

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ ІНСТИТУТ

ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

Кафедра прикладної екології та охорони праці  
(повна назва кафедри)

**Кваліфікаційна робота/проект**

другий (магістерський)  
(рівень вищої освіти)

на тему Проект системи сухого очищення технологічних  
газів від агломацій з утилізацією вловленого  
пилу

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

Гівеня О.В.  
(ініціали та прізвище)

Керівник доц. ктн. Манігіна В.А.  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доц. ктн. Рижков В.Р.  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя

2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ ІНСТИТУТ

Факультет будівництва та цивільної інженерії

Кафедра прикладної екології та охорони праці

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

(код та назва)

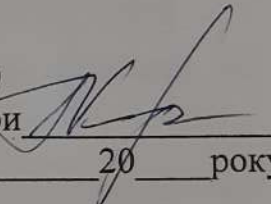
Освітня програма Технології захисту навколишнього середовища

(код та назва)

Спеціалізація \_\_\_\_\_

(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри 

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ/ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Лівию Олександрю Володимирівну

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Проект системи сухого очищення технологічних газів від агломацій з утилізацією вловленої пилу.

керівник роботи Мамігіна Євгенія Анатоліївна

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ року № \_\_\_\_\_

2 Строк подання студентом роботи 28.12.19

3 Вихідні дані до роботи Витрата газу з корисальних умов 190 000 м<sup>3</sup>/год., запыленість газів 6 г/м<sup>3</sup>, температура газів 190 - 210 °С, вміст оксиду сірки (IV) - 0,8 г/м<sup>3</sup>.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Теоретичні аспекти інновацій в галузі технологій захисту навколишнього середовища, дослідження інноваційних засобів та технологій захисту навколишнього середовища, моделювання технологій захисту навколишнього середовища, розрахунок основною та допоміжною обладнання, розробка заходів з охорони праці.



5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових кресл)  
 Апаратурно-технологічна схема, план чеху, розріз чеху,  
 рукавний фільтр, змішувач, адсорбер, схема очищен-  
 ня, план евакуації

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Манігіна Є.А., доц.		
2	Манігіна Є.А., доц.		
3	Манігіна Є.А., доц.		
4	Манігіна Є.А., доц.		
5	Манігіна Є.А., доц.		

7 Дата видачі завдання 30.09.19.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Теоретичні аспекти інновацій в галузі технологій захисту навколишнього середовища	10/19	Виконано
2	Дослідницький	11/19	Виконано
3	Проектний	20.12.19	Виконано
4	Охорона праці та техногенна безпека	20.12.19	Виконано
5	Організаційно-економічна частина	20.12.19	Виконано

Студент (підпис) Півень Олександр Володимирович (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) (підпис) Є.А. Манігіна (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

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

## АНОТАЦІЯ

Півень О.В. Проект системи сухого очищення технологічних газів агломераційного виробництва з утилізацією вловленого пилу

Кваліфікаційна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 183 – Технології захисту навколишнього середовища – Технології захисту навколишнього середовища, науковий керівник Є.А. Манідіна. Запорізький національний університет. Інженерний інститут. Факультет будівництва та цивільної інженерії, кафедра прикладної екології та охорони праці, 2020.

Наведена характеристика технології виробництва агломерату, описано процес спікання агломераційної шихти. Проведено аналіз існуючих систем очищення агломераційних газів, виявлені їх недоліки та спроектовано сучасну і ефективну систему газоочистки з додатковим знешкодженням сульфур(IV) оксиду. Розрахована та запроєктована система очищення агломераційних газів, яка включає: два рукавних фільтри, адсорбер, димотяг та димову трубу. Для забезпечення безаварійної роботи газоочисної системи розроблена система автоматизації запроєктованої системи очищення.

Ключові слова: АГЛОМЕРАЦІЙНА МАШИНА, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ГАЗ, СІРКИ (IV) ОКСИД, РУКАВНИЙ ФІЛЬТР, РЕГЕНЕРАЦІЯ, АДСОРБЕР

## SUMMARY

Piven O.V. The Project of the Dry Technological Sinter Gas Cleaning System with the Collected Dust Utilization.

Qualification work for the Master's degree higher education in the specialty 183 – Environmental protection technologies, scientific director E. A. Manidina. Zaporizhzhya National University. Institute of Engineering. Faculty of Building and Civil Engineering, Department of Applied Ecology and Occupational Health, 2020.

The description of sinter production technology is given, sintering charge sintering process is described. The analysis of existing systems for the purification of agglomerative gases was carried out, their shortcomings were identified, and a modern and efficient gas purification system with additional neutralization of sulfur(IV) oxide was designed. A sinter gas cleaning system has been designed and designed, which includes: two bag filters, an adsorber, a smoke hood and a chimney. To ensure trouble-free operation of the gas purification system, a system of automation of the designed cleaning system was developed.

Keywords: SINTERING MACHINE, PROCESS GAS, SULFUR (IV) OXIDE, BAG FILTER, REGENERATION, ADSORBER



## АННОТАЦИЯ

Пивень А.В. Проект сухой очистки технологических газов агломерационного производства с утилизацией уловленной пыли.

Квалификационная работа для получения степени высшего образования магистра по специальности 183 - Технологии защиты окружающей среды - Технологии защиты окружающей среды, научный руководитель Е.А. Манидина. Запорожский национальный университет. Инженерный институт. Факультет строительства и гражданской инженерии, кафедры прикладной экологии и охраны труда, 2020.

Приведена характеристика технологии производства агломерата, описан процесс спекания агломерационной шихты. Проведен анализ существующих систем очистки агломерационных газов, выявлены их недостатки и спроектировано современную и эффективную систему газоочистки с дополнительным обезвреживанием оксида серы(IV). Рассчитана и спроектирована система очистки агломерационных газов, которая включает: два рукавных фильтра, адсорбер, дымосос и дымовую трубу. Для обеспечения безаварийной работы газоочистной системы разработана система автоматизации запроектированной системы очистки.

Ключевые слова: АГЛОМЕРАЦИОННАЯ МАШИНА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ГАЗ, СЕРЫ (IV) ОКСИД, РУКАВНЫЙ ФИЛЬТР, РЕГЕНЕРАЦИЯ, АДСОРБЕР

## РЕФЕРАТ

90 с., 5 табл., 19 рис., 29 джерел

Пояснювальна записка до кваліфікаційного проекту магістра

### АГЛОМЕРАЦІЙНА МАШИНА, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ГАЗ, ОКСИД СІРКИ (IV), РУКАВНИЙ ФІЛЬТР, РЕГЕНЕРАЦІЯ, АДСОРБЕР

Об'єкт проектування – спікальне відділення агломераційного цеху.

Предмет проектування – система очищення газів, що відходять від агломераційних машин.

Мета проекту – проектування системи очищення агломераційного газу з утилізацією пилу та знешкодженням оксиду сірки (IV).

У перших двох частинах кваліфікаційного проекту наведена характеристика технології виробництва агломерату, описано процес спікання агломераційної шихти. Проведено аналіз існуючих систем очищення агломераційних газів, виявлені їх недоліки та спроектовано сучасну і ефективну систему газоочистки з додатковим знешкодженням оксиду сірки (IV).

В проектному розділі проекту розрахована та запроектована система очищення агломераційних газів, яка включає: рукавний фільтр типу ФРІР, адсорбер, димотяг та димову трубу. Для забезпечення безаварійної роботи газоочисної системи розроблена система автоматизації запроектованої системи очищення.

У розділі охорони праці приведена характеристика шкідливих та небезпечних факторів на території агломераційного цеху, розроблені заходи щодо поліпшення умов праці робітників даного виробництва.

В економічній і організаційній частині розраховано строк окупності запропонованої системи очищення, що становить 5,52 роки.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ІННОВАЦІЙ В ГАЛУЗІ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА .....	8
1.1 Інноваційний розвиток – основа сталого розвитку та збереження на його засадах навколишнього середовища .....	8
1.2 Інноваційні технології захисту навколишнього середовища.....	11
2 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ .....	14
2.1 Дослідження інноваційних засобів та технологій захисту навколишнього середовища .....	14
2.2 Моделювання технологій захисту навколишнього середовища.....	30
3 ПРОЕКТНИЙ .....	41
3.1 Проектування основного та допоміжного обладнання технології очистки газів.....	41
3.2 Забезпечення функціонування проектованого об’єкту.....	58
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА .....	66
4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів .....	66
4.2 Заходи з поліпшення умов праці. Виробнича санітарія.....	68
4.3 Електробезпека.....	72
4.4 Пожежна безпека .....	73
4.5 Розрахунок часу евакуації зі спікального відділення .....	74
5 ОРГАНІЗАЦІЙНО - ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....	77
5.1 Організація роботи на ділянці очищення газів .....	77
5.2 Розрахунок капітальних витрат на очищення газу.....	78
5.3 Розрахунок експлуатаційних витрат на очищення газу і уловлювання пилу .....	80
5.4 Техніко-економічне обґрунтування рішень, які прийняті у проекті .....	83
ВИСНОВКИ .....	85
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	86



## ВСТУП

Захист навколишнього середовища від шкідливих викидів є однією з найгостріших проблем сучасності.

Безперервне зростання виробництва агломерату, підвищення вимог до його якості та підвищення вимог до зменшення викидів від металургійного виробництва, створили умови для широкого впровадження систем очищення викидів в навколишнє середовище та зменшення кількості шкідливих речовин в них.

Основне завдання агломерації полягає в забезпеченні максимальної продуктивності агломераційних машин і заданою якості агломерату, без якого не можлива подальша виплавка чавуну. Але агломераційний цех є найбруднішим цехом в металургійному виробництві. Тому дуже важливо забезпечити максимально ефективно очищення викидів цього цеху.

Для розв'язання вищенаведеної мети проекту необхідно вирішити наступні завдання:

- провести аналіз технології отримання агломерату з точки зору утворення газоподібних викидів;
- проаналізувати існуючі схеми очищення агломераційних газів від пилу;
- теоретично обґрунтувати спосіб очищення агломераційного газу від оксиду сірки (IV);
- розрахувати основні апарати системи очищення;
- розробити схему автоматизації запроєктованої системи очищення агломераційних газів;
- теоретично обґрунтувати економічну доцільність запроєктованої системи очищення агломераційних газів.

# 1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ІННОВАЦІЙ В ГАЛУЗІ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

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

Сучасні металургійні підприємства - це складний виробничий комплекс, що включає в себе різноманітні цехи, які в значній мірі можуть забруднити повітряний басейн.

Робота переважної більшості металургійних агрегатів пов'язана з виділенням газів, що містять пил і різні газоподібні компоненти.

Найбільш ефективна засобом боротьби з викидами пилу і шкідливих газоподібних компонентів є установка газоочисних апаратів. Також для захисту навколишнього середовища дуже важливо шукати нові технічні рішення і вдосконалювати вже існуючі системи.

У цей час при вдосконалюванні газоочисних апаратів вибирають оптимальне співвідношення частин пиловловлювачів, вводять нові елементи, що сприяють більш ефективному пиловловленню. У конструкцію газоочисного апарата вносять удосконалення, що сприяють інтенсифікації процесів, які відбуваються в ньому [1].

Серед пиловловлювачів сухого типу рукавні фільтри мають найбільш високий ступінь очищення - до 99%. Також вони мають порівняно низькі експлуатаційні витрати, які обмежуються регламентною заміною фільтруючих рукавів і періодичною заміною пневмоклапанів. Рукавні фільтри можуть так само ефективно функціонувати в умовах суворої зими з температурою зовнішнього повітря до -60 °С, як і в опалювальному приміщенні, що можна віднести це до безумовних переваг.  
[2].

Конструктивна інтенсифікація тканинного фільтра йде по шляху впровадження нових методів регенерації рукавів у рукавних фільтрах (імпульсна, струменева регенерація), створення нових фільтрувальних тканин з більш широким діапазоном застосування й кращими фільтруючими властивостями, доповнення фільтрації попередньою електризацією пилу, зменшення гідравлічного опору корпусу фільтра [1].

У загальному вигляді тканинний фільтр являє собою металевий корпус, всередині якого розміщуються фільтрувальні елементи, що складаються з тканинних рукавів одягнених на металеві дротяні каркаси.

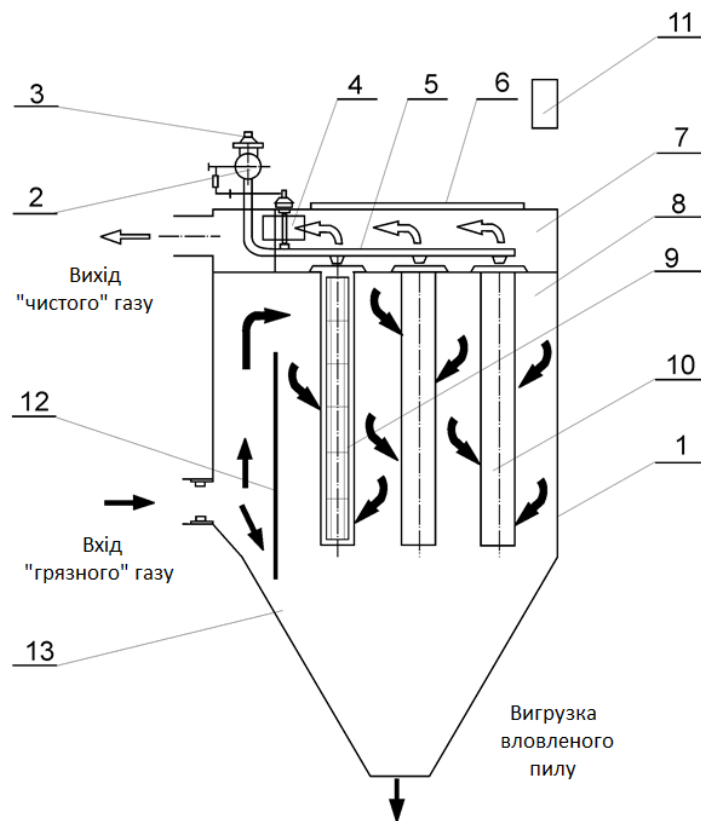


Рисунок 1.1 - Схема рукавного фільтра типу ФРІР

Корпус є несучою конструкцією рукавного фільтра, в якому розміщено механічне обладнання.

Корпус фільтра має камери "брудного" і "чистого" газу, розділені горизонтальними перегородками - рукавними дошками з отворами для кріплення фільтрувальних рукавів.



Фільтрувальні рукава розміщуються в камері "брудного" газу за допомогою рукавних дощок. Кріплення рукавів одностороннє з боку камери "чистого" газу. Верхня частина камери "чистого" газу обладнана знімними кришками для доступу до фільтрувальних рукавів.

Вихід "чистого" газу - загальний.

Підвісні бункера виконані у вигляді перевернутої усіченої піраміди з кутом нахилу бічних граней 70°. Бункери фільтра в нижній частині обладнані вузлом вивантаження пилу і оглядовими люками.

Фільтрувальні елементи складаються з мішків, пошитих з фільтрувальної тканини і каркасів, які вставляються всередину мішка, щоб уникнути їх стискання під впливом розрідження. В горловину рукава вшиті металеве кільце, що охороняє рукав від падіння вниз через отвір в рукавній дошці. У нижній частині рукава вшиті денце. Каркас дротяний вдає із себе металеву зварену конструкцію, що складається з дротяних стрижнів, опорних кілець і денця. Поверхня каркаса має антикорозійне покриття.

Технологічний "брудний" газ через вхідний патрубок потрапляє всередину корпусу фільтра (1) і направляється відбійним щитом (12) в верхню частину камери "брудного" газу (8), чим забезпечується супутнє рух потоку фільтрованої газу і обтрушувати при регенерації пилу [3].

Пил, що відокремився при повороті потоку перед входом в камеру брудного газу, через щілину між відбійним щитом і стінкою бункера несеться в бункер (13). "Брудний" газ, пройшовши рукава (10) зовні всередину, очищається від пилу і потрапляє в камеру "чистого" газу (7), далі через вихідний патрубок, газохід і тягодуттєвий пристрій направляється в димову трубу.

По мірі накопичення пилу на зовнішній поверхні рукавів загальний гідравлічний опір фільтра, що відстежується пристроєм управління регенерації (11), зростає і після досягнення заданої величини автоматично включається система регенерації фільтрувальних рукавів.

Осушене стиснене повітря з накопичувача (2) через швидкодіючий продувний клапан (3) і роздатковий колектор з соплами (5) імпульсно подається всередину рукава і останній очищається як від пилу, що зібралася на зовнішній поверхні рукава у вигляді агломератів, так і від частинок пилу, які проникли всередину фільтрувального матеріалу.

Вловлений пил, через бункер (13) і вузол вивантаження пилу відводиться в систему пиловидалення [3].

Модернізація рукавних фільтрів пов'язана зі зменшенням діаметра фільтрувальних рукавів, ущільненням розташування фільтрувальних рукавів, удосконалюванням систем регенерації й вивантаження пилу.

Так, для підвищення ефективності процесу регенерації фільтрувальної поверхні усередині рукавів можуть бути розташовані каркаси багатокутного перетину, приєднані до патрубків, що й мають периметр поперечного перерізу, менший ніж периметр поперечного перерізу рукавів. Під час зупинки роботи фільтра під дією власної ваги або в процесі регенерації під дією примусової системи регенерації рукава будуть прагнути відновити первісну циліндричну або конічну форму, що буде сприяти руйнуванню пилового шару на фільтрувальній поверхні.

Сьогоднішні фільтруючі тканини повною мірою застосовні у високотемпературному середовищі димових газів, і в економічних відносинах забезпечують довгий термін служби рукавів.

Таким чином, впровадження сучасних засобів та заходів по модернізації газоочисних обладнань дозволить скоротити викиди пилу та заощадити використання енергетичних ресурсів [4].

## **1.2 Інноваційні технології захисту навколишнього середовища**

Основними джерелами технологічних газів на аглофабриках є агломераційні стрічки, вакуум-камери.

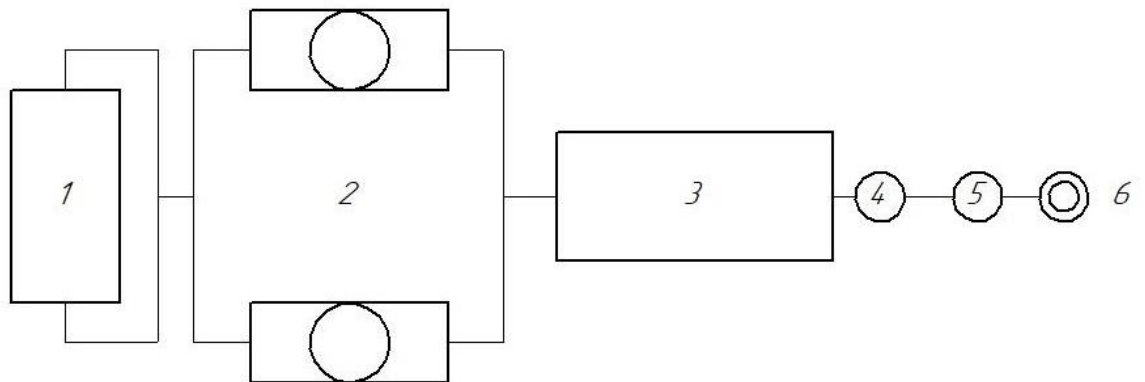
На працюючих агломераційних фабриках експлуатуються різні за складом і конструкції апарати і системи для очищення агломераційного газу.

На старих агломераційних фабриках газу, що відводяться від зон спікання і охолодження агломерату, після колектора надходять на очистку в батарейні циклони.

Ефективність їх роботи становить 70-80%, також у міру абразивного зносу окремих елементів циклонів ефективність їх роботи знижується ще більше. На деяких аглофабриках після колектора спікання встановлені мокрі пруткові відцентрові скрубери. Однак в процесі їх роботи пруткові решітки скруберів швидко заростають відкладеннями пилу, що призводить до підвищення опору газового тракту і погіршення спікання агломерату.

Висока енергоємність мокрого очищення газів і труднощі утилізації вловлюваного у вигляді шламу пилу роблять доцільним застосування сухих високоефективних апаратів, зокрема рукавних фільтрів.

У дипломному проекті обраний сухий спосіб очищення газів в рукавному фільтрі рисунок 2.2.



1 – агломашина; 2 – колектор; 3 – рукавний фільтр; 4 – адсорбер; 5 – димосос; 6 – димова труба

Рисунок 1.2 – Схема сухої очистки технологічних газів за допомогою рукавного фільтра



Переваги «сухої» системи газоочищення наступні:

1. Енерговитрати (а також трудові витрати) під час експлуатації рукавних фільтрів в кілька разів нижче, ніж при експлуатації скрубєрів Вентурі;
2. Мокре газоочищення вимагає організації відповідного водно-шламового господарства, вартість якого і витрати на подальшу його експлуатацію дуже значні, а при сухому способі очищення газів водно-шламове господарство відсутня;
3. При очищенні в рукавному фільтрі підвищується термін служби газоходів, немає заростання і корозії труб [5].

## 2 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ

### 2.1 Дослідження інноваційних засобів та технологій захисту навколишнього середовища

В даний час агломераційний цех являє собою комплекс споруд та різного роду машин загальною метою яких є отримання максимальної кількості придатного агломерату. Спрощену схему процесу агломерації наведено на рисунку 2.1.

Шихта з рудного двору надходить в прийомні бункера 1, звідки в певному співвідношенні з транспортних конвеєрів 2 і 4 вона подається в первинний барабан-огрудковувач 5, де відбувається її змішування, зволоження і огрудкування. З бункера 3 в змішувач надходить зворот, який виділяється при сортуванні агломерату після спікання або, того що скопився під бункерами доменного цеху. Дрібні зволожені частки шихти при перемішуванні укрупнюються, утворюючи грудочки; шихта стає зернистої і пухкої, що підвищує її газопроникність. Усереднена шихта з змішувача завантажується в бункер 6 і транспортером 7 у певному співвідношенні з коксиком, що надходять з бункера 8, подається у вторинний барабан-огрудковувач 9 [6].

Дозування здійснюється встановленням необхідних витрат компонентів шихти, які видаються на збірний транспортер 2 живильниками 26 з відповідних бункерів. Для видачі матеріалів з бункерів застосовують в основному тарілчасті і вібраційні живильники.

Підготовлену шихту 15 з проміжного бункера 13 рівномірно і безперервно подають системою завантаження на агломашину 17 і укладають на нескінченну рухому ланцюг колосникових візків (палет), попередньо

помістивши на них ліжко 16, яка надходить з приймального 10 і проміжного 12 бункерів по транспортеру 11.

Запалювання шару шихти, завантаженої на аглострічку, проводиться при проходженні шару під запальним гірському 14 в результаті згорання в ньому палива. У міру руху візків до хвостовій частині машини горіння коксика з верхнього шару поширюється в нижні шари; цьому сприяє розміщення під візками вакуум-камер 22, в яких за допомогою ексгаустера 25 створюється розрідження до 10000 Па.

Готовий агломерат скидають наприкінці машини з візків, дроблять за допомогою дробарок 18, піддають відсіюють на грохотах 19, охолоджують і відправляють по транспортеру 20 в доменний цех. Чи не спечену дрібниця (повернення) поміщають в прийомні бункера 21 і повертають для повторного спікання (в бункер 10) в якості добавки до шихти.

Відпрацьовані гази і повітря з вакуум-камер по колектору 23 надходять на очистку в циклони 24 і видаляються ексгаустером 25 через трубу 27 [7].

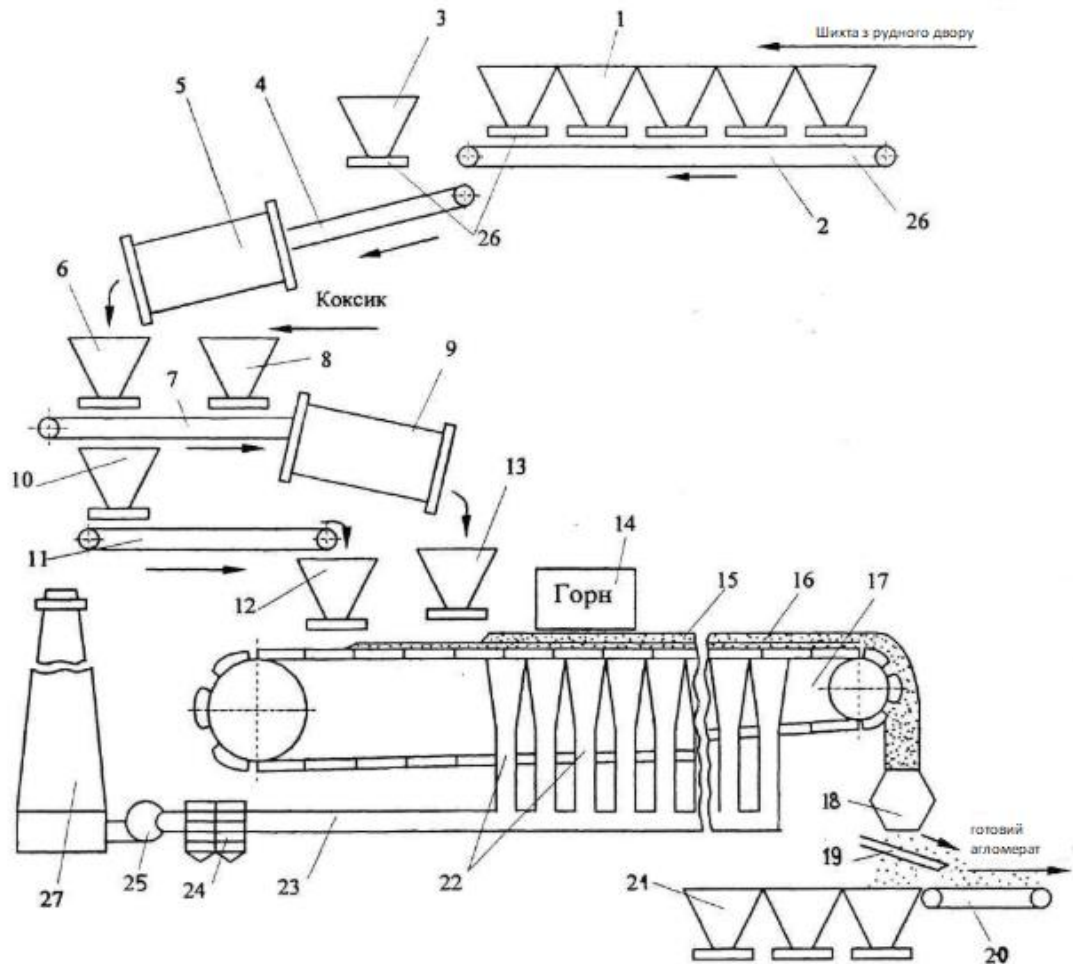


Рисунок 2.1 - Спрощена схема процесу агломерації

Процес спікання агломерату супроводжується значним виділенням газу, що утворюється в результаті вигорання вуглецю і сірки, що містяться в шихті. Агломераційний газ забирає з собою пил шихти. Цей запилений газ через вакуум-камери надходить в загальний колектор, який має бункера і покладений під агломераційної машиною паралельно її осі. Колектор служить для вирівнювання кількості відсмоктуються через вакуум-камери газів і попереднього очищення їх від великої пилу, шматочків шихти і прогоріли колосників. З бункерів колектора уловлений пил видаляють безперервно на конвеєр через живильники. З колектора газ надходить в систему газоочистки де на початку очищається від пилу за допомогою фільтра а потім і від діоксиду сірки за допомогою адсорберу [8].

