агломерат представляє собою кусковий пористий продукт чорного кольору; спрощено можна характеризувати його як спечену руду або спечений рудний концентрат.

Агломерацію слід розглядати ширше, ніж кускування, оскільки при цьому віддаляються деякі шкідливі домішки (сірка і частково миш'як), розкладаються карбонати і отримується кусковий пористий, до того ж офлюсований матеріал. По суті - це металургійна підготовка руд до плавки. Спосіб спікання рудної дрібниці на колосникових грат з просмоктуванням повітря через кулю шихти уперше був

запропонований в 1887 р., а в 1911 р. був впроваджений з використанням горизонтальних стрічкових машин.

Шихта агломерації і її підготовка. Основні складові агломераційної шихти - залізозмісні матеріали (рудний концентрат, руда, колошниковий пил); повернення (відсіяна дрібниця раніше виробленого агломерату); паливо (коксова дрібниця); волога, що вводиться для грудкування шихти; вапняк, що вводиться для отримання офлюсованого агломерату.

Крім того, в шихту частенько вводять вапно (до 25-80 кг/т агломерату), що покращує грудкування шихти, підвищуючи її газопроникність і міцність агломерату; марганцеву руду (до 45 кг/т агломерату) для підвищення вмісту марганцю в чавуні і відходи (прокатну окалину, шлами і інші матеріали, що вносять оксиди заліза).

Кількість основних компонентів агломераційної шихти [1], %:

Залізозмісні матеріали (руда, концентрат, колошниковий пил) крупністю 8-0 мм	40-50
Вапняк крупністю 3-0 мм	20-30
Повернення (дрібний агломерат) крупністю 10-0 мм	20-30
Паливо крупністю 3-0 мм	4-6
Волога	6 - 9

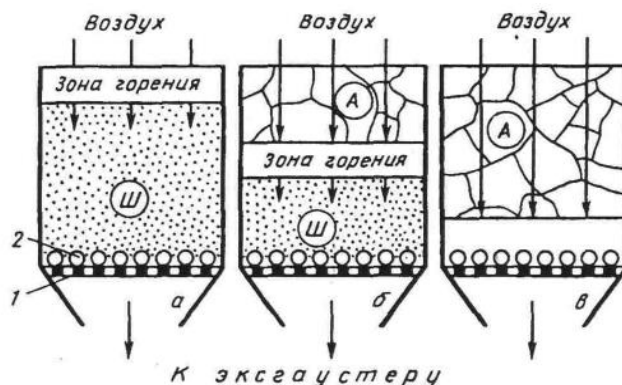
Підготовку шихти, як і спікання, ведуть на агломераційних фабриках. Підготовка шихти повинна забезпечити усереднювання, необхідна велика, дозування компонентів шихти, змішування і грудкування її.

Складові шихти з бункерів, де вони зберігаються, видають за допомогою вагових і об'ємних дозаторів. Дозування повинне забезпечити необхідний склад агломерату.

Для забезпечення рівномірного розподілу компонентів за усім обсягом шихти необхідно здійснювати хороше змішування шихти, що зазвичай проводять в барабанах, що обертаються, спочатку в змішувачі, а потім в огрудковувачі. На деяких аглофабриках ці операції поєднують в одному барабані.

При подачі в барабан води, що розбризкується над поверхнею шихти, відбувається грудкування її внаслідок дії капілярних сил, що виникають між частинками матеріалу. Огрудкована шихта характеризується вищою газопроникністю. Великий вплив на грудкуємость, а отже, і газопроникність робить вміст води в шихті. Газопроникність шихти зростає у міру збільшення вологості до 6-9%, а при перевищенні цієї величини шихта перетворюється на напіврідку масу, газопроникність якій низька. Після грудкування шихту транспортують до спікальної машини.

Процес спікання. Схема процесу представлена на рис. 1.1. На колосникові грати 1 конвеєрної стрічки завантажують так зване "ліжко" 2 заввишки 30-35 мм, що полягає з повернення величиною 10-25 мм. Потім завантажують шихту (250-350 мм). Під колосниковими гратами створюють розрідження близько 7-10 кПа, внаслідок чого з поверхні в кулю засмоктується зовнішнє повітря.



а - початок процесу; б - проміжний момент; у - кінцевий момент;
А - агломерат, Ш - шихта

Рисунок 1.1 - Схема агломераційного процесу

Щоб процес почався, спеціальним запальним пристроєм нагрівають верхній куля шихти до 1200-1300 °С, і паливо запалюється. Горіння підтримується в результаті просмоктування атмосферного повітря. Зона горіння висотою близько 20 мм поступово просувається зверху вниз (до колосників) із швидкістю 20-30 мм/хв.

У зоні горіння температура досягає 1400-1500 °С. При таких температурах вапняк CaCO_3 розкладається на CaO і CO_2 , а частина оксидів заліза шихти відновлюється до FeO . Що утворюються CaO і FeO , а також оксиди шихти SiO_2 , Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 та ін. вступають в хімічну взаємодію з утворенням легкоплавких з'єднань, які розплавляються. Рідка фаза, що утворюється, просочує тверді частки і хімічно взаємодіє з ними [2].

Коли зона горіння опуститися нижче за місця утворення рідкої фази, просмоктуване згори повітря охолоджує масу, просочену рідкою фазою, і остання твердне, внаслідок чого утворюється твердий пористий продукт - агломерат. Пара виникає в результаті випару вологи і просмоктування повітря. Просування через шар шихти зверху вниз зони, в якій відбувається горіння палива і формування агломерату (тобто шару, що спікається) триває 8-12 хв і закінчується досягши постілі (рис. 1.1 в).

Розглянемо основні хімічні реакції, що протікають при агломерації. Горіння палива відбувається по реакціях:



У продуктах горіння, що відводяться, відношення CO_2 : CO рівне 4÷6, але поблизу шматочків коксу, що горять, атмосфера відновна (переважає CO), що викликає відновлення оксидів заліза.

Велика частина неміцних оксидів Fe_2O_3 перетворюється на Fe_3O_4 в результаті відновлення: $3\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} = 2\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO}_2$, або в результаті дисоціації: $6\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow 4\text{Fe}_3\text{O}_4$.

Частина оксидів Fe_3O_4 відновлюється до FeO : $3\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO} = 3\text{FeO} + \text{CO}_2$. Вміст FeO в агломераті зазвичай знаходиться в межах 7-17 %, він зростає при збільшенні витрати коксу на агломерацію; одночасно зменшується залишковий вміст Fe_2O_3 .

Вапняк розкладається по реакції $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$, що йде з поглинанням тепла.

При агломерації віддаляється сірка і частково (близько 20%) миш'як. Сірка в шихті зазвичай знаходиться у вигляді сульфідів заліза FeS_2 (пірит), а іноді у вигляді

сульфатів $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (гіпс) і BaSO_4 (барит). Пірит в умовах агломерації окислюється по декількох реакціях, одна з них: $3\text{FeS}_2 + 2\text{O}_2 = \text{Fe}_3\text{O}_4 + 6\text{SO}_2$. Гіпс і барит розкладаються при 1200-1400 °C по реакціях $\text{CaSO}_4 = \text{CaO} + \text{SO}_3$; $\text{BaSO}_4 = \text{BaO} + \text{SO}_3$.

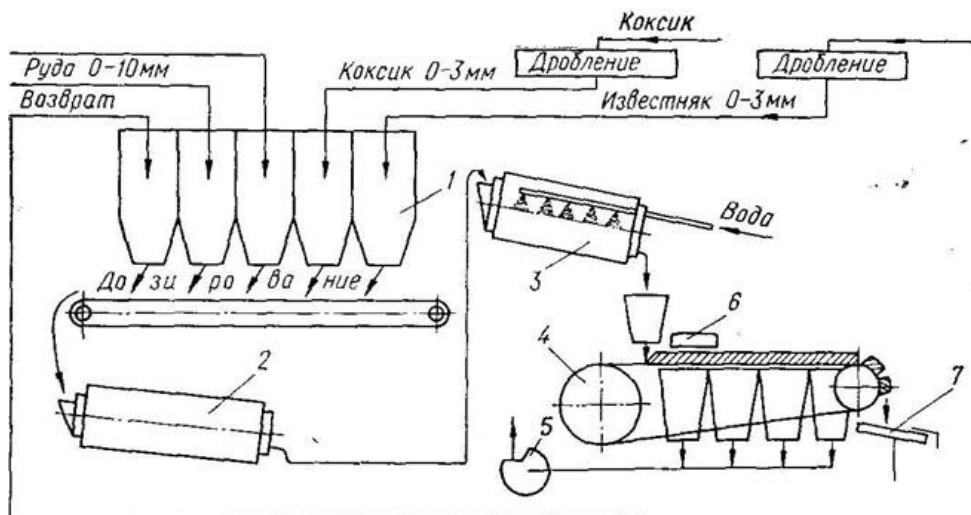
У процесі агломерації вигорає 90-98 % сульфідної сірки, а сульфатної 60-70%. Нижня межа відноситься до офлюсованого агломерату, а верхній до не офлюсованого [2].

Протікає багато реакцій взаємодії між оксидами шихти, внаслідок чого утворюються десятки різних хімічних з'єднань. Продуктивність агрегату значною мірою залежить від швидкості горіння вуглецю в шарі. Вона визначається кількістю кисню, що подається в зону горіння. Це робить газопроникність шару, що спікається, вирішальним чинником підвищення продуктивності агломашин, яка, у свою чергу, визначається грудкуванням шихти перед спіканням. Ось чому процеси грудкування шихти, конструкції пристроїв грудкування і їх робота в значній мірі визначають продуктивність агломераційних фабрик. Крупність матеріалів що спікаються, вид вживаного палива, склад шихти, що визначає температуру появи рідких фаз, також впливають на продуктивність агрегату.

Якість агломерату визначається його хімічним складом, міцністю і відновлюваністю. Нині виробляють тільки офлюсований агломерат (тобто з добавками флюсу). Виробництво офлюсованого агломерату дозволяє отримати продукти з кращими міцністними характеристиками. Збагачене вапно, стикаючись з вологою шихти, утворює $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Це з'єднання має в'язучі властивості і сприяє підвищенню міцності грудок і газопроникності аглошихти. Крім того, вапно при спіканні утворює з порожньою породою руди силікатні зв'язки (силікати кальцію і заліза, ферити кальцію), що в наступному полегшує шлакоутворення при доменній плавці. Розкладання вапняку у високотемпературній зоні відбувається за рахунок згорання дешевого палива - коксової дрібниці, антрацитового штибу, вугільного пилу. Крім того, застосування офлюсованого агломерату покращує хід доменної плавки, що також дає економію коксу. Більше 99 % агломерату випускається офлюсованим.

Міцність агломерату залежить передусім від температури появи рідких фаз в зоні спікання, їх кількості і властивостей. Технологічно це визначається витратою палива, складом шихти, мінералогічним складом отриманого агломерату і т. д.

Принципова схема технологічного процесу на агломераційній фабриці приведена на рис. 1.2.



- 1 - шихтові бункери; 2 - барабан для змішування шихти; 3 - барабан для грудкування шихти; 4 - стрічкова (конвєрна) агломераційна машина; 5 - ексгаустер; 6 - запальний горн; 7 - гуркіт.

Рисунок 1.2 - Принципова схема технологічного процесу агломераційної фабрики :

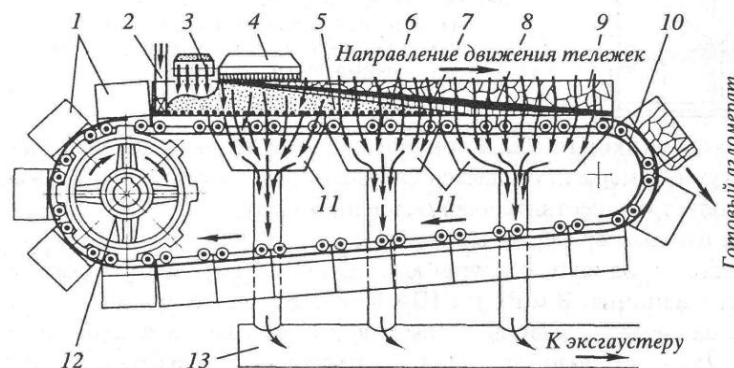
У шихтові бункери 1 подаються концентрат, руда, повернення і інші компоненти шихти. Велика їх не повинна перевищувати 8-10 мм. Коксик і вапняк перед завантаженням дробляться до максимальної великої 2-3 мм на спеціальних дробарках. При видачі з шихтових бункерів бути схожим дозування компонентів шихти, далі шихта потрапляє в барабан змішувача, що обертається, 2, в якому вона змішується і частково огрудковується. Змішана шихта потрапляє в барабан грудкування 3, де її зволожують і огрудковують потім подають на рухому стрічку агломераційної машини. Безперервно рухомий разом із стрічкою шар шихти під горном 6 запалюють, і при подальшому русі він спікається внаслідок безперервного просмокування повітря ексгаустером 5. Агломерат, що падає з

машини, розсіюється, виділяється повернення розміром 0-10 мм, а агломерат розміром > 10 мм спрямовується в доменний цех.

1.2 Конструкція агломераційних машин

Чашові агломераційні установки періодичної дії характеризуються відносно низькою продуктивністю, оскільки майже половина робочого часу при їх експлуатації йде на завантаження чаш шихтою, запалення і вивантаження готового агломерату. З винаходом в 1906 р. безперервно діючої стрічкової агломераційної машини будівництво великих Чашових агломераційних установок було скорочене і нині у всьому світі не більше 3 % агломерату виготовляється на установках цього типу[4] .

Нині у світі працює більше 1000 аглострічок сумарною продуктивністю до 500 млн. т агломерату в рік [4]. Хід процесу спікання на конвеєрних машинах зображений на рис. 1.3.



- 1 - спікальні візки-палети; 2 - укладальник постілі;
- 3 - човниковий живильник стрічки шихтою; 4 - газовий запальний горн;
- 5 - ліжко; 6 - зона сирої шихти; 7 - зона сушки і підігрівання шихти;
- 8 - зона горіння твердого палива; 9 - зона готового агломерату;
- 10 - розвантажувальний кінець машини; 11 - вакуум-камери;
- 12 - ведуча зірочка приводу стрічки; 13 - збірний газопровід

Рисунок 1.3 - Схема, що ілюструє хід процесу спікання на агломераційній машині стрічкового типу

Стрічкова агломераційна машина є замкнутою ланцюгом рухомих спікальних візків-палет, що переміщуються після рейок верхньої горизонтальної робочої гілки машини під дією зірочок 12 приводу, а після рейок нижньої похилої (2-3°) холостої гілки машини в перевернутому положенні під дією горизонтальної складової власної ваги. Захоплення палет з холостої гілки і транспортування їх на верхню робочу гілку машини також здійснюються за допомогою зірочок приводу. На сталевій рамі кожної палети монтується три ряди колосників. Таким чином, палета є рухомими колосниковими ґратами. Під час руху по робочій гілці палети проходять над вакуум-камерами 11, сполученими через збірний газопровід 13 з ексгаустером. Спеціальне ущільнення перешкоджає просмоктуванню повітря у вакуум-камери через стик з рухомими палетами. Спікальні візки рухаються по робочій гілці машини один за одним без розривів або проміжків. Просмоктування повітря між візками у вакуум-камери виключається.

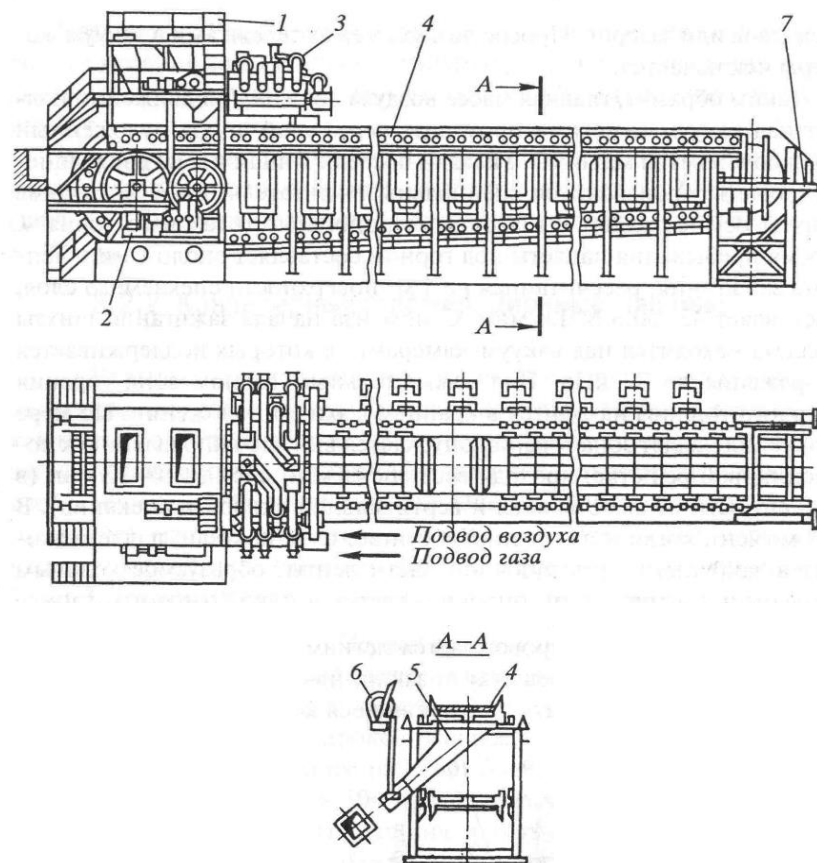
Таким чином, головна маса повітря повинна при русі палет над вакуум-камерами проходити через шар шихти, укладений на робочій гілці машини. Укладання постілі 2 і шихти на рухомих палети здійснюється спеціальними живильниками 3. Запалення шихти здійснюють за допомогою стаціонарного газового горна 4. Година перебування палети під горном складає близько 1 хв. Теплота запалення, розрахована на 1 м² поверхні спікаємого шару, складає 42-50,5 МДж/хв. З моменту початку запалення шихти палета знаходиться над вакуум-камерами, в яких підтримується розрідження до 20 кПа. Під запальним горном зона горіння твердого палива знаходиться в крайньому верхньому положенні. По мірі руху палет зона горіння опускається вниз у напрямку до колосникової ґрати, проходячи крізь спікаємий шар за 10-12 мін (від висоти шару і вертикальної швидкості спікання). У той момент, коли зона горіння досягає шару постілі, палета входить в закруглення розвантажувальної частини стрічки, що утворюється ходовою рейкою і контррейкою, перевертається і пиріг готового агломерату скидається з палети. Скидання супроводжується легким ударом, що дозволяє очистити колосникові ґрати від шматочків агломерату, що заклинилися в ній, а також скинути що приварилися до металу колосників голили агломерату. З цією

метою безпосередньо за вакуум-камерами створюється розрив безперервного ланцюга візків, що дозволяє здійснити удар чергової палети, що розвантажується, про групи порожніх перевернутих візків.

Існує, проте, і інша конструкція розвантажувальної (хвостовий) частини машини. У ФРН і США у ряді випадків стараються оберегти палети від ударів, підвищуючи тим самим тривалість їх служби [5].

Для цього поворот палет здійснюється в розвантажувальній частині машини за допомогою гальмівних зірочок.

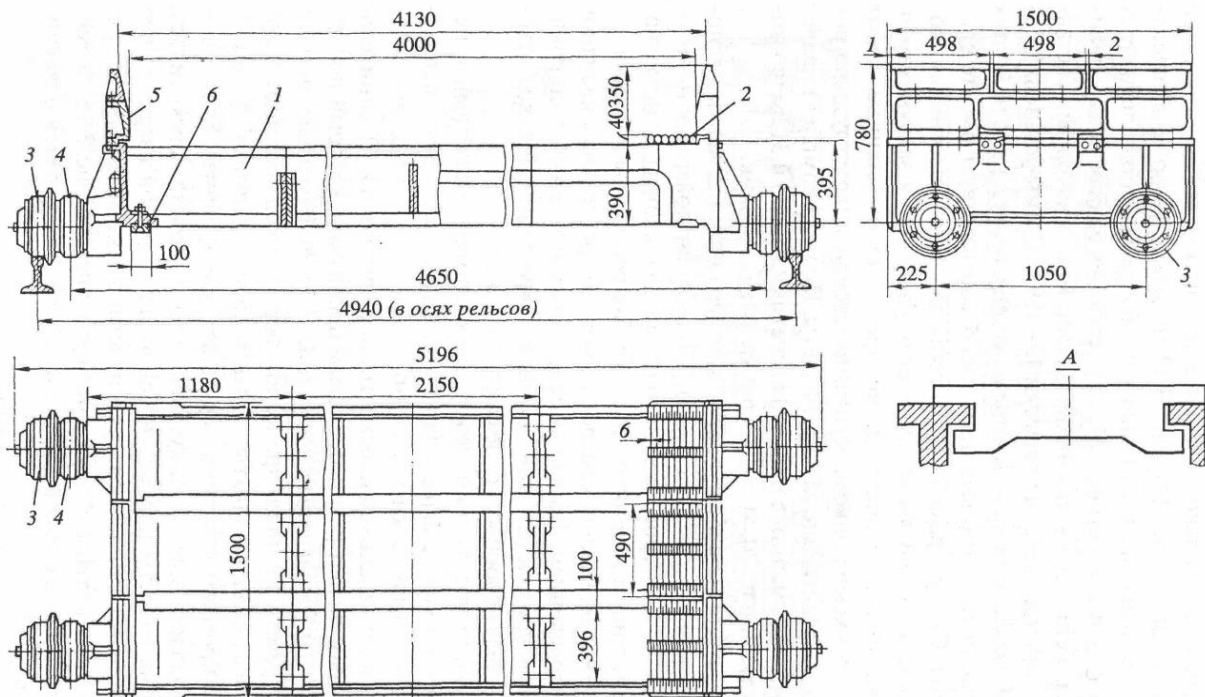
У цьому випадку для забезпечення нормального сходу пирога агломерату з палети потрібні спеціальні заходи - щільний шар постілі, автоматичні прилади для визначення міри закінченості процесу спікання. Загальний вигляд агломераційної стрічки з площею спікання 75 м^2 зображений на рис. 1.4.



- 1 - живильники постілі і шихти; 2 - привід машини;
 3 - запальний горн; 4 - спікальні візки-палети; 5 - вакуум-камери;
 6 - клапани для регулювання вакууму; 7 - розвантажувальний кінець машини

Рисунок 1.4 - Агломераційна машина конвеєрного типу
 з площею всмоктування 75 м^2

Розглянемо дещо детальніше пристрій найважливіших вузлів агломераційної стрічки. На рис. 1.5 наведено пристрій спікального візка-палети. Сталева рама палети виконана з трьох секцій, сполучених болтами. Між чотирма балками рами набирають три виряджай сталевих колосників, проміжки між якими складають 5-6 мм (живий переріз ґрат 12-15%). Схеми установки колосників на палети показані окремо (А). Згори до рами на болтах кріпляться змінні борти, висота яких відповідає висоті спікаємого шару. Знизу до рами прикріплені пластини ущільнення, якими палета на ходу торкається пластин ущільнення вакуум-камер. Палета рухається після рейок на чотирьох ходових роликах; захоплення палети зірочками приводу здійснюється за чотири вантажні ролики або безпосередньо за раму палети. Повний комплект палет агломераційних машин з площею спікання 50, 75 і 312 м² полягає відповідно з 70, 80 і 130 спікальних візків.

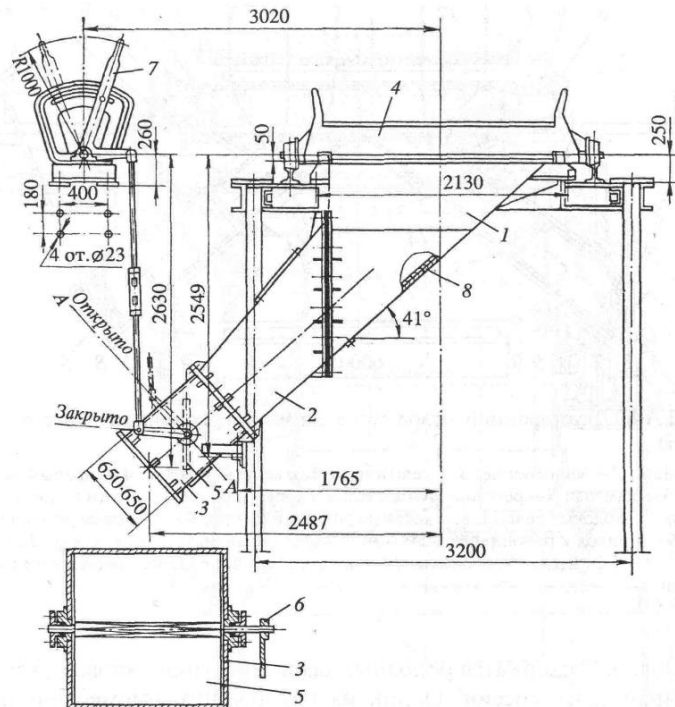


- 1 - рама; 2 - колосники; 3 - ходові ролики; 4 - вантажні ролики;
5 - змінні борти; 6 - пластини ущільнення

Рисунок 1.5 - Пристрій палети агломераційної стрічки з площею спікання 312 м² :

Під палетами на робочій гілці агломераційної стрічки розташовуються вакуум-камери (рис. 1.6), внутрішня поверхня яких покривається футерувальними

плитами для захисту від що стирає дії запилених газів. Грубе регулювання рівня вакууму можливе на кожній камері за допомогою дросельних клапанів з ручним управлінням.



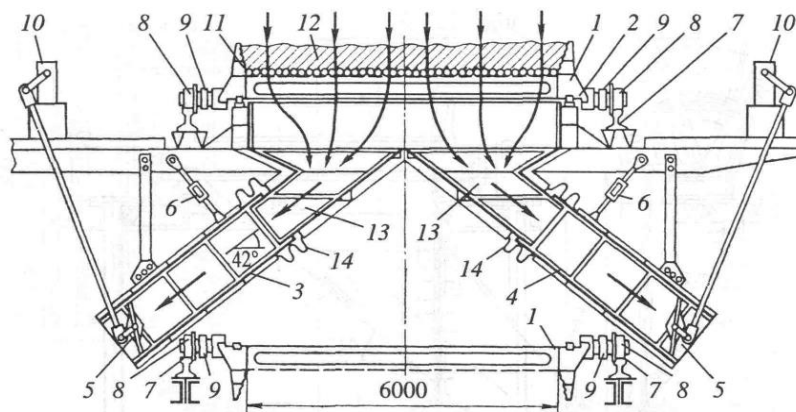
- 1 - верхній короб (сталевий лист завтовшки 10 мм); 2, 3 - патрубки;
 4 - палета над вакуум-камерою; 5 - метеликовий дросельний клапан;
 6, 7 - важелі ручного управління дросельним клапаном;
 8 - футерування вакуум-камери

Рисунок 1.6 - Пристрій вакуум-камер агломераційної машини з площею спікання 50 м²

На найбільш великих аглострічках з широкими палетами застосовують двостороннє симетричне відведення газів, що відходять, в два збірних колектора (рис. 1.7).

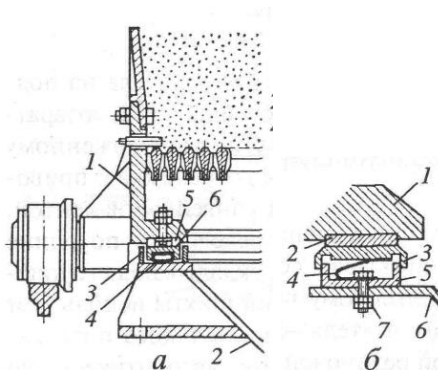
Конструкції ущільнень між рухомими палетами і нерушливими вакуум-камерами показані на рис. 1.8.

У гідравлічному ущільненні рухливі пластини, що мають можливість переміщатися у вертикальній площині, притискаються до ущільнювачем пластин палет гумовотканинним шлангом, в який під тиском 68-78 кПа нагнітається вода (рис. 1.8, а). Під тиском води шланг прагне до циліндричної форми, але сплющується під дією вага палет і шихти.



- 1 - палета; 2 - ущільнення; 3 - лівий патрубок вакуум-камери;
 4 - правий патрубок вакуум-камери; 5 - регулювальні метеликові клапани;
 6 - тяга підвіски патрубків; 7 - ходові рейки; 8 - ходові ролики палети;
 9 - вантажні ролики палети; 10 - привід до регулювальних метеликових клапанів;
 11 - ліжко; 12 - аглошихта; 13 - футерувальних плит;
 14 - компенсатори теплового розширення конструкції

Рисунок 1.7 - Двостороннє відведення газів на агломераційній стрічці 600 м²



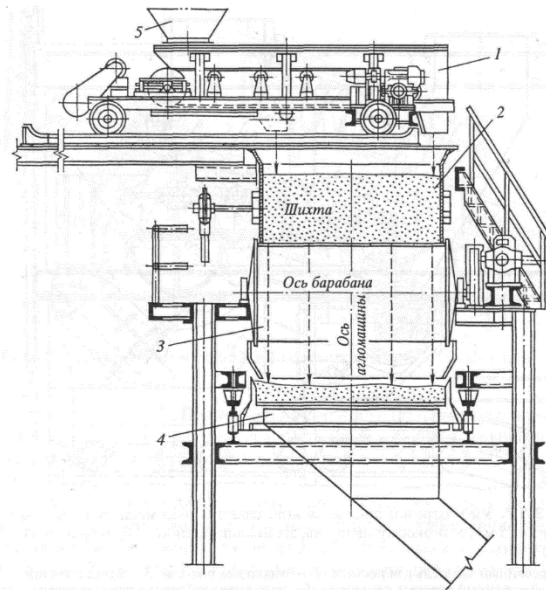
- а - гідравлічне:** 1 - палети; 2 - вакуум-камера; 3 - жолоб;
 4 - гумовотканинний шланг з водою під тиском;
 5 - пластина ущільнювача палети; 6 - пластина ущільнювача вакуум-камери;
- б - пружинне:** 1 - палета з пластиною ущільнювача;
 2, 3 - пластини вакуум-камери ущільнювачів; 4 - пластинчата пружина;
 5 - жолоб; 6 - вакуум-камера; 7 - болт кріплення жолоба і пружини

Рисунок 1.8 - Подовжнє ущільнення між палетами і вакуум-камерами :

Шланги (лівий і правий) укладені після верхніх кромek вакуум-камер на усю довжину стрічки. Якщо ходовий ролик палети наїхав на грудки руди і палета

перекосилася, тобто пластина палети перемістилася разом з рамою вгору, то під дією шланга зрушиться вгору і пластина вакуум-камери, зберігаючи газоцільність стику. У пружинному ущільненні (рис. 1.8, б) замість пружного шланга з водою для тихий же цілей використовується пластинчата пружина.

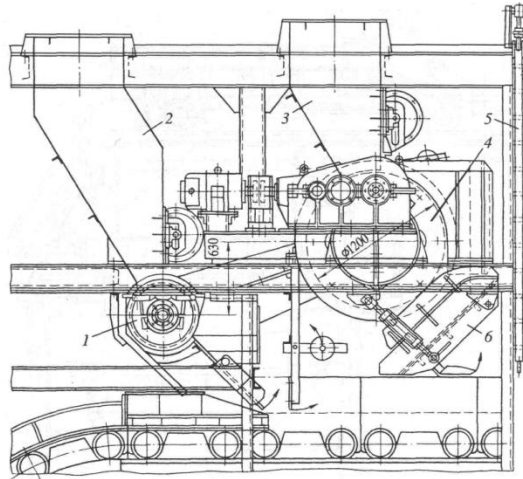
Завантаження агломераційної шихти на стрічку здійснюється найчастіше за допомогою комбінації барабанного і човникового живильників (рис. 1.9, 1.10).



- 1 - човниковий живильник; 2 - проміжний бункер для шихти;
 3 - барабанний живильник; 4 - агломераційна машина;
 5 - завантажувальний пристрій

Рисунок 1.9 - Установка човникового живильника над барабанним живильником

З бункера шихти, розташованого над головною частиною машини, агломераційна шихта потрапляє спочатку на рухомий човниковий конвеєрний живильник, що здійснює зворотно-поступальне рух по рейковому шляху, розташованому упоперек осі машини. Човниковий живильник - це візок з приводом на ходові ролики і замкнутою гумовою конвеєрною стрічкою, за допомогою якої шихта рівномірно розподіляється по довжині нижнього барабанного живильника, що обертається, укладаючого шихту на палети. У деяких випадках для завантаження шихти використовують тільки барабанний живильник. Продуктивність такого живильника залежить від числа оборотів барабана і регулюється автоматичний за швидкістю рухи палет агломераційної стрічки.



- 1 - барабанний живильник для постілі; 2 - бункер для постілі;
 3 - бункер для шихти; 4 - барабанний живильник для шихти;
 5 - труби водяної завіси, захищаючої живильник від дії полум'я запального
 горна; 6 – лоток

Рисунок 1.10 - Вузол завантаження шихти
 на агломераційну машину площею спікання 75 м²
 (човниковий живильник, що засипає шихту в бункер 3, не показаний)

Сучасна агломераційна фабрика є складний комплекс споруд, механізмів і машин, що забезпечують підготовку руд і концентратів до спікання, власне агломерацію і обробку готового спека. Розглянемо схему агломераційної фабрики (рис. 1.11) дещо детальніше. Бункери 3 для компонентів шихти заповнюються згори через ґрати 2 реверсивним стрічковим конвеєром 1. Бункер повернення заповнюється конвеєром 28. Дозування компонентів шихти на збірний конвеєр шихти 5 ведеться за допомогою вагових стрічкових дозаторів 4. Дозатор представляє собою короткий стрічковий конвеєр, встановлений під горловиною бункера.

