

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

Кафедра прикладної екології та охорони праці

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційний проект

другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

на тему Проект очищення газів, що відходять від печей прожарювання
вуглецевої сировини електродного виробництва

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

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Технології захисту
навколишнього середовища

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

Домалега О.В.

(ініціали та прізвище)

Керівник доц., к.б.н. Троїцька О.О.

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

Рецензент проф., д.т.н. Куріс Ю.В.

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

Запоріжжя

2020

АНОТАЦІЯ

Домалега О.В. Кваліфікаційна робота «Проект очищення газів, що відходять від печей прожарювання вуглецевої сировини електродного виробництва».

Кваліфікаційна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища», науковий керівник О.О. Троїцька Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут, кафедра прикладної екології та охорони праці, 2020.

Проаналізована технологія прожарювання вуглецевої сировини електродного виробництва, наведена характеристика шкідливих викидів від печей прожарювання, розроблена та запроектована схема очищення газопилових викидів від печей прожарювання.

Ключові слова: ПІЧ ПРОЖАРЮВАННЯ, ВІДХІДНІ ГАЗИ, КОТЕЛ-УТИЛІЗАТОР, РУКАВНИЙ ФІЛЬТР, ВУГЛЕЦЕВА СИРОВИНА, ПРОЖАРЮВАННЯ ВУГЛЕЦЕВОЇ СИРОВИНИ, УТИЛІЗАЦІЯ ТЕПЛА

ABSTRACT

Domalega O.V. Qualification work "Project for purification of gases from carbon baking furnaces in electrode production".

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

The technology of baking carbon raw materials in electrode production is analyzed, the characteristic of harmful emissions from calcination furnaces is given, the scheme of purification of gas-dust emissions from calcination furnaces is developed and designed.

Keywords: BAKING FURNACE, EXHAUST GASES, UTILIZER BOILER, HOSE FILTER, CARBON RAW MATERIAL, RAW CARBON BAKING , HEAT UTILIZATION

АННОТАЦИЯ

Домалега А.В. Квалификационная работа «Проект очистки отходящих газов от печей прокаливания углеводородного сырья электродного производства».

Квалификационная работа для получения степени высшего образования магистра по специальности 183 «Технологии защиты окружающей среды», научный руководитель О.А. Троицкая. Запорожский национальный университет. Инженерный учебно-научный институт, кафедра прикладной экологии и охраны труда, в 2020.

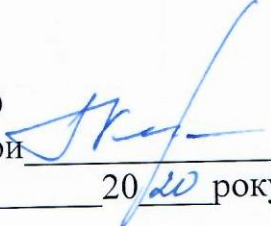
Проанализирована технология прожарки углеводородного сырья электродного производства, приведена характеристика вредных выбросов от печей прокаливания, разработана и спроектирована схема очистки газопылевых выбросов от печей прожарки.

Ключевые слова: ПЕЧЬ ПРОКАЛИВАНИЕ, ОТХОДЯЩИЕ ГАЗЫ, КОТЕЛ-УТИЛИЗАТОР, РУКАВНЫЙ ФИЛЬТР, УГЛЕРОДНОГО СЫРЬЯ, ПРОКАЛИВАНИЕ УГЛЕРОДНОГО СЫРЬЯ, УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛА

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри 
 « 01 » 12 2020 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ

Домалегі Олександрі Валеріївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

- 1 Тема роботи (проекту) Проект очищення газів, що відходять від печей прожарювання вуглецевої сировини електродного виробництва
- керівник роботи Троїцька Олена Олександрівна, к.б.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
- затверджені наказом ЗНУ від « » 20 року №
- 2 Строк подання студентом роботи 01.12.2020
- 3 Вихідні дані до роботи Витрата газу за нормальних умов від однієї печі 12000 нм³/год (діє 4 печі прожарювання), температура газу попереду котла-утилізатору 790 °С, розрідження попереду котла-утилізатору 2200 Па, щільність часток пилу 2050 кг/м³, барометричний тиск 101,3 кПа, запиленість попереду фільтру 2,8 г/м³
- 4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Теоретичні аспекти інновацій в галузі технологій захисту навколишнього середовища, проектування основного та допоміжного обладнання технології очистки газів, вибір та розрахунок газоочисних апаратів, підбір котла-утилізатору, забезпечення функціонування проектного об'єкту, охорона праці та техногенна безпека, організаційно-економічна ефективність запроєктованої системи газоочистки

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Апаратурно-технологічна схема, план ділянки, де розміщені печі прожарювання, печі прожарювання, схема системи прожарювання, розріз газоочистки, рукавний фільтр типу ФРІР, котел-утилізатор, схема утилізації теплової енергії газів, техніко-економічні показники

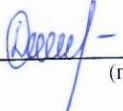
6 Консультанти розділів роботи

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

7 Дата видачі завдання 14.09.2020

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Аналіз джерел викидів при прожарюванні вуглецевої сировини	14.09.2020-28.10.2020	Виконано
	Характеристика викидів від печей прожарювання	21.10.2020-28.10.2020	Виконано
	Аналіз існуючих способів очищення газів, що відходять від печей прожарювання	28.10.2020 - 08.11.2020	Виконано
	Охорона праці та техногенна безпека. Оформлення графічного матеріалу	08.11.2020 - 13.11.2020	Виконано
	Розрахунок основних техніко-економічних показників. Формування пояснювальної записки до проекту.	13.11.2020-01.12.2020	Виконано

Студент 
(підпис)

О.В. Домалега
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) 
(підпис)

О.О. Троїцька
(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер 
(підпис)

В.Г.Рижков
(ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційного проекту: 101 с., 16 табл., 11 рис., 26 джерел

ПІЧ ПРОЖАРЮВАННЯ, ВІДХІДНІ ГАЗИ, КОТЕЛ-УТИЛІЗАТОР, РУКАВНИЙ ФІЛЬТР, ВУГЛЕЦЕВА СИРОВИНА, ПРОЖАРЮВАННЯ ВУГЛЕЦЕВОЇ СИРОВИНИ, УТИЛІЗАЦІЯ ТЕПЛА

Об'єкт дослідження – процес очищення газів, що відходять від печей прожарювання вуглецевої сировини електродного виробництва.

Предмет проектування – система очищення газів, що відходять від печей прожарювання.

Мета проекту – проектування системи очищення димових газів печей прожарювання вуглецевої сировини з більш ефективним використанням енергетичних ресурсів.

Проаналізована технологія прожарювання вуглецевої сировини електродного виробництва, наведена характеристика шкідливих викидів від печей прожарювання, розроблена та запроєктована схема очищення газопилових викидів від печей прожарювання. Система очищення відхідних газів включає: 1 котел-утилізатор типу Г1030Б, рукавний фільтр ФРІР – 1200, димотяг та димову трубу.

Креслення, які наведені в кваліфікаційній роботі розроблялися з використанням графічного редактора (КОМПАС).

ЗМІСТ

1 ІННОВАЦІЇ РОЗВИТКУ ГАЛУЗІ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	8
1.1 Тенденції і інновацій розвитку сухих методів очищення	8
1.2 Технологія прожарювання вуглецевої сировини електродного виробництва.....	23
2 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	26
2.1 Теоретичне обґрунтування системи очищення відхідних газів	26
2.1.1 Режим роботи печі прожарювання .. Error! Bookmark not defined.	
2.1.2 Характеристика викидів від печей прожарювання	31
2.2 Система очищення димових газів від печей прожарювання.....	32
3 ПРОЕКТНИЙ РОЗДІЛ	36
3.1 Проектування основного та допоміжного обладнання технології очистки газів	36
3.1.1 Вибір котла-утилізатора.....	36
3.1.2 Розрахунок рукавного фільтра.....	39
3.1.3. Розрахунок аеродинаміки системи газового тракту	45
3.2 Автоматичний контроль і регулювання процесу очищення газів, що відходять, від прожарювальної печі	64
3.2.1 Аналіз газоочисної системи, як об'єкта автоматизації	64
3.2.2 Функціональна схема контролю й регулювання газоочисної системи	65
3.3 Утилізація теплової енергії газу	68
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....	69
4.1 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища при експлуатації пилоуловлюючих установок	69
4.2 Розробка заходів захисту від виявлених небезпечних і шкідливих факторів	71
4.3 Технічні рішення по виробничій санітарії	73

4.4 Електробезпека	74
4.5 Вимоги до експлуатації та ремонту рукавних фільтрів.....	75
4.6 Проектування засобів з охорони праці.....	77
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	88
5.1 Розрахунки витрат на очищення газів від печей прожарювання	88
5.2 Техніко-економічне обґрунтування рішень, прийнятих у проекті	95
ВИСНОВКИ	98
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	100

ВСТУП

Мета роботи - поточна оцінка і прогноз впливу забруднюючих речовин, що утворюються в процесі виробництва.

Очищення повітря має велике значення в санітарно-гігієнічному плані, в питаннях екологічного та економічного значення, а для майже всіх промислових виробництв є, мабуть, головним заходом щодо захисту повітря від шкідливих речовин і домішок, заходом, що сприяє очищенню газових сумішей перед їх викидом.

Однією з основних технологічних операцій у виробництві електродної продукції є процес прожарювання вуглецевої сировини при високій температурі. Якісні характеристики прожарювального матеріалу роблять визначальний вплив на якість готової продукції.

Процес обробки графітованої продукції в високотемпературних агрегатах супроводжується значним виділенням пилу та шкідливих газових сумішей, та високотемпературних газів.

Вихідні гази проходять через первинну піч котлів-утилізаторів, де утилізується вторинна енергія та спалюється додаткове паливо, камеру згорання, поверхню конвекції та направляються до газоочисної системи і далі до існуючої димової труби. Рукавні фільтри використовуються для очистки вихідних газів від пилу та попелу. Однак, графітний пил не передбачається використовувати у якості палива в значних кількостях через його вартість як продукту для металургійної промисловості.

1 ІННОВАЦІЇ РОЗВИТКУ ГАЛУЗІ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

1.1 Тенденції і інновацій розвитку сухих методів очищення

Розвиток різних промисловості, збільшення споживання продуктів нафтопереробки привели до появи глобальної проблеми - забруднення навколишнього середовища.

Сьогодні очищення повітря має велике значення в санітарно-гігієнічному плані, в питаннях екологічного та економічного значення, а для майже всіх промислових виробництв є, мабуть, головним заходом щодо захисту повітря від шкідливих речовин і домішок, заходом, що сприяє очищенню газових сумішей перед їх викидом. [1]

Поряд з сучасними установками очистки в даний час в експлуатації знаходиться велика кількість установок, стан і ефективність роботи яких не задовольняють сучасним вимогам. Будівництво нових установок очистки вимагає великих фінансових вкладень, при цьому значні терміни будівництва.

Основна мета здійснення реконструкції або модернізації установок дозволяє мінімізувати витрати на відновлення обладнання за рахунок використання наявних конструкцій, скоротити терміни проведення робіт і разом з тим забезпечити сучасні вимоги до ступеня очищення. [2]

На даний момент не існує єдиного універсального методу очищення повітря для всіх виробництв. Під кожне підприємство підбирається свій метод очищення повітря. Дуже часто встановлюються цілі системи, що складаються з різних типів фільтрів.

Виділяють 3 основні завдання, які вирішують системи очищення повітря на підприємстві:

- вловлювання частинок пилу. Це можуть бути залишки продуктів горіння, пилу, аерозольних часток. Після очищення повітря, всі частки утилізуються;
- фільтрація сторонніх домішок (різні супутні токсичні гази і пари);

- вловлювання частинок пилу, для подальшого його використання [3].

