

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ ІНСТИТУТ

ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

Кафедра прикладної екології та охорони праці
(повна назва кафедри)

КОМПЛЕКСНИЙ КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЕКТ
«Проект схеми комплексного очищення викидів
агломераційного виробництва з утилізацією тепла
та рециркуляцією технологічних газів»

магістерський
(рівень вищої освіти)

на тему Проект схеми сухого очищення технологічних викидів
з рециркуляцією газу

Виконав: студент 2 курсу, групи ЗНС-18-1мз
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)

В.Ю. Дубровський
(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. Цимбал В.А.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ ІНСТИТУТ

Факультет будівництва та цивільної інженерії

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

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ/ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Дубровському В'ячеславу Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

- 1 Тема роботи (проекту) Проект схеми сухого очищення технологічних викидів з рециркуляцією газу
керівник роботи доц., к.т.н. Кожемякін Геннадій Борисович,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від « 10 » вересня 2019 року № 1543-С
- 2 Строк подання студентом роботи 28 грудня 2019р
- 3 Вихідні дані до роботи Витрата технологічних газів-150 тис нм³/год.
Початковий вміст пилу- 6,0 г/м³, Температура газів-200°С,
- 4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Технологія виробництва агломерату. Джерела утворення технологічних викидів агломераційного виробництва. Теплові ресурси агловиробництва. Обґрунтування способу очистки технологічних газів. Розрахунок споруджень ситемочистки технологічних. 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

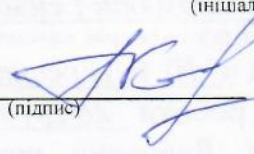
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	зав.каф. Кожемякін Г.Б.		
2	зав.каф. Кожемякін Г.Б.		
3	зав.каф. Кожемякін Г.Б.		
4	зав.каф. Кожемякін Г.Б.		

7 Дата видачі завдання 02.09.2019

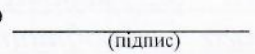
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Загальна частина	09.2019-10.2019	
	Спеціальна частина	10.2019-11.2019	
	Охорона праці	11.2019	
	Організаційно-економічна частина	11.2019	
	Креслення	12.2019	

Студент  Дубровський В.Ю.
(підпис) (ініціали та прізвище)

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

Нормоконтроль пройдено

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

Анотація

Дубровський В.Ю. Кваліфікаційний проект: «Проект схеми комплексного очищення викидів агломераційного виробництва з утилізацією тепла та рециркуляцією технологічних газів».

Кваліфікаційний проект для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища», науковий керівник Г.Б. Кожемякін. Запорізький національний університет. Факультет будівництва та цивільної інженерії, кафедра промислової екології та охорони праці, 2020.

Проведено аналіз існуючих методів та способів очистки технологічних газів агломераційного виробництва. Розроблена суха схема очистки технологічних газів в електрофільтрах з частковою рециркуляцією очищених від пилу газів під укриття агломашини.

Виконано вибір та розрахунок усіх основних газоочисних апаратів та допоміжного обладнання.

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

Розроблена структура управління та організація робіт на ділянці газоочистки. Розраховані основні техніко-економічні показники. Термін окупності капітальних витрат складає 4.1 роки.

Ключові слова: ГАЗООЧИСТКА, ПИЛ, АГЛОМАШИНА, АГЛОЦЕХ, ЧАШОВИЙ ОКОМКОВУВАЧ, ЕЛЕКТРОФІЛЬТР, РЕЦИРКУЛЯЦІЯ ГАЗІВ.

Аннотация

Дубровский В.Ю. Квалификационный проект: «Проект схемы комплексной очистки выбросов агломерационного производства с утилизацией тепла и рециркуляцией технологических газов».

Квалификационный проект для получения степени высшего образования магистра по специальности 183 «Технологии защиты окружающей среды», научный руководитель Г.Б. Кожемякин. Запорожский национальный университет. Факультет строительства и гражданской инженерии, кафедра экологии и охраны труда, в 2020.

Проведен анализ существующих методов и способов очистки технологических газов агломерационного производства. Разработана сухая схема очистки технологических газов в электрофильтрах с частичной рециркуляцией очищенных от пыли газов под укрытие агломашины.

Выполнен выбор и расчет всех основных газоочистных аппаратов и вспомогательного оборудования.

Проведен анализ основных вредных и опасных факторов производственной среды в агломерационном производстве и разработаны мероприятия по их устранению.

Разработана структура управления и организация работ на участке газоочистки. Рассчитаны основные технико-экономические показатели. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 4.1 года.

Ключевые слова: ГАЗООЧИСТКА, ПЫЛЬ, АГЛОМАШИНА, АГЛОЦЕХ, ЧАШЕВЫЙ ОКОМКОВАТЕЛЬ, ЭЛЕКТРОФИЛЬТР, РЕЦИРКУЛЯЦИИ ГАЗОВ.

Annotation

Dubrovsky V.Y. Qualification project: "Draft of a scheme for the comprehensive cleaning of emissions from sinter production with heat recovery and recycling of process gases."

Qualification project for obtaining a master's degree in specialty 183 "Environmental Protection Technologies", supervisor G. B. Kozhemyakin. Zaporizhzhya National University. Faculty of Construction and Civil Engineering, Department of Ecology and Labor Protection, in 2020.

The analysis of existing methods and methods of purification of process gases of sinter production. A dry process gas purification scheme has been developed in electrostatic precipitators with partial recirculation of dust-free gases under a sintering machine shelter.

The selection and calculation of all the main gas cleaning apparatus and auxiliary equipment has been completed.

The analysis of the main harmful and dangerous factors of the working environment in the sintering industry is carried out and measures have been developed to eliminate them.

The management structure and organization of work at the gas purification section have been developed. The main technical and economic indicators are calculated. The payback period for capital costs is 4.1 years.

Key words: GAS CLEANING, DUST, SINTERING MACHINE, SINTER PLANT, DISC PELLETIZER, ELECTROSTATIC PRECIPITATOR, GAS RECIRCULATION.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційний проект: 98 с., 4 розд., 32 табл., 12 рис., 34 джерела.

ГАЗООЧИСТКА, ПИЛ, АГЛОМАШИНА, АГЛОЦЕХ, ЧАШОВИЙ
ОКОМКОВУВАЧ, ЕЛЕКТРОФІЛЬТР, РЕЦИРКУЛЯЦІЯ ГАЗІВ.

Об'єкт проектування – установка очищення технологічних газів агломашины з рециркуляцією газу.

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

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

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

Розроблена схема підготовки дрібнодисперсного пилю до утилізації

У розділі охорона праці розроблені заходи по техніці безпеки, промислової санітарії, електробезпеки та протипожежної безпеки. Розроблена схема евакуації персоналу при виникненні надзвичайної ситуації.

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	7
1.1	Влаштування та вантажопотік агломераційного цеху	7
1.2	Конструкція агломераційної машини	10
1.3	Опис головної будівлі агломераційного цеху	16
1.4	Характеристика технологічного процесу	17
1.5	Хімічні процеси та мінералогічні перетворення при агломерації залізорудних матеріалів	22
1.5.1	Процеси ,що протікають у твердих фазах (в інтервалі 500...1100°C)	22
1.5.3	Процеси ,що протікають при плавленні шихти й кристалізації агломерату	25
1.6	Загальна характеристика викидів агломераційного виробництва	26
1.7	Утилізація тепла в процесі спікання	32
1.7.1	Часткова утилізація газів, що відходять	32
1.7.2	Часткова утилізація газів, що відходять, від усієї агломераційної стрічки	34
1.7.3	Утилізація газів, що відходять, від усієї агломераційної стрічки у поєднанні з теплообміном	38
1.7.4	Утилізація частин газів, що відходять, для різних частин агломераційної стрічки	42
2	СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	46
2.1	Розрахунок електрофільтру	46
2.2	Аеродинамічний розрахунок газового тракту системи газоочистки	51
2.3	Вибір ексгаустера	52
2.4	Виробництво окатишів з вловленого пилу	52
2.5	Розрахунок агломераційної шихти	55
3	ОХОРОНА ПРАЦІ	63
3.1	Аналіз потенційних шкідливих чинників виробничого середовища	63
3.2	Безпека технологічних процесів і устаткування	67
3.3	Гігієна праці і виробнича санітарія	71

3.3.1	Характеристика технологічного процесу агломераційного цеху з гігієнічної точки зору	71
3.3.2	Об'ємно - планувальні рішення будівель і споруджень агломераційного цеху	72
3.3.3	Опалювання і вентиляція	73
3.3.4	Освітлення	74
3.3.5	Розробка заходів захисту від шуму виробничого середовища	76
3.4	Електробезпека в умовах агломераційного виробництва	77
3.4.1	Аналіз небезпеки поразки струмом в електричних мережах агломераційного виробництва	77
3.4.2	Обґрунтування вибору засобів захисту від електричного струму	78
3.5	Пожежна безпека	79
3.6.1	Оцінка пожаро- і вибухонебезпеки агломераційного виробництва	79
3.6.2	Визначення категорії пожежної небезпеки агломераційного виробництва	79
3.6.3	Визначення категорії вогнестійкості будівельних конструкцій будівлі аглофабрики	80
3.6.4	Евакуація людей з будівлі, що горить	81
3.6.5	Пожежна безпека при експлуатації електроустаткування	81
3.6.6	Протипожежні заходи	82
3.6.7	Способи і засоби гасіння пожежі	83
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО - ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	85
4.1	Організація роботи на ділянці очищення газів	85
4.2	Планування виробничої програми	86
4.3	Розрахунок штатної чисельності та фонду оплати праці основних робітників	87
4.4	Розрахунок капітальних вкладень	89
4.5	Розрахунок експлуатаційних витрат	91
4.6	Визначення основних техніко-економічних показників	94
	ВИСНОВКИ	95
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	96

ВСТУП

Агломерація є заключною операцією в комплексі заходів щодо підготовки залізних руд до доменної плавки. Головна мета цієї операції полягає в тому, щоб перетворити дрібний рудний концентрат у більші шматки – агломерат, використання якого в доменній плавці забезпечує формування шару шихти гарної газопроникності, що є неодмінною умовою високопродуктивної роботи доменної печі.

Доменна плавка високої інтенсивності можлива при великій кількості коксу, що згорає в горні доменної печі, що, з одного боку, веде до виділення великої кількості тепла, а з іншого – до утворення в нижній частині печі вільного простору (завдяки газифікації твердого коксу), куди спускається стовп доменної шихти. Гарна газопроникність шихти потрібна для того, щоб великий обсяг газів, що утворюються при горінні коксу, устигав проходити через міжкускові канали шару при відносно невеликих перепадах тиску газу між горном і колошником (150-200 кПа на висоті шару шихти 20-25 м).

Концентрати, що виходять у цей час при збагаченні залізних руд, представлені частками 0,1 мм і менше. Такі дрібні рудні матеріали непридатні для безпосереднього використання в плавці. Стовп шихти висотою 20 м, складений із часток такої крупності, практично непроникний для газу. А якщо подібні пилоподібні частки й попадають у піч, то вже при швидкості 0,5 м/с виносяться з неї потоком висхідного газу.

Оптимальні розміри шматків шихти становлять 20-40 мм, що задовольняє як вимогам газодинаміки доменної плавки, так і умовам високої швидкості теплопередачі між газом й шихтою і інтенсивному розвитку гетерогенних процесів відновлення оксидів заліза.

Із трьох можливих способів огрудкування (брикетування, агломерації; виробництва окатишів) найпоширеніша агломерація, що володіє істотними перевагами перед двома іншими.

Поряд з огрудкуванням, як головною метою при агломерації, що протікає при відносно високих температурах (1300-1400°C), ідуть і інші фізико-хімічні процеси, що поліпшують якість залізорудної сировини:

- розкладання гідратних і карбонатних сполук;
- видалення з руд більшої частини сірки (окисленням до SO_2 і SO_3).

Агломерація дозволяє втягнути в металургійну переробку відходи інших виробництв ,що містять підвищену кількість заліза: окалину прокатних цехів, колошниковий пил доменного цеху, конверторний шлам і ін.

Агломераційне виробництво є одним з основних джерел забруднення повітряного басейну. Пилоутворення починається з моменту надходження сирих матеріалів на завод, під час вивантаження їх, перевантаження і транспортуванні, підготовці шихти або окатишів до спікання. При спіканні аглошихти утворюється також велика кількість газів, до складу яких входять шкідливі речовини - сірчистий ангідрид і окис вуглецю, що викидаються в атмосферу з технологічними газами.

Процес спікання супроводжується значним виділенням газу, що утворюється в результаті вигорання вуглецю і сірки, що містяться в шихті. Агломераційний газ забирає з собою пил шихти. Вміст окремих компонентів в газовій суміші залежить від кількості сірки в руді, витрати палива, а також від технологічних параметрів процесу отримання агломерату. Тому концентрація окремих компонентів газу, а також його запиленість і дисперсний склад пилу на аглофабриках можуть бути різними.

З метою зменшення надходження пилу і шкідливих газів у атмосферне повітря з технологічними газами влаштовують високоефективні системи очистки.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Влаштування та вантажопотік агломераційного цеху

Сучасна аглофабрика являє собою складний комплекс споруджень механізмів і машин що забезпечують підготовку руд і концентратів до спікання власне агломерацію й обробку готового агломерату.

До основних і допоміжних відділень агломераційної фабрики відносять:

1. Вагоноперекидачі й прийомні бункера
2. Склад усереднення
3. Корпус дроблення й здрібнювання палива
4. Корпус дроблення здрібнювання й сортування флюсів
5. Відділення шихтових бункерів
6. Корпус змішування й грудкування
7. Спікальне відділення з агломашинами
8. Відділення охолодження й сортування агломерату
9. Газоочисні спорудження
10. Корпус ексгаустерів(нагнітачів).

Компоненти аглошихти надходять на агломераційну фабрику залізничним транспортом і розвантажуються в бункери звідки системою конвеєрів подаються на склади усереднення. Для захисту від опадів над бункерами споруджують будівлю легкого типу. Прийомні бункери на агломераційних фабриках розбиті на 3 групи: одна для руди й концентратів інша для палива й добавок третя для флюсів (вапняку) [1].

Розвантаження матеріалів з хоперів і гондол проводиться шляхом відкриття люків.

Шихтове відділення – це самостійна ділянка агломераційної фабрики де проводиться складання шихти тобто видача підготовлених до спікання компонентів у заданому співвідношенні відповідно до необхідної якості агломерату й наявності вихідної сировини. Крім того шихтові бункери забезпечують деякий запас шихти.

Шихтове відділення розташовується в окремому будинку (рис.1.1) у безпосередній близькості від корпусу спікання й складається із трьох ділянок:

- а) ділянка завантаження шихтових бункерів;
- б) ділянка шихтових бункерів;
- в) ділянка дозування компонентів шихти.

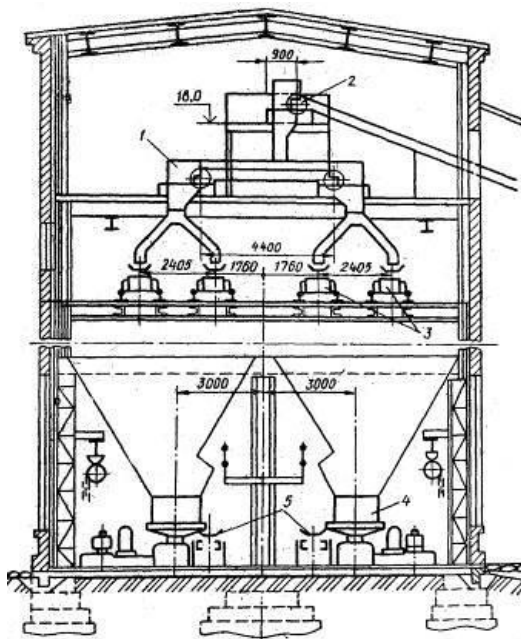


Рисунок 1.1 – Поперечний розріз шихтового відділення

У корпусі змішування й окомкування проводиться остаточна підготовка шихти.

Шихта у корпусі змішування (рис 1.2) надходить по конвеєру 3. Перед подачею в барабан-комкувач до неї додають зворот, який виділяється при сортуванні агломерату після спікання або, того що скопився під бункерами доменного цеху. Він подається пластинчатим конвеєром 5, розрахованим на транспортування гарячих матеріалів, у бункер і за допомогою електровібраційного живильника 4 уводиться в потік шихти. У барабані-змішувачі 1 шихта, змішується частково грудкується, потім подається на барабан-комкувач, а потім в корпус спікання.

Устаткування для виконання зазначених технологічних процесів має багато спільного. Так, для переміщення сипучих матеріалів застосовують стаціонарні

стрічкові конвеєри. Вони встановлюються як горизонтально, так і похило. Несипучим і тяговим органом конвеєра є гнучка замкнена стрічка (найчастіше гумова), що обгинає приводний й натяжний барабани.

Для транспортування гарячих матеріалів застосовуються конвеєри зі сталевною стрічкою або стрічкою, зібраної з окремих пластин (пластинчасті конвеєри).

Для рівномірної недозованої подачі матеріалів з бункерів на конвеєри застосовуються живильники, а для видачі з одночасним дозуванням по масі або за обсягом – дозатори різних типів. Найпоширеніші дискові, стрічкові й електровібраційні живильники. Дискові живильники й дозатори, що регулюють обсяг видаваного матеріалу найменш точні.

У корпусі спікання розташовуються агломераційні машини із дробарками, грохотами, системою газоочистки. Зокрема, первинна очистка газу відбувається в збірному газопроводі під вакуум-камерами. По всій довжині газопроводу внизу розташовані кишени, у яких збирається пил.

Охолодження агломерату здійснюються і відділенні охолодження.

Схема обладнання агломераційної фабрики представлена на рис.1.2. Бункера 3 для компонентів шихти заповнюються зверху через ґрати 2 реверсними стрічковим конвеєром 1. Бункер повернення заповнюється конвеєром 28. Дозування компонентів шихти на збірний конвеєр шихти 5 ведеться за допомогою вагових стрічкових дозаторів 4. Дозатор являє собою короткий стрічковий конвеєр, установлений під горловиною бункера.

Швидкість руху конвеєра визначає масу видаваного на збірний конвеєр компонента шихти. Ця швидкість може регулюватися із центрального пульта керування шихтовим відділення, тому що маса рами й конвеєра кожного дозатора й маса лежачої на конвеєрі руди фіксуються спеціальною ваговимірювальною системою, змонтованою на масдозах, що забезпечують точність зважування $\pm 2\%$. Змішування злегка зволоженої шихти здійснюється в обертовому барабанному змішувачі 6, потім шихта по конвеєрі 7 направляється до барабана-грудкувача 8. Змішана й обгрудкувана шихта з бункера 9 укладається живильником 30 на агломераційну стрічку 11. Попередньо живильником 29 на колосникові ґрати

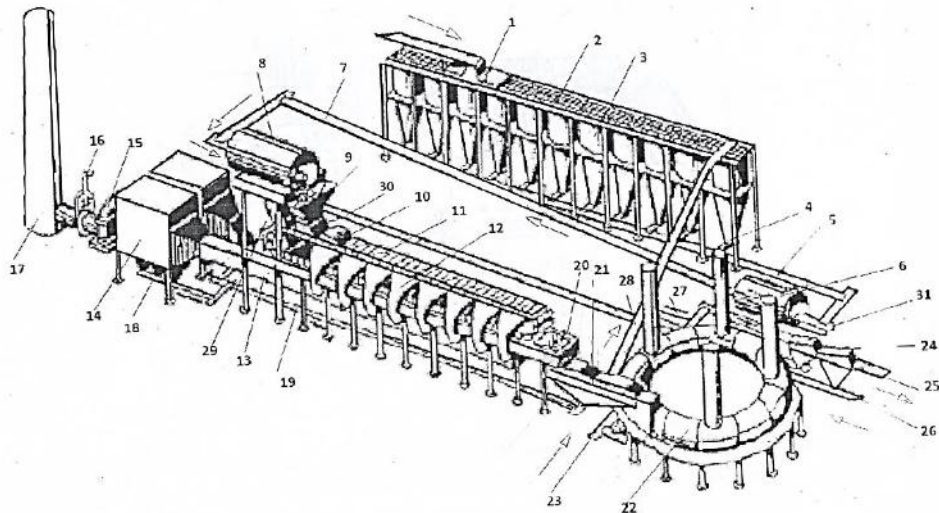
укладається постіль, яка подана до стрічки конвеєром 26. Палети із шихтою проходять над вакуум-камерами 12. Над головною частиною стрічки встановлений запальний горн 10. Вихідні гази по збірному газопроводу 13 підводять до пиловловлювачів 14. Для очистки відхідних газів від пилу в більшості випадків використовують комбіновану систему газоочистки. Це вирішує проблему захисту навколишнього середовища від викидів пилу й різко підвищує стійкість лопаток ротора ексгаустеру 15. Мж ексгаустером і димовою трубою 17 установлюють шибер 16, за допомогою якого може бути відрегульований режим роботи ексгаустеру. Відрегулювати вакуум у кожній вакуум-камері можна за допомогою спеціальних клапанів.

Готовий пиріг агломерату падає з палети у валкову дробарку 20, після чого на грохотах 21 від дробленого продукту відокремлюють гаряче повернення (не придатний агломерат). Придатний агломерат охолоджується 22 і далі конвеєром 23 направляється на грохоти 24 холодного агломерату. Після відділення постелі на грохоті 24 придатний агломерат конвеєром 25 транспортується в доменний цех, а не придатний конвеєрами 27 і 28 – у бункер повернення. До гарячого повернення з грохоту 21 і холодному поверненню з грохоту 31 додають пил і шлами газоочистки, а також просип (конвеєри 18, 19).

1.2 Конструкція агломераційної машини

Стрічкова (конвеєрна) агломераційна машина (рис. 1.3) являє собою замкнений ланцюг спічних візків-палет, що рухаються і переміщуються по рейках верхньої горизонтальної робочої гілки машини під дією зірочок 12 приводу, а по рейках нижньої похилої (2-3°) холостої гілки агломашини в переверненому положенні під дією горизонтальної складової власної ваги.

Захоплення палет з холостої гілки і транспортування їх на верхню робочу гілку агломашини також здійснюються за допомогою зірочок приводу. На сталевій рамі кожної палети монтується три ряди колосників. Таким чином, палета являє собою колосникові ґрати, що рухаються.



- 1 – стрічковий конвеєр; 2 – ґрати; 3 – бункер; 4 – електровібраційний живильник;
 5 – збірний конвеєр шихти; 6 – обертовий барабанний змішувач; 7 – конвеєр;
 8 – барабан-грудкувач; 9 – бункер; 10 – запальний горн;
 11 – агломераційна стрічка; 12 – вакуум-камери; 13 – збірний газопровід;
 14 – пиловловлювачі; 15 – ексгаустер; 16 – головний шибер; 17 – димова труба;
 18,19 – конвеєри; 20 – валкова дробарка; 21 – грохот; 22 – охолоджувачі;
 23 – конвеєр; 24 – грохоти; 25,26 – конвеєри;
 27,28 – конвеєри; бункер повернення; 29,30 – живильники; 31 – грохот

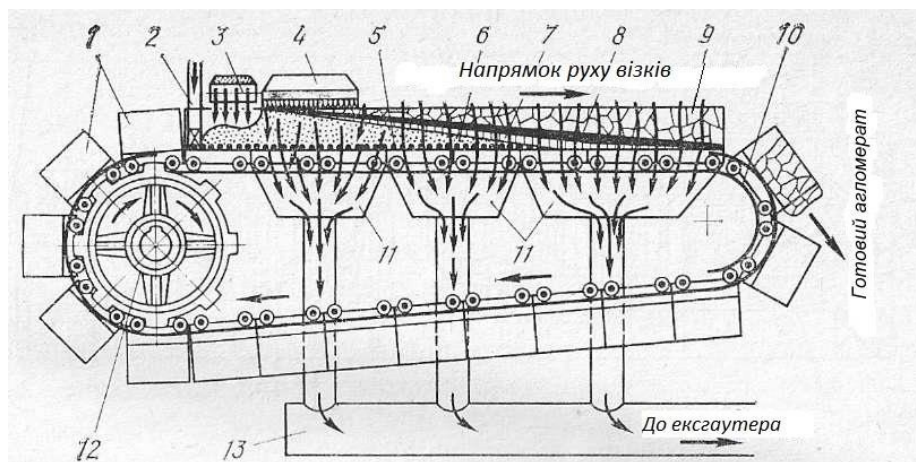
Рисунок 1.2 – Спрощена схема обладнання агломераційного цеху

Під час руху по робочій гілці палети проходять над вакуум-камерами 11, з'єднаними через збірний газопровід 13 з ексгаустером. Спеціальне ущільнення перешкоджає вибиванню повітря, у вакуум-камери через стик з палетами, що рухаються. Спікальні візки рухаються по робочій гілці агломераційної машини одна за іншою без розривів або зазорів. Вибивання повітря між візками у вакуум-камери виключається.

Таким чином, головна маса повітря повинна при русі палет над вакуум-камерами проходити через шар шихти, покладений на робочій гілці агломераційної машини. Укладання постелі 2 і шихти на палети, що рухаються, проводиться спеціальними живильниками 3. Запалювання шихти здійснюють за допомогою стаціонарного газового горна 4. Час перебування палети під горном становить близько 1 хв [2].

Теплота запалювання, розрахована на 1 м² поверхні шару, що спікається, становить 42–50,5 МДж/хв. З моменту початку запалювання шихти палета агломераційної машини перебуває над вакуум-камерами, у яких підтримується розрідження від 8 до 20 кПа. Під запальним горном зона горіння твердого палива перебуває в крайньому верхньому положенні. Під час руху палет зона горіння опускається вниз у напрямку до колосникових ґрат, проходячи весь шар, що спікається, за 10–12 хв. (залежно від висоти шару й вертикальної швидкості спікання).

1 – спікальні візки-палети; 2 – укладальник постелі;



3 – човниковий живильник стрічки; 4 – газований запальний горн; 5 – постіль;
6 – зона сирої шихти; 7 – зона сушіння й підігріву шихти;
8 – зона горіння твердого палива; 9 – зона готового агломерату;
10 – розвантажувальний кінець машини; 11 – вакуум-камери;
12 – провідна зірочка приводу стрічки; 13 – збірний газопровід

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

У той момент, коли зона горіння досягає шару постелі, палета входить у закруглення розвантажувальної частини стрічки, утворене ходовою рейкою й контррейкою, перекидається й 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 брили агломерату, що приварилися до металу колосників. Із цією метою безпосередньо за вакуум-камерами створюється розрив безперервного ланцюга візків, що

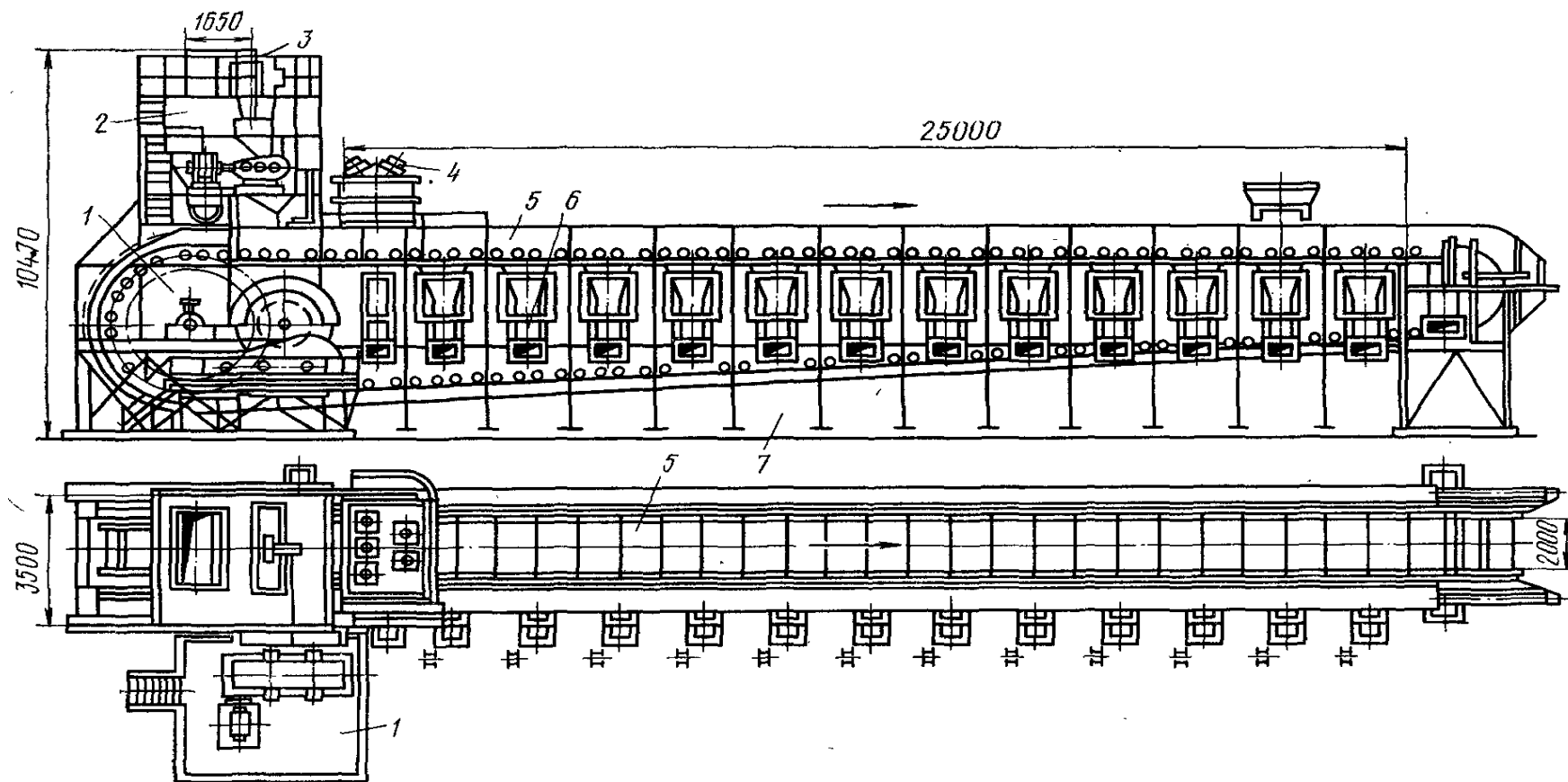
дозволяє здійснити черговий удар палети агломашини, що розвантажується по групі порожніх перевернених візків.

