

1

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра прикладної екології та охорони праці
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційний проект

магістр

(рівень вищої освіти)

на тему Проект системи очищення газів, що відходять від хвостової частини
агломераційної машини, з утилізацією уловленого пилу

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1839
спеціальності 183 Технології захисту
навколишнього середовища

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Технології захисту
навколишнього середовища

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації _____

(код і назва спеціалізації)

Іванов О.С.

(ініціали та прізвище)

Керівник доц., к.т.н. Манідіна Є.А.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

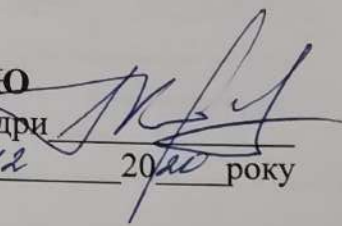
Рецензент проф., д.т.н. Куріс Ю.В.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2020

2

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри 
« 01 » 12 2020 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ

Іванову Олександрю Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Проект системи очищення газів, що відходять від хвостової частини агломераційної машини, з утилізацією уловленого пилю

керівник роботи Манідіна Євгенія Анатоліївна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « » 20 року №

2 Строк подання студентом роботи 01.12.2020

3 Вихідні дані до роботи витрата вологого газу при нормальних фізичних умовах $V_0 = 115000 \text{ м}^3/\text{год.}$; температура газів $t_0 = 75 \text{ }^\circ\text{C}$; атмосферний тиск $P_{\text{бар}} = 101,3 \text{ кПа}$; тиск газів попереду електрофільтру $P_{\text{г}} = -2,5 \text{ кПа}$; щільність часток пилю 3600 кг/м^3 ; концентрація пилю в газі попереду електрофільтру $z_1 = 10 \text{ г/м}^3$;

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Теоретичні аспекти інновацій в галузі технологій захисту навколишнього середовища, проектування основного та допоміжного обладнання технології очистки газів, вибір та розрахунок апаратів по утилізації пилю, забезпечення функціонування проектного об'єкту, охорона праці та техногенна безпека, організаційно-економічна частина

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
 План агломераційного цеху, агломераційна машина, апаратурно-технологічна схема, схема очищення, схема відведення газів, розріз газоочистки, електрофільтр, обгрудкувач, техніко-економічні показники

6 Консультанти розділів роботи

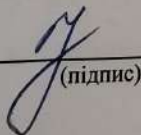
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Манідіна Є.А., доцент	14.09.2020	01.12.2020
2	Манідіна Є.А., доцент	14.09.2020	01.12.2020
3	Манідіна Є.А., доцент	14.09.2020	01.12.2020
4	Манідіна Є.А., доцент	14.09.2020	01.12.2020
5	Манідіна Є.А., доцент	14.09.2020	01.12.2020

7 Дата видачі завдання 14.09.2020

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Срок виконання етапів роботи	Примітка
	Аналіз джерел викидів у агломераційному виробництві	14.09.2020-28.10.2020	Виконано
	Характеристика викидів від хвостової частини агломашини	28.10.2020-29.10.2020	Виконано
	Аналіз існуючих способів очищення газів, що відходять від хвостової частини агломашини	29.10.2020 - 09.11.2020	Виконано
	Оформлення розділу: «Охорона праці та техногенна безпека»	09.11.2020 - 14.11.2020	Виконано
	Розрахунок основних техніко-економічних показниківзапроектваної системи очищення	14.11.2020-01.12.2020	Виконано

Студент


(підпис)

О.С. Іванов
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)


(підпис)

Є.А. Манідіна
(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер


(підпис)

В.Г.Рижков
(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Іванов О.С. Кваліфікаційний проєкт «Проєкт системи очищення газів, що відходять від хвостової частини агломераційної машини, з утилізацією уловленого пилу».

Кваліфікаційний проєкт для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища», науковий керівник Є.А. Манідіна. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут, кафедра прикладної екології та охорони праці, 2020.

Запроєктована система аспіраційних викидів на агломераційній фабриці, які надходять з хвостової частини агломераційної машини і місць завантаження агломерату в хопери та в прийомні бункери руди і колошникового пилу, з конвеєрів і перевантажувальних вузлів в відділенні підготовки шихти. Система очистки включає два двосекційних електрофільтри, димотяг, димову трубу. Пил, вловлений в електрофільтрі знаходить подальше використання в агломераційному виробництві спеціальної підготовки не потребує.

Ключові слова: АГЛОМЕРАЦІЙНА МАШИНА, ХВОСТОВА ЧАСТИНА, ЕЛЕКТРОФІЛЬТР, УТИЛІЗАЦІЯ ПИЛУ, ДИМОВА ТРУБА

ABSTRACT

Ivanov O.S. Qualification work " Design of a system for cleaning exhaust gases from the tail of an agglomeration machine with the disposal of trapped dust".

Qualification work for obtaining a Master's degree in specialty 183 "Environmental Protection Technologies", supervisor Ye.A. Manidina. Zaporizhzhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute, Department of Applied Ecology and Labor Protection, 2020.

The projected system of aspiration emissions at the sinter plant, coming from the tail end of the sintering machine i places of loading the sinter into hoppers and into the receiving hoppers of ore i blast furnace dust, from conveyors i transfer units in the batch preparation section. The cleaning system includes two electrostatic precipitators, a smoke exhauster, and a chimney. The dust is captured in the electrostatic precipitator and goes to further use in sinter production and does not require special preparation.

Keywords: AGGLOMERATING MACHINE, TAIL PART, ELECTRIC FILTER, DUST RECOVERY, CHIMNEY

АННОТАЦИЯ

Иванов О.С. Квалификационный проект «Проект системы очистки газов, которые отходят от хвостовой части агломерационной машины, с утилизацией уловленной пыли».

Квалификационный проект для получения степени высшего образования магистра по специальности 183 «Технологии защиты окружающей среды», научный руководитель Е.А. Манидина. Запорожский национальный университет. Инженерный учебно-научный институт, кафедра прикладной экологии и охраны труда, 2020.

Запроектированная система аспирационных выбросов на агломерационной фабрике, поступающих из хвостовой части агломерационного машины i мест загрузки агломерата в хоперы и в приемные бункеры руды i колошниковой пыли, с конвейеров i перегрузочных узлов в отделении подготовки шихты. Система очистки включает два электрофильтра, дымосос, дымовую трубу. Пыль улавливается в электрофильтре и поступает в дальнейшее использование в агломерационном производстве и специальной подготовки не требует

Ключевые слова: АГЛОМЕРАЦИОННАЯ МАШИНА, ХВОСТОВАЯ ЧАСТЬ, ЭЛЕКТРОФИЛЬТР, УТИЛИЗАЦИЯ ПЫЛИ, ДЫМОВАЯ ТРУБА

РЕФЕРАТ

95 с., 24 табл., 12 рис., 42 джерел

Пояснювальна записка до кваліфікаційного проекту

АГЛОМЕРАЦІЙНА МАШИНА, ХВОСТОВА ЧАСТИНА,
ЕЛЕКТРОФІЛЬТ, УТИЛІЗАЦІЯ ПИЛУ, ДИМА ТРУБА, СТРОК ОКУПНОСТІ,
ГІДРАВЛІЧНИЙ ОПР, ШКІДЛИВІ ВИРОБНИЧІ ФАКТОРИ

Об'єкт проектування –агломераційний цех.

Предмет проектування – система очищення аспіраційних газів агломераційного цеху.

Мета проекту – проектування системи газоочищення газів хвостової частини агломашини з утилізацією вловленого пилю.

Аспіраційні викиди на агломераційній фабриці надходять з хвостової частини агломераційної машини і місць завантаження агломерату в хопери та в прийомні бункери руди і колошникового пилю, з конвеєрів і перевантажувальних вузлів в відділенні підготовки шихти.

Запилене повітря від хвостових частин всіх шести агломашин, місць завантаження агломерату в хопери, вузлів підготовки шихти, грохотів і охолоджувачів збираються в колектор великого перетину і потім за допомогою чотирьох димососів направляються на очищення в два двосекційних електрофільтри ЕГА-2-88-12- 6-3-330А, після чого викидається через димову трубу в атмосферу. Пил, вловлений в електрофільтрі знаходить подальше використання в агломераційному виробництві спеціальної підготовки не потребує.

Термін окупності капітальних вкладень запропонованої системи очистки з урахуванням еконалогу та утилізації вловленого пилю становить 3,06 роки при коефіцієнті економічної ефективності капітальних вкладень 0,327 грн/рік·грн.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ІННОВАЦІЙ В ГАЛУЗІ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	9
1.1 Інноваційний розвиток – основа сталого розвитку та збереження на його засадах навколишнього середовища	9
1.2 Інноваційні технології захисту навколишнього середовища	15
2 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	18
2.1 Дослідження інноваційних засобів та технологій захисту навколишнього середовища.....	18
2.2 Моделювання технологій захисту навколишнього середовища.....	34
3 ПРОЕКТНИЙ РОЗДІЛ.....	39
3.1 Проектування основного та допоміжного обладнання технології очистки газів	39
3.1.1 Розрахунок електрофільтру типу ЕГА.....	39
3.1.2 Розрахунок агрегатів живлення електрофільтрів.....	46
3.2 Розрахунок аеродинаміки газовідвідного тракту	48
3.3 Вибір та розрахунок апаратів по утилізації пилу	56
3.4 Забезпечення функціонування проєктованого об’єкту	60
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....	65
4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....	65
4.2 Заходи з поліпшення умов праці. Виробнича санітарія.....	68
4.3 Електробезпека.....	71
4.4 Пожежна та техногенна безпека	72
4.5 Розрахунок рівня безпеки агломераційного виробництва.....	73
5 ОРГАНІЗАЦІЙНО - ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	75
5.1 Організація роботи на ділянці очищення газів	75
5.2 Планування виробничої програми	76

5.3 Розрахунок балансу робочого часу та планового фонду оплати праці основних робітників.....	77
5.4 Розрахунок капітальних витрат на очищення газу	83
5.5 Розрахунок експлуатаційних витрат на очищення газу і уловлювання пилу.....	85
5.6 Розрахунок зменшення екологічного податку	87
5.7 Техніко-економічне обґрунтування рішень, які прийняті у проекті	88
ВИСНОВКИ.....	91
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ВИКОРИСТАННЯ	92

ВСТУП

Одним з найбільших забруднювачів навколишнього природного середовища є підприємства чорної металургії. До основних виробництв металургії відносять: агломераційне, доменне, конвертерне та мартенівське. Встановлено, що сучасна агломераційна фабрика є найбільшим джерелом шкідливих викидів в атмосферне повітря. Частка найбільш масових викидів агломераційних фабрик від загального об'єму викидів металургійних підприємств становить: пил - 31 %, окис карбону(II) – 78%, оксиду сульфуру(IV) – 61 %, оксидів азоту – 26 % [1].

До основних джерел пилогазових викидів на агломераційній фабриці належать: агломераційні машини, прийомні бункери руди і колошникового пилу, грохоти, конвеєри і перевантажувальні вузли в відділенні підготовки шихти.

Умовно всі викиди агломераційного виробництва можливо поділити на технологічні та аспіраційні. До технологічних викидів агломераційного виробництва відносять газу, які утворюються під час спікання агломерату на агломераційній стрічці. Ці газу відводять з-під аглоленти через вакуум-камери, колектор, пиловловлююче обладнання, з якого за допомогою екстаустера через димову трубу викидаються у атмосферу. Вихід технологічних газів становить 2500 м³/ год на 1 тону агломерату [2].

До джерел аспіраційних викидів агломераційного виробництва відносять хвостову частину агломераційної машини, місця завантаження агломерату в хопери, прийомні бункери руди і колошникового пилу, конвеєри і перевантажувальні вузли в відділенні підготовки шихти. При розвантаженні агломашини, дробленні, грохоченні і транспортуванні агломерату виділяється до 4 кг пилу на 1 т продукту [1].

Таким чином, проектування високоефективної очистки аспіраційних викидів агломераційного цеху дозволить зменшити антропогенний вплив на навколишнє природне середовище.

Метою кваліфікаційного проекту є впровадження високоефективного способу знешкодження аспіраційних викидів агломераційного виробництва..

Поставлена мета досягається за рахунок розв'язання наступних завдань:

- аналіз сучасних методів модернізації існуючого газоочисного обладнання;
- аналіз світового досвіду по знешкодженню аспіраційних викидів агломераційного виробництва;
- проектування високоефективної системи очищення газів хвостової частини агломашини;
- розробка системи утилізації вловленого пилу;
- техніко-економічне обґрунтування запроєктованої системи газоочищення.

1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ІННОВАЦІЙ В ГАЛУЗІ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

1.1 Інноваційний розвиток – основа сталого розвитку та збереження на його засадах навколишнього середовища

Сьогодні посилюються вимоги до стандартів у галузі охорони навколишнього природного середовища, що призводить до необхідності пошуку рішень по вдосконалюванню систем очищення промислових викидів.

Тонке очищення великих об'ємів відхідних газів від дисперсних часток є основним завданням з пиловловлення. Саме таке очищення відбувається у наступних апаратах: скрубери Вентурі, рукавні фільтри, електрофільтри.

Останнім часом спостерігається зменшення використання мокрих способів очищення. Це пов'язано з наявністю значних недоліків при використанні даних способів, а саме: наявність водного господарства, високий гідравлічний опір скрубери Вентурі, що обумовлює значні енерговитрати, корозія газопроводів та димотягів.

Використання в системах очищення рукавних фільтрів та електрофільтрів дозволяє виключити вищенаведені недоліки. В свою чергу при проектуванні систем газоочищення, які містять рукавний фільтр, необхідно враховувати велику габарити цих апаратів та їх чутливість до вологи та до високих температур газів, які очищаються.

Використання електрофільтрів в якості вискоєфективних апаратів системи газоочищення мають такі переваги в порівнянні з рукавними фільтрами [3]: невисокий гідравлічний опір (до 500 Па), що веде до невисоких енерговитрат, можливість автоматизації процесу очищення газів, можливість вловлювання часток пилу, які мають розмір від 0,01 мкм, наявність в газі вологи позитивно впливає на ефективність очищення, менші габаритні розміри [4].

Оцінка ефективності роботи електрофільтрів ведеться по визначенню загальної ефективності знешкодження пилу, або по кількості пилу, що

затримується в пиловловлювачі, стосовно кількості пилу, що втримується в газі, що знепилюється; фракційної ефективності, яка визначає повноту вловлювання часток певних розмірів; по визначенню залишкового змісту пилу в газі при виході його з апарату очищення; по розподілу залишку пилу в газі по розміру часток або швидкості витання.

Ефективність роботи електрофільтра характеризується ступінем очищення газів від домішок та є високоефективним при вловлюванні більше ніж 95 % [5]:

$$\eta = \frac{Z_{\text{вх}} - Z_{\text{вих}}}{Z_{\text{вх}}},$$

де $Z_{\text{вх}}$, $Z_{\text{вих}}$ — запыленість газу, відповідно, на вході і на виході з електрофільтра, $\text{г}/\text{м}^3$.

При відомому фракційному складі пилу на вході електрофільтра, а потім і загальний ступінь очищення визначається як сума середньозважених ступенів очищення окремих фракцій:

$$\eta = \sum_{i=1}^n \eta_i q_i,$$

де q_i - доля i -ої фракції.

З робіт [3,4] встановлено, що ступінь очищення електрофільтра залежить від швидкості потоку газу, що очищається — швидкості переносу (осадження) часток аерозолі при виносі їх з газового потоку [3].

$$\eta = 1 - \exp\left(W_{\text{п}} \frac{S_{\text{ос}}}{Q_{\text{г}}}\right),$$

де $W_{\text{п}}$ — швидкість переносу часток аерозолі до електродів, що осаджують, $\text{м}/\text{с}$;

$S_{\text{ос}}$ — поверхня електродів, які осаджують, м^2 ;

$Q_{\text{г}}$ — об'ємна витрата газу, який йде на очищення, $\text{м}^3/\text{с}$.

Відношення швидкості переносу часток W_p до швидкості V_g газового потоку (W_p/V_g) визначають за критерієм ефективності роботи електрофільтрів [3]. Для більш точного розрахунку ступеня очищення газів електрофільтром необхідно враховувати всі види проскакування та віднесення пилу, рис. 1.1 [6].



Рисунок 1.1 – Види виносу пилу з електрофільтру

Сьогодні для підвищення ефективності електрофільтрів збільшують висоту електродів до 15 м, що в свою чергу збільшує розміри апаратів та здорожує їх. [3]. Для інтенсифікації роботи електрофільтра - зменшують міжелектродну відстань (до 0,22 м та навіть менш). В цьому випадку інтенсифікація роботи електрофільтрів відбувається за рахунок зменшення шляху руху аерозолі до електродів, які осаджують, але при цьому збільшують кількість секцій електрофільтра з метою збереження площі поперечного переріза S електрофільтра та для забезпечення тієї ж швидкості газового потоку. Тому електрофільтр необхідно виконувати багатосекційним, зі збільшеною кількістю його секцій. Такий спосіб модернізації апарату дозволяє суттєво зменшити габарити електрофільтрів по висоті, а також зменшити їхню металоємність. До недоліків даного способу удосконалення відносять

збільшення ймовірності виникнення пробою газového проміжку. Тому при використанні даного способу інтенсифікації роботи електрофільтрів забезпечують високу якість виготовлення електродів, деяке зменшення напруженості електричного поля (що призведе до зменшення швидкості осадження часток пилу) [3]. Такі недоліки використання даного способу інтенсифікації роботи електрофільтрів.

При збереженні конструктивних розмірів електрофільтра ефективність очищення газу залежить від відношення швидкості осадження часток електричним полем до швидкості потоку газу, що очищається. Зменшення відношення цих швидкостей, обумовлено збільшенням швидкості газového потоку, що приводить до різкого зниження ефективності роботи електрофільтра. Отже, зберегти високу ефективність очищення при збільшенні швидкості потоку можна за рахунок підвищення швидкості осадження (переносу) часток в активній зоні апарата. Це дозволяє збільшити продуктивність електрофільтра без зменшення ступеня очищення.

В роботі [3] встановлено, що для збільшення швидкості осадження доцільно збільшувати напруженість поля в робочій зоні електрофільтра. Але просто збільшити напругу живлення електродів і, отже, максимальні значення напруженості поля електродів не можливо через небезпеку повного пробою повітряного проміжку й переходу коронного розряду в дуговий. У випадку використання системи електродів «ряд проводів між площинами», що найбільш широко використовується в сучасних електрофільтрах, найбільші значення пробивної напруги і пробивної напруженості поля досягаються у випадку використання тонких коронуючих проводів діаметром 3 мм і менше [3]. Отже, можливості для посилення поля в електрофільтрах традиційної конструкції відсутні. Збільшення пробивної напруги можна досягти тільки у випадку підвищення ступені неоднорідності електричного поля, а для цього необхідно використовувати голчасті коронуючі електроди. Для промислових електрофільтрів можна рекомендувати систему електродів «ряд дротів з голками між площинами». Але в цьому випадку виникає завдання встановлення

оптимальних розмірів коронуючих електродів і насамперед відстані (кроку) між голками [3].

Так наведені в роботі [3] дані свідчать, що при малій відстані між голками, до певного значення спостерігаються підвищені значення пробивної напруги й, відповідно, пробивної напруженості. А при кроці, більшому деякої величини спостерігається різке зниження пробивних напруг. Отже, для інтенсифікації процесу пиловловлення для електрофільтра із зазначеними вище параметрами доцільно використовувати електроди із кроком між голками від 20 до 40 мм.

При порівнянні вольтамперних характеристик експериментального електрода «дроти з голками, які встановлені із кроком 20 мм» з характеристиками для тонкого циліндричного дроту (діаметром 2 мм) і електрода штикового перетину розміром 4 x 4 мм встановлено, що найвище значення початкової напруги й, відповідно, найменші струми розряду спостерігаються для електрода штикового перетину, а найменші значення початкової напруги й, відповідно, максимальні струми коронного розряду є в електрода «дроти з голками, які встановлені із кроком 20 мм». Отже, оптимальною із цього погляду є вольтамперна характеристика голчастого коронуючого електрода, яка дозволяє підвищити щільність струму коронного розряду на питому поверхню осаджувального електрода [3].

Величина початкової напруги коронного розряду й пов'язана з ним величина струму корони має для електропилогоочистки дуже велике значення [3]. Це обумовлюється двома основними причинами, по-перше, ступінь очищення в електрофільтрі тим вище, чим вище потужність, яка споживається коронним розрядом. Природно, при однаковій напрузі живлені дана потужність буде тим більше, чим вище сила струму, що споживається електрофільтром і, відповідно, чим менше початкова напруга коронного розряду. По-друге, при використанні електрофільтрів для очищення газів з великою концентрацією дрібнодисперсного пилу, часто відбувається так зване «запирання» коронного розряду й значне погіршення пилогоочистки [3]. При

підвищенні струму розряду при вловлюванні пилу з тієї самої сполуки та в рівному значенні запиленості явище «запирання» корони буде відбуватися в суттєво меншому ступені.

Таким чином, розширюється область ефективного використання електрофільтрів при вловлюванні дрібнодисперсних аерозолів зі значними концентраціями твердих часток. Проведені дослідження та аналіз літературних даних показують, що використання голчастих електродів (системи електродів «ряд проводів з голками – площа» і «ряд проводів з голками між площинами») дозволяє не тільки збільшити продуктивність електрофільтра без зменшення ступеня очищення, але й розширити область ефективного застосування електрофільтрів. Електроди даного типу можуть бути виготовлені з достатнім запасом механічної міцності, що забезпечить їхню надійність і довговічність у процесі експлуатації. Описаний спосіб інтенсифікації пиловловлення досить простий і універсальний, і може широко використовуватися в електрофільтрах різного призначення.

Екологічним холдингом «Кондор Эко –СФНИИОГАЗ» був проведений великий комплекс теоретичних і експериментальних досліджень за результатами яких були створені конструкції, виготовлені та введені в експлуатацію електрофільтри нового покоління. На базі електрофільтрів нового покоління створений типорозмірний ряд апаратів загальнопромислового застосування продуктивністю до 1,5млн м³/год, що забезпечують залишкову запиленість газів 20...50 мг/м³ [7]. Цією компанією вирішені інженерні завдання вдосконалювання електрофільтрів: розроблена система зтряхування й нові й уточнені методики розрахунків режимів регенерації осаджувальних і коронуючих електродів і освоєне виробництво осаджувальних електродів висотою до 18 м, розроблена нова система газорозподілу, що включає решітки на вході й виході з електрофільтра, що дозволяє одержати необхідну рівномірність потоку газу й забезпечити проектні норми викидів пили на виході з електрофільтра. Розроблена й впроваджена нова система коронуючих електродів електрофільтрів, що дозволяє знизити напругу запалювання корони

й збільшити швидкість дрейфу часток в електрофільтрі до 30% і вище. Запропонована нова система регулювання напруги на електрофільтрах, яка реалізується на базі існуючих регуляторів шляхом зміни алгоритму їх роботи.

Таким чином, збільшення міжелектродної відстані дозволяє суттєво знизити металоемність при збереженні ефективності очищення; збільшення активного об'єму апарата - підвищує ефективність очищення в умовах обмеження розмірів у цеху, зокрема, при реконструкції діючих електрофільтрів; застосування спеціальних коронуючих елементів – підвищує ефективність очищення газів від пилу; застосування сучасних джерел живлення й систем автоматизації - дозволяє збільшити міжелектродні відстані і активний об'єм, за рахунок використання могутніших агрегатів живлення із системами керування, що використовують регулювання напруги, які дозволяють підтримувати більш високий рівень середньої робочої напруги в електрофільтрі, близький до максимальної пробивної напруги.

Таким чином, впровадження сучасних засобів та заходів по модернізації газоочисних обладнань дозволить скоротити викиди пилу та заощадити використання енергетичних ресурсів.

1.2 Інноваційні технології захисту навколишнього середовища

Хвостова частина агломераційної машини, дробарка, грохот, вузол завантаження агломерату у вагони є джерелами аспіраційних викидів в агломераційному цеху. Відведення аспіраційних викидів досягається за рахунок створення герметичного укриття хвостової частини агломашини.. Значне підсмоктування повітря і вибивання пилегазових потоків відбувається в місцях поворотів газів, за рахунок абразивного зносу укриття і газопроводів, скрізь значну кількість нещільностей і не закриті люки. Хвостова частина агломашини має загальне укриття, конструкція якого проміжна між зонтом і вантажним тунелем. Об'ємні укриття вагонів з'єднуються повітроводами з укриттями

розвантажувальних частин агломашин і далі поєднуються з витяжними трубами.

Існують декілька видів схем очищення аспіраційних викидів агломераційного виробництва, в яких застосовують як апарати «мокрого очищення» так і «сухого» очищенням та змішані схеми: сухі циклони і мокрі скрубери, в тому числі труби Вентурі.

В роботах [1,2,8,9] наведені схеми очищення в яких для знепилювання відхідних газів, від хвостових частин агломераційних машин, використовують аспіраційні системи з двоступеневою системою очищення в батарейних циклонах і трубах Вентурі прямокутного перетину зі скруберами-краплевловлювачами. Вловлений пил за допомогою гідровидалення надходить до системи відстійників. Запропонована схема має наступні недоліки:

- значні капітальні витрати на спорудження шламового господарстваї, освітлювальних басейнів, установок для обробки шламу;
- недостатня експлуатаційна надійність, тому є неможливим безперебійної роботи основного обладнання;
- передбачення ерозійного і корозійного захисту газоочисного устаткування;
- низька ступінь очищення;
- наявність осаду на стінках газопроводів, апаратів і в димотягах (результаті утворення нерозчинного у воді сульфата і карбонату кальцію);
- необхідність зневоднювати вологі шлами (використання вологих шламів у якості добавки до агломераційної шихти погіршує газопроникність шихти)

Таким чином, в сучасних умовах перелічені недоліки унеможливають використання «мокрих» систем для очищення газів, що відходять від хвостової частини агломераційної машини.

Сьогодні у світі використовують для очищення газів, що відходять від хвостової частини агломераційної машини системи, які включають кілька великих електрофільтрів або рукавних фільтрів і димотягів, розрахованих на проходження газів у кількості 1..2 млн.м³/год. Саме використання сухих

методів очищення дозволить повертати вловлений пил без попередньої обробки в агломераційне виробництво, що здешевить собівартість готового агломерату.

2 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Дослідження інноваційних засобів та технологій захисту навколишнього середовища

Агломераційна фабрика складається з наступних ділянок та відділень [16-22]: вагоноперекидачі і прийомні бункери, склад усереднення, корпус дроблення й здрібнювання палива, корпус дроблення, здрібнювання й сортування флюсів; відділення шихтових бункерів; корпус змішування й огрудкування; спікальне відділення з агломерційними машинами; відділення охолодження й сортування агломерату; газоочисні спорудження; корпус ексгаустерів (нагнітачів). На рис.2.1 наведена схема вантажопотоків агломераційного цеху.

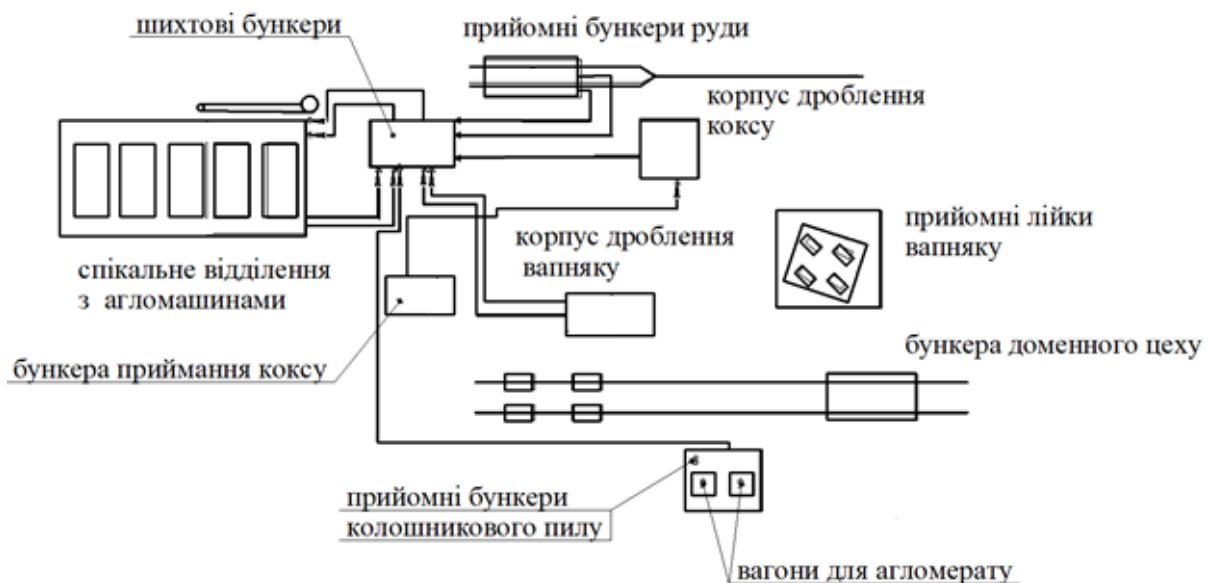


Рисунок 2.1 - Схема вантажопотоків агломераційного цеху

За допомогою залізничного транспорту в агломераційний цех надходять компоненти агломераційної шихти і далі розвантажуються в бункери, звідки системою конвеєрів подаються на склади усереднення. Прийомні бункери в аглоцеху поділено на три групи: перша застосовується для руди і концентратів; друга - для палива й добавок; третя- для флюсів (вапняку) [10-16].