Сухе газоочищення - частинки домішок уловлюються в результаті їх осадження під дією сили тяжіння, відцентрової сили, інерційних сил і фільтрування. Яка виключає використання води, водних розчинів та інших рідин в якості промивних або поглинальних засобів. Суха очистка не виключають використання рідин, в основному води, для підготовки летючих викидів перед їх подачею в газоочисні апарати.

Переваги «сухого» газоочищення:

- температура залишкового викиду після сухого очищення визначається тільки конструктивними міркуваннями і може досягати 400 - 500°C, а при наявності теплозахисної футерівка ще більшого значення. Це дозволяє утилізувати теплоту газу після очищення зі значним економічним ефектом.

- при викиді в атмосферу сухих і щодо гарячих газів значно поліпшуються умови їх розсіювання.

- відсутня споживання води, яка є цінним, а в ряді регіонів дефіцитним природним ресурсом.

- ні вторинних стоків забруднених рідин, які необхідно піддавати глибокому очищенню перед скиданням у водойми, або спеціально обробляти для повторного використання в технологічному процесі.

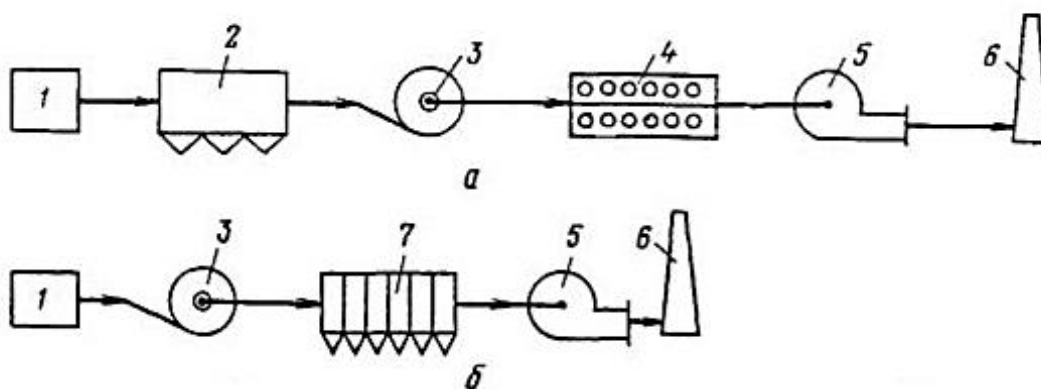
- якщо температура суміші в тракці газоочищення стійко перевищує температуру конденсації містяться в ній парів, корозія обладнання не має місця.

- якщо вловлюється пил, вона вивантажується з пиловловлювачів у вигляді сухого порошкоподібного продукту, який може бути утилізований без складних проміжних операцій [4].

При виборі пилоочисного обладнання, як правило, віддають перевагу сухим методам пилоочищення. У разі грубого очищення вибрати пиловловлювач не представляє труднощів. При уловлюванні тонкодисперсного пилу часто використовують багатоступеневу очистку.

На початку застосовують один або кілька апаратів попереднього очищення, а потім - апарат тонкої, остаточного пилоочищення. До останнього пред'являють найбільш високі вимоги. Їм зазвичай є рукавний фільтр або електрофільтр. Багатоступенева очищення, як правило, ефективніше, ніж одноступенева.

Схеми двоступеневої пилоочищення, найбільш часто використовувані в промислових установках пиловловлення, представлені на рис. 1.1. В якості першого ступеня, як правило, використовують апарат грубої очистки (наприклад, циклон), а в якості другої - апарат тонкого очищення (рукавний фільтр або електрофільтр).[18]



а - з циклоном і електрофільтром; б - з циклоном і рукавним фільтром;
1 - джерело пилоутворення; 2 - колектор; 3 - циклон; 4 - електрофільтр;
5 - вентилятор - димосос; 6 - труба; 7 - рукавний фільтр

Рисунок 1.1 - Схеми різних варіантів двоступеневого пилоочищення

Таким чином, вибір схеми очищення в конкретному виробництві визначається властивостями пилу, економікою процесу і вимоги до готового продукту

В останні десятиліття у світовій практиці переважають тенденції розвитку сухих методів. Цьому сприяє вдосконалення конструкцій електрофільтрів і рукавних фільтрів.

Тому процес сухої газоочищення, заснований на хемосорбції газоподібного фтористого водню глиноземом став більш популярним, хоча він і не задовольняє всім критеріям ідеальної системи. Одним з найбільш великих

його недоліків є рециркуляція домішок, що призводить до зменшення виходу по струму і зниження якості продукції.

Промислові системи сухої газоочищення знаходяться в експлуатації з кінця 60-х років, і все впроваджені на заводах різні конструкції працюють з високою ефективністю уловлювання фтору [17].

Для зниження забруднення атмосфери від промислових викидів удосконалюють технологічні процеси, здійснюють герметизацію технологічного обладнання, застосовують пневмотранспорт, будують різні очисні споруди.

Найбільш ефективним напрямком зниження викидів є створення безвідходних технологічних процесів, які передбачають, наприклад, впровадження замкнутих газоподібних потоків, проте до теперішнього часу основним засобом запобігання шкідливих викидів залишається розробка і впровадження ефективних систем очищення газів.

При цьому під очищенням газу розуміють відділення від газу або перетворення в нешкідливе стан забруднюючої речовини, що надходить від промислового джерела.

Апарати сухої інерційної очистки газів пройшли довгу стадію удосконалення, поки з них не було обрано практично всі наявні в них резерви.

Циклони - це особливі золоуловлювачі, використовувані в промисловості для очищення газів від зважених часток під дією відцентрової і гравітаційної сили.

Принцип роботи циклонів в загальному вигляді можна описати так. Газ, який потрібно очистити, надходить у обертову циліндричну частина циклону. Там він починає рухатися по спіралі з всезростаючої швидкістю, спускається по зовнішній спіралі, а по внутрішній знову розуміється і виходить через трубу. При цьому початок новому вихору. Так поступово відбувається очищення.[4]

До основних перевагам циклонів відносяться:

1. Відсутність рухомих частин в апараті;

2. Надійність роботи при температурах газів аж до 500°C (для роботи при більш високих температурах циклони виготовляють зі спеціальних матеріалів);

3. Можливість уловлювання абразивних матеріалів при захисті внутрішніх поверхонь циклонів спеціальними покриттями;

4. Уловлювання пилу в сухому вигляді;

5. Простота виготовлення;

6. Збереження високої фракційної ефективності очищення при збільшенні запиленості газів.

Основними недоліками циклонів, що обмежують область їх застосування, є:

1. Високий гідравлічний опір (1250-1500 Па);

2. Погано уловлювання частинок розміром менш 5 мкм;

3. Неможливість використання для очищення газів від липких забруднень. [5]

Циклонні апарати внаслідок дешевизни і простоти пристрою і експлуатації, а також високої продуктивності є найбільш поширеним типом пиловловлюючого обладнання. На рисунку 1.2 схематично зображено схема циклонного апарату. [6]

Для контролю за роботою і удосконаленням конструкцій циклонів з метою виділення з пилогазового потоку дрібнодисперсних частинок був проведений ряд оригінальних досліджень, таких як закачування туману або впровадження електричного поля (наприклад, тяжіння заряджених частинок, змішаних з газовим потоком), що дозволило уточнити фізичну модель процесу сепарації пилу.

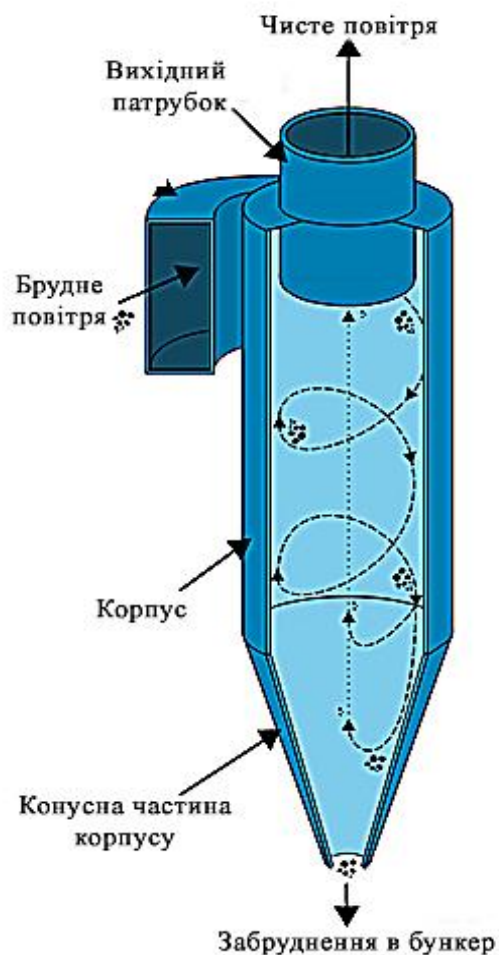


Рисунок 1.2 - Схема циклонного апарату [7]

Ці дослідження включають чисельні моделювання, підтверджені експериментальними дослідженнями, які довели ефективність розділення частинок в результаті запропонованих конструктивних модифікацій циклонних сепараторів.

Так само для збільшення ефективності уловлювання дрібнодисперсного часток пилу були запропоновані "пасивні" методи, такі як зміна розмірів кінцевих перетинів циклонів.[7]

Був докладно досліджений механізм процесу абразивного (в ряді джерел ерозійного) зносу циклонів, що є основною передумовою їх виходу з ладу. Слід зазначити, що відомості про роботи, що ведуться в цій галузі, і матеріали на цю тему внаслідок їх актуальності нерідкі і в даний час.[8]

Також досить докладно досліджено процес очищення газів в двох і більш паралельно встановлених однотипних циклонів однакового діаметру.

Послідовне з'єднання циклонів застосовується в різних галузях промисловості, причому кількість однотипних циклонів може досягати чотирьох. Максимальна ж кількість паралельно розташованих циклонів різних типів може досягати шести. Процес вдосконалення і модифікації вже відомих типів циклонів триває і в даний час.

Це обумовлено переходом економіки на ринкові рейки, нормуванням гранично допустимих викидів і встановленням плати за викиди. Наслідком цього є прагнення підприємств до зниження викидів пилу в атмосферу.

Модифікація одиночних циклонів, що призводить до зниження викидів пилу в атмосферу після очищення, може здійснюватися кількома шляхами:

- перший шлях - введення в конструкцію циклонів елементів інших інерційних апаратів, що приводить до підсумовування різних процесів інерційної сепарації;

- другий шлях підвищення ефективності циклонів - це поєднання елементів конструкції інерційного апарату з елементами конструкцій апаратів принципово іншого способу пиловловлення: електрофільтрами і тканинними фільтрами.

Слід зазначити, що застосування циклонів і фільтрів послідовно в одній технологічному ланцюжку очищення газу досить поширене і знайшло відображення в різних галузях промисловості.

Таким чином, на мою думку, найбільш перспективним шляхом удосконалювання і модифікації циклонів представляються їх різні комбінації з елементами інших типів інерційних пиловловлювачів.[9]

Електрофільтри призначені для високоефективної очистки технологічних газів і аспіраційного повітря від твердих або рідких частинок, що виділяються при технологічних процесах в різних галузях промисловості.

У сухих електрофільтрах для очищення поверхні електродів від пилу використовуються механізми струшування ударно-молотковим типу. Пил зі збірних бункерів виводиться в сухому вигляді або у вигляді шламу.