Існує, однак, і інша конструкція розвантажувальної (хвостової) частини машини. В ряді випадків намагаються зберегти палети від ударів, підвищуючи тим самим тривалість їх служби. Для цього поворот палет здійснюється в розвантажувальній частині машини за допомогою гальмових зірочок. У цьому випадку для забезпечення нормального сходу пирога агломерату з палети необхідні спеціальні заходи – щільний шар постелі, автоматичні прилади для визначення ступеня закінченості процесу спікання. Загальний вид агломераційної стрічки із площею спікання 50 м^2 показаний на рис.1.4.

Розглянемо трохи докладніше обладнання найважливіших візків агломераційної стрічки. На рис.1.5 показане обладнання спікального візка-палети. Сталева рама палети виконана із трьох секцій, з'єднаних болтами. Між чотирма балками рами 1 набирають три ряди сталевих колосників 2, зазори між якими становлять 5-6 мм (живий перетин ґрат

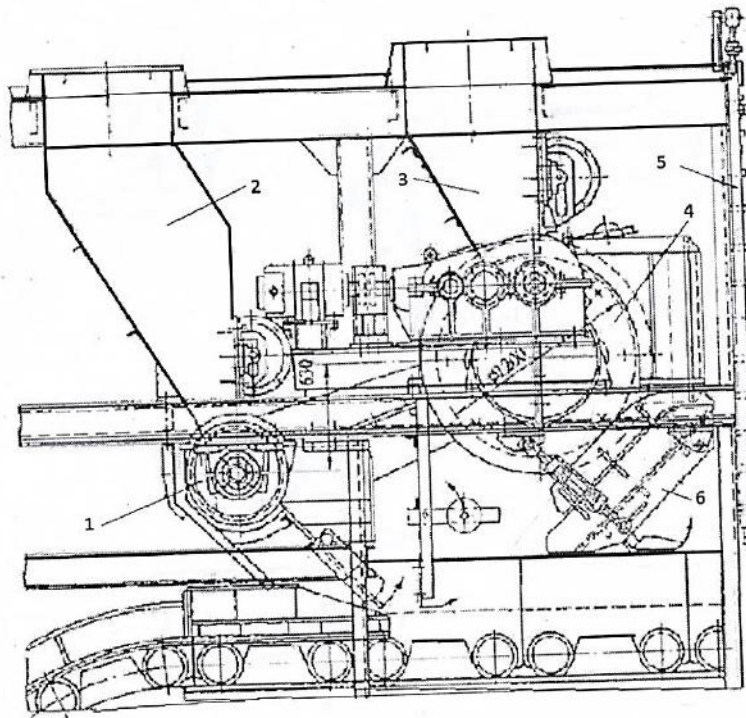
Зверху до рами 1 на болтах кріпляться змінні борти 5, висота яких відповідає висоті шару, що спікається. Знизу до рами прикріплені пластини ущільнення 6, якими палета на ходу торкається пластин ущільнення вакуум-камер. Палета рухається по рейках на чотирьох ходових роликах 3. Захоплення палети зірочками природу здійснюється за чотири вантажні ролики 4 або безпосередньо за раму палети 1.

Під палетами на робочій гілці агломераційної стрічки розташовуються вакуум-камери, внутрішня поверхня яких покривається плитами, що футерують для захисту від негативного впливу запилених газів. Грубе регулювання рівня вакууму можливе на кожній камері за допомогою дросельних клапанів з ручним керуванням [1].



1 – привод; 2 – бункер для завантаження «постелі»; 3 – шихтовий бункер; 4 – запалювальний горн;
 5 – візок-палета; 6 – камера розрідження; 7 – каркас машини

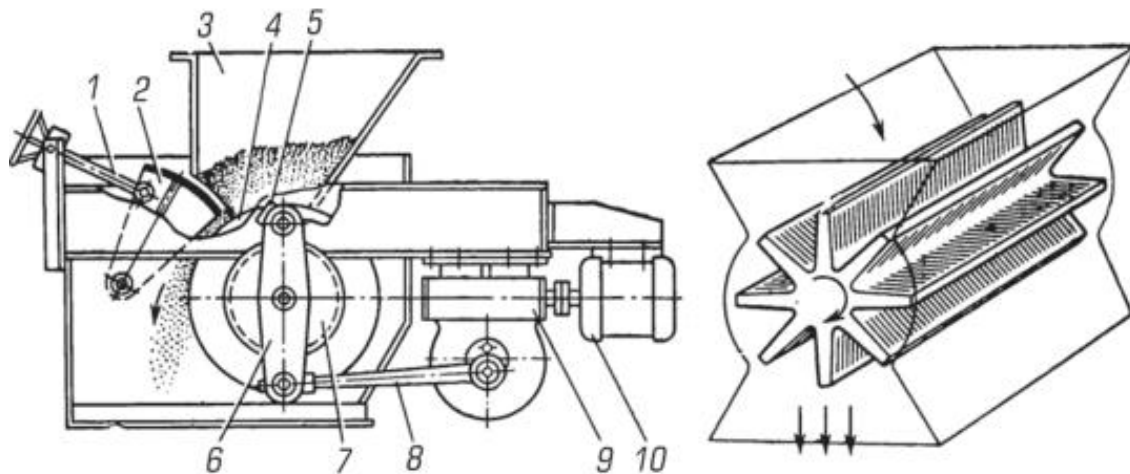
Рис.1.4 – Агломераційна машина з площею спікання 50 м²



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

Рисунок 1.5 – Обладнання спікального візка-палети

Завантаження агломераційної шихти на стрічку здійснюється найчастіше за допомогою комбінації барабанного й човникового живильників (рис.1.6).



1 – гвинтовий пристрій; 2 – секторна засувка; 3 – горловина; 4 – барабан; 5 – собачка; 6 – двуплечий важіль; 7 – храпове колесо; 8 – кривошипно-шатунний механізм; 9 – черв'ячний редуктор; 10 – електродвигун

Рисунок. 1.6 – Барабанний живильник

З бункера шихти, розташованого над головною частиною машини, агломераційна шихта попадає спочатку на рухливий човниковий конвеєрний живильник, що робить зворотно-поступовий рух по рейковому шляху, розташованому поперек вісі машини.

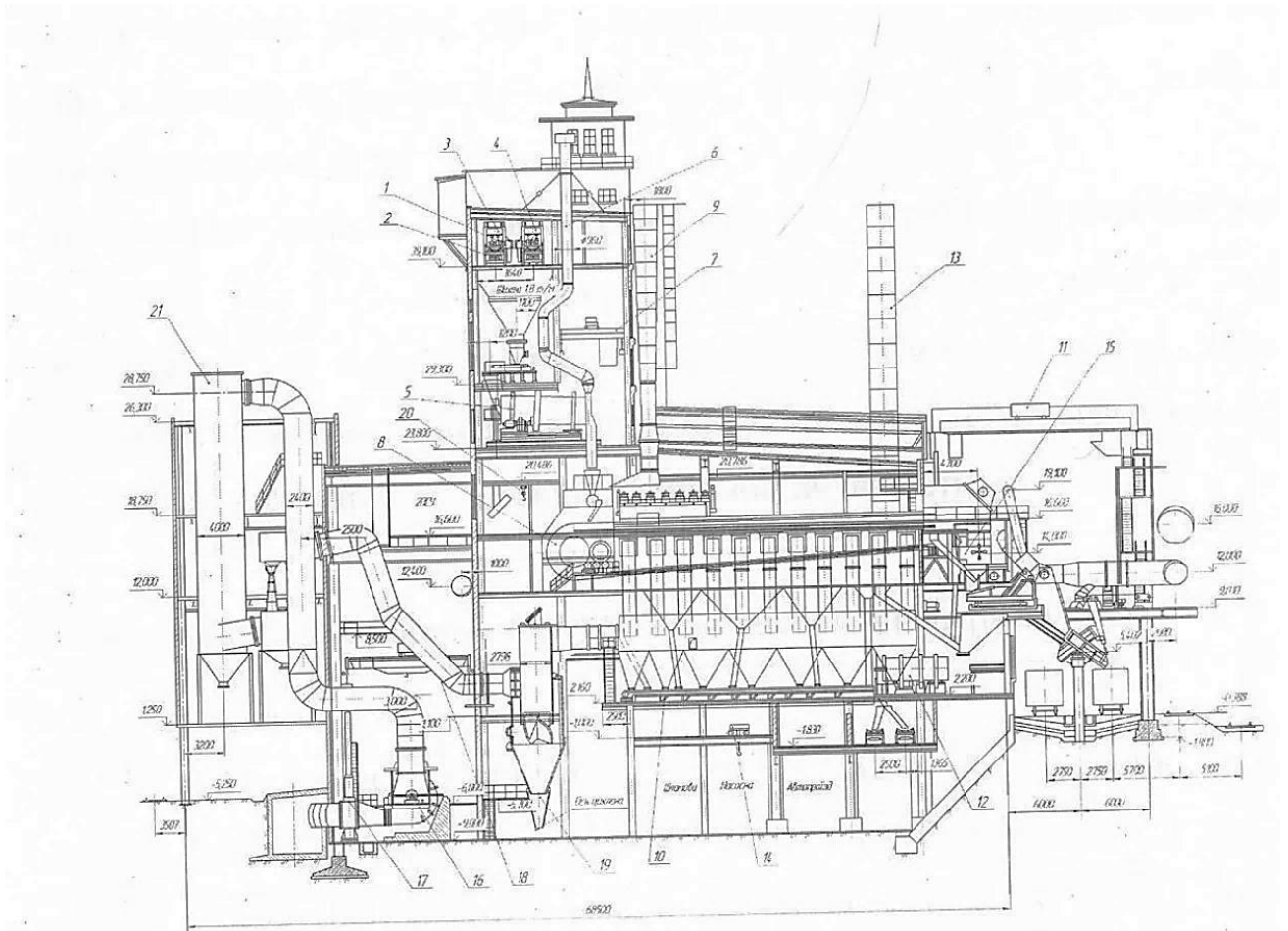
Човниковий живильник - це візок з приводом на ходові ролики й замкнутою гумовою конвеєрною стрічкою, за допомогою якого шихта рівномірно розподіляється по довжині нижнього обертового барабанного живильника, що укладає шихту на палети. У деяких випадках для завантаження шихти використовують тільки барабанний живильник.

1.3 Опис головної будівлі агломераційного цеху

У головному корпусі аглофабрики – встановлені агломераційні машини та усе необхідне устаткування, що забезпечує їхню роботу, а також охолодження й сортування готового агломерату.

Установка агломераційних машин у корпусі агломерації показана на рис.1.7. Дозована й попередньо обгрудкована шихта надходить по конвеєру 1 на верхню відмітку корпусу й автостелами завантажуються в бункери. З них конвеєром подається в обгрудкувальний барабан 2, де гранулюється. Потім гранульована шихта завантажується на стрічку в головній частині машини 3. Отриманий на стрічці агломераційний спік вивантажується в дробарку 5, де великі фракції руйнуються до часток розміром 40-60 мм.

Після всього на грохот 6 виділяється повернення, прохолоджується й подається в шихтове виділення та у бункери постелі. Виділений агломерат охолоджується повітрям на лінійному охолоджувачі 7, потім знову сортується й виділяється товарний агломерат із розміром часток 5-8 мм і повернення.



1,2 – конвеєр стрічковий; 3,4 – візок автоматичний; 5 – вузол завантаження шихти на агломашину; 6 – витяжна труба від змішувального барабана; 7 – кран електричний; 8 – установка агломашини; 9 – витяжна труба від горна машини колесо; 10,11 – конвеєр стрічковий; 12 – установка барабана охолодження агломерату; 13 – витяжна труба; 14 – кран; 15 – вузол дроблення агломерату агломерату; 16 – нагнітач; 17 – газова засувка; 18 – кран електричний; 19 – циклон; 20 – таль електрична; 21 – бункер осипу; 22 – скруббер-краплевловлювач; 23 – патрубок для місцевої вентиляції.

Рисунок. 1.7 – Розріз головної будівлі агломераційного цеху

1.4 Характеристика технологічного процесу

Ціль агломерації полягає в поліпшенні металургійних властивостей сировини внаслідок його огрудкування, введення флюсу й інших корисних добавок, а в ряді випадків і видалення шкідливих домішок.

Шихту для виробництва агломерату складають з наступних основних компонентів: концентрату, залізної руди, флюсу, палива й звороту агломерату. Додатково в шихту вводять різні відходи виробництва: колошниковий пил,

доменні й сталеплавильні шлами, прокатну окалину та ін., які є дешевими заміниками залізної руди.

Основними вимогами до якості залізних руд є (табл.1.1): високий вміст заліза (60-67%), мінімальний вміст шкідливих домішок, високий вміст основних оксидів у порожній породі, постійність хімічного складу, висока відновлюваність, висока газопроникність насипної маси, тобто огрудкуваність, міцність, відсутність дрібних фракцій, гарна збагачуваність.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад залізородних концентратів і руд [2]

Вид сировини	Масова частка, %								
	Fe	FeO	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	S	TiO ₂	п.п.п
Концентрат	58-68	18-28	4-13	0,2-4,0	0-1,0	0-3,0	0-0,7	0-0,9	0,5-12
Аглоруда	50-67	0,5-20	10-25	0,5-20	0-0,3	0,5-5,0	0-2,0	0-0,3	0,5-12

Зворот це дрібний, часто недостатньо спечений агломерат розмірами часток 0-10 мм, у якому містяться залишки коксиду (0,4-1%), що не згорів з різних причин у ході процесу спікання, залишки вапняку, вапна, шматочки руди.

До складу аглошихти можливо вводити шлами сталеплавильного й доменного газоочисного устаткування, окалину з оборотних циклів прокатних цехів. Хімічний склад деяких видів відходів (пил, шлами, окалина й ін.) приведено у табл.1.2.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад металургійних відходів

Вид сировини	Масова частка, %										
	Fe	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	MnO	P ₂ O ₅	S	Na ₂ O + K ₂ O	PbO	п.п.п
Колошниковий пил	38,97	18,10	9,88	1,79	1,04	1,08	0,64	0,47	1,63	0,5-12	17,73
Доменний шлам	42,81	11,70	5,57	2,03	1,04	0,32	0,19	0,65	0,63	0,5-12	16,35
Окалина	63,00	7,25	0,20	1,17	-	0,43	0,69	-	-	-	-

При агломерації використовують тверде паливо (коксівий дрібняк, антрацитний штиб, бідне вугілля й ін.), рідке (мазут) і газоподібне (коксівий, доменний і природний газ). При згоранні палива залишається зола, хімічний склад якої приведено у табл.1.3[3].

Таблиця 1.3 – Хімічний склад золи коксу, % (по масі)

Вид сировини	Масова частка, %									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	S	K ₂ O	п.п.п	Na ₂ O
Донецький КХЗ	32,69	26,00	30,66	3,57	0,97	0,3	3,62	1,46	-	0,73
Кам'янський КХЗ	42,43	24,20	21,78	3,03	1,92	-	2,00	2,10	0,80	1,00
Криворізький КХЗ	42,40	22,40	25,80	2,80	1,16	0,1	2,00	-	-	-
Запорізький КХЗ	38,66	23,20	28,70	2,80	1,80	-	1,40	1,60	1,08	0,70

У якості палива використовуються: коксовий відсів фракції 0-10 мм; антрацитний штиб із вмістом золи не більше 15 %.

Паливо (коксик) додають для інтенсифікації процесу, забезпечення необхідного теплового рівня процесу агломерації. Витрата твердого палива коливається в широких межах залежно від властивостей шихти, що спікається, складаючи в різних умовах від 4 до 10 % від загальної маси аглошихти.

Крім того, в агломераційну шихту вводиться вапняк звичайний (вміст CaO не менше 53,3 %; вапно, що отримується в аглоцеху при випаленні вапняку (фракція 3-15 мм, вміст CaO не менше 75%).

Основні флюси (вапняк і доломіт) вводять в агломерат для отримання заданої основності. Тонкоподрібнений вапняк і вапно покращують грудкуватість шихти, підвищуючи її газопроникність у процесі спікання.

У табл.1.4 приведено хімічний склад вапняку основних родовищ.

Таблиця 1.4 – Хімічний склад вапняку Єленівського родовища, %

Тип вапняку	Масова частка, %										
	Fe	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O	Mn	P	S	H ₂ O	MgO	п.п.п
Звичайний	0,49	1,60	53,5	0,80	0,7	0,01	0,01	0,12	2,80	0,70	42,37
Доломітизований	0,02	1,60	40,0	0,80	0,03	0,01	0,01	0,20	42,37	14,0	3,10

Початку виробничого процесу передуює дозування дрібних компонентів, що входять до складу рудної частини шихти, а також коксик, вапна або вапняку. Співвідношення між складовими в шихті можуть бути визначені розрахунками. Ефективність агломераційного процесу значно знижується при спіканні надмірно дрібних концентратів, якщо вони не піддані попередньому огрудкуванню. Отриману шихту ретельно перемішують і звожують до рівня, що відповідає найкращій її газопроникності. У момент завантаження на агломашину шихта полягає переважно із грудок злиплих рудних часток, часток коксик й вапняку (витрата коксик в різних умовах коливається від 3 до 15% по масі).

Шихту поміщають на колошникові ґрати, на які попередньо покладений шар постелі(готовий агломерат розміром 8-15 мм або великі шматочки шихти без добавок палива). Постіль зберігає колошникові ґрати від впливу високих температур, запобігає просипанню шихти через зазори колошникових ґрат і полегшує схід пирога готового агломерату із ґрат після закінчення процесу [3].

Чаша оснащена колошниковими ґратами і своїм нижнім фланцем з'єднана з газопроводом, який через систему пиловловлювачів веде до вентилятора – ексгаустеру. Ексгаустер створює під колошниковими ґратами необхідний для нормального плинущу процесу вакуум, величина якого звичайно не перевищує 1100 мм вод.ст. Шихту завантажують зверху на шар постелі. Висота шару шихти коливається залежно від її газопроникності в межах від 200 до 400 мм.

Після волочіння ексгаустера верхній шар шихти обробляють продуктами горіння доменного й коксового газів, що подається протягом 1-2 хв. Гарячі (1200-1300 °С) продукти горіння газу віддають тепло досить тонкому верхньому шару шихти, видаляючи з нього вологу й створюючи умови для початку процесу горіння палива шихти. Потім пальник відводять, тому що надалі процес не має потреби в підведенні тепла ззовні.

Найважливішою особливістю агломераційного процесу є те, що в кожен момент горить коксик тільки у вузькому по висоті шарі шихти(звичайно не більше 40 мм). Усі частки палива, розташовані нижче, ще не нагріті до температури початку інтенсивного горіння (700 °С) або не одержують

достатнього кисню зверху. У міру вигорання вуглецю зона горіння палива поступово переміщається вниз, проходячи всю висоту шару постелі за 12-15 хв.

У будь-який довільно обраний момент вище зони горіння перебуває готовий агломерат, через який просмоктується повітря. Прохолоджуючи агломерат, повітря підігрівається і його теплота використовується потім у зоні горіння твердого палива. У свою чергу, продукти, що відходять під час горіння, також віддають своє тепло дуже невеликому по висоті шару холодної сирої шихти, швидко нагріваючи її. Температура газів, що відходять від чаші, що відсмоктується ексгаустером, у плинні тривалого часу становить 50 °С і тільки в останні хвилини процесу підвищується до 200-300 °С. Тим часом температура в зоні горіння палива нерідко досягає 1500 °С. Агломераційний процес є високо економічним, тому що забезпечується майже повне використання тепла відхідних газів і значної частини тепла готового продукту в корисних цілях. Саме ця обставина є однією із причин широкого поширення агломераційного процесу в промисловості [4].

Сира шихта швидко підігрівається в прилягаючи знизу до зони горіння областях. При цьому вона втрачає спочатку гігроскопічну, а потім гідратну вологу. Водяні пари можуть конденсуватися, стікаючись із холодною шихтою. Створюється зона, у якій вологість шихти перевищує вихідну оптимальну вологість – зона перезволоження шихти.

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

У найбільш простому випадку спікання гематитових руд з порожньою кварцевою породою гематит дисоціює у зоні високих температур і відновлюється газоподібними продуктами горіння палива до магнетиту й вюститу. Продукт цієї взаємодії – фаяліт- плавиться при 1205 °С, тобто при температурі набагато більш низкою, ніж та, яка панує звичайно в зоні горіння. Розплав, що утворюється, інтенсивно розчиняє в собі окисли заліза, при нормальній і підвищеній витраті палива на процес значна частина всієї маси шихти проходить через рідкий стан.

Після вигорання вуглецю зона високих температур переміщається в низ, розплав швидко проохолоджується повітрям. Готовий агломерат являє собою продукт кристалізації розплавів [3].

Доменним цехам поставляється так званий придатний агломерат розміром – 15мм.Агломерат розміром 8-15 мм використовується в якості постелі на машині. Дрібний агломерат (8 мм) разом із залишками неспеченої шихти додають до агломераційної шихти(повернення).Крім повного використання відходів виробництва, вдається добавкою повернення поліпшити газопроникність шихти.

Якість агломерату визначається його хімічним складом, міцністю й відновленістю. Міцність агломерату залежить від температури появи рідких фаз у зоні спікання, їхньої кількості й властивостей. Технологічно це визначається втратою палива, складом шихти, мінералогічним складом отриманого агломерату.

1.5 Хімічні процеси та мінералогічні перетворення при агломерації залізородних матеріалів

Дослідження показують, що вихідна агломераційна шихта й отриманий з неї агломерат сильно різняться по хіміко-мінералогічному складу. Це свідчить про протікання в ході агломерації різноманітних хімічних процесів і глибоких мінералогічних перетворень.

Залежно від температурного інтервалу протікання всі ці процеси доцільно розділити на три групи:

- а) хіміко-мінералогічні перетворення у твердих фазах;
- б) процеси, що йдуть при плавленні матеріалу, що спікається;
- в) мінералогічні процеси, що протікають у період затвердіння (кристалізації) розплаву.

1.5.1 Процеси ,що протікають у твердих фазах (в інтервалі 500...1100°C):

А) хімічні процеси, що протікають між твердими компонентами шихти й газом

Б) хіміко-мінералогічні перетворення, що відбуваються між твердими речовинами.

Розкладання гідратних сполук.

У деяких випадках компоненти агломераційної шихти містять «тверду» воду, що входить у кристалічні ґрати певних мінералів у вигляді молекул H_2O або груп OH . Така вода пов'язана з матеріалами значно міцніше, ніж гігроскопічна й адсорбована. Для розкладання гідратних сполук потрібні більші витрати енергії – процеси дисоціації протікають при більш високих температурах у порівнянні з випаром гігроскопічної вологи шихти.

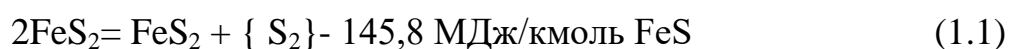
Температура початку розкладання [3,4]:

- туріту $2Fe_2O_3 \cdot H_2O$ 150..200°C;
- лимоніту $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$ 120...140°C;
- гетиту $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ 190...300°C;
- портландиту $Ca(OH)_2$ 450 °C.

Основна кількість вологи, як показують термографічні аналізи, гідроксиди заліза виділяють при температурі близько 300°C [2]. В умовах реального агломераційного процесу – при високих швидкостях нагрівання матеріалу розкладання гідратів зрушується в області більш високих температур до 1000 °C.

Розкладання карбонатів – процес сильно ендотермічний. Ця одна із причин, по якій при одержанні офлюсованих агломератів відбувається значне зниження максимальних температур (на 200...300 °C) у порівнянні з агломерацією неофлюсованої шихти.

Поведінка сульфідної сірки. Видалення частини сірки, що перебуває в залізорудних матеріалах у вигляді піриту, у принципі можливо в результаті термічної дисоціації:



Пружність парів сірки, дорівняє 0,1 МПа, та досягається при температурі 690°C. Температура кипіння сірки становить 444,6°C, тоді сірка, що утворюється у пароподібному стані може бути вилучена з високотемпературної зони з газом. У дійсності ж у пароподібному стані при агломерації видаляється лише незначна її частина в заключний період спікання. Інша сірка конденсується в більш холодних шарах шихти й може потім вступати в хімічні реакції з компонентами шихти [2].

Основна кількість сульфідної сірки видаляється з руд у результаті окислення до SO_2 і переходу газоподібного діоксиду сірки в агломераційний газ.

На швидкість (і повноту) окислення сульфідної сірки впливають наступні фактори:

А) розміри зерен руди: в однакових умовах ступінь десульфурації шматочків - 10 мм складала 88%, а шматочків – 2 мм 95%;

Б) швидкість окислення сульфідів, значно росте з температурою. При цьому бажано не доводити процес до утворення більшої кількості розплаву, що перешкоджає вільному доступу кисню газу усередину шматочків руди;

В) максимально можливий вміст кисню в газовій фазі. Необхідно, однак, відзначити, що умови досягнення двох вимог суперечать один одному: при збільшенні витрати палива в шихті (для підвищення температури матеріалу, що спікається) неминуче знижується концентрація вільного кисню в порівнянні із сіркою, і кисень повітря в першу чергу піде на спалювання вуглецю палива).

Поведінка при агломерації сульфатної сірки. Для видалення сульфатної сірки потрібні зовсім інші умови. Розкладання CaSO_4 з метою виділення SO_2 і перекладу його в газ вимагає високих температур – вище 1100°C :



Наявність у навколишній газовій фазі кисню перешкоджає розкладанню сульфатів – не дозволяє досягти високих значень константи рівноваги реакції.

Процеси, що протікають між твердими речовинами (у твердих фазах).

Ці процеси протікають у шихті в період її нагрівання від 500 до 1200°C . Хоча через короткочасність періоду (40-50с.) нові сполуки утворюються в малих кількостях, саме вони й евтектичні суміші на їхній основі, що характеризуються невисокими температурами плавлення, дають перші порції рідкої фази – первинного агломераційного розплаву. Слід зазначити ряд специфічних особливостей твердофазних процесів.

По-перше, через обмежену рухливість реагуючих часток, змушених дифундувати в кристалічних ґратах твердих тіл швидкість хіміко-мінералогічних

перетворень у багато разів менше, чим швидкість процесів у рідних або газових фазах.

По-друге, у твердих фазах можуть проходити тільки такі реакції, які супроводжуються зменшенням вільної енергії системи, тобто екзотермічні.