Швидкість руху конвеєра визначає масу видаваного на збірний конвеєр компонента шихти. Ця швидкість може регулюватися з центрального пульта управління шихтовим відділенням, оскільки маса рами і конвеєра шкірного дозатора і маса лежить на конвеєрі руди фіксуються спеціальною вагомірною системою, змонтованою на месдозах, що забезпечують точність зважування руди до $\pm 2\%$. Змішування злегка зволоженою шихти здійснюється в барабанному

змішувачі, що обертається, 6, потім шихта по конвеєру 7 прямує до барабану-огрудковувачу 8. Змішана і огрудкована шихта з бункера 9 укладається живильником 30 на агломераційну стрічку 77. Заздалегідь живильником 29 на колосникові ґрати укладається ліжко, подане до стрічки конвеєром 26.

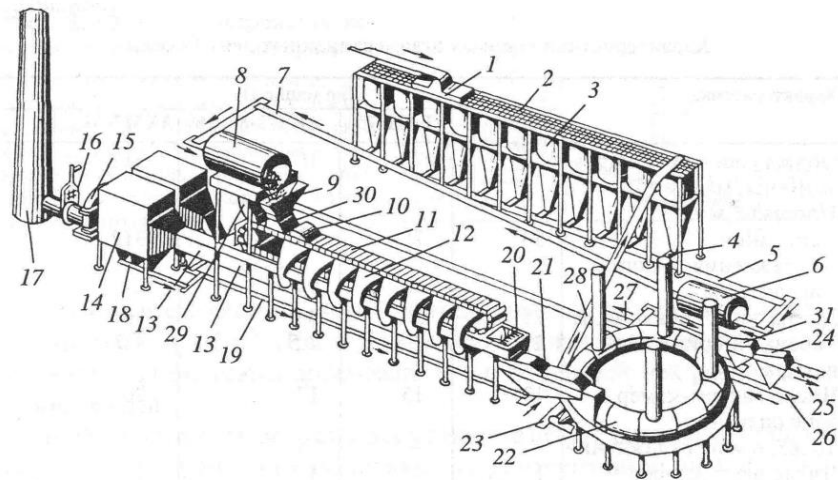


Рисунок 1.11 - Спрощена схема агломераційної фабрики

Палети з шихтою проходять над вакуум- камерами 12. Над головною частиною стрічки встановлений запальний горн 10. Гази, що відходять, по збірному газопроводу 33 підводяться до пиловловлювачам 14.

Для очищення газів, що відходять, від пилу в більшості випадків використовуються батареї мультициклонів, а іноді і електроочищення. Запиленість газів ($10-12 \text{ г/м}^3$), що відходять, вдається понизити до $0,15 \text{ г/м}^3$. Це вирішує проблему захисту довкілля від викидів пилу і різко підвищує стійкість лопаток ротора ексгаустера 15. Між ексгаустером і димарем 17 встановлюють зазвичай головний шибер 16, за допомогою якого може бути відрегульований режим роботи ексгаустера. Відрегулювати вакуум в кожній вакуум-камері можна за допомогою спеціальних клапанів (рис. 1.6, 1.7).

Готовий піріг агломерату падає з палети у валкову дробарку 20, після чого на грохотах 21 від подрібненого продукту відділяють гаряче повернення.

Придатний агломерат охолоджується в охолоджувачі 22 і далі конвеєром 23 прямує на грохоти 24 холодні агломерати. Після відділення постілі на гуркоті 24 придатний агломерат конвеєром 25 транспортується в доменний цех, а повернення конвеєрами 27 и 28 - в бункер повернення. До гарячого повернення з гуркоти 21 і холодному поверненню з гуркоти 31 додають пил і шлами газоочищення, а також просип (конвеєри 18, 19).

1.3 Підготовка агломераційної шихти до спікання

Технологічний процес отримання агломерату починається з підготовки агломераційної шихти до спікання. Підготовку шихти можна розділити на наступні операції: усереднювання шихтових матеріалів, підготовка матеріалів по розміру, дозування окремих компонентів в заданому співвідношенні, змішування і грудкування шихти.

Компоненти агломераційної шихти (руда, концентрат, паливо, флюси, добавки) поступають на агломераційні фабрики, як правило, залізничним транспортом і розвантажуються в спеціальні приймальні бункери, звідки потім системою конвеєрів подаються на осереднювальні склади.

Усереднювання шихтових матеріалів виробляється звичайними методами на рудному дворі доменного цеху, складах концентрату збагачувальних фабрик, в бункерах аглофабрики і т. д. Рудна сировина, яка після сортування йде на агломерацію, часто має дуже різкі коливання по залізу і іншим компонентам. Тому особливе значення придбаває попереднє усереднювання шихти на спеціальних складах, що найтіснішим чином пов'язано з якістю майбутнього агломерату.

Підготовка матеріалів по крупності. Компоненти агломераційної шихти поступають на агломераційну фабрику в шматках різної великої.

Для агломераційного процесу до матеріалів пред'являються наступні вимоги по великій, мм: залізородні матеріали (руда, концентрат, добавки, повернення) 0 - 6; тверде паливо 0,5 - 2,5; флюси 0 – 3 [31] .

Як паливо в агломераційному процесі використовуються кокс, відокремлюваний від металургійного, крупно кускового коксу безпосередньо на коксохімічному заводі або ж в доменному цеху металургійного заводу, і антрацитовий штиб. На агломераційні фабрики поступає кокс великою 20 - 0 мм або 40 - 0 мм. Вибір великої палива визначається передусім умовами забезпечення рівномірної швидкості горіння в обмеженій по розмірах зоні спікання, а також умовами збереження або навіть деякого збільшення газопроникності шихти після добавки до неї палива.

На агломераційних фабриках кокс і антрацитовий штиб дроблять на чотиривалкових дробарках до великої 3-0 мм.

Вапняк повинний реагувати з рудними матеріалами, тому чим він дрібніший, тим більше однорідним виходить агломерат. За технічними умовами дроблення, верхня межа великої вапняку складає всього 2-3 мм. Вапняк на аглофабриках в більшості випадків дробитися в молоткастих дробарках, що мають порівняно високу продуктивність і що видають матеріал великою 3-0 мм. Рідше застосовуються стержневі млини, які дають матеріал фракції 0,5-0 мм.

Повернення також піддається підготовці. У практиці агломераційного виробництва поверненням вважається суміш дрібного агломерату і частково шихти, що не спеклася, великою 15-0 мм, з якої фракція 15-10 мм використовується як ліжка, а фракція 10-0 мм знову повертається в шихту.

Роль повернення полягає в тому, що він розпушує шихту, підвищує її газопроникність і покращує умови спікання. Зазвичай повернення, відсіяне від агломерату без яких-небудь змін його великої, додається в підготовлену шихту. Позитивне вплив повернення на газопроникність шихти пояснюється його зернистістю. Найкраща газопроникність шару досягається при добавці повернення у кількості 20-25% від маси руди [3].

Дозування компонентів шихти. Шихтове відділення - це самостійна ділянка фабрики, де виробляється складання шихти, тобто видача підготовлених до спікання компонентів в заданому співвідношенні (відповідно до необхідної якості агломерату і наявності початкової сировини). Крім того, бункери шихтового

відділення дозволяють створити певний буферний запас матеріалів на випадок нерівномірної роботи ділянок підготовки сировини до спікання або перебоїв в подачі компонентів шихти на фабрику кускування. На більшості фабрик шихтове відділення розташовується в окремій будівлі в безпосередній близькості від корпусу спікання.

Бункери шихтового відділення агломераційних фабрик обладнані тарілчастими і електромагнітними вібраційними живильниками.

На агломераційних фабриках застосовують об'ємне або вагове дозування. Вагоміри встановлюються на спеціальних коротких конвеєрах між живильником і збірним конвеєром, або безпосередньо на збірному конвеєрі. Їх використання в 3-5 разів зменшує погрішності в дозуванні в порівнянні з об'ємним способом.

Вагове дозування дозволило створити системи автоматичного управління дозуванням. Найбільш досконала з них дозволяє підтримати задане співвідношення компонентів в шихті, коригувати суху масу матеріалів (при зміні їх вологості) і продуктивність шихтового відділення по спікальному.

Змішування шихти є важливою операцією, що забезпечує однорідність складу агломерату. Видані з шихтових бункерів матеріали потрапляють на рухому стрічку конвеєра і розташовуються на ній окремими кулями. Їх потрібне перемішати до максимальної міри рівномірності, інакше спікання неможливе. Це відбувається при перевантаженнях і пересипанні шихти в тічках і при змішуванні в спеціальних барабанах.

Найбільш доцільним є двохстадійне змішування. Власне змішування здійснюється головним чином на першій стадії, тут же виробляється часткове зволоження шихти. На другій стадії здійснюється грудкування шихти і доведення її вологості до оптимальної. Схема роботи барабана змішувача показана на рис. 1.12

Шихта, що поступає в барабан, посувається від завантажувального кінця до розвантажувального, пересипається і змішується.

Ефективність змішування залежить від вологості і великої компонентів шихти. Найефективніше змішуються дрібні і сухі матеріали. Якість змішування

залежить також від години перебування матеріалу в барабані, яку, у свою чергу, залежить від складу шихти і міри її неоднорідності. Мінімальний допустимий година змішування складає 3 хв.

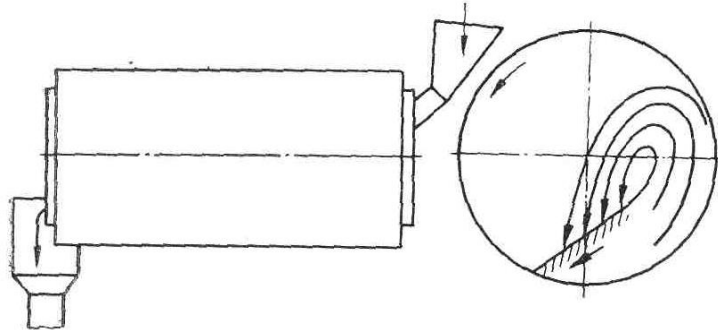


Рисунок 1.12 - Схема роботи барабана змішувача.

Грудкування шихти є основним процесом підготовки, оскільки воно визначає газопроникність шихти. Завданням грудкування є створення гранул (грудок) шихти досить великого, діаметру у вузькому інтервалі великої. Верхній розмір гранул визначається процесами горіння; воно сильно сповільнюється, якщо частка палива знаходиться у великій гранулі. Зниження розміру гранул зменшує газопроникність шихти, тобто також уповільнює процеси горіння.

Для грудкування агломераційної шихти в основному використовуються барабани огрудкування. Найбільш доцільним режимом роботи барабана являється режим перекату (рис. 1.13).

Такий режим досягається при окружній швидкості барабана 0,7-0,8 м/с. У режимі перекату забезпечується скачування легких вологих гранул по похилій поверхні сухого матеріалу.

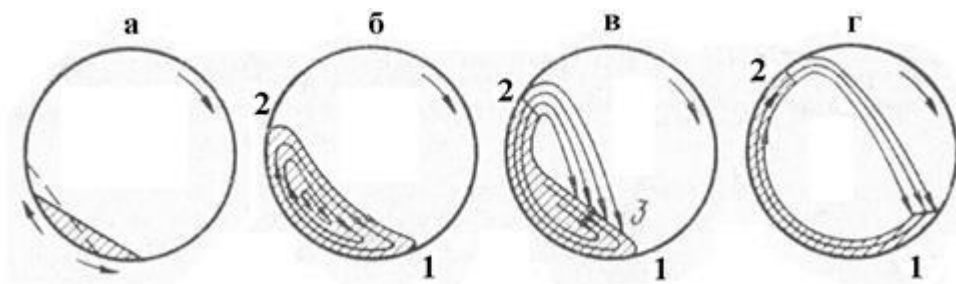


Рисунок 1.13 - Схема роботи барабана огрудкування

Великий вплив на процес грудкування чинити кількість води, тобто вологість шихти. Оптимальна вологоємкість дозволяє отримати максимальну газопроникність шихти. Для червоних залізняків і магнетитів вона складає 6-8, для бурих залізняків - 14-16%. Природна вологість шихтових матеріалів значно менше, тому в змішувачах і барабанах огрудкування на пересипну шихту подається необхідне кількість дрібно розпорошеної води. При зміні вологості істотно міняються властивості огрудкованої шихти : насипна маса, міцність грудок, структура шару і його газопроникність. Після досягнення певної вологості насипна маса шихти досягає мінімального значення, при подальшому збільшенні вологості пористість шару починає падати, а газопроникність продовжує рости. Таким чином, при мінімальній насипній масі задовільна газопроникність досягається в основній за рахунок підвищення пористості шару і частково за рахунок укрупнення часток.

Таким чином, для поліпшення процесу грудкування необхідно : а) застосовувати матеріали, добрі змочувані водою; б) мати в шихті тонкоподрібнені матеріали; в) створювати в огрудкувальному пристрої оптимальну вологість; г) вводити в шихту колоїдні добавки або застосовувати руди з глинистою порожньою породою; д) збільшувати довжину барабана огрудкування міру заповнення його матеріалами.

Газодинаміка агломераційного шару визначається ступенем грудкування початкової підготовленої шихти, проте її особливістю є ті, що з самого качану процесу агломерації в шарі, укладеному в апарат спікання, утворюється декілька зон, що розрізняються структурою і що володіють внаслідок цього різним газодинамічним опором. Втрати тиску газу змінюються непропорційно висоті шару - нижні шари чинять великий опір. Чим нижче знаходиться куля, тим більше діюча на нього вага вищерозміщеного матеріалу. Таким чином газопроникність шару падає за рахунок зменшення еквівалентного діаметру грудок шихти внаслідок їх часткового руйнування і зменшення порозності в результаті усадки шару. Падіння газопроникності шару в процесі агломерації викликається також утворенням зони перезволоження. Більш високий газодинамічний опір

перезволоженої шихти обумовлюється зменшенням міжкускової пористості шару за рахунок заповнення каналів сконденсованою вологою і зменшенням міжкускової пористості через усадки шару, а також руйнування початкової структури агломераційної шихти під дією вологи, що конденсується. Погіршення газопроникнення в результаті конденсації вологи можна уникнути при спіканні заздалегідь нагрітої шихти (до температури 80°C) [3].

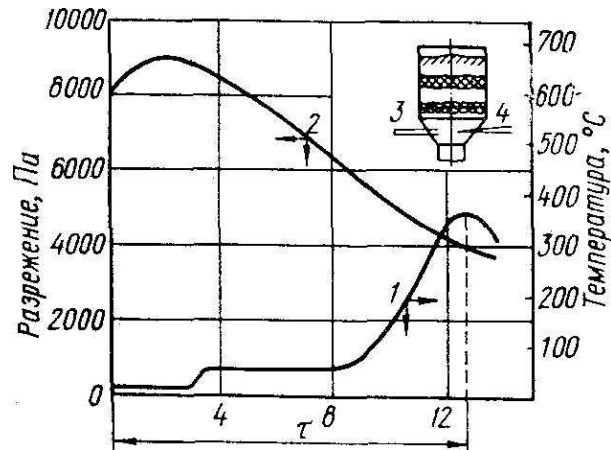
1.4 Хімічні процеси при агломерації

Для опису процесу спікання необхідно розглянути зміну температури газів і розрідження в часі і по висоті шару спікання. Перші 2-3 хв після початку спікання температура газів тих, що відходять, дорівнює температурі навколишнього середовища (рис. 1.14).

Колі процес спікання дійде до колосникових ґрат, температура газів, що відходять, стає рівною температурі шихти. Потім температура не змінюється до наближення зони горіння до колосникових ґрат. Максимальна температура газів, що відходять, свідчить про закінчення спікання - далі починається охолодження агломерату

Розрідження під колосниковими ґратами перші 1,5-2 хв після запалення шихти збільшується, що являється наслідком утворення зони горіння з розм'якшеними і рідкими матеріалами, тобто з низькою газопроникністю. Далі розрідження поступово знижується, оскільки висота шару більш газопроникного в порівнянні з шихтою агломерату збільшується, а висота шару шихти зменшується.

Наочне уявлення про процеси при агломерації дає зміна температури і розрідження по висоті шару спікання (рис. 1.15).



Тривалість спікання, хв

1 - температура; 2 - розрідження;
3, 4 - місце виміри розрідження і температури відповідно

Рисунок 1.14 - Типова зміна температури газів і розрідження під колосниковими ґратами агломераційної чаші в процесі спікання:

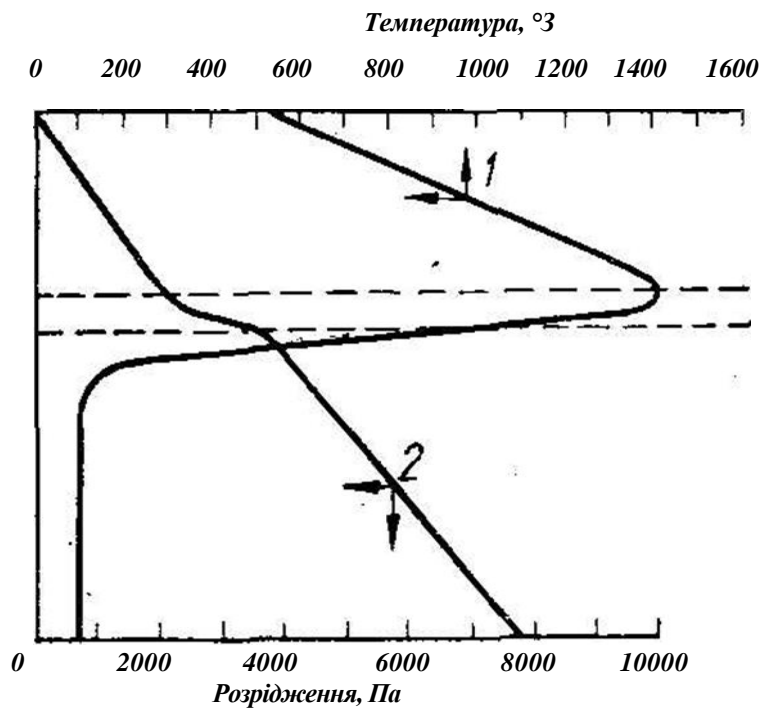


Рисунок 1.15 - Криві зміни температури газів і розрідження по висоті шару спікання.

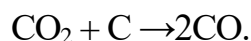
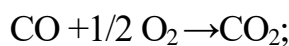
Видно, що температура газів від 300-700°C на поверхні шару (після займання коксика при 700°C і наступного охолодження) зростає до 1300-1600°C в зоні спікання. Потім внаслідок інтенсивного теплообміну між газом і шихтою

температура швидко знижується до 60-70°C і залишається постійною до рівня колосникових грат.

Розрідження в зоні готового агломерату у напрямку до низу шару зростає повільно - це сама газопроникний ділянка шару. У зоні горіння ця зростання найшвидше - висока температура, розм'якшені матеріали і рідкі фази знижують тут газопроникність. Далі розрідження в шарі шихти зростає швидше, ніж в шарі агломерату, і повільніше, ніж в зоні горіння. Звідси витікає, що підвищення газопроникності зони горіння і шару сирії перезволоженої шихти приводить до збільшенню кількості просмоктуваного повітря і, отже, до інтенсифікації процесу.

У агломераційному процесі доставка кисню до реакційної поверхні вуглецю в основному здійснюється конвективною дифузією (перенесення частинок речовини за допомогою спрямованого руху газового потоку). Тільки у самій поверхні, де існує пограничний куля, що складається з азоту і оксидів вуглецю, кисень доставляється молекулярною дифузією (процес мимовільного вирівнювання концентрації кисню усередині об'єму газу і у поверхні твердого тіла, являється результатом теплового хаотичного руху молекул газу). Швидкість дифузійної стадії процесу залежить від швидкості і характеру руху газового потоку, від розмірів палива, від температури, тиску і складу газової фази.

Співвідношення між змістом CO і CO₂ в продуктах горіння залежить раніше усього від температури. При низьких температурах виділяється переважно CO₂, а при високих – CO [2]. Що утворюються продукти реакції можуть взаємодіяти від умів покладу з киснем і вуглецем по рівняннях:



Процеси горіння протікають одночасно з відновленням і окисленням оксидів заліза, з розкладанням карбонатів, що горить частка палива може обволікатися рідким розплавом і т. д. Крім того, рух фронту горіння має бути узгоджений із швидкістю підігрівання шихти. Якщо нагрів шихти відстає, той рух зони горіння сповільнюється. Усі ці особливості значно ускладнюють горіння палива при

агломерації і значно скорочують можливість протікання вторинних реакцій догорання С і взаємодії CO_2 з С.

Горіння палива в шарі, що агломерується, відбувається у вузькій зоні, висота якої складає в більшості випадків 20 мм. Для підтримки стійкого горіння частки палива мають бути нагріті до температури займання і поверхня часток повинна омиватися достатнім кількістю кисню. Температура займання коксика складає 700°C , а антрацитового штибу - $750\text{-}800^\circ\text{C}$. Горіння палива сильно загальмовується при подачі в зону горіння газів, що містять менше 5-6% кисню [3].

При запаленні палива полум'ям газовою пальника поверхня часток дуже швидко нагрівається до температури займання, проте горіння палива і переміщення зони горіння вниз можливі лише у тому випадку, якщо продукти горіння газу містять достатню кількість кисню. Інакше горіння палива починається тільки після підведення згори повітря (21% O_2). Продукти горіння містять при цьому не більше 3-4% O_2 , і горіння часток палива, розташованих нижче, не дивлячись на те, що їх температура в зоні підігрівання шихти досягає температури займання, не відбувається. Лише після вигорання вуглецю в зоні горіння частки палива, що пролягають нижче, починають отримувати досить кисню згори і спалахують, що призводить до поступового переміщення зони горіння вниз.

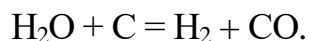
Виходячи із сказаного витікає, що повинен вибиратися правильний режим запалення палива, що забезпечує отримання продуктів горіння газу під запальним горном. Якщо запальний горн опалюється доменним газом, то максимальна температура полум'я при коефіцієнті надлишку повітря $\alpha = 1$ складає 1300°C . Продукти горіння доменного газу майже не містять в цих умовах вільного кисню. Добавка коксового і природного газів різко підвищує теплоту спалювання газу. При $\alpha = 1$ спалювання коксівного і природного газів дає температури 2100 і 2050°C відповідно [1]. Така висока температура полум'я дає можливість розбавити продукти горіння повітрям і тим самим збільшити в них вміст кисню.

Основною характеристикою процесів горіння є склад газів, що відходять. У них містяться CO, CO₂, O₂, H₂ і N₂. При агломерації швидке охолодження газів, що виходять із зони горіння, призводить до гальмуванню утворення CO і CO₂ і наступним догоранням CO в CO₂, в результаті цього CO в газах зберігається [5].

Склад газів, що відходять, залежить від режиму спікання. Чим вище витрата палива, тим вище температура в зоні горіння і, отже, більше вміст C в первинних продуктах горіння. При цьому посилюється нестача кисню, зменшується міра догорання C до CO₂, зростанні відношення CO/(CO+CO₂) і зменшується відношення CO₂/CO в газах, що відходять.

При спіканні офлюсованих шихт до газу приєднується вуглекислота флюсу, що різко збільшує відношення CO₂/CO і зменшує CO/(CO + CO₂) [2].

Повітря, що поступає в шар шихти, містить деяку кількість водяних парів. Проходячи через зону горіння, водяні парі частково вступають в реакцію з частками вуглецю :



Тому в газах, що відходять, зазвичай знаходиться 1-1,5% H₂.

Умови інтенсивного і повного горіння вуглецю вимагають вільного доступу кисню до твердого палива. Оскільки коксик практично не змочується водою, тобто не грудкує, то такі умови загалом створюються.

Процес спікання визначається теплообміном між матеріалом і газом. Розвиток, переміщення і засвоєння тепло, що відбувається при фільтрації повітря через кулю, визначають тепловий режим нагріву матеріалів і охолодження готового агломерату, а також швидкість спікання. Теплообмінні процеси в тому, що агломерується шарі підкоряються закономірностям передачі тепло в нерухомому шарі. Процеси теплообміну в шарі, що агломерується, значною мірою залежать від властивостей шихтових матеріалів і готового агломерату: теплоємності, теплопровідності, об'ємної маси і порозності насипної маси, великої матеріалу [3].

Закономірності теплообміну в шарі спікання зумовлюють характер розподілу температур в нім. Найвища температура розвивається в зоні горіння. Температура тут при спіканні неофлюсованого агломерату досягає 1600° С, а при спіканні

офлюсованого - 1300- 1350° С. Вище за зону горіння, в зоні готового агломерату, відбувається його охолодження просмоктуваним повітрям. Зниження температури агломерату йде значно повільніше, ніж нагрів шихти, що пояснюється меншою поверхнею шматків агломерату, чим часток шихти.

Таким чином, теплообмін між газом і шихтою повністю завершується, а теплообмін між агломератом і повітрям не завершується і в результаті після закінчення процесу температура готового агломерату складає 500-550° С.

Із збільшенням години від качану спікання зона горіння опускається усе нижче і товщина шару готового агломерату зростає. Отже, в ході процесу збільшується година контакту повітря з гарячим агломератом і температура повітря, що поступає в зону горіння, зростає. Раз-ниця між температурою в зоні горіння в нижньому і верхньому положенні складає 200-300° С. В результаті цього на качану через нестачу тепла хімічні процеси протікають не повною мірою, що призводить до отримання малої кількості розплаву, і у верхніх шарах шихти виходить агломерат зниженої міцності.

У шарах шихти, прилеглих до колосникової ґрат, навпаки, є надлишок тепло, і температури в зоні горіння досягають максимальних значень. Тут утворюється переоплавлений агломерат.

Для забезпечення нормального теплового рівня процесу в нижніх шарах шихти використовують двошарове спікання. На колосникові ґрати укладається шихта, в якій витрата твердого палива на 20-30% нижче середнього витрати в звичайній шихті. Двошарове спікання усуває перегрівши в нижніх шарах шихти, проте не усуває недолік тепло у верхніх. Щоб збільшити прихід тепла у верхні шари шихти їх додатково обігривають подачею гарячого повітря або спалюванням газу в газових пальниках над кулею шихти.

Хімічні процеси, що протікають при агломерації залізородних матеріалів, можна розділити на: а) розкладання шихтових матеріалів і видалення летких речовин; б) дисоціацію і відновлення оксидів заліза; в) взаємодія шкідливих домішок з газом і шихтою [2].

Слід зазначити, що в процесі агломерації відбувається видалення значної кількості сірки і інших шкідливих домішок з руди, а також ошлакування порожньої породи. Останнє полегшує ведення доменного процесу. Крім того, застосування агломерату підвищує відновлюваність залізняку в процесі доменної плавки. Введення агломерату в доменну піч, таким чином, знижує питому витрату дефіцитного і дорогого коксу.

Зазвичай на аглофабриках отримують офлюсований агломерат. У цьому випадку в аглошихту додатково вводять вапняк і вапно. Процес агломерації починається з моменту запалення шихти продуктами горіння природного газу, температура яких досягає 1200-1300 °С. Запалення триває близько хвилини. Подальший процес горіння здійснюється без підведення енергії ззовні за рахунок кисню повітря, що просмоктується через шихту.

Як паливо для шихти застосовують переважно антрацит, кокс, напівкокс. Паливо повинне мати високу теплотворну здатність і містити якомога менше золи і летких речовин.

Для запалення шихти паливо має бути висококалорійним, містити мінімальну кількість летких речовин, забезпечувати зручні умови подачі до запального горна і необхідну для процесу температуру факела горіння. Паливо для запалення можна застосовувати в газоподібному, твердому і рідкому виді. Доменний і коксівний газ є основним видом пального для запалення.

Незважаючи на появу численних різновидів, і видозмін процесу спікання руд, основна схема агломераційного процесу практично не змінилася з години його винаходу. Качану процесу передують дозування пилових компонентів, що входять до складу рудної частини шихти, а також коксика, винищити або вапняку. Співвідношення між складовими в шихті можуть бути визначені розрахунковим шляхом. Відмітимо, що ефективність агломераційного процесу значно знижується при спіканні надмірно дрібних концентратів, якщо сморід не підданий попередньому грудкуванню.

Отриману шихту ретельно перемішують і звожують до рівня, відповідного найкращій її газопроникності. У момент завантаження на агломераційну машину

шихта складається переважно з грудок злиплих рудних часток, часток коксика і вапняку (витрата коксика в різних умовах коливається від 3 до 15% по масі).

Шихту поміщають на колосникові ґрати, на які заздалегідь укладений куля постілі (готовий агломерат великою 8-15 мм або великі шмати шихти без добавки палива). Ліжка оберігає колосникові ґрати від дії високих температур, запобіже розсипу шихти через проміжки колосникових ґрат і полегшує схід пирога готового агломерату з ґрати після закінчення процесу.

Найважливішою особливістю агломераційного процесу є та обставина, що в кожен момент горить коксик тільки у вузькому по висоті шарі шихти (звичайний не більше 40 мм). Усі частки палива, розташовані нижче, ще не нагріті до температури початку інтенсивного горіння (700°C) або не отримують досить кисню згори. У міру вигорання вуглецю зона горіння палива поступово переміщається вниз, проходячи усю висоту шару постілі за 12-15 хв.

У будь-який довільно вибраний момент вище за зону горіння знаходиться готовий агломерат, через який просмоктується повітря. Охолоджуючи агломерат, повітря підігрівається, і його теплота використовується потім в зоні горіння твердого палива. Продукти горіння, що у свою чергу відходять, також віддають своє тепло дуже невеликому по висоті шару холодної сирої шихти, швидко нагріваючи її. Температура газів, що відходять з чаші, відсисаються екстаустером, протягом тривалого години складає 50°C і тільки в останні хвилини процесу підвищується до $200\text{-}300^{\circ}\text{C}$. Тім часом температура в зоні горіння палива нерідко досягає 1500°C .[3]

Сира шихта швидко підігрівається в прилеглих знизу до зони горіння областях. При цьому вона втрачає спочатку гігроскопічну, а потім і вологу гідрата. Водяні парі можуть знову конденсуватися, стикаючись з холодною шихтою. Створюється зона, в якій вологість шихти перевищує початкову оптимальну вологість - зона перезволоженої шихти.

У зоні підігрівання шихти має місце хімічна дія між твердими фазами; тут відбувається розкладання карбонатів, гідратів, а також відновлення або окислення заліза.

Доменним цехам поставляється так званий придатний агломерат розміром > 15 мм. Агломерат розміром 8-15 мм використовується як постіль на машині. Дрібний агломерат (8 мм) разом із залишками шихти, що не спеклася, додають до агломераційної шихти (повернення). Окрім повного використання відходів виробництва, вдається добавкою повернення поліпшити газопроникність шихти.

Агломераційний процес залежить від цілого ряду чинників. Найбільш важливими з них, спікання, що впливають на успіх, і головним чином на постійний і рівний хід процесу, являються:

- 1) фізико - хімічна характеристика початкових матеріалів і їх попередня підготовка;
- 2) дозування шихти, її змішування і грудкування;
- 3) газопроникність, вологість, температура шихти і вакуумний режим процесу;
- 4) умови завантаження на агломераційну машину;
- 5) запалення шихти.

Найважливішими компонентами є: паливо, оборотний продукт (повернення) і вода. Для інтенсифікації процесу і для отримання так званого офлюсованого агломерату додатково в шихту можуть вводитися: вапняк, вапно, доломит, ін.

При спіканні магнетитових руд, що містять сірку, і при необхідності видалити цю сірку, величина початкової руди, разом із загальним режимом процесу, набуває особливого значення.

Сірка в залізняку зустрічається в двох групах з'єднань : сульфідних і сульфатних. Головний представник сульфідних з'єднань - пірит, сірка якого відділяється (випаровується) при агломерації на 90-95%. Гірше йде справа з сульфатними з'єднаннями, наприклад баритом, з якого сірка при агломерації віддаляється лише на 50-60%. Основними умовами, що забезпечують хороший видалення сульфідної сірки, є відповідна температура (близько 600°C) і достатня кількість повітря, оскільки потрібне окислювальне середовище.

Видалення сірки з сульфатів, у тому числі з бариту, вимагає високих температур (1300-1800°C) і на початку процесу - відновного середовища.

Присутність глинозему, кремнезему або вуглецю полегшує дисоціацію бариту і знижує температуру розкладання до 1200-1300°C.

Окрім сірки, в процесі агломерації можуть бути видалені і інші шкідливі домішки, наприклад миш'як, який віддаляється з шихти в межах до 60-70%. Наявність в шихті хлорвмісних компонентів дозволяє зменшити зміст миш'яку в агломераті. На 50-60% віддаляється цинк за неодмінної умови підвищеної витрати палива в шихті. Додаток вапняку або куховарської солі в шихту знижує зміст цинку в агломераті в 3-5 разів. Фосфор при агломерації віддаляється приблизно на 30%.

Роль води в процесі агломерації дуже велика. Слід зазначити, що надлишок води в шихті порушує правильний хід технологічного процесу. Тому зайва волога має бути прибрана при підготовці шихти, концентрати слід зневоднювати на збагачувальних фабриках, а руду з підвищеним вмістом вологи доцільно пропускати через сушарні установки.

Одним з найважливіших чинників, що визначають властивості агломераційної шихти, є газопроникність.

На газопроникність в основному впливають: велика спікального матеріалу, вологість, температура шихти, вакуумний режим висоти шару шихти.