Розвантаження матеріалів з хоперів проводиться шляхом відкриття люків. В шихтовому відділенні проводиться зберігання(деякий запас) та дозування шихти у заданому співвідношенні. Шихтове відділення розташовується в окремому будинку у безпосередній близькості від корпусу спікання й складається із трьох ділянок [16-22]: ділянка завантаження шихтових бункерів; ділянка шихтових бункерів; ділянка дозування компонентів шихти.

У корпусі змішування й огрудкування проводиться остаточна підготовка шихти. Шихта в корпус змішування надходить по конвеєру. Перед подачею в барабан-огрудковувач до неї додають зворот, який виділяється при сортуванні агломерату після спікання або, того що скопився під бункерами доменного цеху. Він подається пластинчастим конвеєром, розрахованим на транспортування гарячих матеріалів, у бункер і за допомогою електровібраціонного живильника уводиться в потік шихти. У барабані-змішувачі шихта змішується, частково огрудковується, потім подається на барабан-огрудковувач, а потім подається в корпус спікання [16-22].

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. Несучим і тяговим органом конвеєра є гнучка замкнена стрічка (найчастіше гумова), що обгинає приводний і натяжний барабани.

Для транспортування гарячих матеріалів застосовуються конвеєри зі сталевую стрічкою. 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.

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 кишені, у яких збирається пил.

Охолодження агломерату здійснюють у відділенні охолодження.

Схема обладнання агломераційної фабрики наведена на рис. 2.2. Бункера для компонентів шихти 3 заповнюються зверху через грати 2 реверсивним стрічковим конвеєром 1. Бункер звороту наповнюється конвеєром 28. Дозування компонентів шихти на збірний конвеєр шихти 5 відбувається за допомогою вагових стрічкових дозаторів 4. Дозатор представляє собою короткий стрічковий конвеєр, що встановлено під горловиною бункера [16-22]. Змішування зволоженої шихти (не більше ніж 8-9 %) відбувається у обертовому змішувачі барабанного типу 6, а потім шихта направляєється по конвеєру 7 до барабана-грудковувача 8.

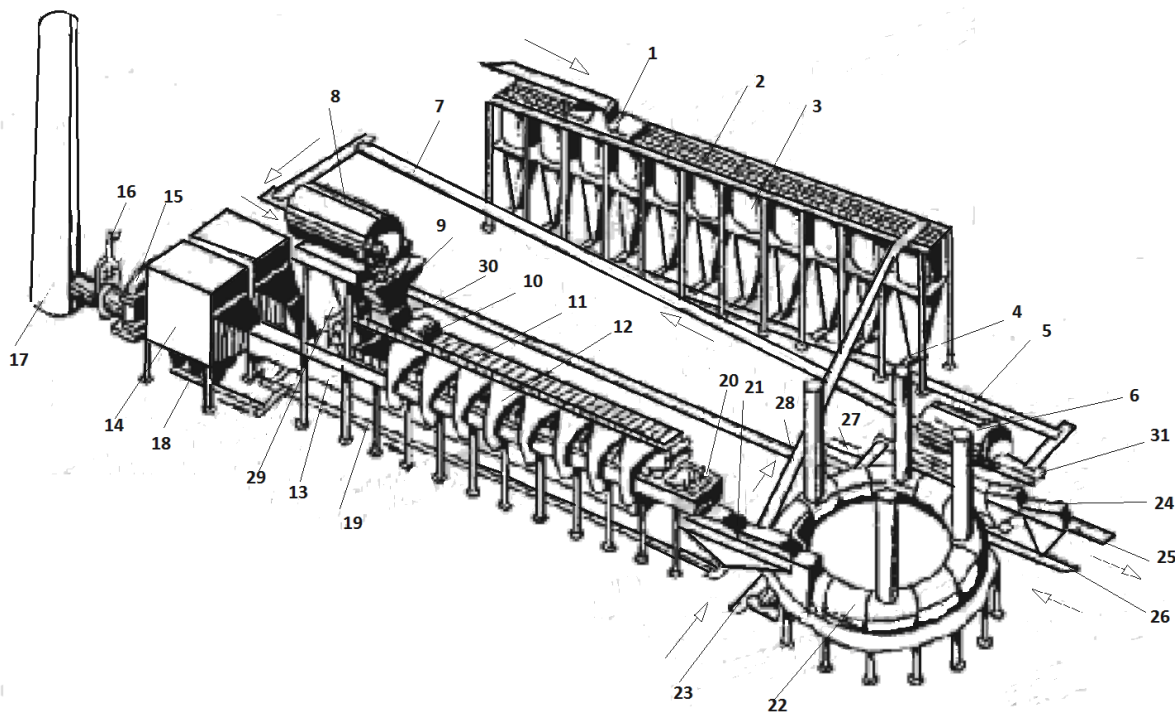


Рисунок 2.2 – Спрощена схема обладнання агломераційного цеху

Змішана та обгрудкована агломераційна шихта з бункеру 9 укладається живильником 30 на агломераційну стрічку 11. Але спочатку на колосникові ґрати за допомогою живильника 29 укладається постіль, яка подається на стрічку конвеєром 26. Палети із шихтою проходять над вакуум-камерами 12. Над головною частиною стрічки встановлено запальний горн 10. Гази, що відходять по збірному газопроводу 13 підводять до пиловловлювачів 14. Між

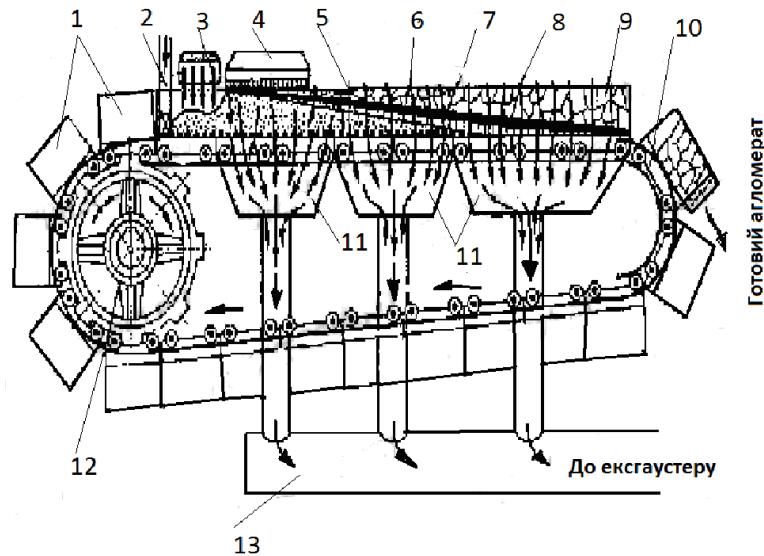
ексгаустером 15 і димовою трубою 17 встановлюють головний шибер 16, за допомогою якого регулюється режим роботи ексгаустеру 15. Відрегулювати вакуум у кожній вакуум-камері можна за допомогою спеціальних клапанів [16-22].

Готовий пиріг агломерату падає з палети у валкову дробарку 20, після чого на грохотах 21 від дробленого продукту відокремлюють гарячий зворот (не придатний агломерат). Придатний агломерат олоджується в охолоджувачі 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 агломерат (зворот) конвеєрами 27 і 28 подається у бункер звороту. До гарячого звороту з грохоту 21 і холодному звороту з грохоту 31 додають пил і шлами газоочистки, а також просип (конвеєри 18, 19).

Конструкція агломераційної машини. Стрічкова (конвеєрна) агломераційна машина (рис 2.3) являє собою замкнений ланцюг спікальних візків - палет, що рухаються і переміщуються по рейках верхньої горизонтальної робочої гілки машини під дією зірочок 12 приводу, а по рейках нижньої похилої ($2 - 3^\circ$) 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 [16-22].

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.



1 – спікальні візки-палети; 2 – укладальник постелі; 3 – човниковий живильник стрічки шихтою; 4 – газовий 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 2.3 – Схема, що ілюструє хід процесу спікання на агломераційній машині стрічкового типу

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 [16-22].

Теплота запалювання, розрахована на 1 м^2 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 [16-22]. 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).

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 дозволяють 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 агломашины, що розвантажуються по групі порожніх перевернених візків [16-22].

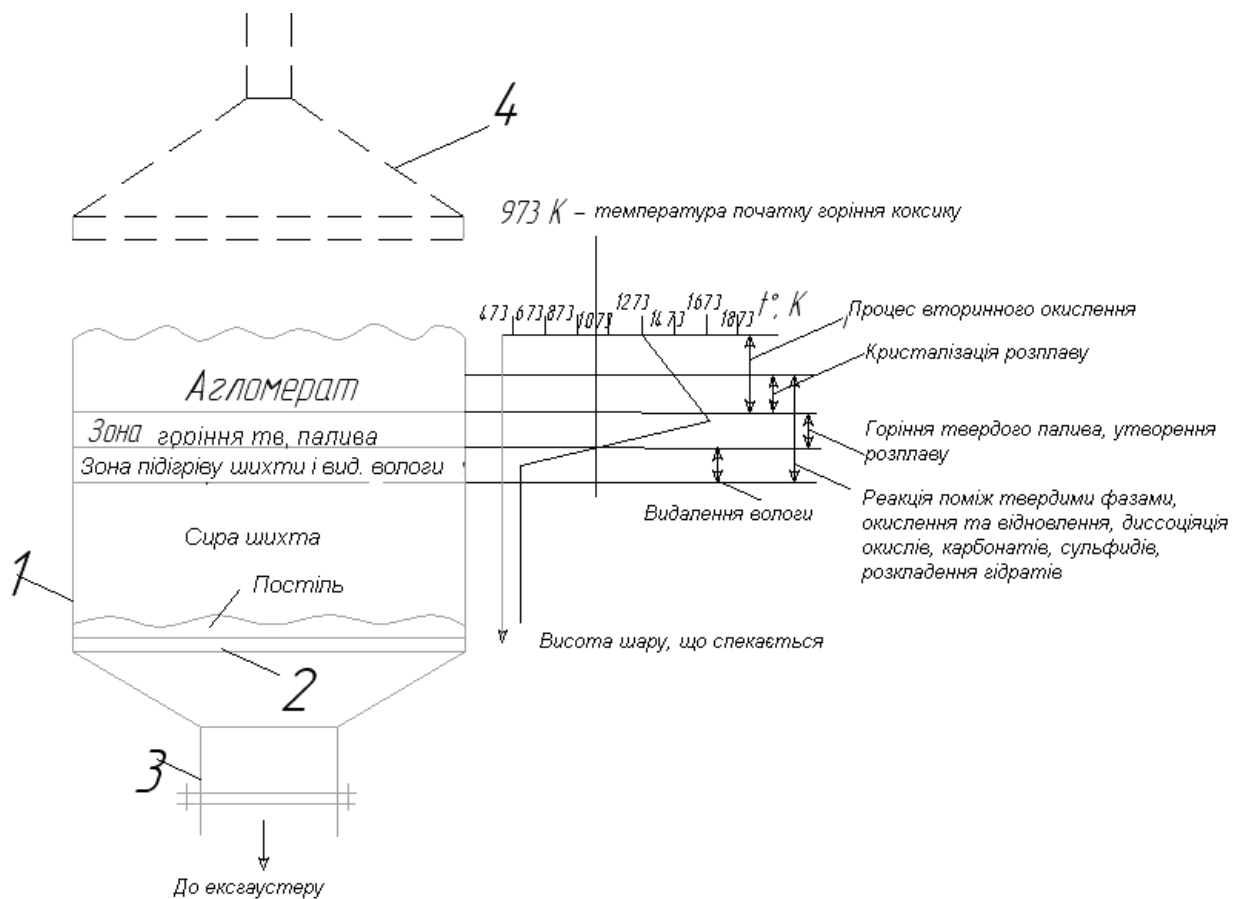
Характеристика технологічного процесу.

Мета агломераційного процесу - поліпшення властивостей сировини за рахунок його огрудкування, уведення флюсу і видалення шкідливих домішок.

До агломераційної шихти відносять: залізна руда (в своєму складі містить близько 70 % заліза), флюс(вапняк - фракція 3-15 мм, вміст СаО не менше 75 %, та доломіт), кокс (коковий відсів фракції 10- 0 мм) або антрацитовий штиб (із вмістом золи не більше 15 %), зворот агломерату, який не є годним для подальшого його використання в доменному цеху (розмір часток агломерату 0-10 мм) [16-22].

У момент завантаження на агломашину шихта полягає переважно із грудок злиплих рудних часток, часток коксикау й вапняку (витрата коксикау 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 добавки палива). Постіль зберігає колосникові ґрати від впливу високих температур, запобігає посипанню шихти через зазори колосникових ґрат і полегшує схід пирога готового агломерату із ґрат після закінчення процесу [16-22].

На рис. 2.4 наведена схема чашкової агломераційної установки.



1 – чаша; 2 – колосникові ґрати; 3 – газовідвід; 4 – газовий пальник.

Рисунок 2.4 – Схематичний розріз чашкової агломераційної установки

Чаша 1 оснащена колосниковими ґратами 2 і своїм нижнім фланцем з'єднана з газопроводом 3, який через систему пиловловлювачів веде до вентилятора – ексгаустеру. Ексгаустер створює під колосниковими ґратами необхідний для нормального плинущого 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 волочиння ексгаустера верхній шар шихти обробляють продуктами горіння доменного й коксового газів, що подається протягом 1-2 хв. Через газовий пальник 4. 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 кожний момент горить коксик тільки у вузькому по висоті шарі шихти (звичайно не більш 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 сирі шихти, швидко нагріваючи її. Температура газів, що відходять від чаші, що відсмоктуються екстаустером, 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. Зі сказаного видно, що агломераційний процес є високо економічним, тому що забезпечується майже повне використання тепло відхідних газів, і значної частини тепла готового продукту в корисних цілях. Саме ця обставина і є однією із причин настільки широкого поширення агломераційного процесу в промисловості [10-16].

Сира шихта швидко підігрівається в прилягаючі знизу до зони горіння областях. При цьому вона втрачає спочатку гігроскопічну, а потім гідратну вологу. Водяні пари можуть знову конденсуватися, стикаючись 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 окиснення заліза.

У найбільш простому випадку спікання гематитових руд з порожньою кварцовою породою гематит дисоціює у зоні високих температур і відновлюється газоподібними продуктами горіння палива до магнетиту й

вюстити. 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 прохолоджується повітрям. Готовий агломерат являє собою продукт кристалізації розплавів [10-16].

Доменним цехам поставляється так званий придатний агломерат розміром – 15 мм. Агломерат розміром 8-15 мм використовується в якості постелі на машині. Дрібний агломерат (менше ніж 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 витратою палива, складом шихти, мінералогічним складом отриманого агломерату й т.д.

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 [16-22].

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

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

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.

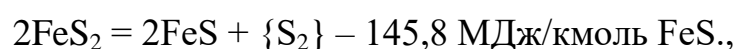
У деяких випадках компоненти агломераційної шихти містять «тверду» воду, що входить у кристалічні ґрати певних мінералів у вигляді молекул H_2O або груп OH^- . Така вода пов'язана з матеріалами значно міцніше, ніж гігроскопічна й адсорбована. Для розкладання гідратних сполук потрібні більші витрати енергії — процеси дисоціації протікають при більш високих температурах у порівнянні з випаром гігроскопічної вологи шихти. Температура початку розкладання [16-22]:

- тур'їта $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} - 150...200^\circ\text{C}$;
- лимонита $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O} - 120...140^\circ\text{C}$;
- гетита $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} - 190...300^\circ\text{C}$;
- портландита $\text{Ca}(\text{OH})_2 - 450^\circ\text{C}$.

Основна кількість вологи, як показують термографічні аналізи, гідроксиди заліза виділяють при температурі близько 300 °C [16-22]. 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. Це 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 залізородних матеріалах у вигляді піриту, у принципі можливо в результаті термічної дисоціації:



Пружність пар сірки, рівна 0,1 МПа, досягається при температурі 690°C. Тому що 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 віддаляється 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.

Основна кількість сульфідної сірки віддаляється з руд у результаті окиснення до SO₂ і переходу газоподібного діоксиду сірки в агломераційний газ.

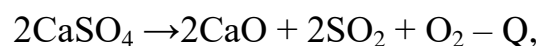
На швидкість (і повноту) окиснення сульфідної сірки впливають наступні фактори:

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

б) швидкість окиснення сульфідів, як і будь-який іншої хімічної реакції, 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 останніх вимог суперечать один одному: при збільшенні витрати палива в шихті (для підвищення температури матеріалу, що спікається) неминуче знижується концентрація вільного кисню в агломераційному газі (вуглець має більшу спорідненість до 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 CaSO₄ з метою виділення SO₂ 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° С.

Хоча через короткочасність періоду (40-50 с) 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 [16-22].

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 рідких 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 окиснення). 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 мікробсягах шихти вюстит ($Fe_3O_4 + CO = 3FeO + CO_2$).

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

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 – $2\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2$; олівінів – $\text{CaO}_x\cdot\text{FeO}_{2-x}\cdot\text{SiO}_2$; феритів кальцію – $\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$; $2\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$.

При нормальному ході агломераційного процесу більша частина шихти проходить через плавлення. Залізорудний 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, у результаті чого більшою мірою проявляється фактор хімічної спорідненості компонентів розплаву [16-22].

Формування окремих фаз офлюсованих агломератів. Першої кристалізується найбільш тугоплавка фаза – магнетит. У цей період у результаті окиснення 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 кальцію в олівінах кількість, що залишилася, CaO витрачається на утворення силікатів кальцію, спочатку $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, а потім $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$.

На кінцеву мінералогічну структуру агломерату істотний вплив виявляє мікронеоднорідність процесу агломерації, яка обумовлена мікронеоднорідністю 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 залізорудної 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, окиснення й, в остаточному підсумку, веде до одержання різноманітних мінералів і структур[16-22].

Характеристика аспіраційних викидів агломераційного цеху.

До джерел аспіраційних викидів в агломераційних цехах відносять хвостову частину агломераційної машини, місця завантаження агломерату в хопери, прийомні бункери руди і колошникового пилу, конвеєри і перевантажувальні вузли в відділенні підготовки шихти.

Встановлено, що на пилоутворення при вивантаженні сирих матеріалів впливає вид матеріалів та їх властивості. При вивантаженні кускових і вологих матеріалів виділяється менше пилу, а при вивантаженні дрібних і сухих – більше [1,18,20,30]. В таблиці 2.1 наведена характеристика аспіраційних викидів агломераційного виробництва.

Таблиця 2.1 - Характеристика аспіраційних викидів агломераційного виробництва

Джерела	Кількість, шт	Викиди пилу	
		г/с	т/рік
Хвостова частина агломераційної машини	6	50,5	1560
Приймальні бункери руди	16	7,59	240
Приймальні бункери колошникового пилу	12	7,59	240
Конвеєри та розвантажувальні вузли шихтового відділення	1	7,59	240
Рудний двір (вагоноопрокидувач)	1	7,05	222,9
Всього			2502,9

У корпусі вагоноперекидачу під час вивантаження коксового дріб'язку в робочій зоні вміст пилу становить 42 – 46 мг/м³, в повітрі, що видаляється аспіраційними установками повітрі вміст пилу коливається від 75 до 150 мг/м³. Під час вивантаження руди вміст пилу в повітрі становить 12 – 14 мг/м³, при вивантаженні вапняку – 13 - 15 мг/м³.

У корпусі розподілу матеріалів пил утворюється при перевантаженнях коксового дріб'язку, руди, колошникового пилу, вапняку. Кількість коксового пилу до скрубера складає $180-260 \text{ мг/м}^3$, рудного пилу – $65-135 \text{ мг/м}^3$, а після скрубера – 16 мг/м^3 .

У корпусі подрібнення пилоутворення відбувається в процесі дроблення коксового дріб'язку, руди, вапняку.

З дробильних відділень подрібнені матеріали надходять в шихтові бункера. При цьому під час перевантаження інтенсивно виділяється пил. При перевантаження руди концентрація пилу (мг/м^3) досягає 220, коксового дріб'язку – 520 і вапняку 250 [1,30].

З шихтових бункерів матеріали через дозувальні столи надходять в барабан первинного змішування, і на цій же ділянці відбувається пилоутворення. Викиди відбуваються також при охолодженні агломерату.

При скиданні пирога в хвостовій частині стрічки на колосниковий гуркіт виділяється велика кількість пилу; при розламуванні пирога виділяються також газу внаслідок згоряння вуглецю і сірки.

Рясне пиловиділення спостерігається в процесі сортування агломерату, на самобалансних віброгуркотах.

Під час навантаження агломерату в вагони також утворюється велика кількість пилу.

На багатьох агломераційних фабриках є відділення для випалу вапняку, обладнані різними машинами. При експлуатації цих машин утворюються газоподібні продукти, що містять вапняну пил, а також окис вуглецю і сірчистий ангідрид.

Аналіз дисперсного складу пилу від хвостових частин агломашин і вузла навантаження агломерату проводився за допомогою ситового методу [36]. Результати обробки наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Дисперсний склад пилу від хвостових частин агломашин і вузла навантаження агломерату.

Розмір часток пилу, мкм	0- 5	5-10	10-20	20-40	40-60	60-80	>80
Вміст, %	5,5	4,5	12,0	19,0	17,5	23	18,5

Цей пил абразивного характеру. Об'ємна маса пилу і кут його природного укосу - $2,0 \text{ г/см}^3$ і 40° . Вміст водяної пари в газах - 15 г/м^3 сухого газу. Вміст зважених часток в газі - 10 г/м^3 .

Інтегральний методу аналізу дисперсного складу часток пилу показав, що медіанний діаметр часток пилу склав 51 мкм.

Склад відходних газів, від хвостової частини агломераційної машини і вузла навантаження агломерату становить %: $7,2 \text{ CO}_2$, $12,5 \text{ O}_2$, $70,8 \text{ N}_2$, $8,7 \text{ H}_2\text{O}$, $0,75 \text{ CO}$, $0,05 \text{ SO}_2$ [30].

Дисперсний і хімічний склад пилу шихтового, вапняно-дробильного, коксодробильного відділень і тракту звороту наведені у табл. 2.3 - 2.7.

Шихтове і вапняно - дробильне відділення

Таблиця 2.3 – Характеристика дисперсного склад пилу

Розмір часток пилу, мкм	6,3-16	16-25	25-40	40-63	63-80	80-100	100-125	125-250	>250
Вміст, %	9,5	11,4	13,2	32,67	8,6	2,4	2,65	0,38	0,1

Таблиця 2.4 – Характеристика хімічного складу пилу

Найменування компонентів	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	S
Вміст, %	3,51	29,55	7,97	27,31	1,29	0,48	0,18
Найменування компонентів	C	SO ₃	MnO	K ₂ O+Na ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	інш.
Вміст, %	8,28	0,11	0,09	0,09	0,03	0,03	21,08

Відділення дроблення коксу

Таблиця 2.5 – Характеристика дисперсного складу пилу

Розмір часток пилу, мкм	0-5	5-10	10-20	20-40	40-60	60-125
Вміст %	11	7	13	19	14	36

Тракт гашеного звороту

Таблиця 2.6 – Характеристика дисперсного складу пилу

Розмір часток, мкм	100- 25	80- 00	63-80	40-63	25-40	16-25	10-16	6,3-10	0-6,3
Вміст, %	0,34	0,29	0,58	5,8	27,85	30,88	18,95	8,97	6,34

Таблиця 2.7 – Характеристика хімічного складу пилу

Найменування компонентів	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	C	SO ₃	MnO	K ₂ O+ Na ₂ O
Вміст, %	9,91	61,18	9,2	15,9	1,4	1,1	0,9	0,1	0,16	0,15

2.2 Моделювання технологій захисту навколишнього середовища

Недоліком мокрих пиловловлювачів є необхідність створення водно-шламового господарства та захисту апаратів від залипання, абразивного зносу і корозії.

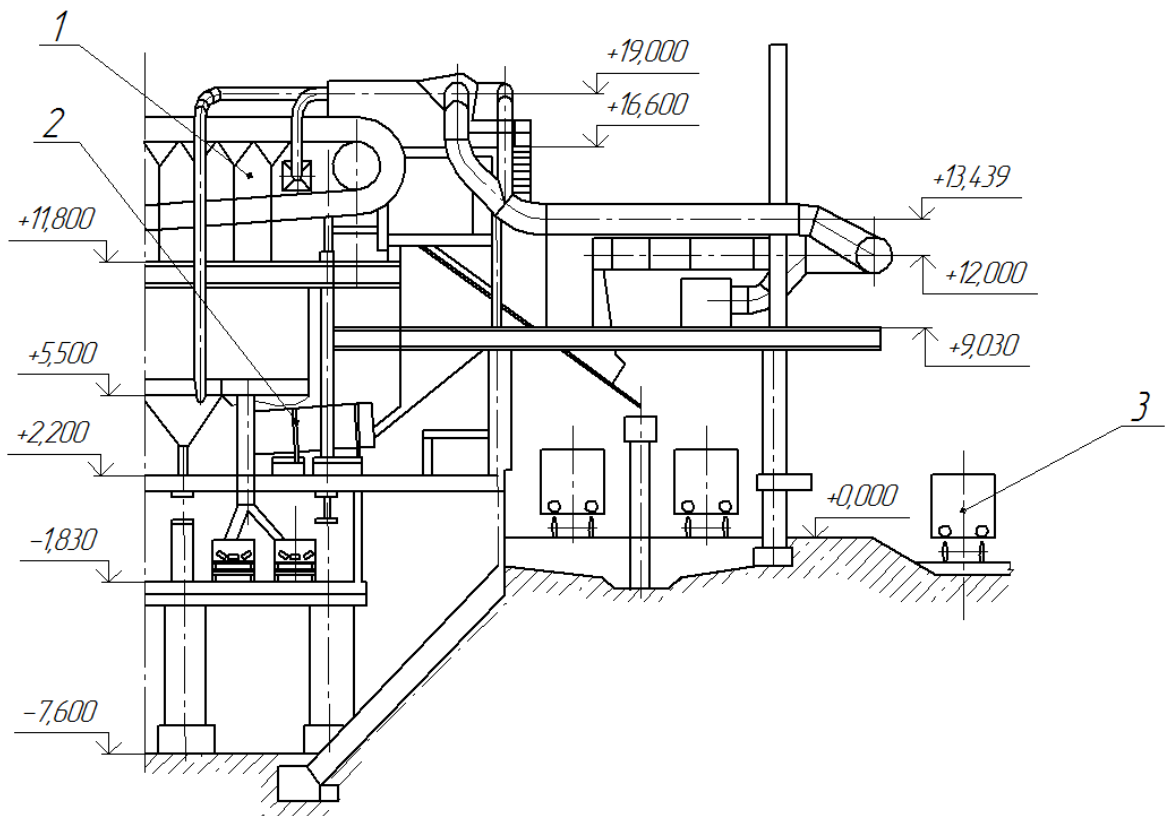
В останні роки намітилася тенденція очищати аспіраційні викиди в газоочистці, що включає кілька великих електрофільтрів і димососів, розрахованих на пропуск газів в кількості 1 ... 2 млн.м³/год.