По-третє, якщо в суміші декількох речовин можуть йти різні реакції, тоді масова швидкість нагромадження продуктів взаємодії буде визначатися не хімічною спорідненістю реагуючих речовин, а величиною поверхні контактів. При швидкісним нагріванні (характерному для агломераційного процесу) виявлена ще одна особливість – у таких умовах помітно інтенсифікуються хіміко-мінералогічні перетворення. Прискорення процесів можна пояснити різким ростом концентрації активних недосконалостей кристалічних ґрат при швидкому підйомі температури.

При нагріванні концентрату до 300 °С починається окиснення магнетиту з перетворенням його в гематит (нижня зона окислення). У результаті цього процесу вміст гематиту може досягати 20 – 25%. Починаючи з 700 °С матеріал, що спікається, «входить» у відбудовну зону, де значна кількість Fe^{3+} відновлюється до Fe^{2+} , при цьому не тільки знижується вміст гематиту, але й з'являється в окремих мікрообсягах шихти вюстит ($Fe_3O_4 + CO = 3FeO + CO_2$).

Таким чином, матеріал, що спікається в області температур 500...700°С містить усі можливі оксиди.

1.5.2 Процеси ,що протікають при плавленні шихти й кристалізації агломерату.

Це головний період агломерації – рідино-фазного спікання, коли формується фізична структура агломераційного спека. Перші порції агломераційного розплаву складаються з відносно легкоплавких сполук: фаяліту $2FeO \cdot SiO_2$; олівінів $CaO_x \cdot FeO_{2x} \cdot SiO_2$; феритів кальція $CaO \cdot Fe_2O_3$ $2CaO \cdot Fe_2O_3$.

При нормальному ході агломераційного процесу більша частина шихти проходить через плавлення. Залізородний агломерат із цього погляду можна розглядати як продукт кристалізації залозистого силікатного розплаву різної

основності. Принциповою особливістю цього періоду є значно більш висока рухливість іонів у розплаві, в результаті чого більшою мірою проявляється фактор хімічної спорідненості компонентів розплаву [3].

Формування окремих фаз офлюсованих агломератів. Першою кристалізується найбільш тугоплавка фаза – магнетит. Цей період у результаті окислення Fe_3O_4 киснем повітря утворюється деяка кількість гематиту. У міру збільшення основності, CaO шихти витрачається в наступному порядку спочатку йде на утворення залізо-кальцієвих олівінів; при досягненні граничної концентрації оксиду кальція в олівінах $CaO_x \cdot FeO_{2x} \cdot SiO_2$, кількість, що залишилася витрачається на утворення силікатів кальцію, спочатку $2CaO \cdot SiO_2$, а потім $3CaO \cdot SiO_2$.

На кінцеву мінералогічну структуру агломерату істотний вплив виявляє мікронеоднорідність процесу агломерації, яка обумовлена сікронеоднорідністю агломераційної шихти. Зв'язано це з тим, що невелика кількість флюсу (вапняку) і палива (коксіка), що перебувають до того ж у відносно більших шматочках (до 3 мм), принципово неможливо рівномірно розподілити в обсязі залізородної частини шихти навіть при самому доброму змішуванні. Тому в будь-яких двох сусідніх мікрообсягах виявляється різна комбінація мінералів вихідної шихти, різний вміст палива. Усе це створює неоднорідне температурне поле в шарі, що агломерується, обумовлює різний розвиток процесів дисоціації, відновлення, окислення й, в остаточному підсумку веде до отримання різноманітних мінералів і структур.

1.6 Загальна характеристика викидів агломераційного виробництва

Питомий вихід газів від агломераційної машини залежить від газопроникності шихти, змісту в ній палива, величини підсосів повітря і може становити $2500-4800 \text{ м}^3$ на 1 т агломерата.

Викиди пилу з агломераційних газами залежать від кількості дрібних фракцій в шихті, її вологості і ступеня підготовки і можуть коливатися в межах 5-

20 кг/т агломерату. Запиленість газів зазвичай становить 2-6 г/м³. Вміст газоподібних компонентів залежить від складу руди і може коливатися в широких межах: 4-10 % CO₂, 12-17 % O₂, 0.3-3 % CO, 0.01-0.09 (SO₂ +SO₃) при малосірчастих рудах; 0.1-0.6 % (SO₂ +SO₃) при сірнистих рудах; 0.1-0.2 % NO_x; інше N₂ та інертні гази.

Розподіл газу і пилу з різних вакуум-камер агломераційних машин неоднаково. Найбільша кількість газу і пилу виходить з перших і останніх вакуум-камер, про що свідчать наведені нижче дані [4]:

Таблиця 1.5 – Викиди по різних камерах агломашини

Вакуум-камери	1	2	4	6-20	28	30	32
Витрата газу, тис.м ³ /год	28,5	18,6	11,0	10-24	17,0	17,0	23,0
Концентрація пилу в газі, г/ м ³	10,0	3,5	0,3	0,2-0,6	4,0	8,1	18,2

Це пояснюється тим, що в перших камерах ще не спеклися частинки пилу легко виносяться просмоктуючим повітрям, а в останніх шар агломерату розтріскується при підході стрічки до повороту в кінці агломашини.

Хімічний склад агломераційної пилу коливається в залежності від складу руди. Зазвичай пил містить 40-50% заліза і його оксидів, 9-15% оксиду кремнію, 7-12% оксиду кальцію, 5-6% вуглецю, 2-8% глинозему, 0.5 -1.5% оксиду магнію, а також деякі інші компоненти.

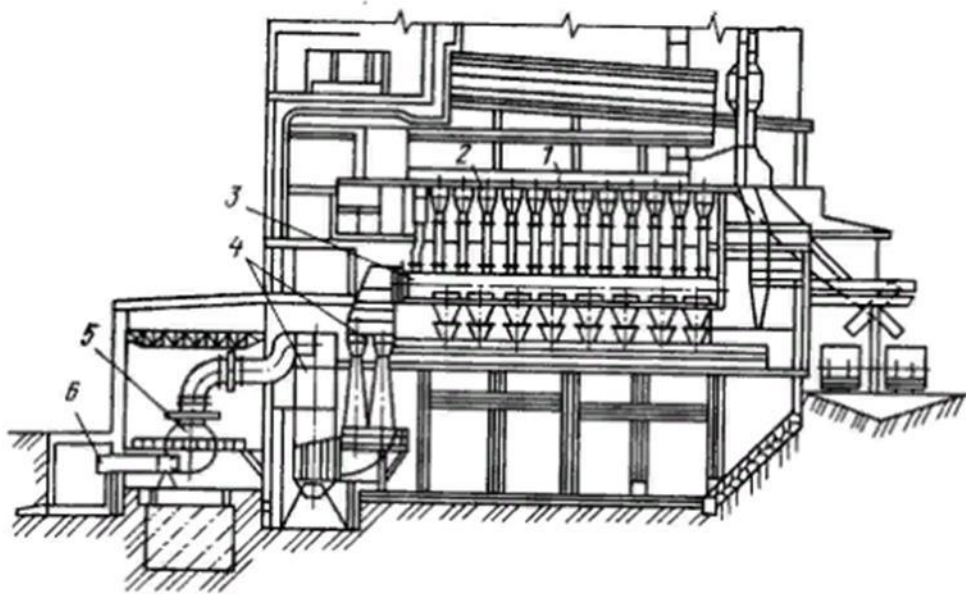
На деяких старих фабриках агломашини працюють без охолодження агломерату. Нові агломашини забезпечені охолоджувачами переважно лінійного типу, на яких спечений агломерат охолоджується шляхом просачування через нього повітря. Чашові і барабанні охолоджувачі практично не застосовуються. Дисперсний склад агломераційної пилу характеризується такими даними [4]:

Таблиця 1.5 – Викиди по різних камерах агломашини

Вакуум-камери	1	2	4	6-20	28	30	32
Витрата газу, тис.м ³ /год	28,5	18,6	11,0	10-24	17,0	17,0	23,0
Концентрація пилу в газі, г/ м ³	10,0	3,5	0,3	0,2-0,6	4,0	8,1	18,2

Процес спікання агломерату на стрічці агломераційної машини супроводжується виділенням газу. Часто на аглофабриках застосовують в основному наступну схему збору та відведення технологічних газів від агломашин. Із всіх розташованих по довжині агломераційної машини вакуум-камер, в яких для подолання опору спікається в агломерат шихті підтримується розрідження 10-11 кПа.

Гази збираються в загальний колектор, розміщений збоку від агломашини паралельно її осі (рис.1.8).

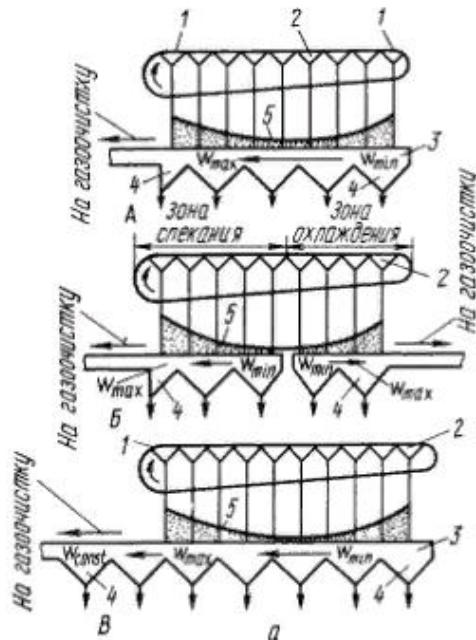


1 – укриття стрічки; 2 – вакуум-камера; 3 – колектор; 4 – газоочистка;
5 – ексгаустер; 6 – димохід

Рисунок. 1.8 – Загальний вигляд відводу газів від агломераційних машин

На відгалуженнях від вакуум-камер до колектора стоять S-образні інерційні пристрої або спеціальні пастки, в яких рахунок сил інерції, що виникають при поворотах, відбувається відділення тільки найбільшою пилю. Збираючись в колекторі, запилені гази з невеликою швидкістю (до 10 м / с) рухаються до головної частини машини. При цьому крупні частинки пилю під дією власної ваги випадають з потоку і збираються в розташованих під колектором пилових бункерах, звідки їдуть зазвичай за допомогою гідрозмиву [2].

На (рис.1.9) показані існуючі схеми збору і відводу технологічних газів від агломашин як при використанні всієї стрічки для процесу спікання, так і при здійсненні охолодження агломерату на хвостовій частині стрічки.



1 – аглострічка; 2 – вакуум-камера; 3 – колектор; 4 – бункера; 5– крива розподілу виносу пилу; 6 – пиловловлювач селективного очищення

Рисунок. 1.9 – Схема збору і відводу технологічних газів від агломераційних машин

Ефективність роботи колектора зазвичай не перевищує 50-60% і лише для варіанту в вона підвищується до 70-80% за рахунок збільшеної його довжини.

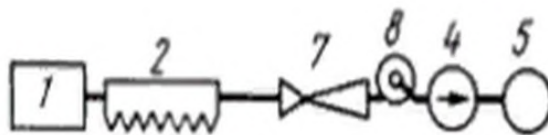
З огляду на то, що викиди з високою концентрацією пилу надходять в колектор лише з перших і останніх вакуум-камер, доцільно застосовувати нижче представлені схеми збору і відводу агломераційних газів. При здійсненні цих схем довжина шляху сильно запиленого газу в колекторі помітно зростає.

Крім того, в результаті установки спеціальних пиловловлювачів (зазвичай циклонів) на підводах до колектора з перших і останніх камер абсолютне надходження пилу в колектор різко скорочується, а тиск в цих камерах підвищується, що сприятливо відбивається на ході процесу спікання. Обезпилювання газів агломераційних машин здійснюється на батарейних і одиночних циклони, мокрих пиловловлювачах і електрофільтрах.

Практика експлуатації батарейних циклонів виявила великі недоліки цього виду газоочисток, основними з яких є: нерівномірний розподіл газу при великій кількості циклонних елементів, що приводить до перерозподілу потоків газу між елементами; інтенсивний і нерівномірний знос і забивання пилевипускних отворів циклонних елементів і ін., що істотно знижує ступінь очищення газу [7].

На деяких аглофабриках замість батарейних встановлені поодинокі циклони більшого діаметра. Зменшуючи можливість забивання пилом і нерівномірного розподілу газу за елементами, поодинокі циклони в той же час не забезпечують високого ступеня очищення внаслідок великих розмірів і зменшення величини відцентрових сил. В результаті експлуатаційна ступінь очищення як в батарейних, так і в одиночних циклони низька і не перевищує 70-85%; запиленість очищеного газу 0,4-0,5 г/м³. Така концентрація пилу в газі неприпустима, по-перше, з санітарних міркувань внаслідок великого викиду пилу в повітряний басейн і, по-друге, через різке скорочення терміну служби ексгаустера (до 3-4 місяців) внаслідок ерозійного зносу.

Деяким кроком вперед стало застосування для очищення газів агломашини мокрих пиловловлювачів. На одній з аглофабрик після батарейних циклонів встановлені відцентрові скрубери типу МП-ВТІ, що дозволило знизити запиленість очищеного газу до 150-200 мг/м³ і тим самим збільшити термін служби ексгаустерів. Однак до решти недоліків батарейних циклонів додалися недоліки мокрих апаратів, внаслідок чого експлуатація ускладнилася, а надійність знизилася, тому як типову таку схему рекомендувати не можна. На деяких аглофабриках в якості єдиного мокрого апарату застосовують низьконапірні скрубери Вентурі (рис.1.10).

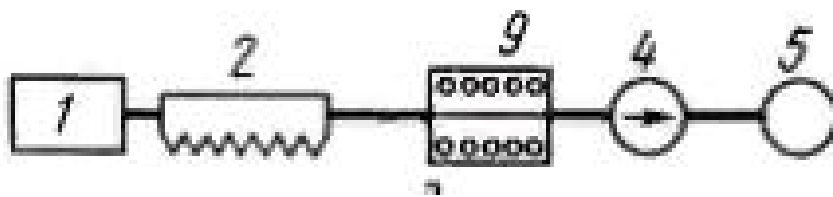


1 –аглострічка; 2 – вакуум-камера; 7 – труба Вентурі; 8 – каплевловлювач;
4– ексгаустер; 5– димова труба

Рисунок. 1.10 – Схема очищення відхідних газів агломераційних газів

Внаслідок того що вони включаються в газовихідний тракт агломашини, можливий для використання перепад тисків обмежений до 0.2-0.3 кПа, що відповідає швидкостям газу в горловині труб Вентурі 60-75 м / с. При таких умовах високого ступеня очищення отримати не можна і залишкова запиленість газу зазвичай становить 120-160 мг/м³. Спроби використовувати інші апарати мокрого типу успіху не мали.

Останнім часом на аглофабриках починають застосовувати сухі пластинчасті електрофільтри (рис.1.11).



1 – аглострічка; 2 – вакуум-камера; 4 – ексгаустер;
5– димова труба; 9 – електрофільтр

Рисунок. 1.11 – Схема очищення відхідних газів агломераційних газів

Ці апарати позбавлені недоліків, властивих батарейним циклонів і мокрих пиловловлювачів. При установці електрофільтрів цілком реальна очищення газу до вмісту пилу 100-120 мг / м³ і навіть менше. У разі високої початкової запиленості газу перед електрофільтрами встановлюють групу циклонів. Слід мати на увазі, що внаслідок великих витрат газів електрофільтри повинні мати високу продуктивність, а через великі розрідження, створюваних ексгаустерів, посилену конструкцію і газощільність корпусу. Установка електрофільтрів значно знижує викиди в повітряний басейн і підвищує термін служби ексгаустерів до 2-3 років і більше. До основних недоліків електрофільтрів, як уже зазначалося раніше, ставляться великі габарити і висока вартість [8].

1.7 Утилізація тепла в процесі спікання

Два види потенційні повторно використовуваних вторинних енергоресурсів скидається з агломераційних установок:

- а) фізичне тепло основних газів, що відходять, від агломераційних машин;
- б) фізичне тепло охолоджуваного повітря від охолоджувача агломерату.

Що стосується позиції (а), то за нормальних робочих умов використання теплообмінника для утилізації тепла від технологічних, що відходять, газів призводитиме до проблем неприйнятної конденсації і корозії. Ці обмеження означають, що утилізація тепла від газів, що відходять, за допомогою теплообмінника не практикується.

1.7.1 Часткова утилізація газів, що відходять

При частковому використанні газів, що відходять, деяка частина їх рециркулює для процесу спікання. Доля газів, що відходять, яка рециркулює до стрічки, проходить через гарячий агломерат і фронт горіння. Були розроблені різні процеси для застосування часткової рециркуляції газів, що відходять, в промисловому масштабі. Деякі технології включені в табл. 1.6.

Таблиця 1.6 - Технології з частковою рециркуляцією газів, що відходять [23]

Розділ	Фірмове найменування технології	Приклад установки
Частковий рециклінг газів, що відходять, від усієї стрічки	Викиди при оптимізованому спіканні (EOS)	Corus Urmwdenl Голландія
Рециклінг газів, що відходять агломераційною стрічкою	Процес спікання з низькими викидами і оптимізацією споживання енергії (LEEP)	НКМІ Германію
Рециклінг газів, що відходять, в торці агломераційної стрічки і використання газів, що відходять, від охолоджувача агломерату	Екологічний оптимізований процес спікання (EPOSIWT)	Voestalpine Unzl Австрія
Рециклінг частини газів, що відходять, до інших частин агломераційної стрічки		NSC. агломераційна фабрика №2, Японія, р. Tofiata

Застосовність технології залежить від конкретних умов. У кожній ситуації необхідно враховувати супроводжуючі заходи для забезпечення того, щоб якість агломерату (тут мається на увазі механічна міцність в холодному стані) і продуктивність стрічки не знижувалися. Залежно від місцевих умов, ці заходи можуть бути відносно незначними і легко здійсними. У будь-якому випадку мають бути перевірені робочі умови в тих ситуаціях, коли намічене впровадження технології.

Важливі аспекти при визначенні застосовності цієї технології :

- початкова конфігурація стрічки (наприклад, подвійна або одинарна вакуумна камера, наявність місця для нового устаткування, і при необхідності, подовження стрічки);
- початкова конструкція існуючого устаткування (наприклад, вентилятори, устаткування для очищення газу, грохочення агломерату і охолодження);
- початкові умови експлуатації (наприклад, сировинні матеріали, висота шару, тиск всмоктування, відсоток негашеного вапна в суміші, питома витрата, відсоток повернення з установки, повертання в шихту);
- існуючі показники з точки зору продуктивності і споживання твердого палива;
- показник основності агломерату і склад шихти в доменній печі (наприклад, відсоток агломерату в порівнянні з окатишами в шихті, зміст заліза в цих компонентах).

Впровадження цієї технології може змінити експлуатаційні параметри стрічки. Насправді, значні зміни у складі сировинних матеріалів або умовах експлуатації можуть істотно змінити характеристики викидів уздовж стрічки, і, отже, порушити рівноважні умови для рециркуляції газів. Тоді як ця технологія може сприяти зниженню викидів на агломераційній установці (з точки зору навантаження по забруднюючих речовинах), концентрація деяких речовин може зрости (наприклад, кислі з'єднання) в газах, що рециркулюють і відходять. Відносно кислих з'єднань важливим є суворий контроль температури, вологості і кислотної точки роси для запобігання надмірній корозії.

Усі згадані міркування засновані на досвіді трьох компаній; у цих конкретних випадках застосування рециркуляції газів, що відходять, які описані нижче, добилися успіху в подоланні вищезгаданих обмежень з допомогою контрзаходів.

1.7.2 Часткова утилізація газів, що відходять, від усієї агломераційної стрічки

Концепція цього способу полягає в поверненні на агломераційну стрічку частки змішаних газів, що відходять, від усієї агломераційної стрічки (рис. 1.12, 1.13). Міра повернення цих газів, що відходять, від спікання складає близько 40-45%, що відповідає концентрації кисню в 14-15% в суміші газів з повітрям в запалювачі спікальної машини. В результаті відбувається зниження викидів газів, що відходять, в атмосферу на 45-50%.

Гази, що відходять, знепилюються в циклоні перед поверненням в цикл за допомогою додаткового вентилятора в запалювач над стрічкою. За цих умов продуктивність стрічки не змінюється, і витрата коксової дрібниці знижується на 10-15% в порівнянні із звичайною практикою компанії Corus в Еймейдене, Нідерланди.



Рисунок 1.12- Агломераційна стрічка з укриттям відповідно до процесу EOS (викиди при оптимізованому спалюванні)

Якість агломерату, визначена по зниженню руйнування, залишається постійною, зміст FeO в агломераті збільшується на 1,5%, зростає відновлюваність, небагато знижується міцність на холодне стискування, а середній діаметр залишається приблизно 17 мм. Використання агломерату в доменній печі не

привело до яких-небудь негативних впливів, але слід зазначити, що на цей агломерат доводиться тільки близько 50% шихти, внаслідок високого відсотка окатишів, використаних в доменних печах компанії Corus в Эймейдене, Нідерланди. У інших ситуаціях рівень використаного в доменній печі агломерату може бути набагато вище (до 95%).

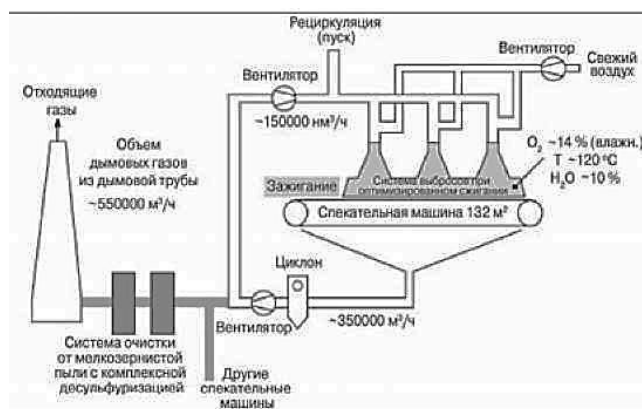


Рисунок 1.13 - Схема оптимізованого процесу спікання з мінімізацією викидів (EOS)[16].

Часткове повернення газів, що відходять, з усієї стрічки було розроблене головним чином для зниження витрати газів, що відходять, і, таким чином, викидів забруднюючих речовин. Вигоди полягають в тому, що додаткове устаткування для подальшого очищення димових газів перед викиданням в атмосферу буде використовуватися для очищення менших об'ємів, тобто з економією капітальних і експлуатаційних витрат. Перед установкою такої системи на заводі в Эймейдене, Нідерланди, технологією остаточного очищення був циклон, і було вочевидь, що буде потрібно також додаткове устаткування для очищення. Результати роботи цієї установки з частковим поверненням газів, що відходять, для агломерату з високою основністю ($>1,7 \text{ CaO/SiO}_2$) вказують, що успішне впровадження цієї технології можливе (табл. 1.7). Результати для агломерату з низькою основністю схожі.

Показники зниження викидів (по масі) в результаті застосування цієї технології на установці компанії Corus в Эймейдене приведені в табл. 1.8-1.9.

Таблиця 1.7 - Порівняння характеристик і значень викидів звичайного спікання і викидів оптимізованого спікання

Компонент	Одиниця	Звичайне спікання		Викиди при оптимізованому спіканні (EOS)	
		Липень	Жовтень	Липень	Жовтень
Загальна витрата газу	нм ³ /ч	394000	372000	328000	328000
Потік рециркуляції	нм ³ /ч	0	0	153000	120000
Викид газу в атмосферу	нм ³ /ч	394000	372000	175000	208000
Температура	°С	164	114	155	149
Вологість	%	10	11	16	19
Кисла точка роси	°С	46±5	ND	71±5	ND
Пил	г/т агломерату	500	ND	170	ND
O ₂	%	15	15	11,5	12,1

Таблиця 1.8 - Показники зниження викидів (по масі)

Компонент	Одиниця	Звичайне спікання		Викиди при оптимізованому спіканні (EOS)	
		Липень	Жовтень	Липень	Жовтень
CO ₂	%	7,5	7	11,7	11,2
CO	%	1	1,2	1	1
SO ₂	г/т агломерату	1430	890	840	680
NO _x	г/т агломерату	630	570	300	410
C _x H _y	г/т агломерату	200	145	95	83
PCDD/F	мкг/т агломерату	2	ND	0,6	ND

Примітка. Площа всмокування дорівнює 132 м², а продуктивність - 4700 т агломерату в добу з високою основністю. ND - немає даних.

Таблиця 1.9 - Показники зниження викидів (по масі) для оптимізованого спікання [17]

Параметр	Зниження викидів(масс.%)	
	Агломерат з низькою основністю	Агломерат з високою основністю
Витрата газів, що відходять	40	40 - 50
Пил	50	60
Монооксид вуглецю (CO)	45	50
SO ₂	NA	15 - 20
NO _x	35	30 - 45
Вуглеводні (C _x H _y)	NA	50
PCDD/F	70	65

* Зниження викидів виражається як зниження масової витрати компонента. NA - немає даних.

Ця технологія дає можливість понизити споживання коксової мелочі з 60 до 48 кг/т агломерату. На голландській установці технологія дала економію теплової енергії, яка не обов'язково буде досягнута на інших установках внаслідок того, що вони вже можуть працювати при низькому споживанні теплової енергії від застосування твердих палив в результаті оптимізації технологічного процесу.

Обстеження Європейського комітету по доменних печам, таких, що відносяться до експлуатаційних даних для агломераційних установок, чітко демонструють, що багато європейських установок вже працюють при значно нижчих рівнях споживання енергії.

Застосування EOS вимагає установки насосів і потужних витяжних вентиляторів. Це викликає необхідність в додатковій встановленій електричній потужності в 200 - 400 кВт, що еквівалентно підвищенню питомого споживання енергії на 3 - 8 МВт/т агломерату, що досить низько в порівнянні із загальною потенційною економією.

Технологія дає можливість понизити як викиди в повітря, так і споживання енергії в процесі спікання. Додаткові витяжні вентилятори викликають зростання споживання електроенергії, але воно мале в порівнянні з економією коксової дрібниці. Особливу увагу слід приділяти вмісту оксиду вуглецю (CO) у газах, що рециркулюють, для запобігання можливості отруєння робітників чадним газом.

Ця технологія уперше була застосована в ЄС в травні 1994 р. на агломераційній стрічці компанії Corus в Эймейдене, Нідерланди. Нині EOS використовується на усіх трьох агломераційних стрічках на заводі. До теперішнього часу коефіцієнт використання устаткування був > 95%. У разі несправностей система автоматично перемикається на режим звичайного спікання.

Ця технологія може застосовуватися як для нових, так і для існуючих установок. Визнано, що капітальні витрати нижче у разі впровадження технології на нових установках на стадії планування, чим на існуючих, де витрати можуть бути значно вище із-за конструктивних особливостей установки. На існуючих установках неможливо ввести частковий рециклінг газів, що відходять, внаслідок

обмеженого місця. Застосування рециркуляції газів, що відходять, вимагає особливих зусиль для забезпечення належної якості агломерату і продуктивності установки.

Інвестиції, необхідні для впровадження цієї технології на агломераційній установці компанії Corus, в Еймейдене, при звичайній витраті газів приблизно 1,2 млн $\text{нм}^3/\text{ч}$ на трьох агломераційних стрічках, дорівнювали 17 млрд. євро. Експлуатаційні витрати знизилися в порівнянні із звичайним спіканням завдяки пониженому споживанню коксової дрібниці. Оцінена економія експлуатаційних витрат склала 2,5 млн євро/рік. Ці дані засновані на зменшеному споживанні коксової дрібниці на 6 кг/т агломерату, при ціні 100 євро/т коксової дрібниці і при виробництві 4,2 млн т агломерату в рік. Ці дані можливо виняткові, і не можуть бути досягнуті на багатьох інших агломераційних установках в ЄС, особливо на тих, які вже працюють при значно нижчому споживанні твердого палива, ніж ті, на яких застосовується технології компанії Corus, в Еймейдене. Слід також підкреслити, що оцінена середня ціна коксової дрібниці, використаної на інших агломераційних установках в ЄС, на 40% дешевше, внаслідок чого будь-яка можлива економія коксової дрібниці стає економічно менш привабливою. Проте, чим менше об'єм газів, що відходять, викидаються з агломераційної стрічки, пов'язаний із застосуванням їх рециркуляції, тим менше будуть витрати на очисне устаткування. [14], [17], [19], [20], [23]

1.7.3 Утилізація газів, що відходять, від усієї агломераційної стрічки у поєднанні з теплообміном

Внаслідок особливості процесу спікання концентрація різних компонентів газів, що відходять, виявилася рівномірно розподіленою по усій довжині агломераційної стрічки. Перша половина процесу пов'язана головним чином з випаром вологи з рудної суміші. У другій половині відмічені підвищені концентрації оксидів сірки, з'єднань хлору і PCDD/F. Кількості монооксиду вуглецю і діоксиду вуглецю, а також оксиди азоту в рівній мірі розподілені між двома половинами агломераційної стрічки. Після видалення вологи на другій

половині агломераційної стрічки температура газів, що відходять, зростає до досягнення максимального рівня в області температури спікання.