Практично вже давно встановлено, що чим дрібніше матеріал, тим гірше його газопроникність. Окрім великої зерна, на погіршення газопроникності впливає і форма зерна [3].

Як вже відзначалося, дрібні матеріали при зволоженні грудкують, покращуючи тим самим газопроникність. Проте у міру зволоження шихти газопроникність спочатку збільшується, потім різко падає. Міра необхідного зволоження залежить від матеріалу. При зволоженні має місце розпушування з одночасним грудкуванням шихти і зменшенням її насипної ваги.

Надмірно підвищена газопроникність шихти викликає зазвичай отримання нерівномірного по структурі і неміцного агломерату. Недостатня проникність шихти вимагає збільшеного вакууму і призводить до отримання частково оплавленого і частково такого, що не спікся продукту.

У процесі агломерації зона спікання пересувається під впливом вакууму з верхніх горизонтів шару шихти в нижні, і відбувається конденсація парі вод. Це явище погіршує газопроникність шихти.

Запалення шихти істотно впливає на хід процесу і на якість отриманого агломерату. Погане запалення супроводжується порушенням ходу технологічного процесу спікання з великим виходом неспеченої шихти і неміцного агломерату. Вусі це може бути викликано низькою температурою, нерівномірним запаленням поверхні шихти, а також недостатнім часом запалення.

Для більшості випадків температура запалення має бути близько 1100-1200°C. Рівномірність запалення досягається, головним чином, конструкцією горна. Оптимальний година запалення 1-1.5 хв. Для шихт з високим вмістом вологи або з малою кількістю тепло необхідно збільшити цей година, а наявність в шихті сірки зменшує витрата пального для запалення.

Запалення сильним глибоким полум'ям викликає передчасне вигорання вуглецю у верхніх шарах шихти з утворенням пилу. Тому необхідно мати можливість регулювання вакууму під горном. Занадто великий вакуум може викликати підсос холодного повітря під горн і понизити ефективність запалення. Найбільш прийнятний вакуум - це 600 мм вод ст. Пониження вакууму може привести до того, що ексгаустер не в змозі буде повністю відсисати продукти горіння від горна.

Основним показником процесу агломерації з просмоктуванням є швидкість спікання. При агломерації горіння палива і утворення агломерату йде в обмеженій по висоті зоні - зоні спікання. Вона пересувається зверху вниз, у напрямі газового потоку, поки не досягне колосників агломераційної машини. Швидкість пересування зони спікання і визначає собою поняття швидкості спікання. До ведення процесу спікання пред'являються певні вимоги. Так, наприклад, швидкість запалення шихти не повинна істотно перевищувати швидкість спікання. Інакше спікання відбуватиметься не в обмеженій зоні, а розширитися на обвішай кулю шихти, з погіршенням газопроникності і падінням продуктивності. Якщо в процесі агломерації одночасно йдуть реакції з виділенням і поглинанням тепла, швидкість

інших реакцій обов'язково має бути вище перших. При зворотному положенні температура зони спікання не дозволити належним чином прореагувати матеріалам, які повинні розкладатися під впливом температури. Це слід враховувати при складанні шихти для спікання. Зазвичай доцільне дозування тихий, що по різному поведуться відносно виділення і поглинання тепло компонентів регулюється оборотним продуктом, що вводиться в шихту, - поверненням.

При агломерації шихти утворюється велика кількість пилу внаслідок просіювання шихтової суміші через колосникові грати, розтріскування агломерату при русі і вібрації конвеєра, а також при скиданні з нього агломерату. Кількість пилу змінюється по довжині агломераційної стрічки. У першій половині стрічки кількість її невелика, що обумовлено підвищеною вологістю шихти і відповідно до її низькою газопроникністю. У другій половині стрічки після висихання шихти її газопроникність підвищується і потік повітря, що проходить через кулю агломерату, збільшується. Тут агломерат розширюється і розтріскується, у тому числі і від вібрації стрічки. Повітря, що проходить через тріщини, відриває найдрібніші частки агломерату і у вигляді пилу відносить їх в газозбірник продуктів згорання. Найбільше поширення, а, отже, і найбільше пиловиділення відбувається при скиданні агломерату із стрічки конвеєра в хвостовій частині агломашини [8].

При великих швидкостях руху стрічки відбувається інтенсивне розтріскування агломерату, в тріщинах скупчується пересушена маса, яка є додатковим джерелом пилу, що виноситься газами, що відходять, наприклад, при збільшенні швидкості руху конвеєра від 120 до 150 м/год кількість пилу в газах, що відходять, підвищується від 150 до 450 мг/м³ [7].

При виробництві агломерату виділяється також велика кількість неорганізованих викидів. Пиловиділення відбувається на різних стадіях підготовки шихти - вивантаженні компонентів шихти, перевантаженнях, дробленні, подрібненні, а також дозуванні.

Значна кількість пилу утворюється при скиданні коксового пирога в хвостовій частині стрічки на стаціонарний колосниковий гуркіт.

При вантаженні агломерату у вагони, також утворюється велика кількість пилу. Концентрація пилу в легко - пиловому потоці над відкритим вагоном коливається від 2,5 до 4,9 г/м³. Валова кількість що викидається в атмосферу пилу при вантаженні агломерату у вагони складає 360 кг/год.

1.5 Агломераційний процес з теплової точки зору

Горіння коксової дрібниці при агломерації протікає в надзвичайно вузькій по висоті зоні. Поклад від великої палива її товщина може мінятися в межах від 10 (розміром <1 мм коксової дрібниці) до 40 мм (фракція <10 мм). При роботі на коксовій дрібниці фракції <3 мм можна рахувати в більшості випадків товщину зони горіння рівної 20-25 мм.

Процес агломерації в цілому проводиться при значному надлишку повітря, але частина повітря проходить зону горіння, не стикаючись з частками палива, що горять. Внаслідок цього при нормальній витраті коксової дрібниці із, що виходять, спікального шару газу містять 3-4% O₂. При агломерації тверде паливо горить до CO₂ і CO (рис. 1.16). При нормальній витраті палива CO₂:CO = 4÷6, але може значно знижуватися із збільшенням витрати вуглецю. Так, при 8-12% коксової дрібниці в шихті воно складає 3-2, а при виробництві металізованого агломерату 2-3 (до 25% коксової дрібниці в шихті). При цьому позначаються зростаюча потреба в кисні і підвищення температури в зоні горіння, сприяюче згоранню вуглецю до монооксиду вуглецю [9].

Аналіз газів, що відходять, дозволяє розрахувати баланс кисню при спіканні шихт різного типу. Газу, що відходять, містять вільний кисень (O₂), CO₂ і CO. Якщо виключити шкідливі підсоси, то торба O₂ + CO₂ + 0,5CO має бути приблизно рівна 21%, тобто вмісту кисню в повітрі.

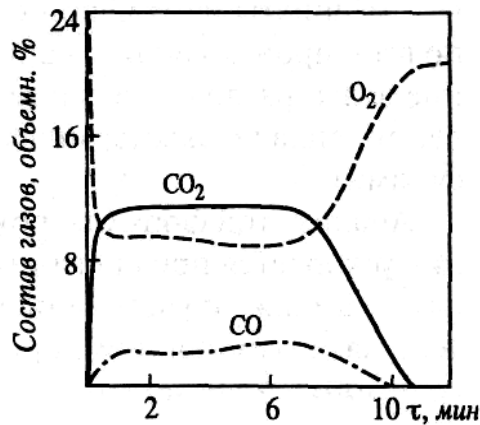


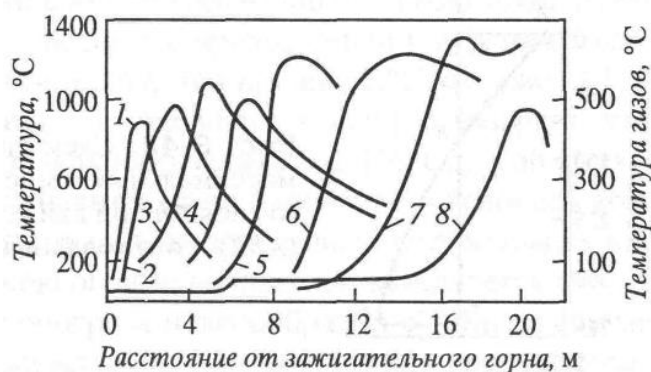
Рисунок 1.16 - Зміна складу газів, що відходять з шару, бурого залізняка.

Насправді при спіканні гематиту, мартитів, бурих залізняків ця торба складає 23-27%. Річ у тому, що коксова дрібниця згорає в кисні шихти, який при відновленні останньою приєднується до газу. У випадку агломерації магнетитових руд і концентратів з низькою витратою палива відбувається часткове окислення магнетиту шихти до гематиту, на що витрачається кисень повітря, що всмоктується в кулю. Величина суми $O_2 + CO_2 + 0,5CO$ знижується при цьому до 18,5-20%. У першому випадку характер агломерації відновний, а у другому - окислювальний. Існує два можливі режими агломерація, в шкірному з яких загальна швидкість руху зони високих температур лімітується різними чинниками. При спіканні з середнім і високим витратами (у середньому $>6\%$ коксової дрібниці в шихті) загальна швидкість руху зони горіння визначається виключно швидкістю горіння часток коксової дрібниці, яка у свою чергу залежить головним чином від кількості кисню, що підводиться в одиницю години до зони горіння твердого палива. У цьому режимі частки коксової дрібниці, розташовані під зоною горіння, не горять, оскільки зона горіння поглинає майже обвішай кисень повітря, що просмоктується через кулю. Через нестачі кисню ці коксівні частки не можуть горіти навіть у тому випадку, якщо сморід розжарені до температури, що перевищує температуру їх займання.

При агломерації з низькою витратою коксової дрібниці ($<6\%$) загальна швидкість руху зони високих температур визначається швидкістю теплообміну під зоною горіння. При цьому частки коксової дрібниці під зоною горіння отримують

достатню кількість кисню, але не горять, оскільки не нагріті до температури займання. Прогрівання шихти під зоною горіння прискорюється при спіканні шихт, гідратів, що не містять, і карбонатів, а також із збільшенням кількості просмоктуваного через кулю повітря. Таким чином, при будь-якому режимі кількість повітря, що підводиться до зони горіння, істотно впливає на вертикальну швидкість спікання.

Розглянемо тепер характерну форму температурних кривих при агломерації (рис. 1.17).



Глибина шарів від поверхні шихти, мм:
 1 - 10; 2 - 30; 3 - 50; 4 - 80; 5 - 100; 6 - 150; 7 - 180;
 8 - температура газів, що відходять, по довжині стрічки

Рисунок 1.17 - Температура шарів шихти на агломераційною стрічці площею спікання 50 м².

Під зоною горіння твердого палива (нижній ступінь теплообміну) газу, що відходять, проходять між грудками сирої шихти з великою уявною теплоємністю. При величезній поверхній теплообміну в цих умовах газу, що відходять, на шляху в 25-40 мм охолоджуються до 40-60 °С. Таким чином, теплообмін в нижньому ступені опиняється повністю завершеним. Лише у кінці спікання, коли зона горіння твердого палива підходить до постілі, тобто коли не залишається сирої шихти, температура газів, що відходять, під колосниковими грат починає швидко зростати (рис. 1.17). Наступне падіння температури газів, що відходять, під грат свідчить про припинення горіння вуглецю і слугує сигналом до закінчення спікання. Регулюючи швидкість руху палет, можна за допомогою автоматичної діючої

системи забезпечити постійне положення температурного максимуму по довжині стрічки (наприклад, на останній або передостанній вакуум-камерах), що запобіжить недопiку шихти [10].

Вище за зону горіння (верхній ступiнь теплообмiну) всмоктуване в шар повітря нагрівається готуємо агломератом. Повітря вносить так зване "регенероване" тепло до зони горіння, підігріваючись до 200-900 °С з покладу від товщини шару готового агломерату. Після запалення, коли шар агломерату ще тонкий, повітря майже не підігрівається, регенерація тепла відсутня. Як показали розрахунки і експерименти, при наступному опусканні зони горіння твердого палива роль регенованого тепла в тепловому балансі зони горіння зростає. При товщині шару готового агломерату 180-200 мм і більш регеноване тепло складає до 50-55% загального приходу тепла в зоні горіння. Наслідком цього при однаковому змісті коксової дрібниці по висоті спікального шару являється значне підвищення температури в зоні горіння твердого палива у міру її руху до колосникових ґрат. Регенерація тепла значно підвищує тепловий к. п. д. агломерації, знижує витрату коксової дрібниці і покращує якість агломерату. З цієї точки зору вигідно спікати шихту, якщо це дозволяє її газопроникність, у високому шарі (до 450-500 мм). Рiвень регенерації тепла, прихід тепло в середніх і нижніх горизонтах спікального шару буде при цьому особливий високий, що забезпечить отримання якісного агломерату при мінімальній витраті коксу.

Оскільки поверхня пір пирога агломерату не така велика, як поверхня грудок шихти, теплообмін у верхньому ступені виявляється незавершеним. Середня температура пирога агломерату на сході із стрічки близька до 600 °С. Остаточне його охолодження ведуть на спеціальних охолоджувачах після дроблення і відділення повернення. Температура агломераційного процесу зростанні із збільшенням витрати твердого палива на спікання, але він залежить також і від теплопотреби шихти. Крім того, температура в зоні горіння мінється при русі цієї зони до колосникових ґрат. На рис. 1.18 крива ABC показує реальний розподіл температур по висоті спікального шару.

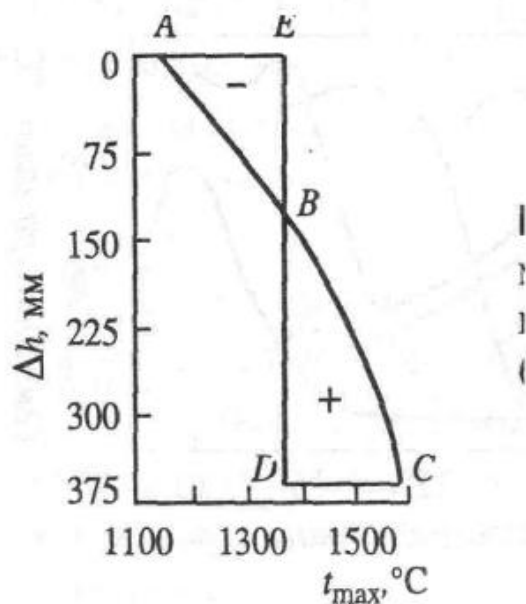


Рисунок 1.18 - Схемна діаграма зміни максимальних температур по висоті спікального шару при русі зони горіння зверху вниз (ABC) і оптимальний температурний режим (EBD)

У верхній частині шару через відсутність регенерації тепла відчувається його нестача. Температура в зоні горіння тут низька, міцність агломерату незадовільна. У нижній частині шару температури настільки високі і прихід тепла такий великий, що виходить переплавлений агломерат, міцність якого висока, а відновлюваність знижена. Для отримання пирога агломерату з однаковими оптимальними властивостями бажано мати однакові температури в зоні горіння протягом усього процесу спікання (рис. 1.18, крива EBD). Для виходу на цей режим спікання необхідно усунути нестачу тепло і низькі температури (ΔAEB), а також надлишок тепла і занадто високі температури (ΔBCD).

Другу з поставлених завдань вирішують методом двошарового спікання шихт, запропонованим Х.Г. Торсульфом в 1911 р. (Швеція). По цьому методу на стрічку двома живильниками послідовно укладають дві шихти, з яких нижня утримує на 1-1,5% коксівною дрібниці менше, ніж верхня. Після запалення шихти зона горіння рухається послідовно через два шари. У зв'язку із зменшенням витрати вуглецю в нижньому шарі шихти температура і прихід тепла знижуються тут до нормального рівня (усунення ΔBCD), а зміна температур в зоні горіння описується

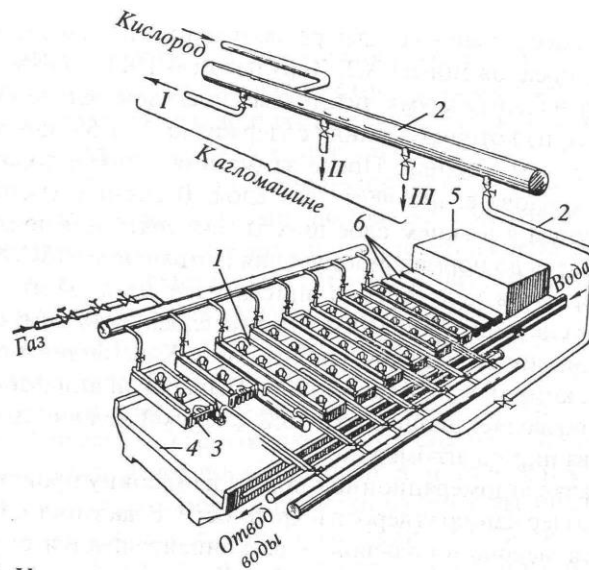
лаваною лінією ABC. Ця технологія дозволяє економити - 10% коксової дрібниці при поліпшенні якості пирога агломерату.

При укладанні агломераційної шихти на машину відбувається сегрегація за вмістом вуглецю і розміром. Зокрема, більш легка коксова дрібниця великою мірою концентрується в середніх і верхніх горизонтах спікального шару. Зміст вуглецю в зоні шихти, прилеглої до колосникових ґрат, виявляється зниженим, що дозволяє в якійсь мірі наблизитися до ідеального розподілу температур при спіканні. Таким чином, сегрегація шихти при укладанні на стрічку в певних межах є бажаною і повинна враховуватися при обробці оптимального теплового режиму агломерації.

Нестачу регенованого тепла у верхній частині спікального шару (ΔAEB) можна компенсувати подачею до шару нагрітого в кауперах (чи спеціальними газовими пальниками) повітря по методу додаткового обігріву спікального шару, запропонованому В. Шумахером в 1916 р. (Німеччина). За запальним горном над стрічкою встановлюються додаткові газові пальники (рис. 1.19), які нагрівають повітря перед входом в спікальний шар до 1000-1100 °С. Така технологія дозволяє, з одного боку, збільшити прихід тепло у верхніх зонах спікального шару, перейти до температурної кривої EBC (рис. 1.18), поліпшити якість агломерату, тобто понизити кількість повернення, що могло б збільшити продуктивність установки. Але, з іншою сторони, газові пальники вимагають значної кількості кисню повітря, у зв'язку з тим, що концентрація кисню у всмоктуваному в кулю газі зменшується і горіння коксової дрібниці в шарі сповільнюється.

У зону додаткового обігріву доцільно в даному випадку вводити кисень або стисле повітря (рис. 1.19).

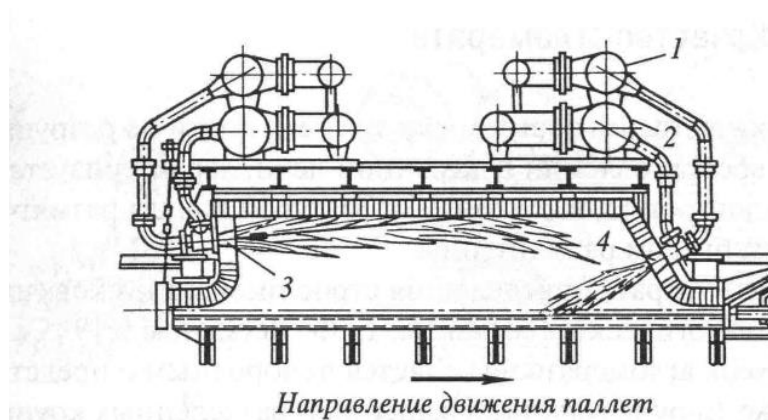
При використанні додаткових газових пальників, встановлених над першою третю довжини стрічки, вдається зберегти продуктивність машини на постійному рівні, значно покращуючи якість спека. Різке збільшення витрати газу на пальники дозволяє замінити до 25% твердого палива газоподібним (спікання на комбінованому паливі), що представляє великий практичний інтерес у зв'язку з дефіцитом коксовою дрібниці [11].



1 - газові пальники; 2 - підведення стислого повітря і кисню до пальників;
3 - цегляні підвісні склепіння; 4 - палети з шихтою; 5 - горн; 6 - екрани

Рисунок 1.19 - Установка пальників додаткового обігріву спікального шару за запальним горном

На рис. 1.20 показана конструкція найбільш сучасного комбінованого горна з двома рядами торцевих пальників.



1 - підведення газу; 2 - підведення повітря; 3 - газові пальники для запалення;
4 - пальники додаткового обігріву спікального шару

Рисунок 1.20 - Конструкція камерного запального горна з торцевими пальниками

Перший з них експлуатують при коефіцієнті надлишку повітря $\alpha = 1,1$, що дає максимальну температуру запалення 1250-1300 °С. Другий ряд пальників

працює при $\alpha = 2,0-2,5$, що дає можливість ефективного додаткового обігріву при 1050-1100 °С при досить високій концентрації кисню у всмоктуваних в кулю газів.

Переходячи до структури теплового балансу процесу агломерації, відмітимо, що у виробничих умовах від 60 до 90% усього приходу тепла пов'язане з горінням вуглецю в CO_2 і CO , а також з горінням сульфідів.

Запальним горном і додатковими газовими пальниками шару поставляється 7-15% тепло; 1-3% тепло вводиться нагрітою перед спіканням до 50-70 °З шихтою і 1-5% тепло виділяється в процесі екзотермічних реакцій між твердими компонентами шихти. Від 20 до 40% витрати тепло складає ентальпія готового пирога агломерату. На теплові втрати доводиться 7-10%, решта тепло витрачається на ендотермічні процеси. Тепловий к.к.д. процесу агломерації близький до 75-80% [2]. Структура теплового балансу спікального шару (без урахування теплоти дисоціації оксидів) показана на рис. 1.21.

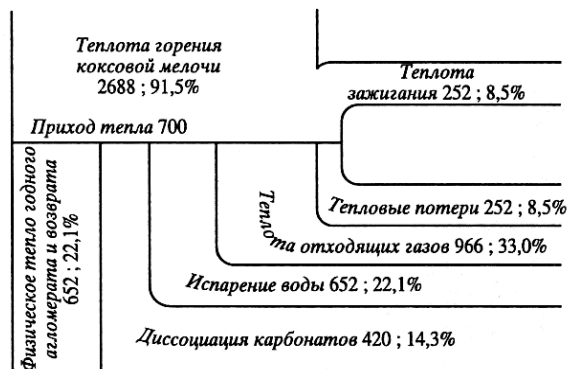


Рисунок 1.21 - Тепловий баланс спікання Лотарингії бурого железняка (МДж/т агломерату). За даними Дж. Астье, Дж. Жиро, 1955 р.

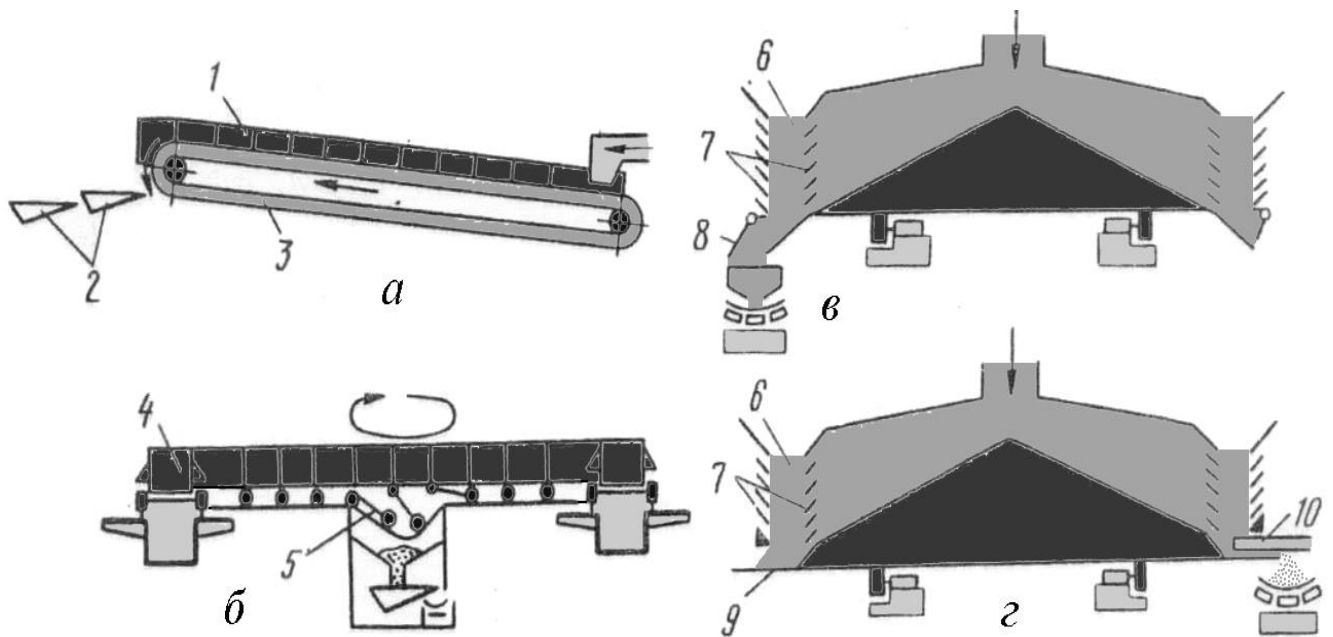
1.6 Устаткування для охолодження агломерату.

З агломераційних машин пірог агломерату сходить з середньою температурою 500 - 600⁰С, значна його частина, прилегла до колосників, має температуру 1200⁰С. Висока температура агломерату створює додаткові труднощі при наступній його обробці на аглофабриці, транспортуванню і завантаженню в доменну піч. Тому на сучасних агломераційних фабриках агломерат після

дроблення охолоджують до температури не вище 100 °С, що полегшує умови роботи устаткування і дозволяє транспортувати агломерат на стрічкових транспортерах.

У агрегатах для охолодження рівномірно укладений гарячий агломерат охолоджується просмоктуванням або продуванням через нього повітря. Вживані прямолінійні, кільцеві і чашові охолоджувачі (рис. 1.22) відрізняються не стільки технологією охолодження, скільки конструкцією [4].

Прямолінійний охолоджувач (рис. 1.22, а) є пластинчатим конвеєром 1 з колосниковим полотном. Під розвантажувальним кінцем охолоджувача розташовані гуркоти 2 для розсівання агломерату. Недоліком прямолінійних охолоджувачів є наявність холостої гілки 3 і, у зв'язку з цим, низьке використання площі колосникового полотна для охолодження (менше 50 %).



а - прямолінійний; б - кільцевий; в - чашовий секційний; г - чашовий кільцевий.

Рисунок 1.22 - Охолоджувачі агломерату

Кільцевий охолоджувач (рис. 1.22, б) має кільцевий жолоб, що обертається в горизонтальній площині, 4 з колошниковим днищем 5, що складається з окремих секцій. Розвантаження охолодженого агломерату здійснюється поворотом секцій днища. У охолоджувачах цього типу площа колосникового полотна майже повністю використовується для охолодження агломерату. Недоліком

охолоджувачів є значні розміри діаметру кільцевого жолоба, що ускладнює компонування фабрик, що складаються з окремих поруч розташованих аглострічок.

Чашові охолоджувачі мають кільцевий бункер, що обертається, 6. Повітря, що охолоджує, просмоктується або продувається в радіальному напрямі через жалюзійні стінки 7 бункерів. Чашові охолоджувачі при однаковій продуктивності мають менший розмір по діаметру, чим кільцеві.

По конструкції бункера чашові охолоджувачі розділяються на два типи: з секційним бункером (рис. 1.22, в) і кільцевим (рис.1.22, г).

Секційний бункер на усю висоту розділений вертикальними перегородками на декілька секцій. При обертанні охолоджувача секції бункера послідовно повністю заповнюються гарячим агломератом і після повороту охолоджувача також повністю розвантажуються через відкидні днища 8.

У охолоджувачі з кільцевим чашовим бункером радіальних перегородок немає. Агломерат під кутом природного укосу висипається на таріль, що обертається, 9, з якою скидається розвантажувальним ножем 10. Завантаження і розвантаження агломерату на охолоджувачах цього типу здійснюється безперервно.

1.6.1 Прямолінійні охолоджувачі агломерату

На охолоджувачах прямолінійного типу процес завантаження, охолодження і розвантаження агломерату безперервний. Охолодження здійснюється шляхом продування або просмоктування повітря через шар агломерату, що лежить на полотні охолоджувача.

Прямолінійні охолоджувачі мають наступні технічні характеристики [5]:

Тип охолоджувача	ОП- 125	ОП - 315
Продуктивність, т/ч	125	370
Робоча площа, м ²	128	315
Ширина робочої поверхні, м ...	2500	3500

Висота шару, мм	550-700	600 - 700
Швидкість руху полотна, м/хв.	0,5-1,5	1 - 3
Кут нахилу охолоджувача, град....	0 - 16	10 - 16
Потужність електродвигунів, кВт..	19,5	55×2

Лінійні охолоджувачі з площею охолодження 640 і 861 м² працюють на фабриках Японії. Охолоджувач площею 861 м² з шириною полотна 6,0 м і заввишки шару, що укладається, до 1,5 м розташований під агломашиною.

Охолоджувач агломерату ОП- 315 (рис. 1.23) складається з нескінченного колосникового полотна 2, на верхню гілку якого укладається охолоджуваний агломерат, приводних 1 і натяжних 3 зірочок, завантажувальної воронки 5 гарячого агломерату і приймального пристрою 6 охолодженого агломерату. Робоче полотно охолоджувача складається з окремих, виконаних у вигляді колосникових зварних ґрат з бортами і закріплених на ланках двох пластинчатих ланцюгів.

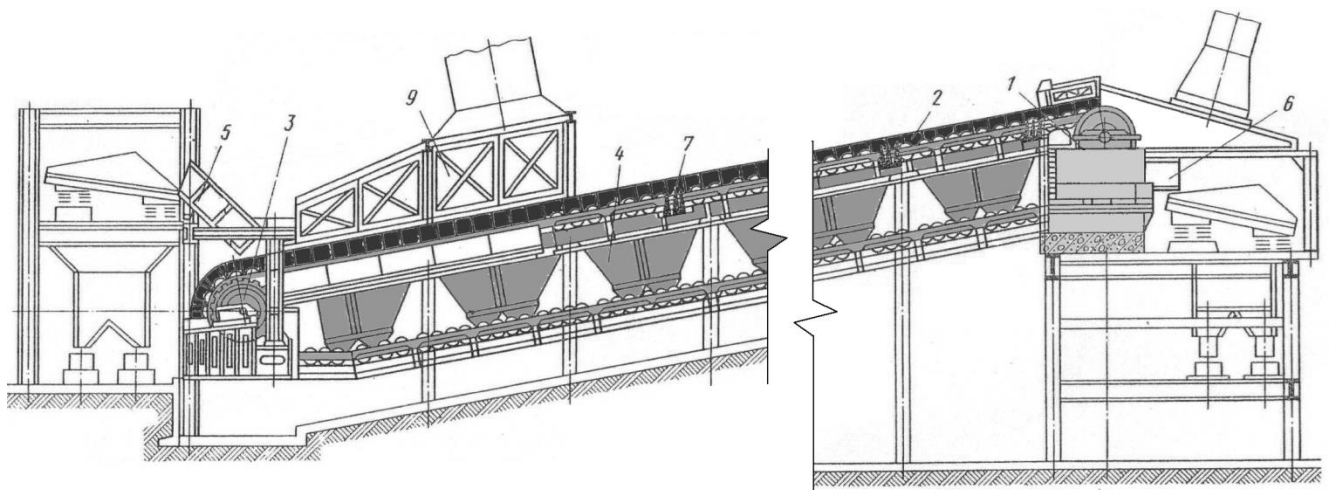


Рисунок 1.23 - Прямолінійний охолоджувач агломерату ОП- 315.

Рами і борти сполучені болтами. У нижній частині бортів встановлені подовжні ущільнення контакту рухливого полотна з нерухомими дуттєвими камерами.

Кожен ланцюг, на якому закріплені рами полотна, мають зовнішні і внутрішні пластини, сполучені між собою осями.

Виступаючі кінці осей захищені втулками і служать для зачеплення із зубами приводних і натяжних зірочок. Між зовнішніми і внутрішніми пластинами ланцюгів встановлені на підшипниках кочення опорні ролики 17 полотна.

На завантажувальному кінці охолоджувача встановлені ведені натяжні зірочки 3 ланцюгів полотна.

Для подачі повітря, що охолоджує, під колосникове полотно на усій робочій довжині охолоджувача встановлено дванадцять дуттєвих камер 4.

Гарячий агломерат від агломашини поступає в завантажувальну воронку 5 і рівномірно видається на рухоме полотно охолоджувача.

Охолоджений агломерат розвантажується в приймальний бункер 6 і направляється на гуркіт.

1.6.2 Чашові і кільцеві охолоджувачі агломерату

Охолоджувачі агломерату кільцевого типу набули поширення за кордоном. Вони мають меншу металоємність порівняно з прямолінійними охолоджувачами.

На рис. 1.24 показаний кільцевий охолоджувач агломерату конструкції фірми "Лургі" (ФРН). Охолоджувачі, що випускаються цією фірмою мають площу охолодження 100 - 440 м², висоту охолоджуваного шару 1,1 - 1,6 м і добова продуктивність 5700 - 25000 т.