В даному дипломному проекті розроблений варіант очищення аспіраційних викидів від шести агломераційних машин в горизонтальних електрофільтрах. Для цього запилене повітря від хвостових частин всіх шести агломашин, місць навантаження агломерату, вузлів підготовки шихти, гуркотів

і охолоджувачів збираються в колектор великого перерізу і потім направляються на очищення в два двосекційних електрофільтру ЕГА-2-88-12-6-3-330А (рис.2.5 та рис. 2.6).

Таким чином, аспіраційне повітря з системи відсмоктувачів від хвостових частин агломашин і вузла навантаження агломерату в хопери по колектору транспортується димотягами ВДН-32Б (4 шт.) на очистку в електрофільтри (2 шт), після чого викидається через димову трубу в атмосферу.

Застосування колекторної схеми дозволяє зібрати викиди з високим і низьким вмістом вологи, усереднити їх, і, таким чином, поліпшити електрофізичні властивості вловленого пилю.



1 – хвостова частина агломераційної машини; 2 – установка барабану охолодження повернення; 3 – залізничний вагон

Рисунок 2.7 – Відведення аспіраційних викидів агломераційного виробництва

Усереднені параметри пилогазового потоку дозволяють успішно застосовувати електричний метод очищення аспіраційних викидів аглофабрики. Колекторна схема підведення пилоповітряної суміші до електрофільтрів дає

можливість гнучко експлуатувати газоочисну установку в різних аварійних ситуаціях [1,30].

Таким чином, схема, запропонована в даному кваліфікаційному проекті, відповідає тенденціям світового розвитку електрогазоочистки стосовно агломераційного виробництва (рис.2.8).

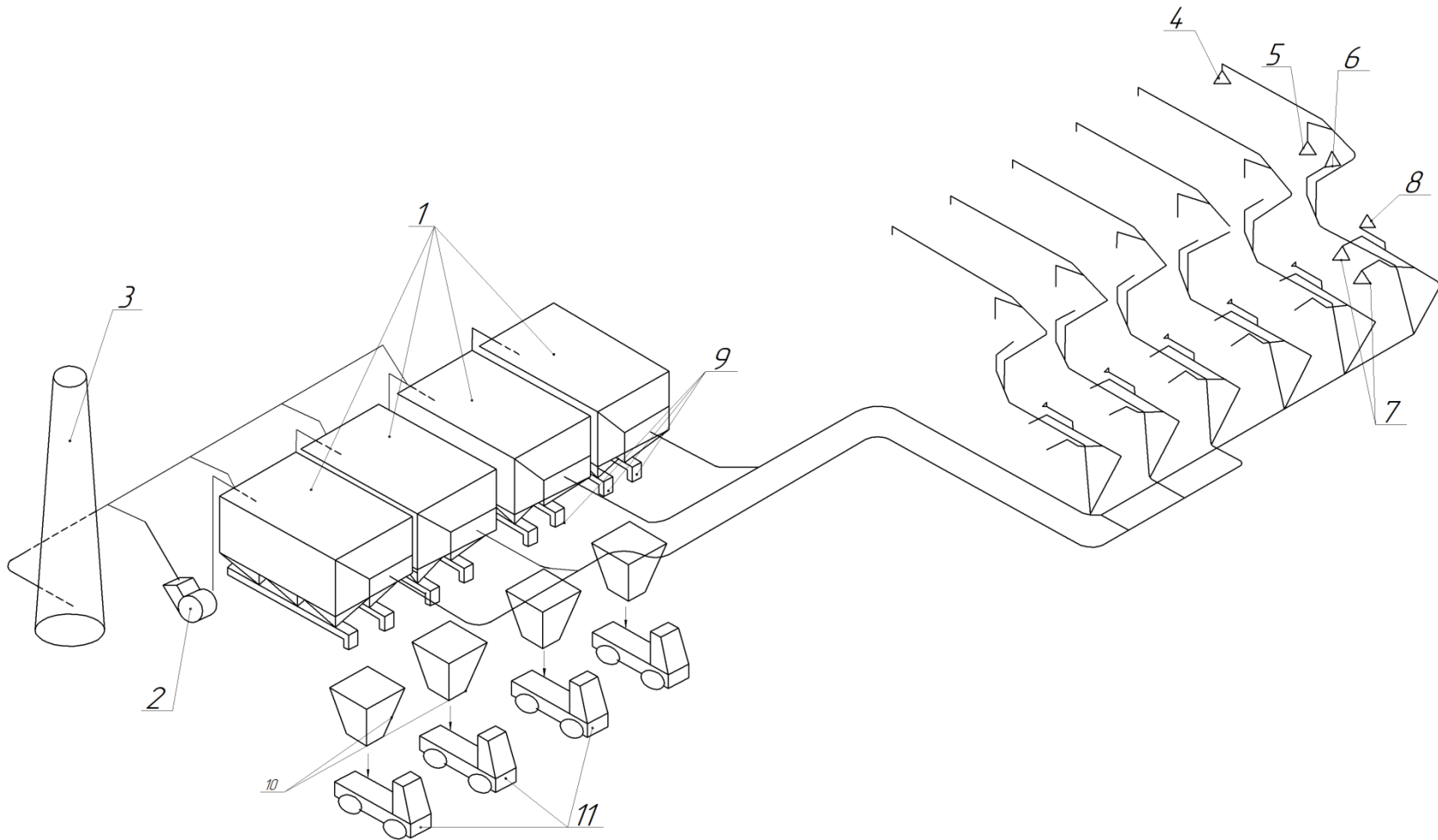
Пристрій і принцип дії сухого пластинчастого електрофільтру. Пластинчасті електрофільтри типу ЕГА призначені для сухого високоефективного очищення газів, що утворюються при різноманітних технологічних процесах у різних галузях промисловості (чорна та кольорова металургія, хімічна і нафтова промисловість та ін.) Зокрема, ці електрофільтри застосовують для очищення від золи димових газів теплових електростанцій, від пилу газів, що відходять від мартенівських печей та інших агрегатів металургійних заводів [1,30].

Електрофільтри типу ЕГА (рис. 2.9) – багатопільні односекційні апарати прямокутної форми зі сталевим корпусом. Електрофільтри призначені для очищення газів при температурах, що не перевищують 330°C. Найбільша допустима концентрація пилу в газі, що очищається, – 50 г/м³. Гідравлічний опір електрофільтрів - 150 Па, допустиме розрідження на вході в електрофільтр - 4 кПа.

Питома витрата електроенергії на очищення 1000 м³ газу - 0,3 кВт·год.

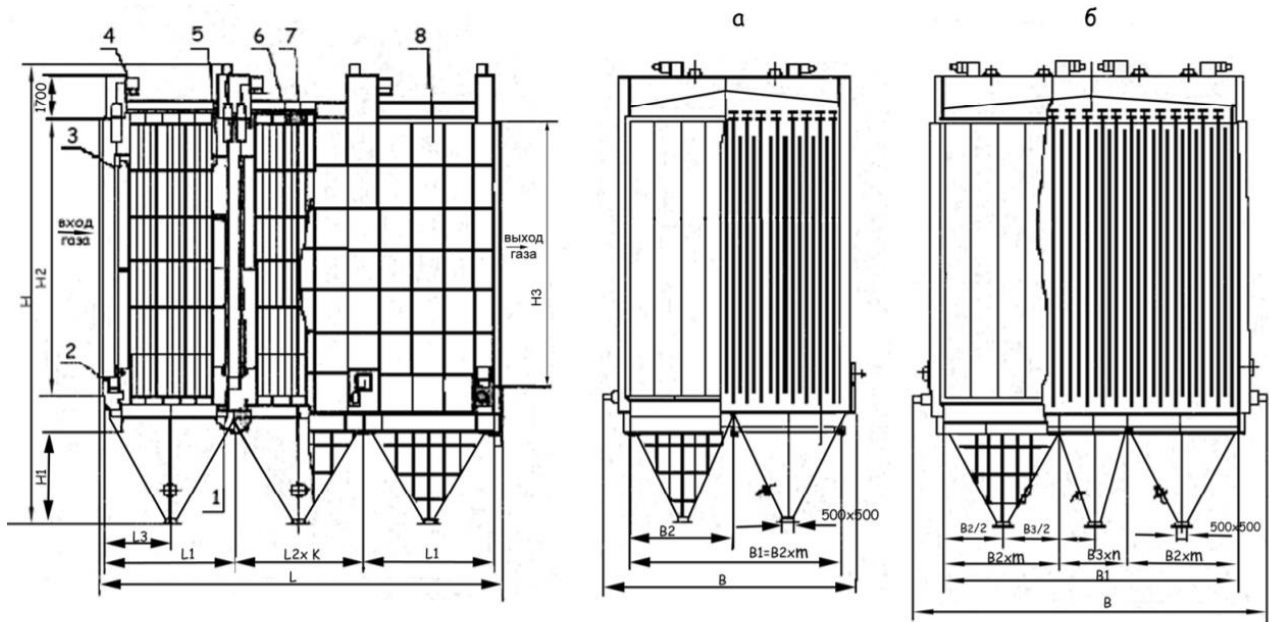
Промисловість випускає 41 типорозмір електрофільтрів типу ЕГА. Електродна система електрофільтрів складена з широкосмугових (0,64м) електродів відкритого профілю та рамних коронуючих електродів з голчастими елементами при міжелектродної відстані 0,300м. Номінальна висота електродів приймається з ряду: 6; 7,5; 9; 12 [1,30,36,40].

По довжині осаджувальний електрод набирають з 4-8 елементів, що дає активну довжину поля відповідно 2,56; 3,2; 3,84; 4,48; 5,12 м; по ширині електрофільтри мають від 10 до 88 газових проходів. Найменша площа активного перетину для проходу газу - 16,5м², найбільша - 285,6м².



1 – електрофільтр; 2 – вентилятор; 3 – димова труба; 4 – витяжна шахта від вузла підготовки шихти; 5 – відведення від барабану охолодження; 6 – укриття хвостової частини агломераційної машини; 7 – відведення від вузлу завантаження агломерату в хопери; 8 – відведення газу від грохоту; 9 – скребковий конвеєр; 10 – збірний бункер пилу; 11 - автотраспорт

Рисунок 2.8 – Схема системи очищення аспіраційних викидів агломераційного цеху



1 – механізм зтрушування осаджувальних електродів, 2 – люк обслуговування, 3 – газорозподільна решітка; 4 – захисна коробка для підведення струму, 5 – механізм зтрушування коронуючих електродів; 6 – коронуючий електрод; 7 – електрод, що осаджує; 8 – корпус

Рисунок 2.9 – Схема пластинчастого горизонтального електрофільтру типу ЕГА

Електрофільтри модифікації А1 можна встановлювати поза будівлею з пристроєм шатра над дахом і механізмами обтрушування електродів, електрофільтри модифікації А2 встановлюються поза будівлею без намету

3 ПРОЕКТНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування основного та допоміжного обладнання технології очистки газів

3.1.1 Розрахунок електрофільтру типу ЕГА

Відповідно до завдання до кваліфікаційного проекту відхідні газы від хвостової частини агломераційної машини мають наступні характеристики:

- витрата вологого газу при нормальних фізичних умовах $V_0 = 115000 \text{ м}^3/\text{год.}$;
- температура газів $t^0 = 75 \text{ }^\circ\text{C}$;
- атмосферний тиск $P_{\text{бар}} = 101,3 \text{ кПа}$;
- тиск газів попереду електрофільтру $P_r = -2,5 \text{ кПа}$;
- щільність часток пилу $\rho_n = 3600 \text{ кг/м}^3$;
- концентрація пилу в газі попереду електрофільтру $z_1 = 10 \text{ г/м}^3$;

Хімічний склад газів наведено в табл.3.1. Дисперсний склад часток пилу попереду електрофільтру наведено у табл.3.2.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад аспіраційних газів

Найменування компоненту	CO ₂	CO	H ₂ O	O ₂	SO ₂	N ₂
Зміст, %	7,2	0,75	8,7	12,5	0,05	70,8
Густина компонентів за нормальних умов, кг/м ³	1,976	1,250	0,804	1,429	2,926	1,251

Таблиця 3.2 - Дисперсний склад пилу в газі

Розмір часток пилу, мкм	0-5	5...10	10...20	20...40	40...60	60...80	> 80
Вміст, %	5	4,5	12	19	17,5	23,5	18,5

1 Розраховуємо основні характеристики газів:

1.1 Визначаємо густину суміші газів за нормальних умов, кг/м^3 відповідно до заданого хімічного складу [36]:

$$\rho_0 = 0,01 \cdot \sum_1^n \rho_{0i} \cdot a_i$$

де a_i – об'ємний вміст компонентів газової суміші, %;

ρ_{0i} – густина компонентів газової суміші за нормальних умов, кг/м^3 .

$$\rho = 0,01 \cdot (7,2 \cdot 1,976 + 12,5 \cdot 1,429 + 70,8 \cdot 1,251 + 8,7 \cdot 0,804 + 0,75 \cdot 1,250 + 0,05 \cdot \frac{64}{22,4}) = 1,286 \text{ кг/м}^3$$

1.2 Визначаємо густину суміші газів за робочих умов, кг/м^3 :

$$\rho = \frac{273 \cdot (B \pm P_g)}{101325 \cdot T} \cdot \rho_0,$$

де B – барометричний тиск, $B = 101,3$ кПа;

P_g – розрідження газів у газоході, $P_g = -2,5$ кПа;

T – температура газів, $T^\circ = (78 + 273)^\circ \text{К}$.

$$\rho = 1,286 \frac{273 \cdot (101,3 - 2,5)}{101,325 \cdot (273 + 78)} = 0,98 \text{ кг/м}^3$$

1.3 Встановлюємо об'ємну витрату газу за робочих умов, $\text{м}^3/\text{с}$:

$$V = \frac{101325 \cdot T}{273 \cdot (B \pm P_g)} \cdot V_0.$$

де V_0 – об'ємна витрата газу за нормальних умов, $\text{м}^3/\text{год}$.

$$V = \frac{101,325(273+75)}{273 \cdot (\frac{101}{3} - 2,5)} \cdot \frac{1150000}{3600} = 417 \text{ м}^3/\text{с}$$

2 Підбір типорозміру пластинчастого електрофільтру типу ЕГА.

2.1 При розрахунку електрофільтру приймаємо швидкість газу в середині апарату в межах 1..1,2 м/с. Тоді визначаємо необхідну площу активного перерізу електрофільтру, м²:

$$S = \frac{V}{W},$$

де W – швидкість газу в електрофільтрі, м/с, $W=1$ м/с;

V – об'ємна витрата газу за робочих умов, м³/с.

$$S = \frac{417}{1} = 417 \text{ м}^2$$

2.2 Відповідно до отриманої активної площі перерізу електрофільтру обираємо два електрофільтру типу ЕГА 2-88-12-6-3 з площею активного перетину 285,6 м², які розміщуємо паралельно відносно один одного.

2.3 Визначаємо фактичну швидкість газів у електрофільтрі:

$$W = \frac{V}{nS} = \frac{417}{2 \cdot 285,6} = 0,73 \text{ м/с}$$

де n – кількість апаратів, $n = 2$ шт.

2.4 Визначаємо величину відношення густини газу, що очищують, за робочих умов до густини за стандартних умов:

$$\beta = \frac{(B \pm P_e)(273 + t_{cm})}{p_{CT}(273 + t)},$$

де p і p_{cm} – тиск відповідно газу, що очищають, і при стандартних умовах, кПа;

t_{CT} і t – температура відповідно при стандартних умовах і газу, що очищають, °С.

$$\beta = \frac{(101,3 - 2,5)(273 + 20)}{101,3(273 + 75)} = 0,81 \text{ кг/м}^3$$

2.5 Встановлюємо критичну напруженість електричного поля електрофільтру, В/м:

$$E_{KP} = 3,04 \cdot \left(\beta + 0,0311 \sqrt{\frac{\beta}{R_1}} \right) \cdot 10^6,$$

де R_1 – радіус вістря коронуючого електрода; $R = 0,3$ мм.

$$E_{KP} = 3,04 \cdot \left(0,81 + 0,0311 \cdot \sqrt{\frac{0,81}{0,0003}} \right) \cdot 10^6 = 7,38 \cdot 10^6 \text{ В/м.}$$

2.6 Розраховуємо критичну напругу корони, В:

$$U_{KP} = E_{KP} \cdot R_1 \cdot \left(\frac{\pi \cdot H}{2 \cdot S_1} - 2,3 \cdot Lg \frac{2 \cdot \pi \cdot R_1}{S_1} \right),$$

де H – відстань між площинами коронуючих і осаджувальних електродів, м;

S_1 – крок електродів, м.

Приймаємо для електрофільтрів типу ЕГА: $H = \frac{0,300}{2}$ м; $S_1 = 0,18$ м [1,36].

Тоді

$$U_{KP} = 7,38 \cdot 10^6 \cdot 0,0003 \left(\frac{3,14 \cdot 0,3}{2 \cdot 0,18} - 2,3 Lg \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,0003}{0,18} \right) = 15,88 \cdot 10^3 \text{ В}$$

2.7 Розраховуємо рухливість іонів газової суміші за нормальних умов:

$$K_0 = K_{oi} \cdot a_i = (0,072 \cdot 0,96 + 0,125 \cdot 1,84 + 0,708 \cdot 1,84 + 0,087 \cdot 0,57 + 0,0075 \cdot 1,15 + 0,0005 \cdot 0,41) \cdot 10^{-4} = 1,66 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с}),$$

де K_{oi} – рухливість іонів газової суміші за нормальних умов;

a_i – об'ємний вміст компонентів газової суміші, долі.

2.8 Тоді рухливість іонів газової суміші за робочих умов буде становити:

$$K = K_0 \frac{(273 + T) \cdot 101,3}{273 \cdot (B \pm P_2)} = 1,66 \cdot 10^{-4} \frac{(273 + 78)101,3}{273(101,3 - 2,5)} = 2,19 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$$

2.9 Визначаємо лінійну щільність струму корони в електрофільтрі, А/м:

$$i_0 = \frac{4\pi \cdot K \cdot \psi \cdot U(U - U_{кр})}{9 \cdot 10^9 \cdot S_1^2 \left(\frac{\pi H}{2S_1} - \ln \frac{2\pi R_1}{S_1} \right)} = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 2,19 \cdot 10^{-4} \cdot 0,042 \cdot 80 \cdot 10^3 (80 - 15,88) \cdot 10^3}{9 \cdot 10^9 \cdot 0,18^2 \left(\frac{3,14 \cdot 0,275}{2 \cdot 0,18} - \ln \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,0003}{0,18} \right)} = 0,28 \cdot 10^{-3}$$

де $\psi = 0,042$ при $\frac{H}{S} = \frac{0,3}{2 \cdot 0,18}$ [36].

2.10 Напряга електричного поля буде становити:

$$E = \sqrt{\frac{8i_0 H}{4\pi K \epsilon_0 S_1}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 0,28 \cdot 10^{-3} \cdot 0,3}{4 \cdot 3,14 \cdot 2,19 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 0,18 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}}} = 2,77 \cdot 10^5 \text{ В/м,}$$

де ϵ_0 – діелектрична стала вакууму, $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.

2.11 Встановлюємо динамічний коефіцієнт в'язкості суміші газу:

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

де μ_0 – динамічний коефіцієнт в'язкості газу при нормальних умовах, Па·с [36];

C' – постійна Сезерленда, [36];

T – абсолютна температура, °К, $T = 273 + t_r$.

Обраховані значення μ_{oi} , C_i та μ_{pi} для компонентів газу наведені у табл.

3.3

Таблиця 3.3- Розрахункові значення μ_{oi} и C_i для компонентів газу

Речовина	μ_0 , Па·с	C	μ_p , Па·с
CO ₂	13,7 x 10 ⁻⁶	254	17,4 x 10 ⁻⁶
O ₂	20,3 x 10 ⁻⁶	131	24,8 x 10 ⁻⁶
N ₂	17,0 x 10 ⁻⁶	114	20,7 x 10 ⁻⁶
H ₂ O	10,0 x 10 ⁻⁶	961	13,7 x 10 ⁻⁶
CO	16,6 x 10 ⁻⁶	100	20,0 x 10 ⁻⁶
SO ₂	11,7 x 10 ⁻⁶	396	15,3 x 10 ⁻⁶

2.12 Встановлюємо відносну молекулярну маса суміші газу:

$$M = \sum a_i m_i / 100 = (44 \cdot 7,2 + 32 \cdot 12,5 + 28 \cdot 70,8 + 18 \cdot 8,7 + 28 \cdot 0,75 + 0,05 \cdot 64) / 100 = 28,8 \text{ кг/кмоль},$$

2.13 Тоді динамічна в'язкість газової суміші буде становити, Па·с:

$$\frac{M}{\mu} = \sum \frac{a_i \cdot m_i}{\mu_i} = 0,01 \cdot \left(\frac{7,2 \cdot 44}{17,4 \cdot 10^{-6}} + \frac{12,5 \cdot 32}{24,8 \cdot 10^{-6}} + \frac{70,8 \cdot 28,0}{20,7 \cdot 10^{-6}} + \frac{8,7 \cdot 18}{13,7 \cdot 10^{-6}} + \frac{0,75 \cdot 28}{20 \cdot 10^{-6}} + \frac{0,05 \cdot 64}{15,3 \cdot 10^{-6}} \right) = 1,43 \cdot 10^6$$

$$\mu = M / 1,43 \cdot 10^6 = 28,8 / 1,43 \cdot 10^6 = 20,1 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с};$$

2.14 Встановлюємо швидкість дрейфування частинок пилу в електричному полі електрофільтру, м/с [36]:

- при розмірі частинок понад 1 мкм:

$$w = \frac{0,118 \cdot 10^{-10} E^2}{\mu} \cdot r,$$

де r – еквівалентний радіус частинки пилу, м;

μ – динамічний коефіцієнт в'язкості газу за робочих умов, Па·с;

$$w = \frac{0,118 \cdot 10^{-10} \cdot (2,77 \cdot 10^5)^2}{20,1 \cdot 10^{-6}} \cdot r = 4,5 \cdot 10^4 r,$$

В таблиці 3.4 наведена залежність τ від дисперсного складу пилу відповідно до табл.3.2.

Таблиця 3.4 - Залежність τ від дисперсного складу пилу

Розмір часток пилу, мкм	0-5	5...10	10...20	20...40	40...60	60...80	> 80
Середній радіус часток, r , мкм	1,25	3,75	7,5	15,0	25,0	35,0	40,0

Тоді розраховуємо швидкість дрейфування частинок пилу у полі електрофільтру по фракціям:

$$W_{др\ 1,25} = 4,5 \cdot 10^4 \cdot 1,25 \cdot 10^{-6} = 5,63 \cdot 10^{-2} \text{ м/с};$$

$$W_{др\ 3,75} = 4,5 \cdot 10^4 \cdot 3,75 \cdot 10^{-6} = 16,88 \cdot 10^{-2} \text{ м/с};$$

$$W_{др\ 7,5} = 4,5 \cdot 10^4 \cdot 7,5 \cdot 10^{-6} = 33,75 \cdot 10^{-2} \text{ м/с};$$

$$W_{др\ 15,0} = 4,5 \cdot 10^4 \cdot 15,0 \cdot 10^{-6} = 67,5 \cdot 10^{-2} \text{ м/с};$$

$$W_{др\ 25,0} = 4,5 \cdot 10^4 \cdot 25,0 \cdot 10^{-6} = 112,5 \cdot 10^{-2} \text{ м/с};$$

$$W_{др\ 35,0} = 4,5 \cdot 10^4 \cdot 35,0 \cdot 10^{-6} = 157,5 \cdot 10^{-2} \text{ м/с};$$

$$W_{др\ 40,0} = 4,5 \cdot 10^4 \cdot 40,0 \cdot 10^{-6} = 180,0 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}.$$

2.15 Величина питомої поверхні осадження:

$$f = \frac{n \cdot S}{V} = \frac{2 \cdot 24750}{417} = 118,7 \text{ м}^2 \cdot \text{с/м}^3,$$

де n – кількість апаратів, шт, приймаємо 2 шт;

S – загальна площа осадження, м^2 .

2.16 Розраховуємо фракційний коефіцієнт очистки:

$$\eta_i = 1 - e^{-f W_{др i}},$$

$$\eta_{1,25} = 1 - e^{-118,7 \times 0,0563} = 0,9987;$$

$$\eta_{3,75} = 1 - e^{-118,7 \times 0,1688} = 1,0;$$

$$\eta_{7,5} = 1 - e^{-118,7 \times 0,3375} = 1,0;$$

$$\eta_{15,0} = 1 - e^{-118,7 \times 0,675} = 1,0;$$

$$\eta_{25} = 1 - e^{-118,7 \times 1,125} = 1,0;$$

$$\eta_{35,0} = 1 - e^{-118,7 \times 1,575} = 1,0;$$

$$\eta_{40,0} = 1 - e^{-118,7 \times 1,8} = 1,0;$$

2.17 Визначаємо загальний коефіцієнт очистки без урахування виносу пилу під час струшування електродів:

$$\eta = \frac{\eta_i \cdot \Phi_{фр}}{100} = \frac{0,9987 \cdot 5 + 1 \cdot 4,5 + 1 \cdot 12 + 1 \cdot 19 + 1 \cdot 17,5 + 1 \cdot 23,5 + 1 \cdot 18,5}{417} = 0,9999$$

де $\Phi_{фр}$ – вміст часток фракцій, %.

2.18 Загальний коефіцієнт очистки з врахуванням виносу пилю під час струшування електродів ($K_{вин} = 0,9$):

$\eta'' = 1 - \exp [K_{вин} \times 2,3 \lg(1 - \eta')] = 1 - \exp [0,9 \times 2,3 \lg(1 - 0,9999)] = 0,9997$
тобто 99,97 %.

2.19 Запиленість газів після електрофільтру:

$$z_2 = z_1 (1 - \eta'') = 10 \cdot (1 - 0,9997) = 0,003 \text{ г/м}^3$$

Таким чином відповідно до розрахунку, обрано два електрофільтру типу ЕГА 2-88-12-6-3, які розміщено паралельно та мають площу активного перерізу 285,6 м². Що дозволяє проводити високоефективну очистку газу від пилю. Кінцева запиленість газу становить 3 мг/м³.

3.1.2 Розрахунок агрегатів живлення електрофільтрів

Визначаємо величину необхідної сили випрямленого струму за наступною формулою:

$$I = L \cdot i_o,$$

де L – сумарна активна довжина коронуючих електродів, що живляться від одного агрегату, м;

i_o – лінійна щільність струму, А/м

$$L = n_n \cdot \frac{l_n}{S_o} \cdot l_e,$$

де n_n – кількість проходів, 88 шт.;

l_n – довжина одного полю, 6,0 м;

l_e – номінальна висота електродів, 12 м.

$$L = 88 \cdot \frac{6.00}{0,18} \cdot 12 = 35200 \text{ м}$$

$$I = 0.28 \cdot 10^{-3} \cdot 35200 = 985,6 \text{ мА}$$

Обираємо агрегат живлення АТФ-1600 в кількості 6 шт на одну секцію.
Загальна кількість агрегатів живлення на два електрофільтри 24 шт.

Характеристик АТФ-1600 агрегат живлення наведена у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Характеристики агрегату живлення АТФ-1600

Параметри	Значення
Випрямляюче устаткування	КВОМ-96/50
Шафа керування	ПРТ-1600
Споживана потужність, кВА, не більш ніж	160
Номінальний первинний струм, А	389
Номінальний випрямлений струм (середнє значення), мА	1600
Номінальний випрямлений струм (діюче значення), мА	2130
Максимальні втрати випрямляючого устаткування КВОМ, кВт	5,8

Розраховуємо повну потужність, яку споживає електрофільтр:

$$P = \frac{U_m \cdot I_\phi \cdot K_\phi \cdot \cos \varphi}{1,41 \cdot \eta},$$

де U_m – амплітудна напруга, кВ;

I_ϕ – середня сила струму корони, А;

K_ϕ – коефіцієнт форми випрямленого струму;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності;

η – к.к.д. агрегату, частка.

$$P = \frac{80000 \cdot 0.986 \cdot 1.3 \cdot 0.83}{1,41 \cdot 0.9} = 67.06 \text{ кВ}$$

3.2 Розрахунок аеродинаміки газовідвідного тракту

Загальний розрахунковий опір газовідвідного тракту системи газоочищення (рис.2.8), Па [31-33]:

$$\Delta P = \Delta P_{\text{ел.ф.}} + \Delta P_{\text{дим.тр.}} + \Delta P_{\text{газов.}}$$

де $\Delta P_{\text{дим.тр.}}$ – опір димової труби, Па;

$\Delta P_{\text{ел.ф.}}$ – опір електрофільтра, Па;

$\Delta P_{\text{газов.}}$ – опір з'єднувальних газоходів, Па.