В середньому по комбінату «Запоріжсталь» викидається в атмосферу 12725 тонн пилу на рік. Агломераційний цех підприємства ПАТ

«Запоріжсталь» (за даними підприємства) викидає в атмосферу 4579 тонни пилу в рік, що становить 36% від загальних викидів пилу по комбінату і 5159 тонн сірчистого ангідриду на рік, що становить 78,2% від загальних викидів сірчистого ангідриду на комбінаті. Характеристика викидів пилу і сірчистого ангідриду на комбінаті і по агломераційного цеху представлена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 — Викиди пилу і сірчистого ангідриду від джерел викидів ПАТ «Запоріжсталь» і агломераційного цеху (дані підприємства)

Шкідливі речовини	Всього по комбінату		Агломераційний цех	
	Відходять від усіх джерел, т/рік	Викидається в атмосферу, т/рік	Відходять від усіх джерел, т/рік	Викидається в атмосферу, т/рік
Всього	175725	87142	108089	54695
Пил	95936	12725	52720	4579
SO <sub>2</sub>	11943	6596	10411	5159

Гази, відсмоктують від аглострічки із зони спікання всіх видів рудної сировини, мають наступний усереднений хімічний склад: 3 ÷ 6% CO<sub>2</sub>; 12 ÷ 17% O<sub>2</sub>; 0,3 ÷ 3,0% CO; до 2000 мг / м<sup>3</sup> SO<sub>2</sub> + SO<sub>3</sub> при малосірчастих і 0,1 ÷ 0,6 SO<sub>2</sub> + SO<sub>3</sub> при сірчистих рудах; інше N<sub>2</sub> і інертні газы.

Щільність агломераційної пилу становить 3,7 ÷ 4,0 г / см<sup>3</sup>.

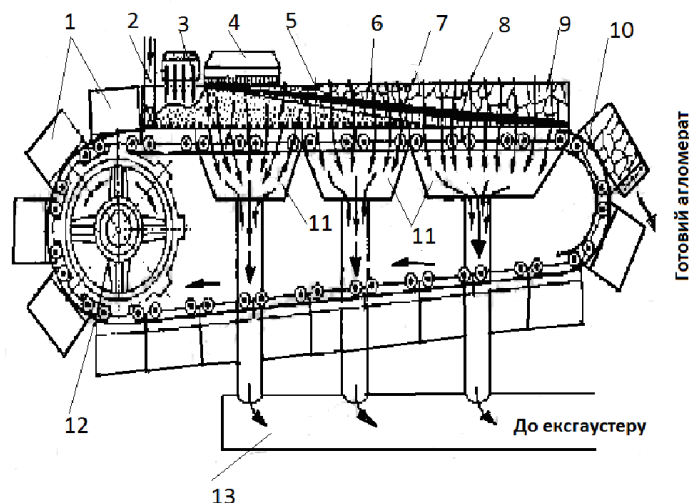
**Конструкція агломераційної машини.** Стрічкова агломераційна машина являє собою замкнений ланцюг спікальних візків - палет, що рухаються і переміщуються по рейках верхньої горизонтальної робочої гілки машини під дією зірочок 12 приводу, а по рейках нижньої похилої (2 – 3°) холостої гілки агломашини 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.

Спікальні візки рухаються по робочій гілці агломераційної машини одна за іншою без розривів або зазорів. Вибивання повітря між візками у вакуум-камери виключається [7].

**Опис головної будівлі агломераційного цеху.** У головному корпусі аглофабрики – корпусі агломерації встановлені агломераційні машини та усе необхідне устаткування, що забезпечує їхню роботу, а також охолодження й сортування готового агломерату.

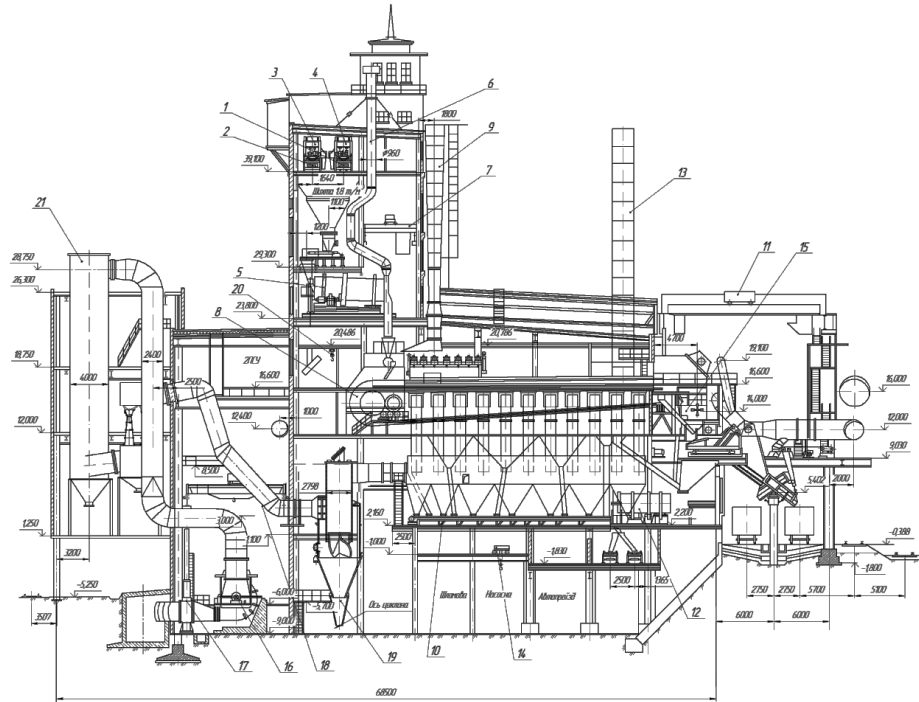
Установка агломераційних машин у корпусі агломерації показана на рис. 2.3. Дозована й попередньо згрунтована шихта надходить по конвеєру 1 на верхню відмітку корпусу й автостелами завантажується в бункери. З них конвеєром подається в барабан-огрудковувач 2, де гранулюється. Потім гранульована шихта завантажується на стрічку в головній частині машини 3. Отриманий на стрічці агломераційний спік вивантажується в дробарку 5, де великі фракції руйнуються до часток розміром 40-60 мм. Після цього на грохот 6 виділяється повернення, прохолоджується й подається в шихтове відділення та у бункери постелі. Виділений агломерат охолоджується повітрям на лінійному охолоджувачі 7, потім знову сортується й виділяється товарний агломерат із розміром часток 5- 8 мм і звороту [9].



1 – спікальні візки-палети; 2 – укладальник постелі; 3 – човниковий живильник стрічки шихтою; 4 – газовий запальний горн; 5 – постіль; 6 – зона сирі 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 2.2 – Схема, що ілюструє хід процесу спікання на агломераційній машині стрічкового типу



1, 2 – конвеєр стрічковий; 3,4 – теліжка автоматична; 5 – вузол завантаження шихти на агломашину; 6 – витяжна труба від змішувального барабана; 7 – кран електричний; 8 – установка агломашини; 9 – витяжна труба від горна машини; 10, 11 – конвеєр стрічковий № 3 12 – установка барабана охолодження агломерату; 13- витяжна труба; 14 – кран; 15 – вузол дроблення агломерату; 16 – нагнітач; 17 – газова засувка; 18 – кран електричний; 19 – циклон; 20 – таль електрична; 21 – бункер осипу; 22 – скрубєр - краплєвловлювач; 23 – патрубєк для місцевої вентиляції.

Рисунок 2.3 – Розріз головної будівлі агломераційного цеху

**Технологія виробництва агломерату.** Незважаючи на появу численних різновидів і видозмін процесу спікання руд, основна схема агломераційного процесу практично не змінилась за 75 років, що минули з часу його винаходу.



Сутність процесу агломерації методом просочування полягає в тому, що руду або концентрат з добавкою подрібненого коксу, антрациту, повернення та інших компонентів шихти змішують і зволожують до певної міри (вміст води 7,5-8,5%), що забезпечує освіту зернистої структури (грудочок з високою газопроникністю в процесі спікання).

Шихту рівним шаром висотою 200-400 мм поміщають на колосникові грати спікальних візки, на яку попередньо покладений шар ліжку. Постіль оберігає колосникові грати від впливу високих температур, запобігає пробудження шихти через зазори колосникових грат і полегшує сход пирога готового агломерату з решітки після закінчення процесу. Під гратами за допомогою ексаустера створюється розрідження 700-1000 мм. вод. ст., в результаті якого через шихту з поверхні просочується зовнішнє повітря.

Для початку процесу спікання шихта з поверхні нагрівається спеціальним пристроєм — запальним гірському, до 1200-1300 ° С, після чого пальне шихти запалюється і горить за рахунок всмоктується атмосферного повітря. Найважливішою особливістю агломераційного процесу є та обставина, що в кожен момент горить кокс тільки у вузькому по висоті шарі шихти (зазвичай не більше 40 мм). Всі частинки палива, розташовані нижче, ще не нагріті до температури початку інтенсивного горіння (700 ° С) або не отримують достатньо кисню зверху. У міру вигорання вуглецю зона горіння палива поступово переміщається вниз, проходячи всю висоту шару ліжку за 12-15 хв. Процес спікання в шарі відбувається з освітою пересувних зон, що розрізняються протікають в них фізико-хімічними процесами [7]. Схему наведено на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Схема процесу спікання

Початковим процесом при агломерації руд і концентратів є запалювання. Головним завданням запалювання є нагрів поверхневого шару шихти до температури початок горіння частинок твердого палива. Коксова і антрацитовий штиб на повітрі запалюється при температурі 700-800 ° С, однак на практиці запалювання ведуть, нагріваючи поверхню шару до 1200 °С і вище, завдяки чому процес горіння палива стає більш стійким і швидким. Іншою умовою успішного запалювання і стійкого горіння палива є наявність в горнових газах достатньої кількості вільного кисню.

Максимальна температура горнових газів обмежується опалювальному поверхні шихти з різким погіршенням газопроникності і зазвичай не перевищує 1300°С.

Тривалість запалювання прямо пропорційна довжині горна і обернено пропорційна швидкості машини, на різних аглофабриках вона становить від 0,5 до 2 хв.

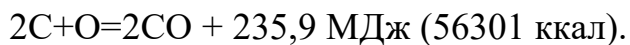
Для забезпечення нормального перебігу процесу спікання газу, що утворюються в запальному горні, повинні встигати пройти через шар шихти, тобто кожної інтенсивності запалювання повинно відповідати певний розрідження під колосниками візків. Якщо розрідження менше, ніж потрібно,

то частина горнових газів «вибивається» з-під горна, при надмірно високому розрідженні в зону запалювання засмоктується зовнішнє повітря [10].

На практиці для поліпшення умов запалювання розрідження в вакуум-камерах, які перебувають в зоні горна агломашины, має бути нижче, ніж в вакуум-камерах власне зони спікання. Це досягається шляхом прикриття шибєрів на величину 30-50% від повного ходу при повністю відкритих шибєрах на наступних вакуум-камерах.

Зазвичай в якості палива в запалювальних горнах використовуються природний (П), коксовий (К) і доменний (Д) гази в різних співвідношеннях, при відсутності газів застосовують мазут.

Потім починається процес горіння палива в шарі. Горіння твердого палива шихти йде по реакціях:



Тепло, що виділяється по цих реакцій, нагріває матеріал шихти до 1250-1400°C. По мірі опускання зони горіння температура в ній підвищується в результаті регенерації тепла: в шар шихти повітря надходить холодним, а потім у міру опускання зони горіння, тобто, проходячи через шар гарячого агломерату, він нагрівається. Горіння палива протікає в двох характерних режимах. При 600-900 ° С здійснюється кінематичний тип горіння вуглецю, коли протікання хімічної реакції мала в порівнянні зі швидкістю дифузії кисню всередину зерна, а продуктів окислення до його периферії.

У цей період вуглець окислюється повільно, без видимого ефекту — світла і полум'я.

При цьому реакція відбувається по всій внутрішній поверхні шматочка палива, а швидкість кисневого потоку не впливає на швидкість горіння палива.

Екзотермічний процес окислення вуглецю призводить до нагрівання середовища і особливо в глибині шару агломераційної шихти, де відсутні зовнішні тепловтрати. Нагрівання палива понад 900 °С призводить до

самозаймання, викликає скачок від окислення до горіння і різке підвищення швидкості хімічної реакції. Самозаймання палива означає перехід горіння з кінетичного режиму в дифузний, коли швидкість доставки кисню до вуглецю обмежує швидкість реагування. Високотемпературне горіння супроводжується видимим ефектом (дає світло і полум'я), швидкість його різко зростає з підвищення температури, збільшенням кінематичної енергії, кількості та тиску кисню. Але при температурі до 1200 °С в разі спалювання великого коксу проявляється і кінематичний характер його горіння.

При низьких температурах горіння спостерігається переважно виділення CO<sub>2</sub>, при високих CO. Для агломераційного процесу характерним є повне освоєння тепла вузької по висоті зони нижчих шарів шихти, що при відносно великій швидкості просочування повітря (газів) виключає можливість догорання CO (ця реакція може починатися тільки при 700 °С, а також протікання реакції  $CO_2 + C = 2CO$ ). Таким чином, походження продуктів згорання в відсмоктуються газах при агломерації завжди первинне.

Швидкість фільтрації повітря залежить від фізичного стану шару шихти і від зовнішніх впливів на нього, а швидкість горіння будь-якого виду палива залежить при всіх інших рівних умовах від його реакційної здатності.

Реакційна здатність твердого палива характеризує хімічну активність його по відношенню до кисню повітря, чистого кисню, двоокису вуглецю і водяної пари, а також до інших окислювача. Реакція взаємодії вуглецю палива з газовими реагентами відбувається на поверхні палива, тому на швидкість реакції істотно впливає величина реагує поверхні. Не менш важливим фактором є також розмір і об'єм пор палива. Зразки палива з відносно великою часткою пір більш здатні до реакції, ніж зразки щільного, дрібнопористого палива. Реакційна здатність палива в агломерації залежить тільки від ступеня помелу й щільності. Так, з двох видів палива, мають однаковий ступінь помелу, більшою реакційною здатністю володіє той, насипна маса якого менше.

Відхилення помелу від оптимальної величини призводить до зниження механічної міцності агломерату, що пояснюється наступними причинами. Введення в шихту великого палива призводить до роз'єднання вогнищ горіння, в результаті в готовому агломераті спостерігається оплавлені ділянки не запеченої шихти. Занадто подрібнене паливо, володіючи високою реакційною здатністю, згоряє з високою швидкістю, набагато перевищує швидкість розплавлення матеріалу. Таким чином, оптимальна крупність подрібнення палива для агломераційної шихти, що містить в залізородній частині 100% руди, повинна бути близько 2 мм.

У зоні горіння палива відбуваються основні фізико-хімічні процеси агломерації.

За зоною горіння іде зона підігріву шихти. Займання твердого палива шихти відбувається при температурі близько 700°C, яка є нижньою межею зони горіння і спікання шихти. У зоні підігріву шихти відбуваються розкладання гідратів окису, випаровування вологи шихти, часткове відновлення вищих оксидів до нижчих і розкладання маломіцних вуглекислих солей. У цій зоні можуть протікати і реакції між твердими фазами. Випаровування вологи відбувається в шихті, нагрітої від 100 до 50-60 ° С (температура точки роси). Волога, що бере участь в процесі, сприяє окомкуванню шихти і тим самим покращує її газопроникність. Присутність вологи в шихті різко посилює теплопередачу від газу до шихти і внаслідок цього концентрує тепло в невеликому по висоті шарі, що і визначає можливість отримання в зоні спікання високих температур при порівняно невеликому питомій витраті палива [7].

У процесі агломерації відбувається перерозподіл вологи, що обумовлює існування двох зон — сушки і перезволоження. Тільки в самому початку спікання температура в шарі сирої шихти становить 15-20 ° С. Початковий газ охолоджується холодною шихтою нижче точки роси, що призводить до конденсації надлишкової вологи і перезволоження шихти. Конденсація вологи супроводжується виділенням значної кількості тепла, в

результаті цих теплом нагрівається спочатку зона, що примикає до зони сушінні, а потім поступово все нижні шари аж до колосникових грат. Підвищення температури в зоні сирої шихти до точки роси припиняє конденсацію парів. Так як температура всіх зон сирої шихти вже через 2-3 хв підвищується до 50-52 ° С, то практично будь-яка конденсація вологи повинна припинитися і вся випаровується в зоні сушки волога повинна йти з газами, що відходять. Виникнення зони перезволоження призводить до погіршення газонепроникності в результаті руйнування гранул шихти під впливом надмірної вологи.

У практичній роботі агломераційної фабрики уникнути негативного явища виникнення зони перезволоження можна, якщо шихту попередньо підігріти до температури вище точки роси або ввести в неї добавки, що підвищують вологостійкість гранул.

У міру вигорання палива і переміщення всіх зон зверху вниз у верхній частині шихти утворюється шар готового агломерату, який охолоджується повітрям, засмоктує з атмосфери. На кордоні дотику повітря з гарячим агломератом розвивається реакція освіти вторинного гематиту  $2\text{Fe}_3\text{O}_4 + \frac{1}{2}\text{O}_2 = 3\text{Fe}_2\text{O}_3$ , яка призводить до деякого підвищення міцності агломерату.

Розрідження по висоті шару шихти по-різному. У процесі спікання розрідження зменшується за рахунок збільшення пористості агломерату. У зоні горіння через що утворилася рідкої фази з розплаву флюсів і частинок руди, яка має поганий газопроникність, виникає найвища розрідження. Зі збільшенням висоти шару агломерату швидкість його охолодження зменшується, агломерат сходить з палет гарячим, а це, в свою чергу, зменшує температурну напругу і, тим самим забезпечує підвищену міцність агломерату, знижуючи вихід повернення [10]. Надалі повернення на гуркоті відсіюється. Фракції 10 ... 15 мм направляються знову на аглострічку як постіль. Повернення, виділений на стаціонарних грохотах, з бункера повернення видається живильниками в барабанні охолоджувачі, де змочується водою. Охолоджений до 80 ... 90 °С повернення стрічковими

конвеєрами транспортується в шихтових відділення і використовується як один з компонентів шихти.

Початок зниження температури газів, що відходять свідчить про майже повну вигорання вуглецю шихти і розцінюється як сигнал про припинення процесу спікання. Готовий агломерат в цих умовах охолоджується просочується повітрям по всій висоті шару[11].

На рис. 2.5 представлена технологічна схема процесу агломерації

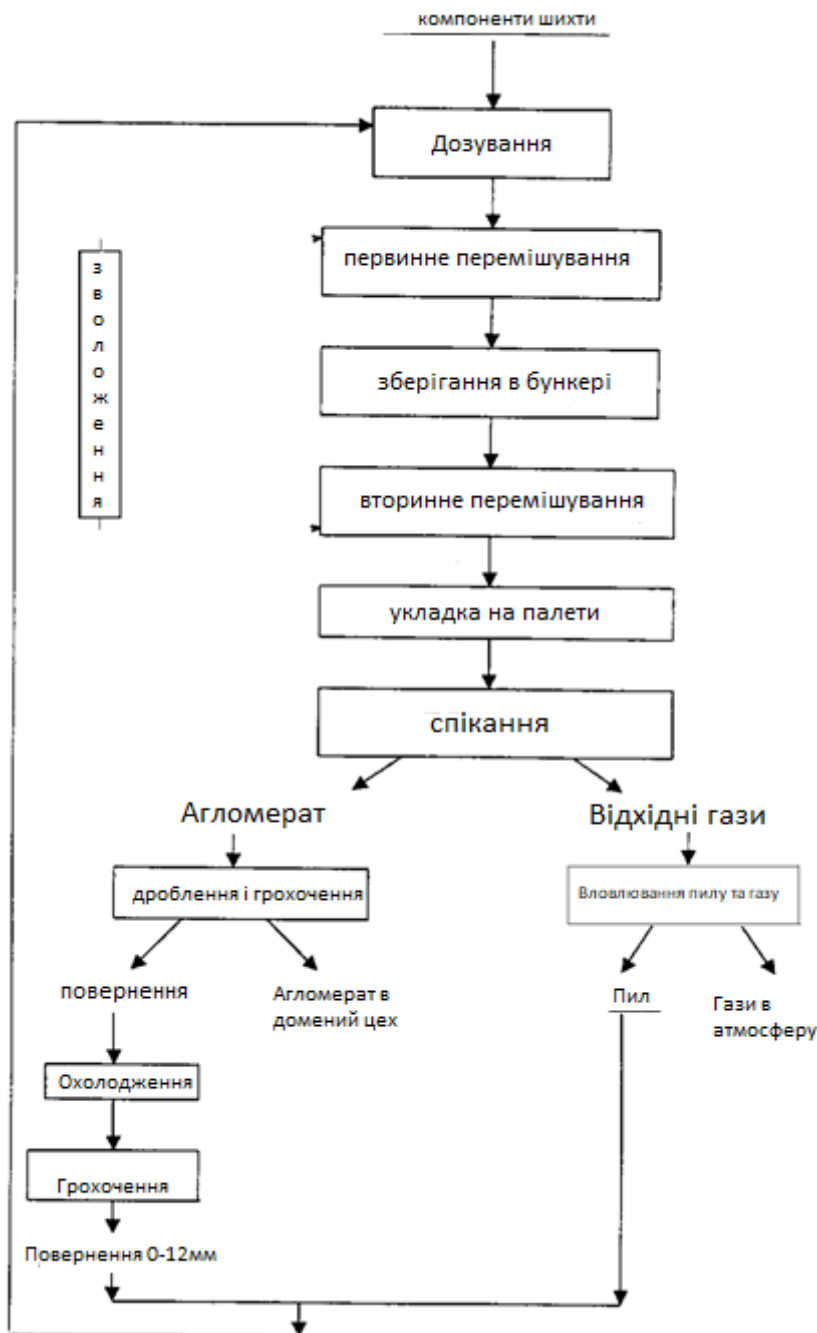


Рисунок 2.5 – Технологічна схема процесу агломерації



### **Загальна характеристика викидів агломераційного виробництва.**

Компоненти шихти з бункерів шихтових змішувачів або безпосередньо з барабанного змішувача безперервно подаються на стрічку машини з регулюванням товщини шару, яка зазвичай становить 190-250 або 240-300 мм. При русі стрічкового конвеєра шар шихти входить під витяжний зонтик запального горна, в якому встановлені пальники, що працюють на природному газі. Під час перебування шихти на ділянці запального горна шар шихти розігрівається до температур 600-800 °С, при яких починає окислюватися вуглець коксу, і подальше підвищення температури до температур спікання шихти (1200-1300 °С) відбувається завдяки горінню коксу в шарі шихти. Процес горіння підтримується шляхом просмоктування повітря через шихту в вакуум-камери, розташовані в нижній частині агломераційної машини. Утворені продукти горіння і пил виносяться ексгаустером через трубопровід для відводу газу в пиловловлюючу систему і потім очищені гази викидаються в атмосферу через трубу [8,12,13].

При агломерації шихти утворюється велика кількість пилу внаслідок просіювання шихтової суміші через колосникові ґрати, розтріскування агломерату при русі і вібрації конвеєра, а також при скиданні з нього агломерату. Кількість пилу змінюється по довжині агломераційної стрічки. У першій половині стрічки кількість її невелика, що зумовлено підвищеною вологістю шихти і відповідно її низьку газопроникність. У другій половині стрічки після висихання шихти її газопроникність підвищується і потік повітря, що проходить через шар агломерату, збільшується. Тут агломерат розширюється і дає тріщини, в тому числі і від вібрації стрічки. Повітря, що проходить через тріщини, відриває частинки агломерату і у вигляді пилу забирає їх в газозбірник продуктів згоряння. Найбільше розтріскування, а отже, і найбільше пиловиділення відбувається при скиданні агломерату з стрічки конвеєра в хвостовій частині агломашини. Величина викидів по різних камерам агломашини (по її довжині) наведена в таблиці 2.5.

У процесі агломерації залізних руд в атмосферу викидається велика кількість технологічних газів, що містять агломераційний пил, окиси азоту, окиси вуглецю, а при агломерації сірчистих руд – сірчистий ангідрид [8,12,13].

Джерелом пилогазових викидів в агломераційних цехах є технологічне обладнання – агломераційна машина, охолоджувачі повернення та агломерату, випалювальні печі, а також численні аспіраційні системи, якими обладнані дробарки, грохоти, транспортери і т.д.

Таблиця 2.2 – Викиди по різних камерах агломераційної машини

Параметри	Номер вакуумкамери					
	1	2	6-26	28	30	32
Витрата газу, тис. м <sup>3</sup> /год.	28,5	18,5	10-14	17,0	17,0	23,0
Кількість пилу в газі, г/м <sup>3</sup>	10,0	3,5	0,2-0,6	4,0	8,1	18,2

Питомий вихід газів від агломераційної машини залежить від газопроникності шихти, змісту в ній палива та величини підсосу повітря. За даними лабораторії охорони навколишнього середовища (ЛООС) ВАТ «Запоріжсталь», у агломераційному цеху в процесі спікання шихти утворюється 250000 -280000 м<sup>3</sup> / ч димових газів. Температура відхідних промислових газів коливається від 180-200 0С, концентрація пилу в агломераційному газі становить близько 4 - 6 г / м<sup>3</sup>. Розрідження газів перед газоочисткою становить  $P_{г}=-10,2\text{кПа}$ .

Хімічний склад аглогазів й агломераційного пилу представлені в таблицях 2.3 и 2.4 (за даними підприємства). Дисперсний склад пилу наведено у табл. 2.5.

Таблиця 2.3 -Хімічний склад аглогазів %:

CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	Nox
3,5-5,5	13-17	0,1-0,4	0,09-0,1	0,01

Таблиця 2.4 -Хімічний склад агломераційного пилу, %

<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>CaO</b>	<b>FeO</b>	<b>MnO</b>	<b>S</b>	<b>O</b>
6,1	0,96	7,26	57,7	0,3	0,26	2,25

Таблиця 2.5- Дисперсний склад агломераційної пилу.

<b>Розмір часток, мкм</b>	<b>Вміст, %</b>
0...4	1.2
4...10	11.9
10...25	23.3
25...40	16.2
40...100	20.6
100...400	13.4
400...1000	8.1
Більш 1000	5.8

Процес спікання агломерату супроводжується значним виділенням газу, що утворюється в результаті вигорання вуглецю і сірки, що містяться в шихті. Зміст окремих компонентів в газовій суміші залежить від кількості сірки в руді, витрати палива, а також від технологічних параметрів процесу отримання агломерату. Тому концентрації окремих компонентів газу на аглофабриках можуть коливатися в різних межах [8].

Крім того, навколишнє середовище забруднюють зовнішні джерела пиловиділення: розвантажувальні і навантажувальні пристрої вихідних матеріалів і т.д. Пилоутворення починається з моменту надходження сирих матеріалів на підприємство, під час вивантаження їх, перевантаження і транспортуванні, підготовці шихти або окатишів до спікання.