Охолоджувач агломерату кільцевого типу є кільцевим жолобом з жалюзійним днищем, на який укладається гарячий агломерат. Агломерат охолоджується продувкою або просмоктуванням повітря. Кільцевий жолоб, що обертається, складається із зварних зовнішньої і внутрішньої бічних стінок, сполучених радіальними балками, на яких шарнірно підвішені відкидні секції жалюзійного днища. На вільній стороні днищ встановлені ролики, які котяться по двох концентричних рейках.

У зоні розвантаження охолодженого агломерату опорні ролики опускаються по тих, що криволінійним направляють. У осьовому напрямі кільцевий жолоб фіксується наполегливими роликами, встановленими на його внутрішній бічній стінці, які котяться по горизонтальній кільцевій рейці, закріпленій на металоконструкціях охолоджувача.

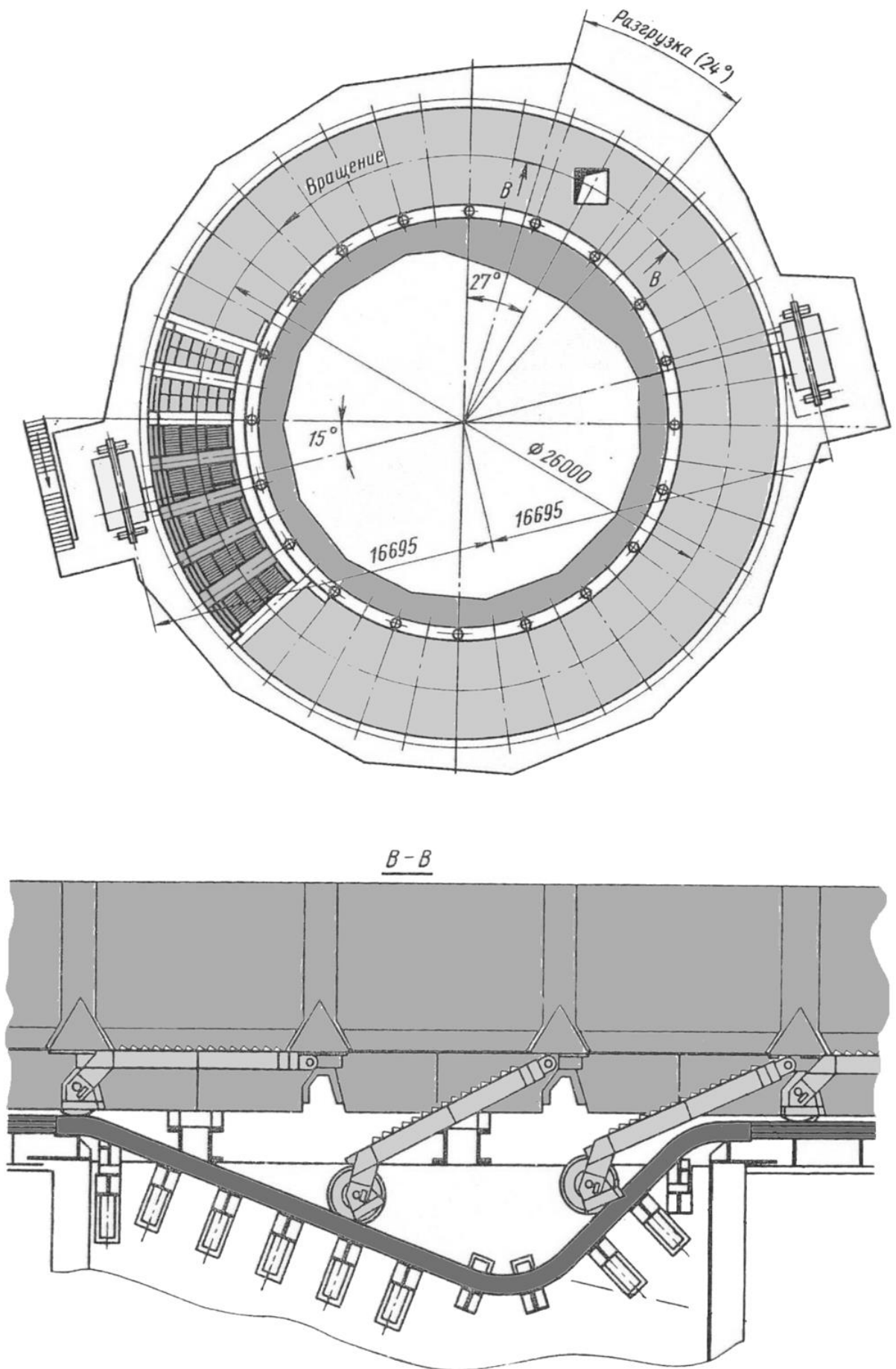


Рисунок 1.24 - Кільцевий охолоджувач агломерату фірми "Лургі" (ФРН)

Повітря, що охолоджує, подається знизу охолоджуваного шару агломерату через кільцевий канал. Гарячий агломерат завантажується в охолоджувач по вертикальній тічці, що забезпечує укладання рівного шару по усій ширині жолоба. Після одного обороту охолоджувача тривалістю одну годину охолоджений агломерат розвантажується в бункер за допомогою повороту секції жалюзійного днища.

Чашові охолоджувачі агломерату мають кільцевий бункер, внутрішня і зовнішня стінки якого виконані у вигляді жалюзі. Через щілини жалюзі продувається або просмоктується повітря, що охолоджує. Висота бункера значно більше його ширини. Як відзначалося, розрізняються два типи бункерів чашових охолоджувачів : секційний (комірчастий) і кільцевий.

У секційному охолоджувачі кільце бункера в радіальному напрямі розділене на декілька осередків вертикальними стінками. Секції нерухомо закріплені на каркасі охолоджувача. Днища секцій виконані у вигляді сегментних шиберів, які автоматично відкриваються в зоні розвантаження, агломерат при цьому скидається в бункер, з якого поступає на стрічковий конвеєр. Після розвантаження днище закривається і секція бункера знову поступає під завантаження гарячим агломератом. Кожна секція має окремі канали для підведення повітря, що охолоджує, і опорний візок з двома опорними роликками, які рухаються по кругових рейках. Частина опорних візків обладнана електроприводами. Охолоджувач центрується за допомогою опорної п'яти, розташованої в центрі охолоджувача. Живлення електродвигунів приводів візків здійснюється через кільцевий струмоприймач.

Секції охолоджувача послідовно повністю заповнюються гарячим агломератом. Повітря, що охолоджує, подається у внутрішню порожнину охолоджувача і продувається через шар агломерату в горизонтальному напрямі. У зоні завантаження і розвантаження агломерату встановлений кожух, що знижує вступ в ці зони повітря, що охолоджує, і винесення пилу. Кожух перекриває також деяку зону охолодження у напрямі обертання охолоджувача. Запилене повітря з-під кожуха відсисається системою витяжної вентиляції.

У чашовому охолоджувачі з кільцевим бункером, що не має радіальних розділових стінок, завантаження і вивантаження агломерату здійснюється безперервно пошарово. Агломерат в нижній частині бункера висипається на таріль, що обертається. З тарілі агломерат скидається розвантажувальним ножем.

На рис. 1.25 показаний чашовий охолоджувач агломерату з кільцевим бункером 1, який встановлений на восьми радіальних балках 2, внутрішні кінці яких в центрі охолоджувача шарнірно спираються на корпус, що обертається, 3 центральних опори, а зовнішні об'єднані кільцевий таріллю 4 і на восьми тязі 5 підвішені до верхньої частини корпусу, що обертається.

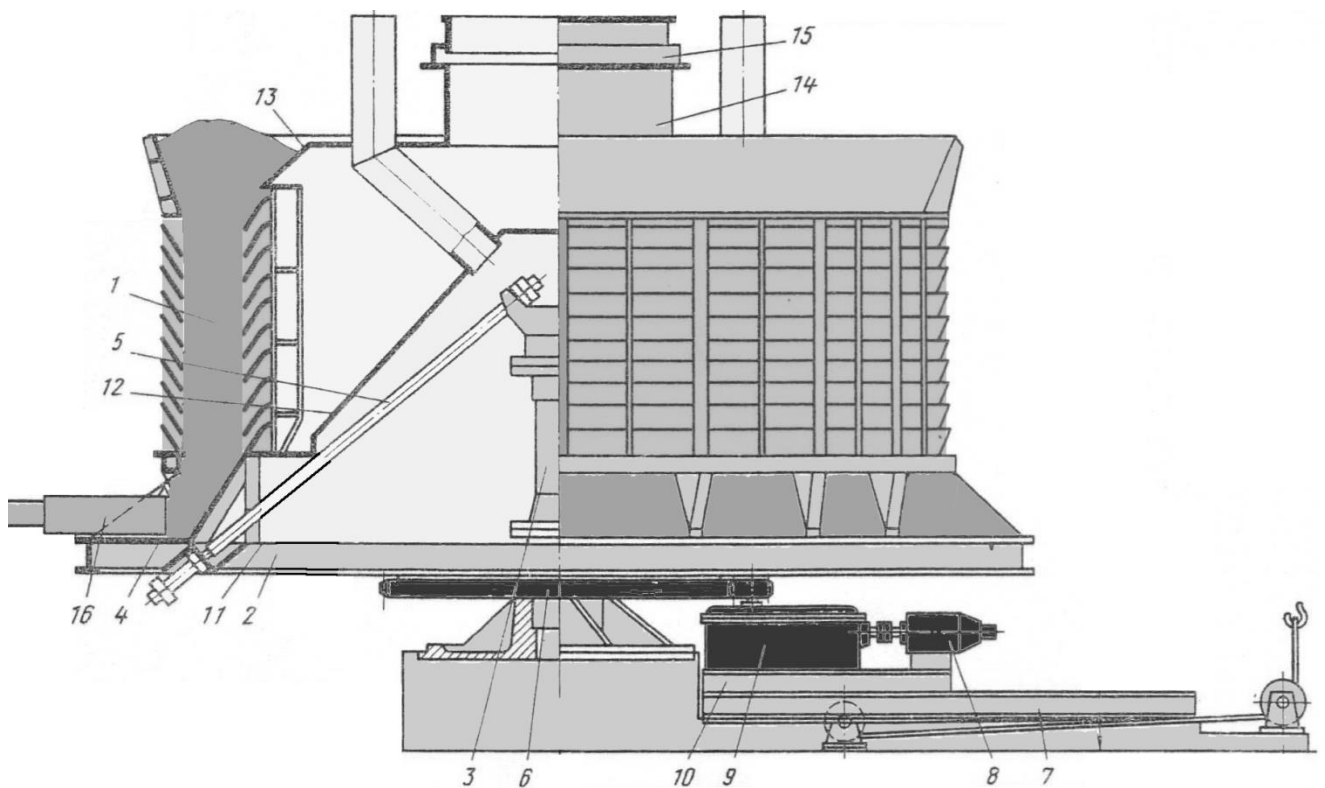


Рисунок 1.25 - Чашовий охолоджувач агломерату з кільцевим бункером.

Центральна опора складається з вертикальної колони, встановленої на фундаменті, навколо якої на підшипниках кочення обертається корпус 3. Обертання кільцевому бункеру і тарілі передається від приводу через відкриту зубчасту передачу, вінець 6 якою закріплений на корпусі центральної опори, що обертається, і на радіальних балках. Привід, що складається з електродвигуна 8 і циліндроконічного редуктора 9, встановлений на висувній рамі 10. Для проведення

ремонтів і оглядів рама разом з приводом по тих, що направляють 7 за допомогою канату і блоків може бути витягнута за межі габариту тарілі охолоджувача.

До внутрішньої жалюзійної стінки бункери примикають внизу усічений конус 12, а вгорі купол 13, що утворюють кільцевий колектор для відсмоктування повітря, що охолоджує. Вгорі по центру охолоджувача встановлений циліндричний патрубок 14, верхня частина якого нерухома і закріплена на трубопроводі димососу, а нижня частина, що обертається, встановлена на куполі колектора. Між рухливою і нерухомою частинами патрубку є ущільнення 15.

Гарячий агломерат після дроблення рівномірно завантажується в кільцевий бункер, що обертається. Зміною величини заглиблення розвантажувального ножа 16 в шар агломерату і швидкості обертання бункера підтримується постійний рівень завантаження агломерату. Через агломерат, що знаходиться в бункері, постійно просмоктується повітря, що охолоджує. У міру опускання агломерату зверху вниз він охолоджується. До моменту вивантаження температура агломерату знижується до 100°C.

По периферії кільцевого колектора розташовано вісім бункерів 11, в яких скупчується пил і осип агломерату і через двохклапанні затвори висипається на збірний транспортер.

1.6.3 Охолоджувач дрібниці агломерату (гарячого повернення)

Після дроблення від агломерату відділяється дрібниця - гаряче повернення, яке охолоджується водою в агрегатах барабанного типу і прямує на повторне спікання. Охолодження повернення виробляється з метою можливості транспортування його на стрічкових конвеєрах і поліпшення умов роботи обслуговуючого персоналу.

На металургійних заводах застосовуються барабанні охолоджувачі повернення двох типоразмерів [6]: ОБ- 2,8x10 і ОБ- 1,8x4,9.

Нижче приведені технічні характеристики одного з цих агрегатів.

Тип охолоджувача

ОБ-2.8X10

Продуктивність, т/ч	250
Діаметр барабана, мм	2800
Довжина барабана, мм	10000
Частота обертання барабана, об/хв	6
Витрата води на охолодження повернення, м ³ /ч	80

На рис. 1.26 показаний барабанний охолоджувач повернення ОБ- 2,8x10, що встановлюється в технологічних лініях з агломашинами АКМ-312. Гарячий агломерат завантажується в барабан 5, обертається на чотирьох опорних роликах 10.

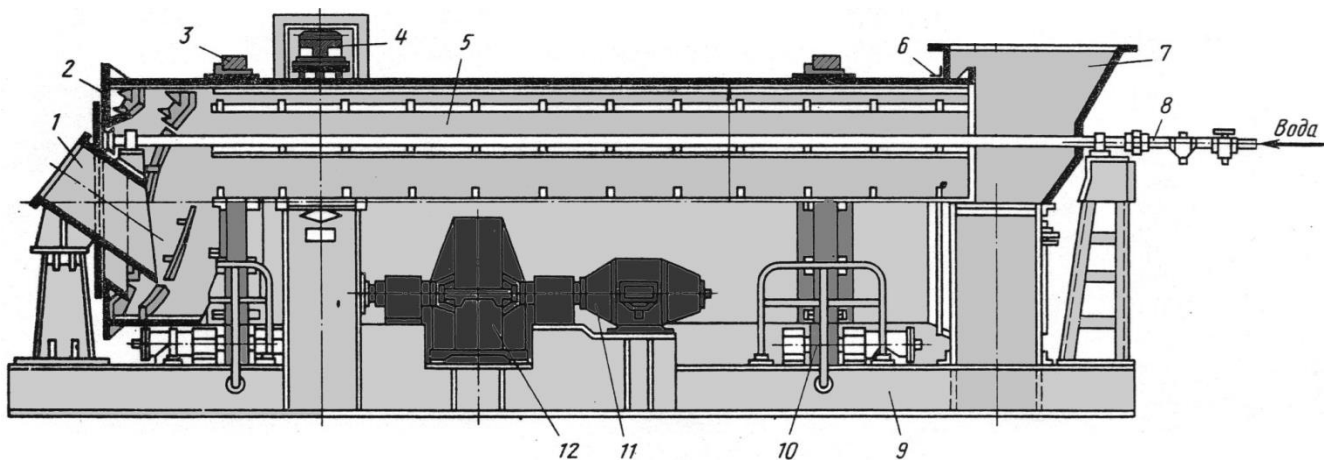


Рисунок 1.26 - Барабанний охолоджувач повернення.

Привід обертання барабана складається з електродвигуна постійного струму 11, двоступінчатого циліндричного редуктора 12 і відкритої зубчастої передачі, вінець 4 якою закріплений на барабані.

Барабан зварний з листової сталі, торець якого з боку завантаження закритий кільцевою стінкою 2 з отвором для установки завантажувальної воронки 1. Внутрішня поверхня барабана футерована листами з вуглецевої сталі, до яких на довжині 0,8 м від завантажувального торця приварена двозахідна спіраль, призначена для запобігання скупченню агломерату. На іншій частині до внутрішньої поверхні барабана приварені подовжні ребра, сприяючі хорошему перемішуванню охолоджуваного матеріалу. Між спіраллю і поверхнею барабана є щілини для проходження води. Барабан двома бандажми 3 спирається на чотири

сталеві опорні ролики 10. Ролики насаджені на осі, кожна з яких спирається на два сферичні підшипники, встановлених в чавунних корпусах. Бандажі на барабан посаджені з проміжком, необхідним для компенсації збільшення діаметру барабана при його нагріві під час роботи. З цією ж метою зубчастий вінець 4 відкритих передач кріпиться до барабана за допомогою сталевих пластин.

Для полегшення руху охолоджуваного агломерату у бік розвантаження барабан встановлений під кутом 4° . Від осьового зміщення він утримується через бандаж двома наполегливими сталевими роликами 13.

Охолоджений агломерат розвантажується з барабана через розвантажувальну зварну камеру 7, в нижній частині футеровану сталевими листами. Круговий проміжок між барабаном і стінкою камери закритий пластинчатою гумою 6, що виключає викид пари, що утворюється при охолодженні агломерату водою. У верхній частині розвантажувальної камери є фланець для приєднання до системи відведення пари.

Усі вузли охолоджувача встановлені на загальній зварній рамі 9.

Вода, що охолоджує, в барабан подається трьома трубопроводами 8, на яких встановлені форсунки для розбризкування води.

При роботі охолоджувача повернення агломерату з температурою до 800°C подається в барабан, куди одночасно подається і вода. При обертанні барабана лопаті спіралі захоплюють матеріал і переміщують його у напрямі розвантажувальної камери. Температура повернення на виході з барабана не перевищує 70°C .

1.7 Характеристика аспіраційних викидів агломераційного виробництва

Джерелом пилогазових викидів у аглоцеху є також численні аспіраційні системи, якими обладнані дробарки, грохоти, транспортери і т.д. Крім того, навколишнє середовище забруднюють зовнішні джерела пиловиділення, розвантажувальні і завантажувальні пристрої вихідних матеріалів і т.д.

Пилоутворення відбувається на різних стадіях підготовки шихти - вивантаженні компонентів шихти, перевантаженнях, дробленні, подрібненні, а також дозуванні.

Основними джерелами неорганізованих викидів є відділення приймання сировини і підготовки шихти, відділення дроблення вапняку, коксу, місця перепаду і транспортери подачі шихти і шихтових матеріалів.

Джерелами неорганізованих викидів на аглофабриці є хвостова частина агломашин і місця завантаження агломерату в хопери, а також прийомні бункери руди і колошникової пилу, конвеєри і перевантажувальні вузли у відділенні підготовки шихти [12]. Значна кількість пилу утворюється при скиданні спеченого пирога в хвостовій частині стрічки на стаціонарний колосниковий гуркіт. При вантаженні агломерату у вагони, також утворюється велика кількість пилу. Концентрація пилу в пиловому потоці над відкритим вагоном коливається від 2,5 до 4,9 г/м³, [14]. Валова кількість пилу, що викидається в атмосферу при вантаженні агломерату у вагони, складає 360 кг/год, [14].

Характеристика шкідливих викидів від неорганізованих джерел наведено в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Неорганізовані викиди цеху агломерації ВАТ «Запоріжсталь»

Джерела викидів	Кількість	Викид шкідливих речовин		
		Найменування	г/сек	т/рік
Хвостова частина агломашин і місця навантаження агломерату в хопери	6	пил	50,5	1560
Прийомні бункери руди	16	пил	7,59	240
Прийомні бункери пилу	12	пил	7,59	240
Конвеєри, розвантажувальні вузли шихтового відділень	1	пил	7,59	240
Рудний двір (вагоноперекидач)	1	пил	7,05	222,9
Разом			80,32	2502,9

Зменшити пилевиділення при дробленні, грохоченні і транспортуванні агломерату можна підвищивши його міцність. Останнє може бути здійснене при

встановленні раціонального режиму охолодження агломерату, а також підборі оптимального вмісту в шихті SiO_2 і Al_2O_3 .

Пилоутворення відбувається на різних стадіях підготовки шихти - вивантаженні компонентів шихти, перевантаженнях, дробленні, подрібненні, а також дозуванні.

Значна кількість пилу утворюється при скиданні коксового пирога в хвостовій частині стрічки на стаціонарний колосниковий гуркіт.

При вантаженні агломерату у вагони, також утворюється велика кількість пилу. Концентрація пилу в пиловому потоці над відкритим вагоном коливається від 2,5 до 4,9 г/м³, [12]. Валова кількість що викидається в атмосферу пилу при вантаженні агломерату у вагони складає 360 кг/год, [12].

У кінці агломераційної стрічки - в місці, відомому як "зона розвантаження" - продукт агломерації піддають грохоченню, просіюють і охолоджують. Ці операції мають потенціал для викидів пилу до 4 кг пилу на тонну продукту.

Агломерат охолоджується повітрям, яке постійно циркулює через шар. У більшості випадків вимагається 1000 - 1500 м³ на тонну агломерату. Очищення повітря здійснюється за допомогою рукавних фільтрів і електрофільтрів. При охолодженні і відсіванні агломерату гарячий газ повертають в процес для використання його теплоти, він може бути повернений в процесі і без попереднього газоочищення. Гази кільцевого охолоджувача, що часто відходять, розглядаються разом з газами зони розвантаження, що відходять. У таблиці 1.2 приведені дані середньорічних викидів в зоні охолодження агломерату.

Таблиця 1.2 - Діапазони викидів твердих часток для точкового джерела окремих операцій аглофабрики [14].

Виробничий процес	Пил	PM10	Пил	PM10
	г/т агломерату		мг/м ³	
Підготовка шихти і змішування	0.05 - 37.7	5.6 - 18.9	—	—
Пиловловлювання: зона	14.5 - 40	7.7 - 25.1	7 - 50	4 - 43
Охолодження агломерату	14 - 212	1.3 - 42.8	0.6 - 85	0.6 - 36

При охолодженні агломерату витрачається дуже великий об'єм повітря. Вентилятори, як правило, не повністю герметичні, тому можливі газовикиди. У таблиці 1.3 приведені дані по викидах пилу при вторинному очищенні з трьох агломераційних установок.

Таблиця 1.3 - Викиди пилу при вторинному очищенні [14].

Забруднюючий агент	Рівень викидів	Вміст		Розмірність
		5 %	95 %	
Агломераційне приміщення знепилювання				
Пил	3 - 21	5	25	мг/нм ³
Зони розвантаження агломерату, грохочення і конвеєрного транспортування				
Пил	19	9.5		мг/нм ³
Знепилювання при охолодженні агломерату				
Пил	17.6	7	24.5	мг/нм ³

Склад пилу при охолодженні агломерату (вторинні викиди) відрізняються від пилу, що уловлюється при агломерації (первинні викиди). Зокрема відсутні або їх рівень дуже низький викиди лужних хлоридів і органічних мікробруднювачів, відбувається це як правило, через те, що вони переробляються в процесі спікання.

Таблиця 1.4 - Дисперсний склад пилу аспіраційних газів аглофабрик

d, мкм	2,5	4	6,3	10	16	25	40
G, мас.%	8	6	11	17	18	20	20

Механічні властивості пилу: $d_{50} = 20$ мкм; $\rho = 3,4$; $S_{уд} = 1800$ см²/г;
 $\rho = 4000$ кг/м³; $\rho_{ny} = 1390$ кг/м³; $\rho_y = 1390$ кг/м³; $\alpha_{ст} = 58^\circ$;
 $\alpha_d = 40^\circ$; $P = 258$ Па; $K_a = 7,64 \cdot 10^{11}$ м²/кг

1.8 Обґрунтування схеми очистки аспіраційних газів агломашин та утилізації тепла агломерату

При розвантаженні агломашин, дробленні, грохоченні і транспортуванні агломерату виділяється до 4 кг пилу на тонну продукту. Більшість аспіраційних систем хвостової частини агломашин обладнана мокрими пиловловлювачами з використанням скрубєрів і труб Вентурі.

Останнім часом стали застосовуватися сухі способи очищення газів у електрофільтрах [12]. На аглофабриці Череповецького металургійного комбінату для очищення аспіраційного повітря агломашини АКМ-312 встановлено вісім вертикальних електрофільтрів ДВП. Тут в загальному колекторі змішується аспіраційне повітря різних ділянок: місць завантаження шихти в комкователь, дробарки, гуркоту, пересипки агломерату на конвеєри, укриття хвостової і головної частини лінійного охолоджувача та ін. НДІОгазом проведені дослідження ефективності роботи вказаної системи очищення газів, що поступають в електрофільтр з температурою 110 - 115 °С.

Незважаючи на те що питомий електричний опір (ПЕО) пилу змінювався в межах $(1-8) \cdot 10^{10}$ Ом·м, при швидкості газу в електрофільтрі 0,75 м/с досягнута висока міра очищення повітря 99,4 %, при цьому запиленість газу на виході з електрофільтру складала всього 7 - 13 мг/м³. Підвищення швидкості газу в апараті до 1,15 м/с привело до зниження ефективності до 96,8 %, а при підвищенні швидкості до 1,5 м/с ефективність очищення зменшилася до 91,7 %.

Новолипецький металургійний комбінат завершив реконструкцію центральної аспіраційної системи двох агломашин в агломераційному виробництві. Проект підвищив коефіцієнт очищення газу до 99% і за рахунок цього дозволив понизити валові викиди пилу усього Новолипецького комбінату на 10%.

Реконструкція пройшла в два етапи. На першому етапі була замінена застаріла аспіраційна система для агломашини №4 - нове устаткування ввели в експлуатацію в 2013 р.. На другому етапі проведені аналогічні роботи для агломашини №3. Нині другий етап завершений - успішно пройшли гарантійні

випробування, що підтвердили проектні показники, і устаткування запущене в експлуатацію.

У новій аспіраційній системі встановлено два високоефективні електрофільтри потужністю в 1,5 млн. куб. м газу в годину кожен. Увесь уловлюваний пил містить високу кількість заліза повертається назад в технологічний процес і використовується як сировина. Окрім високих екологічних характеристик нове устаткування відрізняють кращі показники енергетичної ефективності, чим у колишніх установок. Завдяки цьому питомі витрати електроенергії на виробництво залізорудної сировини знизилися на 1,5%.

Реконструкція центральної аспіраційної системи для агломашин №3, 4 аглофабрики дозволила понизити викиди пилу агломераційного виробництва на 20% і в 5 разів збільшити ефективність очищення газів, що відходять.

У 2007 році завершилися роботи по будівництву аспіраційної установки хвостових частин агломашин №1-6 МК "Запоріжсталь" на базі двох електрофільтрів ЭГУ2-302-52-12-6WS640-500-3. Розробка велася з урахуванням існуючих фундаментів, постаменту і інфраструктури будівельного майданчика.

Таблиця 1.5 Характеристика системи очищення аспіраційних газів аглофабрики МК «Запоріжсталь»

Найменування	Од. вим.	Значення
Продуктивність по газу, що очищається	м ³ /ч	1 600 000
Температура газу, що очищається	°С	до 100
Запиленість димових газів перед фільтром	г/м ³	8-10
Запиленість димових газів після фільтру	мг/м ³	30

На агломераційному виробництві потенційно використовують два види тепла [18, 19, 20-22]:

- а) тепло повітря, що всмоктується ексаустером під час спікання;
- б) тепло повітря, використовуваного при охолодженні агломерату.

Що стосується пункту а), за нормальних умов експлуатації, використання теплообмінника для рекуперації тепла газів, що відходять, може привести до конденсації і корозії. Ці обмеження привели до того, що рекуперація тепла газів, що відходять, за допомогою теплообмінника не практикується.

Що стосується пункту б), тепло гарячого повітря від охолодження агломерату може бути відновлене одним або декількома з наступних способів:

- парогенерування в котлі-утилізаторі для використання на металургійному заводі;
- використання гарячої води для центрального опалювання;
- підігрівання повітря для запалювача агломераційної машини;
- підігрів аглошихты;
- використання в системі рециркуляції відпрацьованих газів.

П'ять різних прикладів рекуперації тепла :

1. Утилізація тепла газів, що відходять, при охолодженні агломерату традиційного спікання використовується для виробництва пари в котлі-утилізаторі і підігрівання повітря для запалювача. Рекуперації енергії складає 18 % від загальної витраченої енергії на котел-утилізатор і 2.2 % від загальної витраченої енергії на рециркуляцію в запалювачі [19].

2. Утилізація тепла газів, що відходять, при охолодженні агломерату з секційною рециркуляцією. Перед рециркуляцією гази, що відходять, і гази після охолодження агломерату проходять через котел-утилізатор. Рекуперації енергії на цьому заводі за допомогою цієї системи складає 23.1 % від витраченої енергії. Виробляється 120 кг пари/т агломерату при температурі 273 °С і тиску 9 бар [20].

3. Утилізація тепла газів, що відходять, при охолодженні агломерату на агломераційну "постіль" з рециркуляцією газів, що відходять. Досягнуте скорочення коксу 2 - 5 кг/т агломерату.

4. Утилізація тепла газів, що відходять, при охолодженні агломерату з агломераційної стрічки з рециркуляцією газів, що відходять. Охолодження агломерату об'єднане з агломераційною стрічкою. Гази, що тут відходять, від спікання і зони охолодження ґрат проходять через котли-утилізатори, а потім

повертаються. Рекуперації енергії складає 30 % від загальної витраченої енергії. Виробляється 120 кг пари/т агломерату при тиску 25 бар і температурі 375 °С [20].

5. Утилізація тепла газів, що відходять, при охолодженні агломерату для централізованого теплопостачання. Тепло газів, що відходять, йде на нагрів води до 105 °С, яка поставляється по трубопроводах в місто для централізованого теплопостачання. Рекуперація енергії складає 15 кВт/т агломерату.

В деяких випадках, викиди пилу зменшуються у зв'язку з передвстановленою грубою сепарацією пилу. Використання рециркуляції газів, що відходять, при охолодженні агломерату приведе до зменшення викидів часток пилу. Викиди CO₂ можуть бути відвернені шляхом заміни природного палива, використовувати газу, що відходять, для виробництва теплової енергії.

Рекуперація тепла від охолодження агломерату часто застосовується в країнах ЄС (наприклад, в Corus, Ijmuiden, Нідерланди; Riva, Taranto, Італія, Thyssen Krupp Stahl, Duisburg, Німеччина).

Зважаючи на вищесказане до розрахунку приймається схема очищення аспіраційних газів хвостової частини агломашин в сухих горизонтальних електрофільтрах. Для утилізації тепла агломерату пропонується встановлення охолоджувача з направленням гарячого повітря через газоочистку під укриття агломашини.

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок схеми очистки аспіраційних газів

2.1.1 Розрахунок електрофільтру

Проведемо перерахунок щільності суміші газів за нормальних умов перед електрофільтром:

Щільність газової суміші за робочих умов, кг/м³:

$$\rho_t = 1,29 \cdot (273 / (273 + 200)) \cdot ((101,3 - 0,23 - 0,3 - 0,9) / 101,3) = 0,814 \text{ кг/м}^3$$

Динамічний коефіцієнт в'язкості газу для кожного компонента газової суміші визначається, Па·с:

$$\mu = \mu_0 \cdot (273 + C') / (T + C') \cdot (T / 273)^{1,5}, \quad (2.3)$$

де μ_0 - динамічний коефіцієнт в'язкості газу, Па·с, приймаємо по додатку 1 [8]: ($\mu_{\text{CO}_2} = 13,7 \cdot 10^{-6}$, $\mu_{\text{O}_2} = 20,3 \cdot 10^{-6}$ Па·с, $\mu_{\text{H}_2\text{O}} = 10,0 \cdot 10^{-6}$ Па·с, $\mu_{\text{N}_2} = 17 \cdot 10^{-6}$ Па·с;

C' - постійна Сезерленда, $C'_{(\text{CO}_2)} = 254$, $C'_{(\text{CO})} = 100$, $C'_{(\text{O}_2)} = 131$, $C'_{\text{H}_2\text{O}} = 961$, $C'_{\text{N}_2} = 114$ [12];

T – температура газу, °C

$$\mu_{\text{CO}_2} = 13,7 \cdot 10^{-6} (273 + 254 / 473 + 254) \cdot (473 / 273)^{1,5} = 22,65 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\mu_{\text{O}_2} = 20,3 \cdot 10^{-6} (273 + 131 / 473 + 131) \cdot (473 / 273)^{1,5} = 30,97 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\mu_{\text{H}_2\text{O}} = 10,0 \cdot 10^{-6} (273 + 961 / 473 + 961) \cdot (473 / 273)^{1,5} = 19,63 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\mu_{\text{N}_2} = 17 \cdot 10^{-6} (273 + 144 / 473 + 144) \cdot (473 / 273)^{1,5} = 26,20 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Молярна маса газової суміші:

$$M = 0,01 \sum_{i=1}^n a_i \cdot M_i, \quad (2.5)$$

де a_i - об'ємний вміст кожного компонента газової суміші %;

M_i – молярна маса кожного компонента, кг/моль.

$$M = 0,01(28,3 \cdot 44 + 59,7 \cdot 28 + 4,6 \cdot 32 + 7,4 \cdot 18) = 31,97, \text{ кг/моль}$$

Динамічна в'язкість газової суміші:

$$\mu = 0,01 \sum_{i=1}^n a_i \cdot \mu_i, \quad (2.6)$$

Динамічна в'язкість газу за робочих умов:

$$\mu = \frac{M}{\mu_r} = 24,96 \cdot 10^{-6}, \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Витрата газу за робочих умов:

$$Q_p = Q_o \frac{\rho_o}{\rho_r} \quad (2.7)$$

де Q_p – витрата газу за робочих умов, м³/год;

Q_o –расход газу за нормальних умов, м³/год;

$$Q_p = 545000 \frac{1,29}{0,814} = 863697 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Для забезпечення ефективної роботи електрофільтру приймаємо швидкість газу $W_r=1,0$ м/с [13]. Дана швидкість реалізується при поперечному перетині фільтру рівному:

$$F' = \frac{Q_t}{W_r} = \frac{863697}{1 \cdot 3600} = 239,91 \text{ м}^2$$

Виходячи з отриманих характеристик, вибираємо 4 електрофільтра типу ЕГАВ1-30-7,5-4-4. Даний тип фільтрів призначений для очищення від пилу неагресивних невибухонебезпечних газів температурою не більше 330 °С [23].