Сумарні втрати тиску (енергії 1 м³ газу) складаються з втрат тиску на тертя по довжині трубопроводу Δp_{mp} і втрат тиску на місцевих опорах Δp_m :

$$\Delta p = \sum_{i=1}^m \Delta p_{mp\ i} + \sum_{i=1}^m \Delta p_{m\ i},$$

де i – номер розрахункової ділянки;

m – кількість розрахункових ділянок.

Втрати тиску на тертя по довжині розрахункової ділянки (лінійні втрати) визначають за формулою Дарсі-Вейсбаха, Па:

$$\Delta p_{mp\ i} = \lambda_i \times \frac{l_i}{d_{ei}} \times \rho_{zi} \times \frac{w_i^2}{2}.$$

де λ_i – коефіцієнт гідравлічного тертя (безрозмірний).

Коефіцієнт гідравлічного тертя залежить від двох безрозмірних параметрів: числа Рейнольдсу Re_i і відносної шорсткості $\frac{k_{ei}}{d_{ei}}$.

Число Рейнольдсу визначають за формулою:

$$Re_i = \frac{w_i \times d_{ei}}{v_i}.$$

Густину газів перед входом в газовідвідний тракт при температурі 85 °С визначаємо по формулі:

$$\rho_2 = \rho_0 \frac{273}{273 + t_2},$$

де t_2 – температура газу, що очищується, 75 °С.

$$\rho_r = 1,286 \frac{273}{273+75} = 0,995 \text{ кг/м}^3$$

Об'ємна витрата газів з урахуванням робочої густини, м³/с:

$$V = \frac{V_0}{3600} \cdot \frac{\rho_0}{\rho_t},$$

де ρ_t – густина газу, що очищується, кг/м³

$$V = \frac{1150000}{3600} \cdot \frac{1,286}{0,995} = 410,47 \text{ м}^3$$

Звідси від однієї агломераційної машини об'ємна витрата становитиме 68,41 м³/с.

Розрахунки проводимо з урахування втрати 0,5 °С на кожні 10 м газоходу [31-33]. Результати проведених розрахунків заносимо до табл. 3.6.

Діаметр газоходу визначається за наступною формулою:

$$d = \sqrt{\frac{V}{w}},$$

де w - швидкість газів у газоході, м/с.

Рух газів в газоході відбувається у області «гідравлічно шорстких» труб відбувається за умов, коли $Re_i \times \frac{k_{ei}}{d_{ei}} > 500$, тоді для визначення коефіцієнту гідравлічного тертя використовують наступну формулу [31-33]:

$$\lambda_i = 0,11 \times \left(\frac{k_{ei}}{d_{ei}} \right)^{0,25}.$$

Втрати по довжині (на тертя) в газоході дорівнюють сумі втрат на окремих ділянках і визначаються за наступною формулою:

$$\Delta p_{mp} = \sum_{i=1}^m \Delta p_{mp i}.$$

Втрати тиску на місцевих опорах визначають по формулі Вейсбаха, Па:

$$\Delta p_{mi} = \zeta_i \times \rho_{gi} \times \frac{v_i^2}{2},$$

де ζ_i – коефіцієнт місцевого опору.

Втрати тиску на місцеві опори у газоході розраховують за наступною формулою, Па:

$$\Delta p_m = \sum_{i=1}^m \Delta p_{mi},$$

Визначаємо види місцевих опорів:

Ділянка 1

Вхід в канал (розташований далеко від стінки)

Секційне коліно, 3 шт.

Ділянка 2

Трійник (злиття потоків у несиметричному трійнику)

Дифузор

Ділянка 3

Трійник (злиття потоків у несиметричному трійнику)

Секційне коліно, 1 шт

Диффузор

Ділянка 4

Диффузор

Трійник (злиття потоків у несиметричному трійнику)

Ділянка 5

Трійник (злиття потоків у несиметричному трійнику)

Диффузор

Секційне коліно, 1 шт

Вхід в електрофільтр (диффузор)

Ділянка 5 -6

Опір електрофільтру

Ділянка 6

Вихід з електрофільтру (конфузор)

Секційне коліно, 2 шт

Трійник (розподіл потоків у симетричному трійнику)

Ділянка 7

конфузор

Секційне коліно, 1 шт

Ділянка 8

Секційне коліно, 1 шт

Диффузор

Ділянка 9

Трійник (злиття потоків)

Диффузор

Секційне коліно, 1 шт

Ділянка 10

Трійник (злиття потоків)

Диффузор

Вхід в димову трубу

Значення ζ для окремих видів місцевих опорів приймаємо відповідно до [31-33]. Результати розрахунків заносимо до табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Результати аеродинамічного розрахунку газового тракту

№ д.	$Q, \text{м}^3/\text{с}$	$\rho, \text{кг}/\text{м}^3$	$V, \text{м}/\text{с}$	$D, \text{м}$	$L, \text{м}$	$\Delta P_m, \text{Па}$	$\Delta P_l, \text{Па}$	$\Sigma P, \text{Па}$
-								Витяжний зонт 200 Па
1	23,13	0,981	1,1	19,1	8,0	398,829	11,712	510,541
2	46,20	0,982	1,5	20,3	7,0	319,333	8,127	327,457
3	69,245	0,983	1,8	21,3	15,0	523,000	14,86	537,86
4	138,209	0,985	2,5	22,0	10,0	337,886	7,056	374,942
5	207,103	0,986	3,4	22,9	100	557,745	60,321	549,200
5-6	Електрофільтр							500 Па
6	207,103	0,986	3,4	22,9	14,0	620,01	8,44	628,45
7	103,552	0,987	2,4	22,9	8,0	191,51	8,62	200,13
8	103,552	0,987	2,4	22,9	8,0	185,36	8,62	193,98
9	207,102	0,988	3,4	22,85	12,0	365,8	9,103	374,903
10	414,204	0,999	4,8	22,90	19,0	536,982	10,369	547,351
Всього								4744,81

Для визначення повного опору газоочисної системи та для підбору димотяга виконуємо розрахунок самотяги димової труби. Самотяга рахується позитивною при русі газів нагору по каналу і «від'ємною» – при русі газів униз по каналу.

Опір на вході в димову трубу:

$$\Delta P_{\text{вх.тр}} = \lambda \times \frac{H_{\text{тр}}}{d_{\text{тр}}} \times \rho_2 \times \frac{w_{\text{уст}}^2}{2}$$

де λ – коефіцієнт гідравлічного опору по довжині труби;

$H_{\text{тр}}$ – висота димової труби, $H = 120$ м;

$W_{\text{уст}}$ – швидкість в гирлі димової труби, дорівнює $W_{\text{уст}} = 18$ м/с;

ρ_{Γ} – густина газів перед димовою трубою, $0,999 \text{ кг/м}^3$.

$$\Delta p_{\text{вх.тр}} = 0,017 \times \frac{120}{5,4} \times 0,999 \times \frac{18^2}{2} = 61,139 \text{ Па}$$

Визначаємо опір на виході з димової труби:

$$\Delta p_{\text{вих. тр}} = \zeta_{\text{вих}} \times \rho_i \times \frac{\omega_{\text{вст}}^2}{2},$$

де $\zeta_{\text{вих}} = 1,15$ – коефіцієнт гідравлічного опору на виході з труби.

$$\Delta p_{\text{вих. тр}} = 1,15 \times 0,999 \times \frac{18^2}{2} = 186,11 \text{ Па}$$

Динамічний тиск, що необхідно створити для швидкості газу у гирлі труби $W_{\text{вст.}} = 18 \text{ м/с}$:

$$\Delta p_{\partial} = \rho_i \times \frac{\omega_{\text{вст}}^2}{2},$$

$$\Delta p_{\partial} = 0,999 \times \frac{18^2}{2} = 161,84 \text{ Па}$$

Розраховуємо сумарний тиск:

$$P_{\Sigma} = \Delta P_{\text{вх.тр.}} + \Delta P_{\text{вих.тр.}} + P_{\partial} = 61,139 + 186,11 + 161,84 = 409,087 \text{ Па}$$

Розрахунок самотяги, що створюється димовою трубою:

$$P_c = (\rho_{\text{атм}} - \rho_{\Gamma}) \cdot q \cdot H_{\text{тр}},$$

де $\rho_{\text{атм}}$ – густина повітря за даних умов, кг/м^3 :

$$\rho_{\text{атм}} = \rho_0 \frac{273B}{(273 + t_{\text{ос}})B_{\text{ст}}},$$

де ρ_0 – густина повітря за нормальних умов, кг/м^3 , $\rho_0 = 1,293 \text{ кг/м}^3$;

$t_{\text{ос}}$ – температура навколишнього середовища, $^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{ос}} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

$B_{\text{ст}}$ – стандартний тиск, $B_{\text{ст}} = 101,3 \text{ кПа}$;

$$\rho_{атм} = 1.293 \frac{273 \cdot 101,3}{(273 + 25)101,3} = 1,185 \text{ кг/м}^3$$

$$P_c = (1,185 - 0,999) \cdot 9,81 \cdot 120 = 218,96 \text{ Па.}$$

Встановлюємо потребу у додатковому тиску:

$$P_{доп.} = P_c - P_{\Sigma} = 218,96 - 409,087 = -190,127 \text{ Па}$$

Оскільки додатковий тиск має від'ємне значення, то значення додаткового тиску додаємо до опору газовідвідного тракту.

Встановлюємо повний розрахунковий опір газовідвідного тракту:

$$\Delta P = 4744,81 + 190,127 = 4934,94 \text{ Па.}$$

Підбір димотяга

Визначаємо продуктивність димотяга з запасом 10% [1] з поправкою на барометричний тиск $p_{атм} = 101,3$ кПа:

$$Q_d = 1,1 \times Q_p \times \frac{101,3}{P_{бар}}$$

$$Q_d = 1,1 \times 372787,2 \times \frac{101,3}{101,3} = 456936,454 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Визначаємо тиск, що створює димосос з урахуванням температур за яких наведені дані у каталозі [1]:

$$\Delta p_{кат} = \beta_2 \times \Delta p_p \times K_p$$

де β_2 – коефіцієнт запасу тиску. Приймаємо коефіцієнт запасу тиску $\beta_2 = 1,2$ [1,31-33];

Δp_p – сумарний опір газовідвідного тракту, отриманий в результаті аеродинамічного розрахунку $\Delta p_p = 4934,94$ Па.

K_p – коефіцієнт перерахунку.

Коефіцієнт K_p визначається по формулі [1]:

$$K_p = \frac{\overline{T}_{zi}}{T_x} \times \frac{101,3}{p_{бар}} \times \frac{\rho_{0zi}}{\rho_{0в}},$$

де T_x – температура, для якої складена характеристика димотяга у каталозі, °К;

\overline{T}_{zi} – середня температура газу на останній розрахунковій ділянці газоходу, К. $\overline{T}_{zi} = (t_{zi}^0 + 273)$;

ρ_{0zi} – густина газу при НФУ на останній розрахунковій ділянці, кг/м³;

$p_{бар}$ – атмосферний тиск, кПа;

$\rho_{0в}$ – щільність повітря за нормальних фізичних умов, кг/м³.

Тоді:

$$K = \frac{(273+75)}{(273+30)} \times \frac{101,3}{101,3} \times \frac{1,286}{1,293} = 1,149$$

$$\Delta p_{кат} = 1,2 \times 4934,94 \times 1,149 = 6803,47 \text{ Па}$$

Приймаємо до установки димосос ВДН–32Б [1] з наступними характеристиками:

- продуктивність $Q_{кат} = 475000$ м³/год;
- повний тиск $p_{кат} = 6950$ Па;
- число обертів $n = 750$ об/хв

Потужність димососу визначаємо за формулою, кВт:

$$N = \frac{Q_{кат} \times p_{кат}}{\eta_{кат} \times K} \times 10^{-3}.$$

Тоді

$$N = \frac{475 \times 6950}{0,68 \times 3600 \times 1,149} \times 10^{-3} = 1173,6 \text{ кВт.}$$

Встановлюємо 4 димососи типу ВДН–32Б, які розміщуються по два за кожним електрофільтром.

3.3 Вибір та розрахунок апаратів по утилізації пилу

В агломераційному цеху близько 90-95% відходів утворюється при очищенні газів, які відходять від агломераційної машини, а друга частина – це пил, що повертається після вловлювання його в системі газоочищення аспіраційних викидів цеху.

Оскільки вловлений пил містить значну кількість оксидів заліза, то з метою досягнення економічного ефекту та зниження собівартості продукції він повертається знову у виробництво. Встановлено, що добавка пилу у кількості 10-15% від маси шихти покращує механічну міцність агломерату [42].

Кількість вловленого пилу з аспіраційних викидів, при очищенні газу в електрофільтрі становить, т/год:

$$M = \frac{(z_1 - z_2) \cdot V}{10^6} = \frac{(10 - 0.003) \cdot 414.214 \cdot 3600}{10^6} = 15.01$$

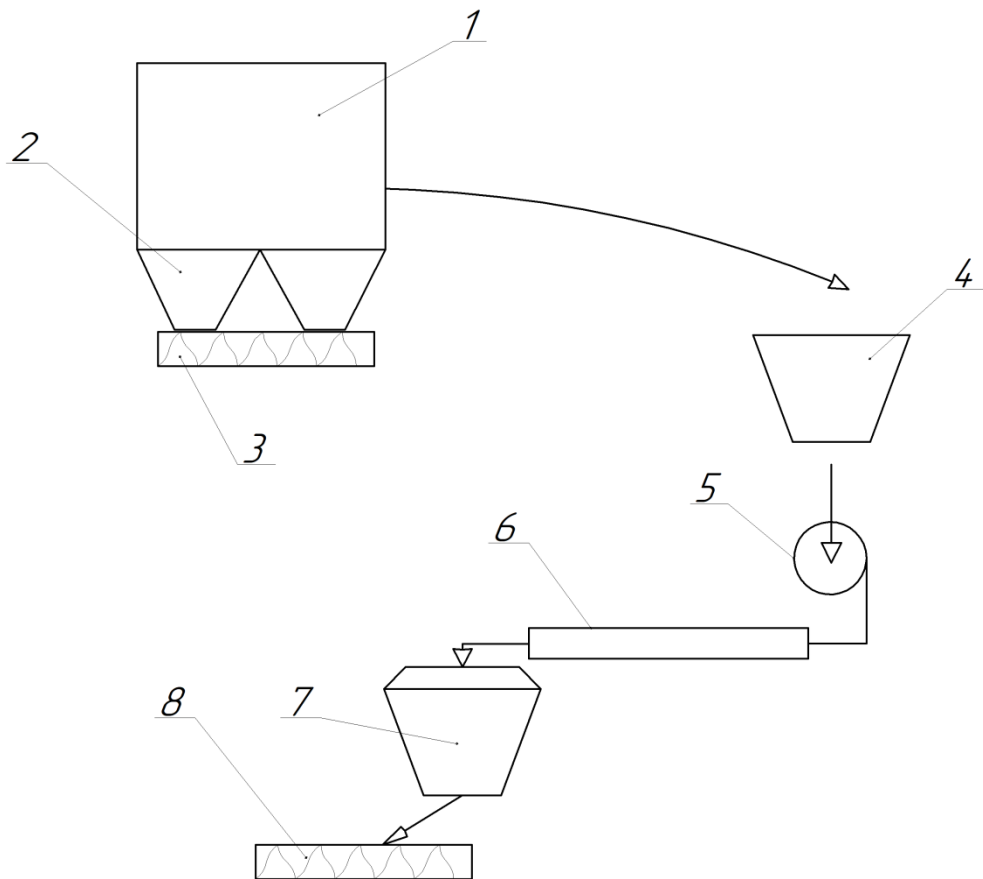
Пил, вловлений в електрофільтрі, збирається у бункерах фільтру. Система пилетранспорту складається з чотирьох ниток, які працюють по черзі по 15 хв кожна. Одна нитка пилетранспорту включає в себе: 10 шлюзових живильників Ш5-30 РНУ-01; два скребкових конвеєри КПС (М) -200Т, бункер пилу, камерний насос ТА-23А.

Пил, з бункерів електрофільтру, скребковими конвеєрами подається в бункер пилу. Звідти зсипається в камерний насос, який по трубопроводах пневмотранспорту направляє пил в збірний бункер. З збірного бункера пил безперервно подається на конвеєри звороту (рис.2.4).

На кришці збірного бункера встановлений циклон ЦН-15, $d = 500$ для очищення повітря з бункера.

Сухий пила для подальшого використання в агломераційному виробництві спеціальної підготовки не потребує, на відміну від шламів після мокрого очищення газів, і направляється в барабан змішувач СБФ-2,8-8, а потім в барабан-огрудковувач ОБ-3,2-8.

Барабанні-огрудковувачі (рис. 3.3) призначені для огрудкування і зволоження агломераційної шихти з метою надання їй зернистості і підвищеної газопроникності.

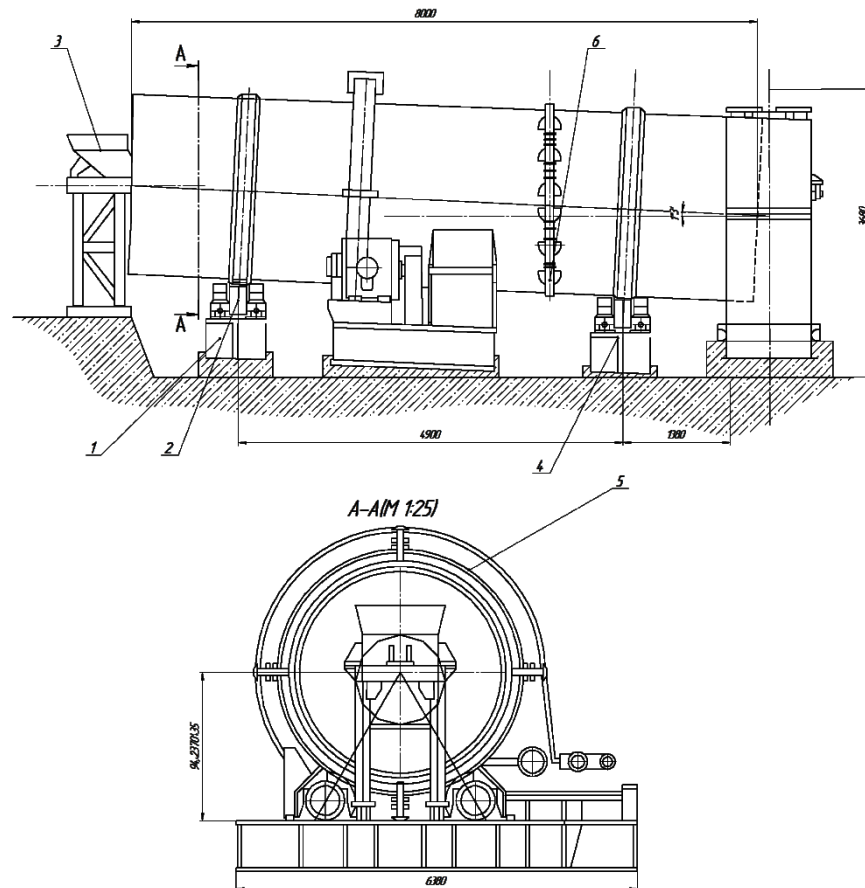


1 – електрофільтр; 2 – бункер електрофільтру; 3 – скребковий конвеєр; 4 – бункер пилу; 5 – камерний насос; 6 – трубопровід пневмотранспорту; 7 – збірний бункер; 8 – конвеєр звороту

Рисунок 3.1 – Схема утилізації вловленого пилу

Режим перекату, при якому працюють огрудковувачі, виникає при окружній швидкості 0,5-1,2 м/с. При обертанні барабана шихтовий матеріал

піднімається на певну висоту за рахунок сили тертя його об стінки і при перевищенні кута динамічного укосу скочується по шару вниз.



1 – металеві бандажі; 2 – роликові опори; 3 – засипний апарат; 4 – упорні ролики; 5 – барабан; 6 – система зрошення

Рисунок 3.2 – Барабан - огрудковувач

Оптимальний час перебування 2-3 хв із заповненням барабану 13%.

Однобарабанный огрудковувач є барабан, встановлений на чотирьох опорних роликах, змонтованих на загальній жорсткій рамі. Обертання барабана здійснюється за допомогою зубчастої пари.

Барабан-огрудковувач футеровано всередині просічно-витяжним листом для утримання гарнісажу. Встановлюється барабан під кутом 1-4 градуси і спирається двома сталевими бандажами на ролики опорні, які забезпечені гвинтовими упорами, закріпленими на рамі. Завантаження шихтою проводиться через завантажувальну воронку, розвантаження - через розвантажувальну

камеру.

Установка для зволоження шихти складається з колекторів з форсунками, які кріпляться до кронштейнів балки очисного пристрою. Привід передає обертання барабану через закріпленій на одному з фланців рознімний зубчастий вінець.

Технологічна схема утилізації пилу включає бункера для накопичення пилу. Бункери служать для зберігання матеріалів в якості проміжних ємностей, що забезпечують стабільну роботу агрегатів, устаткування і транспорту. Використовуються прямокутні і круглі за формою бункера. Для нормального випорожнення кут нахилу стіни бункера до горизонту на $5 \dots 10^\circ$ більше кута природного укосу матеріалу. Для вловленого пилу кут природного зкосу становить $20 \dots 30^\circ$, для дрібного коксу - $30 \dots 50^\circ$, для вапняку - $30 \dots 45^\circ$, для брикетів - $37 \dots 45^\circ$ [42].

Для перекриття вихідних отворів бункерів і видачі з них матеріалів, залежно від найбільшого розміру типових шматків використовуються стрічкові, тарілчасті і барабанні живильники [42].

Визначаємо масу накопиченого пилу в бункерах двох електрофільтрів за формулою, т/доб.:

$$M_{\text{доб.}} = G_{\text{сух}} \cdot 24,$$

де $G_{\text{сух}}$ – маса вловленого сухого пилу, т/год.

$$M_{\text{доб.}} = 15,01 \cdot 24 = 360,24 \text{ т/доб.};$$

Знаходимо загальний об'єм бункера – накопичувача пилу, м^3 :

$$V_{\text{б.п.}} = \frac{M_{\text{доб.}}}{\gamma_{\text{нас.}}}$$

де $\gamma_{\text{нас.}}$ – насипна маса пилу. Становить $1800 \dots 2000 \text{ кг/м}^3$ [37]. Приймаємо 1800 кг/м^3 .

$$V_{\text{б.п.}} = \frac{360240}{1800} = 200 \text{ м}^3.$$

Приймаємо 4 збірних бункери об'ємом по 50 м³.

3.4 Забезпечення функціонування проектованого об'єкту

На аглофабриці, при очищенні аспіраційних викидів від хвостової частини агломераційної машини і вузла завантаження агломерату розроблено проект очищення в двох горизонтальних електрофільтрах ЕГА 2-88-12-6-3-330-5А. Для автоматизації процесів очищення в електрофільтрі необхідно знати принцип роботи цього апарату. Запилений газовий потік проходить через неоднорідне електричне поле високої напруженості, яке створюється між осаджуючим і коронуючим електродами. При збільшенні напруги до певної величини в просторі між електродами утворюється коронний розряд, наслідком якого є заповнення міжелектродного простору в основному негативно зарядженими іонами газу. Під дією сил електричного поля вони рухаються від коронуючих електродів до осаджувальних. Зустрічаючи на своєму шляху іони, частинки пилу абсорбують їх і під дією сил поля також рухаються до осаджувальних електродів. Електроди періодично струшують, шар обложеної пилу руйнується, і пил обсипається в бункері, звідки її періодично або безперервно видаляють. Щоб зрозуміти основне завдання автоматизації електрофільтру розглянемо основні характеристики процесів в газоочисному апараті.

Сутність процесу іонізації в електрофільтрі полягає в наступному. У звичайних умовах газ піддається впливу космічних та радіоактивних випромінювань, тому в ньому завжди присутня деяка кількість вільних електронів та іонів. Якщо газ, що містить вільні заряди, знаходиться між електродами, на які подають напругу, то під дією поля вільні заряди, присутні в газі, почнуть рухатися по силових лініях. Рухомі іони і електрони створюють в газі електричний струм. Подальше збільшення напруги викликає пропорційне

зростання струму, але з певної межі настає момент, коли при збільшенні напруги сила струму перестає змінюватися. Це пов'язано з тим, що при незмінній інтенсивності іонізації газу число присутніх в ньому вільних зарядів не змінюється. Максимальну силу струму, можливу при даній інтенсивності іонізації, називають силою струму насичення. При збільшенні напруги на електродах настає момент, коли вільні електрони і іони настільки сильно прискорюються, що, стикаючись з молекулами газу, іонізують їх, тобто вибивають з них частину зовнішніх електронів, перетворюючи нейтральні молекули в позитивні іони і вільні електрони. Це явище називають ударної іонізацією.

Новостворені іони і електрони починають рухатися, також прискорюються електричним полем і в свою чергу іонізують нові молекули газу. Число утворюються в газі іонів і електронів різко зростає і сила струму починає збільшуватися. Це явище, зване коронним розрядом, супроводжується потріскуванням і блідо-блакитним світінням (короною), що виникає в темряві, навколо провідника в зоні утворення іонів обох знаків. Утворені при цьому позитивні іони втрачають заряд у поверхні коронуючого електрода, а негативні переміщуються до протилежно зарядженого електроду. Напруга, при якому з'являється корона, називають критичною напругою корони.

Напруженість поля, при якій виникає коронний розряд, залежить від складу газів, їх тиску і температури.

Ступінь очищення електрофільтру залежить не тільки від процесів, що протікають в активній зоні апарату, а й від аеродинамічних характеристик газового потоку на вході і виході, фізико-хімічних властивостей пило-газового потоку, конструктивних особливостей апарату і т.д. До основного завдання автоматизації режимів роботи електрофільтру відноситься управління: електричним режимом, властивостями пило-газового потоку на вході, процесом регенерації електродів, розподілом газового потоку по перетину електрофільтру, вивантаженням вловленого пилу. На першому етапі автоматизації електрофільтру стабілізуються окремі параметри процесу:

напруга на електродах електрофільтру, температура, і витрата газу, що очищається. На другому етапі вирішують зазначені вище завдання по вибору і стабілізації оптимальних режимів і, нарешті, останній етап управління процесом електроочистки полягає в координації роботи всіх приватних систем з метою досягнення заданого критерію управління.

Для контролю температури газів, що надходять на очистку в газоочисну систему, що включає в себе: електрофільтр, вентилятор, димову трубу, передбачають замкнуту систему автоматичного контролю температури газів (рис.3.3).

В якості первинного вимірювального перетворювача застосовуємо термометр опору мідний ПММ - 0879-01 (поз.1). Вторинний вимірювальний прилад - логометр Ш69000 (поз.1б). Для контролю роботи газоочисної системи здійснюється контроль розрідження перед електрофільтром. В якості первинного вимірювального перетворювача застосовуємо диференційний манометр типу ДСЕ-МІ (поз.2). Вторинний вимірювальний прилад - потенціометр КСУ -1 (поз.2б). Для контролю роботи газоочисного устаткування вимірюється запиленість газів до і після апаратів очистки. В якості первинного вимірювального перетворювача використовують контактну - електричні прилади ПК-4 (поз.3, 3б, 6а, 6б). Вторинний вимірювальний прилад - КСУ-1-001 (поз.3в, 6в). Для регулювання рівня пилу в пиловій бункері апарата, передбачають замкнуту систему автоматичного регулювання. Це необхідно для того, щоб вчасно звільнити бункер електрофільтру від пилу.

В якості первинного вимірювального перетворювача застосовуємо ЕХО-3. Рівномір ЕХО-3 складається з двох перетворювачів:

- акустичний перетворювач АП (поз.4);
- перетворювач, який передає, вимірювальний ППІ-3 (поз.4б).

Вторинний вимірювальний прилад - Диск 250 модель 1111 (поз.4в).

Регулятор - БРЕ-1 (поз.4г).