Джерелами неорганізованих викидів на аглофабриці є хвостова частина агломашин і місця завантаження агломерату в хопери, а також прийомні бункери руди і колошникового пилу, конвеєри і перевантажувальні вузли в

відділенні підготовки шихти. Характеристика шкідливих викидів від неорганізованих джерел на прикладі ПАТ «Запоріжсталь» наведена в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Аспіраційні викиди цеху агломерації

Найменування джерел викидів	Кількість	Викиди шкідливих речовин		
		Найменування речовини	г/с	т/рік
Хвостова частина агломашини	6	пил	50,5	1560
Приймальні бункери руди	16	пил	7,59	240
Приймальні бункери колошникового пилу	12	пил	7,59	240
Конвеєри та розвантажувальні вузли шихтового відділення	1	пил	7,59	240
Рудний двір (вагонопрокидувач)	1	пил	7,05	222,9
Всього				2502,9

## 2.2 Моделювання технологій захисту навколишнього середовища

Одним з основних завдань при проектуванні систем очищення газів, які відходять від агломераційних машин є знешкодження оксиду сірки(IV).

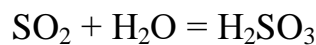
Для очищення газів від  $SO_2$  застосовують як рідкі, так і тверді поглиначі. При використанні рідких поглиначів реакції поглинання йдуть зазвичай при порівняно низьких температурах. Ці способи можна розділити на чотири групи:

1. поглинання  $SO_2$  водою;
2. очищення органічними рідинами;
3. вапняково-вапняний метод очищення;
4. сульфідні методи очищення;
5. циклічні методи очищення.

Сухі методи очищення засновані на взаємодії між газом і твердим поглиначем. Їх ділять на дві групи: сорбційні і каталітичні. Відрізняються ці методи видом взаємодії між газовою і твердою фазами. Сорбційні методи засновані на адсорбції  $\text{CO}_2$  розвиненою поверхнею пор, а при каталітичних методах йде перетворення  $\text{SO}_2$  в  $\text{SO}_3$  з наступним видаленням  $\text{SO}_3$  у вигляді  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Далі коротко розглянемо кожен метод очищення.

При очищенні газів від пилу мокрими методами одночасно відбувається поглинання  $\text{SO}_2$  водою по реакції:



Це має свої як позитивні так і негативні сторони. З одного боку, внаслідок поглинання  $\text{SO}_2$  водою приблизно наполовину знижується його концентрація в газах, але з іншого боку кисла реакція, яку набуває вода, сприяє інтенсифікації корозії елементів газовідвідного тракту і водного господарства.

Також з підвищенням температури розчинність  $\text{SO}_2$  в воді зменшується. Абсорбція  $\text{SO}_2$  водою повинно здійснюватися при низьких температурах, коли реакція буде йти найбільш інтенсивно. Десорбція  $\text{SO}_2$  проводиться нагріванням розчину. Відомо що при нагріванні паром до  $100^\circ\text{C}$  з розчину вдається виділити майже весь  $\text{SO}_2$ . Практично абсорбцію  $\text{SO}_2$  водою не застосовують, так як це не рентабельно через великі витрат води та палива [8].

При очищенні газів від  $\text{SO}_2$  органічними поглиначами на деяких зарубіжних підприємствах застосовують такі органічні сорбенти, як ксілідін або диметиланілін. Ксілідін доцільно використовувати при низькій концентрації  $\text{SO}_2$  в газах, а диметиланілін - при більш високій.

Схеми очищення газів від  $\text{SO}_2$  органічними поглиначами виходять складними, дорогими і вимагають застосування дефіцитних абсорбентів.

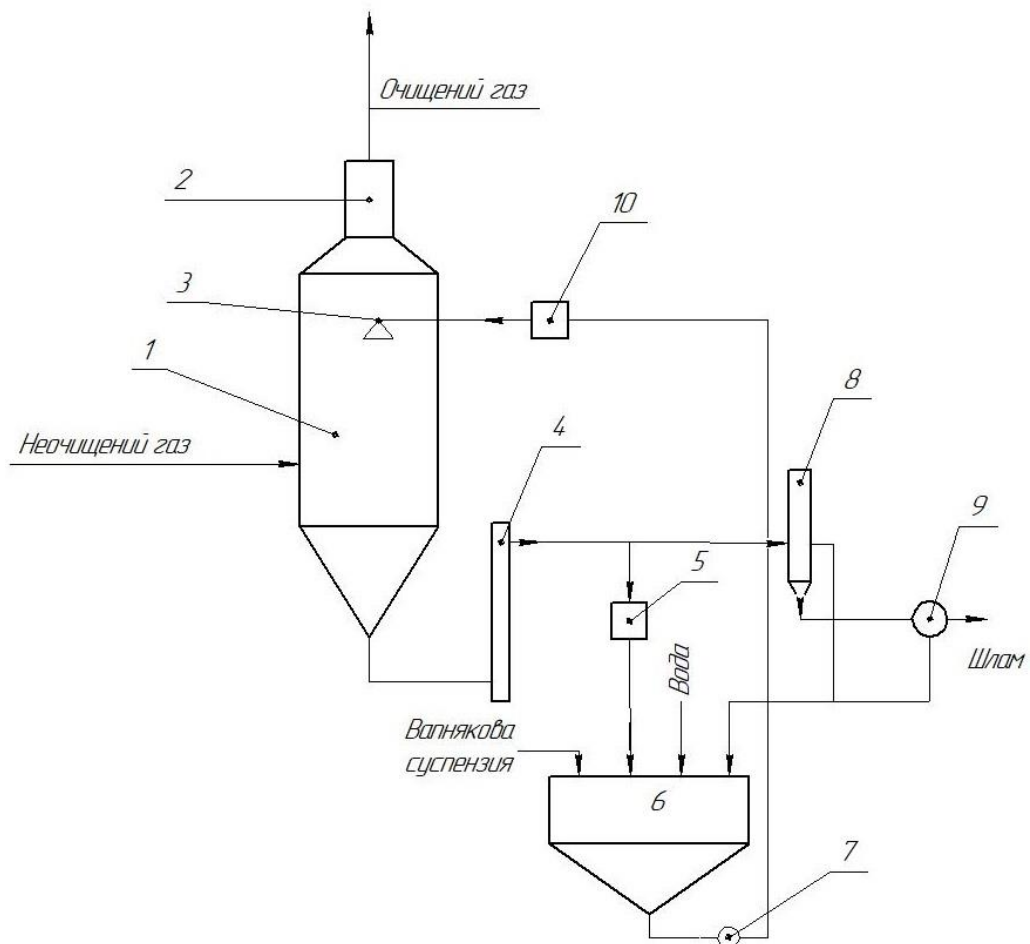
У металургії дуже розповсюджений вапняковий метод очищення газів від  $\text{SO}_2$ . Переваги даного методу:

1. простота технологічної схеми, доступність і дешевизна сорбенту,
2. відносно малі капітальні витрати, можливість очищення газу без попереднього охолодження.

До недоліків відносяться:

1. низький коефіцієнт використання вапняку (не вище 50%),
2. відносно не висока ступінь очищення
3. схильність забивання відкладеннями абсорбційної апаратури і комунікацій.

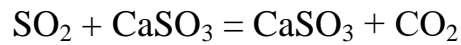
Принципова схема вапнякового методу очищення представлена на рисунку 2.6.



1 – скруббер; 2 – пиловловлювач; 3 – форсунка; 4 – гідро затвор; 5, 10 – фільтр для видалення великих часток; 6 - циркуляційний збірник; 7 – насос; 8 – гідроциклон; 9 – вакуум-фільтр.

Рисунок 2.6 – Схема очистки газів від  $\text{SO}_2$  вапняковим методом

Газ попередньо очищений від великого пилю, надходить в порожнистий форсунковий скруббер, де зрошується суспензією вапняку  $\text{CaCO}_3$ , яка взаємодіє з  $\text{SO}_2$  по основній реакції

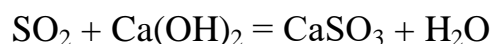


Сульфід кальцію  $\text{CaSO}_2$  частково окислюється до  $\text{CaSO}_4$ , погано розчинний і випадає в осад. Деяка частина бісульфіту кальцію  $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ , що утворюється в ході побічної реакції добре розчинний, взаємодіючи з поглиначем, також переходить в  $\text{CaSO}_3$  і  $\text{CaSO}_4$  і видаляється з розчину. Продукти реакції в скруббері через гідрозатвор і фільтр грубої очистки частково надходять в циркуляційний збірник, а частково відводяться від процесу. Відведену з процесу рідину, що містить кристали  $\text{CaSO}_3$  і  $\text{CaSO}_4$ , для відділення твердої фази і для її зневоднення пропускають через гідроциклон і вакуум-фільтр[8].

Отриманий шлам направляють у відвал, а звільнений від кристалів розчин - в рециркуляційний збірник. сюди ж направляють свіжу вапняну суспензію і воду, що компенсує втрати. з циркуляційного збірника розчин, який складається з суспензії вапняку і кристалів сульфїту і сульфату кальцію, за допомогою насоса через фільтр подається на зрошення скрубберу. Очищений від  $\text{SO}_2$  газ викидається через краплеуловлювач в атмосферу. ступінь очищення газу може бути доведена до 85%.

При застосуванні в якості сорбенту вапняного молока  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  замість вапняку можна зберегти ту ж принципову схему і отримати дещо вищу ступінь очищення (до90%).

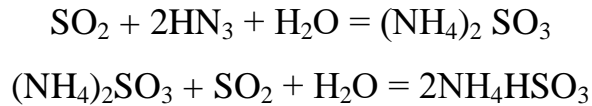
В цьому випадку основна реакція має вигляд:



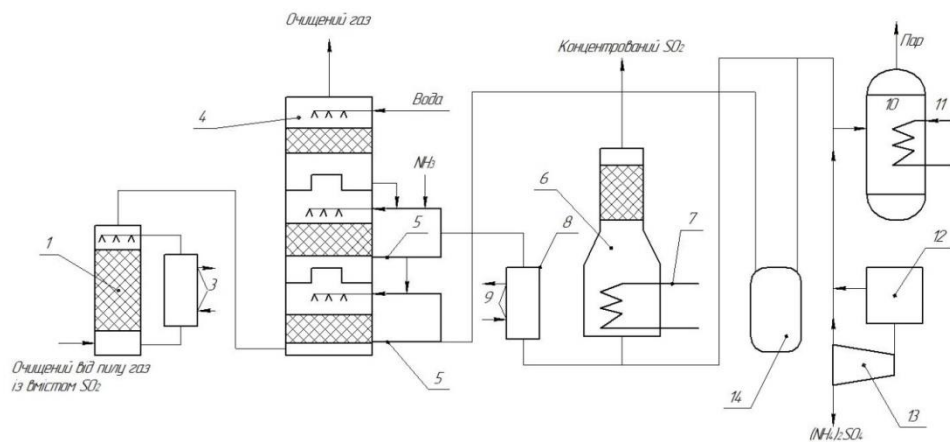
В циклічних сульфїтних методах очищення від діксіду сіркі на відміну від вапнякового і вапняного методів при циклічних методах основний реагент, що зв'язує газоподібний  $\text{SO}_2$ , регенерується і знову використовується в процесі, а вловлений  $\text{SO}_2$ , виділяється в концентрованому вигляді і може бути використаний як сірковмісний продукт.



Існує кілька методів, які базуються на застосуванні різних реагентів, але схожих за характером проходження реакцій і апаратному оформленні. В разі аміачного циклічного методу в якості основного реагенту застосовують аміак, який, взаємодіючи в водному розчині з сірчистим ангідридом, утворює сульфід і бісульфід амонію:



При нагріванні (особливо під вакуумом) бісульфід амонію переходить в сульфід з виділенням  $\text{SO}_2$ . Отриманий сульфід амонію направляють для подальшої участі в процесі, а концентрованої  $\text{SO}_2$  використовують як товарну продукцію. З огляду на те що абсорбція  $\text{SO}_2$  аміаком істотно інтенсифікується з пониженням температури, попередньо очищені від пилу газу піддають охолодженню в форсункованому скрубєрі з замкнутою циркуляцією охолоджувальної води [8]. Схему циклічного аміачного методу очищення газу від  $\text{SO}_2$  представлено на рисунку 2.7



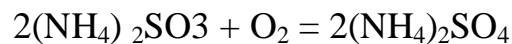
1 - скрубєр для охолодження газу; 2 - охолоджувач рідини, що охолоджує скрубєр; 3 - підведення і відведення охолоджуючої води; 4 - триступеневий абсорбер для поглинання  $\text{SO}_2$ ; 5 - циркуляційні насоси; 6 - десорбер; 7 - паровий обігрів абсорбера; 8 - охолоджувач регенованого розчину; 9 - підведення і відведення охолоджуючої води; 10 - випарний апарат; 11 - паровий обігрів; 12 - кристалізатор; 13 - центрифуга; 14 - автоклав.

Рисунок 2.7 – Схема циклічного аміачного методу очищення газу від  $\text{SO}_2$

Після охолодження в скрубєрі, забезпеченому охолоджувачем води, гази надходять в триступеневий абсорбер, з якого виходять очищеними.

Нижні ступені абсорбера зрошуються розчином по замкнутій циркуляційній системі. Верхня ступінь, зрошення якої роблять чистою водою, служить для поглинання аміаку що виділяється, підмішуються до очищеного газу. На зрошення другого ступеня надходять вода, що поглинула аміак на верхній ступені, і розчин відновленого з десорбера сульфїту амонію. В контур нижньої ступені надходить розчин з контуру другого ступеня. Прореагований сорбент з нижнього контуру зрошення подають в десорбер, де за рахунок нагріву парою відбувається відновлення бісульфату в сульфїт. По реакції після охолодження в поверхневому охолоджувачі сульфїт направляють знову в абсорбер. концентрований SO<sub>2</sub>, що виділяється в десорбері, може бути використаний для отримання сірчаної кислоти [8].

Сульфїт амонію може взаємодіяти з розчиненим киснем, утворюючи сульфат:



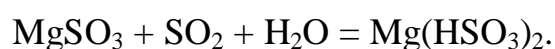
Реакція утворення сульфату небажана, тому що ускладнює процес очищення. До суттєвих недоліків цього методу відносяться:

1. необхідність попереднього охолодження газу;
2. застосування стійких до кислот арматурних матеріалів;
3. висока вартість установки і великі експлуатаційні витрати.

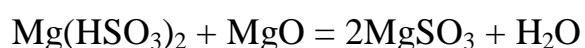
В основі магnezитового методу лежить зв'язування сірчистого ангїдриду оксидом магнію з утворенням сульфїту магнію:



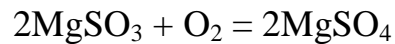
Сульфїт магнію, взаємодіючи з сірчистим ангїдридом, утворює бісульфїт:



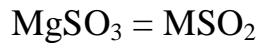
Бісульфїт магнію, взаємодіючи з оксидом магнію, може знову переходити в сульфїт:



Під дією кисню, що міститься в очищуваному газі, частина сульфїта магнію може окислюватися до сульфату:

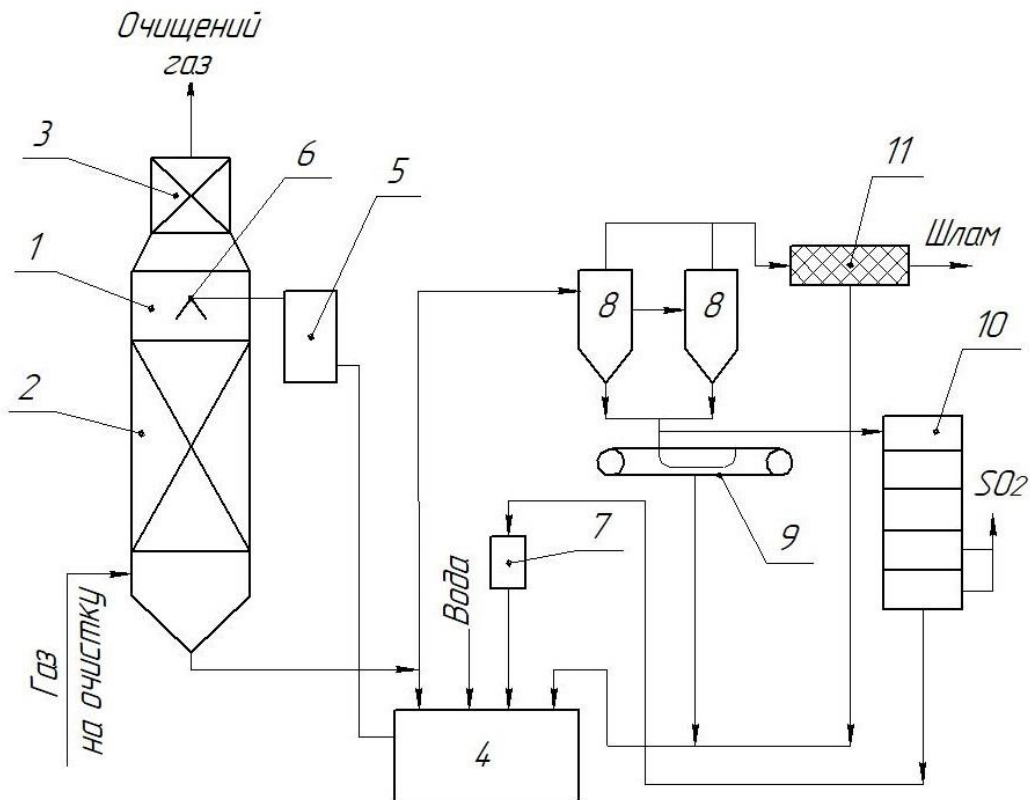


Розчинність сульфату магнію в воді обмежена, і разом з формуванням він випадає у вигляді кристалів які виводять з суспензії, сушать і піддають термічному розкладанню в печі при 800-900°C по реакції:



Оксид магнію повертають в процес, а концентрований  $\text{SO}_2$  переробляють в сірчану кислоту або елементарну сірку. Схему кристального магnezитового методу представлено на рисунку 2.8.

Основним елементом установки є абсорбер скрубєрного типу з дерев'яної хордовою насадкою. Газ підлягає очищенню, підводиться в скрубєр знизу, а очищений відводиться через краплеуловлювач зверху. Зрошення здійснюють суспензією  $\text{MgSO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  і  $\text{MgO}$  у водному розчині магнію з щільністю зрошення 15-20  $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$ . Суспензія з скрубєра зливається в основному в циркуляційний збірник, куди через дозатор додається магnezїт для нейтралізації розчину бісульфата магнію і подальшого виділення кристалів. Частина відпрацьованої суспензії безперервно забирають з циклу і відводять на гідроциклони. Очищена пульпа з гідроциклонів надходить на стрічковий вакуум-фільтр для відділення кристалів від маточного розчину, що направляється назад в циркуляційний бак. Дрібні нерозчинні домішки, що вносяться до цикл газом і технічним магnezитом, проходять через циклони на вакуум-фільтр, де віджимаються, промиваються і виводяться з циклу [8].



1 - скруббер; 2 - хордові насадка; 3 - краплеуловлювач; 4 - бак для нейтралізації суспензії; 5 - фільтр для відділення великих включень; 6 - форсунки; 7 - дозатор магнезиту; 8 - гідроциклони; 9 - стрічковий вакуум-фільтр; 10 - піч киплячого шару; 11 - фільтр-прес.

Рисунок 2.8 – Схема циклічного кристалного магnezитового методу очищення газів від діоксиду сірки.

Виділені на стрічковому вакуум-фільтрі кристали направляють в багаторівневу піч киплячого шару з підведенням продуктів згоряння під нижній рівень. На верхніх рівнях відбуваються сушка і видалення гідратної води, а на нижніх при 800-900°C - термічний розклад сульфїту на MgO і SO<sub>2</sub> відповідно до реакції. Магnezит направляють для повторного використання в циркуляційний бак, а SO<sub>2</sub> - на сірчаноокислотний завод.

Магnezитовий метод дозволяє очищати гази, які мають температуру 100-150 °C. До недоліків цього методу відносяться можливість засмічення насадки і комунікацій утворюються кристалами, а також значні витрати палива на регенерацію магnezиту.

До переваг адсорбційних методів - простота пристрою і компактність обладнання, можливість очищення нагрітих і запилених газів, висока ступінь очистки, відносно невеликі капітальні витрати. викид в димову трубу нагрітих газів покращує розсіювання їх в атмосфері [8].

На більшості аглофабрик використовують таку схему збору та відведення технологічних газів від агломашин. З усіх вакуум-камер що розташовані по довжині агломераційної машини, в яких для подолання опору спікається агломерат в шихти підтримується розрідження 10-11 кПа, гази збираються в загальний колектор, розміщений збоку від агломашини паралельно її осі. На відгалуженнях від вакуум-камер до колектора стоять S-образні інерційні пристрої або спеціальні пастки К-9, в яких за рахунок сил інерції, що виникають при поворотах, відбувається відділення тільки найбільшого пилу. Збираючись в колекторі, запилені гази з невеликою швидкістю (до 10 м/с) рухаються до головної частини машини. При цьому великі частки пилу під дією власної ваги випадають з потоку і збираються в розташованих під колектором пилових бункерах, звідки ідуть зазвичай за допомогою гідрозмиву. На рисунку 2.9 показані існуючі схеми збору і відводу технологічних газів від агломашин як при використанні для процесу спікання всієї стрічки, так і при здійсненні охолодження агломерату на хвостовій частині стрічки. Зазвичай ефективність роботи колектора не перевищує 50-60% [14].

Під час здійснення цих схем довжина шляху сильно запиленого газу в колекторі значно збільшується і ефективність роботи колектора помітно зростає. Крім того, в результаті установки спеціальних пиловловлювачів на підводах до колектора з перших і останніх камер, абсолютне надходження пилу в колектор різко скорочується, а тиск в цих камерах підвищується, що сприятливо відбивається на ході процесу спікання [14].

Обезпилювання газів агломераційних машин здійснюють в батарейних і одиночних циклони, мокрих пиловловлювачах і електрофільтрах. Спочатку типовими проектними рішенням була установка батарейних циклонів

(рисунок 2.9, а), кількість елементів в яких досягло на великих машинах 1000-2000 штук [26].

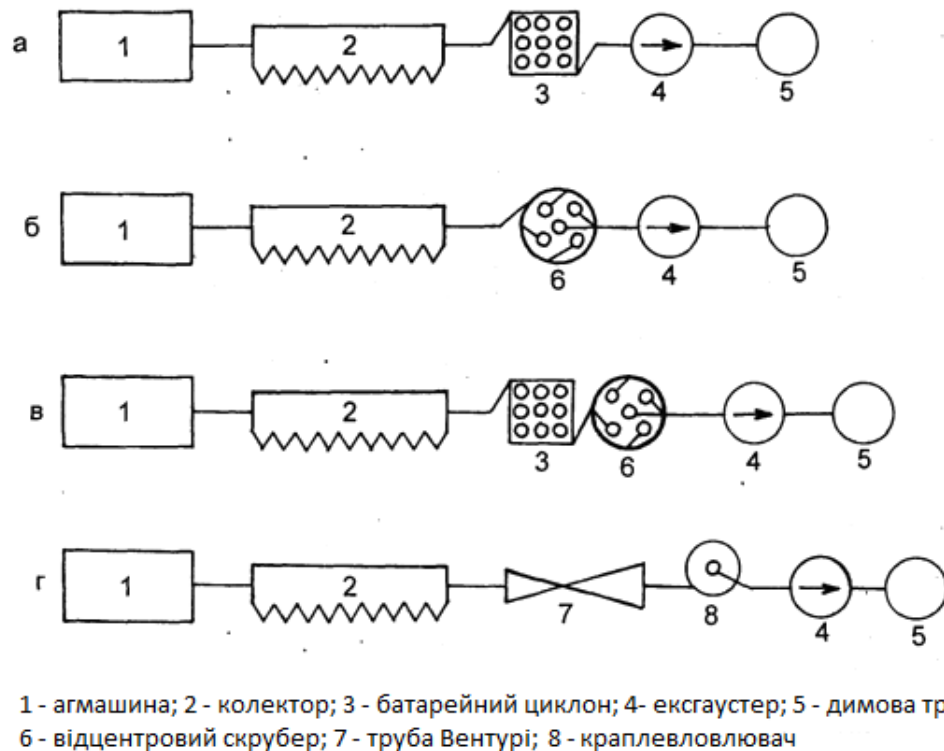


Рисунок 2.9 - Схеми очищення газів, що відходять агломераційних машин

Однак практика експлуатації виявила великі недоліки цього виду газоочисток, основними з яких є:

1. нерівномірний розподіл газу при великій кількості циклонних елементів, що приводить до перерозподілу потоків газу між елементами;
2. інтенсивний і нерівномірний знос і забивання пилевипускних отворів циклонних елементів;
3. забивання пилом напрямних апаратів циклонних елементів;
4. руйнування агломераційної пилу, що представляє собою агрегати з різнорідних частинок, у відцентровому полі циклону, що істотно знижує ступінь очищення газу.

На деяких аглофабриках замість батарейних встановлені поодинокі циклони великого діаметру (рис. 2.9, б). Зменшуючи можливість забивання пилом і нерівномірного розподілу газу за елементами, поодинокі циклони в той же час не забезпечують високого ступеня очищення внаслідок великих розмірів і зменшення величини відцентрових сил. В результаті експлуатаційна ступінь очищення як в батарейних, так і в одиночних циклони низька і не перевищує 80-85%; запиленість очищеного газу дорівнює 0,4-0,5 г/м<sup>3</sup>. Така концентрація пилу в газі неприпустима, по-перше, з санітарних міркувань внаслідок великого викиду пилу в повітряний басейн і, по-друге, через різке скорочення терміну служби ексгаустера (до 3-4 місяців) внаслідок корозійного зносу. Простій агломашини при заміні ексгаустера близько 5 годин.

Деяким кроком вперед стало застосування для очищення агломераційних газів мокрих пиловловлювачів, як в якості самостійних апаратів, так і в якості другого ступеня очищення. На одній з аглофабрик після батарейних циклонів встановлені відцентрові скрубери типу МПВТІ (рис. 2.9, в), що дозволило знизити запиленість очищеного газу до 150-200 мг/м<sup>3</sup>, і, тим самим збільшити термін служби ексгаустерів. Однак, до решти недоліків батарейних циклонів додалися недоліки мокрих апаратів, внаслідок чого експлуатація ускладнилася, а надійність знизилася, тому як типову таку схему рекомендувати не можна. На деяких аглофабриках в якості єдиного мокрого апарату застосовують низьконапірні скрубери Вентурі (рис. 2.9, г). Внаслідок того, що вони включаються в газовідвідний тракт агломашини, можливий для використання, перепад тисків обмежений 0,2-0,3 кПа, що відповідає швидкостям газу в горловині труби Вентурі 60-75 м / с [8].