Технічна характеристика [24]:

Продуктивність по газу (при умовній швидкості 1 м/с) 215000 м³/год, що очищається ;

Площа активного перетину електрофільтру, $F=59,6$ м²;

Площа поверхні осадження 4608 м²;

Гідравлічний опір 0,25 кПа.

Допустима запилена перед фільтром – 90 г/м³

Тоді фактична швидкість газів в електрофільтрі:

$$W_\phi = \frac{Q}{n \cdot F} = \frac{239,9}{4 \cdot 59,6} = 1,006 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

де F – площа активного перетину електрофільтру.

Відношення щільності газів за робочих умов до щільності газів за стандартних умов ($T_{ст}=20^{\circ}\text{C}$, $P_{ст}=101,3$ кПа):

$$\beta = \frac{(P_{бар} - P_r) \cdot T_{ст}}{P_{ст} \cdot (273 + T_r)} = \frac{(101,3 - 0,2 - 0,3 - 0,9) \cdot 293}{101,3 \cdot (273 + 200)} = 0,61.$$

Критична напруженість електричного поля:

$$E_{кр} = 3,04 \cdot \left(\beta + 0,0311 \cdot \sqrt{\frac{\beta}{R_1}} \right) \cdot 10^6 = 3,04 \cdot \left(0,6 + 0,0311 \cdot \sqrt{\frac{0,61}{0,0003}} \right) \cdot 10^6 = 6,07 \cdot 10^6 \frac{\text{В}}{\text{м}},$$

де R_1 – еквівалентний радіус голчаного коронуючого електроду, приймаємо рівним $R_1=0,0003$ [26].

Критична напруга корони для електрофільтру:

$$\begin{aligned} U_{кр} &= E_{кр} \cdot R_1 \cdot \left(\frac{\pi \cdot H}{S} - 2,3 \cdot \lg \frac{2 \cdot \pi \cdot R_1}{S} \right) = \\ &= 6,07 \cdot 10^6 \cdot 0,0003 \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 0,3}{2 \cdot 0,18} - 2,3 \cdot \lg \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,0003}{0,18} \right) = 13,06 \cdot 10^3 \text{ В}, \end{aligned}$$

де H – відстань між площинами коронуючих і осаджувальних електродів, $H=0,3/2$ м;

S – крок коронуючих електродів, $S=0,18$ м.

Рухливість іонів газової суміші за нормальних умов:

$$\begin{aligned} k_0 &= 0,01 \cdot k_{0i} \cdot a_i = \\ &= 0,01 \cdot (28,3 \cdot 0,96 \cdot 10^{-4} + 4,6 \cdot 1,84 \cdot 10^{-4} + 7,4 \cdot 0,57 \cdot 10^{-4} + 59,7 \cdot 1,84 \cdot 10^{-4}) = \\ &= 1,0 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^2}{\text{В} \cdot \text{с}}, \end{aligned}$$

де k_{0i} – рухливість газових молекул за нормальних умов, $\text{м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ [12]:

$$k_{0\text{CO}_2}=0,96 \cdot 10^{-4}; k_{0\text{O}_2}=1,84 \cdot 10^{-4}; k_{0\text{H}_2\text{O}}=0,57 \cdot 10^{-4}; k_{0\text{N}_2}=1,84 \cdot 10^{-4};$$

a_i – об'ємний вміст компонентів газової суміші %.

Рухливість іонів газової суміші за робочих умов:

$$k = k_0 \cdot \frac{(273 + t_r) \cdot 101}{273 \cdot (P_{бар} - P_r)} = 1,0 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{(273 + 200) \cdot 101,3}{273 \cdot (101,3 - 0,2 - 0,3 - 0,9)} = 1,76 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^2}{\text{В} \cdot \text{с}}.$$

Лінійна щільність струму корони:

$$i_0 = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot k \cdot \psi \cdot U \cdot (U - U_{кр})}{9 \cdot 10^{10} \cdot \left(\frac{\pi \cdot H}{S} - 2,31g \frac{2 \cdot \pi \cdot R_1}{S} \right) \cdot S^2} =$$

$$= \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 1,76 \cdot 10^{-4} \cdot 0,04234 \cdot 80 \cdot 10^3 \cdot (80 \cdot 10^3 - 12,3 \cdot 10^3)}{9 \cdot 10^{10} \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 0,3}{2 \cdot 0,18} - 2,31g \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,0003}{0,18} \right) \cdot 0,18^2} = 1,10 \cdot 10^{-3} \frac{A}{m},$$

де ψ – коефіцієнт, залежний від відношення $\frac{H}{S} = \frac{0,3}{2 \cdot 0,18} = 0,833$, $\psi = 0,04234$ [12].

Напруженість електричного поля:

$$E = \sqrt{\frac{8 \cdot i_0 \cdot H}{4 \cdot \pi \cdot k \cdot \epsilon_0 \cdot S}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 1,10 \cdot 10^{-3} \cdot 0,3}{4 \cdot 3,14 \cdot 1,76 \cdot 10^{-4} \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,18 \cdot 2}} = 6,12 \cdot 10^5 \frac{B}{m}.$$

Швидкість дрейфу часток розміром більше 1 мкм, м/с:

$$W_{др} = \frac{0,118 \cdot 10^{-10} \cdot E^2 \cdot r}{\mu} = \frac{0,118 \cdot 10^{-10} \cdot (6,12 \cdot 10^5)^2 \cdot r}{24,96 \cdot 10^{-6}} = 17,7 \cdot 10^4 \cdot r$$

Швидкість дрейфу часток розміром до 3 мкм, м/с:

$$W_{др} = 17,7 \cdot 10^4 \cdot r = 17,7 \cdot 10^4 \cdot 0,75 \cdot 10^{-6} = 0,133$$

Швидкість дрейфу часток розміром від 3 до 60 мкм, м/с:

$$W_{др} = 17,7 \cdot 10^4 \cdot 15,75 \cdot 10^{-6} = 0,278$$

Швидкість дрейфу часток розміром від 60 до 250 мкм, м/с:

$$W_{др} = 17,7 \cdot 10^4 \cdot 77,5 \cdot 10^{-6} = 1,37;$$

Швидкість дрейфу часток розміром більше 250 мкм, м/с:

$$W_{др} = 17,7 \cdot 10^4 \cdot 260 \cdot 10^{-6} = 4,6$$

Питома площа поверхні осадження, що доводиться на 1 м³/с газів, що очищаються, м²·с/м³:

$$f = \frac{F_{\Sigma}}{Q} = \frac{4608}{59,9} = 76,93$$

де F_{Σ} – загальна площа поверхні осадження, $F_{\Sigma} = 4608$ м² [24];

Фракційні коефіцієнти очищення газів від пилу визначається по формулі:

$$\eta_{фр} = 1 - e^{-f \cdot W_{др}}.$$

Коефіцієнт очищення газів для фракції менше 3 мкм:

$$\eta_{\leq 3} = 1 - e^{-81,06 \cdot 0,133} = 0,9999;$$

Коефіцієнт очищення газів для фракції 3-60 мкм:

$$\eta_{3-60} = 1 - e^{-81,06 \cdot 0,278} = 1;$$

Коефіцієнт очищення газів для фракції 60-250 мкм:

$$\eta_{60-250} = 1 - e^{-81,06 \cdot 1,37} = 1;$$

Коефіцієнт очищення газів для фракції більше 250 мкм:

$$\eta_{>250} = 1 - e^{-81,06 \cdot 4,6} = 1.$$

Дані розрахунку зводимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 - Дані розрахунку електрофільтру

Розмір часток, мкм	<3	3-60	60-250	> 250
Середній радіус часток, 10^6 м,	0,75	15,75	77,5	125
Швидкість дрейфу, м/с	0,0095	0,2	0,98	1,6
Коефіцієнт очищення	0,9999	1	1	1

Загальний коефіцієнт очищення без врахування віднесення пилу при струшуванні електродів:

$$\eta' = \sum \frac{\eta_{\text{фр}} \cdot \Phi_{\text{фр}}}{100} = \frac{0,9999 \cdot 65 + 1 \cdot 7 + 1 \cdot 9 + 1 \cdot 19}{100} = 0,9999$$

де $\Phi_{\text{фр}}$ – вміст часток фракцій %:

$$\Phi_{<3}=65; \Phi_{3-60}=7; \Phi_{60-250}=9; \Phi_{>250}=19.$$

Загальний коефіцієнт очищення з врахуванням віднесення пилу при струшуванні електродів ($K_{\text{ун}}=0,9$):

$$\eta'' = 1 - \exp K_{\text{ун}} \cdot 2,3 \cdot \lg(1 - \eta') = 1 - \exp 0,9 \cdot 2,3 \cdot \lg(1 - 0,9999) = 0,997.$$

Запиленість газу після електрофільтру:

$$Z_2 = Z_1 \cdot (1 - \eta'') = 5 \cdot (1 - 0,997) = 0,015 \frac{\Gamma}{\text{м}^3}.$$

2.1.2 Аеродинамічний розрахунок газового тракту системи газоочистки

Умовно розділимо газовий тракт на наступні ділянки:

- ділянка I – укриття грохоту – трійник;
- ділянка II - трійник – трійник;
- ділянка III – трійник – електрофільтр;
- ділянка IV – електрофільтр – димосос;
- ділянка V – димосос – димар;

Втрати тиску (енергії 1 м³ газу) $\Delta P_{\text{общ}}$ складаються з втрат тиску на тертя ΔP_1 і втрат тиску на місцевих опорах ΔP_m :

$$\Delta P_{\text{общ}} = \Delta P_1 + \Delta P_m.$$

Втрати тиску на тертя, Па:

$$\Delta P = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot l_i \cdot \rho_{p_i} \cdot W_i^2 / (d_{e_i} \cdot 2), \quad (2.12)$$

де λ_i – коефіцієнт гідравлічного опору і-го ділянки;

l_i – довжина і-го ділянки, м;

d_{e_i} – еквівалентний діаметр газоходу і-го ділянки, м

ρ_i – щільність газу на і-м ділянці, кг/м³;

w_i – середня по перетину і довжині газоходу швидкість потоку на і-й ділянці, м/с.

Щільність газу за робочих умов:

$$\rho_t = \rho_0 \left(\frac{273}{273 + t_r} \right) \cdot \left(\frac{B - P_r}{101,3} \right), \quad (2.13)$$

Ділянка I

Температура газу після казана-утилізатора $t_r = 724^{\circ}\text{C}$.

Щільність газової суміші за робочих умов:

$$\rho_t = 1,29 \cdot \frac{273(101,3 - 0,23 - 0,3)}{101,3(273 + 200)} = 0,814 \text{ кг/м}^3$$

Витрата газу за робочих умов:

$$Q = \frac{90800 \cdot 1,29}{0,814 \cdot 3600} = 39,99 \text{ м}^3/\text{с}$$

Діаметр газопроводу визначається по наступній формулі:

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{W}}, \text{ м} \quad (2.14)$$

Приймаємо швидкість газу рівною 20 м/с, тоді:

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{39,99}{20}} = 1,65 \text{ м}$$

Вибираємо стандартний діаметр газопроводу $d_{ст} = 1,7$ м, звідси визначаємо фактичну швидкість газу:

$$W_{ф} = 1,27 \left(\frac{39,99}{1,72} \right) = 18,17 \text{ м/с}$$

$$\lambda = \frac{0,0348}{3,5^{0,25}} = 0,025$$

Повний розрахунковий опір тракту, що газовідводить ΔP визначають як суму опорів:

Визначимо втрати тиску по довжині для ділянки I:

$$\Delta P_I = 0,025 \left(\frac{25}{1,7} \right) \left(0,403 \cdot \left(\frac{18,172}{2} \right)^5 \right) = 24,46 \text{ Па.}$$

Місцеві опори на ділянці I:

- вхід в газохід (вхід в канал розташований далеко від стінки) $\xi = 0,5$;
- секційне коліно 90° , 3 шт $\xi = 0,39$

$$\sum \xi_I = 0,5 + 0,39 \cdot 3 = 1,28$$

Визначимо втрати тиску на місцевих опорах, Па:

$$\Delta P_M = 1,28 \left(\frac{18,172}{2} \right)^5 \left(0,403 \right) = 85,15 \text{ Па}$$

$$\Delta P_I = 24,46 + 85,15 = 109,61 \text{ Па}$$

Приймаємо $\Delta P_I = 107$ Па

Аналогічним чином проводимо розрахунки опору газового тракту на останніх ділянках.

Отримані результати заносимо до таблиці. 2.2.

Таблиця 2.2- Результати аеродинамічного розрахунку газового тракту

№ ділянки	Q, м ³ /с	ρ, кг/м ³	t, °С	w _ф , м/с	d, м	l, м	ΔP _l , Па	ξ	ΔP _м , Па	Σ P, Па
1	39,99	0,814	200	18,17	1,7	25	24,46	1,28	85,15	109,6
2	79,98	0,815	190	20,25	2,2	11	35,43	0,5	167,51	202,9
3	119,97	0,817	180	21,10	2,8	5	12,63	0,8	145,49	158,1
4	119,97	0,830	170	21,10	2,8	28	71,85	1,28	236,50	308,4
Електрофільтр										250
Σ P _{заг}										2424

2.1.3 Аеродинамічний розрахунок димової труби

У проектованому конверторному цеху встановлено два конвертери 160-ти тонн і один резервний. Очищені гази після газоочистки розсіюються в атмосфері через димову трубу, H = 60 м. Діаметр гирла труби, D_Г = 2 м.

Гідравлічний опір димаря визначається за формулою:

$$\Delta P_{\text{тр}} = \lambda \frac{H}{D_{\text{Г}}} \cdot \frac{w^2}{2} \rho_{\text{Г}}, \text{Па} \quad (2.17)$$

де λ - коефіцієнт тертя, для бетонних труб λ = 0,05 [8];

ρ_Г – щільність газу перед димарем;

D_Г- діаметр гирла димаря, м.

Q_р – витрата газу за робочих умов, м³/с, 239,99 м³/с

Швидкість газів в гирлі димової труби:

$$W_{\text{уст}} = \frac{n \cdot Q_{\text{р}}}{S_{\text{Г}}} = \frac{4Q_{\text{р}}}{\pi D_{\text{Г}}^2}, \text{ м/с} \quad (2.18)$$

$$W_{\text{тр}} = \frac{239,94}{3,14 \cdot 3,2^2} = 7,62 \text{ м/с}$$

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,05 \frac{60}{2} \cdot \frac{7,62^2}{2} \cdot 0,83 = 36,15 \text{ Па}$$

Динамічний тиск:

$$\Delta P_{\text{дин}} = \frac{W^2}{2} \cdot \rho = \frac{7,62^2}{2} \cdot 0,83 = 24,1 \text{ Па}$$

Опори виходу газу в атмосферу:

$$\Delta P_{\text{вих}} = \zeta_{\text{вих}} \frac{w^2}{2} \cdot \rho_{\text{Г}}$$

$$\Delta P_{\text{вих}} = 1,15 \frac{7,62^2}{2} \cdot 0,83 = 27,71$$

Сумарний гідравлічний тиск:

$$\sum P = 27,71 + 24,1 + 36,15 = 87,96 \text{ Па}$$

Тяга, що створюється димовою трубою:

$$P_{\Sigma} = (\rho_{\text{П}} - \rho_{\text{Г}}) \cdot g \cdot H = (1,189 - 0,83) \cdot 9,81 \cdot 60 = 211,3 \text{ Па}$$

де $\rho_{\text{П}}$ – щільність атмосферного повітря при 24⁰С, $\rho_{\text{П}} = 1,189 \text{ кг/м}^3$.

Потреба в додатковому тиску:

$$\Delta P_{\text{дим}} = 87,96 - 211,3 = -123,34$$

Таким чином, є запас розрідження, що створюється димовою трубою.

2.1.4 Вибір димососу

Димосос вибирають на основі аеродинамічного розрахунку тракту, що газовідводить [9].

Продуктивність димососу:

$$Q_{\text{д}} = \frac{1,1 Q_{\text{р}} \cdot 101,3}{B} = \frac{1,1 \cdot 191,12 \cdot 101,3}{100} = 212,96 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Коефіцієнт перерахунку:

$$K = \frac{(273+t)101,3 \cdot \rho_r}{(273+T) \cdot B \cdot \rho_B} = \frac{(273+160)101,3 \cdot 0,757}{(273+100) \cdot 100 \cdot 1,189} = 0,75$$

де t – температура газу перед димососом $^{\circ}\text{C}$;

T – температура по каталогу $^{\circ}\text{C}$.

Створюваний димососом тиск:

$$\Delta P_d = 1,2 \cdot K \cdot \Delta P_{\Sigma} \quad (2.19)$$

$$\Delta P_d = 1,2 \cdot 0,75 \cdot 4325 = 3892,5 \text{ Па}$$

де ΔP_{Σ} – сумарний опір тракту, що газовідводить, 2551 Па;

K – коефіцієнт перерахунку.

На підставі розрахованих параметрів застосовуємо до установки 4 вентилятори ДН-26, що має об'ємну продуктивність 267 тис. $\text{м}^3/\text{ч}$, споживану потужність 403.0 кВт, частоту обертання ротора 750 об/хв (кожен), тиск 4470 Па [12].

2.2 Розрахунок схеми утилізації тепла агломерату

2.2.1 Вибір охолоджувача агломерату

Приймаючи до уваги продуктивність агломашини АК-1-75 по агломерату 65т/год та обмеженість виробничої площі, приймаємо до проектування чашовий охолоджувач ОЧ-8 с технічними характеристиками:

- | | |
|--------------------------------------------------------|-------|
| - Продуктивність, т/год | 72,1; |
| - Питома витрата повітря, $\text{м}^3/\text{т}$ | 1545; |
| - Температура агломерату на вході, $^{\circ}\text{C}$ | 845; |
| - Температура агломерату на виході, $^{\circ}\text{C}$ | 238; |
| - Товщина шару агломерату, м | 1,0; |
| - Швидкість руху повітря, м/с | 0,9; |
| - Час охолодження, год | 0,74; |

- Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·град) 748;
- Опір шару агломерату, кПа 2,94.

Витрата повітря після охолоджувача:

$$Q_{\Gamma} = G_A \cdot q_v, \quad (2.20)$$

де G_A – продуктивність охолоджувача по агломерату, т/год;

q_v – питома витрат повітря, м³/т.

$$Q_{\Gamma} = 65 \cdot 1545 = 100500 \text{ м}^3/\text{год}$$

2.2.2 Розрахунок циклону

Вхідні дані:

- об'ємна витрата газу при робочих умовах $V_0 = 100500 \text{ м}^3/\text{год} = 28 \text{ м}^3/\text{с}$;
- температура газу $t = 230\text{C}^0$;
- запиленість $Z = 1,8 \text{ г}/\text{м}^3$;
- барометричний тиск $B = 100,4 \text{ кПа}$;
- розрідження газу $P = -2500 \text{ Па}$;

Газовий склад: повітря 100%.

Дисперсний склад пилу представлено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Дисперсний склад пилу

d, мкм	2,5	4	6,3	10	16	25	40
G, мас.%	8	6	11	17	18	20	20

Густина повітря при нормальних умовах $\rho_0 = 1,29 \text{ кг}/\text{м}^3$:

Густина газу за робочих умов, $\text{кг}/\text{м}^3$:

$$\rho = \rho_0 \cdot \frac{273 \cdot (P_{\text{бар}} \pm P_{\text{ц}})}{(273 + T_{\Gamma}) \cdot 101,3 \cdot 10^3}, \quad (2.21)$$

де ρ_0 - густина газів при нормальних умовах, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$P_{\text{бар}}$ - нормальний атмосферний тиск, Па;

$P_{\text{ц}}$ - розрідження газу, $P_{\text{ц}} = -2,5 \text{ кПа}$;

T_{Γ} - температура газів.

$$\rho = 1,29 \cdot \frac{(101,3 - 2,5) \cdot 273}{(273 + 250) \cdot 101,3} = 0,65 \text{ кг/м}^3.$$

Діаметр циклону:

$$D = \sqrt{\frac{V_p}{\omega_o \cdot N \cdot 0,785}}. \quad (2.22)$$

де V_p - об'єм газу, що надходить на очищення, за робочих умов, $\text{м}^3/\text{с}$;

ω_o - оптимальна умовна швидкість газу в циклоні, м/с .

N – кількість циклонів

Приймаємо груповий циклон НПОГАЗ типу ЦН-15. У цьому випадку оптимальна швидкість газу в циклоні $\omega_o = 3,5 \text{ м/с}$.

Прийнявши число циклонів $N = 8$, обчислюємо діаметр циклону:

$$D = \sqrt{\frac{28}{3,5 \cdot 8 \cdot 0,785}} = 1,026 \text{ м.}$$

Приймаємо найближчий стандартний діаметр циклону 1м.

Дійсна швидкість газу в циклоні, м/с :

$$\omega = \frac{V_p}{0,785 \cdot D^2 \cdot N}. \quad (2.23)$$

$$\omega = \frac{28}{0,785 \cdot 1^2 \cdot 8} = 4,01 \text{ м/с.}$$

Відхилення від оптимальної швидкості:

$$\Delta = \frac{4,01 - 3,5}{3,5} \cdot 100 = 14 \%,$$

що знаходиться в допустимих межах.

Коефіцієнт опору циклону ζ залежить від ряду факторів: діаметра циклону, концентрації пилу, компонування циклонів в групі, організації виходу газу з вихлопної труби і деяких інших і обчислюється за формулою:

$$\zeta = k_1 \cdot k_2 \cdot \zeta_{500} + k_3 \quad (2.24)$$

де ζ_{500} - коефіцієнт опору циклону діаметром 500мм, [12];

k_1 - поправочний коефіцієнт на вплив діаметра циклону, [12];

k_2 - поправочний коефіцієнт на вплив запиленості газу, [12];

k_3 - поправочний коефіцієнт впливу групового компонування циклонів, [12].

$$\xi = 1 \cdot 0,98 \cdot 132 + 35 = 164,4$$

Втрата тиску в циклоні:

$$\Delta p = \xi \cdot \frac{\omega^2}{2} \cdot \rho = 164,4 \cdot \frac{4,01^2}{2} \cdot 0,65 = 855 \text{ Па} \quad (2.24)$$

Динамічний коефіцієнт в'язкості газу, Па·с:

$$\mu = \mu_0 \frac{273 + C'}{T + C'} \left(\frac{T}{273} \right)^{1,5}, \quad (2.25)$$

де μ_0 - динамічний коефіцієнт в'язкості газу при нормальних умовах, Па·с;

C' - постійна Сезерленда;

T - абсолютна температура, К, $T = 273 + t_r$.

$$\mu_{CO} = 17,3 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{273 + 124}{(273 + 250) + 124} \cdot \sqrt{\left(\frac{273 + 250}{273} \right)^3} = 28,1 \cdot 10^{-6} \text{ Па·с};$$

Розмір часток, що вловлюються обраним циклоном на 50% :

$$d_{50} = d_{50}^T \cdot \left(\frac{D}{D_T} \cdot \frac{\rho_{IT}}{\rho_1} \cdot \frac{\mu}{\mu_T} \cdot \frac{\omega_T}{\omega} \right)^{0,5}, \quad (2.26)$$

де d_{50}^T - розмір часток, що уловлюються обраним циклоном на 50%, табл. 3.9;

D, ρ_1, μ, ω - параметри, що відповідають фактичним умовам роботи циклону;

$D_T, \rho_{IT}, \mu_T, \omega_T$ - параметри, що відповідають умовам, прийнятим для умовного циклону: $D_T = 600$ мм; $\rho_{IT} = 1930$ кг/м³, $\mu_T = 22,2 \cdot 10^{-6}$ Па·с, $\omega_T = 3,5$ м/с.

$$d_{50} = 4,5 \cdot \left(\frac{1,00}{0,60} \cdot \frac{1930}{4000} \cdot \frac{28,1 \cdot 10^{-6}}{22,2 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{3,5}{4,0} \right)^{0,5} = 4,3 \text{ мкм}.$$

При побудові графіка по дисперсному складу пилу у логарифмічно-імовірнісній сітці координат (ЛІСК) (на осі ординат відкладається відсоток по масі часток, на осі абсцис - діаметр часток) визначаємо наступні значення:

$$d_m = 13 \text{ мкм}, d_{84,1} = 26 \text{ мкм},$$

Середнє квадратичне відхилення функції розподілу вловлюваних частинок пилу:

$$\lg \sigma_n = \lg \frac{d_{84,1}}{d_m} = \lg \frac{d_m}{d_{15,9}}, \quad (2.27)$$

де $d_{84,1}$ і $d_{15,9}$ - розмір часток пилю, для яких маса всіх частинок, що мають розмір менше $d_{84,1}$ і $d_{15,9}$, становить відповідно 84,1 і 15,9% загальної маси пилю.

$$\lg \sigma_n = 0,3.$$

Значення χ :

$$\chi = \frac{\lg(d_{\text{ср.ф}} / d_{50})}{(\lg^2 \sigma^T + \lg^2 \sigma_n)^{0,5}}, \quad (2.28)$$

де $d_{\text{ср.ф}}$ - середній розмір фракції уловлюваних частинок пилю, мкм;

d_{50} - розмір часток, що вловлюються обраним циклоном при фактичних умовах роботи на 50%, мкм;

$\lg \sigma^T$ - величина, що характеризує дисперсію часток пилю, що вловлюються в умовному циклоні, 0,352 [26];

$\lg \sigma_n$ - середнє квадратичне відхилення функції розподілу вловлюваних частинок пилю;

Для визначення ефективності очищення пилю по кожній групі дисперсного складу використовуємо формулу і результати заносимо в табл. 2.2:

$$\chi = \frac{\lg \frac{d_{\text{ср.фр}}}{4,3}}{\sqrt{0,352^2 + 0,3^2}}.$$

$$\chi_{2,5} = -0,51; \quad \Phi(x) = 0,30.$$

$$\chi_4 = -0,07; \quad \Phi(x) = 0,47.$$

$$\chi_{6,3} = 0,36; \quad \Phi(x) = 0,64.$$

$$\chi_{10} = 0,82; \quad \Phi(x) = 0,79.$$

$$\chi_{16} = 1,24; \quad \Phi(x) = 0,89.$$

$$\chi_{25} = 1,62; \quad \Phi(x) = 0,94.$$

$$\chi_{40} = 2,09; \quad \Phi(x) = 0,98.$$

Таблиця 2.4 - Результати очищення газів в циклоні

Розмір часток фракції, мкм	2,5	4	6,3	10	16	25	40	Σ
Вміст пилу до апарату, %	8	6	11	17	18	20	20	100
Вихідна маса фракцій, г/м ³	0,144	0,108	0,198	0,306	0,324	0,36	0,36	1,8
Фракційний ступінь очищення	0,30	0,47	0,64	0,79	0,89	0,94	0,98	
Запиленість після апарату, г/м ³	0,1	0,057	0,071	0,064	0,036	0,002	0,001	0,331

2.2.3 Аеродинамічний розрахунок газового тракту системи утилізації тепла

Умовно розділимо газовий тракт на наступні ділянки:

- ділянка I – охолоджувач – циклон;
- ділянка II - циклон – вентилятор;
- ділянка III – вентилятор – укриття;

Втрати тиску (енергії 1 м³ газу) $\Delta P_{\text{общ}}$ складаються з втрат тиску на тертя ΔP_1 і втрат тиску на місцевих опорах ΔP_m :

$$\Delta P_{\text{общ}} = \Delta P_1 + \Delta P_m.$$

Втрати тиску на тертя, Па:

$$\Delta P = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot l_i \cdot \rho_{p_i} \cdot W_i^2 / (d_{ei} \cdot 2), \quad (2.29)$$

де λ_i – коефіцієнт гідравлічного опору i -го ділянки;

l_i – довжина i -го ділянки, м;

d_{ei} – еквівалентний діаметр газоходу i -го ділянки, м

ρ_i – щільність газу на i -м ділянці, кг/м³;

w_i – середня по перетину і довжині газоходу швидкість потоку на i -й ділянці, м/с.

Щільність газу за робочих умов:

$$\rho_i = \rho_0 \left(\frac{273}{273 + t_r} \right) \cdot \left(\frac{B - P_r}{101,3} \right), \quad (2.30)$$

Ділянка I

Температура газу після охолоджувача $t_r = 250^{\circ}\text{C}$.

Щільність газової суміші за робочих умов $\rho = 0,65 \text{ кг/м}^3$

Витрата газу за робочих умов $110500 \text{ м}^3/\text{с}$

Діаметр газопроводу визначається по наступній формулі:

$$d = 1.13 \sqrt{\frac{Q}{W}}, \text{ м} \quad (2.31)$$

Приймаємо швидкість газу рівною 20 м/с , тоді:

$$d = 1.13 \sqrt{\frac{28}{20}} = 1.33 \text{ м}$$

Вибираємо стандартний діаметр газопроводу $d_{\text{ст}} = 1,3 \text{ м}$, звідси визначаємо фактичну швидкість газу:

$$w_{\phi} = \frac{4Q_{\Gamma}}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 28}{3.14 \cdot 1.3^2} = 21.1 \text{ м/с}$$

Повний розрахунковий опір тракту, що газовідводить ΔP визначають як суму опорів:

Визначимо втрати тиску по довжині для ділянки I:

$$\Delta P_1 = 0,0025 \left(\frac{15}{1,3} \right) \left(0,65 \cdot \frac{21^2}{2} \right) = 69,5 \text{ Па.}$$

Місцеві опори на ділянці I:

- секційне коліно 90° , 1 шт $\xi = 0,39$

Визначимо втрати тиску на місцевих опорах, Па:

$$\Delta P_m = 0,39 \cdot 0,65 \cdot \frac{21^2}{2} = 56 \text{ Па}$$

$$\Delta P_1 = 56 + 69,5 = 125,5 \text{ Па}$$

Приймаємо $\Delta P_1 = 126 \text{ Па}$

Аналогічним чином проводимо розрахунки опору газового тракту на останніх ділянках.

Отримані результати заносимо в таблицю 2.5.

№ ділянки	Q, м ³ /с	ρ , кг/м ³	t, °C	w _ф , м/с	d, м	l, м	ΔP_l , Па	ξ	ΔP_m , Па	$\sum P$, Па
1	28	0,65	250	21,1	1,3	15	69,5	0,39	56,0	126
2	28	0,66	247	21,1	1,3	7	12,2	0,65	98,4	111

№ ділянки	Q, м ³ /с	ρ , кг/м ³	t, °С	w _ф , м/с	d, м	l, м	ΔP_l , Па	ξ	ΔP_m , Па	$\sum P$, Па
3	28	0,67	245	21,0	1,3	45	145,4	0,82	134,4	180
Охолоджувач										2500
Циклон										855
$\sum P_{заг}$										3610

На підставі розрахованих параметрів застосовуємо до установки димосос серії Д №20 з електродвигуном ДАЗО4-13-55-У1 400 кВт 750 про./мін загальнопромислового призначення, виготовлений за схемою виконання № 3 з вуглецевої сталі.