На відміну від інших способів рециклінга газів, що відходять, у рамках даній технології (рис. 1.14) усі гази, що відходять, збираються з другої половини стрічки. Вони рециркулюють в систему по усій довжині агломераційної стрічки. Кисень, що залишається в цьому газі, забезпечує горіння палива. Коли відбувається рециркуляція газів, що відходять, пил, що міститься в спікальному шарі, і PCDD/F частково руйнуються, а оксиди сірки і з'єднання хлору адсорбуються. Окислення монооксиду вуглецю в газі, що рециркулює, у фронті горіння супроводжується передачею тепла в систему, дозволяючи понизити рівень споживання твердого палива.

Внаслідок рециркуляції газів, що відходять, від другої секції агломераційної стрічки, гази, що відходять, тільки від першої половини зі зниженими концентраціями основних забрудників покидають процес через димову трубу. Це значно знижує кількість газів, що відходять, і об'єм викидів. Оскільки газ, що рециркулює, проходить через фронт горіння, концентрації викидів визначаються ефективністю засвоєння пилу в шарі агломерату, адсорбцією таких з'єднань, як хлориди і оксиди сірки, і окисленням деяких видів (наприклад, CO, PCDD/F).

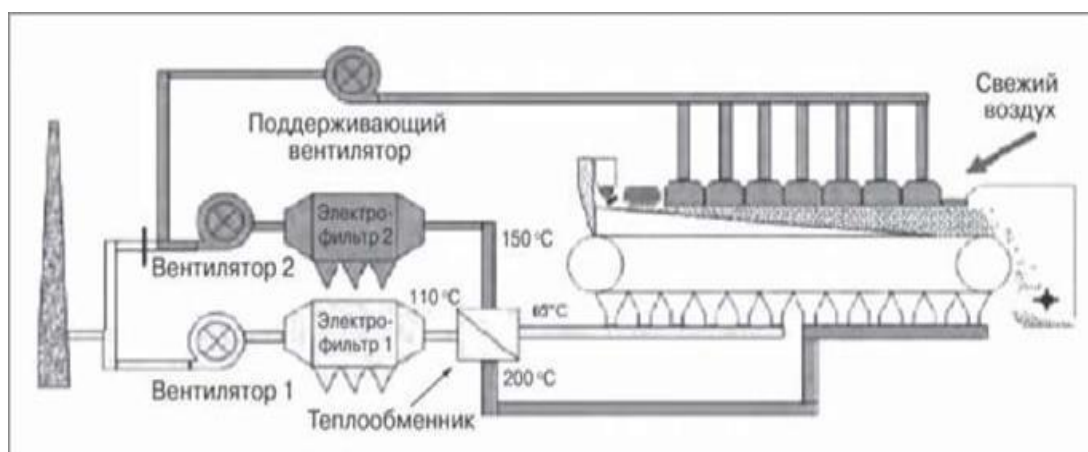


Рисунок 1.14 - Процес спікання з низькими викидами і оптимальним споживанням енергії (LEEP)[23]

Перед вступом в один з електрофільтрів два газіві потоки проходять через газо-газовий теплообмінник. Вирівнювання температур газіві потоку (перед

теплообмінником: 200/65°C, після теплообмінника: 150/110°C) дає можливість витяжним вентиляторам працювати в тому ж режимі експлуатації, що і при звичайному процесі спікання. Крім того, область, де холодніший газ з першої секції стрічки досягає точки роси, обмежена газовими трубами, розташованими перед теплообмінником. Температурні рівні в усіх додаткових газових трубках перевищують кислотну точку роси. Охолодження циркулюючих гарячих газів до температури біля 150°C також гарантує підтримку якісних показників агломерату.

Після того, як гази, що відходять, проходять через електрофільтри і витяжні вентилятори, рециркулюючий технологічний газ повертається на агломераційну стрічку за допомогою додаткового підтримувального вентилятора з регульованою швидкістю. Гази, що відходять, з першої секції стрічки викидаються в атмосферу через димар.

З використанням технології LEEP може бути досягнуте зниження деяких викидів (табл. 1.10).

Таблиця 1.10 - Деякі екологічні вигоди, що досягаються за допомогою LEEP [23], [24]

Параметр	Зниження
Питомий об'єм газів, що відходять, на тону агломерату	Приблизно 50% в димарі
Викиди пилу з агломераційної стрічки	50-55%
Викиди SO ₂	27-35%
Викиди NO _x	25-50%
Викиди CO	50-55%
Викиди HF	50%
Викиди HCl	50%
Викиди PCDD/F	Приблизно 75-85%
Тверде паливо	Приблизно 5-7 кг/т агломерату дає зниження викидів CO і CO ₂

Примітка. Енергія, що міститься в коксовій дрібниці, яка економиться, еквівалентна енергії в рециркулюємому газі

Відзначається невелике зростання використання електроенергії додатковим вентилятором. Особлива увага має бути приділена змісту 3 у відходять газах, що рециркулюють, для запобігання можливості отруєння робітників чадним газом.

Коли ця технологія тільки впроваджувалася, спостерігалось зниження продуктивності. На теперішній час досягався той же рівень продуктивності, що і при звичайному спіканні. В майбутньому очікується можливість підвищення продуктивності в результаті наступних факторів: змін в запальному горні, добавки кисню, підвищення основності агломерату і зниження об'єму підсмоктуваного повітря. В порівнянні із зазвичай вироблюваним агломератом якість агломерату з системою LEEP показує, що той же самий рівень розмірів зерен, міцності і відновлюваності, а також інші високі показники досягаються при нижчій температурі.

Агломераційна установка компанії Huttenwerke Krupp Mannesmann площею 420 м² має два основні потоки газів, що відходять, які пересуваються паралельно їй. Для того, щоб розділити дві зони спікання, була встановлена перегородка для повного відділення одного потоку газів, що відходять, від тильної області агломераційної стрічки, забезпечуючи умови для того, щоб цей основний потік захоплював повітря з першої половини стрічки. Затвори відділяють дуттеві камери передньої секції стрічки від другого потоку, в результаті в цьому потоці збирають гази, що відходять, від тильної секції стрічки. Оскільки умови експлуатації можуть змінюватися, чотири дуттеві камери (із загальної кількості 29) в середній секції агломераційної стрічки можна додатково інтегрувати або в циркуляційний контур, або в контур газів, що відходять.

Ця технологія може бути впроваджена на нових і існуючих агломераційних установках. На існуючих установках не завжди можливе застосування часткового рециклінгу газів, що відходять, внаслідок обмеження в площах. Якщо існуюча агломераційна установка має два основні димарі газів, що відходять, то не буде переваг використання нової схеми. Як ілюструється компанією Huttenwerke Krupp Mannesmann, тоді початкові основні повітрорудки і електрофільтри можна зберегти. Застосування рециркуляції газів, що відходять, вимагає особливої уваги для виключення негативних дій на якість агломерату і продуктивність.

При інвестиціях в 14 млн євро споживання твердого палива знизилося на 5-7 кг твердого палива/т агломерату (12,5% потреби в паливі) з відповідною економією експлуатаційних витрат.

Ця технологія використовується з грудня 2001 р. на заводі в Дуйсбурзі, Німеччина, що належить компанії Huttenwerke Krupp Mannesmann. [21], [22], [23].

1.7.4 Утилізація частин газів, що відходять, для різних частин агломераційної стрічки

Концепція технології селективної рециркуляції заснована на місцевому видаленні газів, що відходять, від спікання на стрічці і на місцевому рециклінгу над шаром агломерату. Це селективне відсмоктування і рециклінг є основною відмінністю між цим процесом і спіканням з оптимізованими викидами (EOS). На рис. 1.15 показана схематична діаграма такої селективною рециркуляції газів, що відходять, впровадженою на агломераційній установці в Японії.

В цьому випадку 480 м² площі спікання розділено на чотири різні зони (табл. 1.11).

- зона 1: газ, відповідний секції підігрівання сировинної суміші, повинен подаватися в середину стрічки (високий вміст O₂, низький вміст H₂O, низька температура);
- зона 2: газ з низьким вмістом SO₂ повинен скидатися в димар після знепилювання (високий вміст O₂, низький зміст H₂O, низька температура);
- зона 3: газ з високим вмістом SO₂ повинен скидатися в димар після знепилювання і десульфуризації (високий вміст O₂, низький вміст H₂O, низька температура);
- зона 4: газ з високим вмістом SO₂, відповідний гарячій секції навколо фронту горіння, повинен рециркулювати в першу половину стрічки відразу після зони розжигу (високий вміст O₂, низький зміст H₂O, дуже висока температура).

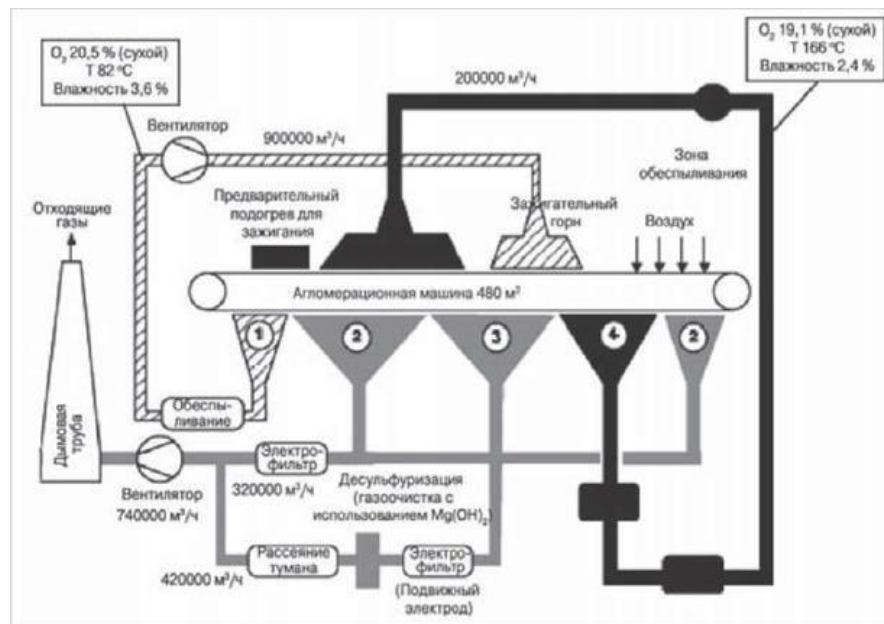


Рисунок 1.15 - Схематична діаграма селективної рециркуляції газів [16]

У цій процедурі концентрація кисню в утилізованих газах, що відходять, залишається високою (19%), а рівень вологості - низьким (3,6%). Досягається рівень рециклінгу в 25% без зниження якості агломерату (RDI – показник зниження відновлюваності агломерату) залишається практично постійним, а SI (показник міцності) зростає на 0,5%. Повідомлялося також про 6% економію твердого палива.

Цей спосіб має дві переваги в порівнянні із звичайним спіканням:

- 1) Кисень, що міститься в газах, що відходять, можна ефективно використовувати за допомогою селективної рециркуляції.
- 2) Гази, що відходять, з різних секцій можна очищати окремо в залежності від складу газу. Таким чином капітальні і експлуатаційні витрати на очищення газів, що відходять, значно знижуються в порівнянні із звичайним спіканням, навіть в порівнянні з системою EOS.

У табл. 3.38 приведені характеристики потоків газів, що відходять, з використанням селективної рециркуляції газів, що відходять, на агломераційній установці № 3 компанії Nippon Steel Corporation на заводі Yawata Works.

Таблиця 1.11 - Характеристики потоків газів, що відходять, при використанні селективної рециркуляції газів [18]

Секція потоку газів, що відходять	нм ³ /ч	Темп °С	O ₂ ,%	H ₂ O %	SO ₂ , м /нм ³	Очищення газів, що відходять
Повітряні короби 1,; 3	62000	82	20,6	3,6	0	Рециркуляція на агломераційну стрічку
Повітряні короби 4; 13; 32	290000	99	11,4	13,2	21	Викид через димову трубу після електрофільтру
Повітряні короби 14; 25	382000	125	14,0	13,0	1000	Викид через димову трубу після електрофільтру і десульфуризації
Повітряні короби 26; 31	142000	166	19,1	2,4	00	Рециркуляція на агломераційну стрічку
Димар	72000	95	12,9	13	0,15	Викиди в повітря

Були досягнуті зниження об'єму димових газів, що викидаються в атмосферу (близько 28%) і викидів пилу (близько 56%). Відмітимо, що сюди включається ефект від модернізації електрофільтру (який оснащується рухливими електродами) і зниження викидів SO₂ (близько 63%, включаючи фінішну десульфуризацію газів, що відходять, із зони 3). Повідомлялося про невелике зниження викидів NO_x (близько 3%). У таблиці. 3.39 порівнюються викиди до і після застосування секційної рециркуляції газів, що відходять.

У табл. 1.12 дається порівняння кінцевого складу газів, що відходять, до і після модернізації з селективною рециркуляцією газів, що відходять, на агломераційній установці № 3 компанії Nippon Steel Corporation на заводі Yawata Works в р. Тобата, Японія.

Установка додаткових вентиляторів приводить до більшого споживання електроенергії. Проте це зростання нехтує мале, в порівнянні зі зниженням споживання коксової дрібниці.

Система, що використовує селективну рециркуляцію газів, що відходять, була встановлена на агломераційній установці № 3 в р. Тобата на заводі Yawata Works компанії Nippon Steel Corporation. Гази розділяються на чотири частини,

кожна з яких очищається окремо. Система працює без збоїв, а рециклінг газів, що відходять, не впливає на якість агломерату.

Таблиця 1.12 - Порівняння кінцевого складу газів, що відходять, до і після реконструкції з введенням селективної рециркуляції газів, що відходять, [18]

Характеристика/ компонент	Одиниця	Звичайне спікання (з установкою десульфуризації)	Спікання з селективною рециркуляцією газів, що відходять	
Витрата газів, що відходять	нм ³ /ч	925000	665000	28%
Пил (1)	мг/нм ³	50	30 (2)	56% (по масі)
SO _x (3)	мг/нм ³	26	14	63% (по масі)
NO _x	мг/нм ³	408	559	3% (по масі)
Нетто споживання енергії	ГДж/т агломерату	1662	1570	6% (4)

Селективна рециркуляція газів, що відходять, може застосовуватися як на нових, так і на існуючих установках, хоча признається, що інвестиційні витрати будуть нижчі для нової установки, на якій система впроваджується, на стадії планування. На деяких існуючих установках можуть бути значно вищі витрати внаслідок особливостей конструкції установки. Крім того на них може бути відсутньою можливість впровадити частковий рециклінг газів, що відходять, із-за обмежень місця. Застосування рециркуляції газів, що відходять, вимагає особливих зусиль для того, щоб уникнути негативної дії на якість агломерату і продуктивність.

У Європі капітальні витрати для системи рециклінга газу склали 8 - 10 млн євро в рік., виключаючи устаткування для пригнічення оксидів азоту, сірки і інших компонентів. Конфіденційно повідомлялися дані про експлуатаційні витрати. Повідомлялося про зниження споживання коксу на 6% [15], [18].

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок електрофільтру

Проведемо перерахунок щільності суміші газів за нормальних умов перед електрофільтром:

Щільність газової суміші за робочих умов, кг/м^3 :

$$\rho_t = 1,29 \cdot (273 / (273 + 200)) \cdot ((101,3 - 8) / 101,3) = 0,72 \text{ кг/м}^3$$

Динамічний коефіцієнт в'язкості газу для кожного компонента газової суміші визначається, $\text{Па}\cdot\text{с}$:

$$\mu = \mu_0 \cdot (273 + C') / (T + C') \cdot (T / 273)^{1,5}, \quad (2.1)$$

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

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

T – температура газу, $^{\circ}\text{C}$

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

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

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

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

Молярна маса газової суміші:

$$M = 0,01 \sum_{i=1}^n a_i \cdot M_i, \quad (2.2)$$

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:

$$\mu = 0,01 \sum_{i=1}^n a_i \cdot \mu_i, \quad (2.3)$$

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:

$$Q_p = Q_o \frac{P_o}{P_r} \quad (2.4)$$

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

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

$$Q_p = 150000 \frac{1,29}{0,68} = 268750 \text{ м}^3/\text{год}$$

Для забезпечення ефективної роботи електрофільтру приймаємо швидкість газу $W_r=1,0$ м/с [26]. Дана швидкість реалізується при поперечному перетині фільтру рівному:

$$F' = \frac{Q_t}{W_r} = \frac{237714}{1 \cdot 3600} = 74,6 \text{ м}^2 \quad (2.5)$$

Виходячи з отриманих характеристик, вибираємо електрофільтра типа ЭГВ1-19-9-6-4А. Даний тип фільтрів призначений для очищення від пилу неагресивних невибухонебезпечних газів температурою не більше 330 °С [25].

Технічна характеристика [13]:

Продуктивність по газу, що очищається, (при умовній швидкості 1 м/с) 268200 м³/год.

Площа активного перетину електрофільтру, $F= 74,5 \text{ м}^2$;

Площа поверхні осадження 5370 м²;

Гідравлічний опір 0,25 кПа.

Допустима запилена перед фільтром – 90 г/м³

Тоді фактична швидкість газів в електрофільтрі:

$$W_\phi = \frac{Q}{3600 \cdot F} = \frac{268750}{74,5 \cdot 3600} = 1,002 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

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):

$$\beta = \frac{(P_{\text{бар}} - P_r) \cdot T_{\text{ст}}}{P_{\text{ст}} \cdot (273 + T_r)} = \frac{(101,3 - 7,0) \cdot 293}{101,3 \cdot (273 + 200)} = 0,61. \quad (2.6)$$

Критична напруженість електричного поля:

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

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

Критична напруга корони для електрофільтру:

$$U_{\text{кр}} = E_{\text{кр}} \cdot R_1 \cdot \left(\frac{\pi \cdot H}{S} - 2,3 \cdot \lg \frac{2 \cdot \pi \cdot R_1}{S} \right) =$$

$$= 6,07 \cdot 10^6 \cdot 0,0003 \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 0,3}{2 \cdot 0,18} - 2,3 \cdot \lg \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,0003}{0,18} \right) = 13,06 \cdot 10^3 \text{ В},$$

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:

$$k_0 = 0,01 \cdot \sum k_{0i} \cdot a_i =$$

$$= 0,01 \cdot (28,3 \cdot 0,96 \cdot 10^{-4} + 4,6 \cdot 1,84 \cdot 10^{-4} + 7,4 \cdot 0,57 \cdot 10^{-4} + 59,7 \cdot 1,84 \cdot 10^{-4}) =$$

$$= 1,0 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^2}{\text{В} \cdot \text{с}},$$

де k_{0i} – рухливість газових молекул за нормальних умов, $\text{м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ [7]:

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

a_i – об'ємний вміст компонентів газової суміші %.

Рухливість іонів газової суміші за робочих умов:

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

Лінійна щільність струму корони:

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

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

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

[7].

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:

$$f = \frac{F_{\text{э}}}{Q} = \frac{5370}{74,9} = 71,69$$

де $F_{\text{э}}$ – загальна площа поверхні осадження, $F_{\text{э}} = 5370 \text{ м}^2$ [10];

Фракційні коефіцієнти очищення газів від пилу визначається по формулі:

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

Коефіцієнт очищення газів для фракції менше 3 мкм:

$$\eta_{\leq 3} = 1 - e^{-71,69 \cdot 0,133} = 0,9999;$$

Коефіцієнт очищення газів для фракції 3-60 мкм:

$$\eta_{3-60} = 1 - e^{-71,69 \cdot 0,278} = 1;$$

Коефіцієнт очищення газів для фракції 60-250 мкм:

$$\eta_{60-250} = 1 - e^{-71,69 \cdot 1,37} = 1;$$

Коефіцієнт очищення газів для фракції більше 250 мкм:

$$\eta_{>250} = 1 - e^{-71,69 \cdot 4,6} = 1.$$

Дані розрахунку зводимо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 - 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:

$$\eta' = \sum \frac{\eta_{\text{фр}} \cdot \Phi_{\text{фр}}}{100} = \frac{0,9999 \cdot 35 + 1 \cdot 27 + 1 \cdot 21 + 1 \cdot 19}{100} = 0,9999$$

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 ($K_{\text{ун}}=0,9$):

$$\eta'' = 1 - \exp K_{\text{ун}} \cdot 2,3 \cdot \lg(1 - \eta') = 1 - \exp 0,9 \cdot 2,3 \cdot \lg(1 - 0,9999) = 0,994.$$

Запилена газу після електрофільтру:

$$Z_2 = Z_1 \cdot (1 - \eta'') = 6 \cdot (1 - 0,997) = 0,036 \frac{\Gamma}{\text{м}^3}.$$

2.3 Вибір ексгаустера

Ексгаустер вибирають на основі аеродинамічного розрахунку тракту, що газовідводить [7].

Продуктивність ексгаустеру:

$$Q_{\text{екс}} = \frac{1,1 \cdot Q_p \cdot 101,3}{V} = \frac{1,1 \cdot 74,6 \cdot 101,3}{101,3} = 82 \text{ м}^3/\text{с}$$

Коефіцієнт перерахунку:

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

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

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

Створюване ексгаустером розрідження:

$$\Delta P_d = 1,2 \cdot K \cdot \Delta P_{\Sigma} = 1,2 \cdot 0,75 \cdot 9720 = 8750 \text{ Па} \quad (2.19)$$

K – коефіцієнт перерахунку.

На підставі розрахованих параметрів застосовуємо до установки Н-6500-11-1, що має об'ємну продуктивність до $6500 \text{ м}^3/\text{хв}$, споживану потужність 2000 кВт , частоту обертання ротора 750 об/хв (кожен), розрідження до 11 кПа [10].

2.4 Виробництво окатишів з вловленого пилу

Для виробництва окатишів з вловленого пилу застосовують наступні матеріали:

- Пил, що уловлюється останніми полями електрофільтрів ;
- Коксова дрібниця (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 - Хімічний склад пилу, уловлених фільтрами сухих газоочисток

№	Масова доля, %								
	Mn	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	P	C
1	27,0	1,5	35,0	3,4	7,5	6,5	3,0	0,03	5,0
2	27,0	2,0	11,4	2,5	20,0	3,3	3,0	0,02	6,5
3	22,0	1,5	8,0	1,4	17,5	2,6	6,5	0,23	5,0

Таблиця 2.5 - Вимоги, що пред'являються до коксової дрібниці різних марок.

Найменування показника	Марка коксової дрібниці		
	МК1	МК2	МК3
Зольність, % не більш	13,0	16,0	18,0
Масова доля загальної вологи, %	22,0	22,0	24,0
Масова доля шматків розміром більш 10мм, % не більш	8,0	8,0	6,0
Розмір шматків, мм	0-10 0-8	0-10 0-8	0-8

Окатиші виробляють двох типів: ОПК і ОКП. Для виробництва окатишів з вловленого пилу встановлюється наступне співвідношення шихтових матеріалів, %:

Компонент шихти	ОПК	ОКП
Пил	75-80	50
Коксова дрібниця	20-25	50

Дозування пилу і коксової дрібниці виробляється оператором в ручному режимі протягом одного замісу по виробництву окатишів приблизно 0,5 тонн. Дозування і подача коксової дрібниці і пилу виробляється насухо або з частковим змочуванням.

Виробництво окатишів здійснюється на тарілчастому грануляторі. Гранулятор працює в безперервному режимі, а гранульована шихта може подаватися на нього безперервно або періодично. Нормальний процес грудкування характеризується наступними параметрами:

1. Рівномірним утворенням окатишів фракції 5-25мм за усією площею потоку шихти;
2. Повернення відсівання сирих окатишів не повинні перевищувати 10% від придатного.

Стійкий режим грудкування підтримується регулюванням наступних параметрів :

1. Швидкості обертання тарілки;

2. Кута нахилу огрудковувача;
3. Міри заповнення чаші шихтою;
4. Способу подачі компонентів шихти на огрудковувач (після попереднього перемішування або відразу на огрудковувачь);
5. Швидкості і району подачі єднального на шихту.

Змінюючи швидкість обертання, кут нахилу тарілки огрудковувача, а також вагу шихти, що подається на огрудковувач, організують один з режимів руху шихти. Кут нахилу тарілки від 300 до 700 і швидкість обертання її від 6 до 12 об/хв можуть бути відрегульовані без зупинки огрудковувача.

Єднальне - вода подається безпосередньо в гранулятор. Для зменшення діаметру гранул зона зволоження зміщується до борту тарілки. При необхідності збільшення гранул, зона зволоження зміщується до центру гранулятора. Рівномірність змочування шихти на грануляторі забезпечується фокусуванням форсунок у відповідні зони, а також регулюванням продуктивності форсунок. Вміст вологи в сирих окатишах не повинен перевищувати 8-10%.

Оскільки фізико-хімічні властивості шихтових матеріалів змінюються в широких межах перед організацією безперервного процесу виробництва окатишів, підбирають оптимальний режим грудкування, здійснюючи огрудкування невеликих навішувань шихти.

Отримані окатиші, у міру їх накопичення в грануляторі, пересипаються через нижній край і по тічці подаються в стрічковий транспортер, а від туди на гуркіт. Після грохочення утворюється дві фракції: готова продукція (5-25мм) і просипу (0-5мм). Готові окатиші транспортуються стрічковим конвеєром в підвісний бункер, де природно осушуються до досягнення вологи не більше 3%, а потім відвантажуються і вирушають в цехи для переплавки. Просип (0-5мм) з-під вібраційного гуркоту стрічковим конвеєром повертається в гранулятор.

Діаметр чаші огрудковувача можна розрахувати по наступній формулі

$$D = \sqrt{4Q / \pi Q_y} \text{ м} \quad (3.17)$$

де Q - продуктивність огрудковувача, т/ч;

Q_y - питома продуктивність; $Q_y = 2,5$ т/(м²·ч) по В. І. Бессарабу.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 15,4}{3,14 \cdot 2,5}} = 2,76, \text{ м}$$

Приймаємо тарілчастий грануляторі типу ОТ 3000 У01 діаметром тарелі 3м.

Діаметр чаші, мм	3200
Висота борту чаші, мм	600
Частота обертання чаші, хв- 1	9-3
Передавальне число редуктора	128,7
Продуктивність, т/год	15
Кут нахилу чаші, град.	45-55
Габаритні розміри, мм:	
довжина	3120
ширина	4200
висота	4190
Потужність електродвигуна приводу обертання чаші, кВт	37
Потужність електродвигуна приводу нахилу чаші, кВт	2,2
Орієнтовна маса з електроустаткуванням, т	12

2.5 Розрахунок агломераційної шихти

Розрахунок полягає у визначенні співвідношення компонентів шихти, яка забезпечує виробництво агломерату заданої основності. Необхідно визначити співвідношення витрат рудної суміші і вапняку при заданих витратах інших компонентів шихти.

Можливі два варіанти розрахунку залежно від типу залізняку.

Якщо спікається гематитова шихта, вміст заліза в якій не перевищує зазвичай 3..5%, значний розвиток отримують процеси відновлення і термічної дисоціації. В цьому випадку утримуване закису заліза в агломераті буде значно більше (10..15%), чим в шихті, тобто в процесі спікання такої руди кількість кисню, пов'язаного із залізом, зменшується, що необхідно враховувати при розрахунку, роблячи виправлення на зменшення маси агломерату.

Навпаки, при спіканні магнетитової шихти розвиток отримують окислювальні процеси. Отже, при спіканні магнетитових шихт кількість кисню, пов'язаного із залізом, зростає, тобто зростає маса агломерату, який необхідно враховувати під час розрахунку.

Розрахунок ведеться по методу Ф.М. Базанова і И.Л. Малкина.

Задана основність агломерату($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$) = 1,2; вміст окислу заліза в агломераті - 12%; витрати інших компонентів шихти на 100% (чи 100 кг) агломерату приведені в таблицю. 2.6, а також їх хімічний склад.