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



## 3 ПРОЕКТНИЙ

### 3.1 Проектування основного та допоміжного обладнання технології очистки газів

#### 3.1.1 Вибір та розрахунок газоочисних апаратів

В даному магістерському проекті розроблено варіант очищення технологічних газів від агломераційної машини в рукавних фільтрах типу ФРІР які призначені для виділення з газового потоку агломераційної пилу і повернення її в шихтове відділення аглофабрики для утилізації, а також очищення диоксиду сірки в адсорбері та вловлення продукту реакції у рукавному фільтрі типу ФРІР. Схему системи газоочищення газів агломераційного виробництва представлено на рисунку 3.1

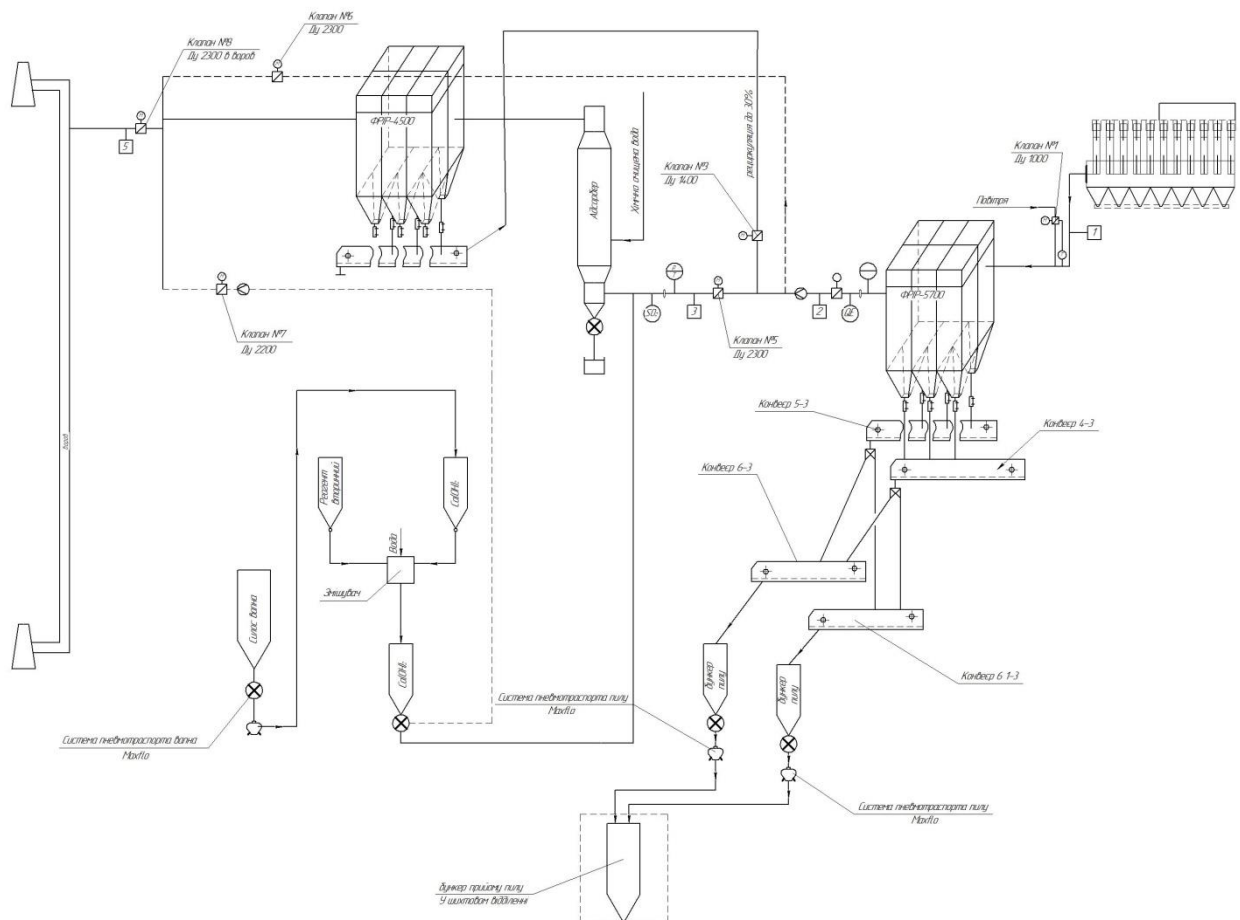


Рисунок 3.1 – Схема система газоочищення газів агломераційного виробництва

Розглянемо більш детально весь процес роботи запропонованої системи газоочистки.

Технологічний газ, що відходить безпосередньо від газового колектора агломашини, надходить в рукавний фільтр ФРІР очищення газу встановлений ексгаустер для забезпечення розрядження в газовому колекторі агломашини (11000-16000 Па) і подолання гідравлічного опору всього газового тракту першого ступеня, включаючи рукавний фільтр (3500-5500 Па).

Ексгаустер обладнаний напрямних апаратом з електромеханічним приводом, жалюзійні решітки якого встановлені на всмоктуючих колекторах агрегату. Направляючий апарат призначений для запуску ексгаустера, а дросельні клапани - виконання ремонтних, і також у разі аварійної ситуації поломки направляючого апарату.

У зв'язку з тим, що при нештатних режимах роботи агломашин мають місце пікові короткочасні коливання температур до 300°C, з метою захисту рукавів від прожогу, на вхідному колекторі фільтра ФРІР встановлюється клапан підсосу атмосферного повітря Ду1000 з приводним механізмом МЕО1600, який в автоматичному режимі спрацьовує, при досягненні температури понад 250 °С, з можливістю регулювання параметрів температур.

Клапан встановлений у верхній частині вхідного колектора брудного газу фільтра ФРІР, виконавчий механізм знаходиться в зворотному зв'язку з датчиком температури Pt100, який в свою чергу вмонтований так само в стінку газоходу брудного газу на виході з колектора агломашини.

У якості матеріалу тканини рукавного фільтра обрано волокно з Оксалону та сітка з базальту (4949 МЕТЕОР).

Матеріал має наступні характеристики:

- |                              |                              |
|------------------------------|------------------------------|
| 1. Вага                      | 902-998 г/м <sup>2</sup>     |
| 2. Товщина                   | 1,5-2,0 мм                   |
| 3. Повітропроникність        | 119-166л/дм <sup>2</sup> /хв |
| 4. Внутрішній тиск на розрив | 6985 кПа                     |

## 5. Температура

постійна	290 °С
короткочасна	350 °С

## 6. Розривне зусилля

продольне	min 400 кг
поперечне	min 200 кг

**Розрахунок рукавного фільтру (першої ступені очищення)**

Для виконання розрахунків приймаємо вихідні дані, які наведені в завданні до магістерського дипломного проекту.

Витрата газу за нормальних фізичних умов  $V_0 = 190000 \text{ м}^3 / \text{год}$

Температура газу  $t^0 = 210 \text{ °С}$ ;

Розрідження попереду рукавного фільтру,  $P_r = -8 \text{ кПа}$ .

Запиленість газу, що поступає на очищення,  $z_1 = 6 \text{ г/м}^3$ .

Щільність частинок пилу  $\rho_{\text{ч}} = 2000 \text{ кг/м}^3$ .

Склад газів:

Компоненти	CO <sub>2</sub>	CO	O <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
Вміст, %	4,5	2,5	14	0,02	78,8
Густина компонентів за нормальних умов, кг/м <sup>3</sup>	1,976	1,250	1,429	2,926	1,251

Дисперсний склад пилу в газі (за даними ПАТ «Запоріжсталь»):

Розмір часток пилу, мкм	0-4	4...7	7...10	10...16	16...25	25...40	40...50	50...68	≥68
Вміст, %	4	2	2	2	7	8	14	4	57

Визначаємо густину суміші газів за нормальних умов, кг/м<sup>3</sup>:

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

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

$\rho_{0i}$  – густина компонентів газової суміші за нормальних умов, кг/м<sup>3</sup>.

$$\rho = 0,01 \cdot (4,5 \cdot 1,976 + 14 \cdot 1,429 + 2,5 \cdot 1,25 + 0,2 \cdot 2,926 + 78,8 \cdot 1,251) = 1,312 \text{ кг/м}^3$$

Тоді густина суміші газів за робочих умов, кг/м<sup>3</sup>:

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

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

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

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

$$\rho = \frac{273 \cdot (101,3 - 8)}{101,325 \cdot (273 + 210)} \cdot 1,312 = 0,683 \text{ кг/м}^3$$

Встановлюємо об’єм газу за робочих умов, м<sup>3</sup>/с:

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

де  $V_0$  – обсяг газу за нормальних умов,  $V_0 = 190000$  м<sup>3</sup>/год.

$$V = \frac{101325 \cdot (273 + 210)}{273 \cdot (101,3 - 8)} \cdot 190000 = 101,23 \text{ м}^3/\text{с}$$

Питоме газове навантаження або швидкість фільтрації, згідно з паспортними даними фільтру типу ФРІР  $\leq 1,5$  м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·хв. Отже, приймаємо питоме газове навантаження на фільтр рівне  $q = 1,1$  м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·хв.

Площа необхідної фільтруючої поверхні, м<sup>2</sup>:

$$V = \frac{F}{q} = \frac{101,23 \cdot 60}{1,1} = 5531 \text{ м}^2.$$

Вибираємо рукавний фільтр типу ФРІР-5700, технічна характеристика якого приведена нижче [15]:

- |   |               |
|---|---------------|
| 1. Продуктивність по газу, що очищається, тис. м <sup>3</sup> /год. | 513– 684      |
| 2. Питоме газове навантаження, м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ·хв   | 1,5 – 2,0     |
| 3. Площа фільтрації, м <sup>2</sup>                                 | 5700          |
| 4. Допустима температура газу, що очищається, °С                    | не більше 135 |
| 5. Масова концентрація пилу в газі, що очищається, г/м <sup>3</sup> |               |

на вході у фільтр	до 50
на виході з фільтру	не більше 0,02
6. Гідравлічний опір фільтру, Па	не більше 2500
7. Кількість фільтрувальних рукавів, шт	2688
8. Розмір рукава фільтрувального, мм	
діаметр внутрішній	135
довжина	5200
9. Маса фільтру, кг	149500
10. Маса шатра фільтру, кг	65000

Відповідно до технічної характеристики рукавного фільтру типу ФРІР–5700 визначимо фактичне газове навантаження на рукавний фільтр:

$$q_{\phi} = \frac{V}{F_{\phi}} = \frac{101,23}{5700} = 0,0178 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{с} = 1,066 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{хв.}$$

Повний гідравлічний опір фільтру  $\Delta P_{\phi}$  складається з опору корпусу  $\Delta P_{\kappa}$  і опори фільтрувальної перегородки  $\Delta P_{\phi.п.}$ , Па:

$$\Delta P_{\phi} = \Delta P_{\kappa} + \Delta P_{\phi.п.}$$

Гідравлічний опір корпусу фільтру:

$$\Delta P_{\kappa} = \zeta \frac{\rho_{\Gamma} \cdot W_{вх}^2}{2},$$

де  $\rho_{\Gamma}$  - щільність газу за робочих умов, г/м<sup>3</sup>;

$W_{вх}$  - швидкість газу, що приймається, у вхідному патрубку фільтру;  
 $W_{вх} = 8 \text{ м/с}$ ;

$\zeta$  - коефіцієнт гідравлічного опору корпусу; для правильно сконструйованих рукавних фільтрів зазвичай складає 1,5 – 2,0, приймаємо  $\zeta = 2$ .

$$\Delta P_{\kappa} = 2 \frac{0,683 \cdot 8^2}{2} = 43,71 \approx 44 \text{ Па.}$$

Опір фільтрувальної перегородки фільтру, Па:

$$\Delta P_{\phi.п.} = \Delta P_{\Gamma} + \Delta P_{ш.п.},$$

де  $\Delta P_m$  – гідравлічний опір тканині фільтру, Па:

$$\Delta P_T = A \cdot W_\phi \cdot \mu_{г.см.};$$

де  $A$  – постійна фільтрування;

$W_\phi$  – швидкість фільтрування, м/с;  $W_\phi = q_\phi = 1,066 \text{ м/хв} = 0,0178 \text{ м/с}$ ;

$\mu_{г.см.}$  - динамічна в'язкість газової суміші при р.у.

$\Delta P_{ш.п.}$  – гідравлічний опір шару, що накопичується, пилу, Па:

$$\Delta P_{ш.п.} = \Delta P_\phi - \Delta P_K - \Delta P_T.$$

Час періоду між регенераціями рукавного фільтру визначимо по формулі:

$$t_p = \frac{\rho_{г.}(\Delta P_\phi - A \cdot B)}{A \cdot z_1 \cdot \omega}$$

де  $B$  – постійна фільтрування;

$z_1$  - концентрація пилу в газі перед фільтром, г/м<sup>3</sup>.

Розраховуємо постійні фільтрування  $A$  і  $B$ :

$$A = \frac{817 \cdot \mu \cdot \omega (1 - \varepsilon_n)}{d_m^2 \cdot \varepsilon_n^3}$$

$$B = 0.82 \cdot 10^{-6} \cdot d_m^{0.25} \cdot \varepsilon_{тк}^3 \cdot (1 - \varepsilon_n) \cdot h^{2/3}$$

де  $\varepsilon_n$  - пористість шару пилу;  $\varepsilon_n = 1 - 79d_m^{0.47} = 1 - 79(70 \cdot 10^{-6})^{0.47} = 0,12$ ;

$\varepsilon_{тк}$  - пористість тканини (оксалон), долі од.;  $\varepsilon_{тк} = 0,75$ ;

$d_m$  – середній медіанний розмір частинок пилу, м;

$h$  - питомий гідравлічний опір, Па,  $h = 7,2 \cdot 10^5 \text{ Па}$  [16].

Обчислюємо динамічний коефіцієнт в'язкості газу:

$$\mu_{CO_2} = 13,7 \cdot 10^{-6} \frac{273+254}{273+210+254} \left( \frac{273+210}{273} \right)^{1.5} = 23,05 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с};$$

$$\mu_{CO} = 16,6 \cdot 10^{-6} \frac{273+100}{273+210+100} \left( \frac{273+210}{273} \right)^{1.5} = 24,99 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$$

$$\mu_{N_2} = 17 \cdot 10^{-6} \frac{273+114}{273+210+114} \left( \frac{273+210}{273} \right)^{1.5} = 25,93 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$$

$$\mu_{O_2} = 20,3 \cdot 10^{-6} \frac{273+73}{273+210+73} \left( \frac{273+210}{273} \right)^{1.5} = 29,72 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$$

$$\mu_{SO_2} = 11,7 \cdot 10^{-6} \frac{273+396}{273+210+396} \left( \frac{273+210}{273} \right)^{1,5} = 20,96 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$$

Знаходимо динамічну в'язкість суміші:

$$\mu_{\text{см}} = (4,5 \cdot 23,05 + 2,5 \cdot 24,99 + 78,8 \cdot 25,93 + 14 \cdot 29,72 + 0,2 \cdot 20,96) 10^{-6} / 100$$

$$\mu_{\text{см}} = 26,3 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}.$$

$$A = \frac{817 \cdot 26,3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,0178(1 - 0,12)}{(70 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 0,12^3} = 3,98 \cdot 10^7$$

$$B = 0,82 \cdot 10^{-6} \cdot (70 \cdot 10^{-6})^{0,25} \cdot 0,75^3 \cdot (1 - 0,12) \cdot (7,2 \cdot 10^5)^{\frac{2}{3}}$$

$$= 2,2 \cdot 10^{-4}$$

Гідравлічний опір тканини, Па:

$$\Delta P_T = 3,98 \cdot 10^7 \cdot 0,0178 \cdot 26,3 \cdot 10^{-6} = 18,63 \text{ Па}.$$

Гідравлічний опір шару пилу визначимо, прийнявши опір рукавного фільтру  $\Delta P = 2500$  Па, тоді:

$$\Delta P_{\text{ш.п.}} = 2500 - 44 - 18,63 = 2437,7 \text{ Па}.$$

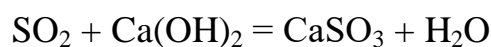
Тривалість періоду фільтрування між двома регенераціями:

$$t_p = \frac{2000(2500 - 3,98 \cdot 10^7 \cdot 2,2 \cdot 10^{-4})}{3,98 \cdot 10^7 \cdot 6 \cdot 10^{-3} \cdot 0,0178} = 2950,97 \text{ с} = 49,2 \text{ хв}$$

Визначимо ефективність рукавного фільтру. Якщо прийняти залишкову запиленість газу  $z_2 = 20 \text{ мг/м}^3$ , виходячи з технічної характеристики роботи рукавного фільтру марки ФРІР-5700, тоді

$$\eta = (z_1 - z_2) / z_1 = (6 - 0,02) / 6 = 0,997 \text{ або } 99,7 \text{ \%}.$$

Після очищення в рукавному фільтрі газ по газоходу надходить у другу ступінь очищення для уловлювання діоксиду сірки. В адсорбері відбувається хімічна реакція за формулою:



Гідроксид кальцію ( $\text{Ca(OH)}_2$  свіжий реагент) завантажується в спеціальний завантажувальний бункер  $V = 1,15 \text{ м}^3$ , і за допомогою

пневмокамерного насосу, який встановлено безпосередньо під основним силосом свіжого реагенту. Через шлюзовий живильник ШП-200 який встановлено в нижній частині бункера матеріал надходить в бункер дозатор, розташований на відм. + 9,300. Бункер вторинного реагенту встановлено так само на позначці +18,400, в нього прореагований матеріал надходить з скребкового конвеєра КСФ №3 системи збирання пилу.

Система подачі вторинного реагенту в бункер дозатор здійснюється так само, як і з бункера свіжого реагенту через шлюзовий живильник ШП-200.

Після змішування двох компонентів з дозувальний бункера відм. + 9,300, матеріал під дією шлюзового живильника ШП-200 оснащений в свою чергу частотним перетворювачем, для регулювання подачі матеріалу який надходить в газохід реактора-адсорбера. Всі три робочі бункери (свіжого, вторинного, дозувальний) оснащені системою вимірювання ваги, інформація про наповнення або вивантаження бункерів виведена на монітор оператора.

Дозувальний бункер оснащений шлюзовим живильником ШП-200 електродвигун якого підключений через частотний перетворювач, який дає можливість оператору вибирати швидкість обертання ротора живильника, тим самим регулювати кількість пропонованого матеріалу в газохід адсорбера. Кількість пропонованого матеріалу залежить від змісту сірчистого газу  $SO_2$  в відпрацьованих газах, цю величину фіксує система газового аналізу і передає дані на операторську станцію. Після реактора, де відбувається адсорбція діоксиду сірки на частинках гідроксиду кальцію, агломераційний газ за допомогою систему клапів Ду2300 надходить у боров агломераційного цеху.

При регенерації рукавів, відпрацьований сорбент зсипається в бункери рукавного фільтра і подається на рециркуляцію в реактор через бункер вторинного реагенту. Застосування рециркуляції сорбенту збільшує час перебування частинок сорбенту в системі, створює більш високу щільність частинок сорбенту в реакторі перед рукавним фільтром, дозволяє досягти частою переорієнтації частинок сорбенту при повторному захопленні



повертаються частинок фільтрувальним матеріалом. Рециркуляція сорбенту веде до помітного поліпшення ступеня уловлювання кислих газових складових, а також до зниження кількості використовуваного сорбенту [18].

Кількість сорбенту регулюється і при необхідності може бути налаштоване в залежності від фактичного обсягу газу, що очищається.

Система дозування складається з бункерів свіжого і рециркулюємого реагенту, бункера-дозатора. У газохід адсорбера крім свіжого і вторинного реагенту подається дозована кількість води за показаннями витратоміра, за допомогою автоматичного запірного клапана, для активізації процесу адсорбції і зниження температури газів до  $95 \div 100 \text{ }^\circ\text{C}$  [26].

Технічна характеристика адсорбера (рис. 3.2)

1. Довжина загального газоходу - 43000 мм;
2. Діаметр прямої циліндричної частини - 3500 мм ;
3. Діаметр газоходу примикає до циліндричної частини - 2320 мм;
4. Товщина стінки циліндричної частини корпусу адсорбера - 8 мм;
5. Товщина газоходів примикають до циліндричної частини - 10 мм;
6. Пропускна здатність по газу -  $450000 \text{ м}^3 / \text{год}$ ;
7. Сумарна споживана потужність обладнання подачі реагенту - 6 кВт
8. Маса (без термоізоляційного кожуху - хв. Вата, оцинкована сталь) - 33400 кг.

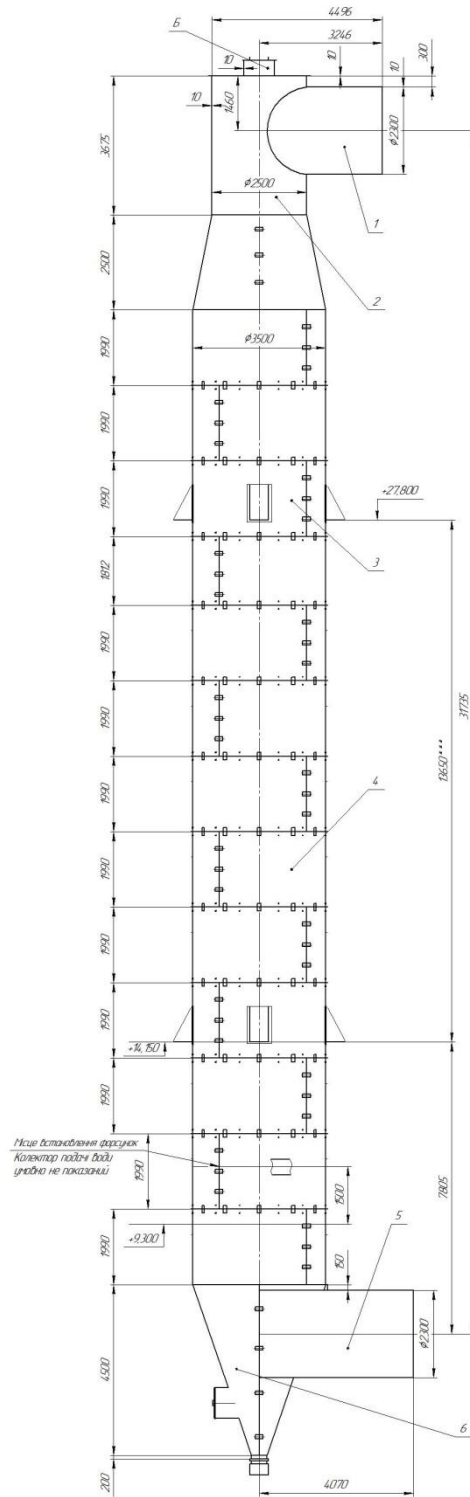
Далі проводимо розрахунок рукавного фільтру, який застосовується для вловлювання продукту реакції, що утворився при поглинанні оксиду сірки (IV)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

### **Розрахунок рукавного фільтру (другої ступені очищення)**

Для виконання розрахунків приймаємо вихідні дані, які наведені в завданні до магістерського дипломного проекту.

1. Витрата газу за нормальних фізичних умов  $V_0 = 190000 \text{ м}^3 / \text{год}$
2. Температура газу після адсорбера становить  $t^\circ = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
3. Запиленість газу, що поступає на очищення,  $z_1 = 5 \text{ г/м}^3$ .
4. Щільність частинок пилу  $\rho_{\text{ч}} = 2300 \text{ кг/м}^3$ .

5. Тоді об'єм газу за робочих умов становить 361 413 м<sup>3</sup>/год :



1 – вихідний патрубок; 2 – дифузор; 3 – система зрошення; 4 – корпус; 5 – вхідний патрубок; 6 – конфузор.

Рисунок 3.2 – Адсорбер

Приймаємо питоме газове навантаження для фільтру типу ФРІР 1,5 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·хв.

Площа необхідної фільтруючої поверхні, м<sup>2</sup>:

$$F = \frac{361413 \cdot 60}{3600 \cdot 1.5} = 4015.7$$

Обираємо рукавний фільтр типу ФРІР-4500, технічна характеристика якого наведена нижче [15]:

Фільтр рукавний ФРІР-4500С

- |   |           |
|---|-----------|
| 1. Площа фільтрування, м <sup>2</sup>                             | – 4200    |
| 2. Продуктивність(макс.), м <sup>3</sup> /год                     | – 340000  |
| 3. Питоме газове навантаження, м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ·хв | – 1,5     |
| 4. Гидравличний опір, Па  | – до 3500 |
| 5. Витрата стислого повітря, м <sup>3</sup> /хв                   | – 3,6     |
| 6. Температура газів, не більш, °С                                | – 150     |
| 7. Кількість фільтрувальних рукавів, шт                           | – 1620    |
| 8. Тиск повітря для регенерації, МПа                              | – 0,4÷0,5 |
| 9. Матеріал рукавів – оксалон та сітка з базальту (4949 METEOR).  |           |

Відповідно до технічної характеристики рукавного фільтру типу ФРІР–4500 визначимо фактичне газове навантаження на рукавний фільтр:

$$q_{\phi} = \frac{361413}{3600 \cdot 4500} = 0,0223 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с} = 1,338 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{хв}$$

Визначаємо час періоду між регенераціями рукавного фільтру при динамічній в'язкості суміші газів (температура 100 °С)  $20,6 \cdot 10^{-6}$  Па·с.

$$A = \frac{817 \cdot 20,6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,0223(1 - 0,12)}{(70 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 0,12^3} = 3,9 \cdot 10^7$$

$$B = 0,82 \cdot 10^{-6} \cdot (70 \cdot 10^{-6})^{0,25} \cdot 0,75^3 \cdot (1 - 0,12) \cdot (7,2 \cdot 10^5)^{\frac{2}{3}}$$

$$= 2,2 \cdot 10^{-4}$$

$$t_p = \frac{2300(2500 - 3.9 \cdot 10^7 \cdot 2.2 \cdot 10^{-4})}{3.9 \cdot 10^7 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 0.0223} = 3215,8 \text{ с} = 53,597 \text{ хв}$$

Визначимо ефективність рукавного фільтру. Якщо прийняти залишкову запиленість газу  $z_2 = 20 \text{ мг/м}^3$ , виходячи з технічної характеристики роботи рукавного фільтру марки ФРІР-5700, тоді

$$\eta = (z_1 - z_2) / z_1 = (5 - 0,02) / 5 = 0,996 \text{ тобто } 99,6 \%$$

### 3.1.2 Аеродинамічний розрахунок газового тракту

Визначення розрахункового опіру газовідвідного тракту відповідно до рис. 3.1 визначається за формулою, Па:

$$\Delta P = \Delta P_{\text{р.ф.}} + \Delta P_{\text{ад.}} + \Delta P_{\text{г.т.}},$$

де  $\Delta P_{\text{р.ф.}}$  – опір рукавного фільтру ФРІР-5700, Па,  $\Delta P_{\text{р.ф.}} = 2500 \text{ Па}$ ;

$\Delta P_{\text{ад.}}$  – опір адсорбера, Па;

$\Delta P_{\text{газов.}}$  – опір газового тракту Па.

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

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:

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

де  $\lambda_i$  – безрозмірний коефіцієнт гідравлічного тертя .

Коефіцієнт гідравлічного тертя залежить від числа Рейнольдса  $Re_i$  і відносної шорсткості  $\frac{k_{ei}}{d_{ei}}$ .

Число Рейнольдса визначають за формулою:

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

де  $w_i$  - швидкість газу в газоході, м/с;

$d_{ei}$  - діаметр газоходу, м.

При визначенні діаметрів газоходів швидкість і об'ємна витрата газів повинні бути підбрані так, щоб на всіх ділянках і відгалуженнях газоходу вони були відносно однаковими.

Діаметр газоходу визначається по формулі:

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

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

Оскільки рух газів в газоході відбувається у автомобільній області, тоді коефіцієнт гідравлічного тертя визначається за формулою:

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

Втрати тиску на тертя в газоході рівні сумі втрат на окремих розрахункових ділянках:

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

Результати розрахунків заносимо у табл. 3.2.

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

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

де  $\zeta_i$  – коефіцієнт місцевого опору, що залежить від його виду, форми трубопроводу, розмірів перешкод на шляху потоку.

Втрати тиску на місцевих опорах у газоході дорівнюють сумі втрат на окремих розрахункових ділянках, Па:

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

Результати розрахунку газовідвідного тракту, з урахуванням гідравлічних опорів газоочисних апаратів заносимо до табл. 3.2.