Технічні характеристики Д №20, виконання №3

Параметр	Величина
Модель:	Д №20
Робоча точка вентилятора : Продуктивність, м ³ /ч:	43700-169000
Робоча точка вентилятора : Тиск, Па:	4060-3950
Тип електродвигуна :	ДАЗО
Макс. температура переміщуваних газів, °С:	250
Межа забрудненості, мг/м ³ :	200
Маса димососа, кг:	8206

Електродвигун ДАЗО4-13-55-8У1 : технічні характеристики

Параметр	Величина
Синхронна частота обертання, про/мін:	750
Номінальний режим роботи :	тривалий S1
Спосіб охолодження двигунів :	IC01A61
Клас захисту пристрою, IP:	54
Фазність:	3-фазний
Напруга, В:	6000

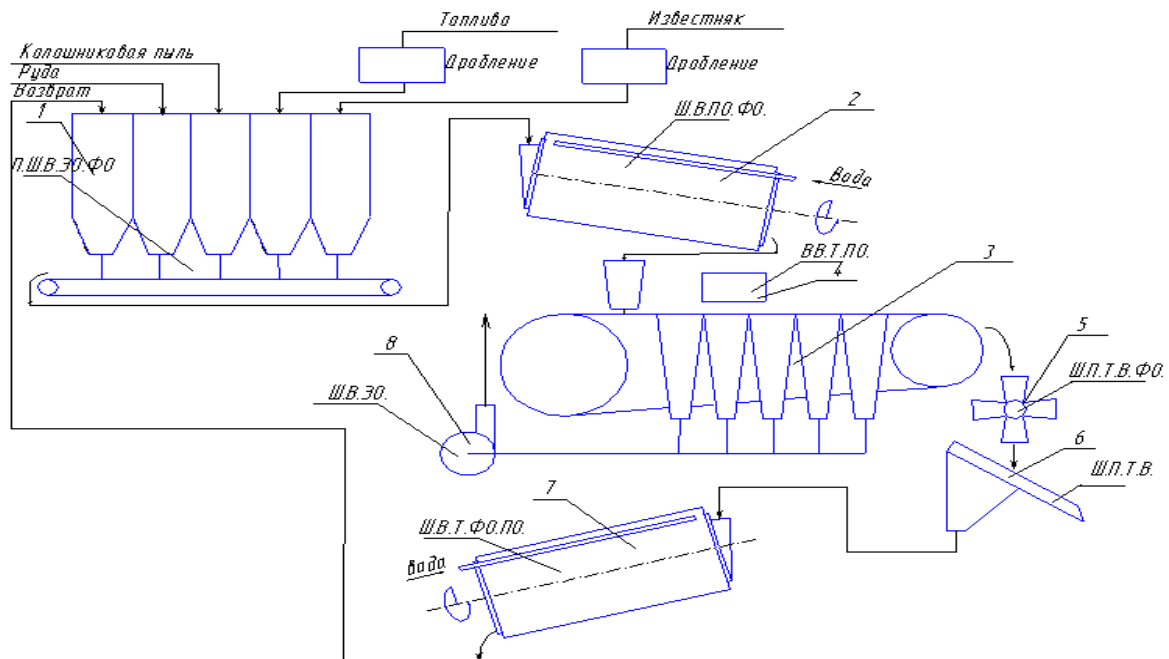
Конструктивне виконання:	ІМ1001
Потужність, кВт:	400
Частота струму, Гц:	50
Маса, кг:	3450
Модель:	ДАЗО4-13-55- У1

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Шкідливі та небезпечні фактори виробничого середовища

Під безпекою металургійного процесу розуміють його властивість зберігати безпечний стан при протіканні в заданих параметрах протягом встановленого часу [27]. Безпека процесу агломерації залежить від характеру і змісту шихтових матеріалів і готового агломерату, від швидкості руху агломераційної стрічки, від газопроникності шихти і характеру її розподілу. Нормованими параметрами агломераційного процесу є маса переробляються вихідних матеріалів і готового агломерату, швидкості їх переміщення, об'єм, тиск і температура на різних стадіях агломераційного процесу.

Порушення процесу агломерації, пов'язані із змінами фізико-хімічних параметрів, що призводить до зміни технології спікання, впливають на технологічний стан агрегату і безпеку обслуговуючого персоналу (рис. 3.1).



- 1 - шихтові бункери; 2 - змішувальний барабан; 3 - агломашина;
 4 - запальний горн; 5 - аглодробилка; 6 - стаціонарний гуркіт; 7 -
 охолоджувальний барабан; 8 - ексгаустер.

П - пиловиділення; Т - тепловиділення; - вібрація; ВВ - шкідливі речовини;
 Ш - шум; ЕО - електрична безпека; - пожежна безпека; ФО - фізична безпека.

Рисунок 3.1 - Схема технологічного процесу агломерації

Агломерація залізорудних матеріалів характеризується різноманіттям операцій по підготовці і окускуванню вихідної сировини. До основних з них відносяться: усереднення, дроблення, змішування, огрудкування, спікання. У кожній з перерахованих операцій можуть виникнути виробничі фактори, вплив яких на працюючих може призвести до травм. До таких факторів належать рушійні машини і механізми, вироби, заготовки, матеріали, транспортери подачі сировини, випалювальні машини, дробильні засоби, вантажно-розвантажувальні пристрої, електрокари, рухливі залізничні склади тощо. Травмуванню ними можливо при порушенні правил безпеки. Рівень безпеки оцінюється часткою часу, при якому технологічний процес протікає без порушень безпеки.

Оцінка факторів виробничого середовища трудового процесу агломератника представлена в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Оцінка факторів виробничого середовища трудового процесу
Робоче місце (професія) – агломератник

№ п / п	Фактори виробничого середовища та трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	3 клас: шкідливі та небезпечні умови та характер праці			Трива- лість дії зміну, %
				1 ст.	2 ст.	3 ст.	
1	2 клас небезпеки Марганцю оксид, аерозолі	0,3	0,35	1,17 р			80
	3-4 клас небезпеки азоту діоксин, сірчаний ангідрид, вуглецю оксид	2,0 10,0 20,0	1,8 5,5 17,0				80
2	Пил, переважно фіброгенної дії, мг/м ³	4,0	105,0			26,3р	90
3	Шум, дБА	80	88	8	6		90
4	Вібрація (загальна),дБ	92	98		6		90
	Мікроклімат у приміщенні (теплий період):						
	- температура, °C;	26/ 15	39			13	90
	- швидкість руху повітря, м/с;	0,3	0,3				
	- відносна волога повітря, %;	75	75				
	- інфрачервоне випромінювання, Вт/м ²	140	5000			5000	80
6	Тяжкість та напруженість праці	категорія праці – тяжка, дуже напружена					

За показниками слід вважати робоче місце агломератника з особливо шкідливими і особливо важкими умовами праці, що відповідає показникам Списку №1: доплати - 24%, додаткова відпустка - 14 днів, проф. харчування - молоко.

3.2 Заходи щодо захисту від шкідливих і небезпечних факторів

Для поліпшення умов праці в цеху і захисту працюючих від теплової дії передбачені наступні заходи: теплоізоляція поверхонь, випромінюючих тепло, за допомогою водоохолоджуваних екранів, щитів, завіс і ін.; теплоізоляція і охолодження робочих місць (постів управління, кабін машиністів кранів і ін.); природна (аерація) і механічна вентиляція; повітряне охолодження замкнутих просторів печей, що знаходяться в ремонті; водорозпилення на робочих місцях і в припливних віконних отворах; спецодяг і індивідуальні захисні пристосування – щитки, екрани, окуляри, світлофільтри; раціональна організація режиму праці і відпочинку, регламентація місця і тривалості роботи в умовах опромінення; облаштування спеціальних місць, кабін і кімнат відпочинку.

Шум є загальнобіологічним подразником і в певних умовах може впливати на всі органи і системи організму людини. При дуже великому звуковому тиску може відбутися розрив барабанної перетинки. Звукоізоляція є одним з найбільш ефективних і поширених методів зниження виробничого шуму.

За допомогою звукоізолюючих перешкод можна знизити рівень шуму на 30 – 40дБ. Ефективними звукоізолюючими матеріалами є метали, бетон, дерево та ін.

Засоби індивідуального захисту від шуму підрозділяються на протишумові навушники, що закривають вушну раковину, протишумові вкладиші, що перекривають зовнішній слуховий прохід, протишумові шоломи і каски, протишумові костюми.

Для зниження рівня вібрації всі агрегати, що їх створюють (робочі машини, залізничний транспорт, двигуни, вентилятори), встановлюють на самостійних фундаментах, віброізольованих від підлоги і інших конструкцій будівель, або на спеціально розрахованих амортизаторах із сталевих пружин або пружних

матеріалів. Для ослаблення передачі вібрації і шуму по повітроводам і трубопроводам приєднання їх до вентиляторів і насосів виконується за допомогою гнучкої вставки з гумової тканини або гумового патрубка. Інтенсивність вібрацій деталей агрегатів зменшують шляхом облицювання їхніх поверхонь або заповнення спеціально передбачених повітряних порожнин в них демпфуючими матеріалами.

На роботах із шкідливими умовами праці, а також в особливих температурних умовах або пов'язаних із забрудненням тіла робітників і службовців, відповідно до встановлених норм безкоштовно видаються засоби індивідуального захисту (ЗІЗ). До таких засобів відносяться засоби захисту очей, органів дихання, органів слуху від шуму, захист від вібрації, захисні мазі і спеціальний одяг. Найбільш поширеним засобом захисту очей є запобіжні окуляри, які захищають око від шкідливого впливу і разом з тим якомога менше обмежують поле зору, не запітнівають, зберігають ясність бачення, допускають вентиляцію повітря, добре прилягають до обличчя і не роздратовують шкіру. Крім того, окуляри повинні бути міцні і легкі.

В даний час для захисту від пилу застосовують безклапанний респіратор «Пелюстка» і клапанні респіратори: з ватним фільтром, з фетровим фільтром, з паперовим фільтром. Ефективність респіратора «Пелюстка» досягає 100% за умов нормальної вологості повітря[31].

Фільтруючі протигази служать для захисту органів дихання від шкідливої пари і газів. Як поглиначі застосовують активоване вугілля, силікагель, хемосорбенти [28-30].

Найбільш зручними і ефективними противошумами є навушники різних марок. Кріпляться вони до голови за допомогою спеціальних кріплень, які облягають щільно голову.

3.3 Гігієна праці і виробнича санітарія

3.3.1 Мікроклімат

Вентиляція на агломераційній фабриці здійснюється з допомогою великих централізованих установок. Для поліпшення мікроклімату на робочих місцях агломератчиків в районі головних частин агломераційних машин передбачена подача повітря шістьма (по числу агломашин) душируючими установками з обробкою повітря на типових кондиціонерах. Продуктивність кожної душируючої установки 20000 м³/ч. Роздача повітря через перфоровані повітропроводи рівномірної роздачі проводиться на висоті близько 3 метрів від підлоги. Для видалення тепла і газів над запальними горнами встановлені парасольки.

Місцеві відсмоктувачі організуються укриття від гуркоту, головної частини агломашини від місця завантаження окомкувателя шихти. Кондиціонування повітря організують в постах управління дробників і агломератчиків. Опалення виробничих приміщень повітряне, поєднане з припливною вентиляцією. Для опалення галерей з конвеєрами, які переміщують паруючі матеріали, застосовують місцеві нагрівальні прилади центрального опалення, розраховані на отримання температури в приміщеннях до +5 °С.

Решта кількість тепла, необхідне для підтримки внутрішньої розрахункової температури необхідно забезпечувати за рахунок перегріву припливного повітря.

Значення допустимих параметрів повітряного середовища в робочій зоні виробничих приміщень наведені у таблиці 3.2.

Характеристика виробничих приміщень за надлишковим тепловиділенням, Вт/м ²	Категорія роботи по тяжкості	Період року		
		На постійних робочих місцях		
		Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
5000	Тяжка	Теплий період року		
		26	75	0,4
5000	Тяжка	Холодний період року		
		19	75	0,3

3.3.2 Освітлення виробничих приміщень

Одним з найважливіших параметрів виробничої обстановки є освітлення. При природному освітленні необхідно передбачити мінімальну кількість віконних отворів, що забезпечують нормативну освітленість в цеху, і максимальну доступність для очищення та заміни стекол. Відмовлятися зовсім від природного світла не слід, так як це призводить до погіршення самопочуття працюючих і знижує їх продуктивність.

Електричне освітлення необхідно для проведення робіт в темний час доби або в місцях без достатнього природного освітлення. Для освітлення головних прольотів основних відділень агломераційного цеху в зв'язку з великою висотою цих прольотів і відносно високими рівнями освітленості найбільш доцільні ртутні лампи високого тиску з покращеною передачею кольорів (типу ДРЛ).

Штучне освітлення розраховуємо за методом світлового потоку. Електричне освітлення необхідно для проведення робіт в темний час доби або в місцях без достатнього природного освітлення.

3.3.3 Виробничий шум, виробнича вібрація

Джерелами шуму на аглофабриках є ексгаустери, млини, дробарки, редуктори, вентилятори, компресори та насоси, ручний ударний інструмент, протягом газу або рідини по трубопроводах, що транспортують системи і так далі. Найбільш високі рівні шуму відзначаються на робочих місцях машиністів конвеєрів, машиністів чашових окомковувачів, грохотників, машиністів вентиляторів і нагрівачів.

На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях і на території підприємств допустимий рівень звуку встановлено 75...80 дБА, для якого ймовірність пошкодження слуху практично дорівнює "0" при будь-якому стажі роботи, фактичний рівень шуму на аналізованому ділянці становить 88 дБА, що перевищує норму [31].

Робота в умовах сильного шуму може викликати головний біль, запаморочення, ослаблення уваги до навколишнього оточення, нерідко знижує гостроту сприйняття сигналів. Особливу небезпеку являє собою спільне вплив шуму та вібрації, що може призвести до захворювань серцево-судинної системи, розширення вен, захворювання плечових суглобів і до інших порушень.

Для захисту робітників від шуму слід звукоізолювати вбудовані приміщення - головні пости управління, вистриб'юторні приміщення обчислювального центру, кімнати відпочинку. Для зниження шуму агрегатів використовують: звукоізолюючі кожухи (для грохотів і дробарок), в які укладають або весь агрегат, або його шумливі вузли [31]. Ослаблення шуму повітро(газо)-проводів досягають плавністю руху повітряного потоку, плавними переходами в місцях зміни напрямку трубопроводу, застосування глушників. Над шумним устаткуванням підвішують штучні звукопоглиначі - плоскі або об'ємні звукопоглинаючі елементи.

Рівень вібрації в спікальному відділенні агломераційного цеху становить 98 дБ, що перевищує нормативне значення - 92 дБ. Вплив вібрації викликає спазми судин, впливає на нервову систему, шлунково-кишковий тракт, м'язи, кістково-суглобовий апарат, зір, слух. Тривалий вплив вібрації може призвести до важковилікової вібраційної хвороби.

Для зниження вібрації в опорах грохотів і дробарок встановлюють гумові віброізолятори. Зниження рівня вібрації в постах управління агламератчиків досягається шляхом розміщення на підлогах гумових віброізолюючих килимків.

3.3.4 Виробничі випромінювання.

Джерелом теплових випромінювань є спікальні машини, зажигальні горни. Кількість інфрачервоних виділень - 5000 Вт/м^2 , при нормативі 140 Вт/ м^2 . Так як агломераційний цех - це гарячий цех, із-за наявності великої кількості надлишкового тепла відбувається значне підвищення температури повітря, $39 \text{ }^\circ\text{C}$. Неприятливий вплив високих температур повітря підсилюється впливом випромінюваного тепла.

Вплив теплового опромінення на органи зору викликає тепловий ефект. При інтенсивності опромінення понад 63 МДж на м²/год може виникнути катаракта очей. Підвищений тепловий вплив на організм людини призводить до перенапруження його терморегуляторних функцій і може викликати порушення теплового балансу організму. Посилене потовиділення при напруженій м'язовій роботі в умовах підвищеного температурного режиму призводить до втрати кров'ю хлористого натрію, що є основним елементом утримує в крові воду. Крім того, різке коливання температури призводить до різних простудних захворювань [31].

3.4 Електробезпека

Основні споживачі електричної енергії в агломераційному цеху:

Змінний струм. Напруга 6000 В:

- Електродвигуни ексгаустерів: ДСП-74/140 потужністю 2000 кВт;
- Електродвигуни димососів випалювальних машин: ВАО 2-560 LA-4У2 потужністю 800 кВт;
- Електродвигуни молоткових дробарок: ДАЗО 4-450У-8У11Р24 потужністю 500 кВт;
- Електродвигуни повітродувок: БАМСО 15-10-8 потужністю 360 кВт.

В агломераційному цеху використовуються чотирипровідні електричні мережі з глухозаземленою нейтраллю змінного струму і менше 1000 В двопровідні електричні мережі постійного струму.

За технологічним вимогам чотирипровідна мережа дозволяє використовувати два робочих напруги - лінійна і фазна. При цьому досягається значне здешевлення електроустановки в цілому завдяки застосуванню меншого числа трансформаторів, меншого перерізу проводів і т. п. Трифазна мережа дозволяє використовувати тільки один напруга. По умовами безпеки в період нормального режиму роботи, умов дотику до фазному дроті, більш безпечна трипровідна мережа з ізолюваною нейтраллю. У аварійний період роботи безпечніше мережа з глухозаземленою нейтраллю. Застосування трипровідних

мереж з ізольованою нейтраллю доцільно в тих випадках, коли є можливість підтримувати високий рівень ізоляції провідників мережі відносно землі. Такими є порівняно короткі мережі, не схильні до дії агресивного середовища і перебувають під постійним наглядом електротехнічного персоналу. Виробнича середовище агломераційного цеху не задовольняє цим умовам. Електричні мережі в цеху схильні до впливу агресивного середовища, мають велику протяжність, через яку неможливо швидко відшукати або усунути пошкодження ізоляції, що робить доцільним застосування чотирипровідних електричних мереж з глухозаземленою нейтраллю.

3.5 Пожежна безпека

В технологічному процесі агломераційного виробництва застосовуються горючі матеріали: кокс, коксовий дріб'язок, антрацитовий штиб. Тому ділянки, на яких вони звертаються (відділення дроблення і грохочення коксика, коксової дрібниці і антрацитового штибу, вагоноперекидачів для їх розвантаження, склади коксика і антрацитового штибу, прийомні бункера коксика і вугільного штибу, корпус брикетування) - відносяться до виробництва категорії В. Кабельні поверхи також відповідають категорії виробництва В.

Ділянки, що пов'язані з дробленням (подрібненням) палива (корпус дроблення вугілля, окремі дроблення і грохочення вугілля), є вибухопожежонебезпечними (категорія Б), так як при подрібненні виділяються вибухонебезпечні пилю. Окремі ділянки, пов'язані з тепловою обробкою і наступним охолодженням агломерату, спалюванням палива (корпус агломерації, відділення охолодження агломерату та його сортування, відділення випалу вапняку, навантаження гарячого агломерату у вагони тощо), по пожежній небезпеці відносяться до виробництва категорії Г.

Відділення, дільниці, пов'язані з обробкою, складуванням, сортуванням шихтових матеріалів (крім горючих матеріалів), відносяться до виробництва категорії Д (рудний двір, склад сирих матеріалів, відділення сортування

агломерату, корпус шихтових бункерів, відділення дроблення і грохочення шихтових матеріалів, ділянка зневоднення шламів, прийомні бункера руди, концентратів, окалини, вапняку та ін).

В агломераційному цеху у виробничих будівлях передбачені евакуаційні виходи, призначені для забезпечення безпечної евакуації знаходяться в будівлі людей у разі виникнення пожежі на виробничих будівлях встановлюються громовідводи.

Для якомога більш раннього виявлення пожежі, що почалася, і оповіщення про нього необхідні автоматичні пристрої пожежної сигналізації.

Засоби пожежогасіння призначені для ліквідації великих осередків пожеж, а також для гасіння пожеж у початковій стадії їх розвитку силами персоналу до прибуття штатних підрозділів пожежної охорони.

В якості вогнегасних засобів використовують воду, водні емульсії галоїдовані вуглеводні, водяна пара, порошки, стиснене повітря, інертні гази, хімічну та повітряно-механічну піну, тверду вуглекислоту, пісок, спеціальні флюси, кошми.

Для ліквідації невеликих осередків загоряння в електроустановках, що знаходяться під напругою, двигунах внутрішнього згоряння та ін застосовують вуглекислотні вогнегасники ОУ-2, ОУ-5 та ОУ-8 - переносні і ОУ-25, ОУ-80 - пересувні.

У більшості випадків пожежа в агломераційному виробництві гасять водою за допомогою гідрантів і пожежних кранів.

3.6 Техногенна безпека в агломераційному виробництві

На металургійних підприємствах України одним з основних факторів, що підвищують ризик аварій на небезпечних виробничих об'єктах, продовжує залишатися високий ступінь зносу основних виробничих фондів на тлі низької інвестиційної та інноваційної активності в металургійній промисловості. Тому проблема забезпечення промислової безпеки стає ще більш актуальною.

Чорна металургія однією з небезпечних серед інших галузей з аварійності. Велика частина аварійних випадків припадає на вибухи через подачі сирої шихти, прогару фурм в металургійних агрегатах (24,5%), прогару горна, фурм, холодильників, повітропроводів доменних печей (20,2%) і відхід металу, шлаку, агломерату з металургійних агрегатів (18,1%).

Таблиця 3.3 - Основні види аварій в металургії..

Вид аварії	Кількість випадків	%
Вибухи в металургійних агрегатах з-за подачі сирої шихти, прогару фурм	23	24,5
Прогар горна, фурм, холодильників, повітропроводів доменних печей	19	20,2
Догляд металу, шлаку, агломерату з металургійних агрегатів	17	18,1
Пожежі	12	12,8
Обвалення покрівлі та інших будівельних конструкцій	8	8,51
Вибухи в різних агрегатах (повітронагрівачів, агрегати безперервного відпалу, пило камера, повітряному компресорі, аспіраційної системи обладнання, сатураторы)	6	6,38
Розриви газопроводів, вибухи на газопроводах	5	5,32
Раптові руйнування металургійних агрегатів	2	2,13
Розрив кожуха доменної печі	1	1,06
Коротке замикання по кабелю керування конвертером	1	1,06

В технологічному процесі агломераційного виробництва застосовуються кокс, коксовий дріб'язок, антрацитовий штиб, які є дахом речовинами, тому ділянки, на яких вони звертаються (відділення дроблення і грохочення коксика, коксової дрібниці і антрацитового штибу, вагоноперекидачів для їх розвантаження; склади коксика і антрацитового штибу, прийомні бункера коксика і вугільного штибу, корпус брикетування брикетної фабрики), належать до категорії пожежонебезпечних об'єктів. Крім цього, в агломераційних цехах для змащування механічного устаткування, розташовані в окремих приміщеннях, станції централізованого автоматичного змащення являють собою пожежну небезпеку.

Ділянки, що пов'язані з дробленням (подрібненням) палива (корпус дроблення вугілля, відділення дроблення і грохочення вугілля), є підривно-пожежонебезпечні, так як при подрібненні виділяються вибухонебезпечні пилю.

Вибухи пилу супроводжуються виникненням великих тисків (до 10 кг/см²). Відділення, дільниці, пов'язані з тепловою обробкою і наступним охолодженням агломерату, спалюванням палива (корпус агломерації, відділення охолодження агломерату та його сортування, відділення випалу вапняку, корпусу карбонізації і сортування брикетів та їх сушіння, навантаження гарячого агломерату в піввагони) відносяться до небезпечних об'єктів, на яких виділяється променисте тепло, полум'я та іскри.

Від загального числа аварій, що сталися на металургійних підприємствах за 1990-2002г.г., 2,1% припадають на вибухи і пожежі в агломераційному виробництві.[30]

3.7 Розрахунок теплоізоляції поста управління і захисних екранів

Екран розраховується за формулою:

$$\mu = \frac{T_d}{T_e}, \quad (3.1)$$

де μ - певне відносне зниження температури;

T_d - температура екраніруемого джерела випромінювання, К;

$T_d = 51 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_d = 51 + 273 = 324 \text{ К}$;

T_e — температура екрана, К; $T_e = 308 \text{ К}$;

$$\mu = \frac{324}{308} = 0,99.$$

Число необхідних екранів n (або число шарів екрана) дорівнює:

$$n = \frac{(1 - (\frac{T_{\Pi}}{T_d})^4)}{[\frac{1}{\mu} \cdot (\frac{T_{\Pi}}{T_d})^4]} \cdot \frac{A_{д,е}}{A_{д,п}} - 1, \quad (3.2)$$

де T_{Π} — температура навколишнього повітря, К; $T_{\Pi} = 312 \text{ К}$;

$A_{д,е}$ - приведена ступінь чорноти джерела і екрана,

$$A_{д,е} = \frac{1}{(\frac{1}{A_d} + \frac{1}{A_{\Pi}} - 1)}, \quad (3.3)$$

де A_d, A_{Π} - ступінь чорноти відповідно джерела випромінювання і екрану;
 $A_d=0,95$;

$$A_{d,e} = \frac{1}{\left(\frac{1}{0,95} + \frac{1}{0,96} - 1\right)} = 0,92.$$

$A_{d,\Pi}$ - приведена ступінь чорноти джерела і повітря,

$$A_{d,\Pi} = \frac{1}{\left(\frac{1}{A_d} + \frac{1}{A_{\Pi}} - 1\right)}; \quad (3.4)$$

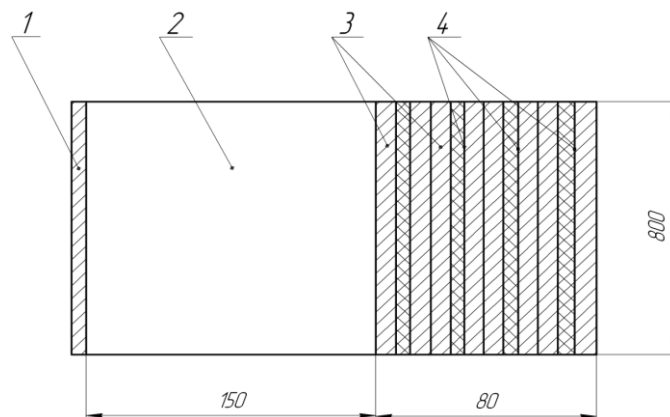
де A_{Π} - ступінь чорноти повітря, $A_{\Pi}=0,03$;

$$A_{d,\Pi} = \frac{1}{\left(\frac{1}{0,95} + \frac{1}{0,03} - 1\right)} = 0,03.$$

$$n = \frac{(1 - (\frac{312}{324})^4)}{[\frac{1}{0,99} \cdot (\frac{312}{324})^4]} \cdot \frac{0,92}{0,03} - 1 = 4,43.$$

Приймаються кількість екранів - 4шт.

Таким чином, щоб зменшити нагрів поста управління агломератника і тим самим значно скоротити вплив інфрачервоного випромінювання на організм робітника, необхідно встановити 4 шару екрану, що складається з 2 листів заліза, між якими прокладений шар азбестового картону. Товщина екрана 80мм, відстань між екраном і постом управління (повітряний прошарок) 150 мм. На рис. 3.3 показана схема теплозахисного екрана.



1 - стінка поста управління; 2 - повітряний прошарок; 3 - металевий лист,
 $\delta = 8\text{мм}$; 4 - азбестовий картон, $\delta = 8\text{мм}$

Рисунок – 3.2 Схема теплозахисного екрану

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО - ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Організація роботи на ділянці очищення газів

Організаційна структура управління ділянкою газоочисток, як і цехом, являє собою лінійно-функціональну схему: начальник цеху - начальник зміни - майстер газоочисної установки (ГОУ).

Начальник зміни є оперативним керівником роботи цеху в кожній зміні. Йому безпосередньо підпорядковується майстер ГОУ.

Майстер газоочисних установок є адміністративно-технічним керівником робітників-технологів своєї ділянки, він стежить за забезпеченням безперебійної роботи установок цеху, які вловлюють пил, контролює дотримання технологічних параметрів і процесів, виявляє і усуває причини їх порушення, забезпечує повне завантаження і правильне використання обладнання, утримання його в справному стані, а також належний порядок і чистоту на робочих місцях та прилеглої до ділянки території.

Оператор ГОУ спостерігає за ходом технологічного процесу очищення газів, контролює показання приладів контролю і регулювання процесу. Роботою оператора керує бригадир.

Відповідно графіку поточних оглядів і капітальних ремонтів основного устаткування складається графік проведення оглядів і ремонтів обладнання газоочисної установки, з якого розраховується кількість днів і годин простою обладнання на огляди і для заміни поламаних деталей. Потім розраховується час роботи обладнання з урахуванням простоїв. Результати розрахунків зводимо у таблицю 4.1.

Для аспіраційної системи (АС) та системи охолодження агломерату (ОА) простої на поточні та капітальні ремонти становлять 15 днів на рік. Ефективний фонд часу газоочисної установки, г:

$$T_{\text{ЭФ}} = T_{\text{КАЛ}} - T_{\text{РЕМ}} \quad (4.1)$$

де $T_{\text{кал}}$ - календарне фонд часу роботи газоочистки, год; $T_{\text{рем}}$ - простій на плановий ремонт, г.

Коефіцієнт використання установки у часі:

$$K_{\text{исп}} = \frac{T_{\text{эф}}}{T_{\text{кал}}} \quad (4.2)$$

Результати розрахунку представлені в таблиці. 4.1.

Таблиця 4.1. - Баланс робочого часу газоочисної установки

Показники	Одиниці виміру	Аспіраційна ситема	Система охолодження
Режим роботи газоочисної установки	—	Безперервний	Безперервний
Календарний час роботи, $T_{\text{кал}}$	Дні години	365 $365 \cdot 24 = 8760$	365 $365 \cdot 24 = 8760$
Простій на плановий ремонт, $T_{\text{рем}}$	Дні години	15 $15 \cdot 24 = 360$	15 $15 \cdot 24 = 360$
Ефективний фонд часу, $T_{\text{эф}}$	Дні години	$365 - 15 = 350$ $350 \cdot 24 = 8400$	$365 - 15 = 350$ $350 \cdot 24 = 8400$
Коефіцієнт використання, $K_{\text{исп}}$	—	$\frac{350}{365} = 0,959$	$\frac{350}{365} = 0,959$

4.2 Планування виробничої програми

Річну виробничу потужність газоочисної установки визначаємо за формулою, $\text{м}^3/\text{рік}$:

$$\Pi = N \cdot T_{\text{эф}} \cdot n \quad (4.3)$$

де, N - технічна норма продуктивності основного агрегату очисної установки в одиницю часу, $\text{м}^3/\text{год}$. (н. у.).

$T_{\text{эф}}$ - річний фонд ефективного часу роботи газоочисної установки, год.;

n - кількість паралельно працюючих основних апаратів газоочисної установки.

Для АС технічна продуктивність становить $144000 \text{ м}^3/\text{год}$.

$$\Pi_{\text{АС}} = 144000 \cdot 8400 \cdot = 1209,6 \cdot 10^6 \text{ (м}^3/\text{рік)}.$$

Для ОА продуктивність становить $100500 \text{ м}^3/\text{год}$. Тоді

$$P_{OA} = 100500 \cdot 8400 = 844,2 \cdot 10^6 \text{ (м}^3\text{/рік)}.$$

Кількість уловленого пилу визначаємо з виразу, т:

$$Q = \frac{(Z_1 - Z_2) \times P}{10^6} \quad (4.4)$$

де Z_1 - запиленість газу до очищення, г / м³;

Z_2 - запиленість газу після очищення, г / м³.

Для АС кількість уловленого пилу дорівнює:

$$Q_6 = (1 - 0,015) \cdot 1209,6 \cdot 10^6 / 10^6 = 1191,5 \text{ т.}$$

Для ОА кількість уловленого пилу дорівнює:

$$Q_{np} = (1,8 - 0,331) \cdot 844,2 \cdot 10^6 / 10^6 = 1240,1 \text{ т.}$$

Приймаємо втрати уловленого продукту при утилізації 10%. Тоді кількість утилізованого пилу:

$$Q_{yt} = 0,9 \cdot Q_{np} = 0,9 \cdot (1191,5 + 1240,1) = 2188,5 \text{ т}$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 - Виробнича програма

Показник	Одиниці виміру	АС	ОА
Річна продуктивність газоочисної установки, P	млн. м ³	1209,6	844,2
Технічна норма продуктивності, N	м ³ /год.	144000	100500
Початкова запиленість, Z_1	г/м ³	1,0	1,8
Кінцева запиленість, Z_2	г/м ³	0,015	0,331
Кількість вловленого пилу, Q	т	1191,5	1240,1
Кількість утилізованої пилу, Q_{yt}	т	2188,5	

4.3 Розрахунок штатної чисельності та фонду оплати праці основних робітників

Розраховуємо кількість робочих для обслуговування АС та ОА, що складається з електрофільтру з 4 полями, групового циклону і двох димососів.

Час обслуговування 1 умовної одиниці (одного поля): $t_0 = 1,2$ чол-год.

Оскільки апарат (електрофільтр) складається з декількох умовних одиниць (4 поля), то в першу чергу визначаємо час обслуговування одного апарату, чол-год:

$$t = t_0 \cdot K_2 \quad (4.5)$$

де t_0 – час обслуговування однієї умовної одиниці, чол-год;

K_2 – емпіричний коефіцієнт, що дорівнює:

$$K_2 = 1,1^m \quad (4.6)$$

де m – число умовних одиниць в апараті (секцій в рукавних фільтрів).

$$K_2 = 1,1^1 = 1,1, \text{ тоді}$$

$$t = 1,2 \cdot 1,1 = 1,32 \text{ чол-год.}$$

При кількості однотипних агрегатів від двох до п'яти сумарне середньо змінний час обслуговування визначається за формулою

$$T = t \cdot K_1 \quad (4.7)$$

де t – час обслуговування одного газоочисного апарата, чол-год;

K_1 – емпіричний коефіцієнт, що дорівнює

$$K_1 = 1,2^n \quad (4.8)$$

де n – кількість апаратів.

Визначаємо сумарне середньо змінний час обслуговування агрегатів:
для електрофільтра:

$$T_{\text{ЕФ}} = 1,32 \cdot 1,21 = 1,584 \text{ чол-год/зм,}$$

для димососа:

$$T_{\text{дим}} = t \cdot 1,2^n = 0,9 \cdot 1,2^1 = 1,08, \text{ чол-год/зм.}$$

Визначаємо сумарний середньо змінний час обслуговування установки:

$$T_{\text{уст}} = T_{\text{РФ}} + T_{\text{дим}}, \text{ чол-год/зм}$$

$$T_{\text{уст}} = 1,584 + 1,08 = 2,664 \text{ чол-год/зм.}$$

Змінне загальну явочну чисельність обслуговуючого персоналу визначаємо за формулою:

$$Ч_{\text{яв}} = \frac{T_{\text{уст}}}{l} \cdot \frac{S}{L}, \text{ чол-год/зм} \quad (4.9)$$

де l – задана тривалість зміни, год.;

S – тривалість тижневого циклу роботи обладнання, год.;

L – тривалість робочого тижня, ч.

При безперервному 3-х змінному 4-х бригадному графіку:

$$Ч_{яв} = 2,664 \cdot 6,73 \cdot 24 / (8 \cdot 7 \cdot 24) = 0,32$$

Приймаємо $Ч_{яв} = 1$ чоловік в зміну.