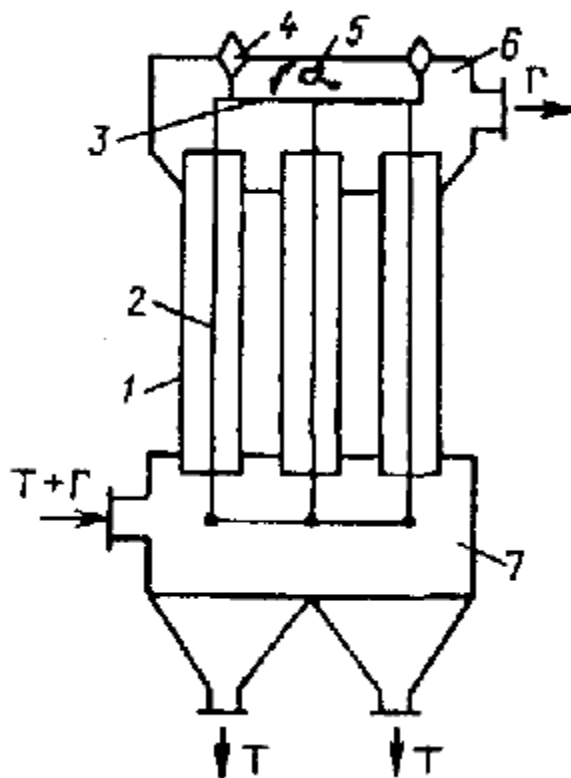
Починаючи з появи перших зразків аж до теперішнього часу електрофільтри пройшли тривалий шлях розвитку. У цьому визначальну роль зіграли науково-дослідні, проектні і виробничі організації.

Сучасне покоління електрофільтрів створено на основі відомих теоретичних уявлень про процеси і досвіду конструювання і експлуатації пілотних установок і перших конструкцій електрофільтрів, створених на попередньому етапі розвитку електрофільтру.[17]

Вперше створювалися не окремі апарати, а ряди обладнання, що перекривають весь діапазон потреб. Послідовно проводився принцип, коли специфічні умови і вплив факторів, що ускладнюють очистку газу, розробники намагалися задовольнити, використовуючи електрофільтри загальнопромислового застосування і використовуючи спеціальні системи регулювання напруги, спеціальні джерела живлення або невеликі конструктивні зміни в системі золовидалення, змінюючи швидкість газу або число полів. На рисунку 1.3 схематично зображено схема електрофільтру.

Разом з тим з'явилися підстави для створення електрофільтрів нового покоління:

- нові ідеї та пропозиції, що інтенсифікують газоочищення;
- нові практичні завдання по пиловловленню, які не можуть бути вирішені на існуючому обладнанні;
- успіх в невирішених раніше наукові проблеми газоочищення;
- нові можливості у вирішенні проблеми з важковловимим пилом;
- розвиток і просування вдалих рішень в існуючих конструкціях електрофільтрів;
- виявлені недоліки і слабкі місця в існуючих конструкціях електрофільтрів.[10]



1 - осаджувальний електрод; 2 - коронируючий електрод; 3 - рама; 4 - високовольтний ізолятор; 5 - встряхивающее пристрій; 6 - верхня камера; 7 - збірник пилу.

Рисунок 1.3 - Схема електрофільтру [11]

Попередній аналіз можливості розробки науково-технічних принципів електрофільтрів нового покоління може бути виконаний як розвиток і доповнення принципів, закладених в існуючих електрофільтрах.

Розробляються такі напрями вдосконалення електрофільтрів, які будуть закладені в конструкції електрофільтрів нового покоління:

- подальше вдосконалення коронируючих електродів;
- збільшення між електродного відстані;
- збільшення висоти електрофільтрів;
- вдосконалення системи регулювання напруги на електрофільтрах;
- створення нових джерел живлення електрофільтрів;
- аналіз умов, що визначають ефективність уловлювання дрібнодисперсного пилу при наявності замикання коронного розряду;
- застосування комбінованої системи газоочищення. [10]

Основний результат досліджень полягає в розробці наукових основ створення електрофільтрів нового покоління для очищення димових газів від

зважених часток, тобто наукове обґрунтування принципів конструювання і організації роботи електрофільтрів нового покоління. Для цього необхідно було вирішити ряд теоретичних і експериментальних питань, які стосуються процесу уловлювання частинок в апаратах газоочищення.

Конкретні результати, отримані зводяться до наступного:

1. Показана необхідність створення електрофільтрів нового покоління, що визначається різким посиленням вимог до чистоти газів після очищення; зростанням обсягів газів і номенклатури пилу, які потребують очищення; новими умовами організації виробництва, монтажу та експлуатації електрофільтрів. Подальше забруднення атмосфери вимагає кардинальної зміни ставлення до електрогазоочищення.

2. Визначено шляхи вдосконалення електрофільтрів, які полягають в:

- удосконалення коронируючих електродів;
- збільшення вертикального розміру електрофільтру;
- застосування збільшеного між електродної відстані;
- вдосконалення системи регулювання напруги;
- створення нових джерел живлення;
- аналізу умов, що визначають ефективність уловлювання дрібнодисперсного пилу, що призводить до замикання коронного розряду;
- застосування комбінованих електрофільтрів;
- застосування нових технологій виготовлення вузлів електрофільтру, організація виробництва, монтажу та експлуатації електрофільтрів.

3. Розроблено електрофільтри нового покоління, в яких:

- використовується нова система електродів з кращими електричними характеристиками;
- забезпечено рівномірний розподіл потоку газу по перетину електрофільтру за рахунок застосування двох газорозподільних решіток на вході і однієї решітки на виході з електрофільтру;

- зроблені спеціальні конструктивні заходи щодо зменшення впливу неактивних зон;

- застосована нова система регулювання напруги на електрофільтрі.

Необхідність розробки комбінованих електрофільтрів, що складаються з послідовних, походу газу, власне електрофільтру і рукавного фільтра.[2]

За останні 10 років проведено значні удосконалення електрофільтрів:

- розроблені і впроваджені нові інтенсивні голчасті коронувальні електроди типу сухих електрофільтрів різної модифікації для уловлювання невисокоомних і високоомних пилу;

- розроблені і впроваджені осаджувальні елементи підвищеної точності виготовлення, що дозволило створювати апарати з висотою електродів до 18 метрів, а також істотно підвищити ступінь очищення за рахунок поліпшення центрування електродних систем;

- розроблено та впроваджено на базі малогабаритних, надійних приводів пристрій струшування електродів з використання струшування в широкому діапазоні відповідно до пилоємкості уловлювального пилу;

- розроблено та впроваджено мікропроцесорний регулятор для агрегатів живлення електрофільтрів з різними програмами управління, що дозволяють ефективно регулювати напругу при уловлюванні пилу з різними властивостями.[11]

Рукавні тканинні фільтри застосовуються для очищення великих обсягів повітря (газів) зі значною концентрацією пилу. Фільтруючими елементами в цих апаратах є рукави зі спеціальної фільтрувальної тканини. Рукавні фільтри забезпечують тонку очистку повітря від пилових частинок, що мають розмір менше 1 мкм.

Поряд з циклонами рукавні фільтри є одним з основних видів пиловловлюючого обладнання і широко застосовуються на підприємствах чорної і кольорової металургії, хімічної промисловості, промисловості будівельних матеріалів, харчової промисловості, в енергетичних установках.

Рукавні фільтри за капітальними витратами трохи дешевше тих же електрофільтрів, але у них більше витрати на експлуатацію.[1]

У ряді рукавних фільтрів регенерація фільтрувальної тканини здійснюється шляхом зворотної струминевої та імпульсної продувки рукавів. Зворотною продувкою регенерують тканини при уловлюванні легко скидного пилу. Для цього змінюють напрямок дуття, подаючи на регенерацію свіже або очищене повітря. Останній варіант краще, так як не збільшується кількість повітря в системі. Для виконання зворотної продувки фільтр може відключатися посекційно або повністю. Витрата повітря на зворотну продувку приймають до 10% від кількості газу, що очищається.[17]

Імпульсну регенерацію виконують без відключення секцій. Щоб не відбувалося занадто інтенсивної регенерації з видаленням залишкової рівноважної кількості пилу (що призведе до великої величини проскоку в початковий період роботи фільтра після регенерації), варіюють тиск стисненого повітря, тривалість і частоту імпульсів.

Тривалість імпульсу 0,1 ... 0,2 с, частота - 10 імпульсів в хвилину, тиск стисненого повітря 500 ... 600 кПа. Витрата стисненого повітря становить 0,1 - 0,2% від кількості очищеного газу (повітря).

Фільтри рукавні з імпульсною регенерацією (ФРІР) призначені для очистки технологічних газів та аспірацій них викидів від дрібнодисперсного пилу. Область застосування фільтрів – будь-яка з галузей промисловості, технологія якої передбачає утворення запилених газів або повітря.

Регенерація рукавів проводиться автоматичні по досягненню заданої величини гідравлічного опору фільтра.

В установках реалізований принцип регенерації фільтрів - продувкою стисненим повітрям. Регенерація фільтра здійснюється подачею імпульсу стисненого повітря тривалість 0,2 с, всередину фільтра, фільтр різко розширюється, і «струшує» накопичилася на ньому «шубу», при цьому відбувається продування фільтрувальної тканини в напрямку, протилежному потоку забрудненого повітря фільтр очищається.

Даний спосіб регенерації має істотні переваги перед іншими способами регенерації фільтрів і дозволяє досягти кращої якості очищення фільтрувального матеріалу і як наслідок забезпечити більш оптимальну роботу аспіраційної системи і знизити витрату електроенергії при роботі аспіраційної системи. Високі результати досягаються при очищенні повітря від дрібнодисперсних пилю, до 0,1 мкм, схильних до злипання, що утворюються при роботі шліфувального обладнання.[17]

Переваги та недоліки рукавних фільтрів з імпульсною продувкою. У подібних пристроях імпульсний клапан стискає повітря і подає його всередину рукава, щоб фільтруючий матеріал регенерував. Це повітря вибиває бруд з матеріалу, і відбувається очищення пір. На рис. 1.4 зображена схема імпульсного рукавного фільтра.

У апаратів з імпульсною продувкою є вагомі плюси:

- Їх можна встановлювати в приміщеннях з вмістом в повітрі вибухонебезпечних газів (пристрою не іскрять);
- Фільтруючий матеріал добре регенерує, оскільки пил вибивається з більшості пір.
- Розраховувати на ефективність рукавного фільтра з імпульсною продувкою можна тільки при установці поруч з обладнанням компресора з достатньою продуктивністю і додаткового фільтра, що очищає повітря від масел і вологи: пори фільтруючий матеріал будуть очищатися добре тільки при подачі осушеного стисненого повітря.[1]
- Установки серії «ФРІР» використовуються для очищення повітря в системах аспірації і пневмотранспорту із застосуванням рециркуляційної схеми поведження повітря або без неї.