Ділянка 1

Колектор – рукавний фільтр ФРІР-5700

Ділянка 2

Рукавний фільтр – адсорбер

Ділянка 3

Адсорбер – рукавний фільтр

Ділянка 4

Рукавний фільтр – димотяг (ексгаустер)

Ділянка 5

Димотяг – димова труба

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку аеродинаміки газовідвідного тракту

Номер участку	$t, ^\circ\text{C}$	$Q_p, \text{м}^3/\text{с}$	Геометричні параметри				Втрати тиску				
			$l, \text{м}$	$d, \text{м}$	$S, \text{м}^2$	$V, \text{м/с}$	Вид місцевого опору	$\xi_m$	$\Delta P_m, \text{Па}$	$\Delta P_i, \text{Па}$	$\Delta P_\Sigma, \text{Па}$
1	210	101,23	20	2,8	6,15	16,44	Вихід з колектора	0,28	92,43	1,58	104,01
							Конфузор	0,08			
							Секційне коліно, 2 шт	0,78			
Рукавний фільтр											2500
2	190	97,2	17	2,8	6,15	15,79	Дифузор	0,04	81,78	6,05	87,83
							Секційне коліно, 2 шт	0,78			
Адсорбер											900
3	100	81,25	25	2,4	4,52	17,97	Дифузор	0,12	21,31	37	58,31
Рукавний фільтр											2500
4	90	79,07	20	2,2	3,8	10,81	Секційне коліно, 2 шт	0,39	337,8	47,24	385,02
							Вхід до димотягу	0,52			
Димотяг											-
5	90	79,07	15	2,3	3,8	10,81	-	-	-	33,89	33,89
Загальний опір											6569,06
Димова труба											401,93

### 3.1.3 Розрахунок димової труби

Самотяга з'являється на ділянці, початок і кінець якого знаходиться на різній висоті й обумовлюється різницею густин нагрітих газів і зовнішнього повітря. Самотяга вважається позитивною при русі газів нагору по каналу і негативною – при русі газів униз по каналу.

Опір на вході в димову трубу:

$$\Delta p_{вх.тр} = \lambda \times \frac{H_{тр}}{d_{тр}} \times \rho_g \times \frac{w_{уст}^2}{2}.$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт гідравлічного опору по довжині труби;

$H_{тр}$  – висота димової труби, дорівнює 120 м;

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

$\rho_g$  – густина газів перед димовою трубой, 1,2 кг/м<sup>3</sup>.

$$\Delta p_{вх.тр} = 0,017 \times \frac{120}{5,4} \times 1,12 \times \frac{18^2}{2} = 73,44 \text{ Па}$$

Опір на виході з димової труби:

$$\Delta p_{вих.тр} = \zeta_{вих} \times \rho_i \times \frac{w_{уст}^2}{2},$$

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

$$\Delta p_{вих.тр} = 1,15 \times 1,12 \times \frac{18^2}{2} = 223,56 \text{ Па}$$

Визначаємо динамічний тиск, що необхідно створити для швидкості газу у гирлі труби  $W_{уст} = 18$  м/с:

$$\Delta p_d = \rho_i \times \frac{w_{уст}^2}{2}$$

$$\Delta p_d = 1,12 \times \frac{18^2}{2} = 181,44 \text{ Па}$$

Сумарний тиск:

$$P_{\Sigma} = \Delta P_{вх.тр} + \Delta P_{вих.тр} + P_d = 73,44 + 223,56 + 181,44 = 478,44 \text{ Па}$$

Розрахунок тяги, що створюється трубою (Самотяга):

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

де  $\rho_{атм}$  – густина повітря за даних умова, кг/м<sup>3</sup>:

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

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

$t_{ос}$  – температура навколишнього середовища,  $^{\circ}\text{C}$ , приймає такою що дорівнює  $25^{\circ}\text{C}$  ;

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

Тоді густина повітря при  $25$  становить  $1,185 \text{ кг/м}^3$

$$P_c = (1,185 - 1,12) \cdot 9,81 \cdot 120 = 76,51 \text{ Па.}$$

Потреба у додатковому тиску:

$$P_{доп.} = P_c - P_{\Sigma} = 76,51 - 478,44 = -401,93 \text{ Па}$$

Так як  $P_{доп.} < 0$  , то цю величину додаємо до опору газівідвідного тракту в зв'язку з тим, що тягодутьєвий агрегат повинен мати додатковий тиск для транспортування газу через димову трубу із заданою швидкістю.

### 3.1.4 Вибір димотяга

Димосос вибираємо на основі аеродинамічного розрахунку газівідвідного тракту [17]. Продуктивність Димососу  $Q_d$  приймаємо з запасом  $10\%$  незалежно від температури газів, але з поправкою на барометричний тиск  $p_{бар} = 100 \text{ кПа}$ :

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

На розрахунковій ділянці, де встановлюємо димотяг,

$$Q_p = 79,07 \text{ м}^3/\text{с} = 284652 \text{ м}^3/\text{год. за робочих умов.}$$

Тоді

$$Q_d = 1,1 \times 284652 \times \frac{101,3}{101,3} = 313117,2 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Тиск, що створюється димотягом (розрідження), приведене до умов каталогу, по якому вибирається димотяг  $\Delta p_{кат}$ , приймається рівним [20]:

$$\Delta p_{кат} = \beta_2 \times \Delta p_{заг} \times K_p = 1,2 \times (6970,99) \times 0,93 = 16707 \text{ Па}$$



де  $\beta_2$  – коефіцієнт запасу тиску. Приймаємо коефіцієнт запасу тиску  $\beta_2=1,2$ ;

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

$K_p$  – коефіцієнт перерахунку.

Коефіцієнт  $K_p$  визначається по формулі :

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

де  $T_x$  – температура, для якої складена характеристика вентилятора (димотяга), К;

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

$\rho_{0zi}$  – густина газу за нормальних умов на останній розрахунковій ділянці, кг/м<sup>3</sup>;

$p_{бар}$  – атмосферний тиск, кПа;

$\rho_{0в}$  – густина повітря при нормальних фізичних умовах (НФУ), кг/м<sup>3</sup>.

Середня температура газу на розрахунковій ділянці  $\overline{t_z} = 90$  °С.

Тоді:  $K=0,93$

За результатами аеродинамічного розрахунку обираємо ексгаустер KBZ315-0710015-00.

Технічна характеристика димососу KBZ125-630015-01 і електродвигуна представлена у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Технічна характеристика димососу KBZ125-630015-01 і електродвигуна.

№ п/п	Найменування параметрів	Позначення	Значення параметрів
1.	Продуктивність		
1.1.	м <sup>3</sup> /час		390 000
1.2.	м <sup>3</sup> /мин		6500

2.	Повний напір, що розвивається вентилятором, Па	Pv	18200
3.	Температура переміщеного середовища на всасе, °C		
3.1.	робоча		+100
3.2.	максимальна		+111
4.	Встановлена потужність електродвигуна, МВт		1,2
5.	Частота обертання робочого колеса, об/хв.		1490
6.	Напруга живильної мережі, кВ		6

### 3.2 Забезпечення функціонування проектованого об'єкту

Для можливості дистанційного перегляду стану й управління системою газоочистки було розроблено програму управління з різними режимами роботи.

Місцевий режим управління - режим, при якому управління обладнанням здійснюється за місцем з кнопочних постів управління встановлених безпосередньо біля обладнання. В цьому режимі управління обладнанням з АРМ оператора неможливо, так само як і здійснення АСУ ТП функцій протиаварійного захисту і автоматичного управління.





Ручний режим управління - під ручним режимом мається на увазі такий режим роботи установки, при якому весь робочий процес відбувається згідно командам оператора. При цьому оператор може давати команди на пуск / зупинка тягодутєвих машин, стрічкових і ланцюгових конвеєрів, відкриття / закриття клапанів, ножових затворів та ін. Обладнання. Такий режим роботи не бажаний для тривалого використання і призначений для проведення сервісних робіт. Ручний режим здійснюється за допомогою органів управління місцевих пультів і відповідних кнопок на робочій мнемосхемі. Введення числових параметрів і контроль стану установки проводиться за допомогою комп'ютера. В ручному режимі можливі всі технологічні операції.

Автоматичний режим управління - основний режим роботи установки. Управління механізмами здійснюється контролером згідно з технологічним циклом за заданим алгоритмом.

Для виконання всіх функцій робочого місця оператора АСУ ТП вживаються наступні мнемосхеми («вікна»):

1. Мнемосхема «Газоочистка» (стартова мнемосхема);
2. Мнемосхема «Маслостанція»;
3. Мнемосхема «ФРІР»;
4. Мнемосхема «Параметри / Графіки».

Для всіх мнемосхем прийнята загальна концепція відображення діагностичної інформації. Елемент може відображатися на мнемосхемі різними кольорами залежно від стану:

1. «Сірий» - елемент не активний, наприклад, пристрій готовий до роботи;
2. «Темно-сірий» - елемент не активний, наприклад, пристрій відключено і не бере участі в роботі;
3. «Зелений» - елемент активний, наприклад, пристрій включено в роботу, на нього подано харчування, працює без помилок в штатному режимі;
4. «Червоний» - елемент знаходиться в аварійному стані, наприклад, зняте живлення з пристрою;
5. Ікона  елемент знаходиться в відключеному стані, управління механізмом неможливо;
6. Ікона  елемент знаходиться в автоматичному режимі.
7. Ікона  елемент знаходиться в ручному режимі;
8. Ікона  елемент знаходиться в місцевому режимі.

Також для мнемосхем прийнята загальна концепція відображення екранних кнопок:

1. «Чорний шрифт на зеленому тлі» - екранна кнопка натиснута;

2. «Чорний шрифт на сірому тлі» - екранна кнопка не було натиснуто;
3. «Прозорий шрифт на сірому тлі» - екранна кнопка недоступна.

Приклад спливаючого вікна наведено на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 – Приклад спливаючого вікна

Принцип дії представлених кнопок наступний:

1. Кнопка «АВТО» - переключення клапана в автоматичний режим;
2. Кнопка «ВІДКРИТИ» - переключення клапана у відкрите стан, активна тільки в ручному режимі;
3. Кнопка «Ручний» - переключення клапана в ручний режим, при натисканні з'являться кнопки «ЗАКРИТИ», «ВІДКРИТИ»;
4. Кнопка «ЗАКРИТИ» - переключення клапана в закритий стан, активна тільки в ручному режимі.











Приклад спливаючого екрану відображення аналогових сигналів представлено на рисунку 3.4.



Рисунок 3.4 – Відображення аналогових сигналів

Далі детальніше розглянемо розроблені мнемосхеми.

Мнемосхема «Газоочистка» активується при запуску комп'ютера і викликається натисканням функціональної клавіші «F1». Вид мнемосхеми представлений на рисунку 3.5. У вікні аварій відображаються поточні аварії. У вікні аварій є наступні кнопки:

1. «» діалог настройки;
2. «» відкривається список поточних повідомлень;
3. «» з'являється короткочасний архів повідомлень;
4. «» з'являється довгостроковий архів повідомлень;
5. «» список спрацьовувань;
6. «» скидання неактивних повідомлень;
7. «» діалог настройки вибору повідомлень;
8. «» автоматична прокрутка повідомлень;
9. «» блокування повідомлень;
10. «» діалог сортування.

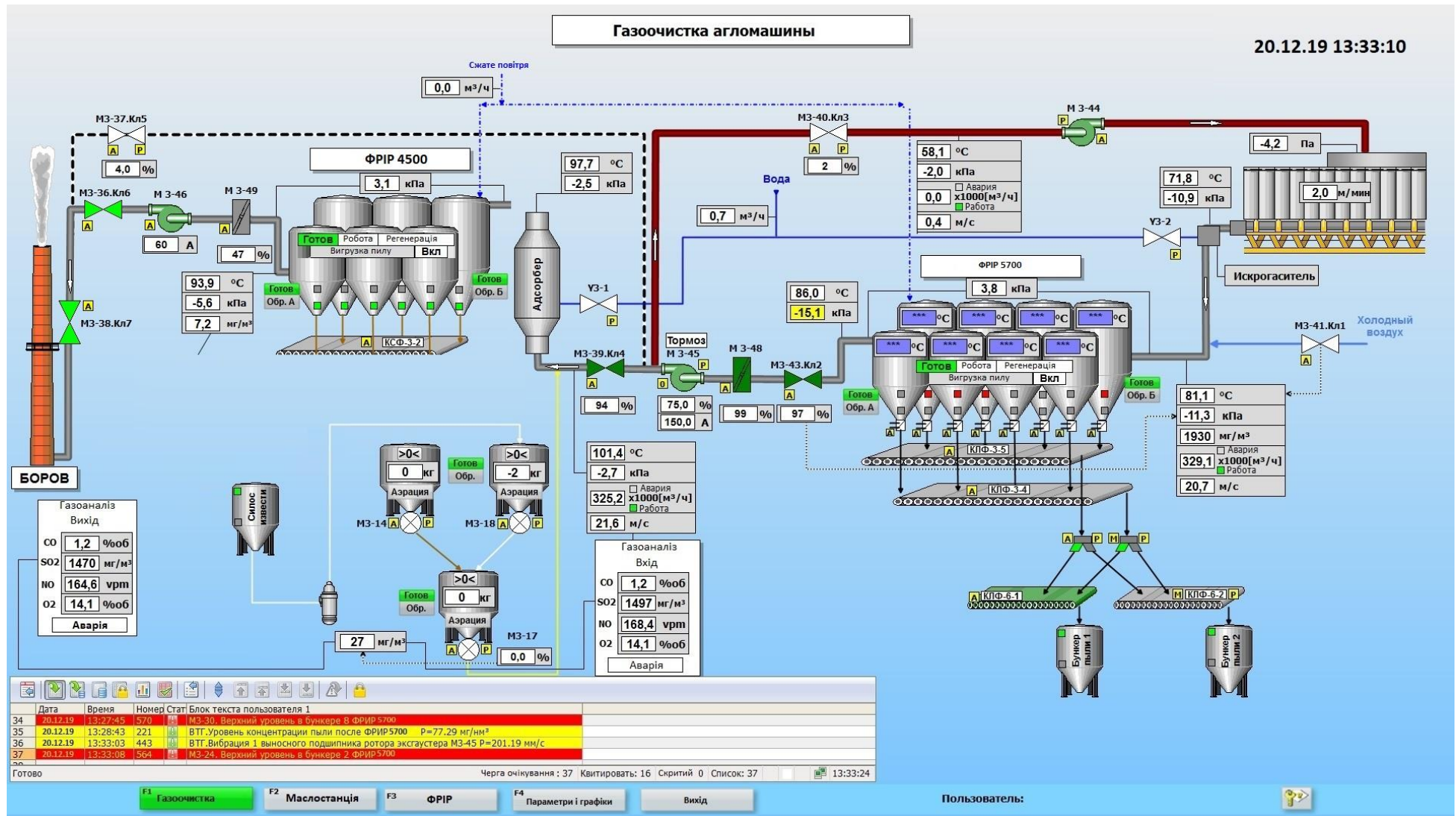


Рисунок 3.5 – Мнемосхема «Газоочистка»



Для виклику мнемосхеми «Маслостанція» треба натиснути клавішу «F2». Загальний вигляд мнемосхеми наведено на рисунку 3.6.

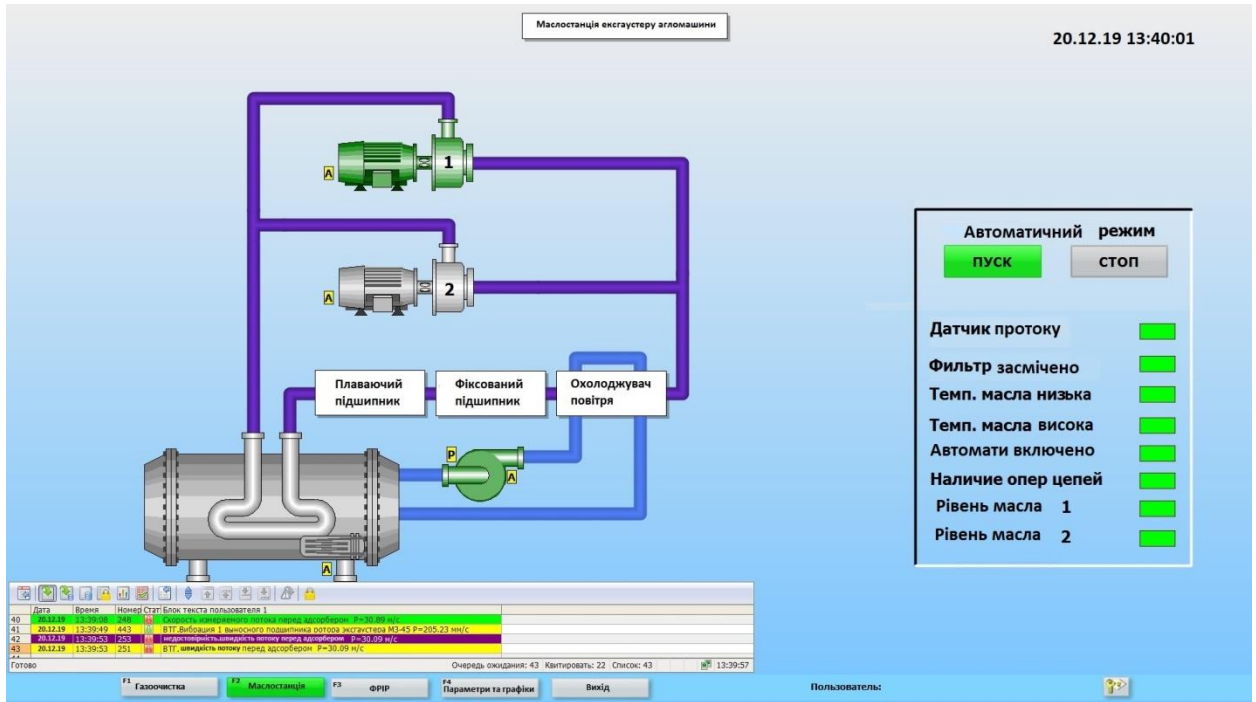


Рисунок 3.6 – Мнемосхема «Маслостанція».

Для відображення стану рукавного фільтру треба натиснути клавішу «F3», тоді на екран буде виведено Мнемосхему «ФРІР». Мнемосхему представлено на рисунку 3.7.

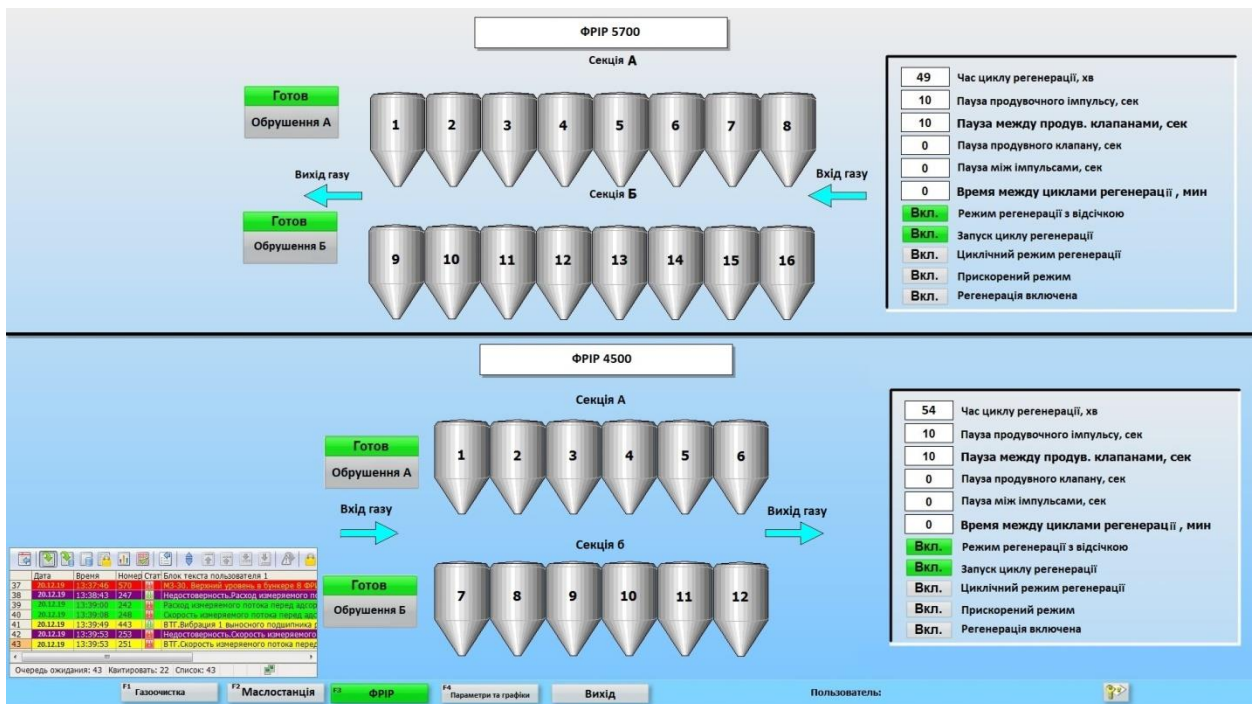




Рисунок 3.7 – Мнемосхема «ФРІР».

Для кращого розуміння розглянемо деякі можливі стани механізмів.

Стан запірного клапана (ЗК):

1.  - клапан відкритий;
2.  - клапан закритий.

Стан жалюзійних заслінок :

1. Сірий колір - проміжне положення жалюзійних заслінки;
2. Зелений колір - жалюзійні заслінка відкрита (100%);
3. Білий колір - жалюзійні заслінка відкрита (0%);
4. Червоний колір сигналізує, що аварію жалюзійної заслінки.

Стан тягодутьєвих машин:

1. «Зелений» означає що машина включена;
2. «Світло-сірий» - машина відключена і готова до роботи;
3. «Сірий» - машина відключена і заблокована;
4. «Червоний» - аварія машини.

Стан конвеєрів:

1. Зелений - конвеєр включений;
2. Сірий - конвеєр відключений і готовий до роботи;
3. Темно-сірий означає, що конвеєр відключений і заблокований;
4. Червоний - аварія конвеєра.

Стан ножових затворів:

1. Зелений - ножовий затвор відкритий;
2. Білий сигналізує про закритий стан ножового затвору;
3. Червоний - аварія ножового затвора.

Стан живильників вивантаження:

1. Білий колір - живильник відключений і готовий до роботи;
2. Сірий - живильник вимкнений і заблокований;
3. Темно-сірий означає, що живильник включений;
4. Червоний - аварія живильника.



Стан обладнання :

1. Зелений - пристрій не в мережі або несправне;
2. Червоний - пристрій в мережі і справно.

Регенерація або очистка рукавів відбувається за рахунок імпульсного впливу стисненого повітря, створюваного спеціальним мембранним імпульсним клапаном і спрямованим всередину рукава. Завдяки цьому частинки пилу вибиваються з пір фільтрувального матеріалу назовні.

Запуск регенерації починається при досягненні перепаду тиску в 4,5 кПа між розрядження перед і після фільтра ФРІР 5700.

Регенерація фільтра ФРІР 5700 супроводжується автоматичним вивантаженням пилу з бункерів ножовими затворами №1-№8 і конвеєрами КЛФ-4-3, КЛФ-5-3, КЛФ-6-3 і КЛФ-6-1-3.

Ножові затвори автоматично відкриваються тільки над тими бункерами, над яким йде регенерація.

Все конвеєра оснащені передпусковою сигналізацією:

1. 30 сек передпускова сигналізація;
2. запуск конвеєру.

Конвеєра КЛФ-4-3 і КЛФ-5-3, запускаються тільки при регенерації фільтра. Конвеєра КЛФ-6-3 або КЛФ-6-1-3 працюють постійно. Додатково про стан наповнення бункерів сигналізують датчики верхнього і нижнього рівня.

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

### 4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Основними шкідливими й небезпечними факторами на аглофабриках є пил, газы, шум, тепловиділення. Оцінка факторів виробничого середовища й трудового процесу агломератчика наведена в табл. 4.1.

При одержанні агломерату виділяється велика кількість надлишкового тепла від розпеченого пирога агломерату, при теплообміні з навколишнім середовищем нагрітих поверхонь горна й трубопроводів газоповітряних трактів, а також за рахунок витоку гарячих газів з горна, що пробиваються через щілини й нещільності в технологічному устаткуванні. Кількість інфрачервоних виділень на робочім місці агломератника – 5000 Вт/м<sup>2</sup>, на робочім місці машиніста ексаустера – 3500 Вт/м<sup>2</sup>, при нормативі 140 Вт/м<sup>2</sup>.

Тому що агломераційний цех - це гарячий цех, то через наявність великої кількості надлишкового тепла відбувається значне підвищення температури повітря, 39 °С – на робочім місці агломератника, 28 °С – на робочім місці дробильника, 39,5 °С – на робочім місці машиніста ексаустера. Несприятливий вплив високих температур повітря підсилюється впливом випромінюваного тепла.

Тепловий ефект впливу опромінення залежить від довжини хвилі й інтенсивності потоку, випромінювання ділянки, що опромінюється, організму, тривалості опромінення й переривчастості його, кута падіння променів, одягу. Потоки теплових випромінювань у гарячих цехах створюють в основному інфрачервоні промені довжиною хвилі до 10мкм. Ледь помітне теплове відчуття виникає вже при інтенсивності опромінення 0,08 кДж /м<sup>2</sup> год ( при довжині хвилі 2,9 мкм) або 1,7 кДж /м<sup>2</sup> год ( при

довжині хвилі 1,3 мкм); при останній довжині хвилі інтенсивність опромінення 54 кДж / м<sup>2</sup> год викликає приємне відчуття. Верхня межа оптимального опромінення менш 1,25МДж/ м<sup>2</sup> ч.

Багато технологічних процесів (дроблення, просівання, перевантаження компонентів шихти й агломерату, їх перемішування, спікання і т.д.) супроводжується виділенням пилу, що негативно впливає на організм людини й в основному на його органі подиху, що іноді погіршує виробничу обстановку (видимість, орієнтування) у межах робочої зони, що й приводить до швидкого руйнування тертьових частин машини. Крім того, пил може бути вибухонебезпечною й бути джерелом статичних зарядів електрики [23-25].

Постійно запыленими на аглофабриках є приміщення циклу повернення, дроблення, сортування руди, спікальних стрічок, шихтового відділення. Кількість пилу на робочім місці агломератника - 1050 мг/м<sup>3</sup>, дробильника – 1500 мг/м<sup>3</sup>, машиніста ексгаустера - 135,95 мг/м<sup>3</sup>, при нормативі 4,0 мг/м<sup>3</sup>.

Технологічний процес пов'язаний з безперервним збільшенням потужності й продуктивності устаткування, яке досягається збільшенням робочих швидкостей машин. Наслідком останнього є зростання динамічних зусиль, вібрацій і шуму.

Основною причиною виникнення шуму гуркоту на низьких і середніх частотах є вібрації бічних стінок короба й тічок, що обумовлене відцентровими силами, що виникають при обертанні дебалансів, ударним характером впливу деталей підшипникових вузлів вібратора, а також ударами шматків сортуємого матеріалу.

При роботі дробарок, агломашин і ексгаустера виділяється значний рівень шуму – 98 дБА, 100 дБА, 99 дБА відповідно.