Розрахунок повинен вестися на суху шихту. Сума усіх хімічних елементів в кожному стовпчику цієї таблиці обов'язково дорівнює 100%. Якщо ця умова не дотримується точний розрахунок шихти стане неможливим.

На початку обчислюється загальна кількість заліза, марганцю, фосфору і сірки в компонентах шихти, які знаходяться у відповідних оксидах. Розрахунок утримуваного загального заліза виконується по наступному вираженню:

$$Fe_{\text{общ}} = \sum \left(\frac{M_{Fe}}{M_{\text{мин}}} \gamma_{\text{мин}} \right),$$

де M_{Fe} - молярна маса заліза в мінералі (з'єднанні);

$M_{\text{мин}}$ - молярна маса мінералу (з'єднання);

$\gamma_{\text{мин}}$ - зміст мінералу (з'єднання) в компоненті шихти.

Таблиця 2.6 - Хімічний склад компонентів агломераційної шихти

Компонент	Руда	Пил	Окали на	Вапно	Повернення	Мп руда	Чавун. струж.	Коксик
<i>Feмет</i>	-	-	-	-	-	-	90,5	-
<i>FeO</i>	0,4	12,3	3,9	0	12	-	-	-
<i>Fe2O3</i>	81,6	51	94	0,38	55,8	5	-	7,7
<i>Mпмет</i>	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>MnO</i>	0,1	0,1	0,5	-	0,3	-	-	0,37
<i>MnO2</i>	-	-	-	-	-	60,2	-	-
<i>SiO2</i>	13,4	9,1	0,85	2,1	12,1	20	3	5,42
<i>Al2O3</i>	2,2	3,5	0,15	0,82	2,2	6	1	2,17
<i>CaO</i>	0,3	14	0,4	42,9	13,9	2	1	0,44
<i>MgO</i>	0,18	2	0,1	10,3	3,4	0,2	-	0,26
<i>FeS</i>	-	-	-	0,04	0,02	-	-	0,71
<i>FeS2</i>	0,1	-	-	-	-	-	-	-

Компонент	Руда	Пил	Окалина	Вапно	Повернення	Mn руда	Чавун. струж.	Коксик
<i>SO3</i>	0,1	0,15	0,06	0,03	0	0,1	-	0,4
<i>S орг</i>	-	-	-	-	-	-	-	1,44
<i>P2O5</i>	0,12	0,15	0,04	0,03	0,11	0,5	-	0,02
<i>Снелет</i>	-	7	-	0	0,17	0	3,5	78,79
<i>CO2</i>	-	0,7	-	42,3	-	-	-	-
<i>V кокс</i>	-	-	-	-	-	-	-	2,28
<i>W</i>	1,5	-	-	1,1	-	6	-	-
<i>Всього</i>	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Витрати %</i>		1,2	0,2		20	0,4	0,2	5

По аналогічних виразах виконується розрахунок загальної кількості марганцю, фосфору і сірки. Набутого значення заносять в таблиці. 2.7.

За даними хімічного складу шихти обчислюються втрати маси кожного компонента при спіканні, які приведені в таблицю. 2.8.

Враховується повне вигорання вуглецю і видалення в газову суміш літаючих речовин коксика, повне розкладання карбонатів і видалення вологи (H₂O) гідрата гідр, а також видалення 95% усієї сірки шихти. Окрім цього в процесі агломерації під дією високих температур металеве залізо і марганець окислюватимуться до закисів відповідно заліза (FeO) і марганцю (MnO).

Таблиця 2.7 - Вміст заліза, марганцю, фосфору і сірки в компонентах шихти

Компонент	Руда	Пил	Окалина	Вапно	Повернення	Mn руда	Чавун. струж.	Коксик
<i>Feобщ</i>	57,477	45,2667	68,833	0,291	48,406	3,5	90,5	5,8418
<i>Mnобщ</i>	0,0775	0,0775	0,3873	0	0,2324	38,057	1,0	0,2866
<i>Pобщ</i>	0,0524	0,0656	0,0175	0,013	0,0481	0,2185	0	0,0087
<i>Sобщ</i>	0,0933	0,0600	0,0240	0,026	0,0073	0,04	0	1,8582

Таблиця 2.8 - Втрати маси компонентів шихти при спіканні (без урахування окислювально-відновних процесів), %

Втрати маси	Руда	Пил	Окалина	Вапно	Повернення	Mn руда	Чавун. струж.	Коксик
$0,95(S_{орг}+SO_3+SF_{e}+SF_{e_2})$	0,146	0,143	0,0570	0,042	0,007	0,095	-	1,993
CO_2	-	0,70	-	42,30	-	-	-	-
$C_{нелет}$	-	7,00	-	-	0,17	-	3,50	78,79
$W, (H_2O)_{зидр}$	1,50	-	-	1,10	-	6,00	-	-
V_2	-	-	-	-	-	-	-	2,28
$Fe \rightarrow FeO$	-	-	-	-	-	-	- 25,857	-
$Mn \rightarrow MnO$	-	-	-	-	-	-	- 0,291	-
<i>Всього</i>	1,646	7,843	0,057	43,442	0,177	6,095	-22,648	83,063

Втрата маси сірки визначається з вираження:

$$S_{пот} = 0,95 \left(\frac{M_S}{M_{FeS}} \gamma_{FeS} + \frac{M_{S_2}}{M_{FeS_2}} \gamma_{FeS_2} + \gamma_{SO_3} + \gamma_{S_{орг}} \right).$$

Як видно з вираження, в мінералах піротину (FeS) і піриту (FeS₂) вигорає лише сірка, а окисел сірки (SO₃) і органічна сірка (S_{орг}) вигорають повністю на 95%.

Складається рівняння матеріального балансу процесу, з урахуванням того, що при спіканні частина компонентів шихти втрачає деяку свою масу. Так наприклад, руда втрачає 1,646% маси (чи 1,646 кг при отриманні 100 кг агломерату), колошниковий пил - 7,843% і так далі, але як видно з таблиці. 1.5 чавунна стружка не втрачає своєї маси, а навпаки збільшує на 22,648%.

Загальне рівняння записується у виді:

$$A = \sum \left(\frac{100 - a_i}{100} \right) \gamma_i,$$

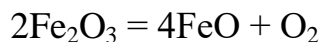
де a_i - втрата деякої маси шихти і - тим компонентом,

γ_i - витрати і - того компонента шихти.

Насправді агломерату буде трохи менше, оскільки ще не враховані втрати кисню γ_{O_2} при відновленні і термічній дисоціації шихти. Так, щоб отримати 100% (чи 100 кг) агломерату, необхідно узяти не А відсотків шихти, а, тобто:

$$A - \gamma_{O_2} = 100 \%, \text{ або } \gamma_{O_2} = A - 100.$$

Отже, для складання остаточного рівняння матеріального балансу необхідно вичислити втрати кисню γ_{O_2} . Кількість закису заліза в готовому агломераті задана в початкових умовах (12%). Відповідно до реакції:



маємо співвідношення: $320 = 288 + 32$,

тобто при утворенні 288 а.е. закису заліза (FeO) виділяється (чи захоплюється відновником) 32 а.е. кисню. Отже, знаючи вміст закису заліза в агломераті, можна визначити кількість кисню, яка виділилася, - воно в дев'ять разів менше маси закису заліза ($288/32 = 9$). При складанні рівняння втрати кисню необхідно враховувати кількість закису заліза, яке знаходиться в початкових компонентах шихти. А тому втрати кисню записуються у виді:

$$\gamma_{O_2} = \frac{1}{9} \left[FeO_{\text{агл}} - \sum \left(\frac{FeO_i}{100} \gamma_i \right) \right].$$

Рівняння матеріального балансу спікання в остаточному виді має вигляд:

$$\frac{1}{9} \left[FeO_{\text{агл}} - \sum \left(\frac{FeO_i}{100} \gamma_i \right) \right] = \sum \left(\frac{100 - a_i}{100} \right) \gamma_i - 100.$$

Підставимо тепер в це рівняння дані про величину втрат маси при спіканні з таблицею. 1.5 і вміст FeO компонентів шихти з таблицею. 1.3.

$$\begin{aligned} & \frac{1}{9} \left[12 - \left(\frac{0,4}{100} \gamma_p + \frac{12,3}{100} 1,2 + \frac{3,9}{100} 0,2 + \frac{0}{100} \gamma_s + \frac{12}{100} 20 + \frac{0}{100} 0,4 + \frac{0}{100} 0,2 + \frac{0}{100} 5 \right) \right] = \\ & = \left[\left(\frac{100 - 1,646}{100} \right) \gamma_p + \left(\frac{100 - 7,843}{100} \right) 1,2 + \left(\frac{100 - 0,057}{100} \right) 0,2 + \left(\frac{100 - 43,442}{100} \right) \gamma_s + \right. \\ & \left. + \left(\frac{100 - 0,177}{100} \right) 20 + \left(\frac{100 - 6,095}{100} \right) 0,4 + \left(\frac{100 + 22,648}{100} \right) 0,2 + \left(\frac{100 - 83,063}{100} \right) 5,0 \right] - 10 \end{aligned}$$

У цьому рівнянні двоє невідомих - вихід руди (γ_p) і вапняку (γ_s). Зведемо подібні спочатку в лівій і правій частині. Маємо:

$$1,0494 - 0,00044 \gamma_p = -77,2619 + 0,98354 \gamma_p + 0,5656 \gamma_s.$$

Після перенесення усіх членів рівняння в один бік отримаємо:

$$78,3113 - 0,98398 \gamma_p - 0,56558 \gamma_s = 0.$$

Це рівняння можливо вирішити, якщо матимемо систему з двох рівнянь, а тому складається друге, яке враховує основність агломерату.

$$P = \frac{CaO + MgO}{SiO_2 + Al_2O_3}; \text{ чи } P = \frac{\sum (CaO + MgO)_i \gamma_i}{\sum (SiO_2 + Al_2O_3)_i \gamma_i}.$$

Підставивши значення, отримаємо:

$$1,2 = \frac{(0,3 + 0,18)\gamma_p + (14 + 2)1,2 + (0,4 + 0,1)0,2 + (42,9 + 10,3)\gamma_e + (13,9 + 3,4)20 +}{(13,4 + 2,2)\gamma_p + (9,1 + 3,5)1,2 + (0,85 + 0,15)0,2 + (2,1 + 0,82)\gamma_e + (12,1 + 2,2)20 +} + \frac{(2 + 0,2)0,4 + (1 + 0)0,2 + (0,44 + 0,26)5}{(20 + 6)0,4 + (3 + 1)0,2 + (5,42 + 2,17)5} = \frac{369,88 + 0,48\gamma_p + 53,2\gamma_e}{350,47 + 15,60\gamma_p + 2,92\gamma_e}, \quad \text{або}$$

$$1,2(350,47 + 15,60\gamma_p + 2,92\gamma_e) = 369,88 + 0,48\gamma_p + 53,2\gamma_e.$$

Звідки після зведення подібних отримаємо рівняння:

$$50,684 + 18,24\gamma_p - 49,696\gamma_e = 0.$$

Тепер маємо систему з двох рівнянь з двома невідомими:

$$\begin{cases} 78,3113 - 0,98398\gamma_p - 0,56558\gamma_e = 0 \\ 50,684 + 18,24\gamma_p - 49,696\gamma_e = 0 \end{cases}.$$

Після рішення цієї системи, отримаємо: $\gamma_p = 65,237\%$, $\gamma_e = 24,964\%$.

Оскільки тепер відомі витрати усіх компонентів шихти, виконується перевірка правильності розрахунку, для чого визначається повний хімічний склад готового агломерату.

Вміст заліза в агломераті визначається з вираження:

$$Fe_{\text{агл}} = \frac{\sum (Fe_{\text{общ}_i} \gamma_i)}{100},$$

де $Fe_{\text{агл}}$ - вміст заліза в агломераті, %;

$Fe_{\text{общ}_i}$ - вміст заліза в i -тому компоненті, %;

γ_i - витрати i -того компонента, %.

$$Fe_{\text{агл}} = 48,4186\%.$$

Аналогічно знаходиться вміст в агломераті марганцю (Mn) і фосфору (P) :

$Mn_{агл} = 0,2673\%$; $P_{агл} = 0,04923\%$. При визначенні сірки (S) пам'ятаємо, що

$$95\% \text{ сірки згорає: } S_{агл} = \frac{\sum (S_{обци} \gamma_i)}{100} 0,05 = 0,00814\%.$$

Сірка входить в агломерат у складі піротину (FeS), кількість якого обчислюється за допомогою вираження : $FeS_{агл} = \frac{M_{FeS}}{M_S} S_{агл}$ ($FeS_{агл} = 0,02239\%$).

Марганець знаходиться в агломераті у вигляді закису марганцю, і його кількість визначається з вираження: $MnO_{агл} = \frac{M_{MnO}}{M_{Mn}} Mn_{агл}$ ($MnO_{агл} = 0,34503\%$).

Фосфор у вигляді п'ятиокису: $P_2O_{5агл} = \frac{M_{P_2O_5}}{M_{P_2}} P_{агл}$ ($P_2O_{5агл} = 0,11265\%$).

Знайдемо кількість гематиту в агломераті ($Fe_2O_{3агл}$). Для цього спочатку знайдемо кількість заліза, яке знаходиться у вигляді піротина (FeS) і в закисі заліза (FeO).

$$Fe_{FeS} = \frac{M_{Fe}}{M_{FeS}} FeS_{агл}, \quad (Fe_{FeS} = 0,01425 \%).$$

$$Fe_{FeO} = \frac{M_{Fe}}{M_{FeO}} FeO_{агл}, \quad (Fe_{Fe} = 9,33333\%).$$

Тоді кількість гематиту в агломераті знайдемо за допомогою вираження:

$$Fe_2O_{3обци} = \frac{M_{Fe_2O_3}}{M_{Fe_2}} (Fe_{обци} - Fe_{FeO} - Fe_{FeS}), \quad (Fe_2O_{3обци} = 55,81578 \%).$$

У таблиці. 2.9 записується хімічний склад агломерату.

Таблиця 2.9 - Хімічний склад агломерату

Компонент	FeO+ Fe ₂ O ₃ +FeS	P ₂ O ₅	MnO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Всього
Руда	67,83816	0,11265	0,34503	8,74174	1,43521	0,19571	0,11743	
Пил				0,1092	0,042	0,168	0,024	
Окалина				0,0017	0,0003	0,0008	0,0002	
Вапно				0,52424	0,2047	10,7095	2,57128	
Повернення				2,42	0,44	2,78	0,68	

Компонент	FeO+ Fe ₂ O ₃ +FeS	P ₂ O ₅	MnO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Всього
Мп руда				0,08	0,024	0,008	0,0008	
Чавун. стружка				0,006	0,002	0,002	0,0	
Коксик				0,271	0,1085	0,022	0,013	
Всього	67,838	0,113	0,345	12,1539	2,25671	13,886	3,4067	99,99915

З таблиці 1.6 видно, що отримана кількість агломерату (99,99915%) мало відрізняється від заданої (100%). Допустима помилка в розрахунках має бути не більш, чим $\pm 0,5\%$, а в нашому випадку - 0,00085, що повністю задовольняє вимогам.

Тепер перевіримо розрахунок, визначивши основність отриманого агломерату $P = \frac{13,886 + 3,4067}{12,1539 + 2,25671} = 1,200001$

Порівнюючи величину основності отриманого агломерату можна вважати, що точність застосованого методу і розрахунку повністю задовільна.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Аналіз потенційних шкідливих чинників виробничого середовища.

При певних видах професійної, діяльності на тих, що працюють можуть впливати шкідливі речовини. Шкідливими називають речовини, які при контакті з організмом людини можуть викликати виробничі травми, професійні захворювання або відхилення від стану здоров'я, що виявляються сучасними методами як в процесі роботи, так і в окремі терміни життя сьогодення і наступних поколінь [29]

Окремі операції агломераційного процесу супроводжуються шкідливими виробничими факторами- виділенням великих кількостей тепла, пилу і газів, підвищенням рівня шуму.

Джерелом теплових випромінювань є спікальні (обпалювальні) машини, запальні горни і грохоти. Оскільки аглоцех - це гарячий цех, то із-за наявності великих кількостей надлишкового тепла відбувається значне підвищення температури повітря. Несприятливий вплив високих температур повітря посилюється дією випромінюваного тепла. Тепловий ефект дії опромінення залежить від довжини хвилі і інтенсивності потоку, випромінювання, опромінюваної ділянки організму, тривалості опромінення і уривчастості його, кута падіння променів, одягу.

Потоки теплових випромінювань в гарячих цехах створюють в основному інфрачервоні промені завдовжки хвилі до 10мкм. Ледве помітне теплове відчуття виникає вже при інтенсивності опромінення $0,08 \text{ кДж/м}^2 \text{ ч}$ (при довжині хвилі 2,9 мкм) або $1,7 \text{ кДж/м}^2 \text{ ч}$ (при довжині хвилі 1,3 мкм); при останній довжині хвилі інтенсивність опромінення $54 \text{ кДж/м}^2 \text{ ч}$ викликає приємне відчуття. Верхня межа оптимального опромінення менш $1,25 \text{ МДж/м}^2 \text{ ч}$.

Дію теплового опромінення на органи зору викликає тепловий ефект. При інтенсивності опромінення більш $63 \text{ МДж на м}^2/\text{ч}$ може виникнути катаракта очей [31].

Підвищена теплова дія 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 що утримує в крові воду. Крім того, різке коливання температури призводить до різних простудних захворювань [32].

Для зниження шкідливої дії тепла на організм людини стінки і зведення запальних горнів агломашин мають бути теплоізолювані, а над горнами мають бути влаштовані парасольки з витяжними трубами. З боків запальних горнів для захисту від променистого тепла мають бути влаштовані екрани у вигляді щитів з металевих листів і азбесту або сіток, безперервно зрошуваних водою [29].

Шкідливим чинником є наявність високих концентрацій пилу в повітрі робочої зони. Пил аглофабрики складе з часток менш 2мкм неправильної форми з розвиненою поверхнею. У загальній масі колір пилу чорний $d_{50} = 20\text{мкм}$; ($\rho = 3,4$; $S_{\text{уд}} = 1800 \text{ см}^2/\text{г}$).

Такий нетоксичний пил може також виявляти шкідливу дію на організм людини, дратуючи шкіру, очі, ясна, вуха. Проникаючи в легені, пил може викликати специфічні професійні захворювання, такі як силікоз, силікатоз, антракоз, азбестоз і інші.

Особливо сильне пиловиділення спостерігається при вантаженні в хопери невідгрохоченого агломерату.

Найбільш ефективними засобами боротьби з пилом є механізація виробничих процесів з герметизацією операцій, пов'язаних з просіюванням, змішуванням і транспортуванням сипких матеріалів і аспірацією пилу з місць її освіти, а також зрошування водою при різних робочих операціях, пов'язаних з пиловиділенням. Також слід застосовувати засоби індивідуального захисту органів дихання, зокрема респіратор ШБ- 2 "пелюстка", яка усуває дію пилу на організм тих, що працюють .

Технологічний процес пов'язаний з безперервним збільшенням потужності і продуктивності устаткування, яке досягається збільшенням робочих швидкостей

машин. Слідством останнього являється зростання динамічних зусиль, вібрацій і шуму. Надмірний шум обмежує можливе підвищення потужності устаткування. Це заважає правильній організації і проведенню виробничих процесів і негативно позначається на продуктивності праці [33].

Шум, представляючи на відміну від звуку безладні поєднання різних по частоті і силі звуків, виявляє негативну дію на людину, викликає стомлення, перешкоджає зосередженню уваги може викликати негативну реакцію і почуття роздратування. Тривала дія шуму може привести до зниження слуху, а іноді до глухоти. Шум робить негативну дію на серцево-судинну і центральну нервову систему [32].

На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях і на території підприємств гранично допустимий рівень звуку встановлений 80 дБА, для якого вірогідність ушкодження слуху практично дорівнює нулю при будь-якому етапі роботи [31].

Аналіз шкідливих чинників виробничого середовища аглоцеха приведений в таблицю.3.1

Таблиця 3.1- Оцінка чинників виробничого середовища трудового процесу
Виробництво - рудопідготовка (агломерация)
Цех: Агломерацийний
Відділ Екстаустерів
Професія 14386, машиніст екстаустера

№№ пп	Чинники виробничого середовища і виробничого процесу	Нормативне значення (ПДУ ГДК)	Фактична величина	3 клас - шкідливі і небезпечні умови і характер праці			
				1 ступінь	2 ступінь	3 ступінь	Час дії, %
1	ШКІДЛИВІ ХІМІЧНІ РЕЧОВИНИ, міліграм\м куб:						
	1 клас безпеки						
	Ангідрид хромовий	0,01	0,03			3,1р	90

№№ пп	Чинники виробничого середовища і виробничого процесу	Нормативне значення (ПДУ ГДК)	Фактична величина	3 клас - шкідливі і небезпечні умови і характер праці			
				1 ступінь	2 ступінь	3 ступінь	Час дії, %
	2 клас безпеки						
	Марганцю оксиди	0,3	0,28				90
	Аерозоль дезинтирації	0,5	0,31				90
	Луги їдкі (у пер. на NaOH)						
	3 клас безпеки						
1	2	3	4	5	6	7	8
	Ангідрид сірчистий	10,0	18,1				90
	Азоту діоксид	2,0	0,83	2,2р			90
	Аміак	20,0	6,94				90
2	ПИЛ ПРЕИМУЩЕСТ-ВЕННО ФИБРОГЕННОГО ДІІ, міліграм\м куб.	4,0	135,95			34	90
3	ШУМ Дб	80,0	99,0			19	100
4	ВІБРАЦІЯ (загальна)	92,0	100,0			8	100
5	ІНФРАЗВУК, Дб						
6	УЛЬТРАЗВУК, Дб						
7	НЕОНЕЗИРУЮЩИЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ: --радиочастотный діапазон --діапазон промышл. частоти --оптич. діапаз., Вт/м2						
8	МІКРОКЛІМАТ В ПРИМІЩЕННІ: --температура, град. --скорость рухи повітря, м\з --относительная вологість повітря, % --инфракрасное випромінювання, Вт/м2	18-27 0,4 55	39,5 0,3 63	2,5			90 90 90
9	ТЕМПЕРАТУРА НАВКОЛИШНЬОГО ПОВІТРЯ ВЛІТКУ / ВЗИМКУ	140	3500				
10	АТМОСФЕРНИЙ ТИСК						
11	ТЯЖКІСТЬ І НАПРУЖЕНІСТЬ ПРАЦІ						

3.2 Безпека технологічних процесів і устаткування

Спікальні (обпалювальні) машини, грохоти, дробарки, шихтоукладчики і інше устаткування, що порошить, поставлятися заводами-виготівниками комплектно з укриттями, забезпеченими приєднувальними елементами для підключення до систем аспірації.

Швидкість руху стрічок, що транспортують матеріали, що порошать, передбачають 1,5 м/с, а швидкість виходу сухого матеріалу, що порошить, з точок близька до швидкості руху стрічки.

Технологічний процес забезпечує отримання охолодженого агломерату з температурою 80-90°C і мінімальним змістом дрібних фракцій. При використанні підігрівання шихти поверненням барабани первинного змішування максимально наближені до грохотам, що виділяє повернення, а засоби транспортування по усьому тракту подачі гарячого повернення (від гуркоту до вузла завантаження в шихту) не мають проміжних перевантажень і герметизовані. Ділянка машини в зоні горна обладнана екраном для захисту робітників від дії інфрачервоної радіації.

Транспортування пилу з бункерів колектора агломашини і від апаратів технологічного газоочищення, а також просыпи з-під холостого ходу аглоленты здійснюється мокрим методами, що виключають пылеобразование.

Охолоджувачі встановлені на всмоктуючій лінії вентилятора. При установці охолоджувачів на нагнітальній лінії слід передбачати спеціальні заходи, що запобіжуть виділенню пилу в довкілля по усій довжині охолоджувача. Усі шихтові матеріали необхідно зволожувати до максимального рівня, допустимого технологією (7,5-8,5 %, з коливаннями не більше (0,5%))

Для попередження виділення пилу і водяної пари в підбункерному приміщенні: висота перепадів з тарілчастих живильників на стрічкові транспортери передбачається 200 - 250мм; перепади обладнані укриттями з двома стінками з пристроєм того, що високодисперсного водорозпиляло; транспортери для колошникового пилу, винищити, повернення забезпечені укриттям на усьому протязі. Ці укриття герметичні і мають отвори, що легко відкриваються, для

обслуговування транспортерів з герметичними кришками. При виготовленні і монтажі пересувних скидаючих візків передбачається пристрій аспирируючого укриття, барабана транспортера і тачок.

Бункери початкової сировини шихти і ліжка закриті ґратами з розміром осередків 200 x 200 мм. Для відведень нагрітого повітря, пари і пилу з бункерів, з барабанів змішувачів передбачені аспіраційні установки, викиди від яких очищаються від шкідливих домішок до величин встановлених санітарними нормами. Отвори барабанів змішувачів з боку видачі шихти щільно закриті кожухами і забезпечені витяжними трубами, виведеними за межі будівлі. Місця завантаження матеріалу в бункери конвеєрами закриваються так, щоб унеможливилася пиловиділення.

Дверці люка, призначеного для доступу в барабан змішувача, забезпечені блокуванням, що унеможливує пуску барабана в роботу з відкритими дверцями при його очищенні і ремонті. Розташування пускових пристроїв барабана забезпечує хорошу видимість люка. Забороняється відбір проб безпосередньо з барабана в період роботи змішувача. Відбір проб виробляється з потоку шихти після барабана, як правило, за допомогою автоматичних пробовідбірників і у виняткових випадках - вручну.

Черевики тічок під грохотами забезпечені подвійними стінками з м'якими фартухами і аспірацією, що запобіжить виділенню пилу. Тічки службовці для безпосередньої (минувши грохоты) передачі дрібної руди з подаючих транспортерів на прибиральні, спірального типу з ухилом не менше 60°.

Вузол дробарок (завантажувальні воронки, сама дробарка, тічки з дробарок і прилеглі ділянки завантажувального і прибирального транспортерів) забезпечений аспирируючим укриттям. Аспірація забезпечує розрідження, достатнє для запобігання вибиванню пилу в приміщення дробарок через нещільність укриття.

Гуркіт для сортування залізовмісної частини шихти, а також гуркіт, для сортування коксика укриті аспирируемым кожухом. Завантажувальні воронки грохотов залізовмісної частини шихти, пил коксика і головну частину подаючих

транспортерів укриває кожухом, під яким встановлюють прилади для того, що високодисперсного розпиляло води з широким факелом того, що розпиляло.

Черевики тічок з-під гуркоту залізовмісної частини шихти і частина прибирального транспортера укриті кожухом з подвійними стінками, а також забезпечені приладами, що водорозпиляли, з широким факелом того, що розпиляло.

Для попередження туманоутворення і виділення пилу в приміщення шахтних бункерів передбачається укриття розвантажувальної частини транспортерів, що подають руду і колошниковий пил; розвантажувальній частині шихтовочних транспортерів; дозувальних столів бункерів повернення; первинних барабанів змішувачів. Усі укриття забезпечені витяжними трубами, що забезпечують повне видалення водяної пари, що виділяється. Для відведення нагрітого повітря, пилу і пари з бункерів ліжка, що виділяється з повернення, передбачають витяжні труби, виведені на дах.

Грохоти, призначені для утворення ліжка, забезпечені аспирируемими укриттями. Вторинні барабани змішувачів обладналися пристроями для високодисперсного розбризкування води, встановленими над вихідними отворами. Напрями факела - всередину барабана.

Екстаустери, трубопроводи і арматура газоочисної системи теплоізовані. Температура поверхні зовнішнього шару теплоізоляції не перевищує 45°C.

Жолоби видачі агломерату і окатишів виконуються закритими і на виході мають спеціальні укриття для уловлювання взметывающей пилу при скиданні залізородної сировини у вагони і всмоктування її під укриття спекательных стрічок.

З метою виключення необхідності безпосереднього візуального спостереження робітників за вантаженням агломерату у вагони з робочих майданчиків розвантажувальної частини машин, передбачають відповідні пристрої (автоматичне зважування, відлік числа випорожнених палет і тому подібне)

На аглофабриці, у разі гасіння агломерату в барабанах, пристрій витягу передбачається з вихідного кінця барабанів; пристрої кожухів і витягу від вібраційних грохотів, призначених для видачі ліжка; теплоізоляція нагрітих поверхонь устаткування і кожухів з тим, щоб температура зовнішніх поверхонь ізоляції не перевищувала 45°C.