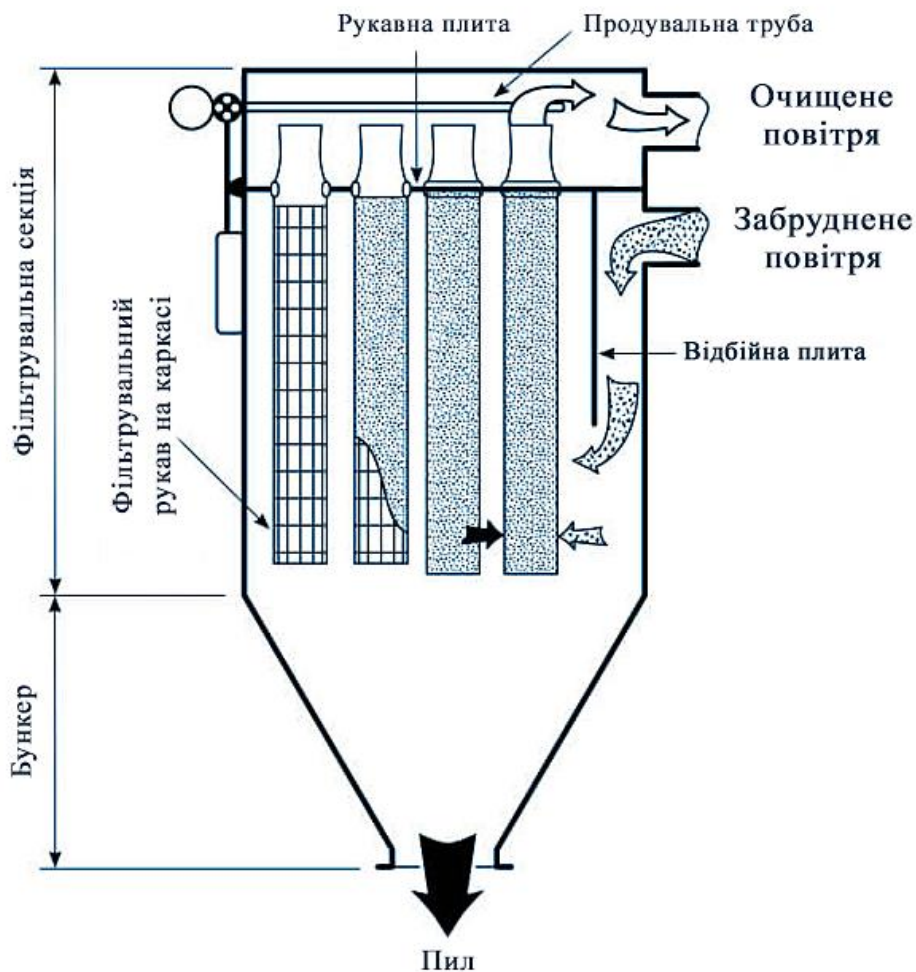


Рисунок 1.4 - Конструктивна схема імпульсного рукавного фільтра [11]

Значна частина знаходяться тривалий час в експлуатації фільтрів є фізично і морально застарілими. Реконструкція існуючих газопилоуловлюючих установок ведеться, як правило, в напрямку заміни старих фільтрів на більш сучасні.

У ряді випадків економічно доцільно провести реконструкцію наявного в експлуатації рукавного фільтра, використовуючи для цього останні досягнення в розвитку і вдосконаленні сучасних конструкцій рукавних фільтрів, з метою отримання при цьому необхідний ефект по пилогазовим викидів і рівню обслуговування фільтра.[3]

Для підвищення ефективності діючих рукавних фільтрів досить здійснити заміну окремих складальних одиниць (вузлів) і систему управління регенерацією на обладнання з підвищеними технічними характеристиками.

До універсальності рукавних фільтрів можна так само віднести той факт, що рукавний фільтр з заданими характеристиками можна виготовити в декількох конструктивних виконаннях, з різними габаритними розмірами. У більшості випадків існує можливість підібрати (або розробити) конструкцію рукавного фільтра, з урахуванням розмірів і обмежень існуючого місця під установку фільтру.

Термін служби фільтруючих рукавів в рукавних фільтрах в середньому становить 2-3 роки, а в окремих випадках може досягти 6-ти і більше років ефективної роботи.

Своєчасна заміна фільтруючих рукавів є гарантією ефективної роботи рукавного фільтра, а появу сучасніших фільтруючих матеріалів дозволяє забезпечити актуальність рукавного фільтра, - при зниженні екологічних норм за залишковою запиленості, в майбутньому.

Загальна конструкція і принцип роботи рукавної системи очищення повітря дозволяють організувати послідовний процес. Кілька батарей або рукавів встановлюються послідовно, перехоплюючи забруднення різного типу. Якщо врахувати, що така система зазвичай монтується на етапі механічного очищення повітря, то її ефективність визначає успішність застосування всього комплексу засобів очищення повітря в виробничих приміщеннях.

Рукава для фільтрів виготовляються на спеціалізованих підприємствах і є уніфікованими деталями. Їх можна підібрати по пропускній здатності, ступеня очищення, розмірами фільтруючих пір і волокон, конструкції елемента кріплення.[2]

Переваги передової технології рукавного фільтра:

- Значно збільшений термін служби рукавів при низькій різниці тисків фільтра завдяки більш ефективній і м'якою очищення і меншій частоті сеансів очищення;
- Низьке споживання стисненого повітря, оскільки рукавний фільтр очищається при нульовій швидкості вентилятора;

- Позитивний вплив на попередні технологічні процеси і якість продукції завдяки мінімізації коливань в різниці тисків фільтра;
- Мінімальний рівень шуму завдяки низькому тиску очищення;
- Максимальна доступність системи за рахунок модулів очищає газу, які можна відключити окремо в разі пошкодження рукава;
- Мінімальна вартість життєвого циклу завдяки зниженим експлуатаційним витрат.[12]

Модернізація існуючих рукавних фільтрів:

- Вбудовування рукавних фільтрів в корпус існуючих електрофільтрів;
- Вбудовування сучасних рукавних фільтрів в корпусу старих низькоефективних рукавних фільтрів зі збільшенням площі фільтрації;
- Заміна старої механічної системи регенерації (або регенерації зворотної продувкою) на більш ефективну імпульсну регенерацію стисненим повітрям;
- Реконструкція системи пиловивантаження старих рукавних фільтрів.

1.2 Технологія прожарювання вуглецевої сировини електродного виробництва

Графітована продукція - вуглецеві вироби на основі коксу, одержувані за класичною технологічною схемою електродного виробництва, що включає термічні переділи випалу та графітації. Відмітною ознакою графітованої продукції є низька в порівнянні з іншими видами електродної продукції питомий електроопір, і висока теплопровідність.

Однією з основних технологічних операцій у виробництві електродної продукції є процес прожарювання вуглецевої сировини при високій

температурі. Якісні характеристики прожарювального матеріалу роблять визначальний вплив на якість готової продукції.

З усіх відомих технологічних агрегатів для розжарювання вуглецевої сировини (електричні, ретортні, камерні, печі киплячого шару) найчастіше використовуються обертові печі, які характеризуються найбільш низькою вартістю, простотою обслуговування, мають високу продуктивність.

Обертova (прожарювання) піч призначена для використання в технологічних лініях по сухому способі виробництва цементу, а також в інших галузях промисловості, де сировина піддається дробленню, здрібнюванню, сортуванню і випалу (будь-який матеріал).

Процес прожарювання характеризується високими втратами сировини на угар вуглецевої частини, а також втратами хімічного тепла продуктів горіння, які покидають робоче простір печі, що веде в свою чергу до збільшення питомої витрати палива.[12]

Конструкція обертової печі модернізована для зниження споживання енергоресурсів. Прожарювання вуглецевих матеріалів (кокс різних марок, вугілля кам'яне) - процес термічної обробки протягом певного часу при високих температурах (1200-1400)⁰C без доступу повітря, в залежності від виду сировини і режимів прожарювання, з метою максимального ущільнення внутрішньої структури прожарюємо матеріалу за рахунок видалення вологи і летких речовин.

Технологічна операція прожарювання вуглецевих матеріалів включає в себе наступні процеси:

- прожарювання коксу в обертових прожарювальних печах;
- переклад роботи печі з одного виду коксу на інший;
- прожарювання коксу в прожарювальній печі з використанням смоляний установки (пальники) або без неї;
- очищення пилозбірників печей;
- прожарювання вугілля кам'яного в прожарювальних печах з використанням газопилової установки (пальники) або без неї;

- прожарювання вугілля кам'яного в прожарювальних печах з використанням установки отримання синтез-газу і газопилової установки (пальники) або без неї;

- процес очищення пилозбірника печі;

- процес подачі у виробництво прокаленого коксу, в тому числі і голчастого коксу.[18]

Прожарювання вуглецевих матеріалів проводиться після операції отримання (зберігання) вуглецевих матеріалів в складі сировини і перед передачею його на помел і розсівання.

На кожній печі прожарювання встановлена газований пальник для нагрівання і прожарювання матеріалу. Нагрівання матеріалу проводиться за рахунок випромінювання тепла факела пальника і тепловіддачі димових газів, що утворюються в процесі горіння.

Рух вуглецевого матеріалу і димових газів - протитечійний. Прожарений матеріал надходить в холодильник, звідки по тічці направляється далі за технологічним циклом. Гази, що відходять від печі надходять на газоочищення і далі викидаються в атмосферу через димову трубу.

Для різних видів вуглецевих матеріалів ці процеси протікають по-різному; так, наприклад, у антрацитів видалення летючих відбувається плавно і наростає до 700-800⁰С, при дегазації нафтового коксу максимальний вихід летючих відбувається при температурі 550-650⁰С, а потім газовиділення знижується і при 1200-1300⁰С воно, в основному, завершується.

2 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Теоретичне обґрунтування системи очищення відхідних газів

Печі розжарювання працюють на природному газі. Прожарювання коксу здійснюється в печах №1, 2, 3, прожарювання антрациту в печі №4. Піч №5 може працювати як в режимі прожарювання антрациту, так і в режимі прожарювання коксу.

В печах прожарюють різні за властивостями вуглецеві матеріали. Наприклад, нафтовий кокс містять близько 7% летючих речовин, здатних згорати, антрацит – 3-4%, а пековий кокс – близько 1%.

Антрацит – щільний матеріал і має високі абразивні властивості, кокс же пористий і менш абразивний. Властивості сировинних матеріалів, особливо їх вміст летючих речовин, сильно впливає на режим роботи печі.

Обертова (прожарювання) піч призначена для використання в технологічних лініях по сухому способі виробництва цементу, а також в інших галузях промисловості, де сировина піддається дробленню, здрібнюванню, сортуванню і випалу (будь-який матеріал).

Прожарювання вуглецевих матеріалів (кокс різних марок, вугілля кам'яне) - процес термічної обробки протягом певного часу при високих температурах (1200-1400) °С без доступу повітря, в залежності від виду сировини і режимів прожарювання, з метою максимального ущільнення внутрішньої структури прожарюємо матеріалу за рахунок видалення вологи і летких речовин.[14]

На кожній печі прожарювання встановлена газовий пальник для нагрівання і прокалювання матеріалу. Нагрівання матеріалу проводиться за рахунок випромінювання тепла факела пальника і тепловіддачі димових газів, що утворюються в процесі горіння.