Рівень вібрації при роботі гуркоту, агломашин і ексгаустера становить 98 - 100 дБ, що перевищує нормативне значення – 92 дБ. Вплив вібрації

викликає спазми судин, впливає на нервову систему, шлунково-кишковий тракт, м'язи, кістково-суглобний апарат, зір, слух.

Технологічні гази, що відходять від агломашини, містять такі шкідливі компоненти як сірчистий ангідрид, оксид вуглецю, оксиди азоту, аміаку, оксиди марганцю, тому невеликі кількості цих шкідливих речовин можуть надходити в повітря робочої зони. Концентрації таких шкідливих речовин як оксиди марганцю, діоксид азоту перевищують ПДК і становлять відповідно  $0,35 \text{ мг/м}^3$ ,  $1,8 \text{ мг/м}^3$  (ПДК відповідно  $0,05 \text{ мг/м}^3$ ,  $2 \text{ мг/м}^3$ ).

По показниках, наведених у табл. 3.1, слід уважати робоче місце агломератника з особливо шкідливими й особливо важкими умовами праці, що відповідає показникам Списку №1: доплати – 24%, додаткова відпустка – 14 днів, проф. харчування – молоко.

#### **4.2 Заходи з поліпшення умов праці. Виробнича санітарія**

Одним з основних способів попередження виділення пилу при спіканні агломерату є повне вкриття агломераційної машини, включаючи її робочу частину, холостий хід і всю систему видачі агломерату. Укривання робочої частини агломераційних стрічок слід робити по всій довжині хвостової частини машини до запального горна й по всій ширині прорізу міжповерхового перекриття, де розташована машина, включаючи зазори між машиною й перекриттям [18].

Над хоперами є витяжні зонти. Обсяг повітря, що відсмоктується від кожного витяжного зонту, дорівнює  $80000 \text{ м}^3/\text{год}$  з розрахунку створення швидкості руху повітря в зазорі між витяжним зонтом й бортиком хопера, рівної  $2 \text{ м/с}$ . 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.

Таблиця 4.1. – Оцінка факторів виробничого середовища трудового процесу агломератника.

Робоче місце – оператор газоочищення

№ п/п	Фактори виробничого середовища й трудового процесу	Норм. знач. ГДК, ПГДУ	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 <sup>3</sup> : 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 фіброгенної дії, мг/м <sup>3</sup>	4,0	1050			262,5р	90
3.	Вібрація (загальна й локальна), дБ	92	98		6		80
4.	Шум, дБА	80	88	8			90
5.	Інфразвук, дБ						
6.	Ультразвук, дБ						
7.	Неіонізуюче випромінювання: -радіочастотний діапазон, В/м -діапазон пром.частоти, кВ/м -оптич.діапазон (лаз.излуч.)Вт/м <sup>2</sup>						
8.	Мікроклімат у приміщенні: -температура повітря, °C -швидкість руху повітря, м/с -відносна вологість повітря, % -інфрачервоне випромінювання, Вт/м <sup>2</sup>	15-26 0,2-0,5 75 140	39 0,3 65 5000			13  5000	90  70
9.	Категорія важкості й напруженість праці	важка, дуже напружена					

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

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

У результаті укривання агрегаційних машин поліпшуються умови праці, внаслідок того, що:

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.

Нормалізується робота аераційних і вентиляційних обладнань, створюється можливість подачі чистого не запиленого повітря й полегшується боротьба з надлишками тепла й загазованістю.

Створюються умови для ефективного відсмоктування з укриттів над хвостовою частиною агрегаційних стрічок, колосникового гуркоту, жолобів видачі та ін., що дозволяє вловити й використовувати значну кількість коштовної сировини [19].

Усувається забруднення атмосферного повітря пилом, що викидається витяжними трубами, укриттів хвостової частини стрічок і трубами бункерів або барабанів гасіння звороту.

Для поліпшення умов праці робочих зайнятих на видачі агрегату, служить спеціальний коридор з якого проводиться обслуговування пневмозатворів бункерів навантаження.

Захист від теплових випромінювань і надлишкового тепла. У цеху спікання через наявність великої кількості надлишкового тепла відбувається значне підвищення температури повітря. Несприятливий вплив високих температур повітря підсилюється впливом випромінюваного тепла.

Внаслідок виділення великої кількості надлишкового тепла в агломераційному цеху потрібен значний повітрообмін, особливо в літню пору. Розрахунок аерації наведено в розділі 3.5.

Для ослаблення шуму шумливі агрегати по можливості необхідно концентрувати в одному або декількох місцях цеху й обгороджувати звукоізолюючими перегородками, або влаштовувати для персоналу звукоізолюючі кабінки з оглядовими вікнами. У якості звуковбирних матеріалів застосовують пористі матеріали, де відкриті назвні пори заповнені повітрям [27].

Шум тертя послабляється змащенням деталей грузлими рідинами

Для індивідуальних засобів захисту органів слуху застосовують противошуми (антифони), зовнішні й внутрішні. Зовнішні противошуми (шумозахисні навушники) прикривають вушну раковину. Внутрішні (заглушки, вкладиші) вставляють у зовнішній слуховий прохід.

Ослаблення вібрації досягають конструктивними й технологічними заходами:

- 1) удосконаленням, балансуванням обертових частин для забезпечення плавності роботи устаткування;
- 2) усунення дефектів і розхитаності окремих частин;
- 3) використанням динамічних гасителів.

Для ослаблення шкідливих промислових вібрацій застосовуємо віброізоляцію. У якості амортизаторів для всього промислового устаткування застосовуємо гумові прокладки (основний режим роботи цього амортизатора – робота на стиск і частково на зрушення). Але недоліками гумових прокладок є чутливість до низьких температур, а також втрата амортизаційних якостей під впливом атмосферних умов. Такі прокладки порівняно добре затримують поширення тільки високочастотних вібрацій.

До санітарно-гігієнічних заходів відносять питний режим, режим праці й відпочинку. Науково-обґрунтований режим праці й відпочинку повинен визначати як загальний за зміну час відпочинку, так і найбільш доцільні

моменти для відпочинку і їх тривалість, що повинне забезпечувати високий і стійкий рівень працездатності без шкоди для здоров'я робітників. Перерви на відпочинок повинні бути зв'язані з технологічним процесом і надаватися в технологічні паузи.

Для зниження важкості праці й підвищення працездатності необхідно поряд з механізацією трудомістких робіт обмежити тривалість виконання робіт зі значними статичними зусиллями шляхом підміни напарником [21].

Для профілактики порушення водного балансу в робочих основних професій рекомендується пити прохолодні напої (квас, газовану або мінеральну воду) невеликими порціями (200 мл), враховуючи, що вода вгамовує спрагу швидше й краще при температурі її 12-15 °С.

До індивідуальних засобів захисту в мікрокліматі, що нагріває, відносять спецодяг. Спецодяг виготовляється з матеріалів з низькою теплопровідністю теплові промені, що й максимально відбивають (льон, бавовняна тканина) [20].

### **4.3 Електробезпека**

Виробничі приміщення агломераційного цеху по небезпеці поразки електричним струмом ставляться до особливо небезпечних приміщень, тому що вони мають чотири ознаки, властиві приміщенням з підвищеною небезпекою.

Агломераційне відділення свідноситься до особливо небезпечних відносно поразки електричним струмом. У цеху використовуються чотирьохпроводні електричні мережі із глухозаземленою нейтраллю змінного струму й менше 1000 В двухпроводні електричні мережі постійного струму.

У ланцюгах змінного струму використовується напруга 36, 220, 380, 6000 В. Напруга 36 В використовується для живлення переносних освітлювальних ліхтарів, напруга 220 В – для загального й локального



освітлення, напруга 380, 6000 В – для харчування електродвигунів і ексгаустерів.

Для захисту від дотику до металевих частин устаткування, що опинилися під напругою, використовують захисне заземлення, захисне занулення, захисне відключення [20].

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 безпека**

У будинках агломераційного цеху розміщуються виробничі приміщення різних категорій небезпеки: Б, Г, Д [29].

До категорії Б відносяться приміщення випалу перевести на випалювальних машинах КМ-14 і ОПР, приміщення спікання агломерату. Будинку агломераційного цеху будуть мати II ступінь вогнестійкості. До категорії Г відносяться приміщення шихтового відділення, відділення агломерації й гарячого повернення. До категорії Д відносять всі інші виробничі приміщення цеху.

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 самостійного закривання. 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 [21].

Виробничі приміщення категорії Б оснащуються наступними переносними вогнегасниками: ВПП - 10 (хімічно пінними) у кількості 2 шт.,

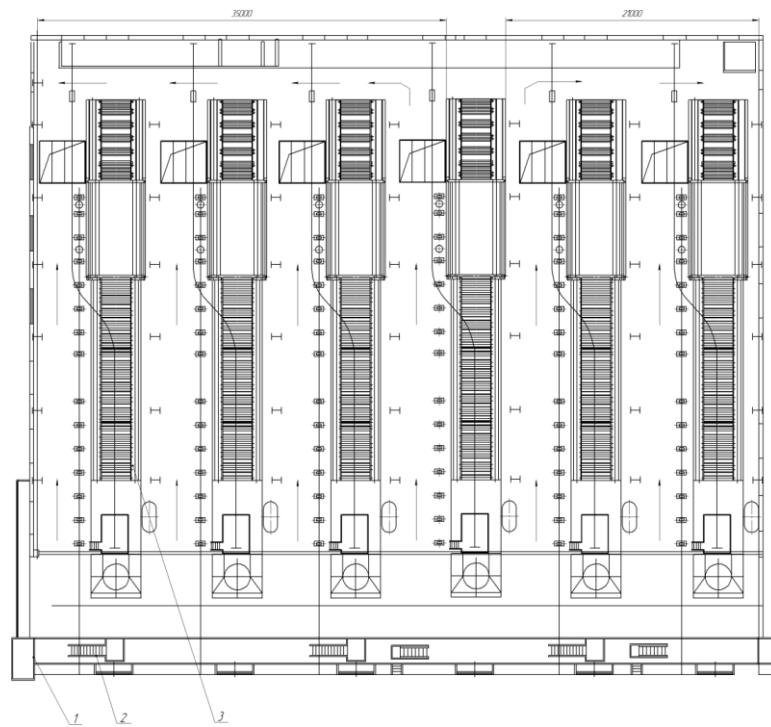
ВП-10-01 (порошковими) із зарядом АВС(Е) у кількості 2 шт., ВВ-8 (вуглекислотними) у кількості 2 шт.

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 м<sup>3</sup>, покривало з негорючого матеріалу, розміром 2м х 2м, дві лопати, два ломы, дві сокири й три гаки.

#### 4.5 Розрахунок часу евакуації зі спікального відділення

Так як найдовшим є евакуаційний шлях №1 (рис. 4.1), то розрахунок будемо вести по ньому.



1 – двері; 2 – сходи; 3 – агломераційна машина

Рисунок 4.1 – Розрахункова схема евакуації робітників зі спікального відділення агломераційного цеху

1. Знаходимо розрахунковий час евакуації:  
Участок №1:

$$D_1 = \frac{N_1 \cdot f}{l_1 \delta_1},$$

де  $f$ -площа горизонтальної проекції людини; для дорослої людини приймаємо  $f=0.1$ . По величині  $D_1$  [23] знаходимо швидкість руху людей на ділянці  $v_1=100$  м/хв та інтенсивність руху  $q_1=1$  м/хв.

$$D_1 = \frac{8 \cdot 0.1}{60 \cdot 5} = 0.003 \text{ м}^2/\text{м}^2,$$

Час евакуації на цій ділянці, хв:

$$\tau_1 = \frac{l_1}{v_1},$$

де  $v_1$  - швидкість руху людей на ділянці, м/хв

$l_1$  – довжина ділянки, м.

$$\tau_1 = \frac{60}{100} = 0.6 \text{ хв},$$

Ділянка №2:

Інтенсивність руху на ділянці, м/хв:

$$q_2 = \frac{q_1 \cdot \delta_1}{\delta_2},$$

$$q_2 = \frac{1 \cdot 5}{0.7} = 7.14 \text{ м/хв},$$

тоді  $v_2=88$  м/хв [23], час евакуації на цій ділянці:

$$\tau_2 = 10/88 = 0,11 \text{ хв}.$$

Ділянка №3:

Щільність потоку на ділянці,  $\text{м}^2/\text{м}^2$ :

$$D_3 = \frac{N_3 \cdot f}{l_3 \cdot \delta_3},$$

$$D_3 = \frac{3 \cdot 0.1}{6 \cdot 5} = 0.01 \text{ м}^2/\text{м}^2,$$

$v_3=100$  м/хв,  $q_3=1$  м/хв [23]. Час евакуації на цій ділянці:

$$\tau_3 = 15/100 = 0,15 \text{ хв}.$$

Ділянка №4:

Інтенсивність руху на ділянці:

$$q_2 = \frac{1.6 \cdot 5}{3} = 2.67 \text{ м/хв},$$

Швидкість руху людей на ділянці  $v_4=100$  м/хв [23], час евакуації на цій ділянці:

$$\tau_4=15/100=0,15 \text{ хв.}$$

Розрахунковий час евакуації, хв:

$$\tau_p=0,6+0,11+0,15+0,15=1,01 \text{ хв}$$

2. Необхідний час евакуації,хв:

$$\tau_H = \tau_{\Pi} + \tau_K + \tau_{\Delta},$$

де  $\tau_{\Pi}$  - час, який необхідний для евакуації з виробничого приміщення; для даного приміщення приймаємо  $\tau_{\Pi}=0.75$  [23];

$\tau_K$  – час, необхідное для эвакуации по коридорам;  $\tau_K=2$  хв [23];

$\tau_{\Delta}$  – час, необхідний для евакуації по сходам;  $\tau_{\Delta}=0,8$ .

Необхідний час евакуації:

$$\tau_H=0,75+2,0=2,75 \text{ хв}$$

Так як розрахунковий час евакуації менший за необхідний, то евакуаційний шлях вибрано вірно.

## 5 ОРГАНІЗАЦІЙНО - ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Організація роботи на ділянці очищення газів

Для розрахунку в організаційно-економічному розділі за базовий варіант приймається система очищення, яка включає: котел утилізатор; високо скруббер Вентурі, насос, димотяг, димову трубу, шламове господарство. Кінцева запиленість газів після скрубера Вентурі становить  $100 \text{ мг/м}^3$ . Проектний варіант передбачає очищення агломераційного газу в руковному фільтрі ФРІР-5700, адсорбері, ФРІР-4500, димотяг, димова труба. Запиленість газів після попереднього димотяга становить  $0,020 \text{ г/м}^3$ .

Приймаємо, що ефективний фонд часу використання газоочисної установки в проектному та в базовому варіантах становить 8520 год/рік.

Річна виробнича потужність газоочисної установки визначається за формулою,  $\text{м}^3/\text{рік}$ :

$$P = N \cdot T_{\text{еф}} \cdot n,$$

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

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

Кількість вловленого пилу визначається з виразу, т:

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

де  $Z_1$  – запиленість газу до очищення,  $\text{г} / \text{м}^3$ ;

$Z_2$  – запиленість газу після очищення,  $\text{г} / \text{м}^3$ .

Результати розрахунків зводимо в таблицю 5.1.

Графік роботи в проектному варіанті 3-х змінний 4-х бригадний, тривалість робочого дня 8 годин. Приймаємо кількість операторів системи газоочищення 4 чоловіка та 1 резервна.

Таблиця 5.1 - Виробнича програма системи газоочищення

Показник	Од. вим.	Базовий варіант	Проектний варіант
Річна продуктивність газоочисної установки, $P$	млн. м <sup>3</sup>	1618,8	1618,8
Технічна норма продуктивності, $N$	нм <sup>3</sup> /ГОД	125600	125600
Початкова запиленість, $Z_1$	г/м <sup>3</sup>	6	6
Кінцева запиленість, $Z_2$	г/м <sup>3</sup>	0.100	0.020
Кількість вловленого пилю, $Q$	т/ГОД	9550,92	9680,424
Кількість утилізованої пилю, $Q_{ут}$	т/ГОД	8595,828	8712,382
Витрата води, $Q_{ж}$	тис м <sup>3</sup> /ГОД	3237,6	809,4

Плановий фонд оплати праці  $\Phi ОП_{пл}$  на рік становить 710000 грн./рік, у тому числі фонд основної заробітної плати дорівнює 406060 грн., а додаткової – 303940 грн.

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.

$$ЄСВ = \Phi ОП_{пл} \cdot 0,22 = 710000 \cdot 0,22 = 156200 \text{ грн./рік.}$$

## 5.2 Розрахунок капітальних витрат на очищення газу

Величина необхідних вкладень в основні фонди визначається методом прямого розрахунку окремих елементів вкладень [29].

Розрахункові та вихідні дані заносимо до табл. 5.2.

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

$$C_{КВП} = 0,25 \cdot C_{ОСН.У.},$$

Вартість встановлення і монтажу устаткування, грн:

$$C_{М.У.} = 0,3 \cdot (C_{ОСН.У.С.} + C_{КВП}),$$

Вартість монтажу комунікацій, грн.:

$$C_{М.К.} = 0,15 \cdot C_{СКОМ.},$$

Накладні витрати, якщо монтаж здійснюється спеціалізованими організаціями:

$$C_{Н} = 0,2 \cdot C_{У}$$

Вартість будівель для розміщення рукавних фільтрів приймаємо за 1м<sup>3</sup> будівлі 550 грн.

Результати розрахунку заносимо до таблиці 5.2.

Розраховуємо капітальні затрати у вигляді питомих величин, які віднесено до 1000 м<sup>3</sup> газу (грн./1000м<sup>3</sup>).

$$C_{К} = (C_{ОСН.У.} + C_{М} + C_{Н} + C_{ЗД} + C_{М.К.}) \cdot \frac{1000}{3600 \cdot Q_{С} \cdot \tau},$$

де  $Q_{С}$  – секундна витрата газів, що очищуються, нм<sup>3</sup>/с;

$\tau$  – ефективний час роботи системи газоочищення за рік, год.

Результати розрахунку вносимо до табл.5.2.

Таблиця 5.2 - Капітальні вкладення в газоочисні установки

№	Показники	Базовий варіант	Проектний варіант
		Сума, тис. грн	Сума, тис. грн
1	2	3	4
1	Скрубер Вентурі	1000,000	0,000
	Рукавний фільтр	0,000	24000,000
	Насос	350,000	140,000
	димотяг	350,000	340,000
	Адсорбер	0,000	176,300
	Ділянка вловленого продукту та реагенте господарство	6000,000	2500,000
Вартість основного устаткування		7700,000	27156,300

Продовження табл.5.2

1	2	3	4
	Димова труба	490.000	490.000
Вартість основних споруджень		<b>8190,000</b>	<b>27646,300</b>
2	Газоходи	460.000	600.000
3	КВП	1925,000	6789,075
	Всього	10575,000	35035,375
4	Вартість монтажу устаткування та споруджень	3172,500	10330,613
5	Вартість монтажу комунікацій	69.000	90.000
6	Витрати на будинку	467.5	660.000
7	Накладні витрати	2115	7007,075
Всього капітальних вкладень		<b>16399,000</b>	<b>53123,063</b>
Всього капітальних вкладень на 1000 м <sup>3</sup> газу		<b>10,130</b>	<b>32,816</b>

### 5.3 Розрахунок експлуатаційних витрат на очищення газу і уловлювання пилу

Річні експлуатаційні витрати на очистку газів, грн./рік [29]

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

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.;

$C_7$  – загальновиробничі витрати, грн.

Енергетичні витрати:

$$C_1 = r \cdot l \cdot N \cdot \tau,$$



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 агрегатів живлення, кВт

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. 5.3.

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

$$\text{Ср.ф.} = 0,15 \cdot C_{\text{заг}},$$

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

Тоді амортизаційні відрахування будуть складатися:

$$C_3 = C_{\text{заг}} + \text{Ср.ф.}$$

Результати розрахунку заносимо до табл. 5.3.

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

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

$$E_y = Q_{ym} \cdot C,$$

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

$C$  – ціна відпуску за 1т,  $C = 94$  грн.

Уловлений пил повертається у виробництво.

Результати розрахунку заносимо до табл. 5.3.

Відповідно до Податкового кодексу України [29] сума податку, який береться за викиди до атмосферного повітря забруднюючих речовин стаціонарними джерелами розраховується за формулою:

$$P_{вс} = \sum_{i=1}^n (M_i \cdot H_{пi}),$$

де  $M_i$  – фактична кількість викидів  $i$ -ої забруднюючої речовини в тонах (т);

$H_{пi}$  - проіндексована ставка податку в поточному році за тону году  $i$ -ої забруднюючої речовини, грн.

Ставки податку за викиди до атмосферного повітря від стаціонарних джерел для діоксиду сірки становить 1968,65 грн/т. Кількість викидів оксиду сірки(IV) від 1 агломераційної машини після базової системи очищення розраховують виходячи з кінцевої концентрації діоксида сірки в газі 0,56 г/м<sup>3</sup>. Кількість викидів оксиду сірки(IV) від 1 агломераційної машини після базової системи очищення розраховують виходячи з кінцевої концентрації діоксида сірки в газі 0,08 г/м<sup>3</sup>:

Результати розрахунку податку за викиди діоксида сірки в проектному та базовому варіантах наведено в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Експлуатаційні витрати

№	Найменування	Базовий варіант		Проектний варіант	
		Величина витрат, грн/1000 м <sup>3</sup>	Витрати річні, грн	Величина витрат, грн/1000 м <sup>3</sup>	Витрати річні, грн
1	Вода технічна	13,92	22533696,00	4,01	11266848,00
2	Стисле повітря	-	-	0,61774	1000000
3	Тканина	-	-	0,75612	1224000,00
4	Реагент	-	-	2,96	5000026,23
5	Електроенергія	22,11	35784639,00	20,88	33796603,50
3	Амортизаційні відрахування	1,05	1707125,00	3,62	5858213,75
4	ЗП основний робітників				
	- основна	0,38908	406060	0,38908	406060
	- додаткова	0,30105	303940	0,30105	303940
5	Єдиний соціальний внесок	0,15183	162474,64	0,15183	162474,64
6	Витрати на ремонт та утрим. устаткування	0,15818	256068,75	0,54283	878732,06

Продовження табл.5.3

1	2	3	4	5	6
7	Загальновиробничі витрати	0.2070 4	221556.32	0.20704	221556.32
8	Загальні витрати на очищення	37,93	61404080,79	34,07	55146949,35
9	Економія від утилізації пилу	0,419	679070,412	0,43	688278,178
10	Зменшення екоподатку	-	-	0,24	381955,117
		<b>37,512</b>	<b>60725010,379</b>	<b>33,405</b>	<b>54076716,1</b>

#### 5.4 Техніко-економічне обґрунтування рішень, які прийняті у проекті

Для техніко-економічного обґрунтування рішень, які прийняті у проекті розраховуємо річний економічний ефект:

$$E = [(C_6 + E_n K_6) - (C_{пр} + E_n K_{пр})]Q_{пр} = [(C_6 - C_{пр}) - E_n(K_6 - K_{пр})]Q_{пр}, \quad (5.23)$$

де  $C_6$  і  $C_{пр}$  – собівартість одиниці продукції відповідно базової й нової техніки, грн;

$K_6$  і  $K_{пр}$  – питомі капітальні вкладення на одиницю продукції в базову й нову техніку, грн;

$E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, для природоохоронних заходів  $E_n = 0,15$  грн/грн·рік;

$Q_{пр}$  – річний обсяг виробництва робіт за допомогою нової техніки в розрахунковому році, тис.м<sup>3</sup>.

Строк окупності капітальних вкладень:

$$T_{окуп} = (K_{пр} - K_6) / (C_6 - C_{пр}),$$

де  $C_6$  і  $C_{пр}$  – собівартість річного випуску продукції відповідно по базовому й проектному варіанту, грн;

$K_6$  і  $K_{пр}$  – капітальні вкладення по базовому й проектному варіантах, грн;

Коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень складає

$$E_{np} = \frac{1}{T_{ок}} = \frac{E_y}{K}$$

Нормативний термін окупності становить  $T_n = 6,67$  років [29] при нормативному коефіцієнті економічної ефективності капітальних вкладень  $E_n = 0,15$  грн/(грн·рік). 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. 5.4.

Таблиця 5.4 – Основні техніко-економічні показники запроєктованої установки очищення газів

№	Показники	Одиниці виміру	Варіант	
			Базовий	Проектний
1.	Річна продуктивність газоочисної установки	млн. нм <sup>3</sup> /рік	1618,8	1618,8
2.	Технічна норма продуктивності	нм <sup>3</sup> /год	190000	190000
3.	Початкова запиленість	г/м <sup>3</sup>	6	6
4.	Кінцева запиленість	г/м <sup>3</sup>	0,100	0,020
5.	Кількість вловленого пилю	т	9550,92	9680,424
6.	Кількість утилізованої пилю	т	8595,828	8712,382
7.	Капітальні вкладення	тис.грн	16399,000	53123,063
8.	Електроенергія	тис.грн	35784,639	33796,603
9.	Водопостачання	грн	22533696,00	11266848,0
10.	Стисле повітря	грн	-	1000000
11.	Фільтрувальна тканина	грн	-	1224000
12.	Реагент	грн	-	5000026,23
9.	ЗП основний робочих			
	- основна	грн	406060	406060
	- додаткова	грн	303940	303940
10.	Економія від утилізації	грн	679070,412	688278,18
11.	Скорочення екоподатку за викиди диоксиду сірки	грн	-	381955,12
12.	Термін окупності капітальних вкладень	рік	-	5,52
13.	Коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень	грн/(грн·рік)	-	0,181

## ВИСНОВКИ

За результатами аналізу існуючих систем очищення газів від пилу та диоксиду сірки, було розроблено систему очищення технологічних газів агломераційного виробництва з утилізацією вловленого пилу.

За розрахунками для очищення газу від пилу використовуються рукавний фільтр типу ФРІР моделі 5700 з імпульсною регенерацією.

Очищення газів від диоксиду сірки проводиться у адсорбері за допомогою гідроксиду кальцію. Для очищення сульфату кальцію у твердому вигляді використовується рукавний фільтр ФРІР моделі 4500.

В дипломному проекті була розроблена автоматична система контролю та регулювання параметрів безаварійної роботи системи газоочистки.

У розділі Охорона праці та техногенна безпека був проведений аналіз основних шкідливих і небезпечних факторів виробничого середовища та запропоновано заходи з поліпшення умов праці, електробезпеки та пожежобезпеки.