Регулюючий орган - шнековий конвеєр (поз.4ж).

Виконавчий механізм - МЕВ-16 / 10-0,25-82 (поз.4)

Пускач - ПБР - 2М (поз.4д).

Автоматична система регенерації електродів електрофільтру - це розімкнена система автоматичного регулювання пристрою. У якості командоапарату застосовують КЕП-12У (поз. 5а). Через заданий відрізок часу командоапарат дає сигнал на струшування електродів.

Вихідний сигнал командоапарату надходить на виконавчий механізм МЕВ-16 / 10-0,25-82 (поз.5в), керований за допомогою магнітного пускача ПБР - 2М (поз.5б). Регулюючий орган - молотковий механізм (поз. 5г). Для контролю витрати газу застосовують первинний вимірювальний перетворювач. У якості частини, яка вимірює первинного вимірювального перетворювача застосовуємо ДБ6 (поз.7).

- вимірююча частина - дифманометр перепаду тиску з електричним вихідним сигналом ДМЕР-М (поз. 7б).

Вторинний вимірювальний прилад - КСУ-1 (поз.7в).

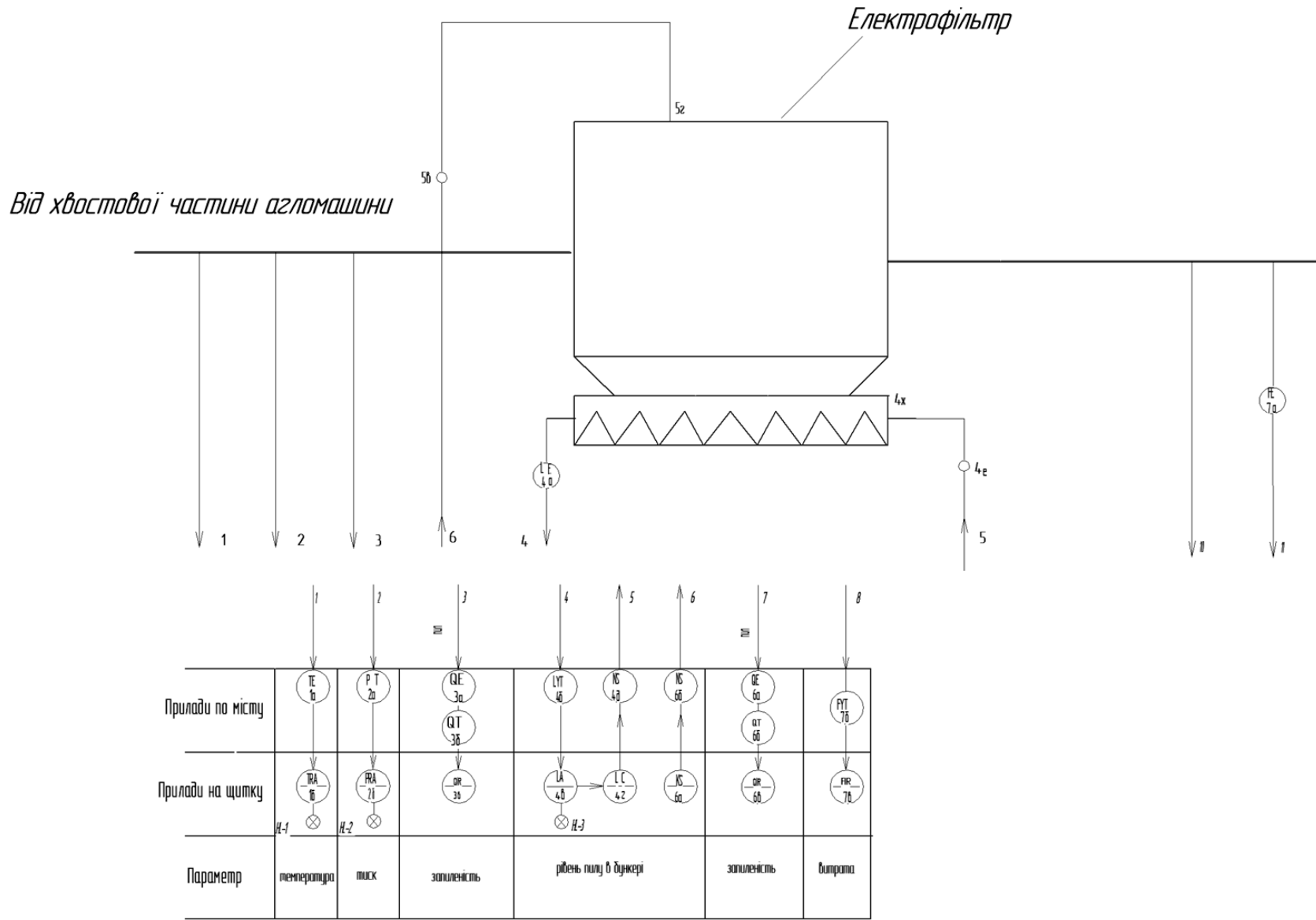


Рисунок 3.3 – Схема замкнутої системи автоматичного контролю та регулювання

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Основними шкідливими виробничими факторами в агломераційному цеху є: виділення тепла від технологічного обладнання та готового агломерату; пил, що утворюється при дробленні вапняку та коксу, при пропусканні сипучих матеріалів через грохоти, при транспортуванні матеріалу через перевантажувальні вузли, транспортуванні сипучих матеріалів в бункери накопичувачі, при транспортуванні сипучих матеріалів з бункерів до барабана змішування шихти, при транспортуванні матеріалу від барабана змішування шихти до барабана згрудкування шихти, при отриманні готової продукції та рециклінгу повернення. Також утворення шумів низької і високої частоти, вібрації. Гучними шумами і вібрацією, рівні яких перевищують допустимі норми, супроводжується транспортування шихти, коксу, просипу, і т.д., сортування і дроблення агломерату або його компонентів[1]. На рис. 4.1 приведена апаратурно-технологічна схема агломераційного процесу з зазначення шкідливих та небезпечних факторів.

Забруднення повітря газами незначне, але під час спікання токсичні гази потрапляють в невеликій кількості в повітря з виробничого приміщення.

Основні технологічні операції агломераційного цеху супроводжуються виділенням значної кількості пилу. Пил в основному складається з оксидів заліза з домішкою інших речовин.

Несприятливі умови праці спричиняє використання вапна через забруднення повітря вапняним пилом. Пил також виділяється з транспортерів та пристроїв для перевантаження матеріалів.

Як правило, концентрація шкідливих речовин не є постійною протягом робочого дня. Вони збільшуються в кінці зміни, зменшуються під час обідньої перерви або швидко змінюються, що робить людину нестабільною діяльністю, яка в багатьох випадках є більш шкідливою, ніж безперервна, тому що часті і

різкі коливання подразника призводять до неспроможності організму адаптуватися.

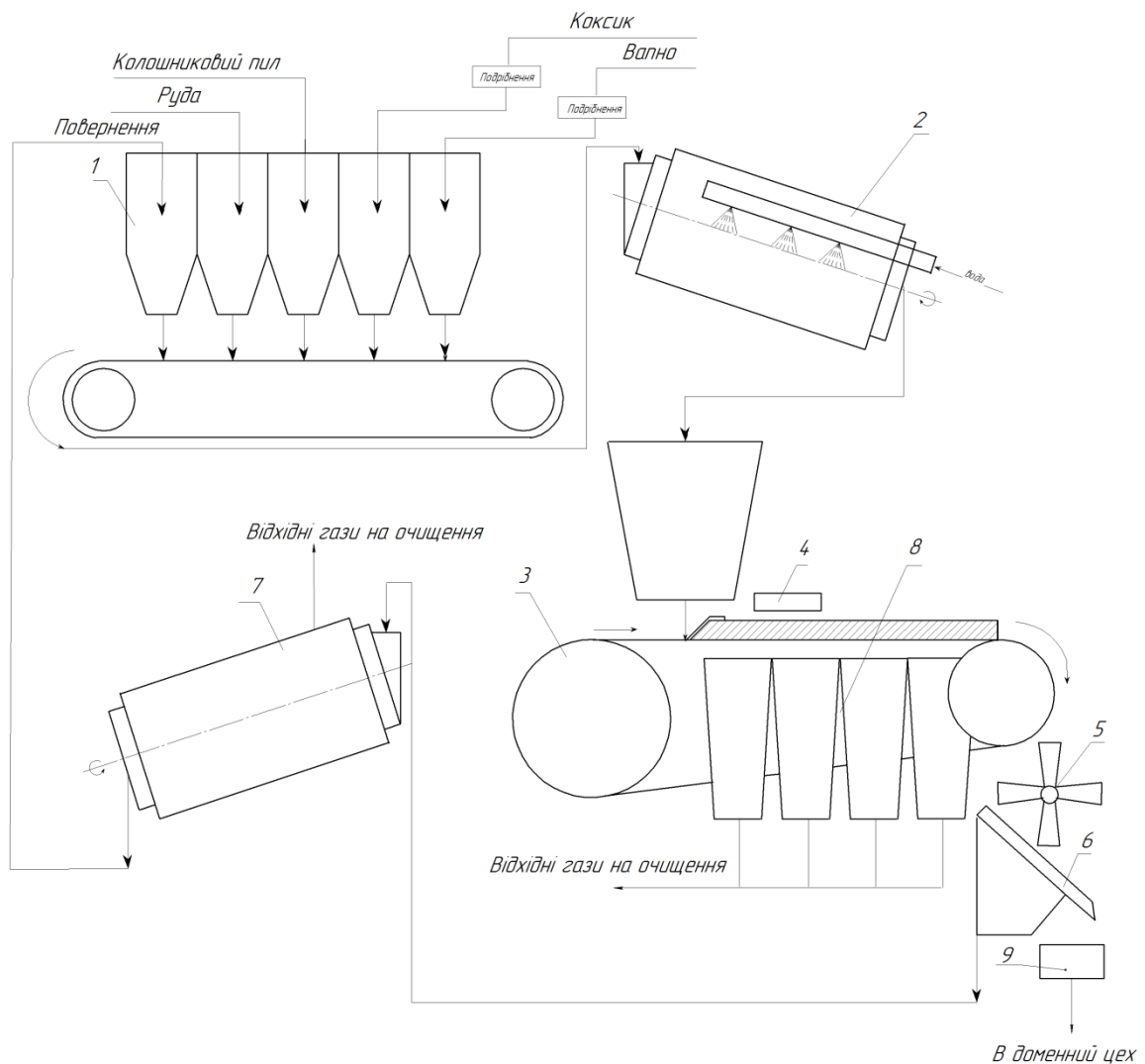


Рисунок 4.1 – Апаратурно-технологічна схема агломераційного виробництва

Розмір пилу коливається в широких межах, великі фракції осідають швидко, а дрібні тривалий час знаходяться в повітрі і саме вони негативно впливають на організм людини. Для боротьби з пилом в цеху використовуються різного роду фільтри, зрошувачі і пилососи. Вміст деяких шкідливих речовин в повітрі робочої зони та характеристика агломераційного пилу представлені у таблиці 4.1 та 4.2.

Аналіз технології процесу виготовлення агломерату показав, що небезпечними факторами виробничого процесу в агломераційного цеху є:

- захоплення працівників приводними механізмами та обертовими дробарками;

Таблиця 4.1 - Вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони аглоцеху

Найменування речовини	Концентрація речовини в повітрі, мг/м ³	ГДК, мг/м ³	Перевищення в кілька разів
Агломераційний пил	17,0	4,0	4,25
SiO ₂	6,1	-	-
CO	-	20,0	-
SO ₂	-	20,0	-
NO ₂	-	5,0	-

Таблиця 4.2 - Характеристика дисперсного складу агломераційного пилу

Показник	Розмір частинок, мкм			
	>5	0,1-5	0,001-0,1	<0,001
Характеристика частинок	Грубо дисперсні	Тонко дисперсні	Колоїдні	Молекулярні
Видимі при спостереганні	Видимі простим оком	Видимі під мікроскопом	Видимі під ультрамікроскопом	Не видимі під ультрамікроскопом
Можливість стримування на фільтрах	Залишаються на паперових фільтрах	Не залишаються на паперових фільтрах		
Спроможність до дифузії	Не спроможні	Майже не спроможні	Спроможні малою швидкістю	Спроможні з

- отруєння газами (велика кількість шкідливих газів виділяється з шихти при аварійній зупинці ексаустера);
- під час технічного обслуговування газовідвідної системи спікальних машин є серйозний ризик проникнення димових газів зі збірного димового борову;
- падіння з висоти;
- можливість отримання травм в результаті: руху машин і механізмів; рух виробничого матеріалу; викид гарячого шлаку з-під запального горна;
- ураження електричним струмом при обслуговуванні електрообладнання.

Правильно спроектоване і виконане освітлення на підприємствах забезпечує можливість нормальної виробничої діяльності.

Збереження зору людини, стан її центральної нервової системи і безпека праці значною мірою залежать від освітленості. Приміщення, по можливості, повинне освітлюватися природним світлом, так як воно сприятливо впливає на психіку. Якщо природного освітлення недостатньо, то необхідно застосовувати штучне освітлення від різних світильників. Нормальна освітленість робочого місця залежить від характеру робіт і становить для приміщення оператора 400 лк, для загального освітлення 50 лк.

4.2 Заходи з поліпшення умов праці. Виробнича санітарія

У агломераційному цеху використовують ряд заходів, що сприяють значному зменшенню пиловиділення та запиленості робочого простору цеху, так як різнодисперсний пил спостерігається на всіх ділянках виробничого циклу агломерації і являє собою загрозу для здоров'я працюючих.

Над хоперами встановлюють витяжні зонти. Об'єм повітря, що відсмоктується від кожного витяжного зонту, становить 80000 м³/год з розрахунку створення швидкості руху повітря в зазорі між витяжним зонтом й бортиком хопера, рівної 2 м/с. Запилене повітря, що відсмоктується від зонтів і укриттів, проходить очистку.

Уловлений в процесі очистки пил повертається в технологічний процес. Тому що просівання агломерату відбувається безупинно, а навантаження в хопери – періодично, то витяг повітря з укриттів гуркотів, дробарок і витяжних зонтів над хоперами здійснюється роздільно.

Холостий хід агломераційної машин слід екранувати по висоті приміщення на ділянці від стіни, що відокремлює приміщення холостого ходу від розвантажувальної частини, до приводної зірочки в головній частині.

Таблиця 4.1. – Оцінка факторів трудового процесу агломератника.

Робоче місце – пост керування агломераційної машини

№ п/п	Фактори виробничого середовища й трудового процесу	Норм. знач. ГДК, ГГДУ	Факт. знач.	III клас – шкідливі й небезпечні умови й характер праці			Час дії фактора, %, за зміну
				I	II	III	
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³ : I клас безпеки - Ангідрид хром II клас безпеки- Марганцю оксид, аерозоль III - IV клас безпеки: азоту диоксид, сірчистий ангідрид, вуглецю оксид	0,01 0,3 2,0 10,0 20,0	0,009 0,35 1,8 5,5 17,0		1,17р		60
2.	Пил переважно фіброгеної дії, мг/м ³	4,0	1050			262,5р	90
3.	Вібрація (<u>загальна</u> й локальна), дБ	92	98		6		80
4.	Шум, дБА	80	88		8		90
5.	Мікроклімат у приміщенні: -температура повітря, °С -швидкість руху повітря, м/с -відносна вологість повітря,% -інфрачервоне випромінювання, Вт/м ²	15-26 0,2-0,5 75 140	39 0,3 65 5000			13 5000	90 70
6.	Категорія важкості й напруженість праці	важка, дуже напружена					

Над місцем завантаження агломерату у вагони слід улаштувати зонти, з'єднані з жолобами видачі. При цьому необхідно ущільнювати всю трасу жолобів видачі агломерату.

У результаті укривання агломераційних машин поліпшуються умови праці.

Виключається необхідність відсмоктування повітря, що йде на технологічні потреби спікання, з обсягу приміщення; усувається розрідження й

пов'язаний з ним підсмоктування нагрітого й запиленого повітря з інших приміщень головного корпусу [32].

Розвантажувальна частина агломераційних машин є місцем найбільших пило- та газовиділень, а також тепловипромінювання. Ця частина відділена від спікальних частин машини стіною по всій висоті приміщення. Двері для проходу на робочу площадку розвантажувальної частини мають пристрої для закривання.

Розвантажувальна частина агломашини, дробарка агломерату, грохоти і жолоби укладені в герметизуючі кожухи, приєднані до загального укриття агломераційної машини з тим, щоб пил і гази з розвантажувальної частини і інших пристроїв відсмоктувати під дією розрідження екстаустера. Між робочою площадкою розвантажувальної частини і майданчиком спікальних частин агломераційної машини організована звукова і світлова сигналізація і переговорний зв'язок. Жолоби для спуску агломерату після просівання зверху перекриті і влаштовані так, щоб агломерат не висипався повз вагонів. Для усунення застрягання агломерату нахил колосників не менше 45 °. Ряди колосників на грохотах і листи на жолобах покладені з напуском. Чистити жолоби можна тільки після зупинки агломашини. Цю роботу виконують за допомогою довгих ломів і пік, через спеціальні люки в верхніх частинах жолобів. Для зручного і безпечного доступу до жолобів збоку від них влаштовані сходи і зручні площадки з поручнями.

Для захисту від шуму пропонується передбачити наступні заходи:

- застосування звукоізоляції огорожуючих конструкцій;
- ущільнення за периметром вікон, воріт, дверей;
- влаштування звукоізоляції місць перетину огорожуючих конструкцій інженерними комунікаціями;
- влаштування звукоізоляційних кабін спостереження та дистанційного керування;
- влаштування укриттів, кожухів;
- застосування звукопоглинальних конструкцій та екранів;

- застосування глушників шуму, звукопоглинального облицювання у газоповітряних трактах вентиляційних систем із механічним спонуканням та систем кондиціонування повітря та газодинамічних установок.

Для боротьби з вібрацією пропонується використовувати наступні організаційні заходи:

- виключення із технологічного процесу віброактивного обладнання;
- дистанційне керування віброактивним обладнанням із кабін та пультів;
- застосування засобів індивідуального захисту від вібрацій та проведення санітарно-профілактичних заходів для робітників, що мають контакт із віброінструментом або обладнанням.

4.3 Електробезпека

За небезпекою поразки електричним струмом виробничі приміщення агломераційного цеху відносять до особливо небезпечних приміщень.

Основні споживачі електричної енергії в агломераційному цеху:

Електродвигуни ексгаустерів: ДСП-74/140 потужністю 2000 кВт;

Електродвигуни димососів випалювальних машин: ВАО 2-560 LA-4У2 потужністю 800 кВт, харчування змінним струмом, напруга 6000В;

Електродвигуни молоткових дробарок: ДАЗО 4-450У-8У11Р24 потужністю 500 кВт;

Електродвигуни повітродувки: БАМСО 15-10-8 потужністю 360 кВт, харчування змінним струмом, напруга 380 В.

Електродвигуни насосів високого тиску: АІР 355S4У3 потужністю 250 кВт, живлення змінним струмом, напруга 6000В;

Електродвигуни конвеєрів: АІР 355S6У3 потужністю 250, 160 кВт.

Постійний струм. Напруга 220В:

Тягові електродвигуни трансферкара: ЕД-118А потужністю 305 кВт.

У цеху використовують чотирихдротові електричні мережі з глухозаземленою нейтраллю змінного струму та при менше 1000 В – двухдротові електричні мережі постійного струму.

У ланцюгах змінного струму використовується напруга 36, 220, 380, 6000В. Напруга 36В використовується для живлення переносних освітлювальних ліхтарів, напруга 220В - для загального і локального освітлення, напруга 380, 6000В - для живлення електродвигунів і ексгаустерів.

Таблиця 4.2 - Норми напруг дотику $U_{\text{дот}}$ і струмів $I_{\text{н}}$, що проходять через людину

Характеристика електроустановки	Норм. величина	Тривалість дії струму t,с						
		0,1	0,2	0,5	0,7	1,0	3,0	Понад 3 до 10
Електроустановки 50Гц до 1000В з ізолюваною і заземленою нейтраллю і вище 1000В до 35кВ, включно з ізолюваною нейтраллю	$U_{\text{дот}}$, В	500	250	100	75	50	36	12
	$I_{\text{н}}$, мА	500	250	100	75	50	6	6
Електроустановки 50Гц вище 35кВ з заземленою нейтраллю	$U_{\text{дот}}$, В	500	400	200	130	100	65	-
Електроустановки 400 Гц	$U_{\text{дот}}$, В	-	500	200	140	100	36	24
	$I_{\text{н}}$, мА	-	500	200	140	100	8	8
Електроустановки постійного струму	$U_{\text{дот}}$, В	500	400	250	200	150	100	50
	$I_{\text{н}}$, А	500	400	250	200	150	100	50

Для захисту від дотику до металевих частин устаткування, що оказались під напругою, використовують захисне заземлення, захисне занулення, захисне відключення.

Для попередження про небезпеку використовують попереджувальні плакати: застережливі, що забороняють, що дозволяють, що нагадують. Постійні попереджувальні сигнали встановлені на дверях приміщень електроустановок напругою понад 1000 В та в інших небезпечних місцях.

4.4 Пожежна та техногенна безпека

Згідно НАПБ Б.03.002-2007 агломераційний цех відноситься до категорії виробництва В, як виробництво, що характеризується наявністю горючих

рідин з температурою спалаху парів вище 61°C, горючого пилу та волокон, нижня межа вибуховості яких понад 65 г/м³ до об'єму повітря; речовин здатних тільки горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним; твердих горючих речовин і матеріалів.

Для запобігання пожеж виробничі приміщення різних категорій відділені друг від друга, а також від галерей транспортерів, коридорів і сходових маршів протипожежними стінами. Передбачені проектом прорізи в протипожежних стінах захищені протипожежними дверми, обладнаними устаткуванням для самозакривання. Отвори в стінах і перекриттях для кабелів і трубопроводів захищені шляхом набивання мінеральної вати. Кабельні тунелі й канали виконані з негорючих матеріалів і розділені на протипожежні відсіки довжиною не більш 150 м.

Виробничі приміщення категорії Б оснащуються наступними переносними вогнегасниками: ВВ - 10 (хімічно пінними) у кількості 2 шт., ВВ-10-01 (порошковими) із зарядом АВС(Е) у кількості 2 шт., ВВК-8 (вуглекислотними) у кількості 2 шт.

Виробничі приміщення категорії Г и Д оснащуються двома переносними вогнегасниками ВПП – 10 і двома вогнегасниками ВП-10-01 із зарядом ВР(Е).

Первинні засоби пожежогасіння розміщені у виробничих приміщеннях на пожежних щитах. Комплект засобів пожежогасіння містить у собі: вогнегасники – 6 (4)шт., ящик з піском обсягом 0,1 м³, покривало з негорючого матеріалу, розміром 2м x 2м, дві лопати, два ломи, дві сокири й три гаки.

4.5 Розрахунок рівня безпеки агломераційного виробництва

Анализ уровня безопасности агломерационного процесса.

Визначення рівня безпеки агломераційного процесу відбувається за формулою:

$$U_n = 1 - \frac{\sum t' + \sum \tau' + \sum \varphi'}{T'}$$

де $\Sigma t'$ – загальна тривалість часу, коли процес відбувається з порушенням параметрів безпеки, год;

$\Sigma \tau'$ – загальна тривалість експериментальних відхилень процесу, год;

$\Sigma \varphi'$ – загальна тривалість часу, коли процес відбувається з порушенням параметрів безпеки в наслідок дії зовнішніх факторів або пошкодження агрегату та окремих його частин, год;

T' – час роботи агрегату, год.

Вихідні дані для оцінювання безпеки агломераційного процесу беремо з завдання до магістерського проекту.

Порушення параметрів процесу, год:

наявність гнізд шихти, що не запіклася - 14;

зростання розрідження і падіння температури газів, що відходять - 9;

широка зона розплаву агломерату - 8;

наявність язиків полум'я на зламі агломерату - 5;

Всього: 36 год.

Експериментальні відхилення параметрів, год:

сильне оплавлення верхнього шару пирогу агломерату - 12;

велика частина шару шихти, яка абсолютно не спікається - 14;

Всього: 28 год

Порушенням параметрів безпеки в наслідок дії зовнішніх факторів або пошкодження агрегату та окремих його частин, год:

пухкий пиріг агломерату - 21;

в шихті недостатньо палива - 24;

низька температура запалювання шихти – 21.

Всього: 66 год

Час безперервної роботи агломераційної машини – 720 год.

$$U_n = 1 - \frac{36 + 28 + 66}{720} = 0,819.$$

Рівень безпеки агломераційного процесу є високим.

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО - ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Організація роботи на ділянці очищення газів

Для організаційної структури управління приймаємо лінійно-функціональну схему управління цехом. Виробничий майстер газоочисної установки (ГОУ) є адміністративно-технічним керівником робітників своєї ділянки, підпорядковується начальнику зміни і всі питання, що виникають у процесі виробництва, вирішує самостійно. Майстер ГОУ стежить за забезпеченням безперебійної ефективної роботи пилогазовловлюючих установок цеху, контролює дотримання технологічних параметрів і процесів, виявляє і усуває причини і порушення, забезпечує повне завантаження і правильне використання обладнання, утримання його в справному стані, а також належний порядок і чистоту на робочих місцях і прилеглої до ділянки території.

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

Проектний варіант передбачає відбір запилених аспіраційних газів від хвостової частини агломераційної машини. Кількість газів, що відбираються від місць виділень, регулюється запірною-регулювальною арматурою. Запилене аспіраційне повітря від шести агломераційних машин за допомогою повітропроводів направляється у два електрофільтри і після тонкого очищення за допомогою димової труби викидається в атмосферу. Побудником тяги в системі є чотири димососи ВДН-32Б. Димова труба металева висотою 120 м. Вловлений в електрофільтрах пил осідає в бункері, звідки за допомогою шлюзового живильника направляється в систему пилоприбирання. Початкова запиленість газу $10,0 \text{ г/м}^3$, кінцева запиленість $0,003 \text{ г/м}^3$. Ефективність очищення за такою схемою 99,97 %.

Виробничі процеси ділянки газоочистки тісно пов'язані з виробничими процесами спікання агломерату.

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 робота обладнання з урахуванням простоїв. Результати розрахунків зводимо в таблицю 5.1.

Ефективний фонд часу газоочисної установки, год:

$$T_{\text{еф}} = T_{\text{кал}} - T_{\text{рем}}, \quad (5.1)$$

де $T_{\text{кал}}$ – календарний фонд часу роботи газоочистки, год.;

$T_{\text{рем}}$ – простої на плановий ремонт, год.

Коефіцієнт використання установки у часі:

$$K_{\text{вик}} = \frac{T_{\text{еф}}}{T_{\text{кал}}}. \quad (5.2)$$

Результати розрахунку представлені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Баланс робочого часу газоочисної установки

Показники	Одиниці виміру	Проектний варіант
Режим роботи газоочисної установки	—	Безперервний
Календарний час роботи, $T_{\text{кал}}$	дні години	365 $365 \cdot 24 = 8760$
Простої на плановий ремонт, $T_{\text{рем}}$	дні години	15 $15 \cdot 24 = 360$
Ефективний фонд часу, $T_{\text{еф}}$	дні години	$365 - 15 = 350$ $350 \cdot 8 = 8400$
Коефіцієнт використання, $K_{\text{вик}}$	—	$\frac{350}{365} = 0,959$

Таким чином, ефективний фонд часу використання газоочисної установки становить 8400 год/рік.

5.2 Планування виробничої програми

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

$$P = N \cdot T_{ef} \cdot n, \quad (5.3)$$

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

T_{ef} – річний фонд ефективного часу роботи газоочисної установки, год.;

За проектним варіанту технічна продуктивність газоочисної установки становить 1 143330 м³/год. (при НФУ). Тоді

$$P_{np} = 1\,143\,330 \cdot 8400 = 9603,97 \cdot 10^6 \text{ (нм}^3\text{/рік)}.$$

Кількість уловленого пилу визначаємо з виразу, т:

$$Q = \frac{(Z_1 - Z_2) \times P}{10^6}, \quad (5.4)$$

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

Z_2 – запиленість газу після очищення, г / м³.