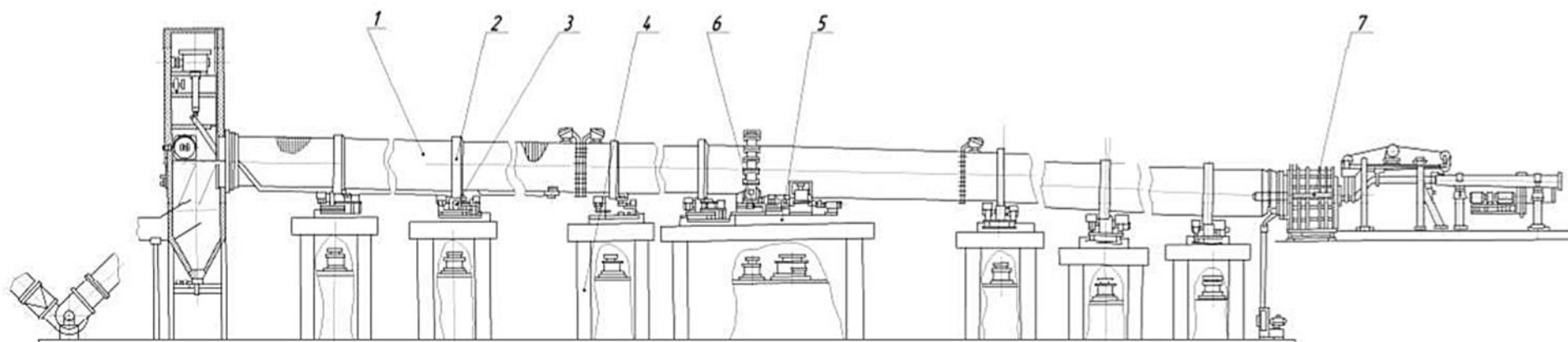
Прожарений матеріал надходить в холодильник, звідки по тічці направляється далі за технологічним циклом. Гази, що відходять від печі

надходять на газоочищення і далі викидаються в атмосферу через димову трубу. Конструкція обертової печі прожарювання зображена на рис. 2.1.[15]

Корпус обертової печі, для прожарювання вуглецевого матеріалу, являє собою зварений барабан 1 з листової сталі товщиною 30...110мм, футерований усередині вогнетривкою цеглою, спираючись бандажами 2 на сім роликоопори 3. Роликоопори у вигляді двох рознесених по ширині роликів змонтовані на рамах і встановлені на фундаментних опорах 4. Піч має ухил до горизонту, що складає 3,5°.

У даній конструкції вона утримується від сповзання гідроопорами. Піч приводиться в обертання головним приводом 5, розташованим на опорі 4, через відкриту зубчасту передачу 6. Привід печі двосторонній.

Піч забезпечується також допоміжним приводом, що використовується для повертання корпусу з малою частотою обертання при виконанні ремонтних і футеровочних робіт, а також в аварійних ситуаціях.[15]



1 – барабан, 2- бандажі, 3 – роlikоопори, 4 – фундаментні опори, 5 – привід, 6 – зубчаста передача, 7 - горілка

Рисунок 2.1 – Конструкція обертової печі [15]

2.1.1 Режим роботи печі прожарювання

За відповідністю послідовного ходу технологічних перетворень при прожарюванні вуглецевих матеріалів всю довжину печі слід розділити на три зони:

Перша – зона підсушки і підігріву газами, які відходять. Це найдовша зона, в якій прагнуть найефективніше використовувати тепло відхідних газів, температура яких на початку зони близько 1100°C , а вкінці - близько $500\text{--}600^{\circ}\text{C}$, чим коротше піч, тим вище температура газів, що залишають її.

Друга – зона прожарювання, характеризується найбільшою температурою газового потоку ($1300\text{--}1400^{\circ}\text{C}$). Матеріал нагрівається в ній до $1250\text{--}1300^{\circ}\text{C}$. Довжина зони прожарювання визначається довжиною факела палаючого газу і зазвичай складає близько 5 м. Якщо в матеріалах міститься велика кількість летючих, наприклад нафтовий кокс, то в результаті їх горіння зона прожарювання може зрости до 12-15 м.

Третя – зона охолодження. Це – найкоротша зона, вона розташована в передній частині печі перед факелом палаючого газу. Нормальною довжиною для цієї зони слід вважати 2-3 м. Однак в залежності від стану зони прожарювання, яка може пересуватися як в одну, так і в іншу сторону печі, довжина зони охолодження може і скорочуватися до 1 м, і збільшуватися до 5–6 м. Це порушення технологічного режиму, а тому неприпустимо. [15]

Найбільш відповідальною є зона прожарювання, від довжини і розташування якої залежить якість прожарювання, величина угару. У разі найбільшого видалення зони прожарювання від гарячої головки печі різко зростає угар матеріалу, так як надходить в піч надлишок повітря, необхідний для спалювання летучих речовин, проходячи над шаром вже прожареного і нагрітого до 1200°C матеріалу, спалює його. Чим довше ця ділянка, тим більше згорає матеріалу і більш збіднене киснем повітря надходить в зону прожарювання.

Через нестачу кисню летючі речовини, які виділились, повністю не згоряють в печі, а догоряють вкінці, куди разом з матеріалом надходить повітря. Іноді летючі догоряють за межами печі, при цьому спостерігається різке підвищення температури газів, що відходять. Подовження зони прожарювання є позитивним фактором, так як створюються умови для більш тривалого перебування матеріалу при найбільш високій температурі в печі і, отже, більш швидкого і кращого прожарювання. При великій довжині зони прожарювання може бути збільшена продуктивність печі, для цього потрібно лише збільшити швидкість руху матеріалу за рахунок збільшення числа оборотів печі.[16]

До параметрів технологічного режиму печі відносяться також обсяг завантаження печі матеріалом, швидкість руху матеріалу, температура і тягові умови. Обсяг завантаження залежить від діаметра печі і складає 6-15 % її обсягу, чим більше діаметр печі, тим менше повинен бути коефіцієнт заповнення. При внутрішньому діаметрі печі близько 1 м коефіцієнт заповнення допускається 12-15%, а при діаметрі 2,5-3,5 – до 6-8%. При занадто високому коефіцієнті заповнення печі погіршуються умови прожарювання, пересування матеріалу і тепловіддача футеруванню, тому корпус печі перегрівається, а якість прожарювання знижується.

Однак при зменшенні коефіцієнта заповнення печі зменшується її продуктивність. Для створення сприятливих умов управління режимом і стабільної якості прожарювання коефіцієнт заповнення при експлуатації печі повинен бути постійним. Тому піч повинна бути обладнана 19 точними дозаторами. Оскільки на печах зазвичай використовують, дозатори об'ємного дії, то для сталості масового завантаження потрібно сталість гранулометричного складу матеріалів, які потрапляють в піч.[15]

Особливу увагу слід звертати на максимальну крупність матеріалу, яка не повинна перевищувати 50 мм. Час перебування матеріалу в печі в основному визначається її розмірами, температурним режимом і властивостями матеріалів, які прожарюються. Наприклад, для нафтового

коксу, розміри шматків якого досягають 50 мм, при нормальному коефіцієнті завантаження і робочій температурі близько 1400°C час перебування в зоні прожарювання має бути не менше 20 хв.

У промисловій практиці в печах довжиною 40-45 м час перебування матеріалу в печі становить 80-90 хв. Для раціонального режиму прожарювання необхідно, щоб в печах існувала гнучка система регулювання розрідження в межах від 1 до 20 Па.

2.1.2 Характеристика викидів від печей прожарювання

При спалюванні природного газу утворюються і викидаються з димовими газами наступні основні забруднюючі речовини: Азоту оксиди і вуглецю оксид, а при спалюванні твердого паливо - азоту оксиди, вуглецю оксид, оксиди сірки і тверді частинки, забруднюючі речовини наведені в таблиці 2.1.[13]

Таблиця 2.1 - Секундні викиди забруднюючих речовин на виході з печей прожарювання

Найменування забруднюючої речовини	Одиниця виміру	Величина викидів
		На вході в КУ 1 від трьох печей (№1,2,3,5)
Оксиди азоту	г/с	6,8
Оксид вуглецю		377,4
Діоксид сірки		55,6
Тверді речовини		8,66

*КУ - Котел-утилізатор

Відбір газів, що відходять від прожарювальних печей передбачено від завантажувальних головок печей.

Склад газів, що відходять перед збірним колектором:

- вміст N₂ -87%;

- вміст CO₂ -10%;
- вміст CO - 2,5%;
- вміст O₂ - 0,5%.

На повітряне середовище виявляється вплив при спалюванні палива природного газу в котлах. Утворюють димові гази містять оксиди азоту та вуглецю, сірчистий ангідрид і суспендовані тверді частинки, які відносяться до забруднюючих речовин.

2.2 Система очищення димових газів від печей прожарювання

Суша схема очищення газу передбачає! Застосування рукавного фільтра або електрофільтру. Найбільш ефективним способом уловлювання дрібнодисперсного пилу з газів, що відходять і аспіраційних викидів різних технологічних процесів і агрегатів є фільтрація. В ході здійснення цього процесу гази проходять через фільтруючий матеріал, в якості якого використовується тканина з різними характеристиками.

Ефективність знепилювання газів в фільтрі залежить від дисперсності частинок пилу, характеристик фільтрувального полотна, способу і режиму регенерації, величини питомої газової та пилової навантаження, гідравлічного опору апарату.

Аналізуючи фільтри для очищення газів, можна побачити закономірність: зростання ефективності даних установок пов'язаний з їх розміром і зі збільшенням витрат енергії. У табл. 2.2 наведено порівняльна характеристика фільтрів по ефективності очищення.[13]

Таблиця 2.2 - Порівняння фільтрів по ефективності очищення

Тип апаратів	Розмір відокремлюваних часток пилу, мкм	Ступінь очищення, %
Електрофільтри	$\geq 0,005$	$\leq 99,5$
Рукавний фільтр	≥ 2	$\geq 99,5$

Основні переваги та недоліки очищення газів в електрофільтрі

Переваги:

- широкий діапазон продуктивності;
- висока ступінь очищення газів 99,95 %;
- низький гідравлічний опір - 0,2 кПа;
- можливість уловлювання твердих частинок і рідких частинок

розміром від 0,01 мкм.

Недоліки:

- електрофільтр має високу вибухонебезпечність;
- капітальні і експлуатаційні витрати на електрофільтр вище, ніж на рукавний фільтр;

- в електрофільтрах можуть осідати тільки речовини, що знаходяться в підвішеному стані. У вигляді пилу або туману, але за допомогою електрофільтру не можна відокремити один газ від іншого або від пара без попередньої конденсації цієї пари в возгон або туман, або без застосування попередньої хімічної реакції;

- деякі продукти мають такі фізико-хімічними властивостями, які виключають можливість ефективного уловлювання зважених часток цих продуктів в електрофільтрах;

- висока вартість, і складність в експлуатації електрофільтра;
- прискорений втомний знос конструкцій електрофільтрів;
- при струшуванні пилу з осаджувальних електродів частина нили, потрапляючи в газовий потік, несеться цим потоком, знижуючи ефективність роботи пиловловлювача. [19]

Основні переваги рукавного фільтра:

- ефективна робота при різному тиску газів і їх ретельне очищення від зважених домішок;
- виготовлення з хімічно стійких матеріалів;
- незалежність ефективності очищення від зміни властивостей вловлюється пилу;

- можливість зробити процес очищення повітря автоматизованим.