У організаційно-економічному розділі проведено розрахунок капітальних витрат на очищення газу, експлуатаційних витрат на очищення газу і уловлювання пилу та зроблено техніко-економічне обґрунтування рішень прийнятих у проекті. Встановлено, що строк окупності запропонованої системи очищення становить 5,52 роки при коефіцієнті економічної ефективності капітальних вкладень 0,181 грн/(грн·рік).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

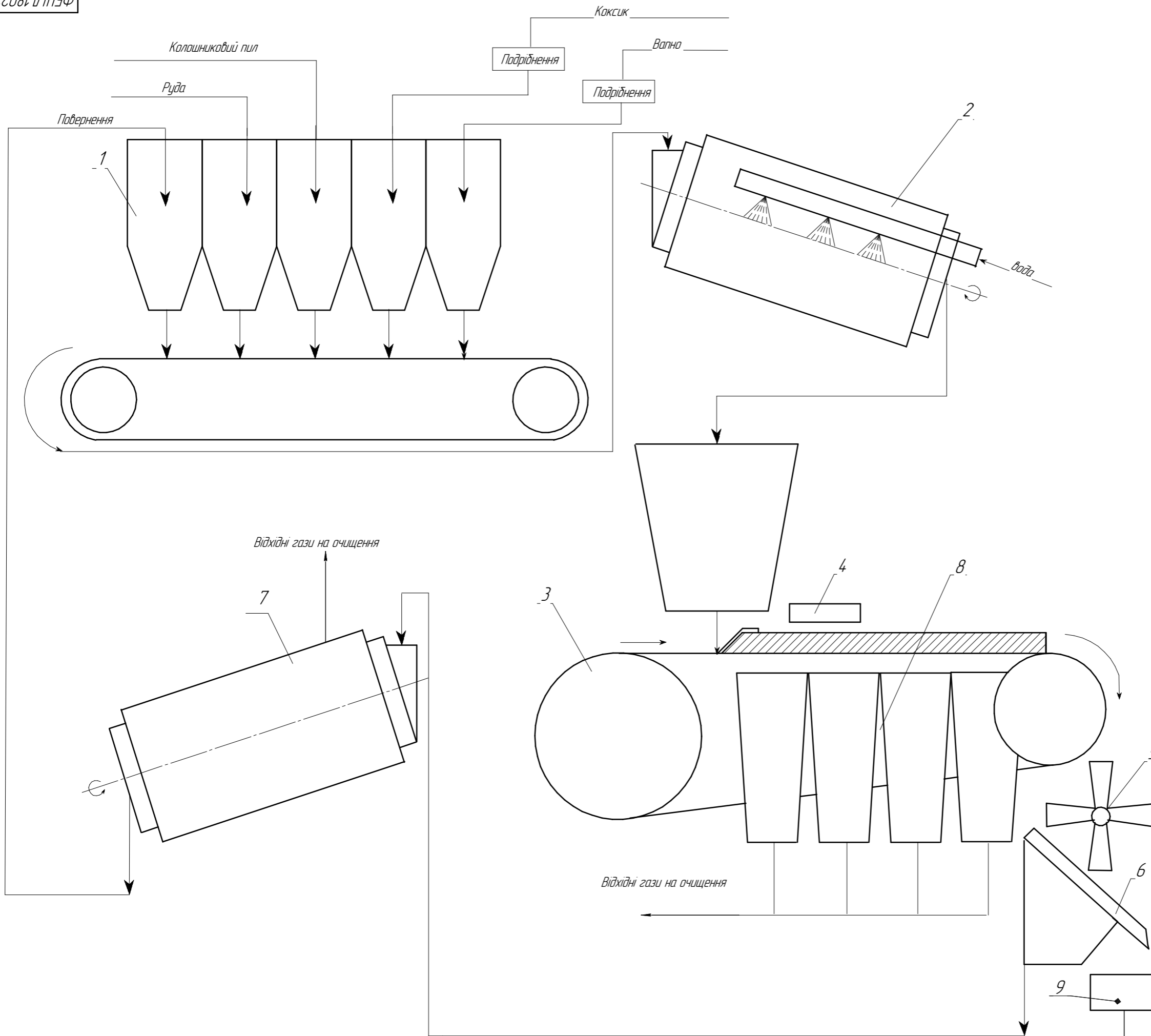
1. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты пылеочистки: учебное пособие. Пенза: Пенз. гос. ун-т, 2005. 210с.
2. Кащеев М. А., Влади, В. А., Манзенко, С.В., Кащеев. Е.М. Преимущества и недостатки применения рукавных фильтров в агломерационном производстве и технические решения по повышению эффективности газоочистки. *Металлургическая и горнорудная промышленность*, (5), (2017). С. 96-100
3. Рукавный фильтр - Лазарев В.А.: веб-сайт. URL: <https://findpatent.ru/patent/223/2233697.html> (дата звернення: 15.10.19 ).
4. Экологические инновации: их внедрение и перспективы: веб-сайт. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38188925> (дата звернення: 15.10.19 ).
5. Алиев Г.М.-А. Техника пылеулавливания и очистка промышленных газов: справочное издание. М. : Металлургия, 1986, 544с.
6. Фролов Ю. А. Состояние и перспективы развития технологии производства агломерата. Часть 2. Смешивание и окомкование агломерационной шихты. *Черная металлургия: Бюл. ин-та "Черметинформация"*. 2017. № 5. С. 40–48.
7. Вегман Е.Ф. Теория и технология агломерации. М. : Металлургия, 1974. 286с.
8. Старк С. Б. Газоочистные аппараты и установки в металлургическом производстве : [Учеб. для вузов по спец. "Теплофизика, автоматизация и экология тепловых агрегатов в металлургии"]. - 2-е изд., перераб. и доп. М. : Металлургия, 1990. 396с.
9. Авдеев В.А., Дрюян В.М., Кудрин Б.И. Основы проектирования металлургических заводов : справочник. М. : Интермет Инжиниринг, 2002. 463 с.

- 10.Маковський В.А., Власюк Ю.Н., Карнишов Ю.В. Оптимальное управление агломерационным процессом. К .: Вища школа, 1987. 117с.
- 11.Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушев А.М. Общая металлургия : учеб. для вузов. Москва : ИКЦ "Академкнига", 2005. 767с.
- 12.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.
- 13.Рысин С.А. Вентиляционные установки машиностроительных заводов: Справочник. Москва: Машгиз, 1961. 704 с.104
- 14.Фролов Ю. А. Состояние и перспективы развития технологии производства агломерата. Часть 10. Борьба с вредными выбросами агломерационных фабрик. *Черная металлургия: Бюл. ин-та "Черметинформация"*. 2018. № 1. С. 37–48.
15. ООО Науково-виробниче підприємство «Дніпроенергосталь».: Каталог оборудования и услуг: веб-сайт. URL: <http://destal.net/filtry-rukavnye-frir/> (дата звернення: 01.11.19 ).
- 16.Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям: справочник. Москва: Машиностроение, 1975. 599 с.
- 17.Тимонин А.С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования: справочник. Т. 2. Калуга: Издательство Н.Бочкаревой, 2002. 1028с.
18. Лапін В.М. Основи охорони праці: навч. посібник для ВНЗ. Львів: ЛБІ НБУ, 2004. 142 с.
- 19.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.
- 20.Геврик, Є.О. Охорона праці: навч. посібник для внз: [рек. М-вом освіти і науки України]. Київ: Ельга, Ніка-Центр, 2004. 279 с.

21. Охорона праці в Україні: Нормативна база / упоряд. О. М. Роїна. – 6-те вид., випр. і доп. Київ: КНТ, 2010. 528 с.
22. Семёнов Г.А. Экономика предприятия: учеб. пособие для вузов. Запорожье: ЗГИА, 1998. 104 с.
23. Идельчик А.Е. Аэрогидродинамика технологических аппаратов: (Подвод, отвод, и распределение потока по сечению аппаратов): в качестве учебника. Москва : Машиностроение, 1983. 351 с.
24. 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 15.12.2019).
25. 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 додержанням законодавства про працю: Станом на : зб. норматив. актів / сост. В. М. Вакуленко. - К. : Істина, 1999. 704 с.
26. 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.
27. 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.
28. Державні будівельні норми України. ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення / Міністерство будівництва, архітектури та житловокомунального господарства України, офіційне видання. Київ, 2006. 81 с.



29. Беренда Н.В., Троїцька О.О, Манідіна Є.А. Техніко-економічне обґрунтування проектних рішень: навч.-метод. посібник для студ. ЗДА спец. "Технології захисту навколишнього середовища", 263 "Цивільна безпека" всіх форм навчання. Запоріжжя : ЗДА, 2018. 196 с. 105

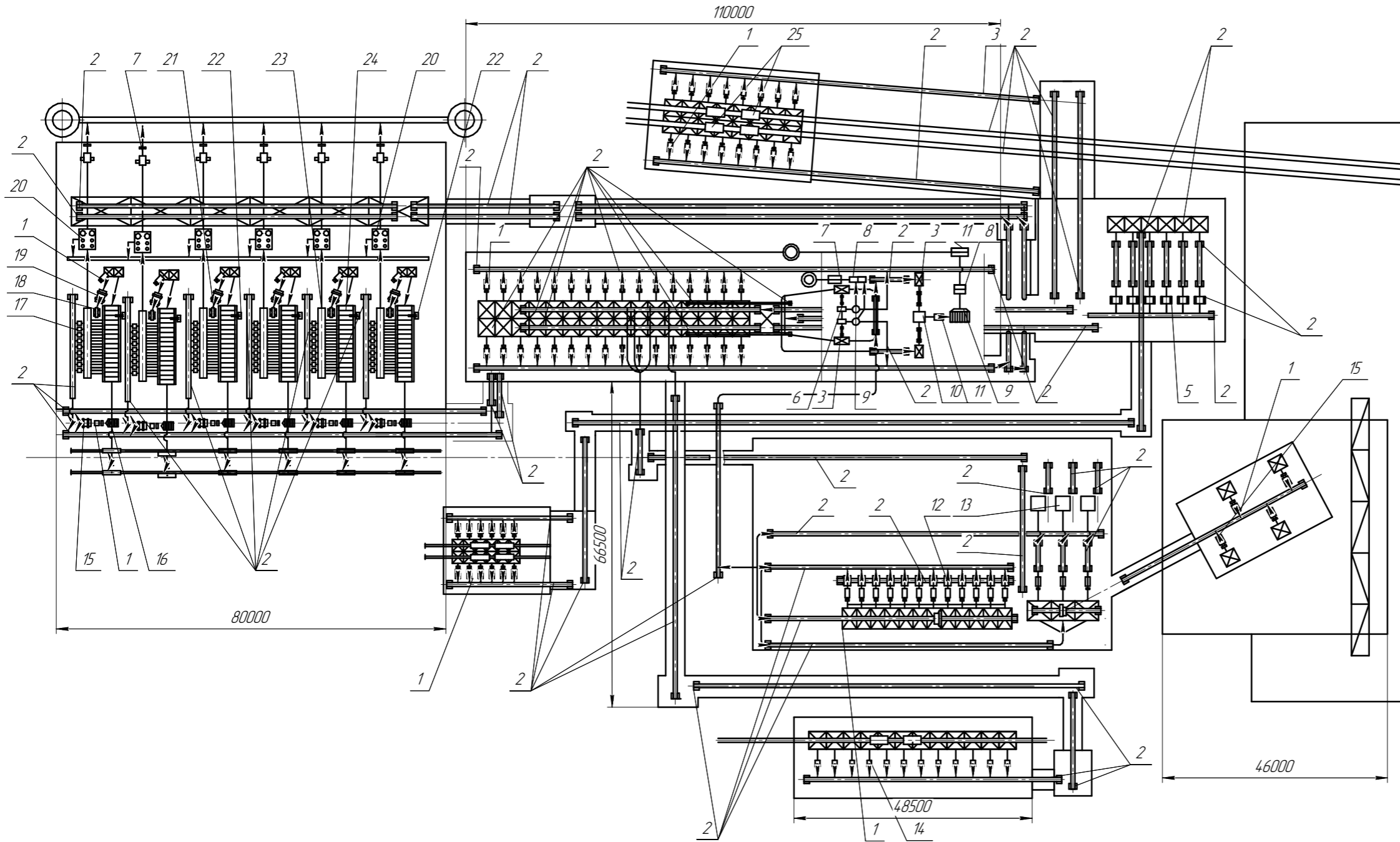


Поз.	Найменування	Кіл.	Примітка
1	Шихтові бункера	10	
2	Барабан змішувач	2	
3	Агломашина	6	
4	Горн запалювання	6	
5	Аглодробарка	2	
6	Стационарний грохот	1	
7	Барабан охолодження	2	
8	Вакуумкамери	48	
9	Бункер	10	

**ФБЦ.Д. 180221.100 СХ**

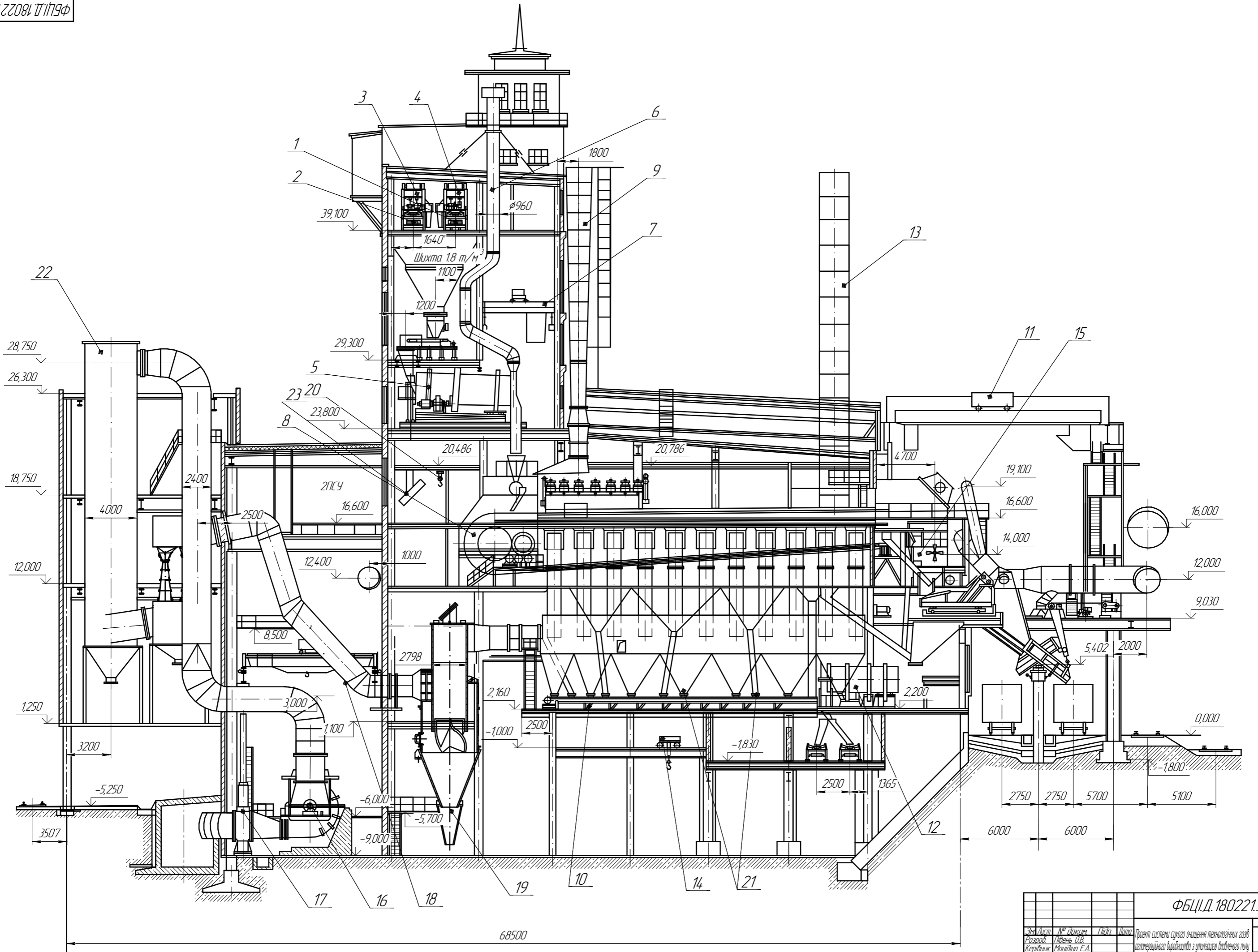
Зробив	Ліпень 08	Літ.	Маса	Маштаб
Розроб.	Ліпень 08	Н		
Керівник	Мандрина Е.А.	Лист 1	Листів 8	
Консил.	Мандрина Е.А.	Апаратурно-технологічна схема агломераційного виробництва		
Начальник	Рижков В.Г.	МОНУ, II ЗНУ		
Затв.	Кожухович Г.В.	каф. ПЕОП, гр. ЗНС-18-1мд		

В доменний цех

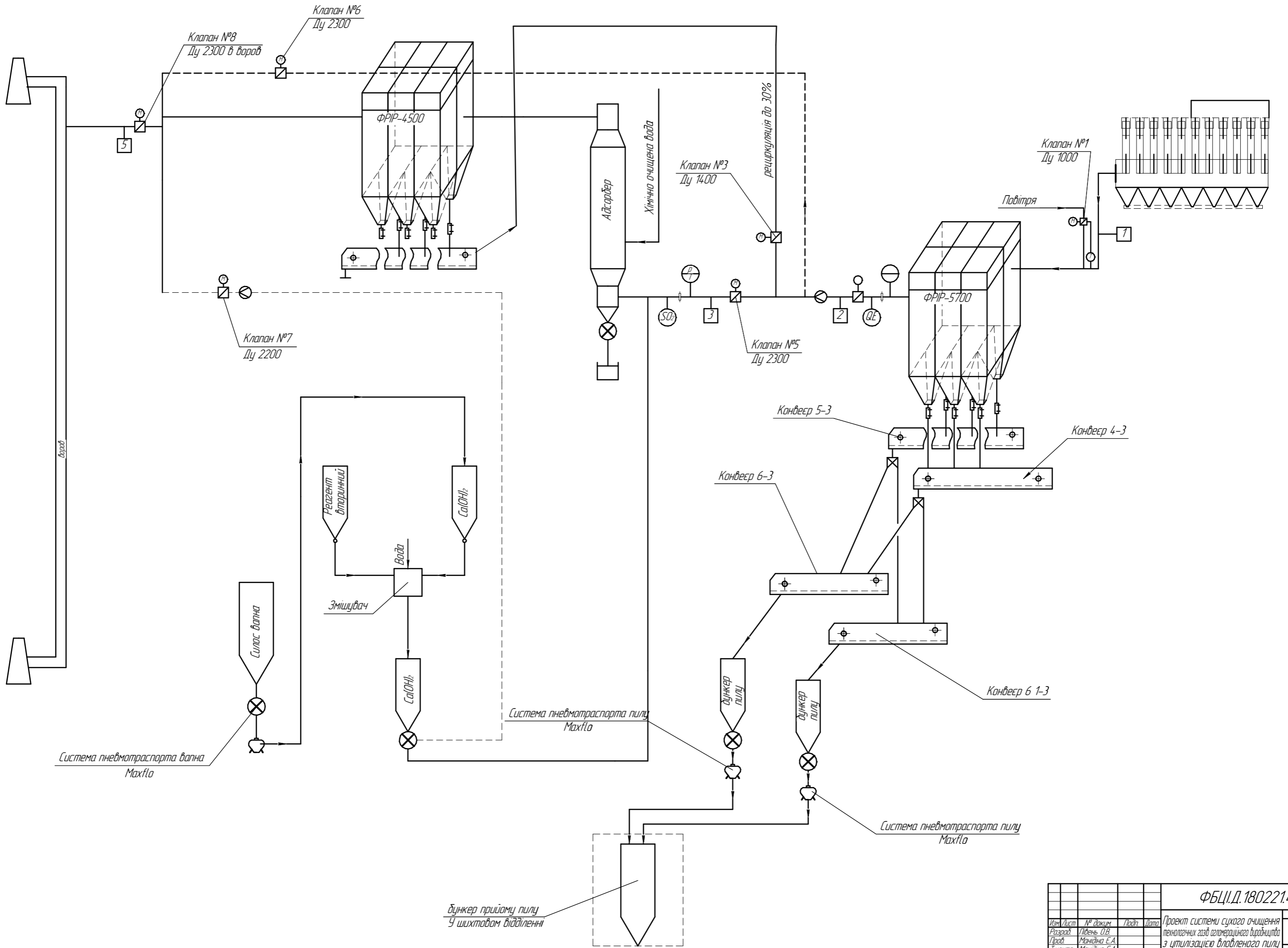


Поз.	Позачення	Найменування	Кіл	Примітка
1	ФБЦ.Д.180221.201	Живильник електровібраційний	7	
2	ФБЦ.Д.180221.202	Конвеєр стрічковий	61	
3	ФБЦ.Д.180221.203	Питатель стрічковий	31	
4	ФБЦ.Д.180221.204	Дробарка інерційна	1	
5	ФБЦ.Д.180221.205	Дробарка 4-х валкова	5	
6	ФБЦ.Д.180221.206	Шнековий змішувач	2	
7	ФБЦ.Д.180221.207	Екстаустер	2	
8	ФБЦ.Д.180221.208	Мультициклон	2	
9	ФБЦ.Д.180221.209	Машина для вапняка	3	
10	ФБЦ.Д.180221.210	Елеватор	1	
11	ФБЦ.Д.180221.211	Шнековий змішувач	3	
12	ФБЦ.Д.180221.212	Гуркот	12	
13	ФБЦ.Д.180221.213	Дробарка молоткова	1	
14	ФБЦ.Д.180221.214	Живильник тарільчатий	1	
15	ФБЦ.Д.180221.215	Гуркот стаціонарний	6	
16	ФБЦ.Д.180221.216	Гуркот конусний пиловий	48	
17	ФБЦ.Д.180221.217	Живильник барабанний	4	
18	ФБЦ.Д.180221.218	Змішувач барабанний	6	
19	ФБЦ.Д.180221.219	Газоочистка	6	
20	ФБЦ.Д.180221.220	Засувка газова	6	
21	ФБЦ.Д.180221.221	Горн запальний	2	
22	ФБЦ.Д.180221.222	Колектор газодий	6	
23	ФБЦ.Д.180221.223	Агломераційна стрічка	6	
24	ФБЦ.Д.180221.224	Горн запальний	4	
25	ФБЦ.Д.180221.225	Трансферкар	4	
26	ФБЦ.Д.180221.226	Залізничний шлях	1	

ФБЦ.Д. 180221.200 СХ				Лист	Маса	Маштаб
Зроб.	Лист	№ докум.	Підп.	Штук.	Проект системи сулого очищення технологічних газів агломераційного виробництва з утилізацією відходного пилу	1:500
Розроб.	Ліпень 08					
Керівник	Мандіна Е.А.					
Консульт.	Мандіна Е.А.					
Начальник	Рижков В.Г.				Лист 2 з 2	
Затв.	Кожухович Г.В.				МОНУ, ІІ ЗНУ	
					каф. ПЕОП, гр. ЗНС-18-1мд	