За проектним варіанту кількість уловленого пилу дорівнює:

$$Q_{np} = \frac{(10,00 - 0,003) \cdot 9603,97 \cdot 10^6}{10^6} = 96010,89 \text{ (т)}.$$

У проектному варіанті пил направляється на обробку у агломераційне виробництво. Приймаємо втрати уловленого продукту при утилізації 10%. Тоді кількість утилізованої пилу:

$$Q_{yt} = 0,9 \cdot Q_{np} = 0,9 \cdot 96010,89 = 86409,80 \text{ (т)}, \quad (5.5)$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 5.2.

5.3 Розрахунок балансу робочого часу та планового фонду оплати праці основних робітників

Графік роботи в проектному варіанті 3-х змінний ($n_{зм}$) 4-х бригадний ($n_{бр}$), тривалість робочого дня 8 годин.

Таблиця 5.2 – Результати розрахунку виробничої програми

Показник	Одиниці виміру	Проектний варіант
Річна продуктивність газоочисної установки, P	млн. м ³	9603,97
Технічна норма продуктивності, N	м ³ /год	1143330
Початкова запиленість, Z_1	г/м ³	10,00
Кінцева запиленість, Z_2	г/м ³	0,003
Кількість вловленого пилю, Q	т	96010,89
Кількість утилізованої пилю, Q_{vm}	т	86409,80

Календарний фонд часу одного робітника становить

$$T_k = D = 365;$$

$$T_k^ч = D \cdot t_{зм} = 365 \cdot 8 = 2920 \text{ год}, \quad (5.6)$$

Кількість вихідних днів у році дорівнює:

$$T_{вих} = \frac{T_{кал} \cdot n_{вих}}{n_{бр}} = \frac{T_{кал} \cdot (n_{бр} - n_{зм})}{n_{бр}} = \frac{365 \cdot 1}{4} = 91,25 \cong 92 \text{ (дня)}.$$

Номінальний (режимний) фонд робочого часу визначається вирахуванням з календарного часу числа неробочих днів згідно з графіком змінності (вихідних):

$$T_{ном} = T_{кал} - T_{вих} = 365 - 92 = 273 \text{ днів};$$

$$T_{ном}^ч = 273 \cdot 8 = 2184 \text{ год}.$$

Ефективний (корисний) фонд робочого часу визначаємо з виразу:

$$T_{эф} = T_{ном} - T_{невих},$$

де $T_{невих}$ – невиходи на роботу у зв'язку з відпусткою, хворобою та іншими причинами.

Невихід на роботу:

- тарифна відпустка - 30 днів
- хвороба - 5 днів
- учнівська відпустка - 0,5 днів
- інші - 0,5 днів

$$T_{невих} = 36 \text{ днів}$$

$$T_{еф} = 273 - 36 = 237 \text{ днів};$$

$$T_{еф}^ч = 237 \cdot 8 = 1896 \text{ год.}$$

Коефіцієнт списочності $K_{сн}$ враховує резерв робітників, необхідних для заміни людей, що знаходяться у відпустці, хворіють, вчаться, які виконують державні обов'язки, і визначається діленням номінального часу роботи на ефективний:

$$K_{сн} = \frac{T_{ном}}{T_{еф}} = \frac{2184}{1896} = 1,152.$$

Результати розрахунку зводимо в таблицю 5.3.

Таблиця 5.3 - Баланс робочого часу одного робітника

Елемент балансу	Одиниці виміру	Значення
Календарний час, $T_{кал}$	дні	365
	години	2920
Вихідні дні, $T_{вих}$	дні	925
	години	736
Номінальний час, $T_{ном}$	дні	273
	години	2184
Невиходи на роботу:		
- тарифна відпустка	дні	30
- відпустка студентів, учнів	дні	0,5
- хвороби	дні	5
- інші невиходи	дні	0,5
Всього невиходів $T_{невих}$	дні	36
Ефективний час, $T_{еф}$	дні	237
	години	1896
Коефіцієнт списочності, $K_{сн}$	дні	1,152

Зробимо розрахунок чисельності основних робітників для проектного варіанту.

Розраховуємо кількість робочих для обслуговування двох електрофільтрів і чотирьох димососів.

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

Оскільки апарат (електрофільтр) складається з декількох умовних одиниць (3 секцій), то в першу чергу визначаємо час обслуговування одного апарату, чол-год:

$$t = t_0 \cdot K_2, \quad (5.7)$$

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

K_2 – емпіричний коефіцієнт, що дорівнює:

$$K_2 = 1,1^m, \quad (5.8)$$

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

$$K_2 = 1,1^3 = 1,331, \text{ тоді}$$

$$t = 1,2 \cdot 1,331 = 1,5972 \text{ чол-год.}$$

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

$$T = t \cdot K_1; \quad (5.9)$$

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

K_1 – емпіричний коефіцієнт, що дорівнює

$$K_1 = 1,2^n; \quad (5.10)$$

де n – кількість апаратів.

Визначаємо сумарне середньо змінний час обслуговування агрегатів:

- для електрофільтра

$$T_{\text{рф}} = 1,5972 \cdot 1,2^2 = 2,999, \text{ чол-год/зм,}$$

- для димососа:

$$T_{\text{дим}} = t \cdot 1,2^n = 0,9 \cdot 1,2^4 = 1,866, \text{ чол-год/зм},$$

Визначаємо сумарний середньо змінний час обслуговування установки:

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

$$T_{\text{уст}} = 2,999 + 1,866 = 4,865 \text{ чол-год/зм}.$$

Змінне загальну явочну чисельність обслуговуючого персоналу визначаємо за формулою:

$$Ч_{\text{яв}} = \frac{T_{\text{уст}}}{l} \cdot \frac{S}{L}, \text{ чол-год/зм}, \quad (5.11)$$

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:

$$Ч_{\text{яв}} = \frac{4,865}{8} \cdot \frac{6,73 \cdot 24}{7 \cdot 24} = 0,58,$$

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

Добовий склад, чол.:

$$Ч_{\text{доб}} = Ч_{\text{яв}} \cdot n_{\text{зм}}, \quad (5.12)$$

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.:

$$Ч_{\text{шт}} = Ч_{\text{яв}} \cdot (n_{\text{зм}} + n_{\text{вих}}),$$

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

$n_{\text{вих}}$ – кількість непрацюючих бригад.

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

Списочний склад основний робочих ділянки газоочистки становить, чол.:

$$Q_{сн} = Q_{ум} \cdot K_{сн}.$$

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

Приймаємо $Q_{сн} = 5$ чоловік.

Отже, в проектному варіанті в одну зміну працює один оператор ГОУ.

Результати розрахунків зводимо в таблицю 5.4.

Таблиця 5.4 – Штатний розклад робочих ділянки газоочистки

Професія	Розряд	Годинна тарифна ставка, грн./год.	Графік роботи	Тривалість зміни, год.	Розстановочний штат, чол.				Резервний склад, чол.	Списочний склад, чол.	
					Бригади						Усього
					1	2	3	4			
Оператор ГОУ	10	15,96	Безперервний	8	1	1	1	1	4	1	5

Плановий фонд оплати праці $\Phi ОП_{пл}$ на рік становить 738521,08 грн./рік, у тому числі фонд основної заробітної плати дорівнює 416361,60 грн., а додаткової – 322159,48.

Єдина ставка нарахування єдиного соціального внеску (ЄСВ) дорівнює 22% від нарахованого доходу. База для нарахування ЄСВ складається з усіх видів заробітної плати, допомоги з тимчасової непрацездатності та по вагітності та пологах. Розмір максимальної величини бази нарахування єдиного внеску дорівнює 25 розмірам прожиткового мінімуму для працездатних осіб, встановленого законом, та станом на 01.01.2017 року дорівнює 40000,00 грн.

$$ЄСВ = \Phi ОП_{пл} \cdot 0,22 = 738521,08 \cdot 0,22 = 162474,64 \text{ грн./рік.}$$

5.4 Розрахунок капітальних витрат на очищення газу

Величина необхідних вкладень в основні фонди визначається методом прямого розрахунку окремих елементів вкладень.

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

- будівництво будівель і споруд;
- технологічне та енергетичне обладнання;
- підйомно-транспортне обладнання;
- системи контролю та автоматики;
- інші капітальні вкладення.

Вартість основного устаткування занесена до табл. 3.5.

Вартість основного устаткування Сосн.у. газоочисної системи складе:

$C_{\text{осн.у.}} = 21\,200\,000 + 3\,240\,000 + 960\,000 + 703\,200 + 46\,000 + 245\,500 = 26\,348\,700$ грн.

Вартість контрольно-вимірювальних приладів складе 25% від вартості газоочисного устаткування:

$$C_{\text{КВП}} = 0,25 \cdot C_{\text{осн.у.}}, \quad (5.13)$$

$C_{\text{КВП}} = 0,25 \cdot 26\,348\,700 = 6\,587\,175$ грн.

Вартість основного устаткування Сосн.у.с. з урахуванням вартості димової труби складе:

$C_{\text{осн.у.с.}} = 26\,348\,700 + 460\,000 = 26\,808\,700$ грн.

Загальна вартість устаткування Су. складе:

$C_{\text{у.}} = 26\,808\,700 + 460\,000 + 6\,587\,175 = 33\,855\,875$ грн

Таблиця 5.5 - Капітальні вкладення в газоочисні установки

№ п/ п	Показники	Проектний варіант		
		Кількість, шт.	Ціна за од., грн.	Сума, тис. грн.
1	Електрофільтр ЕГА 2-88-12-6-3-330-5А	2	10600000	21200
	Агрегати живлення АТФ-1600	12	270000	3240
	Димотяг ВДН-32Б без електродвигуна	4	240000	960
	Електродвигун ДА302 16-18	4	175800	703,2
	Устаткування ділянки утилізації вловленого пилу			245,5
Вартість основного устаткування				26348,7
	Димова труба з/б	1	460000	460
Вартість основного устаткування та споруд				26808,7
	Газоходи			460
	КВП			6587,175
РАЗОМ				33855,875
2	Вартість монтажу обладнання			10 018,763
	Вартість монтажу комунікацій			69
3	Вартість будівель			540
4	Накладні витрати			6 771,175
Всього капітальних вкладень			тис.грн.	51 254,813
Питомі капітальні вкладення			грн./ 1000м ³	5,262

де $C_{м.у.}$ – вартість встановлення і монтажу устаткування, $C_{м.у.} = 0,3 \cdot (C_{осн.у.с.} + C_{квп})$ грн.;

$C_{м.к.}$ – вартість монтажу комунікацій, $C_{м.к.} = 0,15 \cdot C_{ком.}$, грн.;

$C_{н.}$ – накладні витрати, якщо монтаж здійснюється спеціалізованими організаціями, $C_{н.} = 0,2 \cdot C_{у.}$, грн.;

$$C_{м.у.} = 0,3 \cdot (26\,808\,700 + 6\,587\,175) = 10\,018\,763 \text{ грн.};$$

$$C_{м.к.} = 0,15 \cdot 460\,000 = 69\,000 \text{ грн.};$$

$$C_H = 0,20 \cdot 33\,855\,875 = 6\,771\,175 \text{ грн.};$$

Сзд. – вартість будівель, приймаємо розміри будівлі підстанції для обслуговування електрофільтрів: (10 x 30 x 4) м, за 1 м³ будівлі 450 грн.;

$$C_{зд.} = 450 \cdot 1200 = 540\,000 \text{ грн.}$$

Загальні капітальні вкладення складають:

$$K = 33\,855\,875 + 10\,018\,763 + 69\,000 + 6\,771\,175 = 51\,254\,813 \text{ грн.}$$

Розраховуємо капітальні затрати у вигляді питомих величин, які віднесено до 1000 м³ газу (грн./1000м³).

$$C_K = (C_{ОСН.У.} + C_M + C_H + C_{зд.} + C_{М.К.}) \cdot \frac{1000}{3600 \cdot Q_c \cdot \tau}, \quad (5.14)$$

де Q_c – секундна витрата газів, що очищуються, м³/с, $Q_c = 317 \text{ м}^3/\text{с}$;

τ – ефективний час роботи газоочистки за рік, год.

Результати розрахунків заносимо до табл.5.6.

5.5 Розрахунок експлуатаційних витрат на очищення газу і уловлювання пилу

Річні експлуатаційні витрати на очистку газів, грн./рік

$$C = \sum_{i=1}^n C_i = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7, \quad (5.15)$$

де C_1 – витрати на електроенергію, грн.;

C_2 – витрати на основні та допоміжні матеріали, грн.;

C_3 – амортизаційні відрахування від основного та ремонтного фондів, грн.;

C_4 – основна і додаткова зарплата виробничих робітників, грн.;

C_5 – єдиний соціальний внесок, 22% від вартості основних фондів, грн.;

C_6 – витрати на поточний ремонт та утримання основних фондів, грн.;

C_7 – загально виробничі витрати, грн.

Енергетичні витрати:

$$C_1 = r \cdot l \cdot N \cdot \tau, \quad (5.16)$$

де r – вартість електроенергії, для промислових підприємств, у звичайні години $r = 1,696$ грн./кВт·год., у годину пік $r = 3,397$ грн./кВт·год. ;

l – коефіцієнт, що враховує утримання обслуговуючого персоналу, приймаємо $l=1,1$;

N – сумарна потужність електродвигунів до димососів та агрегатам живлення, кВт, $N = 2549,6$ кВт·год.

$$C_1 = (1,696 \cdot 0,75 + 3,397 \cdot 0,25) \cdot 1,1 \cdot 2549,6 \cdot 8400 = 50686953,11 \text{ грн./рік}$$

Амортизаційні відрахування від основних фондів (C_3) визначається множенням вартості основних фондів на відповідні норми амортизаційних відрахувань:

- для устаткування – 15%;
- для будинку й споруджень - 5%;
- для мереж і комунікацій – 5%;
- для КВП – 25%.

Результати розрахунку заносимо до табл. 3.6.

Витрати на поточний ремонт та утримання основних засобів становлять 15% від амортизаційних відрахувань:

$$Cp.f. = 0,15 \cdot C_{заг}, \quad (5.17)$$

$C_{заг}$ - амортизаційні відрахування від основних фондів, грн

Тоді амортизаційні відрахування будуть складатися:

$$C_3 = C_{заг} + Cp.f. \quad (5.18)$$

Результати розрахунку заносимо до табл. 3.6.

Основна і додаткова зарплата виробничих робітників:

$$C_4 = 536000 \text{ грн.}$$

Загальновиробничі витрати приймаємо в розмірі 30% від суми основної та додаткової заробітної плати основних виробничих робітників:

$$C_7 = 0,30(C_4) = 221556,32 \text{ грн.}$$

Економія від утилізації продуктів, що вловлюються в процесі очищення газу:

$$E_y = Q_{ym} \cdot Ц, \quad (5.19)$$

де Q_{ym} – кількість утилізованого продукту, т/рік;

$Ц$ – ціна відпускна за 1т, $Ц = 94$ грн.

$$E_y = 86409,80 \cdot 94 = 8238558,842 \text{ грн}$$

Уловлений пил повертається у виробництво.

Результати розрахунку заносимо до табл. 3.6.

5.6 Розрахунок зменшення екологічного податку

Суми податку, який справляється за викиди в атмосферне повітря забруднюючих речовин стаціонарними джерелами забруднення ($П_{вс}$), обчислюються виходячи з фактичних обсягів викидів, ставок податку за формулою [ПКУ, ст. 249.3]

$$П_{вс} = \sum_{i=1}^L M_i \cdot H_{ni}, \quad (5.20)$$

де M_i – фактичний обсяг викиду i -тої забруднюючої речовини в тоннах, т;

H_{ni} – ставки податку в поточному році за тонну i -тої забруднюючої речовини у гривнях з копійками, грн./т.

Проектна система очистки газів дозволяє зменшити фактичний обсяг викиду пилу за рік на 97 382,492 т.

Пил агломераційно-доменного виробництва має орієнтовно безпечний рівень впливу (ОБРВ) $0,15 \text{ мг/м}^3$. Ставка податку для такого пилу $83,07 \text{ грн./т}$ [ПКУ, ст. 243.3]. Отже сума екологічного податку зменшиться на суму

$$P_{ec} = 97\,382,492 \cdot 83,07 = 8\,089\,563,61 \text{ грн./рік.}$$

Уловлений пил повертається в виробництво, що дозволяє зменшити для підприємства екологічний податок за розміщення відходів.

Таблиця 5.6 - Експлуатаційні витрати на очищення газу

№	Найменування	Один. виміру	Цена, грн		Проектний варіант	
					Величина витрат, грн/1000м ³	Витрати за год
1	2	3	4	5	6	7
1	Електроенергія	кВт·год	1.696	3.397	5.20337	50686953.11
2	Амортизаційні відрахування	грн			0.58228	5672098.75
3	ЗП основний робочих					
	- основна	грн			0.04274	416361.60
	- додаткова	грн			0.03307	322159.48
4	Єдиний соціальний внесок	грн			0.01668	162474.64
5	Витрати на ремонт та отримання обор.	грн			0.08734	850814.81
6	Загальновиробничі витрати	грн			0.02274	221556.32
7	Загальні витрати на очистку	грн			5.98823	58332418.71
8	Економія від утилізації			94		8238558.842
9	Зменшення екологічного налогу					
	- викиди від стаціонарних джерел		83.07			8089563.610
					4.27	41566075.050

5.7 Техніко-економічне обґрунтування рішень, які прийняті у проекті

Термін окупності капітальних вкладень дорівнює:

$$T_{ок} = \frac{K}{E_y} = \frac{51254813}{8238558,4} = 6,22 \text{ років}$$

Термін окупності капітальних вкладень з урахуванням еконалогу:

$$T_{ок} = \frac{K}{E_y + \Delta\Pi} = \frac{51254813}{8238558,4 + 8527784,82} = 3,06 \text{ років}$$

Коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень складає

$$E_{np} = \frac{1}{T_{ок}} = \frac{E_y}{K} = 0,161 \text{ грн}/(\text{рік}\cdot\text{грн})$$

Коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень з урахуванням еконалогу:

$$E_{np} = \frac{1}{T_{ок}} = 0,327 \text{ грн}/(\text{рік}\cdot\text{грн})$$

Нормативний термін окупності $T_n = 6,67$ років, а нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень $E_n = 0,15$. У проектному варіанті $T_{ок} < T_n$, а $E_{np} > E_n$. Отже запропонована схема очистки газів з утилізацією вловленого пилю економічно доцільна.

Результати розрахунків заносимо до табл. 5.7.

Таблиця 5.7 – Основні техніко-економічні показники запроектованої установки

№	Найменування	Один. виміру	Величина
1.	Річна продуктивність газоочисної установки, П	млн. м ³	9603,97
2.	Технічна норма продуктивності, N	м ³ /год	1143330
3.	Початкова запиленість, Z ₁	г/м ³	10,00
4.	Кінцева запиленість, Z ₂	г/м ³	0,003
5.	Кількість вловленого пилю, Q	т	96010,89
6.	Кількість утилізованої пилю, Q _{ут}	т	86409,80
7.	Капітальні вкладення	грн	51254813
8.	Електроенергія	грн.	50686,953
9.	ЗП основний робочих		
	- основна	грн.	416361.60
	- додаткова	грн.	322159.48
10.	Економія від утилізації	грн.	8238558.842

11.	Зменшення екологічного налогу		
	- викиди від стаціонарних джерел	грн.	8089563.610
12.	Загальні експлуатаційні витрати	грн.	41566075.050
13.	Термін окупності капітальних вкладень з урахуванням еконалогу	рік	3,06
14.	Коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень з урахуванням еконалогу	грн./(грн·рік)	0,327

ВИСНОВКИ

1. Визначені основні фізико-хімічні характеристики пилегазових викидів під час виготовлення агломерату.

2. Проаналізовані існуючі способи очищення аспіраційних викидів хвостової частини агломераційної машини. Обґрунтовано вибір високоефективної схеми очистки з використанням сухого пластинчастого електрофільтру.

3. Встановлено, що запроєктована схема очистки, що містить два електрофільтра типу ЕГА 2-88-12-6-3, чотири димососи типу ВДН-32Б, димову трубу висотою 120 м, забезпечує ефективність уловлення пилу з газу на рівні 99,97%.

4. Розроблена схема та підібране основне устаткування для утилізації уловленого пилу з поверненням його у агломераційне виробництво. Встановлено, що кількість пилу, який утилізують, складає 86409,80 т/ рік.

5. В результаті розрахунку техніко-економічних показників визначено, що річна економія від утилізації уловленого пилу становитиме 8238558.842 грн/ рік.

6. Встановлено, що проектна система очистки газів дозволяє зменшити фактичний обсяг викиду пилу за рік на 97 382,492 т та скоротити суму податку, який справляється за викиди в атмосферне повітря забруднюючих речовин стаціонарними джерелами забруднення на 8 089 563,61 грн./рік.

7. Встановлено, що термін окупності капітальних вкладень запропонованої системи очистки з урахуванням екологічного стану становить 3,06 роки при коефіцієнті економічної ефективності капітальних вкладень 0,327 грн/рік·грн.

8. Проведено аналіз шкідливих і небезпечних факторів технологічного процесу, які можуть виникнути при роботі агломераційного цеху, розроблені та розраховані заходи з охорони праці для забезпечення безпечної роботи працівників цеху.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ВИКОРИСТАННЯ

1. Старк, С.Б. Газоочистные аппараты и установки в металлургическом производстве: учебник для вузов. Москва: Металлургия, 1990. 396 с.
2. Предварительная очистка агломерационных газов путем установки в габаритах коллектора инерционного аппарата VAV. *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2016, № 6. С.106-110.
3. Балашов А.М. Возможные направления повышения эффективности современных электрофильтров. Ростовский научный журнал. 2017. № 8. С. 99-108.
4. Санев Ю.И. Обеспыливание газов электрофильтрами: монография. Семибратово: «КОНДОР-ЕКО», 2009. 163 с.
5. Фаррахова А.Т. Снижение вторичного уноса в электрофильтре установки регенерации отработанной серной кислоты. Электронный журнал «Нефтегазовое дело». 2017. №4. С.180-193.
6. Обзор методов расчета электрофильтров: веб-сайт. URL: http://www.gazoochistca.ru/main/5_5.htm] (дата звернення: 01.12.2018).
7. Новые установки электрогазоочистки экологического холдинга: веб-сайт. URL: http://www.kondor-eco.ru/main/innov_02.htm (дата звернення 01.12.2018).
8. Системы газоочистки: веб-сайт. URL: <http://www.oos-stroymash.ru/cyclone.php> (дата звернення 10.11.18).
9. Современное состояние и перспективы развития инерционного газоочистного оборудования. Новые подходы к проектированию аппаратов: веб-сайт. URL: http://kondor-eco.com/download/doklad_5.pdf (дата звернення 10.11.18).
10. Сборник научных трудов: веб-сайт. URL: <http://www.eco-oos.ru/biblio/sborniki-nauchnyh-trudov//04/> (дата звернення 10.11.18).
11. Павлюк Ю.С. Повітродувні та насосні станції: Методичні вказівки до розрахунково-графічної роботи для студ. ЗДІА спец. 7.090401 спец. "Екологіч.

аудит та охорона навколиш. середовища" всіх форм навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2007. 30 с.

12. Ерозія: Переклад з англ./ Під ред. К. Прис.- М.: Мир, 1982.-464с..

13. Циклон-фільтри для очищення повітря: веб-сайт. URL: <http://www.analitpribor.com.-21.02.2006> (дата звернення 10.11.18).

14. Гузаев В.А. Технические решения по повышению эффективности и надёжности электрофильтров ФИНГО. Межотраслевой научно-практический журнал «ПЫЛЕГАЗООЧИСТКА» . 2011. №2. С.8-10.

15. Рукавный фильтр: веб-сайт. URL: <http://www.findpatent.ru/patent/223/2233697.html> (дата звернення 25.11.18).

16. Воскобойников, В.Г. Общая металлургия : учебник для вузов. Москва: Академкнига, 2005. 767 с.

17. Коротич, В.И. Начала металлургии: учебник для вузов . Екатеринбург: УГТУ, 2000. 392 с.

18. Жилкин, В.П. Производство агломерата: Технология. Оборудование. Автоматизация. Екатеринбург: Марат, 2004. 290 с.

19. Бойченко, Б.М. Конвертерне виробництво сталі: теорія, технологія, якість сталі, конструкція агрегатів, рециркуляція матеріалів і екологія: підручник для ВНЗ. НМАУ. - Дн-вськ : Дніпро-ВАЛ, 2004. 453 с.

20. Коротич, В.И. Агломерация рудных материалов: Научное издание: Электронная библиотека. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2003. 400 с.

21. Фастовский, М.Х. Механическое и транспортное оборудование агломерационных фабрик: учебник для техникумов. Москва: Металлургия, 1983. 262 с.

22. Якушев, А.М. Проектирование сталеплавильных и доменных цехов: учебник для вузов. Москва: Металлургия, 1984. 215 с.

23. Лапін, В.М. Основи охорони праці: навч. посібник для ВНЗ. Львів: ЛБІ НБУ, 2004. 142 с.

24. Жидецький, В.Ц. Основи охорони праці : +CD-ROM : підручник для ВНЗ: [затв. М-вом освіти і науки, молоді та спорту України]. Київ: Знання, 2010. 373 с.

25. Геврик, Є.О. Охорона праці: навч. посібник для вчз: [рек. М-вом освіти і науки України]. Київ: Ельга, Ніка-Центр, 2004. 279 с.
26. Охорона праці в Україні: Нормативна база / упоряд. О. М. Роїна. - 6-те вид., випр. і доп. Київ: КНТ, 2010. 528 с.
27. Семёнов, Г.А. Экономика предприятия: учеб. пособие для вузов. Запорожье: ЗГИА, 1998. 104 с.
28. Гребеник, В. М. Расчет металлургических машин и механизмов: учеб. пособие для вузов. Киев: Вища школа, 1988. 447 с.
29. Корж, А.Т. Особенности технологии подсушки шламов известью. Чёрная металлургия: Бюл. ЦНИИЧермет. 1971. № 5. С. 49-50.
30. Тимонин, А.С. Инженерно-экологический справочник. Т. 3: в качестве учеб. пособия. Моск. гос. ун-т инж. экологии. - Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2003. 1020 с.
31. Рысин, С.А. Вентиляционные установки машиностроительных заводов: Справочник. Москва: Машгиз, 1961. 704 с.
32. Идельчик, И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям: справочник. Москва: Машиностроение, 1975. 599 с.
33. Идельчик, А.Е. Аэрогидродинамика технологических аппаратов: (Подвод, отвод, и распределение потока по сечению аппаратов): в качестве учебника: Машиностроение, 1983. - 351 с.
34. Податковий Кодекс України: Закон України № 2755-VI від 02.12.2010 (Редакція станом на 01.01.2017): веб-сайт. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2755-17/paran8575#n8575> (дата звернення 01.12.2018).
35. Законодавство України про працю. У 3 кн. Кн. 3. Зб.нормат.актів: Охорона праці. Трудова дисципліна. Матеріальна відповідальність сторін трудового договору. Особливості регулювання праці деяких категорій працівників. Трудові спори. Нагляд і контроль за дотриманням законодавства про працю: Станом на : зб. норматив. актів / сост. В. М. Вакуленко. - К. : Істина, 1999. - 704 с. 24.

36. Кожемякін Г.Б. Теоретичні основи та техніка захисту повітряного басейну: метод. вказівки до виконання курсового проекту та лабораторних робіт для студ. ЗДІА напряму 6.040106 "Екологія, охорона навкол. середовища та збалансоване природокористування". Запоріжжя : ЗДІА, 2011. 115 с.

37. Державні санітарні норми. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень/ М-во охорони здоров'я України. Головне сан.-епідем. упр, офіційне видання. Київ, 1999. 15 с.