Добовий склад, чол.:

$$Ч_{доб} = Ч_{яв} \cdot n_{зм}, \quad (4.10)$$

де $n_{зм}$ – кількість робочих змін на добу.

$$Ч_{доб} = 1 \cdot 3 = 3, \text{ чол.}$$

Штатний склад основний робочих ділянки газоочистки дорівнює, чол.:

$$Ч_{шт} = Ч_{яв} \cdot (n_{зм} + n_{вих}) \quad (4.11)$$

де $n_{зм}$ – кількість працюючих бригад на добу;

$n_{вих}$ – кількість непрацюючих бригад.

$$Ч_{шт} = 1 \cdot (3 + 1) = 4, \text{ чол.}$$

Списочний склад основний робочих ділянки газоочистки становить, чол.:

$$Ч_{сп} = Ч_{шт} \cdot K_{сп} \quad (4.12)$$

$$Ч_{сп} = 4 \cdot 1,152 = 4,608 \text{ чол.}$$

Приймаємо $Ч_{сп} = 5$ чоловік.

Визначаємо плановий фонд оплати праці на рік, грн./рік:

$$\Phi ОП_{пл.} = ЗП_{см} \cdot Ч_{сп} \cdot 12 = 10679 \cdot 5 \cdot 12 = 640740$$

Визначаємо нарахування на заробітну плату. Єдиний соціальний внесок на заробітну плату складає 22.6 %. Тоді:

$$Н_{\Phi ОП} = \Phi ОП_{пл.} \cdot \frac{22,6}{100} = 640740 \cdot 0,226 = 144807 \text{ грн./рік}$$

4.4. Розрахунок капітальних вкладень

Величина необхідних капітальних вкладень в основні фонди та оборотні кошти визначається методом прямого розрахунку окремих елементів вкладень.[39]

У загальному вигляді капітальні вкладення включають в себе такі статті витрат:

- Будівництво будівель та споруд;
- Технологічне та енергетичне обладнання;
- Підйомно-транспортне устаткування;
- Системи контролю та автоматики;
- Інші капітальні вкладення.

Капітальні вкладення в базовому варіанті приймаємо за заводськими даними. Капітальні вкладення по проектному варіанту приймаємо з урахуванням технічних рішень з реконструкції газоочистки.

Капітальні витрати C_k розраховують у вигляді питомих величин, віднесених до 1000 м³ газу (грн / 1000 м³):

$$C_k = (C_{осн.об} + C_m + C_n + C_{зд} + C_{мон}) \cdot \frac{1000}{3600 \cdot Q \cdot \tau} \quad (4.13)$$

де $C_{осн.об}$ - вартість основного обладнання, грн;

C_m - вартість установки і монтажу обладнання, грн,

$$C_{мон} = 0,3 \cdot C_{осн.об} \quad (4.14)$$

$C_{мон}$ - вартість монтажу комунікацій,

$$C_{мон} = 0,15 \cdot C_{осн.об} \quad (4.15)$$

C_n - вартість накладних витрат спеціалізованої організації, грн,

$$C_n = 0,2 \cdot C_{осн.об} \quad (4.16)$$

$C_{зд}$ - вартість будівлі, грн;

Q_c - витрата газів, що очищаються, м³ / год;

τ - Ефективний час роботи газоочистки за рік, ч.

Для АС потрібно обладнання за ціною:

- електрофільтра типу ЕГАВ1-30-7,5-4-4 (4 штуки) грн. $5600000 \cdot 4 = 22400000$ грн.;
- димосос ДН-26(2) – $350000 \cdot 4 = 1400000$ грн.;
- газоходи - 880000 грн.;
- КВП складе 25% від вартості основного обладнання.

Вартість всього основного обладнання для однієї агломашини:

$$C_{\text{осн.об}} = (22400000 + 1400000 + 880000) / 6 = 4113000 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{м}} = 0,3 \cdot 4113000 = 1233900 \text{ грн.};$$

$$C_{\text{мон}} = 0,15 \cdot 4113000 = 616950 \text{ грн.};$$

$$C_{\text{н}} = 0,25 \cdot 4113000 = 1028950 \text{ грн.}$$

$C_{\text{зд}}$ визначається множенням обсягу будівлі, необхідної для розміщення газоочисних апаратів, на ціну за 1 м^3 будівлі.

Обсяг будівлі, необхідний для розміщення газоочисних апаратів $24 \times 18 \times 21 \text{ м}^2$, а вартість 1 м^3 будівлі, що має залізобетонний каркас $41,4 \text{ грн/м}^3$.

$$C_{\text{зд}} = 24 \cdot 18 \cdot 21 \cdot 41,4 = 3755800 \text{ грн.}$$

Тоді,

$$C_{\text{к(б)}} = (4113000 + 1233900 + 616950 + 1028950 + 3755800) \cdot 1000 / (144000 \cdot 8400) = 5,8 \text{ грн.}$$

Для ОА потрібно обладнання за ціною:

- Охолоджувач агломерату ОЧ-9 – 760000 грн;
- Циклон ЦН-15-1000х8 – 295000 грн.;
- димосос Д №20 – 39850 грн.;
- газоходи - 260000 грн.;
- КІП складе 25% від вартості основного обладнання.

Вартість всього основного обладнання:

$$C_{\text{осн.об}} = 760000 + 295000 + 39850 + 260000 = 1354850 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{м}} = 0,3 \cdot 1354850 = 406455 \text{ грн.};$$

$$C_{\text{мон}} = 0,15 \cdot 1354850 = 203228 \text{ грн.};$$

$$C_{\text{н}} = 0,25 \cdot 1354850 = 338712 \text{ грн.}$$

Тоді,

$$C_{к(ПР)} = (1354850 + 406455 + 203228 + 338712) *$$

$$* 1000 / (27540 * 8400) = 2,73 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків зводимо в табл. 4.4.

Таблиця 4.4. - Капітальні витрати на очистку газів

Найменування показника	Газоочистки						Разом
	АС			ОА			
	Кільк.	Ціна за одиницю грн.	Величина витрат грн.	Кільк.	Ціна за одиницю грн.	Величина витрат грн.	грн
Вартість основного обладнання			4113000			1354850	5467850
Електрофільтр	4/6	5600000	3733000				
Охолоджувач				1	760000	760000	
Циклон				1	295000	295000	
Димосос	4/6	350000	233000	1	39850	39850	
газоходи	1	880000	880000	1	260000	260000	
КІП			1028950			338712	1367662
Вартість монтажу обладнання			1233900			406455	1640355
Вартість монтажу комунікацій			616950			203228	820178
Вартість будівлі			3755800				3755800
Всього			10748600			2303250	13051850
Всього кап. вклад. на 1000 м3 газу			5,8			2,73	8,53

4.5 Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати на очищення газу:

$$C = \sum_{i=1}^N C_i = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7 \quad (4.17)$$

де C_1 - витрати на основні та допоміжні матеріали, грн .;

C_2 - витрати на електроенергію, грн;

C_3 - амортизаційні відрахування від вартості основних фондів, грн .;

C_4 - витрати на утримання та експлуатацію обладнання, грн;

C_5 - основна і додаткова зарплата виробничих робітників, грн;

C_6 - відрахування на соціальне страхування, грн;

C_7 - загальновиробничі витрати, грн.

Витрати на основні та допоміжні матеріали не потрібні.

Енергетичні витрати:

$$C_2 = r \cdot l \cdot N \cdot T \quad (4.18)$$

де r - вартість електроенергії, для промислових підприємств чорної металургії
 $r = 1,94$ грн. / кВт · год;

l - коефіцієнт, що враховує оплату праці обслуговуючого персоналу, приймаємо $l = 1,1$.

N - сумарна потужність електродвигунів до тягодуттєвих агрегатів і джерел живлення електрофільтрів, кВт.

Для АС:

$$C_2 = 2,14 \cdot 1,1 \cdot (4 \cdot 403 + 4 \cdot 4 \cdot 100) \cdot 8400 / 6 = 10585467 \text{ грн.}$$

Для ОА:

$$C_2 = 2,14 \cdot 1,1 \cdot 400 \cdot 8400 = 7909440 \text{ грн.}$$

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

Амортизаційні відрахування від вартості обладнання, грн .:

Для АС:

$$A_{об} = 0,15 \cdot C_{он.об} \quad (4.19)$$

$$A_{об.} = 0,15 \cdot 4113000 = 616950 \text{ грн.}$$

Для ОА:

$$A_{об.} = 0,15 \cdot 1354850 = 203227 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування від вартості будівлі, грн .:

$$A_{30} = 0,05 \cdot 0,6 \cdot C_{30} \quad (4.20)$$

$$A_{3AC} = 0,05 \cdot 0,6 \cdot 3755800 = 112674 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування від вартості комунікацій, грн:

$$A_k = 0,15 \cdot C_{\text{мон}} \quad (4.21)$$

$$A_{H(AC)} = 0,15 \cdot 880000 = 132000 \text{ грн.}$$

$$A_{H(OA)} = 0,15 \cdot 260000 = 39000 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування від вартості КВП:

$$A_{\text{КВП}} = 0,25 \cdot C_{\text{КВП}} \quad (4.22)$$

$$A_{\text{КВП}(AC)} = 0,25 \cdot 1028950 = 257237 \text{ грн.}$$

$$A_{\text{КВП}(OA)} = 0,25 \cdot 338712 = 84678 \text{ грн.}$$

Всього:

$$C_{3(AC)} = A_{\Sigma}^B = 616950 + 112674 + 132000 + 257237 = 1118861 \text{ грн.}$$

$$C_{3(OA)} = A_{\Sigma}^{PP} = 203277 + 39000 + 104295 + 84678 = 431250 \text{ грн.}$$

Відрахування на поточні ремонти становлять 15% від амортизаційних відрахувань, грн.:

$$\Phi_p = 0,15 \cdot A_{\Sigma} \quad (4.23)$$

$$\Phi_{p(B)} = 0,15 \cdot 1118861 = 167829 \text{ грн.}$$

$$\Phi_{p(PP)} = 0,15 \cdot 431250 = 64682 \text{ грн.}$$

Витрати на експлуатацію та утримання обладнання, грн.:

$$C_4 = A_{\Sigma} + \Phi_p \quad (4.24)$$

$$C_{4(B)} = 1118861 + 167829 = 1286690 \text{ грн.}$$

$$C_{4(PP)} = 431250 + 64682 = 495932 \text{ грн.}$$

Загальновиробничі витрати становлять 25% від суми амортизаційних відрахувань, відрахувань в ремонтний фонд, грн.:

$$C_7 = 0,25 \cdot (A_{\Sigma} + \Phi_p) \quad (4.25)$$

$$C_{7(B)} = 0,25 \cdot (1118861 + 167829) = 321627 \text{ грн.}$$

$$C_{7(PP)} = 0,25 \cdot (431250 + 64682) = 123983 \text{ грн.}$$

Економія від утилізації продуктів, що уловлюються в процесі очистки газів, грн

$$\mathcal{E}_y = Q_{ym} \cdot \mathcal{C} \quad (4.26)$$

де Q_{yt} - кількість утилізованого продукту, т;

C - покупна ціна залізородного концентрату 2600 грн/т.

$$\mathcal{E}_{y(AC)} = 2600 \cdot 1191,5 = 3097900 \text{ грн.}$$

Економія від зменшення споживання коксикку за рахунок утилізації тепла агломерату, грн.

$$\mathcal{E}_y = Q_{ym} \cdot C \quad (4.27)$$

де Q_{yt} - кількість зекономленого продукту, т;

C - покупна ціна антрацитового штибу (АШ) 1900 грн/т.

$$Q_{ym} = C \cdot Q_G \cdot T_G / 1000 (q_G \rho_G),$$

де C – теплоємність повітря, 1,005 кДж/кг·град;

Q_G – витрата повітря за робочих умов, м³/рік;

T_G – температура повітря на виході з охолоджувача;

q_G – теплота згоряння вугілля марки АШ, 4,18 кДж/кг;

ρ_G – щільність повітря за робочих умов, кг/м³.

$$Q_{yt} = 1,005 \cdot 844,2 \cdot 240 / 1000 (4,18 \cdot 0,86) = 56,6 \text{ т/рік,}$$

$$\mathcal{E}_{y(OA)} = 1900 \cdot 56,6 = 107540 \text{ грн.}$$

Загальні експлуатаційні витрати за рік по (4.17) складають:

- для аспіраційної системи з урахуванням економії від утилізації

$$C_{AC} = 10585467 + 1118861 + 1286690 + 321627 + 320370 + 72404 - 3097900 = \\ = 9607519 \text{ грн}$$

- для системи охолодження агломерату з урахуванням економії палива

$$C_{OA} = 7909440 + 431250 + 459932 + 123983 + 320370 + 72403 - 107540 = 8241978 \text{ грн}$$

Собівартість очистки газу (грн./1000м³):

$$C_{AC}^{уд} = C_{AC} \frac{1000}{Q_{AC} \cdot T} = 9607519 \cdot \frac{1000}{144000 \cdot 8400} = 7,94 \cdot$$

$$C_{OA}^{уд} = C_{OA} \frac{1000}{Q_{OA} \cdot T} = 8241978 \cdot \frac{1000}{100500 \cdot 8400} = 9,76$$

4.6 Визначення основних техніко-економічних показників

Економічне обґрунтування доцільності прийнятих в проектному варіанті технічних і організаційних рішень з уловлювання пилу в цілому зводиться до визначення і зіставлення економічних показників

Річний економічний ефект від ухвалення нових технологій:

$$E_p = E_1 + E_2 + E_3, \quad (4.28)$$

де E_1 – річна годова економія на коксифікації, грн;

E_2 – економія на викидах пилу за рік, грн;

E_3 – річна годова економія на рудному концентраті, грн;

Економія на екологічному податку за викиди пилу :

$$E_2 = M_{\text{п}} \cdot B, \quad (4.28)$$

де B – ставка екологічного податку на викиди пилу, 92,37 грн/т;

$M_{\text{п}}$ – кількість вловленого пилу, т.

$$E_2 = 92,37 \cdot 2188,5 = 202152 \text{ грн.}$$

$$E_p = 3097900 + 107450 + 202152 = 3407502 \text{ грн.}$$

Термін окупності витрат:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{E_p}, \quad (4.29)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{13051850}{3407502} = 3,8 \text{ роки.}$$

Розрахунковий коефіцієнт ефективності капітальних вкладень:

$$E_{\text{кап}} = \frac{1}{T_{\text{ок}}}, \quad (4.30)$$

$$E_{\text{кап}} = \frac{1}{3,83} = 0,26 \text{ грн}/(\text{грн} \cdot \text{рік}).$$

Результати розрахунків зведені в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Техніко - економічні показники від впровадження проекту системи аспіраційної очистки з утилізацією тепла агломерату.

Показники	Один. виміру	Показники
Річна продуктивність: - аспірацій на система - система охолодження агломерату	млн. м ³	1209,6 844,2
Початкова запиленість: - аспірацій на система - система охолодження агломерату	г/нм ³	1,0 1,8
Кінцева запиленість: - аспірацій на система - система охолодження агломерату	г/нм ³	0,015 0,331
Капітальні вкладення на очищення 1000 м ³ газу: - аспірацій на система - система охолодження агломерату	грн	2,73 8,53
Експлуатаційні витрати на очищення 1000 м ³ газу: - аспірацій на система - система охолодження агломерату	грн	7,94 9,76
Річна економія на паливі шихти	тис. грн	107,5
Річна економія на екологічному податку	тис. грн	202,2
Річна економія на рудному концентраті	тис. грн	3097,9
Термін окупності витрат	рік	3,8
Розрахунковий коефіцієнт ефективності	грн/(грн·рік)	0,26

ВИСНОВКИ

На базі проведеного аналізу існуючих методів зниження антропогенного навантаження на довкілля при виробництві агломерату встановлено, що найбільш перспективним для очистки аспіраційних газів хвостової частини агломашини та утилізації тепла агломерату є встановлення чашового охолоджувача з направленням гарячого повітря після очищення під укриття агломашини з одночасним відводом неорганізованих викидів хвостом частини агломашини на очистку в електрофільтр.

У спеціальній частині був проведений вибір та розрахунок усіх основних необхідних технологічних та газоочисних апаратів, виконаний вибір і розрахунок допоміжного обладнання.

Для значного поліпшення та отримання оптимальних умов праці був проведений аналіз основних шкідливих і небезпечних факторів виробничого середовища.

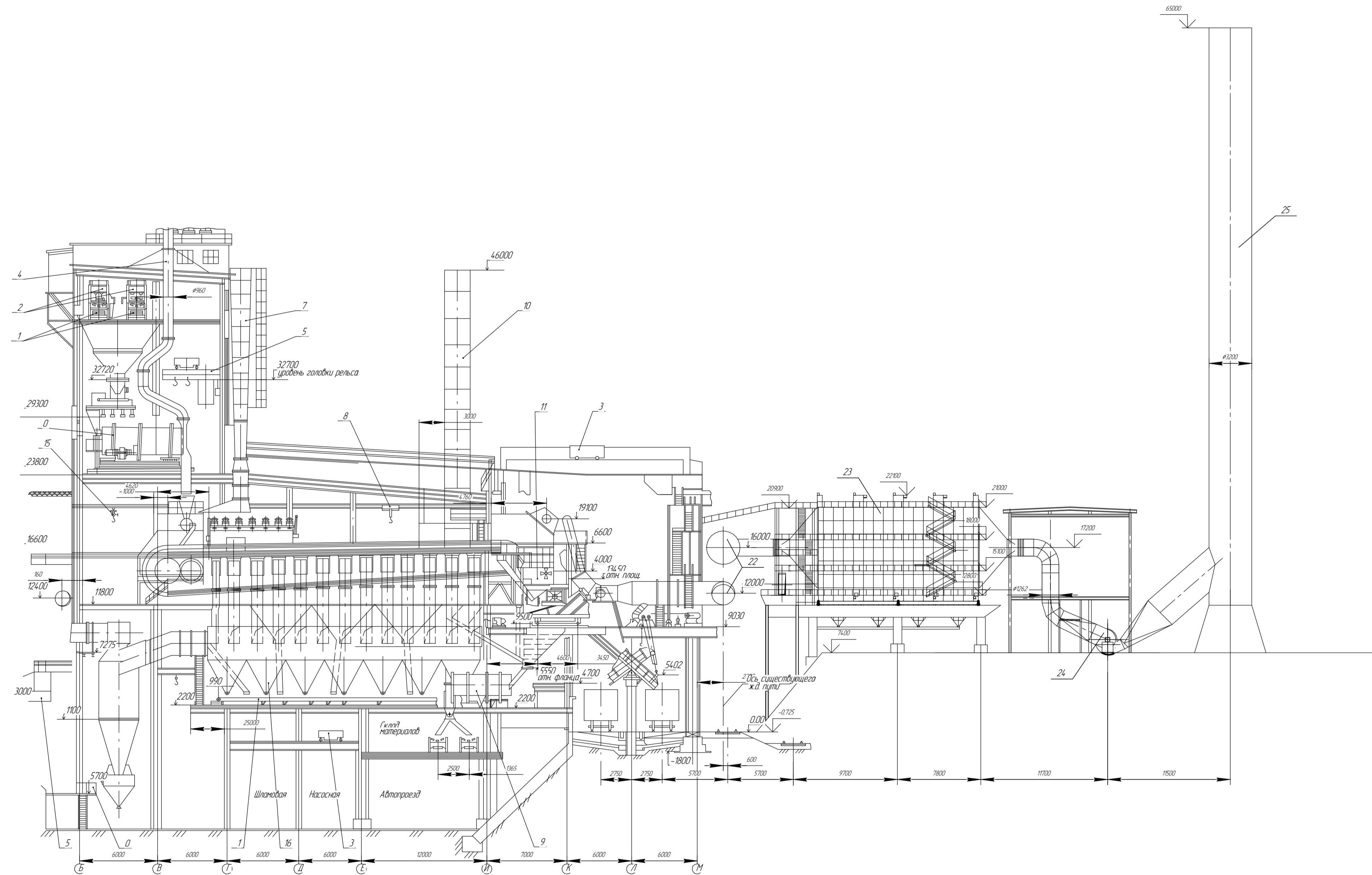
В економічній частині описані структура управління та організація робіт в цеху, виконаний розрахунок собівартості очищення 1000 м³ газів, яка становить 28,16 грн. для проектного варіанту. Розрахована ефективність капітальних вкладень і підрахований річний економічний ефект при впровадженні даної схеми.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Вегман Е.Ф. Теория и технология агломерации. - М.: Metallurgy, 1975.–288с.
2. Сигов А.А., Шурхал В.А. Агломерационный процесс.- Київ.: Техніка, 1969. - 232 с.
3. Коротич В.И., Пузанов В.П. Газодинамика агломерационного процесса. - М.: Metallurgy, 1969. - 208 с.
4. Машины и агрегаты металлургических заводов . В 3т. Т.1: Машины и агрегаты доменных цехов / Л.И. Целиков, П.И. Полухин, В.М. Гребенник и др. – Машиностроение, 1987. – 432с.
5. Механическое оборудование агломерационных фабрик. /Фастовский М.Х., Дакалов Г.В., Носовский А.А. - М.: Metallurgy, 1983. 264 с.
6. Механическое оборудование фабрик для окусковывания железорудного сырья. Ловчинский Э.В. - М.: Metallurgy, 1977.256 с.
7. Толочко А.И., Филиппов В.И., Филипьев О.В. Очистка технологических газов в черной металлургии. - М.: Metallurgy, 1982. - 280 с.
8. Андоньев С.М., Филипьев О.В. Пылегазовые выбросы предприятий черной металлургии. - М.: Metallurgy, 1970.-190 с.
9. Коротич В. И. Основы теории и технологии подготовки сырья к доменной плавке / В. И. Коротич. – М. : Metallurgy, 1978. – 204 с.
10. Вовк А. А. Пособие агломератчику / А. А. Вовк, Г. А. Чичиянц. – К. : Техника, 1990. – 143 с.
11. Ефименко Г. Г. Металлургия чугуна / Г. Г. Ефименко, А. А. Гиммельфарб, В. Е. Левченко. – К. : Выща шк., 1988. – 352 с.
12. Старк С.Б. Газоочистные аппараты и установки в металлургическом производстве: Учебник для вузов.- М.: Metallurgy, 1990 – 400 с.;
13. Денисов С. И. Улавливание и утилизация пылей и газов. – Киев: Высшая школа, 1992г. – 333с.;
14. Алиев Г.М.- А. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов: Справ. изд.- М.: Metallurgy, 1986 – 544 с.;

15. Гурвиц А. А. Справочник по пылеулавливанию в металлургии. – М.: Металлургия, 1984 – 335с.;
16. Указания и нормы технологического проектирования и технико-экономические показатели энергетического хозяйства предприятий чёрной металлургии. – М: Гипромез, 1981 – 163 с.;
17. Указания по проектированию объектов энергохозяйства металлургических предприятий. Защита атмосферы от пыли и вредных химических веществ. – Харьков: Черметинформация, 1987 – 99 с.;
18. Poland, Technical information on Polish iron and steel plants, 2007, p. 8.
19. InfoMil, Dutch Notes on BAT for the Production of Primary Iron and Steel, Spatial Planning and the Environment, Directorate for Air and Energy, Department of Industry, 1997
20. SHI, A System for Waste Heat Recovery in Sintering Plant, 1987.
21. Arimitsu, 'Energy Saving in the Japanese Steel Industry', European Symposium on Environmental Control in Steel Industry, 1995, pp. 105-136.
22. OECD, Environmental Implications of Energy Use in Industry, Organisation for Economic Co-operation and Development, 1988.
23. Каталог пылегазоочистного оборудования [Текст]: каталог: разработчик и изготовитель НИИОгаза. - М, 1990 .- 238 с. – 7300 экз.
24. Газоочистное оборудование. Электрофильтры [Текст]: каталог: разработчик ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ. - М.: 1990. - 16 с. – 1000 экз.
25. Газоочистные и пылеулавливающие установки [Текст]: каталог: разработчик ЦНИИ "Электроника". - М: ЦНИИ "Электроника", 1990. - 48 с. – 4000 экз.
26. Расчеты устройств для очистки промышленных газов от пыли: Учеб. пособие / Б.З. Теверовский. – К.: УМК ВО, 1991. – 92 с.
27. Охорона праці: навч. посібник / ред. В. П. Кучерявий. - Львів : Оріяна-Нова, 2007. - 367 с. : іл.
28. Пістун, І. П. Охорона праці в галузі машинобудування: навч. посібник для ВНЗ : [рек. М-вом освіти і науки України] / І. П. Пістун, Р. Є. Стець, І. О. Трунова. - Суми : Унів. книга, 2012. - 556 с. : іл.

29. Бринза, В. Н. Охрана труда в черной металлургии: учебник для вузов / В. Н. Бринза, М. М. Зиньковский. - М. : Металлургия, 1982. - 336 с. : ил. :
30. Злобинский, Б. М. Охрана труда в металлургии: учебник для вузов / Б. М. Злобинский. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Металлургия, 1975. - 535 с.
31. Ильинский, Б. Д. Охрана труда на предприятиях черной металлургии [Текст] : учеб. пособие / Б. Д. Ильинский. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Металлургия, 1979. - 255 с.
32. Охрана труда. Инженерные решения практических задач : учеб. пособие для вузов / В. Г. Иванов, А. В. Солдатов, В. Н. Клименко и др. ; Укр. инж.-пед. акад. - Х. : , 2005. - 283 с. : ил.



Лист	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
1	МД2.031036.101	Головна частина	6	
2	МД2.031036.102	Вузол завантаження	6	
3	МД2.031036.103	Вузол вивантаження	6	
4	МД2.031036.104	Екстаустер 6500, 11-4	6	
5	МД2.031036.105	Кран	12	G=15т
6	МД2.031036.106	Ручна кранбалка	6	G=5т
7	МД2.031036.107	Конвеїєр колектору	6	
8	МД2.031036.108	Автоматичний скіпний візок	12	
9	МД2.031036.109	Таль електрична	12	G=5т
10	МД2.031036.110	Кран мостовий	1	G=16/32
11	МД2.031036.111	Циклон	12	φ4.200
12	МД2.031036.112	Труба Вентури	12	
13	МД2.031036.113	Кралецьлоблювач	12	φ3600
14	МД2.031036.114	Бак-гідрозатвар	12	
15	МД2.031036.115	Укриття агломашини	6	
16	МД2.031036.116	Укриття відрозрахота	6	
17	МД2.031036.117	Укриття перекидного желоба	6	
18	МД2.031036.118	Бункер під грохотом	6	
19	МД2.031036.119	Витяжна труба від горна	6	
20	МД2.031036.120	Барабан охолодження здарту	6	
21	МД2.031036.121	Конвеїєр холостої гілки	6	
22	МД2.031036.122	Колектор	2	
23	МД2.031036.123	Електрофільтр	4	
24	МД2.031036.124	Димосос	2	
25	МД2.031036.125	Димова труба	1	

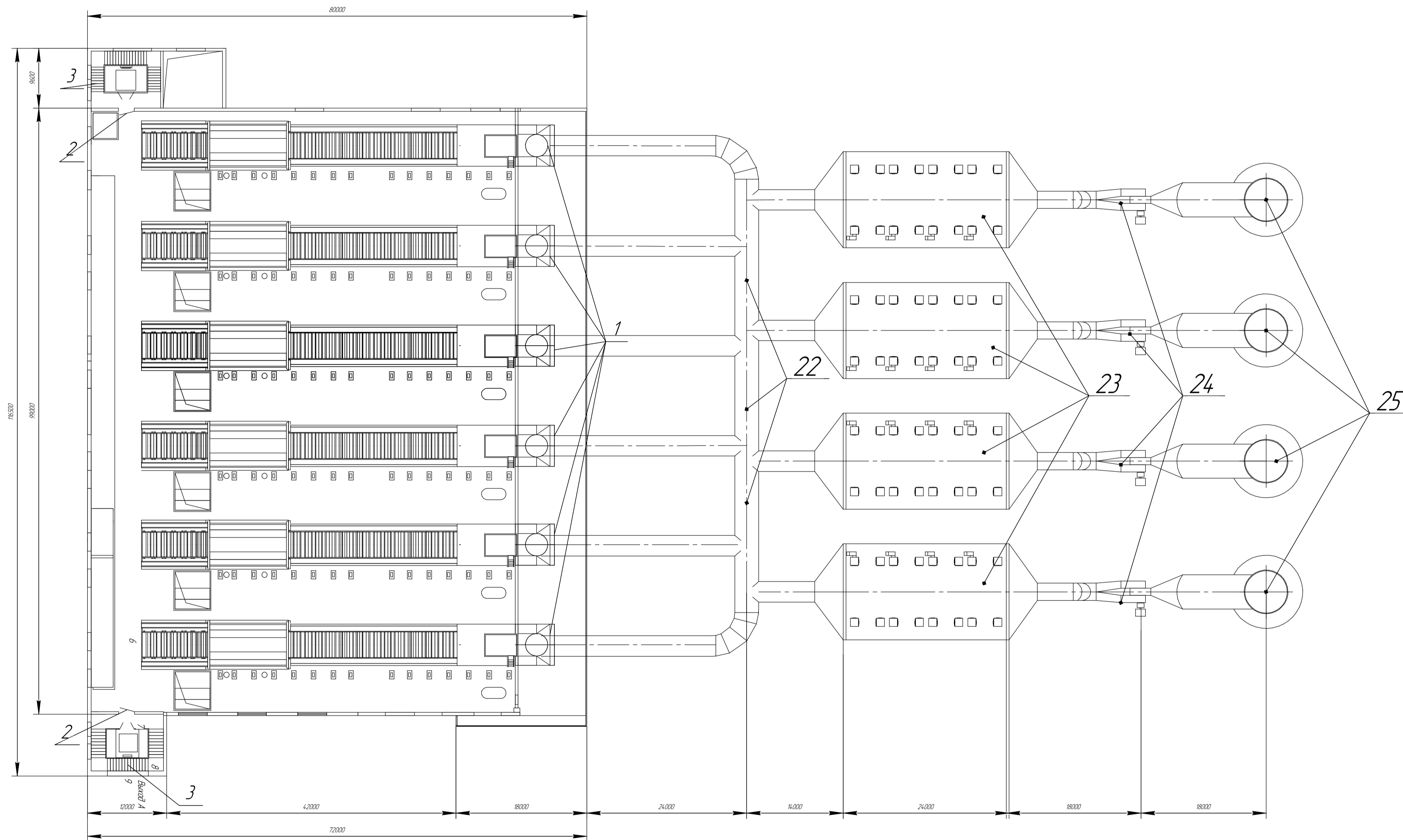
ІННІ.Д2.83-20.002 ЗВ

Ізм.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Лист	Масштаб
					2	1:400
Ізв.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Лист	Масштаб
Розр.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Лист	Масштаб
Проб.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Лист	Масштаб
Т.контр.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Лист	Масштаб
Інконтр.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Лист	Масштаб
Утв.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Лист	Масштаб