Транспортування повернення як охолодженого, так і гарячого, передбачають із застосуванням закритих видів транспорту. Організація робіт в цілях поліпшення умов праці робітників аглофабрики забезпечує: централізоване управління рухом стрічки агломашин і її живленням; автоматизоване густе мастило усього устаткування; застосування для запалення шихти тільки газового або рідкого палива; механізацію і автоматизацію вивантаження пилу газоходів, пилових мішків і мультициклонів; устаткування обвідних жолобів від хвостової частини агломашини для відведення агломерату, що скидається через проміжки між палетами при повороті аглострічки на холостий хід; заміну ручної шуровки в бункерах автоматичної за допомогою електровібраторів; застосування герметизованих безролікових конвеєрів для транспортування подрібненого палива і вапняку з-під дробарок; виділення спеціальних монтажних майданчиків в корпусах аглофабрики для роботи поточного ремонту і зберігання запасного фонду вузлів машин; максимально можливе скорочення лінії транспортування матеріалів, що порошать, а також числа і висоти їх перепадів; устаткування установок для змивання підлог і стін, механізованого прибирання просьпи і для пневмоприбирання приміщень від пилу, що осідає, у відділеннях приймальних бункерів, шихтових бункерів, корпусу подрібнення палива і вапняку, корпусу первинного змішування, в спікальному відділенні, в приміщеннях циклу повернення; блокування аспіраційних систем з роботою технологічного устаткування; включення аспіраційної системи повинне проводитися з випередженням, а відключення із затримкою по відношенню до технологічного устаткування [25]. Схема технологічного процесу представлена на мал. 2.4

3.3 Гігієна праці і виробнича санітарія

3.3.1 Характеристика технологічного процесу агломераційного цеху з гігієнічної точки зору

Відповідно до розвитку чорної металургії в агломераційному виробництві передбачаються заходи щодо поліпшення якості агломерату (поліпшенню постійності складу, підвищення міцності і зниження змісту дрібниці), умов праці на агломераційних фабриках, захисту повітря і водяного басейнів в результаті реконструкції діючих і виведення із експлуатації застарілих аглофабрик.

При агломерації методом просмоктування, руду або концентрат з добавкою подрібненого коксу, антрациту, повернення і інших компонентів шихти змішують і зволожують до певної міри, що забезпечує утворення зернистої структури (грудочок). Шихту завантажують на колосникові грати спікального візка. Під колосниковими гратами за допомогою ексгаустера створюється розрядка 6,86-9,8 кН/м² (700-1000мм вод.ст.) залежно від гранулометричного складу шихти.

Щоб почався процес спікання, шихту з поверхні нагрівають спеціальним запальним пристроєм до 1200-1300(З, після чого горюче шихти запалюється і горить за рахунок всмоктуваного атмосферного повітря. Зона горіння поступово просувається зверху вниз до колосників. Процес спікання в шарі відбувається з утворенням пересувних зон, що розрізняються фізико-хімічними процесами, що протікають в них. Як паливо зазвичай застосовують коксову дрібницю, антрацитовий штиб.

Для створення нормальних санітарно-гігієнічних умов праці на фабриках згідно з правилами безпеки при дробленні, сортуванні необхідно передбачати:

- установку вентиляційних і аспіраційних пристроїв відповідно до санітарних норм проектування промислових підприємств, а також застосування автоматично діючих газоаналізаторів для контролю за якістю повітря. Дія вказаних пристроїв повинна забезпечувати якісний склад повітря в робочій зоні виробничих приміщень;

- організацію служби контролю експлуатації і ремонту усіх вентиляційних і аспіраційних пристроїв і служби контролю за якісним складом повітря;
- заходи, що знижують пилогазоутворення і пилцгазовиділення при завантаженні бункерів, транспортуванні матеріалів та ін.

Технологічне устаткування, робота якого супроводжується пило- газо- и тепловиділеннями, слід встановлювати комплектно зі вбудованими герметизованими укриттями, що мають укуси з патрубками для підключення до аспіраційних установок

При блокуванні роботи вентиляційних і аспіраційних установок з основним і допоміжним устаткуванням необхідно передбачати додаткові пускові пристрої безпосередньо у вентиляційного і аспіраційного устаткування. Повітря, що видаляється вентиляційними і аспіраційними установками, перед випуском в атмосферу повинен піддаватися очищенню з урахуванням фізико-хімічних властивостей пилу.

3.3.2 Об'ємно - планувальні рішення будівель і споруджень агломераційного цеху

Для створення нормальних умов праці, попередження нещасних випадків і професійних захворювань важливе значення має загальний пристрій підприємства.

Головний корпус аглофабрики повинен розташовуватися так, щоб напрям пануючих вітрів був у бік розвантажувальної частини спікальних машин. Вироби рудосортировочного відділення не повинні розташовуватися з підвітряного боку головного корпусу. Згідно з Єдиними санітарними правилами для підприємств чорної металургії розташування на одній території фабрики двох і більше корпусів спікання (випалення) небажано і може допускатися при мінімальному розриві між ними в 500м.

Будівлі аглофабрики має стіни з гладкими поверхнями для попередження скупчення пилу і полегшення її прибирання.

Первинні барабани змішувачів і транспортери, що відводять, розташовуються не нижче за рівень підлоги першого поверху шихтового

відділення. Стіни, стелі, перекриття і внутрішні конструкції будівлі фабрики агломерату і спекательной мають пристрої і обробку, що допускає легке очищення і змивання їх поверхні, також гідрозмив матеріалів, що прокидалися.

У складі фабрики передбачається будівля (гараж) для розморожування руди в зимовий час. Склади сухих подрібнених матеріалів, що містять фракції менш 5мм проектується закритими.

3.3.3 Опалювання і вентиляція

Найважливіше значення для нормальної життєдіяльності людини має наявність чистого повітря необхідного хімічного складу і що має оптимальну температуру, вологість і швидкість руху. На підтримку цих параметрів відповідно до нормативних документів спрямовані заходи щодо опалювання, і вентиляції аглоцеха.

Опалювання основних виробничих приміщень передбачається повітря, поєднана з припливною вентиляцією. Приплив здійснюється великими установками, розташованих групами. У місцях, де умови формування струменя дозволяють створити необхідні температурні умови і рухливість повітря в робочій зоні і у місць можливих пылевывделений (0,15-0,3м /с), застосовують струминну подачу повітря. У приміщеннях невеликої висоти з великою кількістю устаткування, роздача повітря здійснюється повітророзподільними насадками безпосередньо в робочу зону.

Вентиляції на агломераційній фабриці здійснюється за допомогою великих централізованих установок. Приплив в спікальний зал, компенсуючий об'єм витягу під дією аглоексгаустерів, здійснюється десятьма припливними системами загальною продуктивністю 600000 м³/ч. Крім того, для поліпшення мікроклімату на робочих місцях агломератчиків в районі головних частин агломераційних машин передбачена подача повітря шістьма (по числу агломашин) душуючими установками з обробкою повітря на типових кондиціонерах. Продуктивність кожної душуючої установки 20000 м³/ч. Роздача повітря через перфоровані воздуховоди рівномірної роздачі виробляється на висоті близько 3 метрів від

підлоги. Для видалення тепла і газів над запальними горнами встановлені парасольки.

У приміщенні зворотного ходу палет передбачена подача припливного повітря об'ємом 600000 м³/ч десятьма припливними камерами влаштованими також як і камери подають повітря в спікальний зал.

Приплив повітря в приміщенні повернення здійснюється в окремій припливній камері з регулюванням температури і фільтрацією його на масляних фільтрах, що самоочищаються, подачу повітря виробляють у верхню зону через воздуховод рівномірної роздачі. Об'єм припливу повітря компенсується об'ємом витяги. Значення прийнятих параметрів повітряного середовища в робочій зоні виробничого приміщення вказані в таблиці.3.2

Таблиця 3.2 Характеристика прийнятих параметрів повітряного середовища

Характеристика виробничих приміщень по надлишкових тепловиділеннях	Категорія роботи по тяжкості	Період року (теплий)			Температура повітря поза постійними робочими місцями,(З
		На постійних робочих місцях			
		Температура повітря, (З	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/з	
Відділення експаустерів	Середній тяжкості	39,5	63	0,3	30

3.3.4 Освітлення

Одним з найважливіших параметрів виробничої обстановки є раціональне освітлення. Незадовільне освітлення утрудняє проведення робіт, веде до зниження продуктивності праці і може стати причиною нещасних випадків і захворювань очей. Розрізняють природне і штучне освітлення.

Природне освітлення в приміщенні створюється сонячним світлом через світлові отвори і підрозділяються на бічне(через отвори в стінах), верхнє(через світлові отвори в аераційних ліхтарях), комбіноване(одночасно через світлові отвори в стінах і аераційних ліхтарях).

Штучне освітлення потрібне для проведення робіт в темний час доби або в місцях без достатнього природного освітлення.

Штучне освітлення характеризується номінальними значеннями напруги, потужності, світлового потоку, лінійними розмірами.

Вимоги до штучного освітлення: створення достатньої освітленості на робочих поверхнях; висока якість освітлення; надійність, безперебійність і тривалість роботи освітлювальної установки в цих умовах середовища; пожежна і електрична безпека освітлювальних пристроїв; зручність управління освітлювальною установкою

Для створення сприятливих умов праці виробниче освітлення повинне відповідати наступним вимогам: освітленість на робочому місці повинна відповідати гігієнічним нормам; яскравість на робочій поверхні і в межах навколишнього простору повинна розподілятися по можливості рівномірно; на робочій поверхні не повинно бути різких тіней; блискість (пряма або відбита) має бути відсутнім в полі зору; освітлення повинне забезпечувати необхідний спектральний склад світла для правильного перенесення кольорів.

У відповідність з "галузевими нормами штучного освітлення збагачувальних і агломераційних фабрик металургійної промисловості" під час нормального функціонування освітлювальної установки освітленість приміщення приймаємо по таблиці 3.3

Таблиця 3.3 Карта освітленості для агломераційних фабрик

Виробниче оборуд., приміщення	Робоча поверхня, норм. освещ.	Площина Норматив. освітлений	Розряд і підрозряд норм.	Хв. освітлений. при лампах накальван.і загальному освещ.
Спікальний зал: Повернення аглолент	На рівні 0,8м від підлоги	Горизонта л.	IV a	50
Приміщення зворотного ходу агломашин				
Загрузла агломерату у вагони				
Привід агломашини	На дротах	Горизонта л.	IV a	50

Виробниче оборуд., приміщення	Робоча поверхня, норм. освіщ.	Площина Норматив. освітлений	Розряд і підрозряд норм.	Хв. освітлений. при лампах накальван.і загальному освіщ.
Завантаження аглом. у вагони: На вагоні при вантаженні	Верх вагону	Горизонта л.	VII	50
Під'їзні шляхи	На голівці рейки	Горизонта л.	VI	10

Аварійне освітлення в усіх випадках складає 0,3лк, а коефіцієнт запасу дорівнює 1,7 для усіх випадків, окрім завантаження агломерату у вагони(на вагоні при вантаженні 1,5, на підйомних шляхах 1,3.

При виборі рішень по освітленню основне значення мають наступні чинники: відсутність точних зорових робіт і у край несприятливі умови середовища обумовлюють вибір як джерела світла виключно лампи розжарювання. Люмінесцентні лампи застосовуються тільки у вбудованих електроприміщеннях. У місцях зручних для обслуговування при великій кількості пилу встановлюють пыленепроницаемые світильники типу СХ і ПГТ. Аварійне освітлення передбачається практично в усіх виробничих і прохідних приміщеннях із-за небезпеки знаходження в темряві людей. Для забезпечення можливості проведення ремонтних робіт, огляду внутрішніх порожнин застосовують переносне освітлення. Заходи і засоби захисту від виробничого шуму.

3.3.5 Розробка заходів захисту від шуму виробничого середовища

Проаналізувавши карту умов праці виявили, що небезпечним шкідливим чинником є шум.

Послаблення шуму може бути досягнуте зміною технології процесу. Для послаблення шуму в джерелі замінюють ударні дії ненаголошеними, зворотно-поступальні рухи механізмів- обертальними, підшипники качения- підшипниками ковзання, зменшують масу величини поверхні соударяючихся частин, підвищують чистоту обробки поверхонь і точність їх виготовлення.

Шум, тертя ослабляється мастилом соударяючихся деталей в'язкими рідинами.

Для зменшення шуму, що виникає внаслідок вібрації корпусів і деталей агрегатів, необхідно:

- зниження інтенсивності вібрації випромінюючих шум деталей агрегатів шляхом облицювання їх поверхонь вібропоглинаючими матеріалами;
- обмеження швидкості обтікання деталей агрегатів повітряними і газовими струменями

У разі недоцільності застосування звукоізолюючих кожухів для персоналу влаштовують звукоізольовані кабінки.

Для захисту від поширення високоякісного шуму використовують екрани з фанери, листового матеріалу, скла, пластмаси.

Екран відбиває звукові хвилі, за ним створюється область звукової тіні.

Послаблення шуму повітря- (газо) -проводів досягають плавністю руху повітряного потоку, застосуванням глушника.

Правильний вибір звукоізолюючих кожухів, кабін забезпечує практично будь-який необхідний захист робітників від шуму.

У агломераційному цеху на ділянці відділення ексгаустерів, для захисту машиніста ексгаустера від шуму застосовується звукоізолююча кабіна.

3.4 Електробезпека в умовах агломераційного виробництва

3.4.1 Аналіз небезпеки поразки струмом в електричних мережах агломераційного виробництва

Поразка людини електричним струмом або електричною дугою може статися в наступних випадках:

- при однофазному (однополюсному) дотику неізольованої від землі людини до неізольованих токоведущим частин електроустановок, що знаходяться під напругою;

- при наближенні людини, неізольованої людини від землі, на небезпечну відстань до токоведущим, не захищеним ізоляцією частинам електроустановок, що знаходяться під напругою;
- при одночасному зіткненні людини з двома неізольованими частинами (фазами, полюсами) електроустановок, що знаходяться під напругою
- при дії атмосферної електрики під час розряду блискавки;
- через дію електричної дуги;
- при дотику людини, неізольованої від землі, до нетоковедущим металевим частинам електроустановок, що виявилися під напругою із-за замикання на корпус;
- при звільненні іншої людини, що знаходиться під напругою

Міра безпеки і вірогідність поразки електричним струмом багато в чому залежать від струму, яким чином сталося включення людини в електричний ланцюг. Включення може бути однофазним і двофазним.

Найбільше число електротравм пов'язане з однофазним (однополюсним) дотиком людини до токоведущим частин, при цьому напруга, під якою виявилася людина, не перевищує фазної напруги. В цьому випадку на струм, що протікає через людину, впливає режим нейтралі мережі, опір ізоляції і місткість фаз відносно землі.

Найбільшу небезпеку представляє двофазний (двополюсне) дотик, оскільки до тіла людини прикладається найбільша в цій мережі напруга - лінійне. Для агломераційного виробництва вибираємо трипровідну мережу з ізолюованою нейтраллю.

3.4.2 Обґрунтування вибору засобів захисту від електричного струму

Для забезпечення безпеки підстанції агломераційного цеху застосуємо захисне заземлення. Захисне заземлення - умисне електричне з'єднання із землею або її еквівалентом металевих нетоковедущих частин, які можуть виявитися під напругою внаслідок замикання на корпус і з інших причин (винесення потенціалу, розряд блискавки і т. д) За наявності захисного заземлення струм, що виявився внаслідок пробоя ізоляції на елементах установки або устаткування, при дотику

до них пройде не лише через людину, але і через заземлення в землю і далі до двох інших фаз (внаслідок недосконалості ізоляції і наявності місткості)

3.5 Пожежна безпека

3.5.1 Оцінка пожаро- і вибухонебезпеці агломераційного виробництва

У агломераційній машині відбувається кускування дрібної руди шляхом спікання при високих температурах. Окрім початкової сировини в процесі агломерації використовується паливо для шихти (антрацит, кокс), паливо для запалення (доменний коксовий газ, нафта, мазут). При порушенні цілості і справності агломераційної машини, каналів, що відводять продукти згорання може виникнути пожежонебезпечна ситуація. Найнебезпечнішими є бункери з коксом і вапном.

3.5.2 Визначення категорії пожежної небезпеки агломераційного виробництва

Для правильного вибору заходів щодо пожежного захисту будівель і споруд при їх проектуванні в першу чергу необхідно встановити категорію пожежної небезпеки будівлі [34].

У залежності речовин, що звертаються у виробництві, і способів їх обробки усі виробництва підрозділяються по пожежній небезпеці на п'ять категорій: А, Б, В, Г, Д.

Агломераційне виробництво по категорії пожароопасности відноситься до категорії "Г". До категорії Г відносяться приміщення, в яких знаходяться негорючі речовини і матеріали в гарячому, розжареному або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскр і полум'я; пальні і гази, рідини і тверді речовини, які спалюються або утилізувалися як паливо.

3.6.3 Визначення категорії вогнестійкості будівельних конструкцій будівлі аглофабрики

Будівельні матеріали і конструкції значно розрізняються за властивостями опірності займання і припиненням горіння і жевріння при видаленні джерела

займання. Ці властивості матеріалу характеризують їх займистість і міру їх пожежної небезпеки.

Усі будівельні матеріали і конструкції за властивостями їх займистості підрозділяються на три групи: що не згорають, важкоспалимі, такі, що згорають. Характеристики по яких визначаються групи займистості матеріалів і конструкцій визначені в довідковій літературі.

У оцінці протипожежних якостей будівель і споруд велике значення має їх вогнестійкість. Міра вогнестійкості характеризує здатність будівлі в цілому чинити опір руйнуванню в умовах пожежі. Вогнестійкість визначається межами вогнестійкості основних будівельних конструкцій і межами поширення вогню по цих конструкціях.

Межею вогнестійкості називається час в годиннику від початку випробування конструкцій на вогнестійкість до виникнення одного з наступних ознак:

1. Освіта в конструкціях крізних тріщин;
2. Втрати конструкцією здатності, що несе;
3. Підвищення температури на необгораємій поверхні конструкції в середньому більш ніж на 140°C в порівнянні з температурою конструкції до випробування.

Межа вогнестійкості окремих будівельних конструкцій залежить від їх розмірів (товщини або перерізи) і фізичних властивостей матеріалу [30]

За межі поширення вогню приймають максимальний розмір ушкодження (u см), яким вважається обуглювання або вигорання матеріалів визначуване візуально, а також оплавлення термопластичних матеріалів [25]. Усі будівлі і споруди по вогнестійкості підрозділяються на п'ять мір залежно від груп займистості і мінімальних меж вогнестійкості їх основних елементів.

Будівля агрофабрики виконана з будівельних конструкцій, що не згорають, і має перший ступінь вогнестійкості.

Протипожежні зони є смугами з покриття, що не згорає, операющиеся на опори, що не згорають. Вони розділяють покриття, що згорають і важкоспалимі,

перекриття і стіни на відсіки смугами, що не згорають, шириною не менше 6 м. Протипожежні зони можуть бути поперечними і подовжніми, над покрівлею торці вертикальних стінок, що обмежують зону, повинні виступати не менше чим на 70 см

Протипожежні розриви для будівлі аглофабрики не нормуються, т.к воно має покрівлю, що не згорає, і по мірі вогнестійкості відноситься до першої категорії. Протипожежні вікна виконані із стекоблоков.

3.6.4 Евакуація людей з будівлі

Безпеку вимушеної евакуації людей при пожежі має первинне значення при розробці заходів протипожежного захисту [29]. Для забезпечення безпеки людей при пожежах в будівлях і спорудах передбачаються евакуаційні шляхи, по яких люди можуть досягти безпечного місця. Виходи вважаються евакуаційними, якщо вони ведуть:

- з приміщення першого поверху назовні безпосередньо або через коридор, вестибюль, сходову клітину;
- з приміщень будь-якого поверху, окрім першого, ведучі на сходову клітину, що має вихід назовні або у вестибюль, в коридор, прохід, що веде до цієї сходової клітини;
- з приміщення в сусіднє приміщення на тому ж поверсі, що мають вказані евакуаційні виходи.

Евакуаційні виходи і сходи повинні задовольняти наступним умовам: найбільша відстань від робочого місця (по лінії вільних проходів) до евакуаційного виходу має бути не більше встановленого нормами; ширина виходів і сходів повинна відповідати нормам; сумарна ширина виходів має бути не менше нормованою; число виходів і сходів - не менше два. [30]. Розроблена схема евакуації персоналу при виникненні небезпечних ситуацій.

3.6.5 Пожежна безпека при експлуатації електроустаткування

У аглоцеху електроенергія широко застосовується для силових установок і освітлення. Правильно розрахована, виконана і експлуатована електрична установка не представляє пожежної небезпеки. Причинами, що порушують

нормальну роботу установки, можуть бути коротке замикання, перевантаження дротів в мережі, виникнення великих перехідних опорів.

Для забезпечення пожежної безпеки електричні мережі розраховуються відповідно до правил, які передбачають вибір необхідного перерізу дротів, їх ізоляція, захисту запобіжними пристроями залежно від навантаження мережі з приміщення в якому обладналася електропроводка. При монтажі електромережі і електроустаткування передбачаються пристрої для виключення при короткому замиканні, як усієї мережі, так і окремих її ділянок.

Електроосвітлення представляє пожежну небезпеку при перегріванні дротів і займання їх ізоляції. Захист дротів від механічних і хімічних ушкоджень здійснюється прокладенням їх в сталевих трубах, що мають усередині ізоляцію.

3.6.6 Протипожежні заходи

Заходи щодо попередження і обмеження пожежі можуть бути підрозділені таким чином:

1. Заходи, що усувають безпосередні або можливі причини пожеж;
 - - організаційні - розглядають виробничі процеси з урахуванням їх пожежної небезпеки;
 - - експлуатаційні - що розглядають експлуатацію виробничого устаткування з оцінкою його пожежної небезпеки;
 - - технічні - що забезпечують правильний монтаж і зміст електроустаткування;
 - - режимного характеру - що забороняють куріння, запалення сірників, користування відкритим полум'ям у вогнебезпечних приміщеннях і місцях.
2. Заходи, що обмежують поширення виниклої пожежі :
 - - планувальні - правильне розташування будівель на території;
 - - будівельні - застосування матеріалів, що не згорають;
 - - захисні - захист від займання конструкцій, виконаних з матеріалів, що згорають, пристрою перешкод (брандмауерів, протипожежних зон, вогнетривких дверей і тому подібне).

3. Заходи, що забезпечують евакуацію людей і майна з приміщення, що горить, :

- - будівельні - пристрої необхідної кількості виходів, їх раціональне розташування;

- - планувальні - розташування виробництв по поверхах залежно від кількості зайнятих в них людей, розміщення майнових цінностей з урахуванням можливості їх швидкої евакуації.

4. Заходи, що забезпечують швидке, успішне розгортання тактичних дій пожежних команд при гасінні пожежі, :

- - будівельні - пристрої зручних під'їздів до будівель, спеціальних проходів до важкодоступних місць, зовнішніх пожежних сходів;

- - тактичні - застосування огнегасительных засобів, апаратів і пристроїв, організація пожежних команд.

До загальних заходів щодо забезпечення пожежної безпеки можна віднести:

- впровадження потокової виробництва, механізації і автоматизації;
- герметизацію устаткування, яка в процесі роботи може виділяти горючі речовини і гази;

- розташування небезпечних в пожежному відношенні виробничих процесів і устаткування в окремих або ізольованих приміщеннях;

- проведення заходів по підвищенні якості інструктажу і дисципліни.

Комплекс цих заходів створює умови пожежної безпеки для промислової будівлі.

3.6.7 Способи і засоби гасіння пожежі

Способи пожежогасінні можна класифікувати по виду вживаних вогнегасних речовин, методу їх застосування, навколишнього оточення. Усі способи пожежогасінні передусім підрозділяються на поверхневе гасіння, що полягає в створенні в районі пожежі середовища, не підтримувального горіння.

В цілях забезпечення більшої ефективності при гасінні пожежі застосовуються різні засоби пожежогасінні. До них відносяться:

- вогнегасники;

- протипожежний інвентар: ящики з піском; бочки з водою; пожежні відра; лопати для засипки піску; покривала з негорючого теплоізоляційного полотна або повсті.

- пожежні інструменти: ломи, сокири.

Пожежний інвентар разом з пожежним інструментом і вогнегасниками розміщується на спеціальних пожежних щитах, які встановлені на території підприємства.

На аглофабриці (у спікальному відділенні) для гасіння пожежі передбачені вогнегасники для гасіння легкозаймистих і горючих рідин, а також горючих матеріалів.

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 прилеглій 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.

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

4.2 Планування виробничої програми

Річну виробничу потужність газоочисної установки визначаємо за формулою, м³/рік:

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

де, N - технічна норма продуктивності основного агрегату очисної установки в одиницю часу, м³/год. (н. у.).

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

n - кількість паралельно працюючих основних апаратів газоочисної установки.

Технічна продуктивність становить 150000 нм³/год.

$$\Pi = 150000 \cdot 8400 \cdot = 1260 \cdot 10^6 \text{ (м}^3\text{/рік)}.$$

Кількість уловленого пилу визначаємо з виразу, т:

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

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

Z_2 - запыленість газу після очищення, г / м³.

Кількість уловленого пилу дорівнює:

$$Q_6 = (6 - 0,036) \cdot 1260 \cdot 10^6 / 10^6 = 7514,6 \text{ т.}$$

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

$$Q_{yt} = 0,9 \cdot Q_{np} = 0,9 \cdot 7514,6 = 6763,2$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 - Виробнича програма

Показник	Одиниці виміру	АС
Річна продуктивність газоочисної установки, P	млн. м ³	1260
Технічна норма продуктивності, N	нм ³ /год.	150000
Початкова запиленість, Z_1	г/нм ³	6,0
Кінцева запиленість, Z_2	г/нм ³	0,036
Кількість вловленого пилю, Q	т	7514,6
Кількість утилізованої пилю, Q_{ym} - з них дрібнодисперсного пилю електрофільтру	т	6763,2 2367,1

4.3 Розрахунок штатної чисельності та фонду оплати праці основних робітників

Розраховуємо кількість робочих для обслуговування системи, що складається з електрофільтру з 4 полями та ексгаустера.

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 (полів електрофільтру).

$$K_2 = 1,1^4 = 1,61, \text{ тоді}$$

$$t = 1,2 \cdot 1,61 = 1,93 \text{ чол-год.}$$

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

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

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

K_I – емпіричний коефіцієнт, що дорівнює

$$K_I = 1,2^n = 1,2^4 = 2,07 \quad (4.8)$$

де n – кількість апаратів.

Визначаємо сумарне середньо змінний час обслуговування агрегатів:
для електрофільтра:

$$T_{\text{ЕФ}} = 1,93 \cdot 2,07 = 4 \text{ чол·год/зм,}$$

для екстаустера:

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

Визначаємо сумарний середньо змінний час обслуговування установки:

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

$$T_{\text{уст}} = 4 + 1,08 = 5 \text{ чол·год/зм.}$$

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:

$$Ч_{\text{яв}} = 5 \cdot 6,73 \cdot 24 / (8 \cdot 7 \cdot 24) = 0,6$$

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

Добовий склад, чол.:

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

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

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

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.:

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

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

Приймаємо $Ч_{сн} = 5$ чоловік.

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

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

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

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

4.4. Розрахунок капітальних вкладень

Величина необхідних капітальних вкладень в основні фонди та оборотні кошти визначається методом прямого розрахунку окремих елементів вкладень.[27]

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 м^3 газу (грн / 1000 м^3):

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

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

C_m - вартість установки і монтажу обладнання, грн,

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

$C_{\text{мон}}$ - вартість монтажу комунікацій,

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

C_n - вартість накладних витрат спеціалізованої організації, грн,

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

$C_{\text{зд}}$ - вартість будівлі, грн;

Q_c - витрата газів, що очищаються, $\text{м}^3 / \text{год}$;

τ - Ефективний час роботи газоочистки за рік, ч.

Для системи очистки потрібно обладнання за ціною:

- електрофільтра типу ЭГВ1-19-9-6-4 грн. - 5600000грн.;

- експаустер Н-6500-11-1 – 450000 грн.;

- газоходи - 880000 грн.;

- КВП складе 25% від вартості основного обладнання.