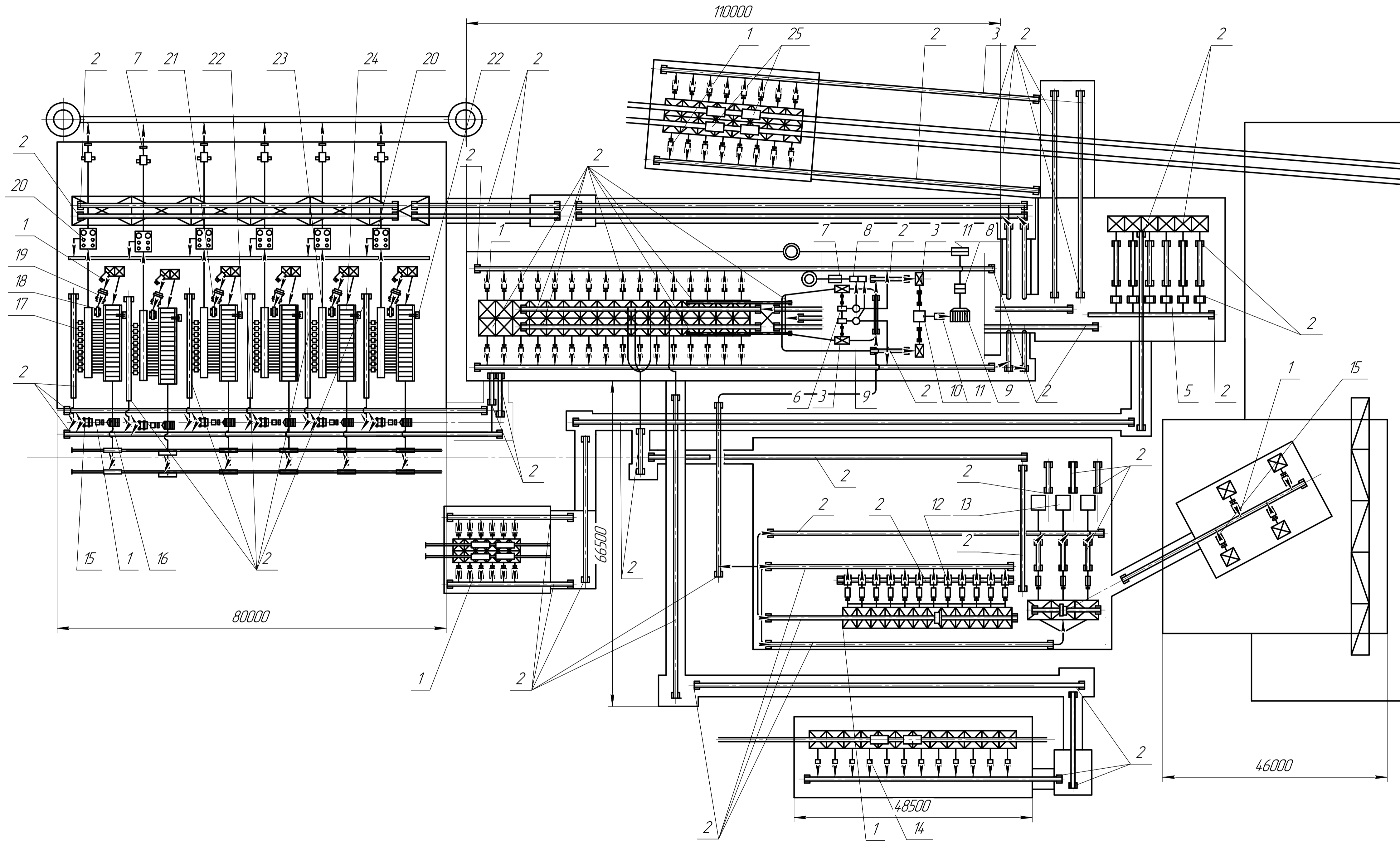
38. Державні будівельні норми України. ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення / Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, офіційне видання. Київ, 2006. 81 с.

39. Беренда Н.В., Троїцька О.О, Манідіна Є.А. Техніко-економічне обґрунтування проектних рішень: навч.-метод. посібник для студ. ЗДІА спец. 183 "Технології захисту навколишнього середовища", 263 "Цивільна безпека" всіх форм навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 196 с.

40. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты пылеочистки. Учебное пособие. Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2005. 210с.

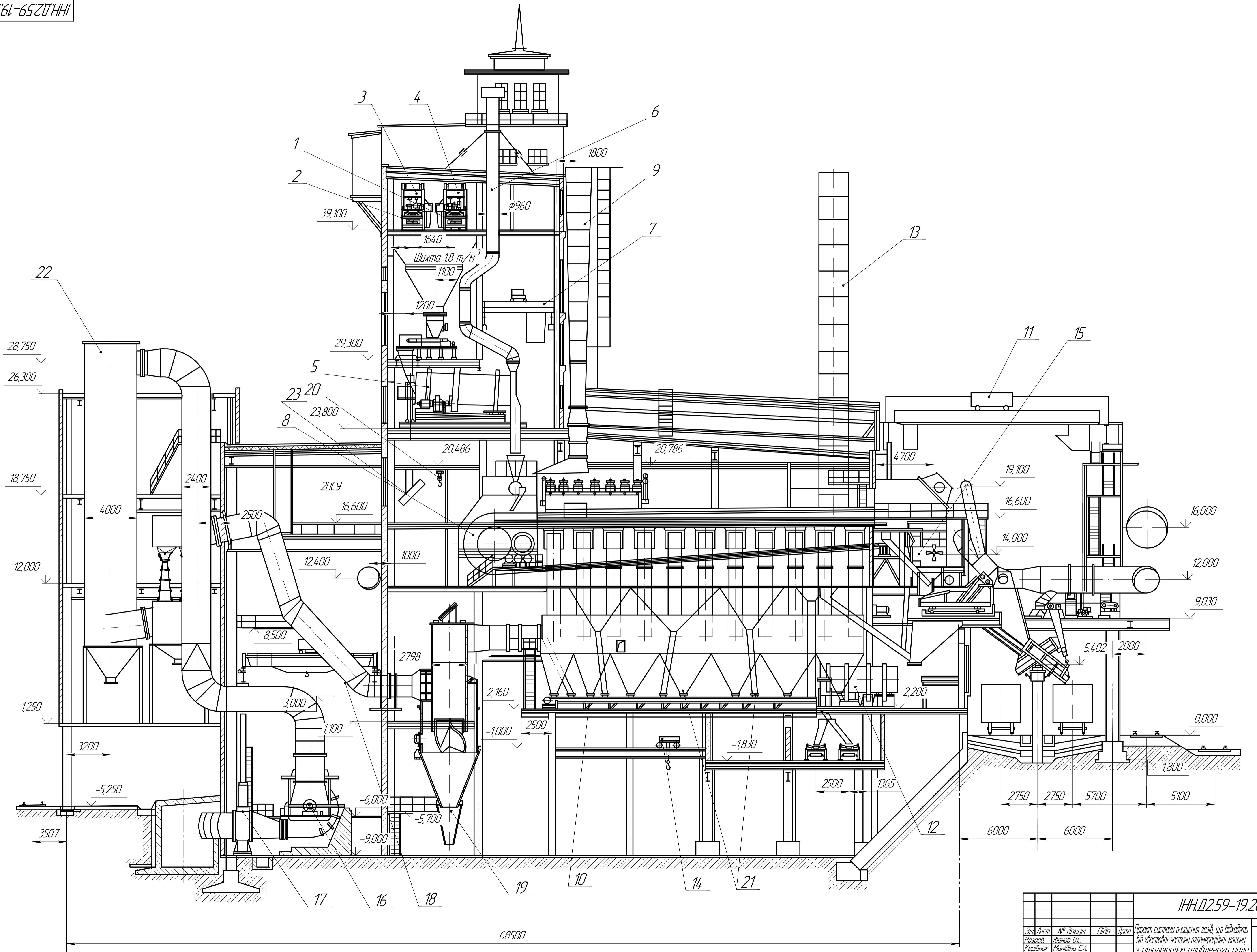
41. Гордон Г.М., Пейсахов И.Л. Контроль пылеулавливающих установок. Москва: Металлургия, 1973. 384 с.

42. Денисов С.И. Улавливание и утилизация пылей и газов: учеб. пособие для вузов. Москва: Металлургия, 1991. 320 с.

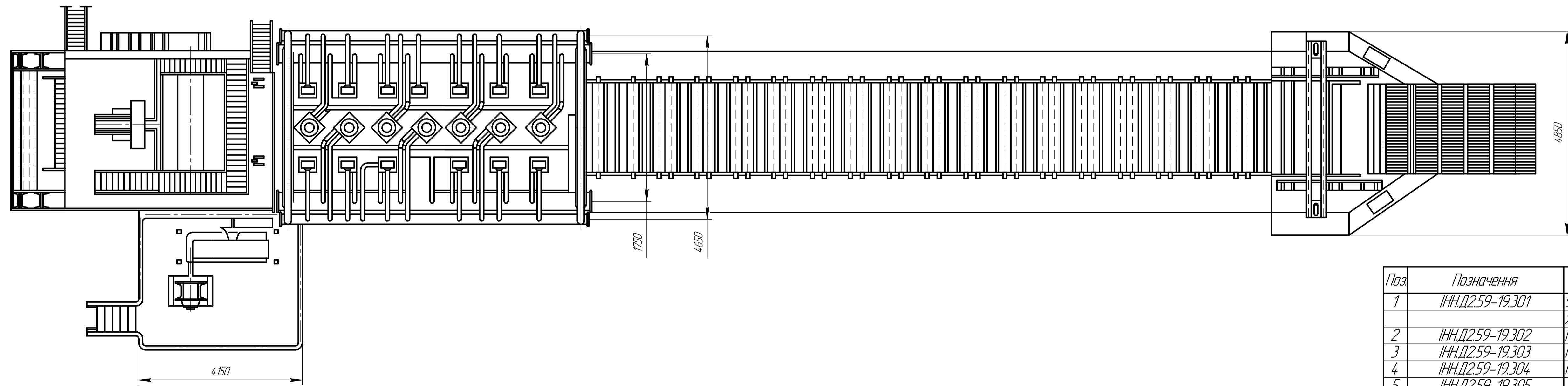
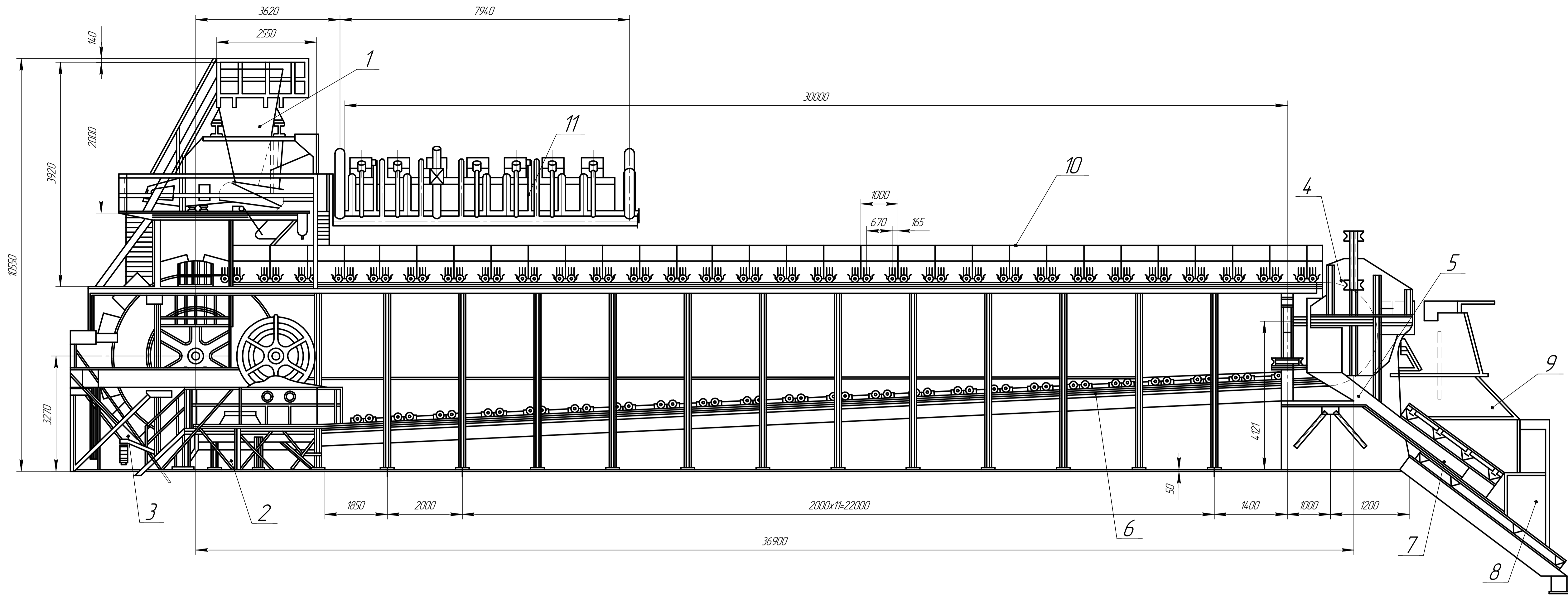


Поз.	Позачення	Найменування	Кіл	Примітка
1	ІНН.Д.2.59-19.101	Живильник електровібраційний	7	
2	ІНН.Д.2.59-19.102	Кондеєр стрічковий	61	
3	ІНН.Д.2.59-19.103	Питатель стрічковий	31	
4	ІНН.Д.2.59-19.104	Дробарка інерційна	1	
5	ІНН.Д.2.59-19.105	Дробарка 4-х валкова	5	
6	ІНН.Д.2.59-19.106	Шнековий змішувач	2	
7	ІНН.Д.2.59-19.107	Екстаустер	2	
8	ІНН.Д.2.59-19.108	Мультициклон	2	
9	ІНН.Д.2.59-19.109	Машина для вапняка	3	
10	ІНН.Д.2.59-19.110	Елеватор	1	
11	ІНН.Д.2.59-19.111	Шнековий змішувач	3	
12	ІНН.Д.2.59-19.112	Грохот	12	
13	ІНН.Д.2.59-19.113	Дробарка молоткова	1	
14	ІНН.Д.2.59-19.114	Живильник тарільчатий	1	
15	ІНН.Д.2.59-19.115	Гуркот стаціонарний	6	
16	ІНН.Д.2.59-19.116	Гуркот конусний пиловий	48	
17	ІНН.Д.2.59-19.117	Живильник барабанний	4	
18	ІНН.Д.2.59-19.118	Змішувач барабанний	6	
19	ІНН.Д.2.59-19.119	Газочистка	6	
20	ІНН.Д.2.59-19.120	Засувка газова	6	
21	ІНН.Д.2.59-19.121	Горн запальний	2	
22	ІНН.Д.2.59-19.122	Колектор газовий	6	
23	ІНН.Д.2.59-19.123	Агломерційна стрічка	6	
24	ІНН.Д.2.59-19.124	Горн запальний	4	
25	ІНН.Д.2.59-19.125	Трансферкар	4	
26	ІНН.Д.2.59-19.126	Залізничний шлях	1	

ІНН.Д.2.59-19.100.3В				Лит	Маса	Маштаб
Зм. Лист	№ док.м.	Підп.	Дата	Проект системи очищення газів, що відходять від хвостової частини агломерційної машини з утилізацією уловленого пилу	Н	Лист 1 / Листів
Розроб.	Майдан О.С.					
Керівник	Майдан Е.А.					
Консил.	Майдан Е.А.					
Нхонтр.	Рижков В.Г.			План		МОНУ, ІНН ЗНУ
Затв.	Коженьков Г.В.			агломерційного цеха		



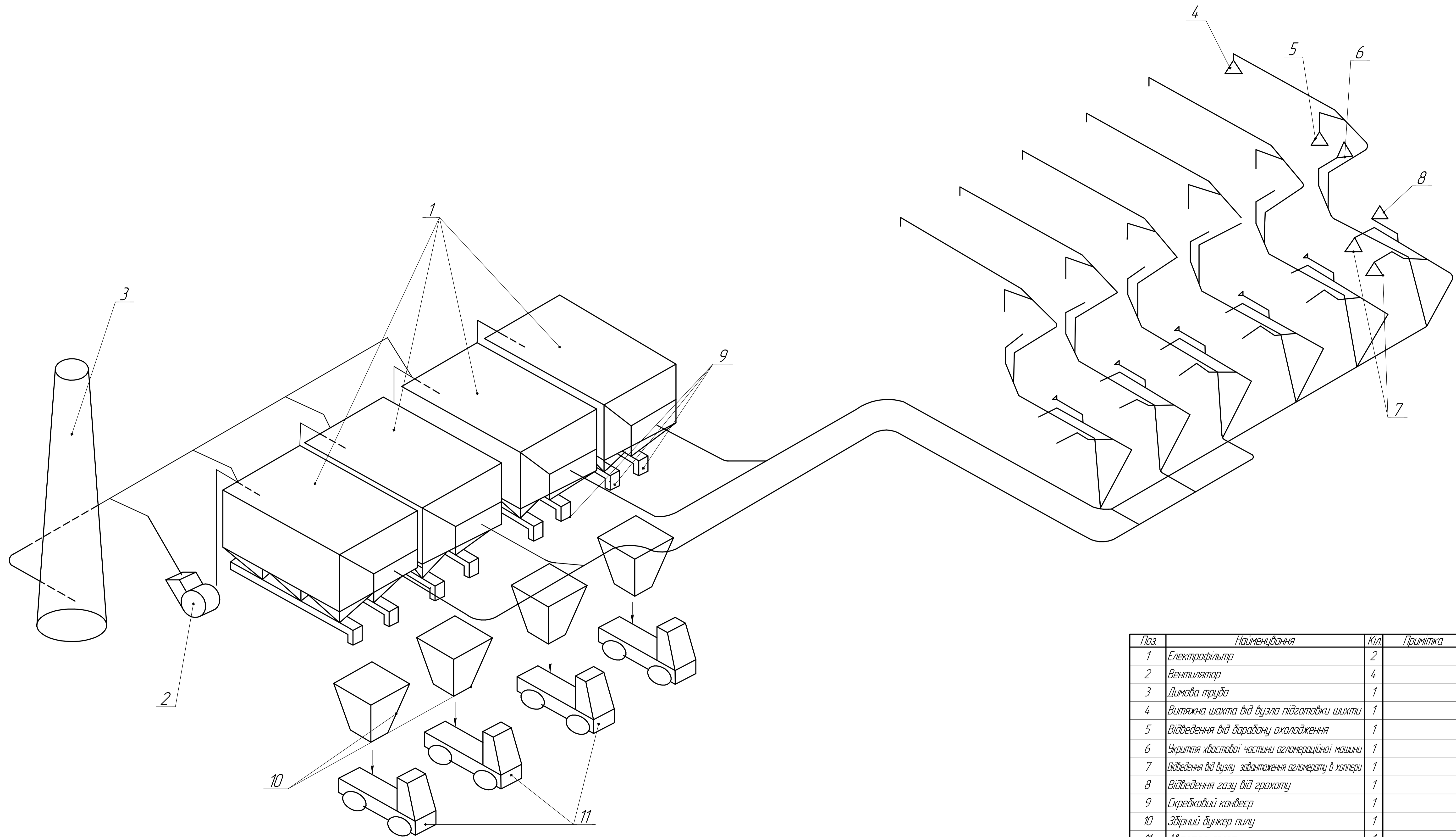
ИИ.Д.2.59-19.200.3В				Лит			Маса			Маштаб		
Экз. Лист	№ док.м.	Підп.	Дата	Проект системи очищення газів, що відходять від хвостової частини агломераційної машини з утилізацією уловленого пилу						Н		
Розроб.	Коробко А.С.			Розріз агломераційного цеха						Лист 2 з 2		
Керівник	Маміна Е.А.									МОНУ, ІИ ЗНУ		
Консил.	Маміна Е.А.			каф. ПЕОП, гр. 8.1839								
Начальн.	Рижков В.Г.											
Затв.	Коженьков Г.В.											



Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
1	ІН.Д.2.59-19.301	Устаткування електродвигачного живильника шихти	1	
2	ІН.Д.2.59-19.302	Головна частина	1	
3	ІН.Д.2.59-19.303	Пристрій захисного кожуху	1	
4	ІН.Д.2.59-19.304	Розвантажувальна частина	1	
5	ІН.Д.2.59-19.305	Тічка для просипу	1	
6	ІН.Д.2.59-19.306	Решка хвостової частини	1	КР-70
7	ІН.Д.2.59-19.307	Пристрій нахилених листів	1	
8	ІН.Д.2.59-19.308	Устаткування дармаю	1	
9	ІН.Д.2.59-19.309	Відсічне приладдя	1	
10	ІН.Д.2.59-19.310	Борти палети	10	
11	ІН.Д.2.59-19.311	Підвижені газовий горн	1	
12	ІН.Д.2.59-19.312	Укриття агламашини	1	

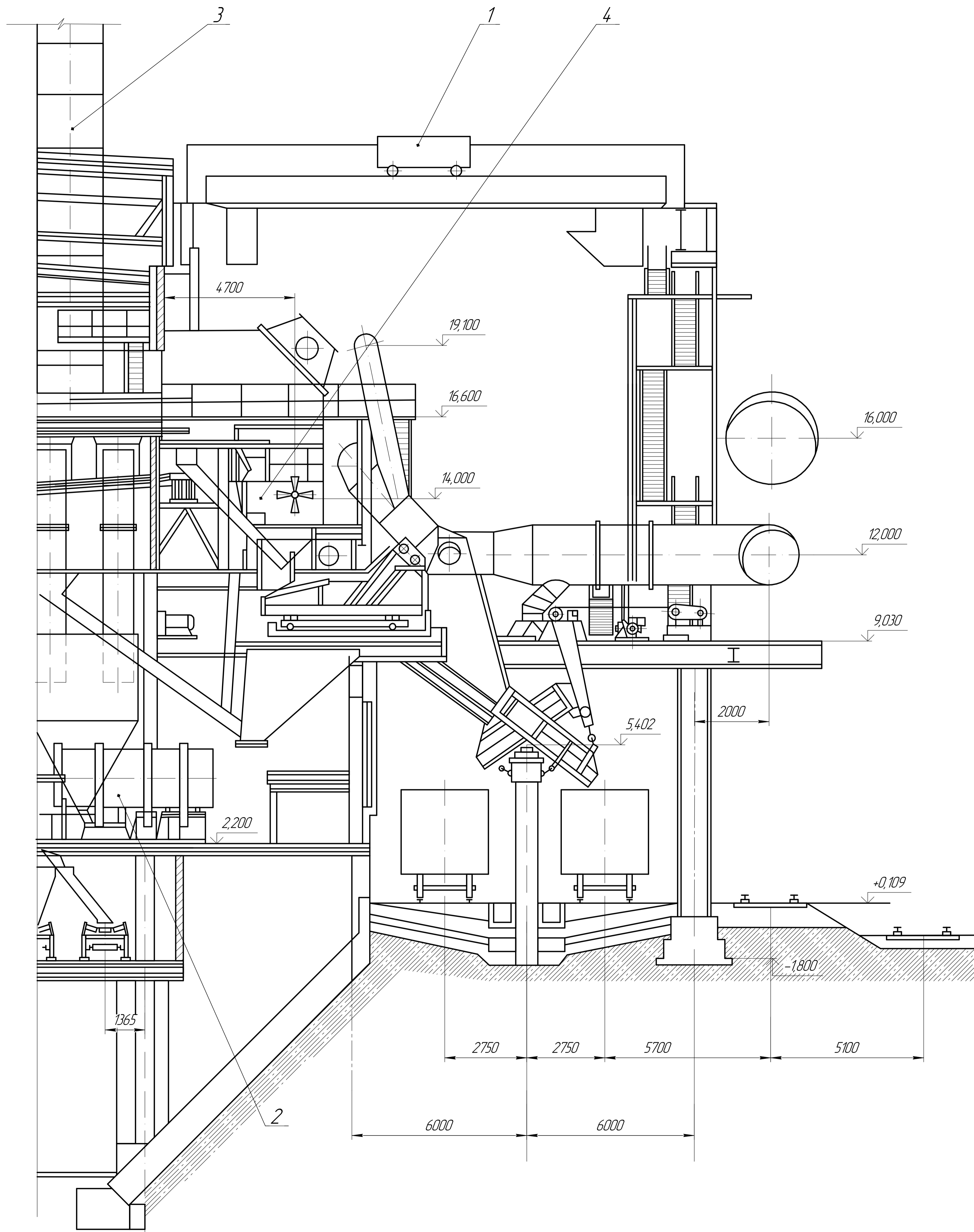
				ІН.Д.2.59-19.300.3В		
Зм.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Проект системи очищення газів, що відходять від хвостової частини агламерационної машини з утилізацією уловленого пилу	Лист 3 з 3
Розроб.	Мандіна Е.А.					Масштаб 1:75
Керівник	Мандіна Е.А.					
Консульт.	Мандіна Е.А.					
Начальник	Рижков В.Г.					МОНУ, ІНН ЗНУ
Затв.	Коженьков Г.В.					каф. ПЕОП, гр. 8.1839
Агломерационна машина						Формат А1

Лист № 3 з 3
Лист № 1 з 1
Лист № 2 з 2
Лист № 4 з 4
Лист № 5 з 5
Лист № 6 з 6
Лист № 7 з 7
Лист № 8 з 8
Лист № 9 з 9
Лист № 10 з 10
Лист № 11 з 11
Лист № 12 з 12