Проект системи очищення хвостових газів агломераційних машин з утилізацією тепла

Аспірація хвостової частини агломашини

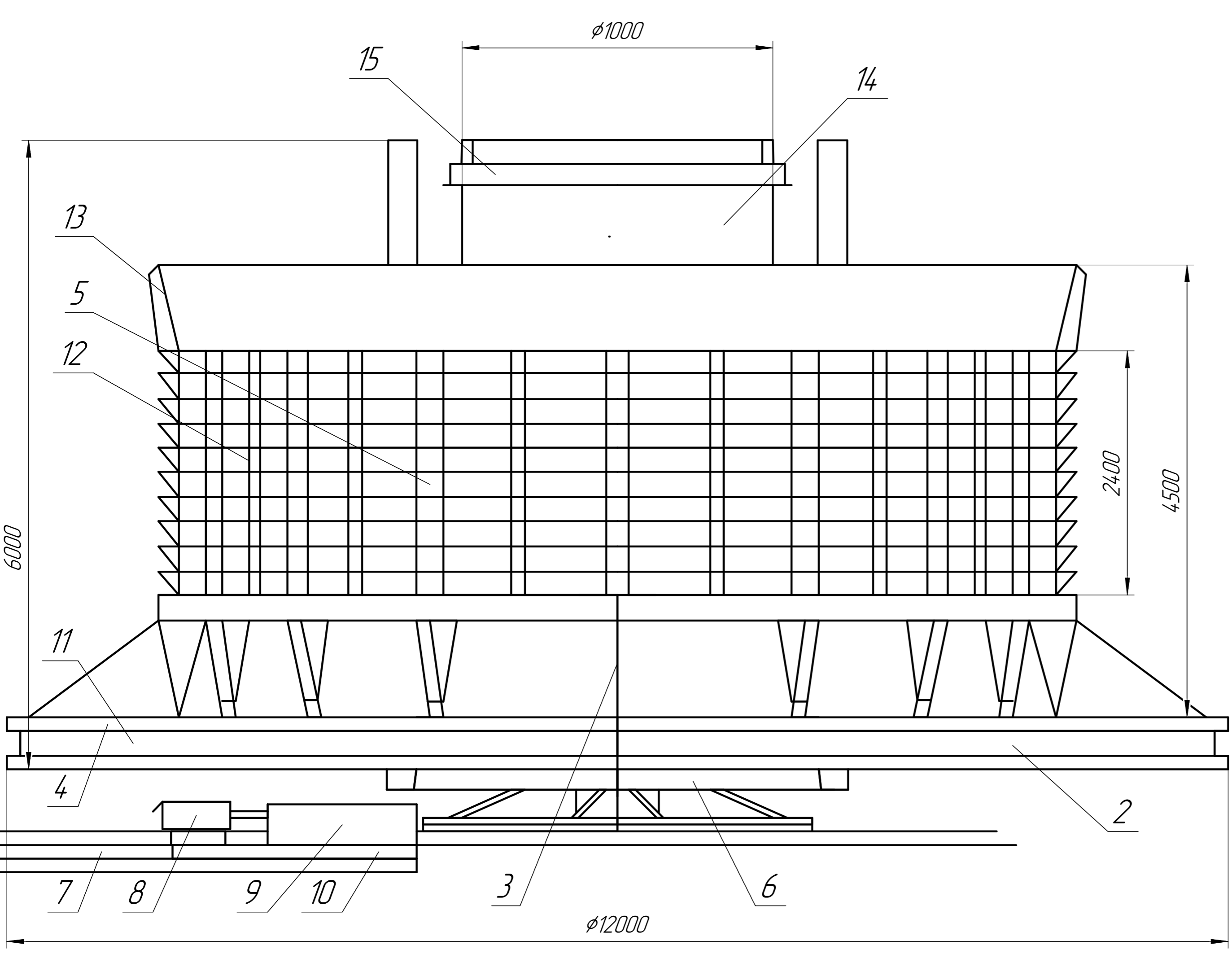
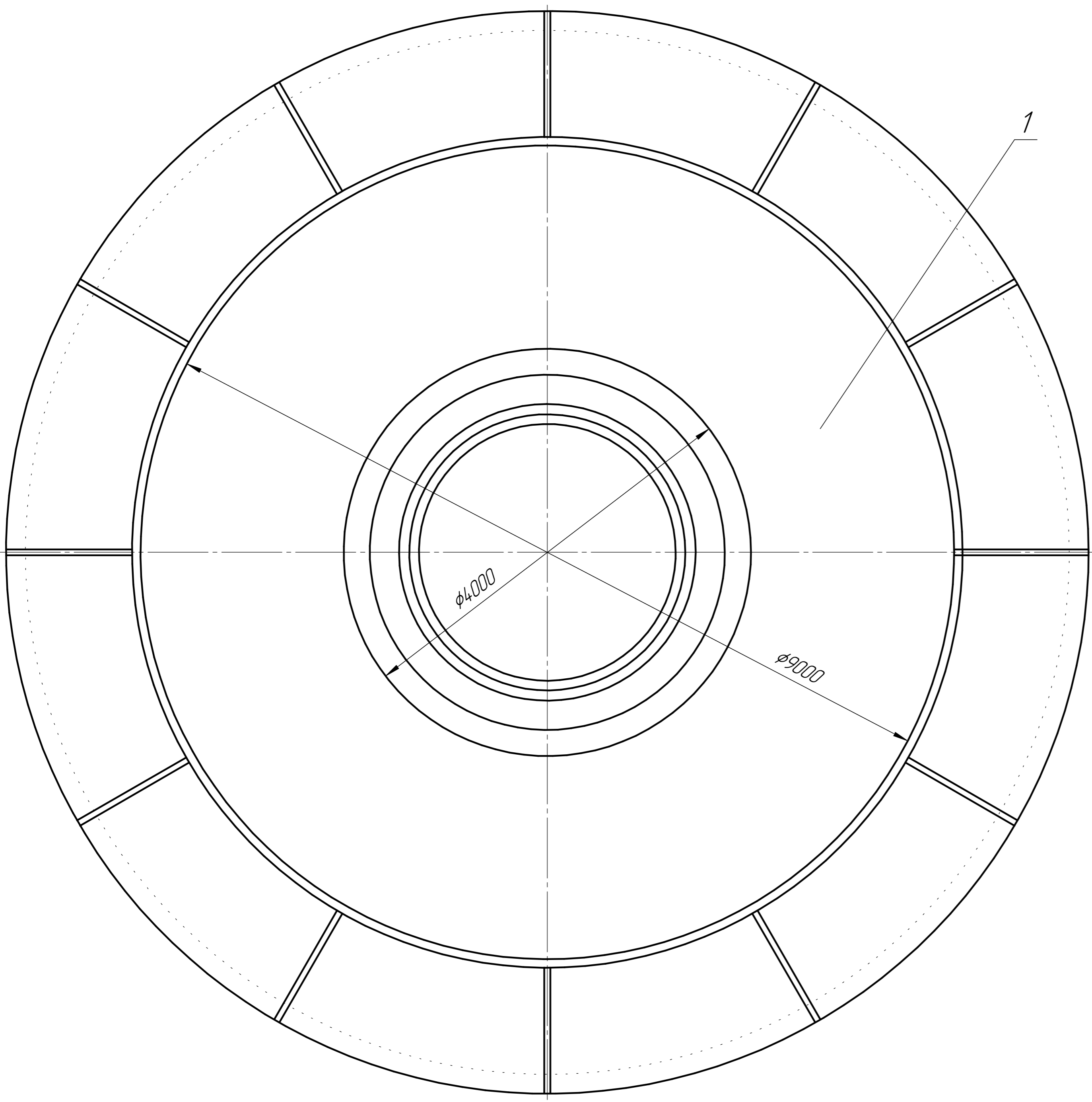
Лист 2 Листів 9
МОНУ ЗНУ ІННІ
ПЕОП 8.1830-1д
Формат А1



Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
1	МД2.031036.101	Головна частина	6	
2	МД2.031036.102	Вузол завантаження	6	
3	МД2.031036.103	Вузол вивантаження	6	
4	МД2.031036.104	Екстакстер 6500, 11-4	6	
5	МД2.031036.105	Кран	12	G=15т
6	МД2.031036.106	Ручна кранбалка	6	G=5т
7	МД2.031036.107	Конвеєр колектору	6	
8	МД2.031036.108	Автоматичний скіпний візок	12	
9	МД2.031036.109	Таль електрична	12	G=5т
10	МД2.031036.110	Кран мостовий	1	G=16/32
11	МД2.031036.111	Циклон	12	φ4.200
12	МД2.031036.112	Труба Вентурі	12	
13	МД2.031036.113	Кранлевловлювач	12	φ3600
14	МД2.031036.114	Бак-гідрозатвор	12	
15	МД2.031036.115	Укриття агломашини	6	
16	МД2.031036.116	Укриття відрагхота	6	
17	МД2.031036.117	Укриття перекидного желоба	6	
18	МД2.031036.118	Бункер під грохотом	6	
19	МД2.031036.119	Витяжна труба від горна	6	
20	МД2.031036.120	Барабан охолодження здарту	6	
21	МД2.031036.121	Конвеєр холостої гілки	6	
22	МД2.031036.122	Колектор	2	
23	МД2.031036.123	Електрофільтр	4	
24	МД2.031036.124	Димосос	2	
25	МД2.031036.125	Димова труба	1	

				ІНН.Д2.83-20.003 ЗВ			
Ізм.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Проект системи очищення хвостових газів агломерационних машин з утилізацією тепла	Лист	Масштаб
Розроб.	Длина					3	9
Проб.	Коженякін						
Т.контр.	Коженякін						
Н.контр.	Рижкоб				Астирація хвостової частини агломашини	МОНУ ЗНУ ІННІ ПЕОП 8.1830-1д	
Утв.	Коженякін				Копірабел	Формат А1	

Лист № 3
Лист № 4
Лист № 5
Лист № 6
Лист № 7
Лист № 8
Лист № 9
Лист № 10
Лист № 11
Лист № 12
Лист № 13
Лист № 14
Лист № 15
Лист № 16
Лист № 17
Лист № 18
Лист № 19
Лист № 20
Лист № 21
Лист № 22
Лист № 23
Лист № 24
Лист № 25

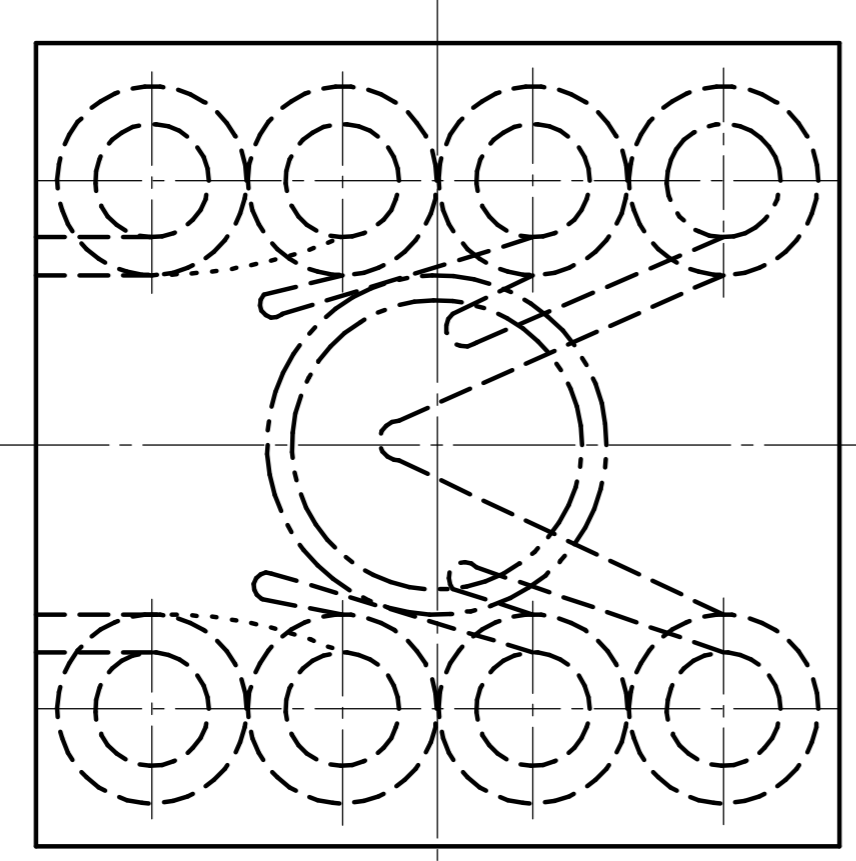
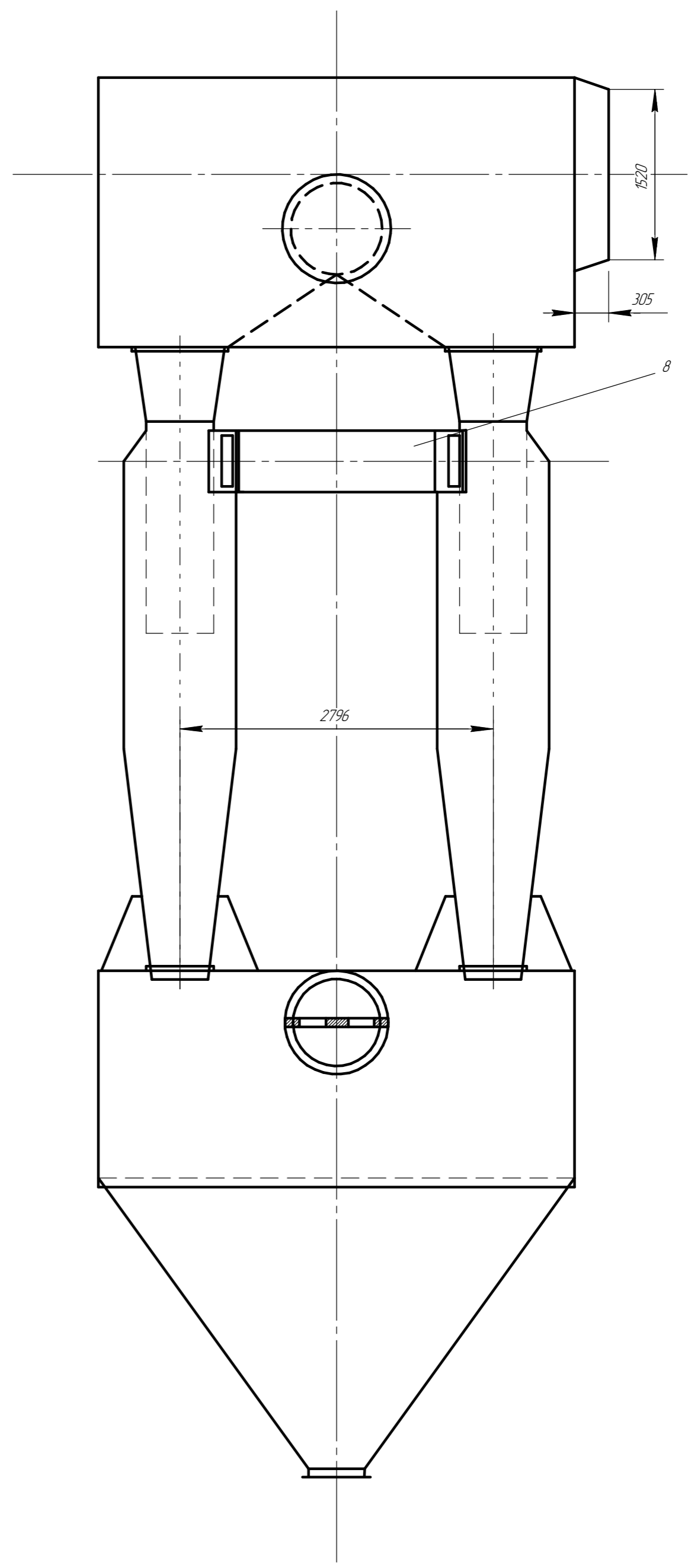
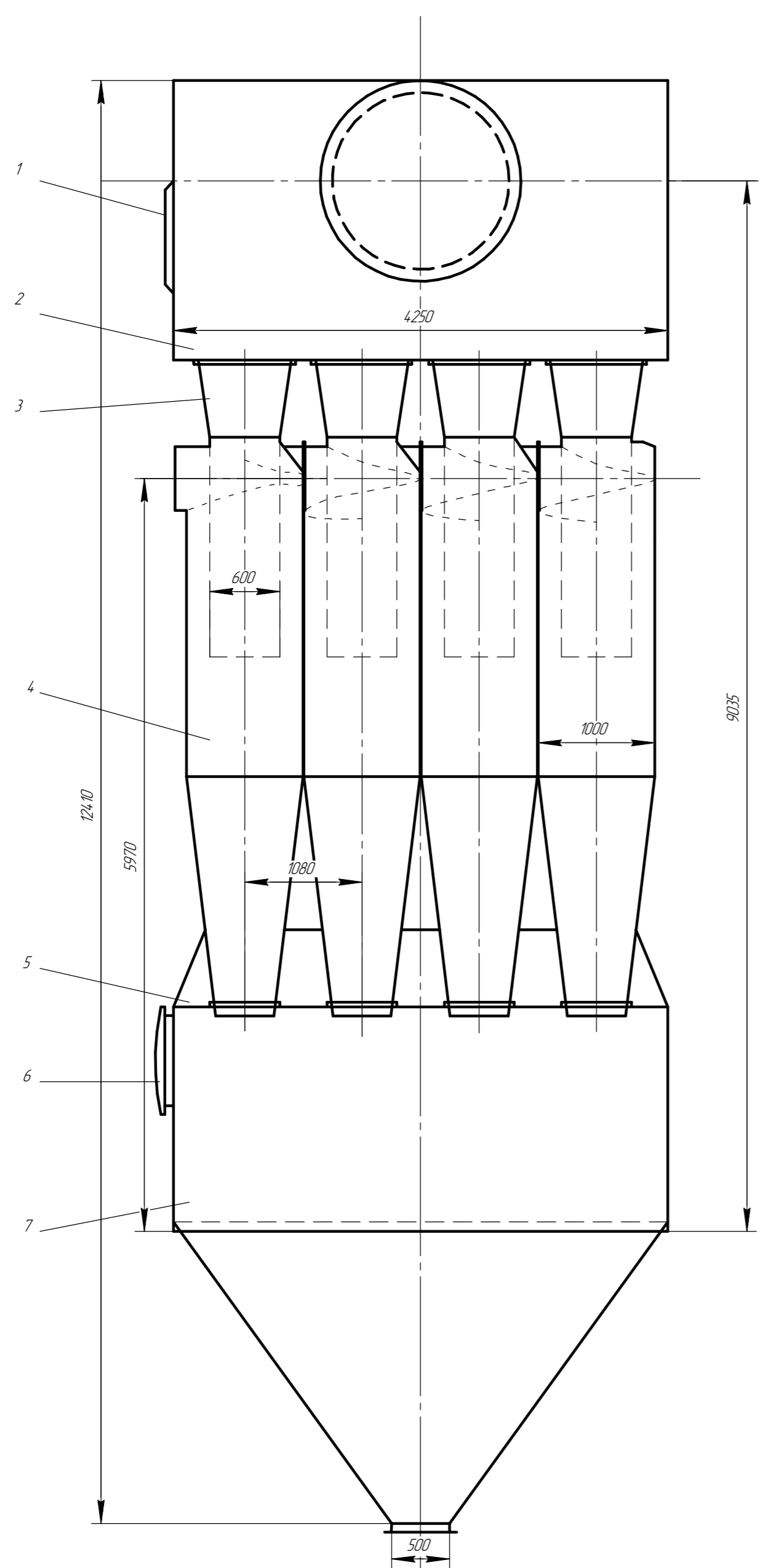


Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
1	МД2.031036.101	Бункер	12	
2	МД2.031036.102	Радіальна балка	14	
3	МД2.031036.103	Центральна опора	1	
4	МД2.031036.104	Корпус	1	
5	МД2.031036.105	Тяга	8	
6	МД2.031036.106	Вінець	1	
7	МД2.031036.107	Направляюча	6	
8	МД2.031036.108	Електродвигун	1	
9	МД2.031036.109	Редуктор	1	
10	МД2.031036.110	Висувна рама	1	
11	МД2.031036.111	Бункер	8	
12	МД2.031036.112	Конус	1	
13	МД2.031036.113	Купол	1	
14	МД2.031036.114	Патрубок	1	
15	МД2.031036.115	Ущільнення	1	
16	МД2.031036.116	Розвантажувальний ніж	1	

ІННІ.Д2.83-20.005 СБ

Ізв.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Проект системи очищення хвостових газів агрегаційних машин з утилізацією тепла	Лист	Маса	Масштаб
Розр.	Длина					5		1:100
Проб.	Кожем'якін					Лист		Листів
Т.контр.	Кожем'якін					9		
І.контр.	Рижкоб				Чашовий охолоджувач 04-8		МОНУ ЗНУ ІННІ ПЕОП 8.1830-1а	
Утв.	Кожем'якін				Копирабал		Формат А1	

Лист № 5
Листів 9
ІННІ.Д2.83-20.005 СБ



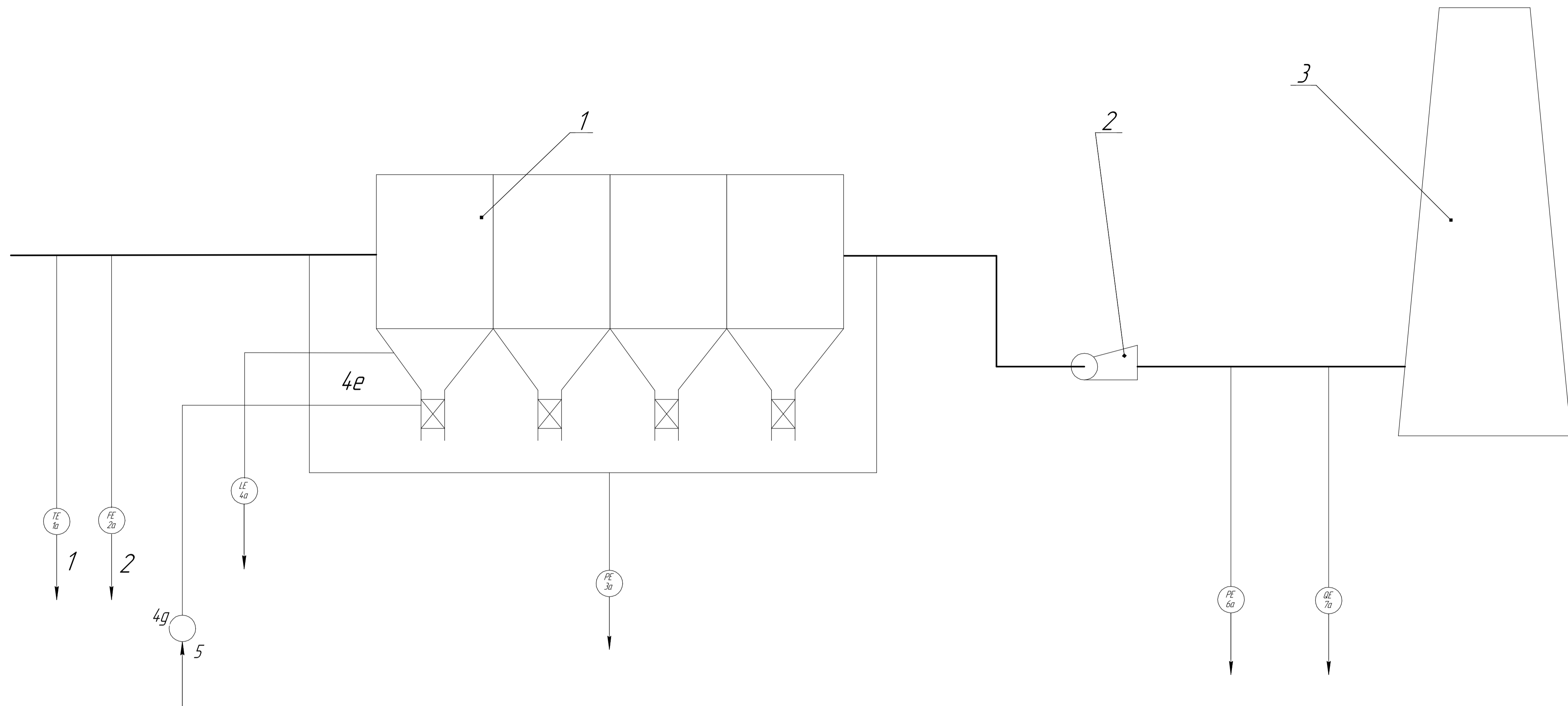
- Технічна характеристика :
1. Продуктивність 55 тис.м³/год
 2. Температура газу 250 °С
 3. Максимальний тиск 10 кПа
 4. Запиленість 4 г/м³
 5. Разрідження на вході 2,7 кПа

Лист № 1
Лист № 2
Лист № 3
Лист № 4
Лист № 5
Лист № 6
Лист № 7
Лист № 8
Лист № 9
Лист № 10
Лист № 11
Лист № 12
Лист № 13
Лист № 14
Лист № 15
Лист № 16
Лист № 17
Лист № 18
Лист № 19
Лист № 20
Лист № 21
Лист № 22
Лист № 23
Лист № 24
Лист № 25
Лист № 26
Лист № 27
Лист № 28
Лист № 29
Лист № 30
Лист № 31
Лист № 32
Лист № 33
Лист № 34
Лист № 35
Лист № 36
Лист № 37
Лист № 38
Лист № 39
Лист № 40
Лист № 41
Лист № 42
Лист № 43
Лист № 44
Лист № 45
Лист № 46
Лист № 47
Лист № 48
Лист № 49
Лист № 50
Лист № 51
Лист № 52
Лист № 53
Лист № 54
Лист № 55
Лист № 56
Лист № 57
Лист № 58
Лист № 59
Лист № 60
Лист № 61
Лист № 62
Лист № 63
Лист № 64
Лист № 65
Лист № 66
Лист № 67
Лист № 68
Лист № 69
Лист № 70
Лист № 71
Лист № 72
Лист № 73
Лист № 74
Лист № 75
Лист № 76
Лист № 77
Лист № 78
Лист № 79
Лист № 80
Лист № 81
Лист № 82
Лист № 83
Лист № 84
Лист № 85
Лист № 86
Лист № 87
Лист № 88
Лист № 89
Лист № 90
Лист № 91
Лист № 92
Лист № 93
Лист № 94
Лист № 95
Лист № 96
Лист № 97
Лист № 98
Лист № 99
Лист № 100

№	Знач.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
1			Заглишка	1	
2			Збірник чистого газу	1	
3			Кільцевий дифузор	8	
4			Циклон	8	
5			Косинка	2	
6			Лок	1	
7			Бункер	1	
8			Коллектор входу газу	1	

ІННІ.Д2.83-20.006 СБ

Ізм.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Проект системи очищення хвостових газів агломераційних машин з утилізацією тепла	Лит.	Маса	Масштаб
Розроб.	Духіна							1:40
Проб.	Кожем'якін					Лист 6	Листов 9	
Т.контр.	Кожем'якін					МОНУ ЗНУ ІННІ ПЕОП 8.1830-1а		
І.контр.	Рижков				Циклон ЦН-15-1000х8			Формат А1
Утв.	Кожем'якін				Копірабат			



1 – електрофільтр
2 – дымосос
3 – дымовая труба

	1	2	3	4	5	6	7
Прибори по місцю		PI 2b			NS 4z		
Прибори на щиті	TE 1a	PI 2b	PT 3b	I/A 4b IC 4b		PT 6b	PT 7b
Сигналізація				HL 1			
Параметр	Температура	Расход газів	Розрідження газу	Рівень пилу в бункері	Тиск газів	Запиленість	

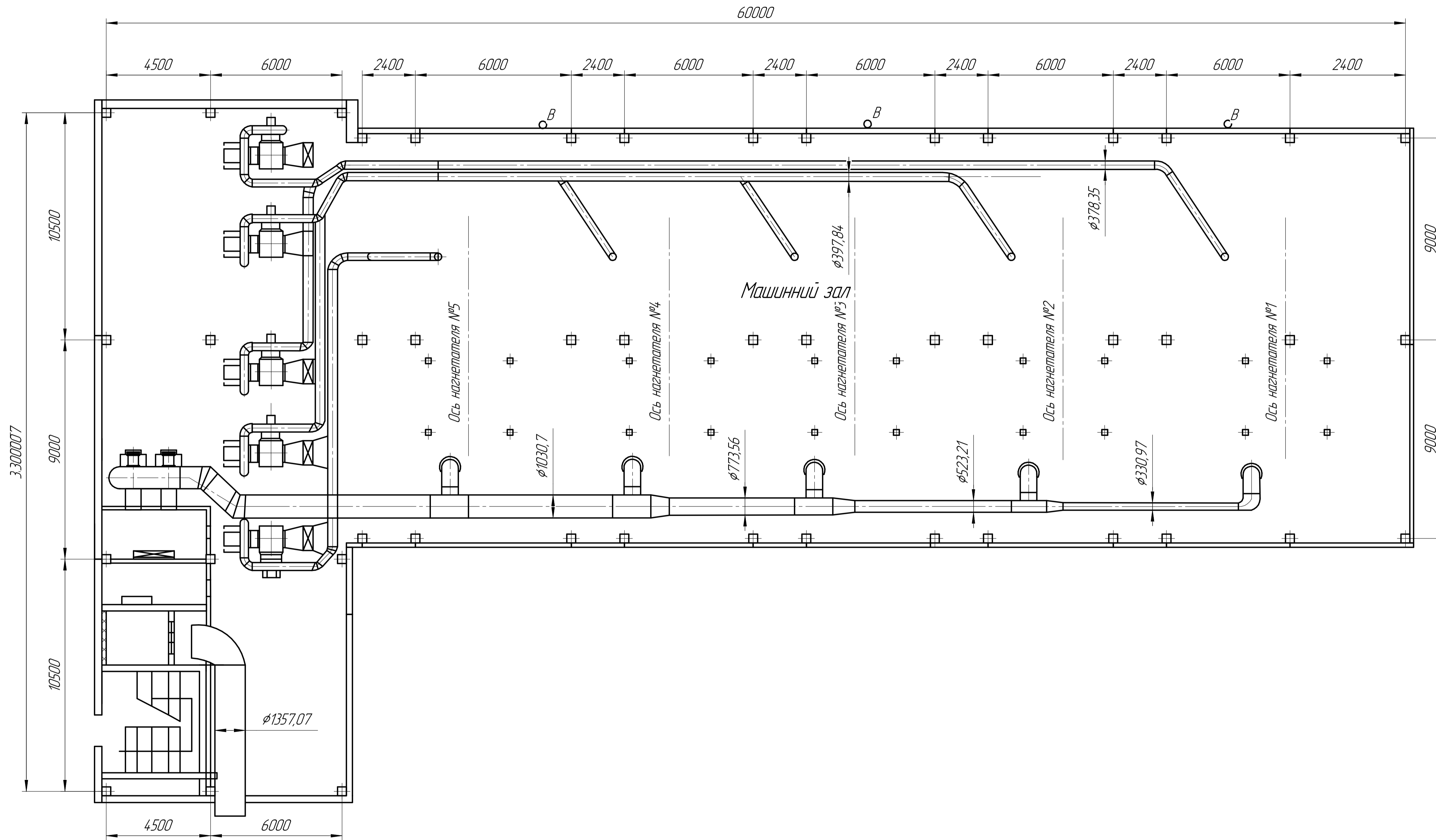
Поз.	Найменування	Тип	Кіл.	Примітка
1a	Термопара	ТХК-1087	1	
1b	Вторинний вимірювальний прибор	Диск - 250-1121	1	
2a	Діафрагма		1	
2b	Первичний измерительный прибор	Сапфир - 22ДД	1	
2b	Вторинний вимірювальний прибор	РП - 160-09Т	1	
3a	Первичний измерительный прибор	Сапфир - 22ДВ	1	
3b	Вторинний вимірювальний прибор	КПУ - 1	1	
4a	Датчик рівня	ЭХО - 3	1	
4b	Первичний измерительный прибор	ЭП - 8007	1	
4b	Сигналізатор рівня	СУС	1	
4z	Пускатель	ПБР - 2М	1	
4d	Виконавчий механізм	МЭО - 16	1	
4e	Регулюючий орган	Дроссель	1	
6a	Первичний измерительный прибор	Сапфир - 22ДА	1	
6b	Вторинний вимірювальний прибор	РП - 160 - 09Т	1	
7a	Пиломір	ПК - 4	1	
7b	Вторинний вимірювальний прибор	РП - 160 - 09Т	1	

Лист № 1
Лист № 2
Лист № 3
Лист № 4
Лист № 5
Лист № 6
Лист № 7
Лист № 8
Лист № 9

ІННІ.Д2.83-20.007 СХ

Взм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Проект системи очищення хвостових газів агломераційних машин з утилізацією тепла	Лист	Масштаб
Разр.	Длина					Лист	Масштаб
Проб.	Кожмякін					Лист	Масштаб
Т.контр.	Кожмякін					Лист	Масштаб
Исполн.	Рижкоб				Функционально схема автоматизации газочисточной установки	Лист	Масштаб
Утв.	Кожмякін				МОНУ ЗНУ ІННІ	Лист	Масштаб
					Копиробал	Лист	Масштаб
					Формат А1		

План розположення вентиляційного обладнання машинного зала



				ІНН.Д2.53-20.008 ЗВ		
Ізм.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Проект системи очищення	
Разр.	Духина				хвостових газів агрегаційних	
Проб.	Кожелякін				машин з утилізацією тепла	
Т.контр.	Кожелякін				Лист 8	Листов 9
Інж.пр.	Рижко				МОНУ ЗНУ ІНН	
Утв.	Кожелякін				ПЕОП 8.1830-1а	
					Формат А1	

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

<i>Показники</i>	<i>Один. виміру</i>	<i>Зна- чення</i>
<i>Річна продуктивність:</i>		
- <i>аспіраційна система</i>	<i>млн. м³</i>	<i>1209,6</i>
- <i>система охолодження агломерату</i>		<i>844,2</i>
<i>Початкова запиленість:</i>		
- <i>аспіраційна система</i>	<i>г/нм³</i>	<i>1,0</i>
- <i>система охолодження агломерату</i>		<i>1,8</i>
<i>Кінцева запиленість:</i>		
- <i>аспірації на система</i>	<i>г/нм³</i>	<i>0,015</i>
- <i>система охолодження агломерату</i>		<i>0,331</i>
<i>Капітальні вкладення на очищення газу:</i>		
- <i>аспіраційна система</i>	<i>грн.</i>	<i>2,73</i>
- <i>система охолодження агломерату</i>	<i>1000 м³</i>	<i>8,53</i>
<i>Експлуатаційні витрати на очищення:</i>		
- <i>аспіраційна система</i>	<i>грн.</i>	<i>7,94</i>
- <i>система охолодження агломерату</i>	<i>1000 м³</i>	<i>9,76</i>
<i>Річна економія на паливі шихти</i>	<i>тис. грн</i>	<i>107,5</i>
<i>Річна економія на екологічному податку</i>	<i>тис. грн</i>	<i>202,2</i>
<i>Річна економія на рудному концентраті</i>	<i>тис. грн</i>	<i>3097,9</i>
<i>Термін окупності витрат</i>	<i>рік</i>	<i>3,8</i>
<i>Розрахунковий коефіцієнт ефективності</i>	<i>грн (грн·рік)</i>	<i>0,26</i>

				ІННІ.Д2.83-20.009		
Изм./Лист	№ док.	Подп.	Дата	Проект системи очищення хвостових газів агломераційних машин з утилізацією тепла	Лист	Масштаб
Разраб.	Длина					
Проб.	Кожем'якін				Лист 9	Листов 9
Т.контр.	Кожем'якін				МОНУ ЗНУ ІННІ ЛЕОП 8.1830-1В	
И.контр.	Рижков			Техніко-економічні показники		
Утв.	Кожем'якін			Копіював		Формат А1

Вид № 1001
 Лист № 1
 Дата
 Взам. інв. №
 Інв. № 0101
 Лист № 1
 Стор. № 1
 Перв. примірник