Таким чином, для очистки газів, що відходять від печей прожарювання вуглецевої сировини доцільно використовувати схему з рукавним фільтром, оскільки даний апарат має значні плюси, зокрема:

- конструкція є універсальною, тому легко інтегрується в систему вентиляції і очисну системи різних виробничих галузей.
- комплекс з рукавним фільтром легко вбудовується в технологічну лінію і маловимогливий до обсягів площі, необхідної для його облаштування.
- ступінь очищення газоповітряної суміші досягає 90-99%, що є гранично високим показником для системи сухого очищення.
- фільтрація відбувається однаково ефективно як при гранично низькій температурі повітря, так і в умовах опалювального приміщення.
- управління комплексом є дуже простим і може бути повністю автоматизовано.
- планова заміна відпрацьованих рукавних фільтрів здійснюється раз в два-три роки.
- стабільно високу ефективність очищення газів до рівня не вище 5 мг/м³. [20]

З метою очищення димових газів від пилу і золи, передбачається установка за котлами-утилізаторами рукавних фільтрів (імпульсний рукавний фільтр). Фільтри встановлюються за котлами, перед димососами і працюють під розрідженням. На рис 2.2 зображена схема відводу димових газів від прожарювальних печей.

Схема включення рукавних фільтрів у газовий тракт котлів-утилізаторів дозволяє працювати будь-якому з котлів з будь-яким рукавним фільтром, таким чином, забезпечена 100% взаємозамінність обладнання.

Крім того, ці апарати вимагає підтримки температури газів в певних рамках. Рукавні фільтри за капітальними витратами трохи дешевше тих же електрофільтрів, але у них більше витрати на експлуатацію.

За рахунок конструктивних особливостей котлів було забезпечено утримання в відхідних газах після утилізаційної котельної оксиду вуглецю на рівні нижче ГДК, а для очищення димових газів від пилу за котлами-утилізаторами встановлено 3 паралельно працюючих імпульсних рукавних фільтри типу ФРІР-1200.[14]

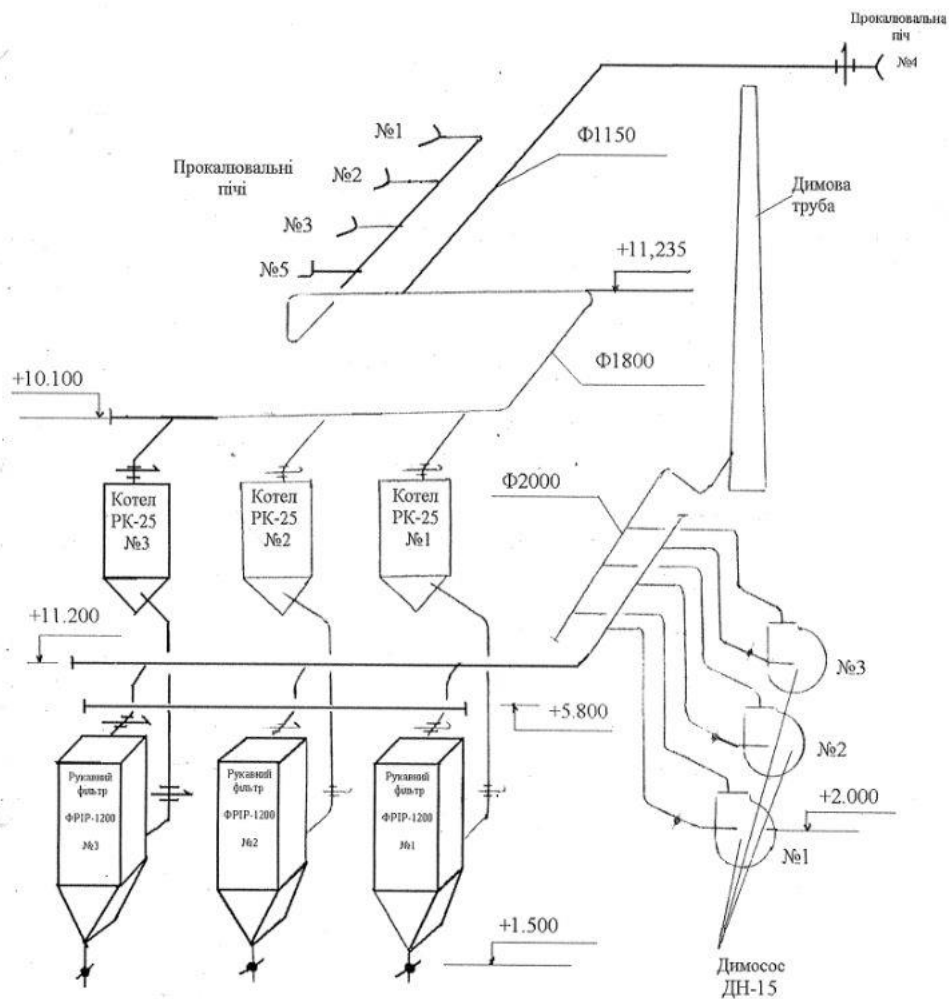


Рисунок 2.2 - Схема відводу димових газів від прожарювальних печей

Фільтри оснащені висоефективною і надійною системою регенерації стисненим повітрям із застосуванням швидкодіючих продувних клапанів. Робота установки повністю автоматизована.

Проводиться теплове знешкодження шкідливих речовин, що містяться в димових газах, що відходять від прожарювальних печей.

3 ПРОЕКТНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування основного та допоміжного обладнання технології очистки газів

Відповідно до завдання до магістерського проекту об'єм промислових газів, що відходять, від однієї печі прожарювання становить 12000 м³ /год, без врахування повного допалювання СО.

Температура газів, що відходять, після допалювання 790 °С.

За практичними даними медіанний діаметр частинок пилу становить $d_m = 35$ мкм.

Запиленість відхідних газів попереду котла-утилізатора становить 3,5 г/м³.

Розрідження газів попереду котла-утилізатора: 2,2 кПа.

Атмосферний тиск: 101,3 кПа.

Склад газів після допалювання СО, %:

N₂ - 87, СО₂ – 10, СО - 2,5 О₂ -0,5

Кількість джерел викидів – 4 печі прожарювання

3.1 Вибір та розрахунок газоочисних апаратів

3.1.1 Вибір котла-утилізатора

Перераховуємо витрату газу за робочих умов м³/год, за формулою (3.1):

$$Q_{p.u.} = Q_{n.u.} \cdot \frac{\rho_{n.u.}}{\rho_{p.u.}}, \quad (3.1)$$

де $Q_{n.u.}$ – витрата газу за нормальних умов, м³/с;

$\rho_{n.u.}$ – густина газу за нормальних умов, кг/м³;

$\rho_{p.u.}$ – густина газу за робочих умов, кг/м³.

Густина газу за нормальних умов кг/м³, розраховуємо за формулою (3.2):

$$\rho_{\text{н.у.}} = 0,01 \cdot \frac{M_1 \cdot a_1 + M_2 \cdot a_2 + \dots + M_n \cdot a_n}{22,4}, \quad (3.2)$$

де M_1, M_2, \dots, M_n – молекулярні маси окремих компонентів газової суміші, кг/моль (табл.3.2);

a_1, a_2, \dots, a_n – об'ємний вміст окремих компонентів газової суміші, % (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 - Склад газів після допалювання СО

Компоненти	CO ₂	CO	O ₂	N ₂
Об'ємна частка, % (при роботі з підвищенням тиску і комбінованим дуттям)	10	2,5	0,5	87

Густина газу за робочих умов кг/м³, розраховуємо за формулою (3.3):

$$\rho_{\text{р.у.}} = \rho_{\text{н.у.}} \cdot \frac{273 \cdot (B \pm P_r)}{(273 + t_r) \cdot 101,325}, \quad (3.3)$$

де $\rho_{\text{н.у.}}$ – щільність газу за нормальних умов, кг/м³ (Таблиця 3.1);

B – барометричний тиск, приймаємо 101,3 кПа;

P_r – втрати тиску у фільтрі, приймаємо - 2,2 кПа;

t_r – температура газу;

273°C, 101,325 кПа – температура та тиск за нормальних умов.

Таблиця 3.2 - Основні фізичні властивості деяких газів

Газ	Молекулярна маса, М, кг	Постійна Сезерленда, С'	За нормальних умов	
			Щільність, ρ_0 , кг/м ³	Коефіцієнт динамічної в'язкості, $\mu_0 \cdot 10^{-6}$, Па·с
Кисень, O ₂	32,0	131	1,429	20,3
Оксид вуглецю, CO	28,01	100	1,25	16,6
Діоксид вуглецю, CO ₂	44,01	254	1,976	13,7
Азот, N ₂	28,02	114	1,251	17

$$\rho_{\text{н.у.}} = 0,01 \cdot \frac{32,0 \cdot 0,5 + 28,01 \cdot 2,5 + 44,01 \cdot 10 + 28,02 \cdot 87}{22,4} =$$

$$= 1,323 \text{ кг/м}^3$$

Густина газу за робочих умов кг/м^3 , розраховуємо за формулою (3.3):

$$\rho_{\text{р.у.}} = 1,323 \cdot \frac{273 \cdot (101,3 - 2,2)}{(273 + 790) \cdot 101,325} = 0,33 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$Q_{\text{р.у.}} = (12000 \cdot 4) \cdot \frac{1,323}{0,33} = 192436,4 \frac{\text{м}^3}{\text{ГОД}} = 53,45 \text{ м}^3/\text{с}$$

Для теплового знешкодження та утилізації тепла димових газів прожарювальних печей використовують котел-утилізатор типу Г1030Б.

Котел-утилізатор газотрубного типу, горизонтальний, двохбарабанный, з природною циркуляцією, технічні характеристики котла наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики котла – утилізатора Г1030Б

Котел-утилізатор Г1030Б		
Витрата газів, $\text{нм}^3/\text{год}$		50000
Температура, $^{\circ}\text{C}$	Газів на вході	790
	Газів на виході	240
Аеродинамічний опір, кПа		1,176
Паропродуктивність, т/год		31,0

Перераховуємо густина газу за робочих умов після котла-утилізатора кг/м^3 , розраховуємо за формулою (3.3):

$$\rho_{2\text{р.у.}} = 1,323 \cdot \frac{273 \cdot (101,3 - 2,2 - 1,176)}{(273 + 240) \cdot 101,325} = 0,68 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

Перераховуємо витрату газу за робочих умов після котла-утилізатора м³/год, за формулою (3.1):

$$Q_{2p.y.} = (12000 \cdot 4) \cdot \frac{1,323}{0,68} = 93330,5 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} = 25,93 \text{ м}^3/\text{с}$$

Перерахунок запиленості після котла-утилізатора г/м³, розраховуємо за формулою (3.4). Враховуємо, що 20% вловлено в котлі-утилізаторе.

$$z_2 = z_1 \cdot 0,8 \quad (3.4)$$

$$z_2 = 3,5 \cdot 0,8 = 2,8 \text{ г/м}^3$$

3.1.2 Розрахунок рукавного фільтра

Вихідні дані для розрахунку:

1. Витрата газу при р.у. попереду рукавного фільтр $Q_{2p.y.} = 25,93 \text{ м}^3/\text{с}$.
2. Густина газу при р.у. після котла-утилізатора $\rho_{2p.y.} = 0,68 \text{ кг/м}^3$.
3. За практичними даними медіанний діаметр частинок пилу становить $d_m = 0,35 \text{ мкм}$.
4. Температура газу на виході з котла-утилізатора складає $240 \text{ }^\circ\text{C}$.

Під час транспортування газів від котла-утилізатора до рукавного фільтру температура знижується на 10 градусів $t_r = 230 \text{ }^\circ\text{C}$.