Вартість всього основного обладнання для однієї агломашини:

$$C_{\text{осн.об}} = 5600000 + 450000 + 880000 = 6930000 \text{ грн.}$$

$$C_m = 0,3 \cdot 6930000 = 2079000 \text{ грн.};$$

$$C_{\text{мон}} = 0,15 \cdot 6930000 = 1039500 \text{ грн.};$$

$$C_n = 0,25 \cdot 6930000 = 1732500 \text{ грн.}$$

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

Обсяг будівлі, необхідний для розміщення газоочисних апаратів 24x18x21 м², а вартість 1 м³ будівлі, що має залізобетонний каркас 41,4 грн/м³.

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

Результати розрахунків зводимо в табл. 4.3.

Таблиця 4.3. - Капітальні витрати на очистку газів

Найменування показника	Кільк.	Ціна за одиницю грн.	Величина витрат грн.
Електрофільтр	1	5600000	5600000
Експаустер	1	450000	450000
газоходи	1	880000	880000
КПП			1400000
Вартість монтажу обладнання			2079000
Вартість монтажу комунікацій			1039500
Вартість будівлі			3755800
Система видалення пилу з підготовкою для утилізації			12829657
Всього			28063957
Всього кап. вклад. на 1000 м3 газу			22,3

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 C_1 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 $r = 2,14$ 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.

$$C_2 = 2,14 * 1,1 * (2000 + 4 * 100) * 8400 = 47456640 \text{ грн.}$$

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.:

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

$$A_{об} = 0,15 * 4113000 = 1039500 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування від вартості будівлі, грн.:

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

$$A_{зд} = 0,05 * 0,6 * 3755800 = 112674 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування від вартості комунікацій, грн:

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

$$A_k = 0,15 * 880000 = 132000 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування від вартості КВП:

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

$$A_{КВП} = 0,25 * 1400000 = 350000 \text{ грн.}$$

Всього:

$$C_3 = A_{\Sigma} = 1039500 + 112674 + 132000 + 350000 = 1634174 \text{ грн.}$$

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

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

$$\Phi_p = 0,15 * 1634174 = 245126 \text{ грн.}$$

Витрати на експлуатацію та утримання обладнання, грн .:

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

$$C_4 = 1634174 + 245126 = 1879300 \text{ грн.}$$

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

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

$$C_7 = 0,25 \cdot (1634174 + 245126) = 469825 \text{ грн.}$$

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;

\mathcal{C} - покупна ціна залізородного концентрату 2600 грн/т.

$$\mathcal{E}_y = 2600 \cdot 2367,1 = 6154512 \text{ грн.}$$

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

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

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

\mathcal{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 електрофільтру;

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

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

$$Q_{yt} = 1,005 \cdot 1260 \cdot 240 / 1000 (4,18 \cdot 0,86) = 84,54 \text{ т/рік,}$$

$$\mathcal{E}_{yt} = 1900 \cdot 84,54 = 160630 \text{ грн.}$$

Загальні експлуатаційні витрати за рік по (4.17) з урахуванням економії складають:

$$\begin{aligned} C &= 47456640 + 1634174 + 1879300 + 785547 + 1879300 + 469825 - 17584520 = \\ &= 36520266 \text{ грн} \end{aligned}$$

Собівартість очистки газу (грн./1000м³):

$$C_{уд} = C_{AC} \frac{1000}{Q_{AC} \cdot T} = 9607519 \cdot \frac{1000}{150000 \cdot 8400} = 28,9.$$

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 :

$$E_2 = M_{п} \cdot B, \quad (4.28)$$

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

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

$$E_2 = 92,37 \cdot 6763,2 = 624717 \text{ грн.}$$

$$E_p = 160630 + 624717 + 6154512 = 6939859 \text{ грн.}$$

Термін окупності витрат:

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

$$T_{ок} = \frac{28063657}{6939859} = 4,1 \text{ роки.}$$

Розрахунковий коефіцієнт ефективності капітальних вкладень:

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

$$E_{кап} = \frac{1}{4,1} = 0,24 \text{ грн}/(\text{грн} \cdot \text{рік}).$$

Результати розрахунків зведені в таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 – Техніко - економічні показники від впровадження проекту системи аспіраційної очистки з утилізацією тепла агломерату.

Показники	Один. виміру	Показники
Річна продуктивність	млн. м ³	1,26
Початкова запиленість:	г/нм ³	6,0
Кінцева запиленість:	г/нм ³	0,036
Капітальні вкладення на очищення 1000 м ³ газу:	грн	22,3
Експлуатаційні витрати на очищення 1000 м ³ газу:	грн	28,9
Річна економія на паливі шихти	тис. грн	160,6
Річна економія на екологічному податку	тис. грн	624,7
Річна економія на рудному концентраті	тис. грн	6154,5
Термін окупності витрат	рік	4,1
Розрахунковий коефіцієнт ефективності	грн/(грн·рік)	0,24

ВИСНОВКИ

Аналіз існуючих методів та способів очистки технологічних газів агломераційного виробництва виявив перспективним сухі схеми очистки технологічних газів в електрофільтрах з частковою рециркуляцією очищених від пилу газів під укриття агломашини.

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

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

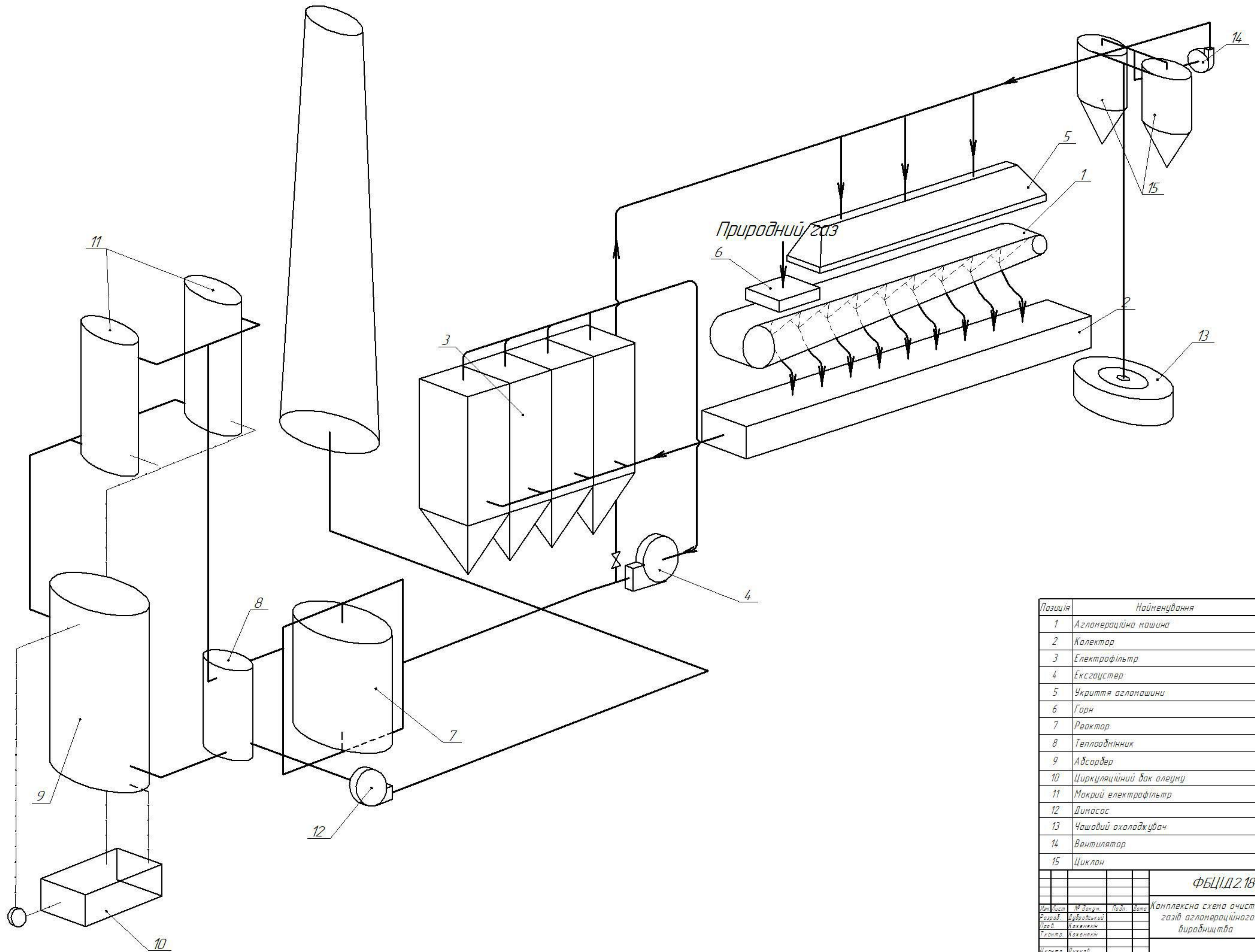
В економічній частині описані структура управління та організація робіт в цеху, виконаний розрахунок собівартості очищення 1000 м³ газів, яка становить 28,9 грн. для проектного варіанту. Підрахований річний економічний ефект при впровадженні даної схеми, який складає 6,9 млн. грн. Термін окупності капітальних витрат 4.1 року. Ефективність капітальних вкладень 0,24 грн/(грн·рік).

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Целиков А.И., Полухин П.И., др. Машины и агрегаты металлургических заводов. В 3-х тт. Т. 1. Учебник для вузов. Изд. второе, перераб. и доп. М.: Металлургия. 1988г. 432 с.
2. Вегман Е.Ф. Окускование руд и концентратов .М., «Металлургия»,1968.
3. Сигов А.А., Шурхал В.А. Агломерационный процесс.- Київ.: Техніка, 1969. - 232 с.
4. Коротич В.И., Пузанов В.П. Газодинамика агломерационного процесса. - М.: Металлургия, 1969. - 208 с.
5. Механическое оборудование агломерационных фабрик. /Фастовский М.Х., Дакалов Г.В., Носовский А.А. - М.: Металлургия, 1983. 264 с.
6. Механическое оборудование фабрик для окусковывания железорудного сырья. Ловчинский Э.В. - М.: Металлургия, 1977.256 с.
7. Старк С.Б. Газоочисные аппараты и установки в металлургическом производстве. – М.:Металлургия,1990.– 498 с.
8. Денисов С.И. Улавливание и утилизация пылей и газов.–К.:Вища школа.1992.–334с.
9. Толочко А.И.,Филиппьев О.В.,Гурьев В.С. Очистка технологических и неорганизованных выбросов от пыли в черной металлургии.– М.:Металлургия,1986.–208 с.
- 10.Пылеулавливание в металлургии. Справочник/ Под ред. А.А. Гурвица. М.: Металлургия, 1984. - 334 с.
- 11.Тимонин А. С. Инженерно-экологический справочник: Справочник в 3-х томах. - Калуга: Изд. И. Бочкаревой, 2003.
12. Рышка Э. Защита воздушного бассейна от выбросов предприятий черной металлургии. - М.: Металлургия, 1979. – 240 с.
13. Алиев Г.М. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов: Справ. изд. – М.: Металлургия, 1986. – 544 с.
- 14.[49] Goverde et al., Milieuvorzieningen bij Hoogovens Ijmuiden, 1995.

- 15.[65] 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.
- 16.[70] Kersting et al., Countermeasures for Organic Emissions from Sinter Plants (1997)', ENCO- STEEL - Steel for Sustainable Development, 1997, on June 16-17, 1997 in Stockholm.
- 17.[104] te Lindert et al., Demonstation Plant for Sintering with Reduced Volume of Flue-gases, 1997.
- 18.[119] Sakuragi et al., Operation Results of the Exhaust Gas Recirculation System in Tobata No. 3 Sinter Plant, La Revue de Metallurgie - CIT, 1995.
- 19.[252] France, Contribution from France to the revision of the I&S BREF, 2007, p. 5.
- 20.[254] Eurofer, Comments from Eurofer to the contribution from France, 2007, p. 2.
- 21.[277] Wiesenberger, Review of the BREF Iron and Steel Production - Austrian Comments, UBA, 2007, p. 35.
- 22.[295] Hartig et al., Cleaning of sinter waste gases. State of the art, La Revue de la Metallurgie- CIT, 2006, pp. 258-265.
- 23.[307] Eurofer, Update technique partial waste gas recycling, Eurofer, 2007, p. 10.
- 24.[374] Eisen, H.-P. et al, 'Construction of the exhaust recycling facilities at a sintering plant, Stahl und Eisen, Vol. 124 Nr. 5, 2004.
- 25.Технический каталог оборудования и услуг. – Запорожье: ООО Научно-производственное Предприятие «Днепроэнергосталь», 2002 – 52 с.
26. Расчеты устройств для очистки промышленных газов от пыли: Учеб. пособие / Б.З. Теверовский. – К.: УМК ВО, 1991. – 92 с.
- 27.Указания и нормы технологического проектирования и технико-экономические показатели энергетического хозяйства предприятий чёрной металлургии. – М: Гипромез, 1981 – 163 с.;
28. Указания по проектированию объектов энергохозяйства металлургических предприятий. Защита атмосферы от пыли и вредных химических веществ. – Харьков: Черметинформация, 1987 – 99 с.;

29. Охорона праці: навч. посібник / ред. В. П. Кучерявий. - Львів : Оріяна-Нова, 2007. - 367 с. : іл.
30. 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.
31. Бринза, В. Н. Охрана труда в черной металлургии: учебник для вузов / В. Н. Бринза, М. М. Зиньковский. - М. : Металлургия, 1982. - 336 с. : ил. :
32. Злобинский, Б. М. Охрана труда в металлургии: учебник для вузов / Б. М. Злобинский. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Металлургия, 1975. - 535 с.
33. 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.
34. 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.

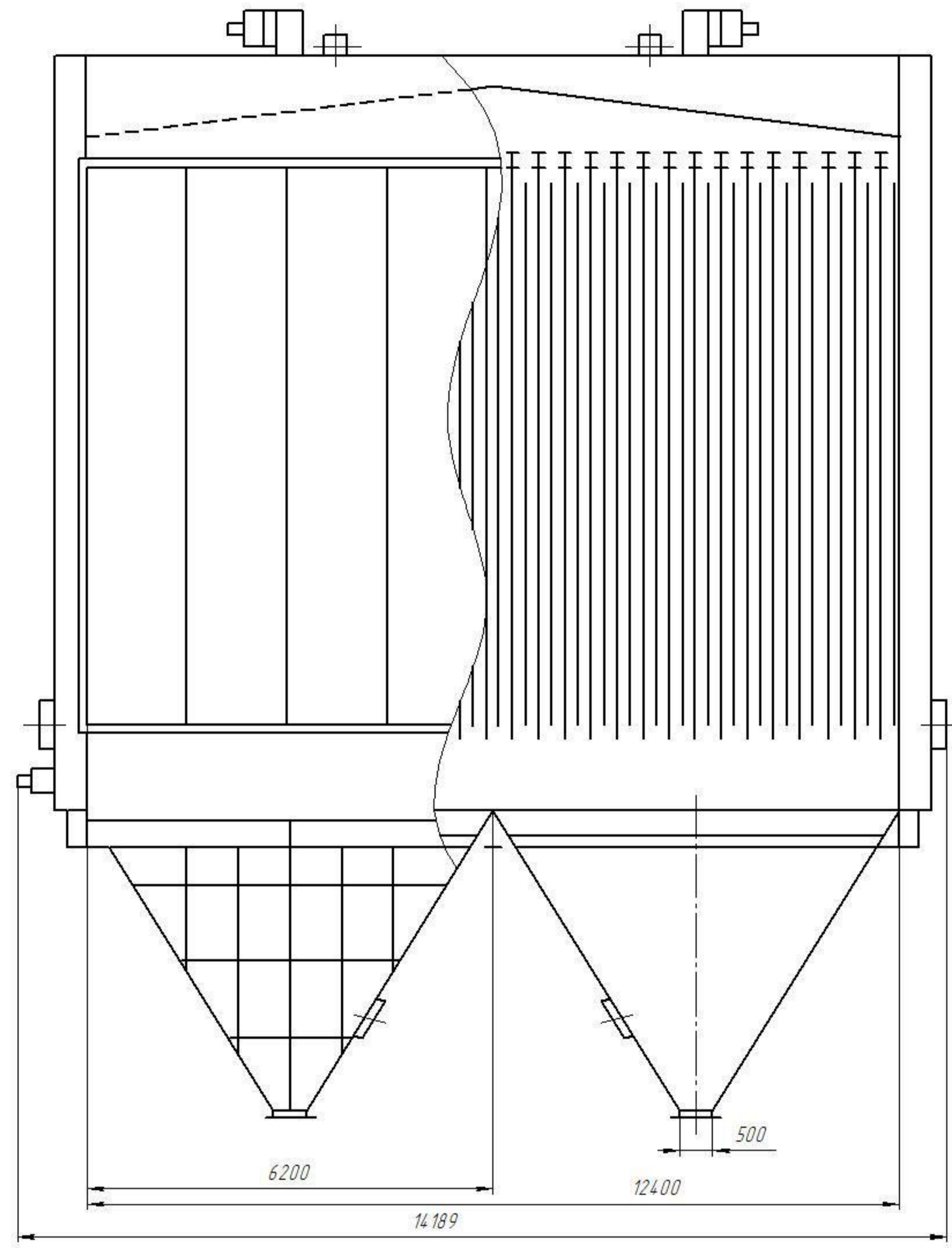
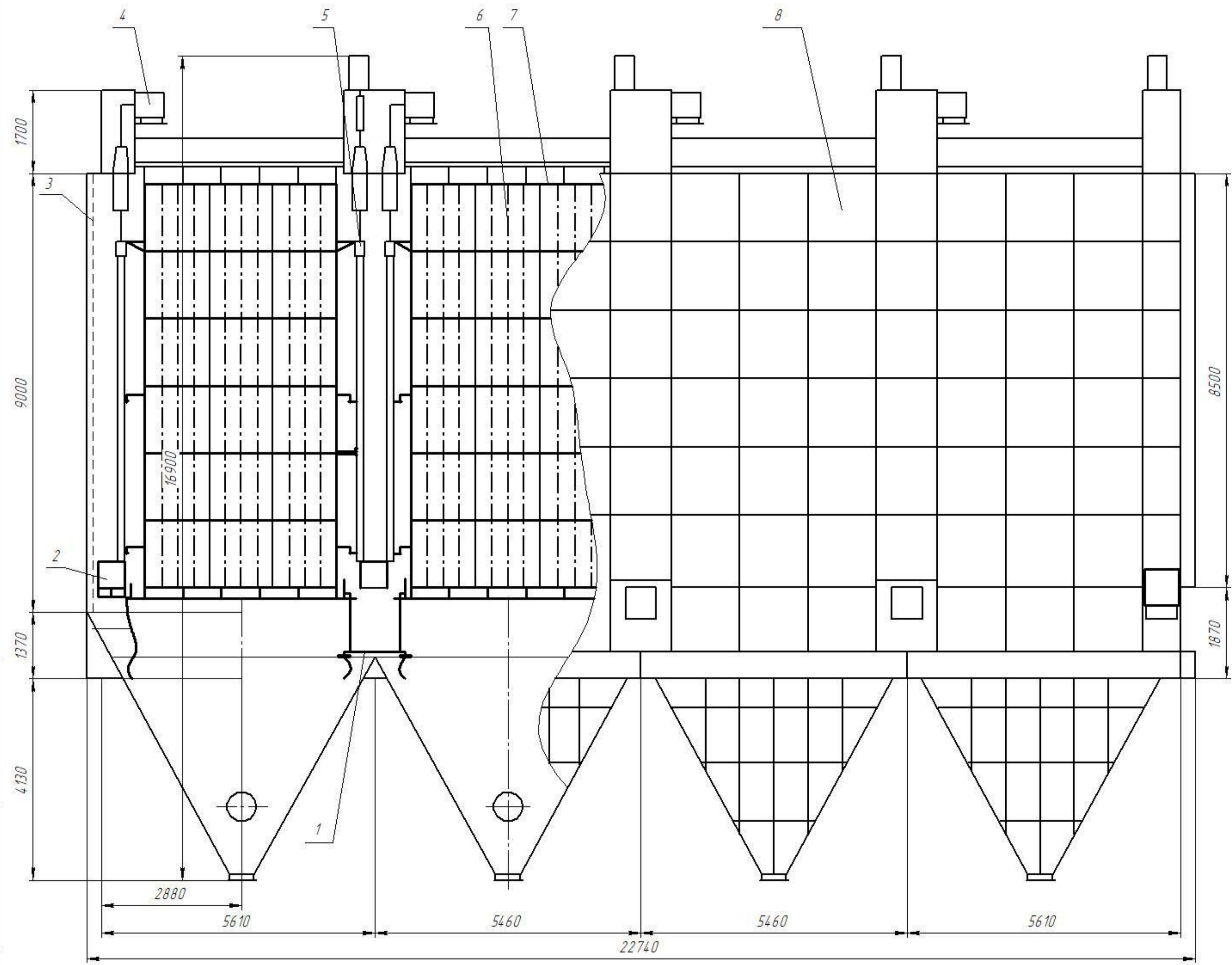


Позиція	Найменування	Кіл.	Примітка
1	Агломерційна машина	1	
2	Колектор	1	
3	Електрофільтр	1	
4	Експаустер	1	
5	Укриття агломашини	1	
6	Гарн	1	
7	Реактор	1	
8	Теплообмінник	1	
9	Адсорбер	1	
10	Циркуляційний бак олеуму	1	
11	Мокрий електрофільтр	2	
12	Димосос	1	
13	Чашовий охолоджувач	1	
14	Вентилятор	1	
15	Циклон	8	

ФБЦ.Д.2.180600.001

Лист	№ докум.	Лист	Дата	Комплексна схема очистки газів агломерційного виробництва	Лист	Масштаб	Масштаб
Розроб.	Виробничий				Лист 1	Листов 9	
Проб.	Корекційні				ЗНУ ФБЦ		
Чектр.	Рижков				ЛЕОП ЗНС-18мз		
Утв.	Кохенякін						Формат А1

Лист № докум. / Дата
 Взам. інв. № / Дата
 Підп. у в. / Дата
 Підп. / Дата



Технічна характеристика:

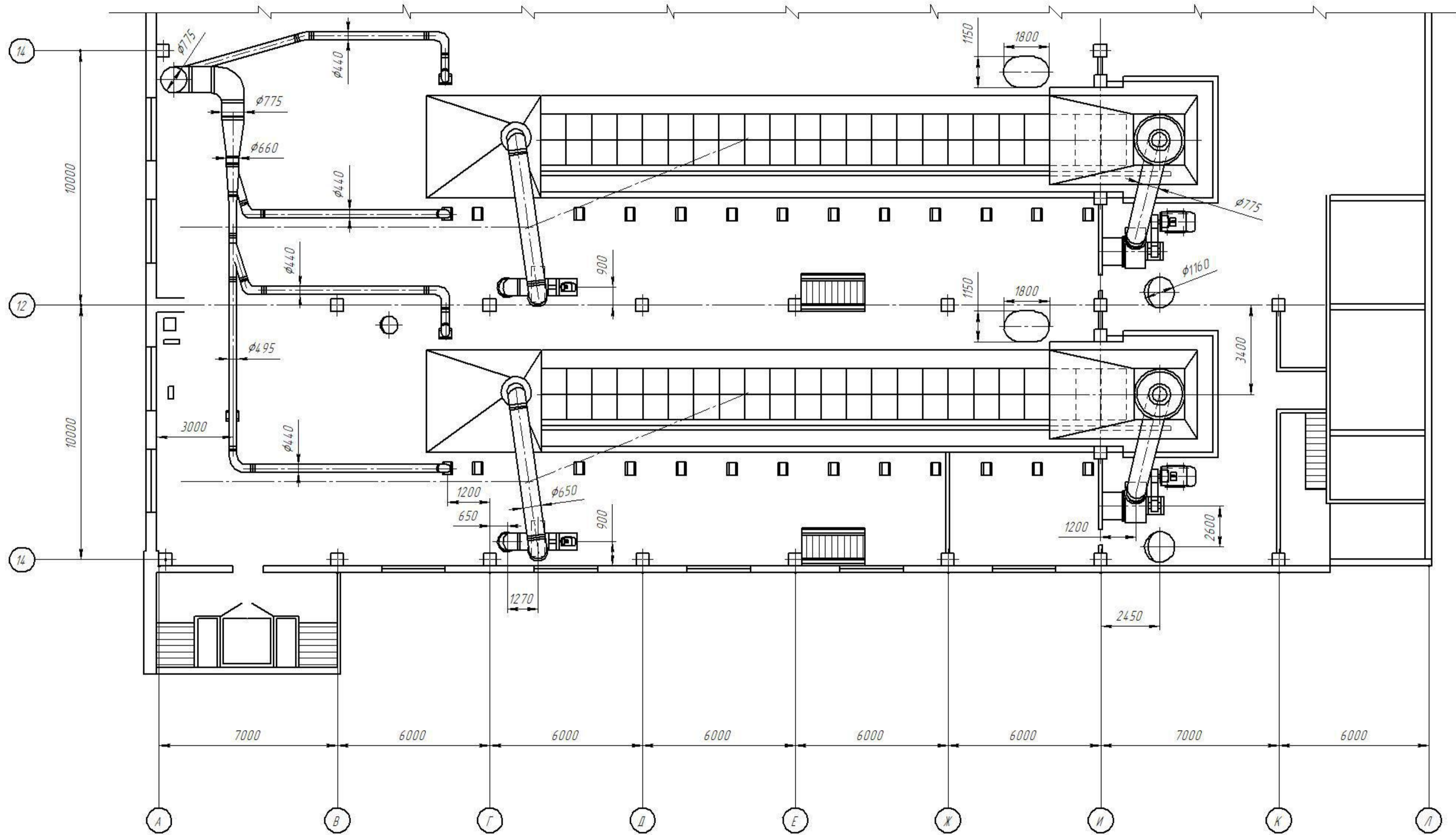
- 1 Витрата газу 1 50 тыс нм³/ч
- 2 Температура 200 °С
- 3 Запиленість початкова 6 г/м³
- 4 Запиленість кінцева 0,036 г/м³
- 5 Ефективність уловлювання 99,7%
- 6 Площа активного перетину 74,2 м²
- 7 Площа поверхні осадження 5660 м²
- 8 Гідралічний опір 250 Па

Код	Вид	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Помечка
		1	ФСТН КП 130000 101	Металічний корпус осаджувальних електродів	4	
		2	ФСТН КП 130000 101	Лей обдількувальна	4	
		3	ФСТН КП 130000 103	Газорозподільна решітка	1	
		4	ФСТН КП 130000 104	Запілені корпус для підвіси решітки	4	
		5	ФСТН КП 130000 105	Металічний корпус ізоляційних електродів	4	
		6	ФСТН КП 130000 106	Корпусні електроди	4	сталь
		7	ФСТН КП 130000 107	Осаджувальні електроди	4	сталь
		8	ФСТН КП 130000 108	Корпус	1	

ФБЦ.Д.2.180600.002			
Електрофільтр			
ЭГВ1-19-9-6-4А			
Лист	№ докум.	Лист	Масштаб
Розроб.	Дубровський		1:50
Проєкт.	Коваленяк		
Констр.	Коваленяк		
Начальн.	Рижков		
Відв.	Коваленяк		