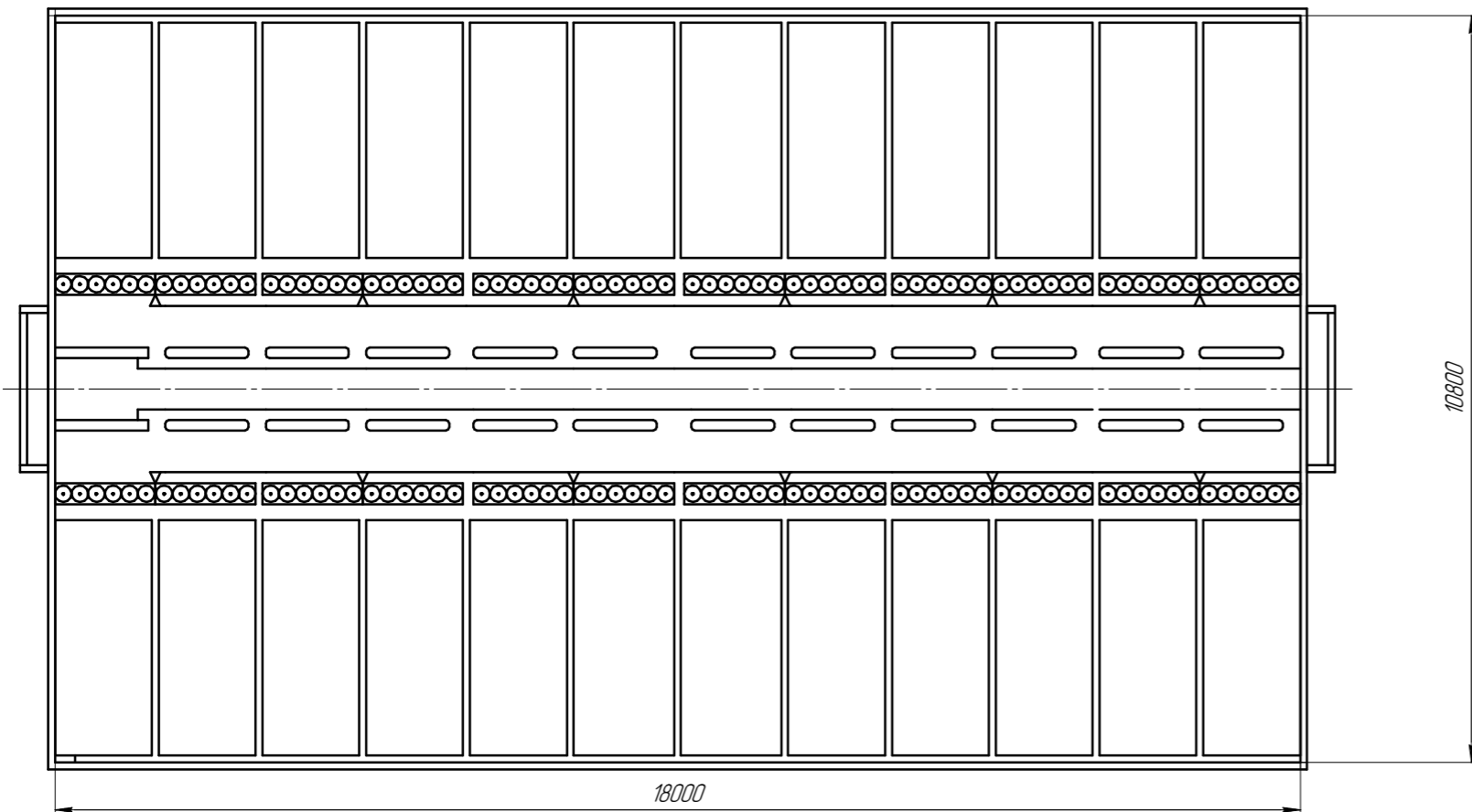
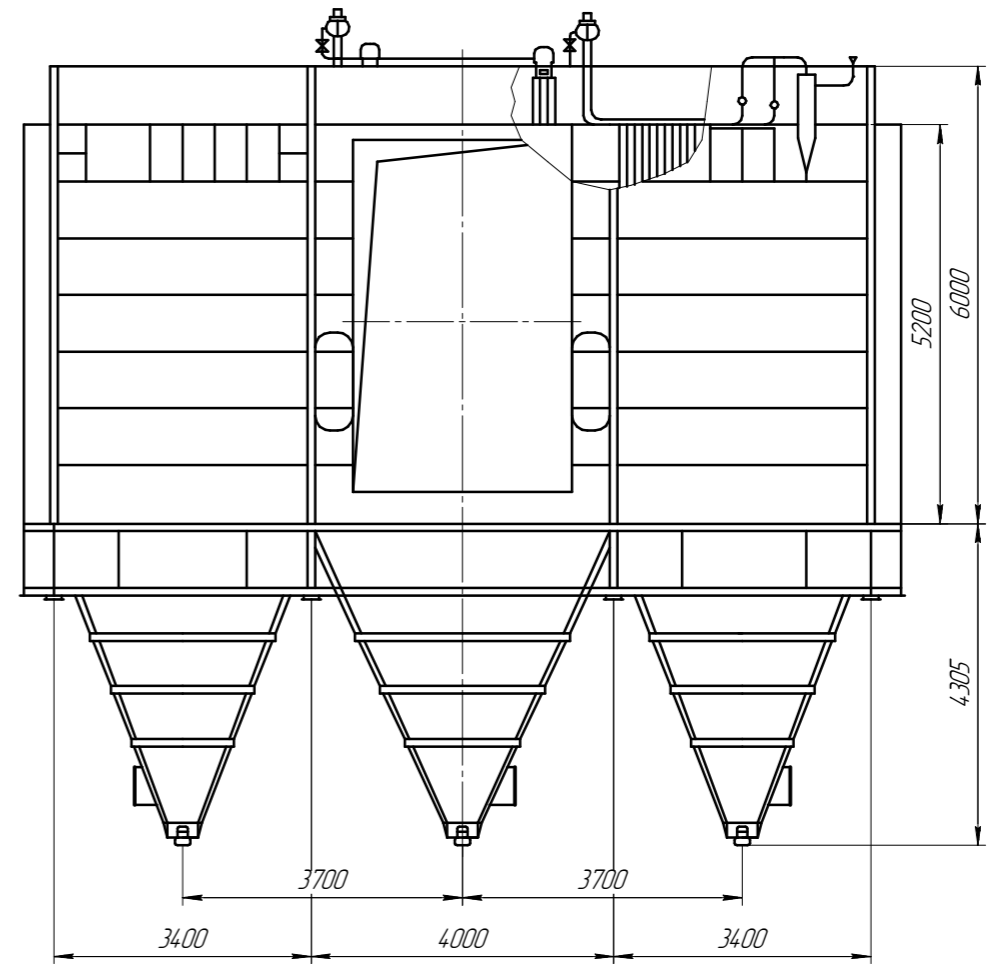
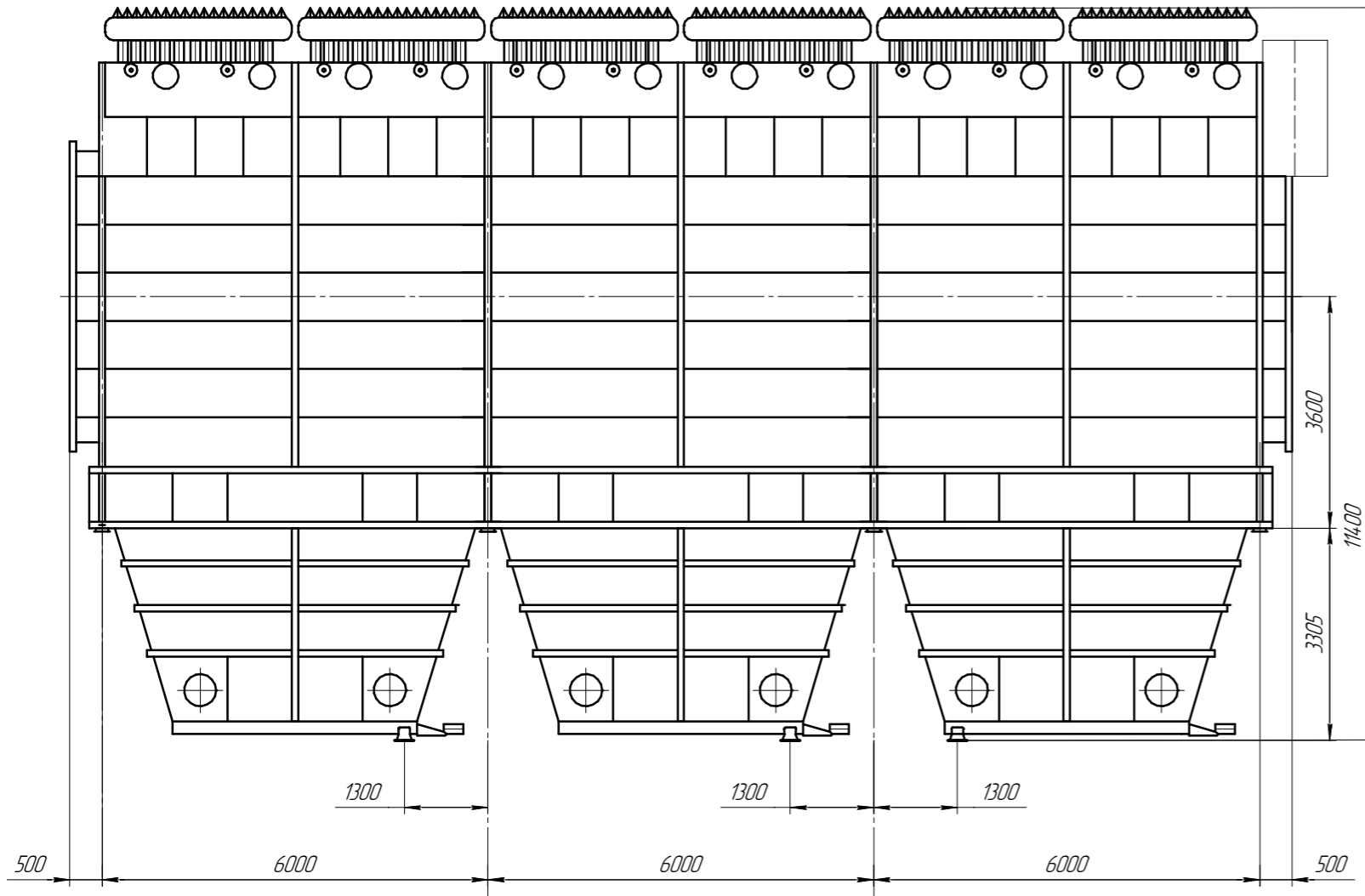


				ФБЦ.Д.180221.300.ЗВ		
Экз. Лист	№ докум.	Изд.	Шкала	Проект системы сулого очищення технологичних газів агломерационного виробництва з утилізацією відходного пилу	Лист	Масштаб
Разраб.	Ліпень 08				Н	1:100
Керівник	Мандіна Е.А.					
Консульт.	Мандіна Е.А.					
Начальник	Рижков В.Г.			Разріз агломерационного цеха	Лист 3	Всього 11
Затв.	Кожухович Г.Б.				МОНУ, ІІ ЗНУ каф. ПЕОП, гр. ЗНС-18-1мд	



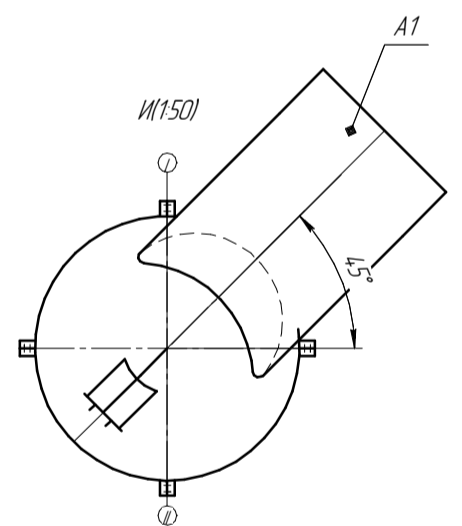
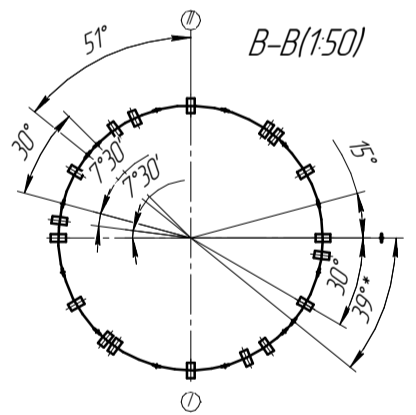
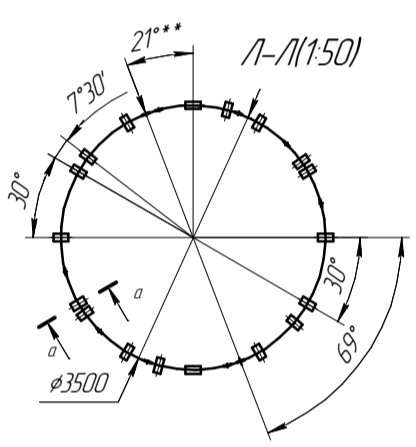
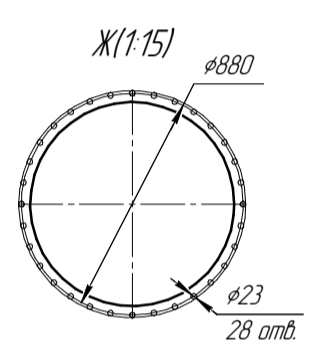
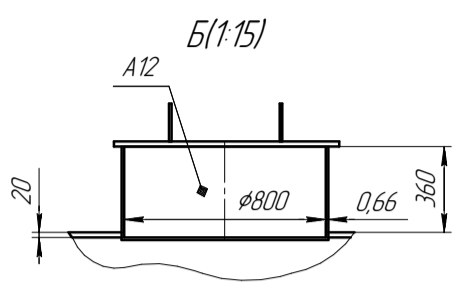
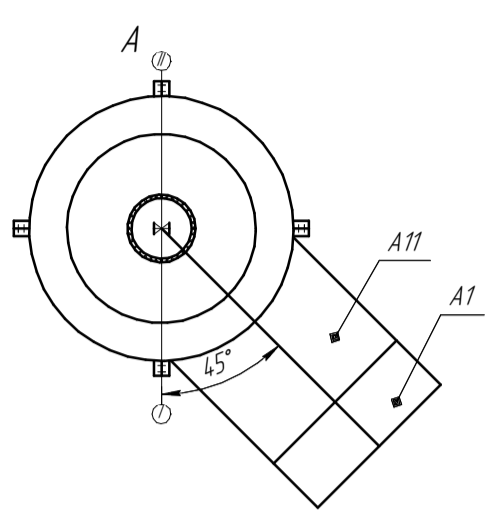
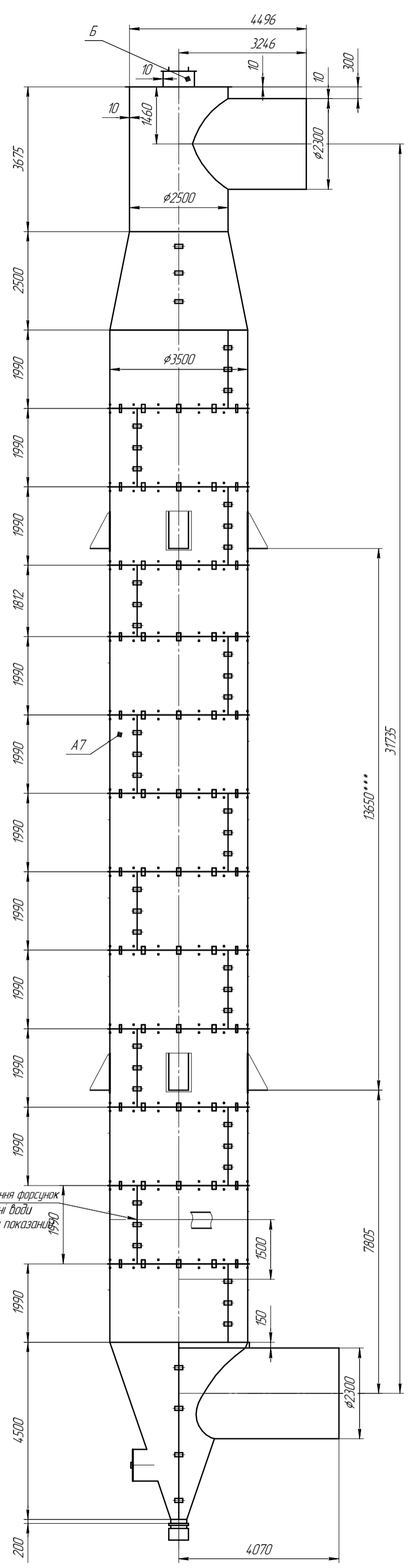
ФБЦ.Д.180221400 СХ				Лист	Масштаб	Масштаб
Ізм. Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	Проект системи сухого очищення технологічних газів агломераційного виробництва з утилізацією вловленого пилу		
Розроб.	Ліпень 08					
Проб.	Мандіна Е.А.					
Т.контр.	Мандіна Е.А.					
Н.контр.	Рижков В.Г.			Схема системи газоочищення агломераційних газів	Лист	Листів 1
Утв.	Кохеняк Г.Б.				МОНУкрainц/І ЗНУ	каф. ПЕОП, гр. ЗНС-18-Імд
				Копірабат	Формат	A1

Лист № 1  
Лист № 2  
Лист № 3  
Лист № 4  
Лист № 5  
Лист № 6  
Лист № 7  
Лист № 8  
Лист № 9  
Лист № 10  
Лист № 11  
Лист № 12  
Лист № 13  
Лист № 14  
Лист № 15  
Лист № 16  
Лист № 17  
Лист № 18  
Лист № 19  
Лист № 20  
Лист № 21  
Лист № 22  
Лист № 23  
Лист № 24  
Лист № 25  
Лист № 26  
Лист № 27  
Лист № 28  
Лист № 29  
Лист № 30  
Лист № 31  
Лист № 32  
Лист № 33  
Лист № 34  
Лист № 35  
Лист № 36  
Лист № 37  
Лист № 38  
Лист № 39  
Лист № 40  
Лист № 41  
Лист № 42  
Лист № 43  
Лист № 44  
Лист № 45  
Лист № 46  
Лист № 47  
Лист № 48  
Лист № 49  
Лист № 50



				ФБЦ/Д.180221500 ЗВ		
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист	Масштаб
						1:50
Разраб.	Ліпень О.В.					
Проб.	Ліпень О.В.					
Т.контр.	Мондана Е.А.					
Н.контр.	Мондана Е.А.					
Утв.	Рижков В.Г.					
				Проект системи суцього очищення технологічних газів		
				аспирраційного виробництва з утилізацією вловленого пилю		
				Рукавний фільтр типу ФРП-5700		
				Лист 1		
				МОНУ, П. ЗНУ		
				каф. ПЕОП, гр. ЗНС-18-1мд		
				Формат А1		

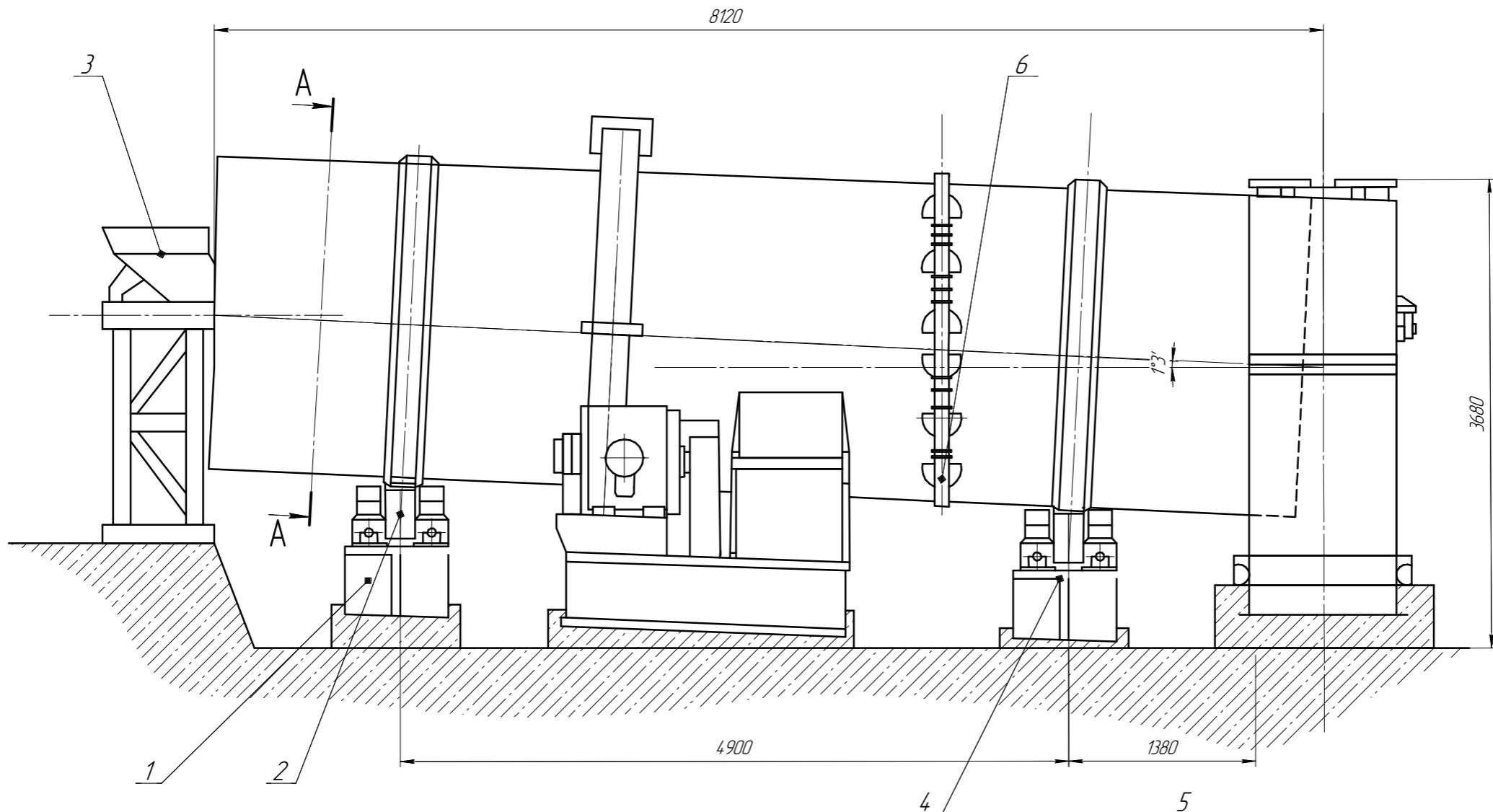
Лист № 1  
Лист № 2  
Лист № 3  
Лист № 4  
Лист № 5  
Лист № 6  
Лист № 7  
Лист № 8  
Лист № 9  
Лист № 10  
Лист № 11  
Лист № 12  
Лист № 13  
Лист № 14  
Лист № 15  
Лист № 16  
Лист № 17  
Лист № 18  
Лист № 19  
Лист № 20  
Лист № 21  
Лист № 22  
Лист № 23  
Лист № 24  
Лист № 25  
Лист № 26  
Лист № 27  
Лист № 28  
Лист № 29  
Лист № 30  
Лист № 31  
Лист № 32  
Лист № 33  
Лист № 34  
Лист № 35  
Лист № 36  
Лист № 37  
Лист № 38  
Лист № 39  
Лист № 40  
Лист № 41  
Лист № 42  
Лист № 43  
Лист № 44  
Лист № 45  
Лист № 46  
Лист № 47  
Лист № 48  
Лист № 49  
Лист № 50



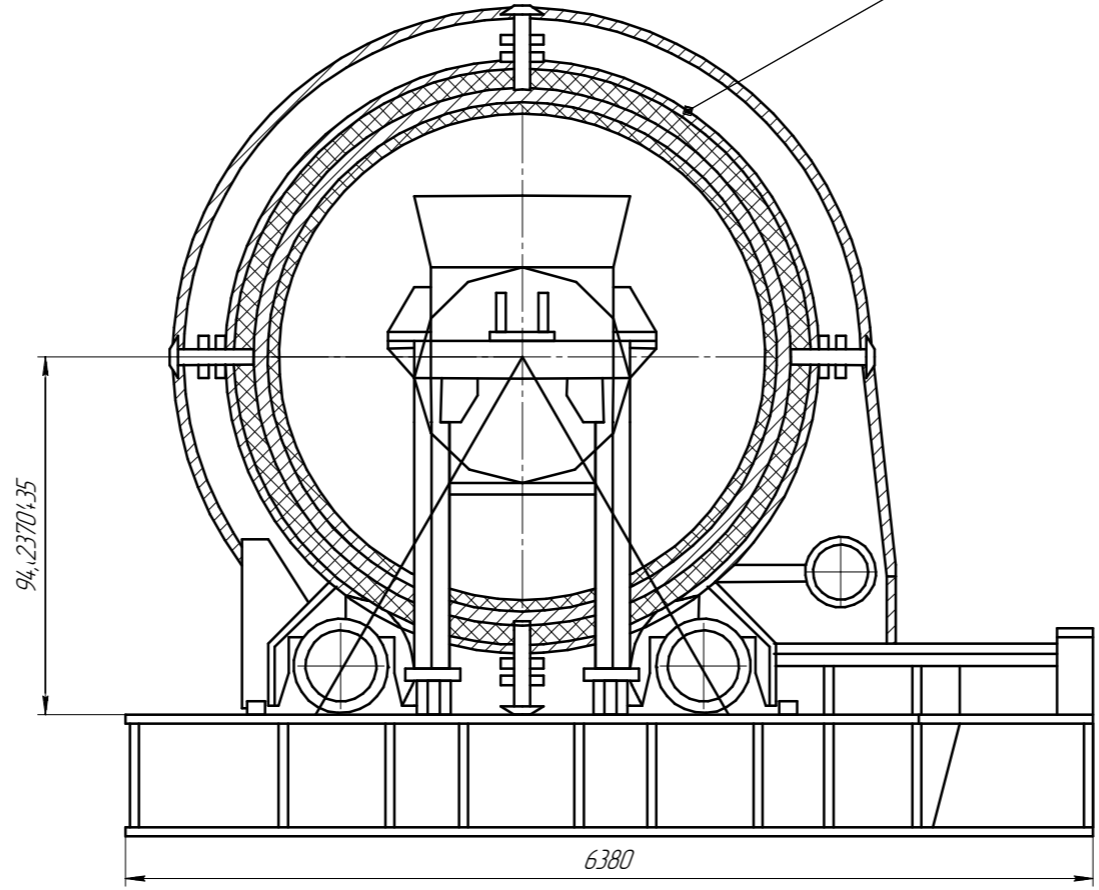
Лист № проєкту	Лист № дані	Варіант №	Лист № дані	Лист № дані	Лист № дані

Місце встановлення форсунок  
Колектор подачі води  
А16 условно не показаний

ФБЦ.Д.180221.600 ЗВ					
Изм/Лист	№ док.им.	Подп.	Дата	Проект системи суцього очищення технологічних газів	Лист
Разраб.	Ліпень О.В.			асиметричного виробництва з утилізацією відпраченого пилу	Масштаб
Пров.	Мандіна Е.А.				1:50
Т.контр.	Мандіна Е.А.				Лист
Исполн.	Рижков В.Г.			Адсорбер	Листов
Чит.	Кохменко Г.Б.				1
Копірава				МОНУ, ІІ ЗНУ каф. ПЕОП, гр. ЗНС-18-Імд	
				Формат А1	



A-A (M 1:15)



Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
1	ФБЦ.Д.1704.30.701	Металеві бандажі	2	
2	ФБЦ.Д.1704.30.702	Ролкові опори	2	
3	ФБЦ.Д.1704.30.703	Засильний апарат	1	
4	ФБЦ.Д.1704.30.704	Упорні роліки	2	
5	ФБЦ.Д.1704.30.705	Барабан	1	
6	ФБЦ.Д.1704.30.706	Система зрушення	1	176 фарсунка

ФБЦ.Д.180221.700.3В

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист	Маса	Маштаб
Розроб.	Ліпень 08				Н		1:20
Керівник	Мандіна Е.А.						
Консульт.	Мандіна Е.А.						
Начальник	Кутузова І.О.						
Затв.	Корженяки Г.Б.						

Проект системи суцього очищення технологічних газів азотмерцічного виробництва з утилізацією вологиного пилу

Лист 7 з 12

Змішувач

МОНУ, ІІ ЗНУ  
каф. ПЕОП, гр. ЗНС-17-1мд





Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
1	ФБЦ.Д.180221.801	Двері	1	
2	ФБЦ.Д.180221.802	Сходи	1	
3	ФБЦ.Д.180221.803	Агломерційна машина	6	
<b>ФБЦ.Д.180221.800.ЗВ</b>				
Зм.	Лист	№ док.	Лист	Лист
Розроб.	Ліпень 08			
Керівник	Мандіна Е.А.			
Консульт.	Мандіна Е.А.			
Начальник	Рижков В.Г.			
Затв.	Коханяк Г.В.			
Проект системи сушого очищення технологічних газів агломерційного виробництва з утилізацією вловленої пилу				Лист
				Маса
				Маштаб
				1:100
Схема евакуації зі спікального відділення				Лист 8
				Листів 9
				МОНУкріаїни, ІІ ЗНУ
				каф. ПЕОП, гр. ЗНС-18-1мд

**ОСНОВНІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ  
ЗАПРОЕКТОВАНОЇ УСТАНОВКИ ОЧИЩЕННЯ ГАЗІВ**

ФБЦ/Д.180221900 ЗВ

№	ПОКАЗНИКИ	ОДИНИЦІ ВИМІРУ	ВАРІАНТ	
			БАЗОВИЙ	ПРОЕКТНИЙ
1.	РІЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ ГАЗООЧИСНОЇ УСТАНОВКИ	МЛН. НМ <sup>3</sup> /РІК	1618,8	1618,8
2.	ТЕХНІЧНА НОРМА ПРОДУКТИВНОСТІ	НМ <sup>3</sup> /ГОД	190000	190000
3.	ПОЧАТКОВА ЗАПИЛЕНІСТЬ	Г/М <sup>3</sup>	6	6
4.	КІНЦЕВА ЗАПИЛЕНІСТЬ	Г/М <sup>3</sup>	0,100	0,020
5.	КІЛЬКІСТЬ ВЛОВЛЕНОГО ПИЛУ	Т	9550,92	9680,42
6.	КІЛЬКІСТЬ УТИЛІЗОВАНОЇ ПИЛУ	Т	8595,828	8712,38
7.	КАПІТАЛЬНІ ВКЛАДЕННЯ	ТИС.ГРН	16399,000	53123,0
8.	ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ	ТИС.ГРН	35784,639	33796,6
9.	ВОДОПОСТАЧАННЯ	ГРН	22533696,00	11266848,0
10.	СТИСЛЕ ПОВІТРЯ	ГРН	-	1000000
11.	ФІЛЬТРУВАЛЬНА ТКАНИНА	ГРН	-	1224000
12.	РЕАГЕНТ	ГРН	-	5000026,2
9.	ЗП ОСНОВНИЙ РОБОЧИХ			
	- ОСНОВНА	ГРН	406060	406060
	- ДОДАТКОВА	ГРН	303940	303940
10.	ЕКОНОМІЯ ВІД УТИЛІЗАЦІЇ	ГРН	679070,412	688278,18
11.	СКОРОЧЕННЯ ЕКОПОДАТКУ ЗА ВИКИДИ ДИОКСИДУ СІРКИ	ГРН	-	381955,12
12.	ТЕРМІН ОКУПНОСТІ КАПІТАЛЬНИХ ВКЛАДЕНЬ	РІК	-	5,52
13.	КОЕФІЦІЄНТ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ КАПІТАЛЬНИХ ВКЛАДЕНЬ	ГРН/(ГРН*РІК)	-	0,181

				ФБЦ/Д.180221900 ТБ			
ЗМ/Лист	№ докум.	Лист	Дата	Проект системи суцього очищення технологічних газів агрегаційного виробництва з утилізацією вловленого пилу	Лист	Маса	Маштаб
Розроб.	Ліпень 08				Н		
Керівник	Мандина Е.А.				Лист 9	Листів 9	
Консил.	Мандина Е.А.			Техніко-економічні показники			МОНУкріаїни, ІІ ЗНУ каф. ТЕОП, гр. ЗНС-18-1мд
Начальн.	Рижков В.Г.						
Затв.	Кохомєв Г.Б.						