Площу фільтрувальної поверхні рукавного фільтру м², розраховуємо за формулою (3.5):

$$F = \frac{Q_{2p.y.} \cdot 60}{q_\phi}, \quad (3.5)$$

де, $Q_{2p.y.}$ – витрата газу за робочих умов після котла-утилізатора, м³/с;

q_ϕ – питома газове навантаження фільтру, швидкість фільтрації, приймаємо $1,4 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{хв})$ [3];

60 – переведення секунд у хвилини.

$$F = \frac{25,93 \cdot 60}{1,4} = 1111,1 \text{ м}^2$$

Найбільш підходящий фільтр при $Q_{2р.у.} = 93330,463 \text{ м}^3/\text{год}$, та площею фільтрації $F = 1111,1 \text{ м}^2$, фільтр ФРІР-1200, із такими технічними характеристиками [21]:

1. Продуктивність по газу, $\text{м}^3/\text{год}$ – до 110 000;
2. Площа фільтрації, м^2 – 1200;
3. Кількість фільтрувальних елементів, шт. – 448;
4. Довжина фільтрувального елемента, м – 6,3;
5. Маса фільтру, т – 33,9;
6. Витрата стислого повітря, $\text{нм}^3/\text{хв.}$ – не більше 3,6;
7. Тривалість циклу регенерації, хв. – не більше 4.

Фактичне газове навантаження фільтру $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, розраховуємо за формулою (3.6):

$$q_{\phi}^{\text{факт}} = \frac{Q_{2р.у.}}{F_{\kappa}}, \quad (3.6)$$

де F_{κ} – фактична площа фільтрації, м^2 .

$$q_{\phi}^{\text{факт}} = \frac{25,93}{1200} = 0,022 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с}) = 1,3 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{хв})$$

Повний гідравлічний опір фільтру Па, розраховуємо за формулою (3.7):

$$\Delta P_{\phi} = \Delta P_{\kappa} + \Delta P_{\text{філ.пер}}, \quad (3.7)$$

де ΔP_{κ} – опір корпусу фільтру, Па;

$\Delta P_{\text{філ.пер}}$ - гідравлічний опір фільтрувальної перегородки, Па.

Опір корпусу фільтру Па, розраховуємо за формулою (3.8):

$$\Delta P_K = \zeta \cdot \frac{\rho_{2p.y.} \cdot V_{BX}^2}{2}, \quad (3.8)$$

де ζ – коефіцієнт гідравлічного опору корпусу, для правильно сконструйованих рукавних фільтрів лежить в діапазоні 1,5-2, приймаємо 2[3];

V_{BX}^2 – оптимальна швидкість для рукавного фільтру с імпульсної регенерації, 8 м/с [3].

$$\Delta P_K = 2 \cdot \frac{0,68 \cdot 8^2}{2} = 43,55 \text{ Па}$$

Гідравлічний опір фільтрувальної перегородки, Па, розраховуємо за формулою (3.9):

$$\Delta P_{\text{філ.пер.}} = \Delta P_{\text{ткан}} + \Delta P_{\text{ш.п.}}, \quad (3.9)$$

де $\Delta P_{\text{ткан}}$ – гідравлічний опір тканини, Па;

$\Delta P_{\text{ш.п.}}$ - опір шару пилу, Па.

Гідравлічний опір тканини Па, розраховуємо за формулою (3.10):

$$\Delta P_{\text{ткан}} = A \cdot V_{\phi} \cdot \mu_r, \quad (3.10)$$

де A – постійна фільтрування, м^{-1} ;

V_{ϕ} – фактична швидкість фільтрації, яка дорівнює q_{ϕ} , та має значення $0,022 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ [3];

μ_r – динамічна в'язкість газової суміші, $\text{Па} \cdot \text{с}$ (табл. 3.2).

Постійну фільтрування м^{-1} , розраховуємо за формулою (3.11):

$$A = 0,475 \cdot \frac{(1-\varepsilon_n)^2}{\varepsilon_{\text{тк}}^{3,24} \cdot \varepsilon_n^3 \cdot d_m^{1,77}}, \quad (3.11)$$

де ε_n ; - пористість шару пилу, долі;

$\varepsilon_{\text{тк}}$ – пористість тканини, залежить від типу тканини. Приймаємо для використання фільтрувальні рукава з тефлонової тканини, термостійкість якої 250°C , тому пористість тканини дорівнює 0,55 долі [3].

d_m – середньо медіанний розмір вловлюваних часток пилу, мкм.

Пористість шари пилу долі, розраховуємо за формулою (3.12):

$$\varepsilon_n = 1 - 79 \cdot d_m^{0,47} \quad (3.12)$$

$$\varepsilon_n = 1 - 79 \cdot (35 \cdot 10^{-6})^{0,47} = 0,36 \text{ долі};$$

$$A = 0,475 \cdot \frac{(1 - 0,36)^2}{0,55^{3,24} \cdot 0,36^3 \cdot (35 \cdot 10^{-6})^{1,77}} = 2230337070 \text{ м}^{-1}$$

Розраховуємо динамічну в'язкість газової суміші при робочих умовах Па·с, за формулою (3.13):

$$\mu_r = \frac{\mu_1 \cdot a_1 + \mu_2 \cdot a_2 + \dots + \mu_n \cdot a_n}{100}, \quad (3.13)$$

де, $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ – динамічні в'язкості окремих компонентів газової суміші при робочих умовах (табл. 3.2), Па·с;

a_1, a_2, \dots, a_n – об'ємний зміст окремих компонентів газової суміші, %.

Розраховуємо динамічну в'язкість для кожного компоненту газової суміші Па·с, за формулою (3.14):

$$\mu_n = \mu_0 \cdot \frac{273 + C'_1}{t_r + C'_1} \cdot \left(\frac{273 + t_r}{273} \right)^{1,5}, \quad (3.14)$$

де, μ_0 – динамічні в'язкості окремого компонента газової суміші при нормальних умовах, Па·с (табл. 3.2);

C'_1 - стала Сезерленда (табл. 3.2).

$$\mu_{\text{CO}_2} = 13,7 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{273+254}{(273+240)+254} \cdot \left(\frac{273+240}{273}\right)^{1,5} = 24,25 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

За аналогічною методикою розрахуємо динамічну в'язкість для інших компонентів газової суміші. Результати розрахунків занесені до табл. 3.4.

Таблиця 3.4 Динамічна в'язкість окремих компонентів газової суміші

Газовий склад	Динамічна в'язкість μ , Па·с
CO ₂	24,25·10 ⁻⁶
CO	29,4·10 ⁻⁶
O ₂	35,93·10 ⁻⁶
N ₂	20,67·10 ⁻⁶

$$\mu_{\Gamma} = \frac{(10 \cdot 24,25 + 2,5 \cdot 29,4 + 0,5 \cdot 35,93 + 87 \cdot 20,67) \cdot 10^{-6}}{100} =$$

$$= 21,32 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с};$$

$$\Delta P_{\text{ткан}} = 2230337070 \cdot 0,022 \cdot 21,32 \cdot 10^{-6} = 1027,3 \text{ Па}$$

Розраховуємо опір шару пилу Па, за формулою (3.15):

$$\Delta P_{\text{ш.п.}} = \Delta P_{\phi} - \Delta P_{\kappa} - \Delta P_{\Gamma} \quad (3.15)$$

Приймаємо гідравлічний опір фільтру, дорівнює 2000 Па [3].

$$\Delta P_{\text{ш.п.}} = 2000 - 43,55 - 1027,3 = 929,2 \text{ Па}$$

$$\Delta P_{\text{філ.пер.}} = 1027,3 + 929,2 = 1956,45 \text{ Па}$$

Час періоду між регенераціями s , розраховуємо за формулою (3.16):

$$t_p = \frac{\Delta P_{ш.п.}}{B \cdot V_{\phi}^2 \cdot \mu_r \cdot z_2}, \quad (3.16)$$

де, B – постійна фільтрації;

z_2 – запиленість газу після котла-утилізатора, $г/м^3$.

Розраховуємо постійну фільтрації, за формулою (3.17):

$$B = 817 \cdot \frac{(1 - \varepsilon_{п.})}{d_m^2 \cdot \varepsilon_{п.}^3 \cdot \rho_{п.}}, \quad (3.17)$$

де, $\rho_{п.}$ – густина пилу, дорівнює 2050 г/м^3 [4].

$$B = 817 \cdot \frac{(1 - 0,36)}{(35 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 0,36^3 \cdot 2050} = 4462770755;$$

$$t_p = \frac{929,2}{4462770755 \cdot 0,022^2 \cdot 21,32 \cdot 10^{-6} \cdot 2,8 \cdot 10^{-3}} = 7206 \text{ с} = 2 \text{ години}$$

Ефективність роботи ФРІР – 1200 %, розраховуємо за формулою (3.18):

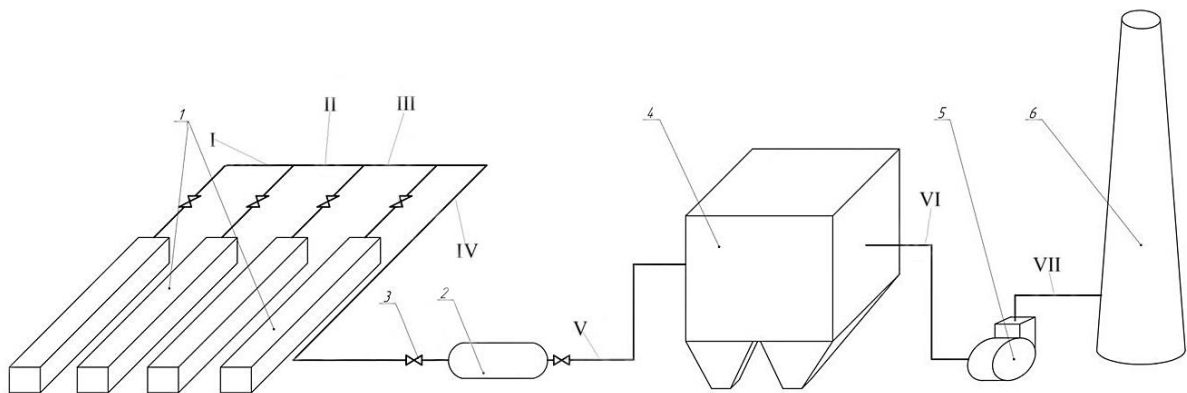
$$\eta = \frac{z_2 - z_3}{z_2} \cdot 100, \quad (3.18)$$

де, z_3 – кінцева запиленість газу, дорівнює для ФРІР $0,02 \text{ г/м}^3$ [21].

$$\eta = \frac{2,8 - 0,02}{2,8} \cdot 100 = 99,3\%,$$

3.1.3. Розрахунок аеродинаміки системи газового тракту

Розрахунок проводимо за схемою, яка наведена на рис.3.1



I - VII - ділянки газового тракту; 1 – печі прожарювання; 2 – котел-утилізатор; 3 – засувка;
4 – рукавний фільтр; 5 – димотяг; 6 - димова труба

Рисунок 3.1 – Схема розрахунку аеродинаміки газового тракту

Умовно розділимо газовий тракт на наступні ділянки

- 1) ділянка I – вхід в канал, засувка, плавний поворот на 90^0 ;
- 2) ділянка II – засувка, плавний поворот на 90^0 , трійник - злиття потоків, дифузор;
- 3) ділянка III – засувка, плавний поворот на 90^0 , трійник - злиття потоків, дифузор;
- 4) ділянка IV – злиття потоків, плавний поворот на 90^0 (2 шт), дифузор, засувка (2 шт);
- 5) ділянка V – вихід з котла-утилізатора, засувка, поворот на 90^0 (2 шт), вхід до рукавного фільтру;
- 6) ділянка VI – вихід з рукавного фільтра, поворот на 90^0 (2 шт), вхід до димотягу;
- 7) ділянка VII – вихід з димотягу, поворот на 90^0 , димова труба.