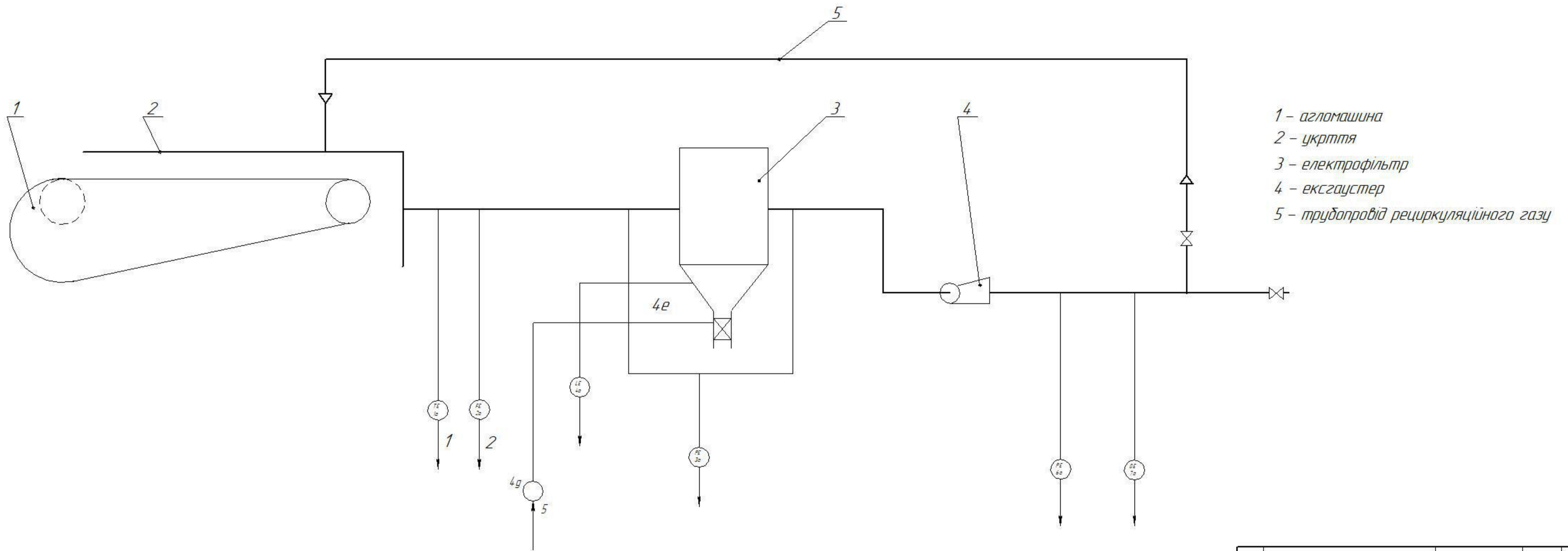
Лист № 1
Лист № 2
Лист № 3
Лист № 4
Лист № 5
Лист № 6
Лист № 7
Лист № 8
Лист № 9
Лист № 10
Лист № 11
Лист № 12
Лист № 13
Лист № 14
Лист № 15
Лист № 16
Лист № 17
Лист № 18
Лист № 19
Лист № 20
Лист № 21
Лист № 22
Лист № 23
Лист № 24
Лист № 25
Лист № 26
Лист № 27
Лист № 28
Лист № 29
Лист № 30
Лист № 31
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

План на отметке 16.600



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

ФБЦ.Д2.180600.003				Лист	Масса	Масштаб
Підвод газу... рециркуляції під укриття				150		
Лист	3	Листів	9	ЗНУ ФБЦ ЛЕОП ЗНС-18мз		
Ім'я	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		
Розроб.	Луківський					
Проєкт.	Коваленко					
Контр.	Коваленко					
Інж.пр.	Рижко					
Відп.	Коваленко					



- 1 – агломашина
- 2 – укріття
- 3 – електрофільтр
- 4 – ексгаустер
- 5 – трубопровід рециркуляційного газу

	1	2	3	4	5	6	7
Прибори по місцю							
Прибори на щиті							
Сигналізація							
Параметр	Температура	Витрата газів	Розрідження газів	Рівень пилу в дункері	Тиск газів	Запиленість	

Поз.	Наименование	Тип	Кол.	Примечание
1a	Термопара	ТХК-1087	1	
1б	Вторинний вимірвальний прибор	Диск - 250-1121	1	
2a	Діафрагма		1	
2б	Первичний измерительный прибор	Сапфир - 22ДД	1	
2в	Вторинний вимірвальний прибор	РП - 160-09Т	1	
3a	Первичний измерительный прибор	Сапфир - 22ДВ	1	
3б	Вторинний вимірвальний прибор	КПУ - 1	1	
4a	Датчик рівня	ЭХО - 3	1	
4б	Первичний измерительный прибор	ЭП - 8007	1	
4в	Сигнализатор рівня	СУС	1	
4г	Пускатель	ПБР - 2М	1	
4д	Виконавчий механізм	МЭО - 16	1	
4е	Регулюючий орган	Дроссель	1	
6a	Первичний измерительный прибор	Сапфир - 22ДА	1	
6б	Вторинний вимірвальний прибор	РП - 160 - 09Т	1	
7a	Пиланір	ПК - 4	1	
7б	Вторинний вимірвальний прибор	РП - 160 - 09Т	1	

ФБЦ.Д.2.180600.004

Функционально схема автоматизации газоочистной установки

Лист	№ докум.	Лист	№
Разраб.	Дубровский	Лист	№
Проф.	Коваленко	Лист	№
Контр.	Коваленко	Лист	№
Инж.пр.	Рижков	Лист	№
Утв.	Коваленко	Лист	№

ЗНУ ФБЦ
ЛЕОП ЗНС-18мэ

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

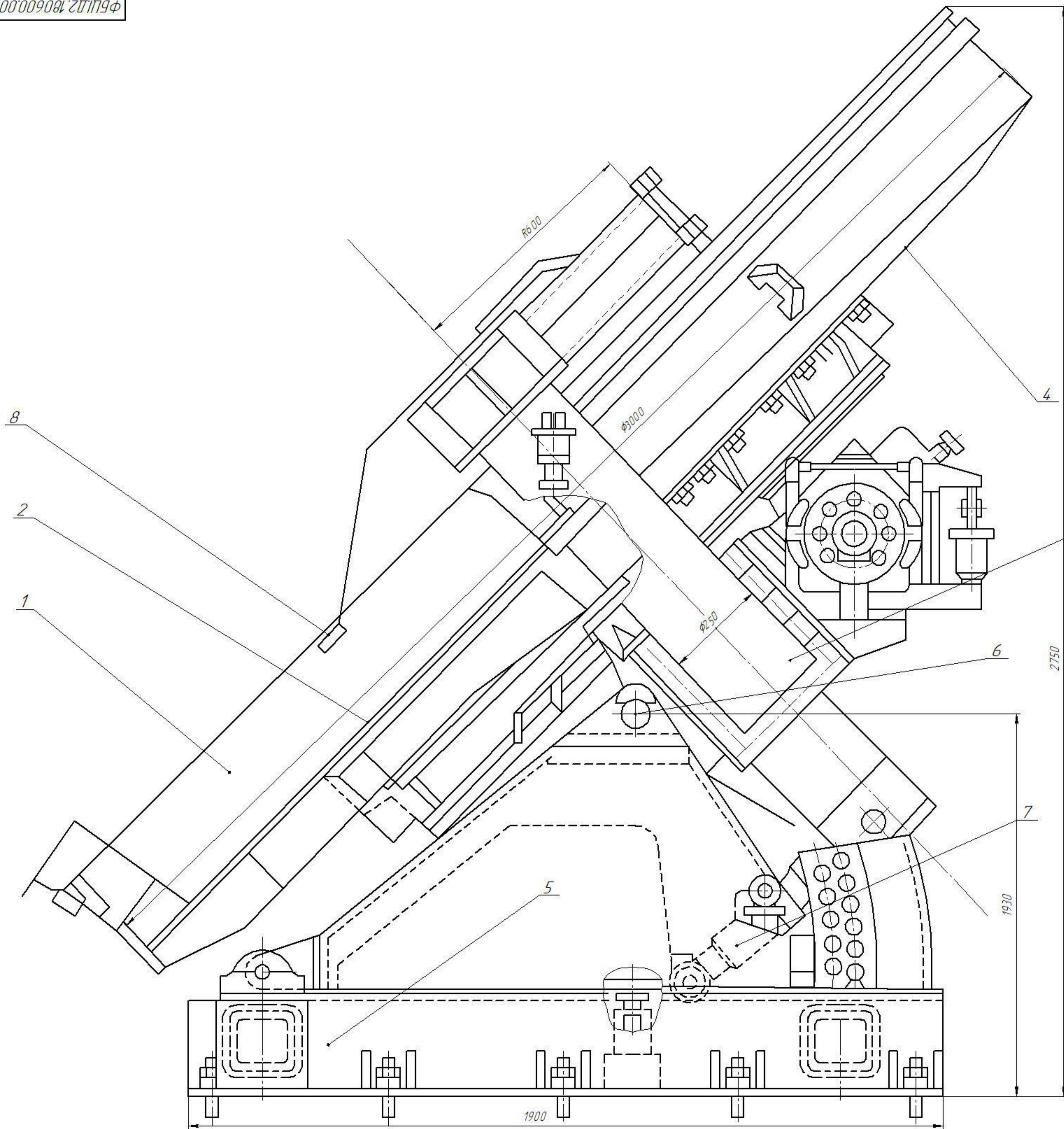
Лист № 16

Лист № 17

Лист № 18

Лист № 19

Лист № 20

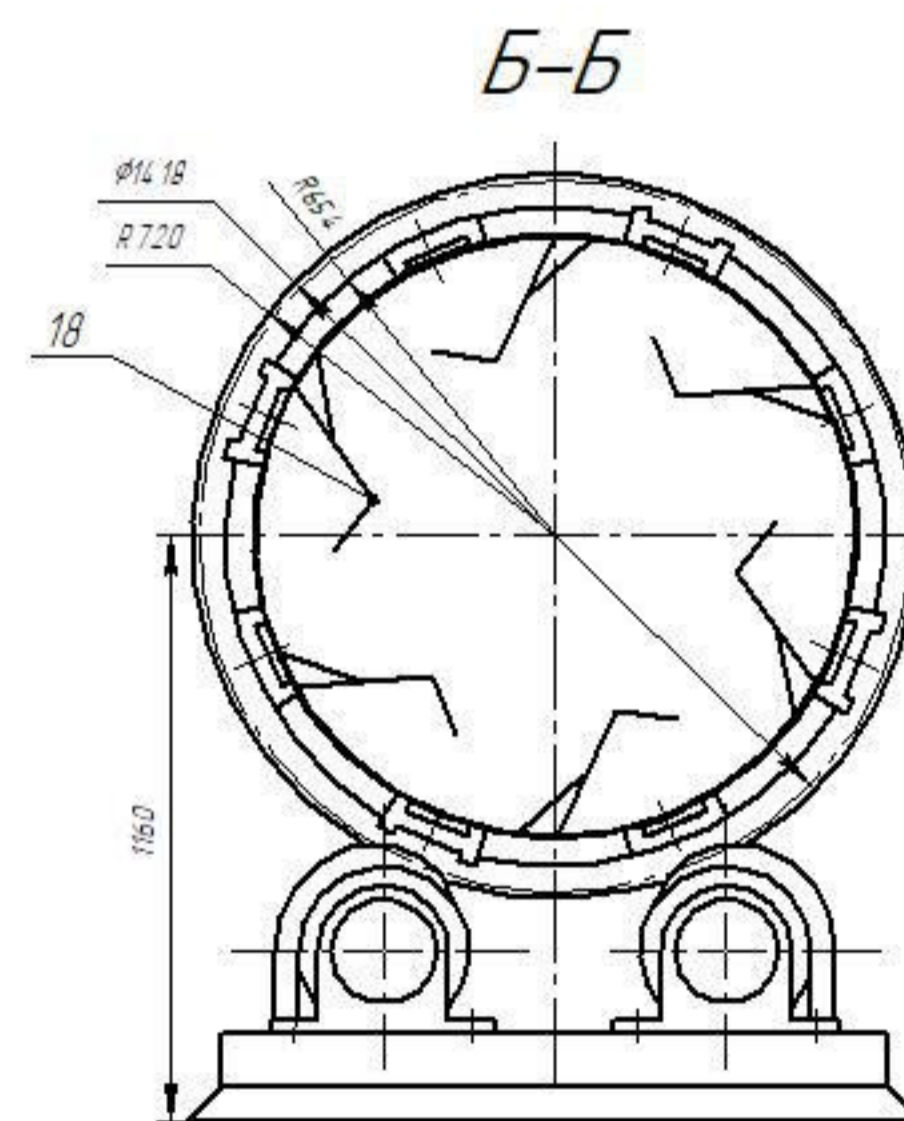
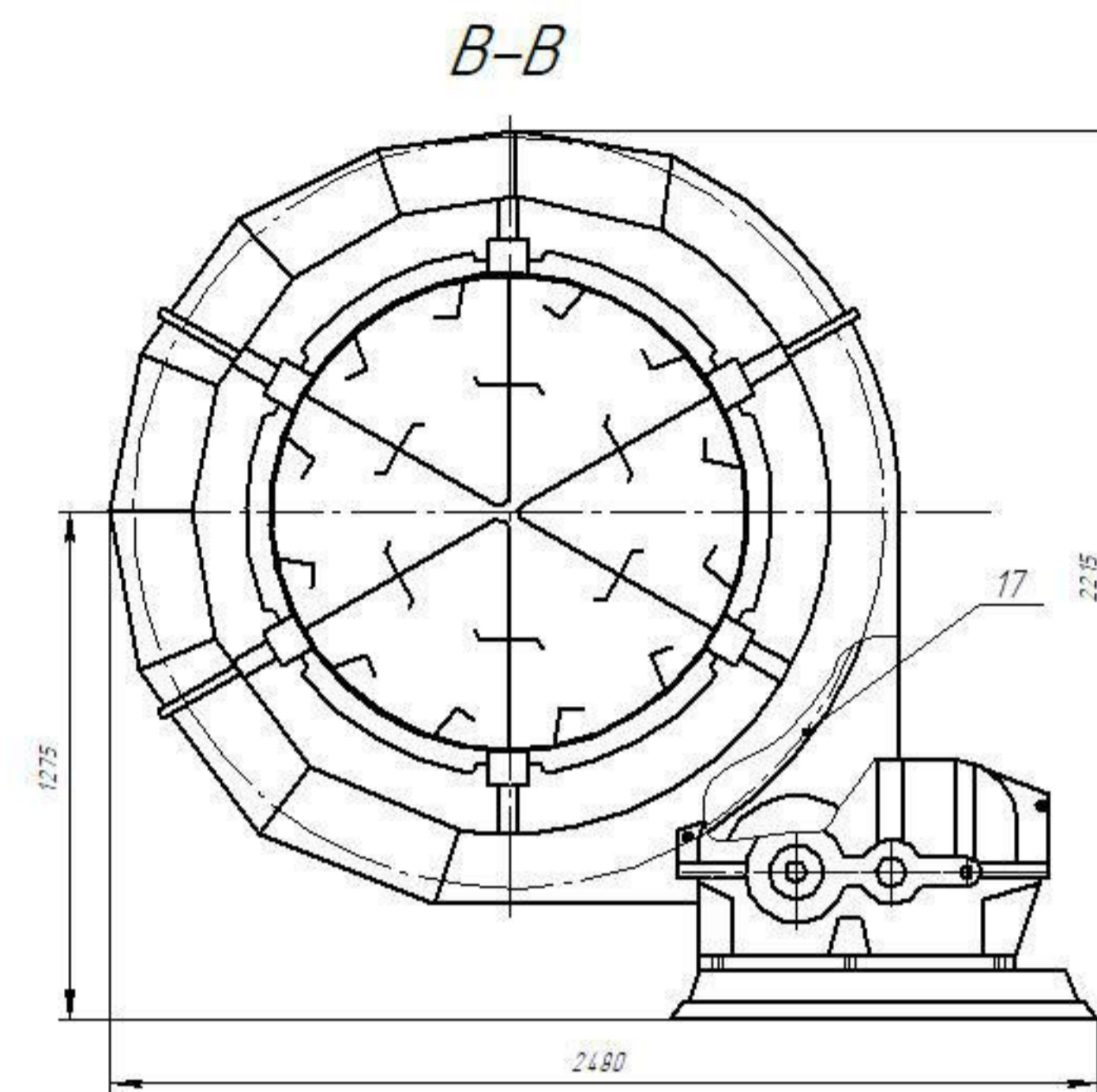
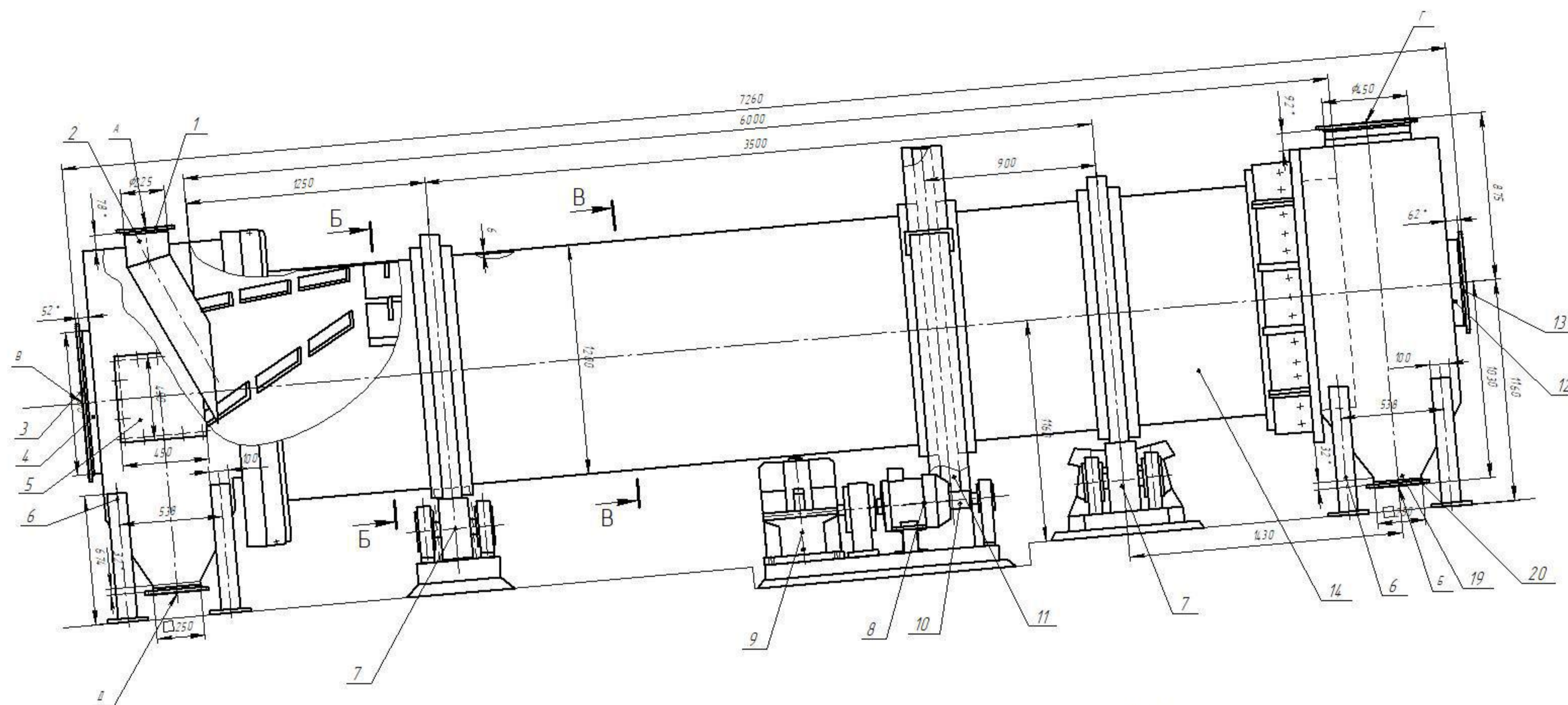


ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА

Діаметр чаші, мм	3200
Висота дарту чаші, мм	600
Частота обертання чаші, хв 1	9-3
Передавальне число редуктора	128,7
Продуктивність, т/год	15
Кут нахилу чаші, град.	45-55
Потужність електродвигуна приводу обертання чаші, кВт	37
Потужність електродвигуна приводу нахилу чаші, кВт	2,2
Орієнтовна маса з електроустаткуванням, т	12

Поз.	Найменування	Кіл.	Примітка
1	Чаша	1	
2	Вінець зчідчастий	1	
3	Вал	1	
4	Кришка торцеда	1	
5	Станина	1	
6	Шарнір	1	
7	Демкрат гідравлічний	1	
8	Форсунки	4	
9	Зчідчаста передача	1	

				ФБЦ.Д.2.180600.007			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Розроб.	Дубровський				1	125	
Перев.	Коваленків				Лист 6	Листів 9	
Г.контр.	Коваленків						
Ч.контр.	Рижков						
Варт.	Коваленків						
				Гранулятор тарілчастий 0Т-3000 14			
				ЗНУ ФБЦ			
				ЛЕОП ЗНС-18мз			



Технічна характеристика

- | | |
|---|----------|
| 1. Продуктивність по кінцевому продукту | 50 кг/ч. |
| 2. Температура гріючого агента | 400 °С. |
| 3. Діаметр сушильного барабана | 1,2 м. |
| 4. Довжина сушильного барабана | 6 м. |

Технічні вимоги

- При виготовленні, испытанні і поставці апарата повинні виконуватися вимоги:
 - а) ГОСТ 122003-74 "Оборудование производственное. Общие требования безопасности."
 - б) ГОСТ 25-291-79 "Сосуды и аппараты стальные сварные. Технические требования."
2. Матеріал деталей корпусу барабанної сушилки В Ст 3 Ст 4 ГОСТ 380-71, матеріал прокладок - паронит ПОН-1 ГОСТ 481-80.
3. Сварні шви в об'ємі 10% контролювати рентгенопроявленням.
4. * Розміри для справок.

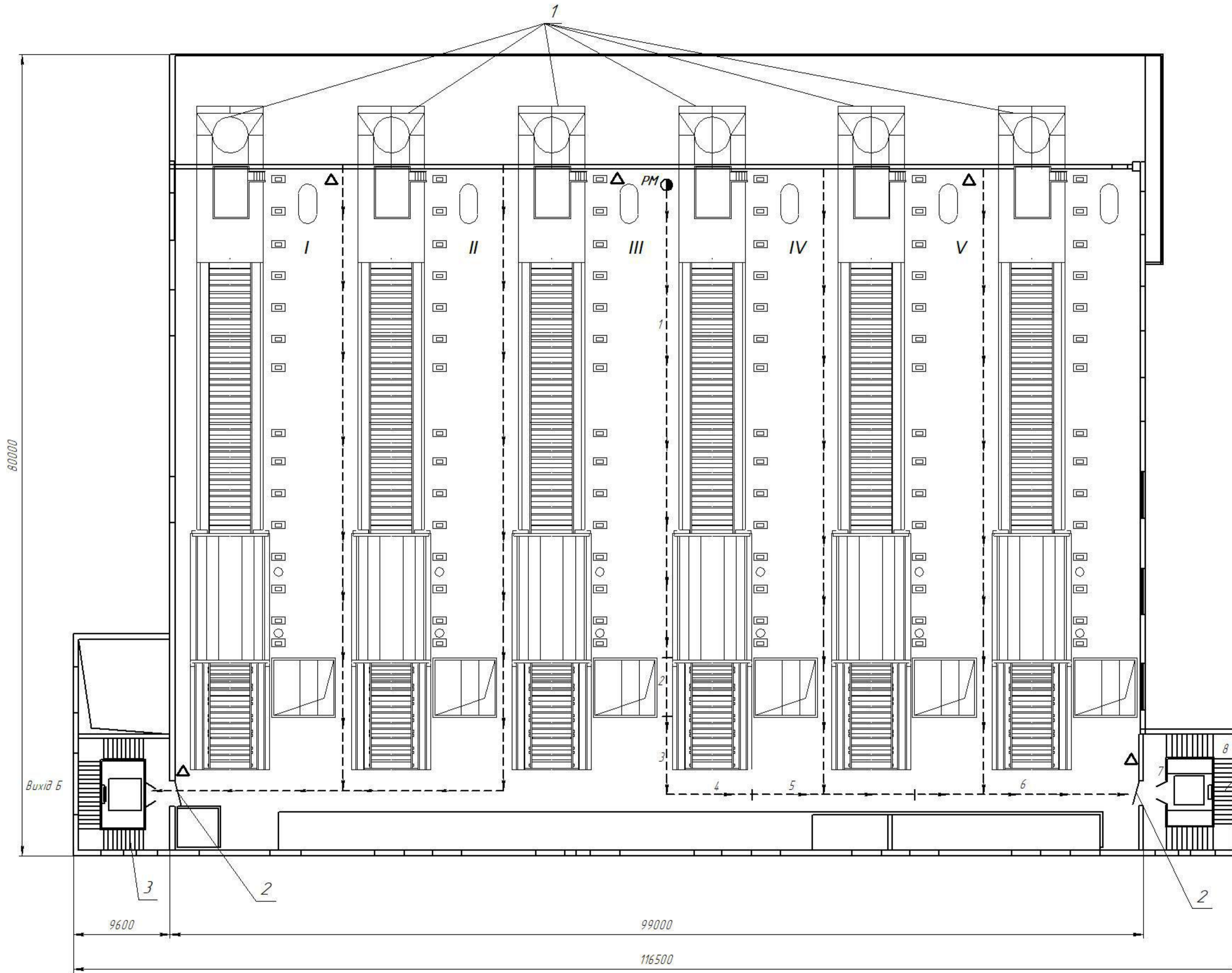
Таблиця штицерів

Позн.	Найменування	Кіл	D _ш , мм	P _ш , МПа
А	Вхід вологого продукту	1	225	
Б	Вихід сухого продукту	1	250	
В	Вхід теплоносія	1	750	
Г	Вихід теплоносія	1	450	
Д	Вигрузка залишків продукту	1	250	

Поз	Обозначение	Наименование	Кол	Масса 1 шт	Наим. и марка материала	Прим.
1		Фланець	1			
2		Вхідний патрубок	1			
3		Фланець	1			
4		Вхідний патрубок	1			
5		Смотровое окно	1			
6		Опора установки	4			
7		Опора барабана	4			
8		Электродвигун	1			
9		Редуктор	1			
10		Шестерня	1			
11		Зубчатое колесо	1			
12		Вихідний патрубок	1			
13		Фланець	1			
14		Сушильный барабан	1			
15		Лопать	12			
16		Переключающий пристрій	12			
17		Венець зубчатого колеса	1			
18		Переключающий пристрій	16			
19		Вихідний патрубок	1			
20		Фланець	1			

ФБЦ.Д.2.180600.007

Барабанне сушило типу БН				Лист	Маса	Масштаб
Зм. лист	№ докум.	Підп.	Шета	1		
Розроб.	Дубровський					
Перед.	Коваленко					
Г.контр.	Коваленко					
Ч.контр.	Рижков					
Затв.	Коваленко					



УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ	
Позначення	Найменування
I - V	Секції
1 - 7	Ділянки шляхів евакуації
PM	Увiддалене робоче місце
△	Переносний вогнегасник

Поз. одозн.	Обозначення	Кол.	Примеч.
1	Агломашина	6	
2	Двері	2	
3	Сходи	2	

ФБЦ.Д.2.180600.008				Лист	Масштаб
Пожерна безпека				Лист 8	Листов 9
Евакуація				ЗНУ ФБЦ	
				ЛЕОП ЗНС-18мз	
Лист	№ докум.	Лист	Дата		
Розроб.	Дубровський				
Проєкт.	Коваленко				
Техніч.	Коваленко				
Начальн.	Рижко				
Утв.	Коваленко				

Копіювати
Формат А1

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

<i>Показники</i>	<i>Один. виміру</i>	<i>Показники</i>
<i>Річна продуктивність</i>	<i>млн. м³</i>	<i>1,26</i>
<i>Початкова запиленість:</i>	<i>г/нм³</i>	<i>6,0</i>
<i>Кінцева запиленість:</i>	<i>г/нм³</i>	<i>0,036</i>
<i>Капітальні вкладення на очищення 1000 м³ газу</i>	<i>грн</i>	<i>22,3</i>
<i>Експлуатаційні витрати на очищення 1000 м³ газу</i>	<i>грн</i>	<i>28,9</i>
<i>Річна економія на паливі шихти</i>	<i>тис. грн</i>	<i>160,6</i>
<i>Річна економія на екологічному податку</i>	<i>тис. грн</i>	<i>624,7</i>
<i>Річна економія на рудному концентраті</i>	<i>тис. грн</i>	<i>6154,5</i>
<i>Термін окупності витрат</i>	<i>рік</i>	<i>4,1</i>
<i>Розрахунковий коефіцієнт ефективності</i>	<i>грн (грн·рік)</i>	<i>0,24</i>

				ФБЦІ.Д2.180600.009		
№ лист	№ докум.	Підп.	Дата	Техніко-економічні показники	Лист	Масштаб
Розроб.	Дубровський				Лист 3	Листов 9
Проєкт.	Ковенякін				ЗНУ ФБЦІ ЛЕОП ЗНС-18мз	
Голов.	Ковенякін					
Начальн.	Рижко					
Відв.	Ковенякін					