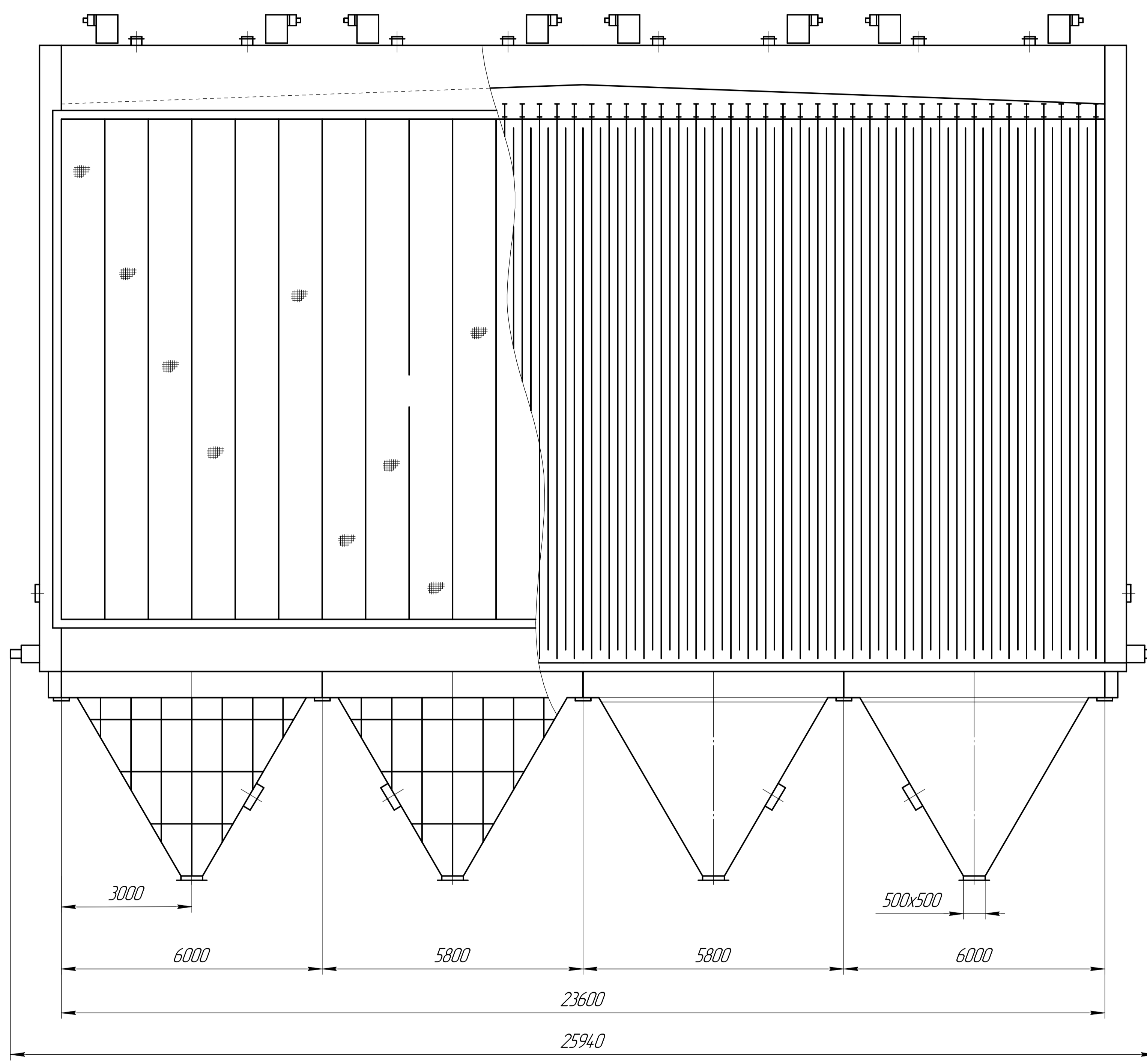
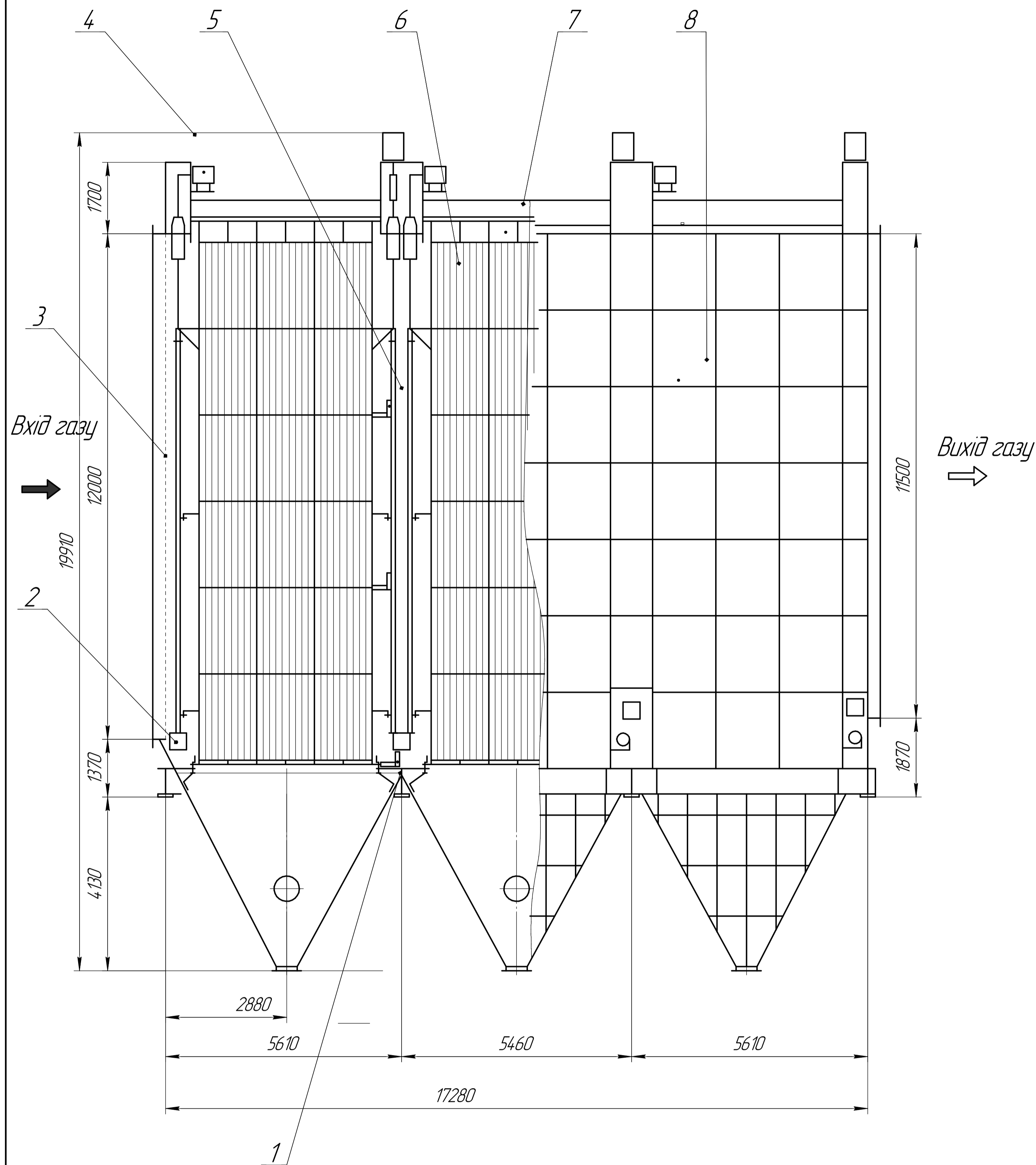


Поз.	Найменування	Кіл.	Примітка
1	Електрофільтр	2	
2	Вентилятор	4	
3	Димова труба	1	
4	Витяжна шахта від вузла підготовки шихти	1	
5	Відведення від барабану охолодження	1	
6	Укриття хвостової частини агломераційної машини	1	
7	Відведення від вузлу завантаження агломерату в хоппери	1	
8	Відведення газу від грохоту	1	
9	Скребковий конвеєр	1	
10	Збірний бункер пилу	1	
11	Автотранспорт	1	

				ІНН.Д2.59-19.400 СХ				
Зм.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Проект системи очищення газів, що відходять від хвостової частини агломераційної машини з утилізацією уловленого пилу	Лист	Маса	Маштаб
Розроб.	Мандіна Е.А.					4		
Керівник	Мандіна Е.А.							
Консульт.	Мандіна Е.А.							
Начальник	Рижков В.Г.				Схема очищення аспіраційних газів			
Затв.	Коженьков Г.Б.							

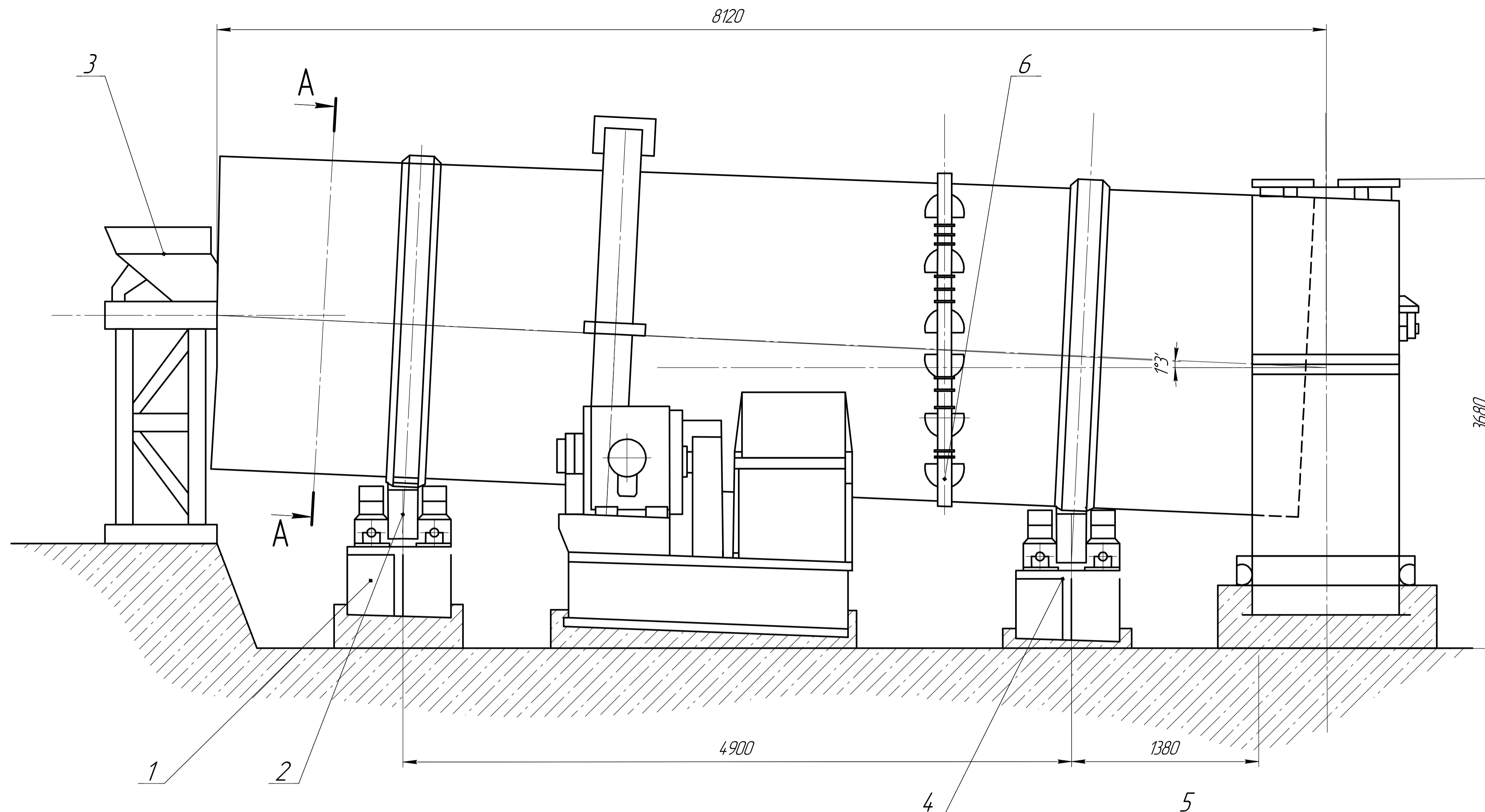


Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
1	ИИ.Д2.59-19.501	Конвеєр смуговий № 40б	1	
2	ИИ.Д2.59-19.502	Установка доробки охолодження	1	
3	ИИ.Д2.59-19.503	Витяжна труба від охолодження повороту	1	
4	ИИ.Д2.59-19.504	Вузол подрібнення агломерату	1	
ИИ.Д2.59-19.500 СХ				
Зм.	Лист	№ док.	Підп.	Дата
Розроб.	Мандіна Е.А.			
Керівник	Мандіна Е.А.			
Консульт.	Мандіна Е.А.			
Начальник	Рижков В.Г.			
Затв.	Коженьков Г.В.			
Проект системи очищення газів, що відходять від хвостової частини агломераційної машини з утилізацією уловленого пилу				
Лист 5 з 11 листів				
Система відведення газів від хвостової частини агломераційної машини				
МОУЧ, ІНН ЗНУ каф. ПЕОП, гр. 8.1839				

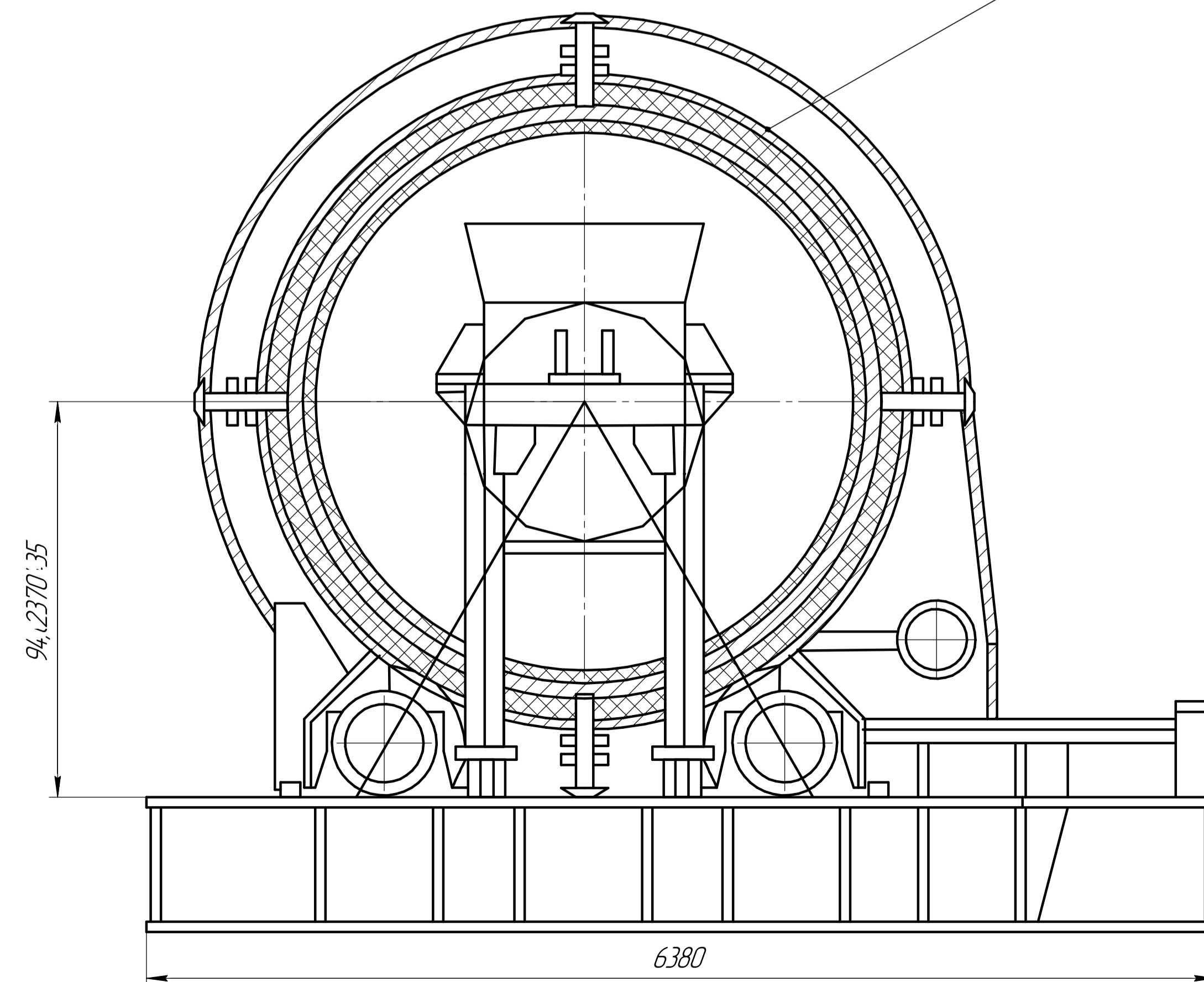


Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
1	ІНН.Д2.59-19.601	Механізм зстригання електродів	1	ЕГА2-88-12-6-3
2	ІНН.Д2.59-19.602	Літак для обслуговування	1	
3	ІНН.Д2.59-19.603	Газорозподільна решітка	1	
4	ІНН.Д2.59-19.604	Захисна каретка для подачі струми	1	
5	ІНН.Д2.59-19.605	Механізм зстригання карбонових електродів	1	
6	ІНН.Д2.59-19.606	Коронний електрод	1	

ІНН.Д2.59-19.600 СХ				
Зм. Лист	№ док.м.	Підп.	Дата	Проект системи очищення газів, що відходять від хвостової частини агломераційної машини з утилізацією уловленого пилу
Розроб.	Мандіна Е.А.			
Керівник	Мандіна Е.А.			
Консил.	Мандіна Е.А.			
Начальн. Залю.	Рижков В.Г.			Електрофільтр типу ЕГА
Залю.	Алеханян Г.Б.			
				Лист 6 / Листів
				МОНУ, ІНН ЗНУ каф. ПЕОП, гр. 8.1839



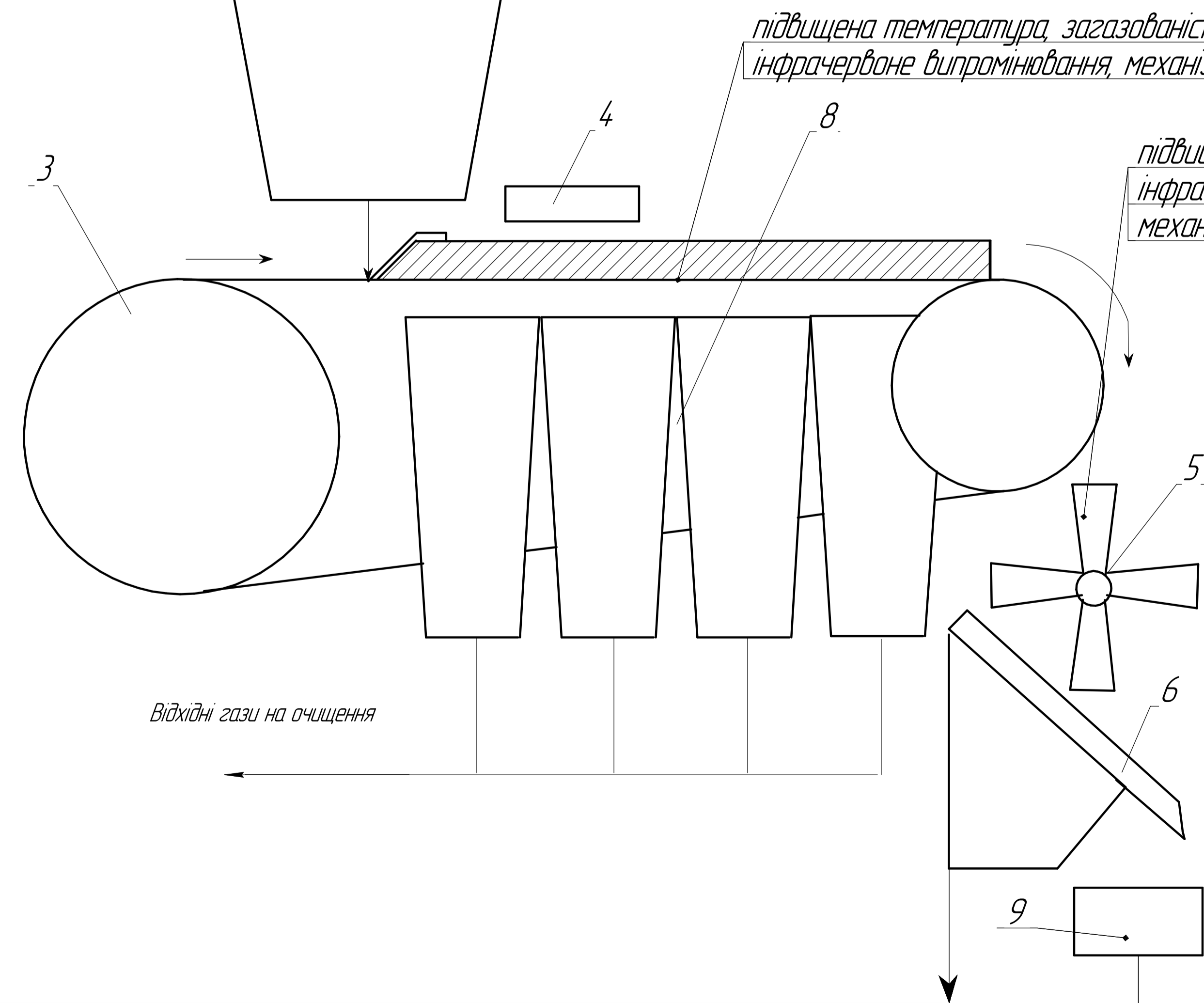
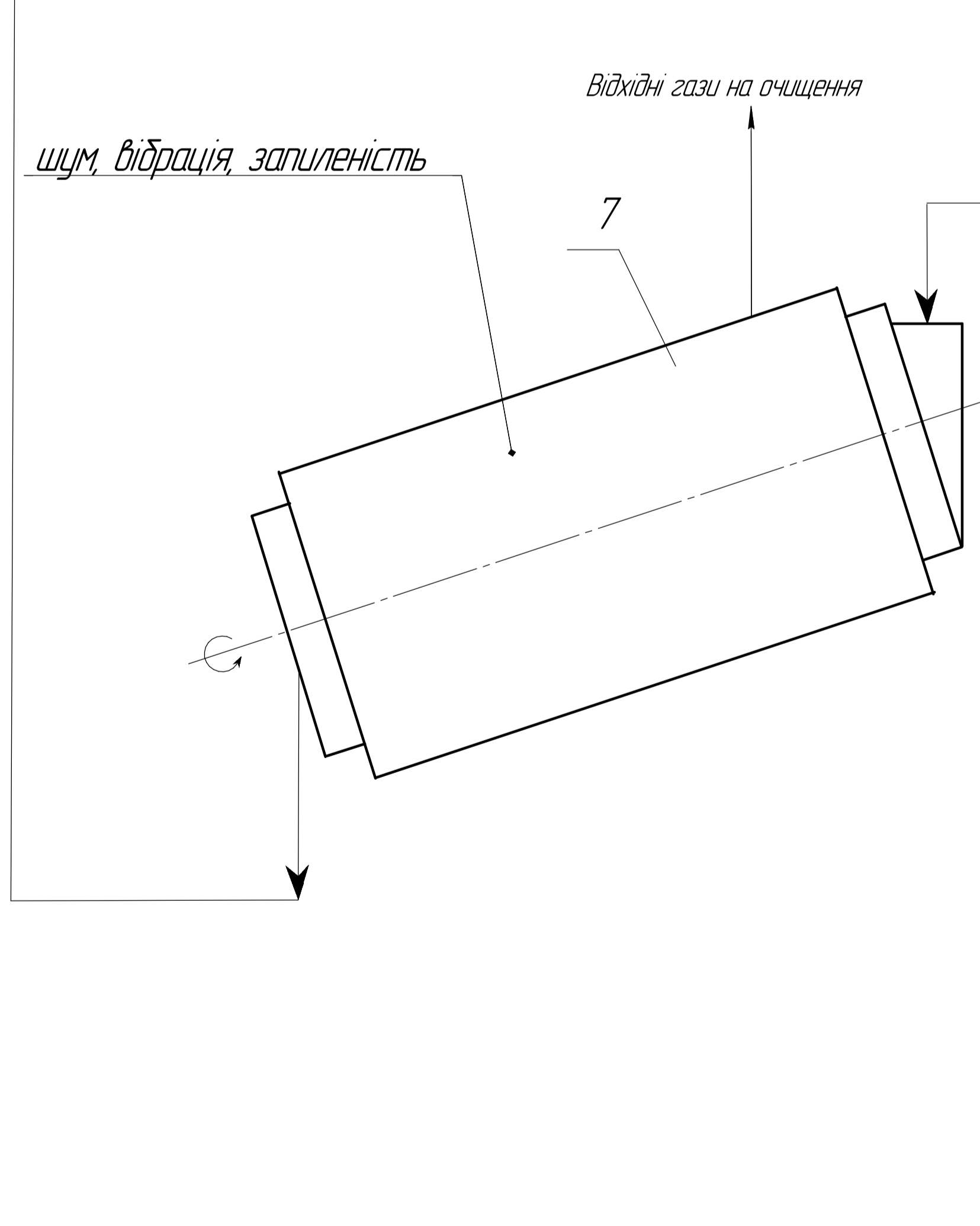
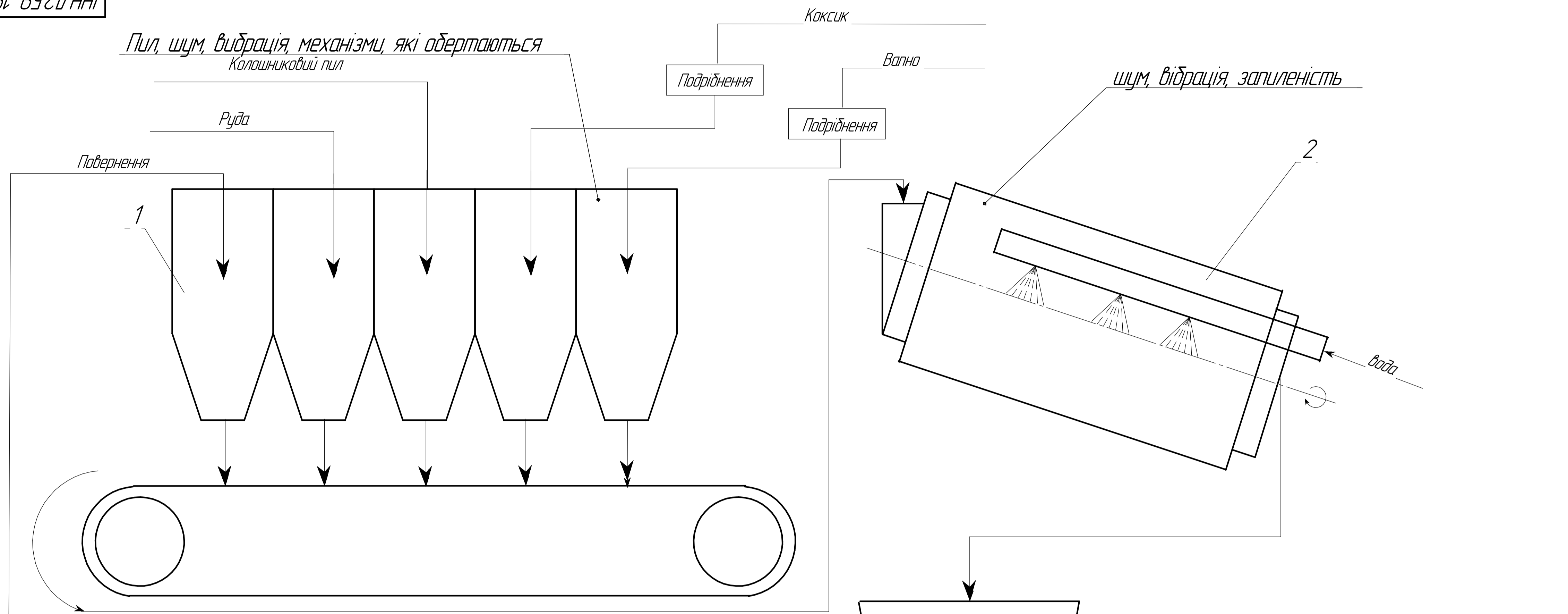
A-A (M 1:15)



Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
1	ІНН.Д2.59-19.701	Металеві бандажі	2	
2	ІНН.Д2.59-19.702	Ролкові апарати	2	
3	ІНН.Д2.59-19.703	Засильний апарат	1	
4	ІНН.Д2.59-19.704	Угарні ролки	2	
5	ІНН.Д2.59-19.705	Барабан	1	
6	ІНН.Д2.59-19.706	Система зрошення	1	176 форсунки

ІНН.Д2.59-19.700.3В

Зміст	№ докум.	Підп.	Дата	Проект системи очищення газів, що відходять від хвостової частини агломераційної машини з утилізацією уловленого пилу	Лист	Маса	Маштаб
Розроб.	Мандіна Е.А.				Н		1:20
Керівник	Мандіна Е.А.				Лист 7		9
Консульт.	Мандіна Е.А.						
Начальник	Рижков В.Г.				МОУЧ, ІНН ЗНУ		
Затв.	Коженьков Г.Б.				каф. ПЕОП, гр. 8.1839		



підвищена температура, загазованість, запиленість, інфрачервоне випромінювання, шум, вібрація, механізми, які обертаються

Поз.	Найменування	Кіл.	Примітка
1	Шихтові бункера	10	
2	Барaban змішувач	2	
3	Агломашина	6	
4	Горн запалювання	6	
5	Аглодрабарка	2	
6	Стационарний грохот	1	
7	Барaban охолодження	2	
8	Вакуумкамери	48	
9	Бункер	10	

ІНН.Д2.59-19.800 ЗВ

Зм. Лист	№ док.м.	Підп.	Дата	Проект системи очищення газів, що відходять від хвостової частини агломераційної машини з утилізацією уловленого пилу	Лист	в	Листів	9
Розроб.	Ковалюк О.С.				МОНУ, ІНН ЗНУ			
Керівник	Мандіна Е.А.				каф. ПЕОП, гр. 8.1839			
Консульт.	Мандіна Е.А.							
Начальник	Рижков В.Г.							
Затв.	Кожечан Г.Б.							

В доменний цех

ОСНОВНІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЗАПРОЕКТОВАНОЇ УСТАНОВКИ

№	НАЙМЕНУВАННЯ	ОДИН. ВИМІРУ	ВЕЛИЧИНА
1.	Річна продуктивність газоочисної установки, П	млн. м ³	9603,97
2.	Технічна норма продуктивності, N	м ³ /год	1143330
3.	Початкова запиленість, Z ₁	г/м ³	10,00
4.	Кінцева запиленість, Z ₂	г/м ³	0,003
5.	Кількість вловленого пилю, Q	т	96010,89
6.	Кількість утилізованої пилю, Q _{ут}	т	86409,80
7.	Капітальні вкладення	грн	51254813
8.	Електроенергія	грн.	50686,953
9.	ЗП основний робочих		
	- основна	грн.	416361.60
	- додаткова	грн.	322159.48
10.	Економія від утилізації	грн.	8238558.842
11.	Зменшення екологічного налогу		
	- викиди від стаціонарних джерел	грн.	8089563.610
12.	Загальні експлуатаційні витрати	грн.	41566075.050
13.	Термін окупності капітальних вкладень з урахуванням еконалогу	рік	3,06
14.	Коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень з урахуванням еконалогу	грн./(грн·рік)	0,327