Таблиця 3.4 – Довжини ланок газоходу

Умовне позначення ланки	Довжина, м
l_1	50
l_2	50
l_3	50
l_4	170
l_5	68
l_6	63
l_7	32

Ділянка I - вхід в канал, засувка, плавний поворот на 90° .

Витрата газу і щільність газової суміші за робочих умов після печей прожарювання, від яких відходить газохід, розраховані у пункті 3.1.

Розрахуємо діаметр трубопроводу в метрах, за формулою (3.19):

$$d_l = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q_{p.y.}}{W}}, \quad (3.19)$$

де W – швидкість газу в трубопроводі має знаходитись в межах 15 – 20 м/с. Приймаємо 18 м/с [17].

$$d_1 = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{53,45}{18}} = 1,9 \text{ м}$$

Приймаємо стандартний діаметр – 2 м.

Перераховуємо робочу швидкість газу в трубопроводі в м/с, розраховуємо за формулою (3.20):

$$W_1 = 1,27 \cdot \frac{Q_{p.y.}}{d_1^2}, \quad (3.20)$$

$$W_1 = 1,27 \cdot \frac{53,45}{2^2} = 16,97 \text{ м/с}$$

Знаходимо коефіцієнт гідравлічного тертя для цієї ділянки, розраховуємо за формулою (3.21):

$$\lambda_l = \frac{0,0348}{\sqrt[4]{d_1}} \quad (3.21)$$

$$\lambda_1 = \frac{0,0348}{\sqrt[4]{2,2}} = 0,0293$$

Знаходимо опір тертя в Па, розраховуємо за формулою (3.22):

$$\Delta P_{l1} = \lambda_1 \cdot \frac{l_1}{d_1} \cdot \frac{W_1^2}{2} \cdot \rho_{p,y}, \quad (3.22)$$

де l_1 – довжина трубопроводу ділянки з табл. 3.3, м.

$$\Delta P_{l1} = 0,0293 \cdot \frac{50}{2} \cdot \frac{16,97^2}{2} \cdot 0,33 = 34,8 \text{ Па}$$

Приймаємо $\Delta P_{l1} = 35 \text{ Па}$.

Місцеві опори в Па на ділянці 1 розраховуються, за формулою (3.23):

$$\Delta P_{ml} = \zeta \cdot \frac{W_l^2}{2} \cdot \rho_{p,y}, \quad (3.23)$$

На першій ділянці такі місцеві опори:

- Коефіцієнт місцевого опору: $\zeta_{засувка} = 0,06$.
- Коефіцієнт місцевого опору для повороту на 90° з формули (3.24): $\zeta_{90^\circ} = 0,24$.
- Коефіцієнт місцевого опору: $\zeta_{засувка} = 0,06$.

Коефіцієнт місцевого опору для повороту на 90° з формули (3.24):

$$\zeta_{90^\circ} = 0,05 + 0,19 \cdot \frac{d}{R} \quad (3.24)$$

$$\zeta_{90^\circ} = 0,05 + 0,19 \cdot 1 = 0,24$$

Приймаємо співвідношення діаметру та радіусу трубопроводу завжди рівним

1. Тобто, $\frac{d}{R} = 1$.

Сума коефіцієнтів місцевого опору на 1 ділянці, розраховуємо за формулою (3.25):

$$\sum \zeta = \zeta_{\text{засувка}} + \zeta_{90^\circ} \quad (3.25)$$

$$\sum \zeta = 0,06 + 0,24 = 0,3$$

Підставляємо значення в формулу місцевих опорів (3.23):

$$\Delta P_{M1} = 0,3 \cdot \frac{16,97^2}{2} \cdot 0,33 = 14,3 \text{ Па}$$

Розрахуємо сумарний опір в Па на ділянці 1, розраховуємо за формулою (3.26):

$$\sum P = \Delta P_1 + \Delta P_{M1}, \quad (3.26)$$

$$\sum P = 35 + 14,3 = 49,3 \text{ Па}$$

Ділянка II – засувка, плавний поворот на 90° , трійник - злиття потоків, дифузор.

Аналогічно розраховуємо опір тертя на ділянці (l_2):

Розраховуємо діаметр трубопроводу в метрах, за формулою (3.19):

$$d_2 = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 53,45}{16,97}} = 2,8 \text{ м}$$

Приймаємо стандартний діаметр – 2,8 м.

Перераховуємо робочу швидкість газу в трубопроводі в м/с, розраховуємо за формулою (3.20):

$$W_2 = 1,27 \cdot \frac{2 \cdot 53,45}{2,8^2} = 17,3 \text{ м/с}$$

Знаходимо коефіцієнт гідравлічного тертя для цієї ділянки, розраховуємо за формулою (3.21):

$$\lambda_2 = \frac{0,0348}{\sqrt[4]{2,8}} = 0,027$$

Знаходимо опір тертя в Па, розраховуємо за формулою (3.22):

$$\Delta P_{l_2} = 0,027 \cdot \frac{50}{2,8} \cdot \frac{17,3^2}{2} \cdot 0,33 = 23,4 \text{ Па}$$

На другій ділянці такі місцеві опори:

- Коефіцієнт місцевого опору: $\zeta_{\text{засувка}} = 0,06$.
- Коефіцієнт місцевого опору для повороту на 90° з формули (3.24): $\zeta_{90^\circ} = 0,24$.

- Місцеві опори злиття потоку: $\zeta_{\text{злит}} = 1,25$.
- Для зменшення опору при зміні діаметру труби встановлюють дифузор з кутом розкриття 40° : $\zeta_{\text{диф}}$ розраховується за формулою (3.27):

$$\zeta_{\text{диф}} = \sin 40^\circ \left(\frac{d_1^2}{d_2^2} - 1 \right) \quad (3.27)$$

$$\zeta_{\text{диф}} = \sin 40^\circ \left(\frac{3^2}{2,8^2} - 1 \right) = \sin 40^\circ \cdot 0,15 = 0,096$$

Сума коефіцієнтів місцевого опору, розраховуємо за формулою (3.25):

$$\sum \zeta = \zeta_{\text{засувка}} + \zeta_{90^\circ} + \zeta_{\text{злит}} + \zeta_{\text{диф}}$$

$$\sum \zeta = 0,06 + 0,24 + 1,25 + 0,96 = 2,5$$

Місцеві опори на ділянці 2 розраховуємо, за формулою (3.23):

$$\Delta P_{\text{мл2}} = 2,5 \cdot \frac{17,3^2}{2} \cdot 0,33 = 123,7 \text{ Па}$$

Приймаємо $\Delta P_{\text{мл2}} = 124 \text{ Па}$.

Розрахуємо сумарний опір на ділянці 2, за формулою (3.26):

$$\sum P_2 = 23,4 + 124 = 147,4 \text{ Па}$$

Ділянка III – засувка, плавний поворот на 90° , трійник - злиття потоків, дифузор.

Аналогічно розраховуємо опір тертя на ділянці (l_3):

Розрахуємо діаметр трубопроводу в метрах, за формулою (3.19):

$$d_3 = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot 53,45}{15,08}} = 3,4 \text{ м}$$

Приймаємо стандартний діаметр – 3,5 м.

Перераховуємо робочу швидкість газу в трубопроводі в м/с, розраховуємо за формулою (3.20):

$$W_3 = 1,27 \cdot \frac{3 \cdot 53,45}{3,5^2} = 16,6 \text{ м/с}$$

Знаходимо коефіцієнт гідравлічного тертя для цієї ділянки, розраховуємо за формулою (3.21):

$$\lambda_3 = \frac{0,0348}{\sqrt[4]{3,5}} = 0,025$$

Знаходимо опір тертя в Па, розраховуємо за формулою (3.22):

$$\Delta P_{l3} = 0,025 \cdot \frac{50}{3,5} \cdot \frac{16,6^2}{2} \cdot 0,33 = 16,6 \text{ Па}$$

Приймаємо $\Delta P_{l3} = 17 \text{ Па}$.

На третій ділянці такі місцеві опори:

- Коефіцієнт місцевого опору: $\zeta_{\text{засувка}} = 0,06$.
- Коефіцієнт місцевого опору для повороту на 90° з формули (3.24): $\zeta_{90^\circ} = 0,24$.
- Місцеві опори злиття потоку: $\zeta_{\text{злит}} = 1,25$.

Для зменшення опору при зміні діаметру труби встановлюють дифузор з кутом розкриття 40° , розраховується за формулою (3.27):

$$\zeta_{\text{диф}} = \sin 40^\circ \left(\frac{3,5^2}{2,8^2} - 1 \right)^2 = \sin 40^\circ \cdot 0,32 = 0,21$$

Сума коефіцієнтів місцевого опору, розраховуємо за формулою (3.25):

$$\sum \zeta = 0,06 + 0,24 + 1,25 + 0,21 = 1,76$$

Місцеві опори на ділянці 3 розраховуємо, за формулою (3.23):

$$\Delta P_{\text{млз}} = 1,76 \cdot \frac{16,6^2}{2} \cdot 0,33 = 80,25 \text{ Па}$$

Розрахуємо сумарний опір на ділянці 3, за формулою (3.26):

$$\sum P_3 = 17 + 80,25 = 97,25 \text{ Па}$$

Ділянка IV – злиття потоків, плавний поворот на 90° (2 шт), дифузор, засувка (2 шт).

Аналогічно розраховуємо опір тертя на ділянці (l_4):

Розрахуємо діаметр трубопроводу в метрах, за формулою (3.19):

$$d_4 = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 53,45}{16,6}} = 4,05 \text{ м}$$

Приймаємо стандартний діаметр – 4,1 м.

Перераховуємо робочу швидкість газу в трубопроводі в м/с, розраховуємо за формулою (3.20):

$$W_4 = 1,27 \cdot \frac{4 \cdot 53,45}{4,1^2} = 16,15 \text{ м/с}$$

Знаходимо коефіцієнт гідравлічного тертя для цієї ділянки, розраховуємо за формулою (3.21):

$$\lambda_4 = \frac{0,0348}{\sqrt[4]{4,1}} = 0,024$$

Знаходимо опір тертя в Па, розраховуємо за формулою (3.22):

$$\Delta P_{l_4} = 0,024 \cdot \frac{170}{4,1} \cdot \frac{16,15^2}{2} \cdot 0,33 = 43,6 \text{ Па}$$

На четвертій ділянці такі місцеві опори:

- Коефіцієнт місцевого опору: 2 шт., $\zeta_{\text{засувка}} = 0,06$.
- Коефіцієнт місцевого опору для повороту на 90° з формули (3.24): 2 шт., $\zeta_{90^\circ} = 0,24$.
- Місцеві опори злиття потоку: $\zeta_{\text{злит}} = 1,25$.
- Для зменшення опору при зміні діаметру труби встановлюють дифузор з кутом розкриття 40° , розраховується за формулою (3.27).

$$\zeta_{\text{диф}} = \sin 40^\circ \left(\frac{4,1^2}{3,5^2} - 1 \right)^2 = \sin 40^\circ \cdot 0,14 = 0,09$$

Сума коефіцієнтів місцевого опору, розраховуємо за формулою (3.25):

$$\sum \zeta = (2 \cdot 0,06) + (2 \cdot 0,24) + 1,25 + 0,09 = 1,94$$

Місцеві опори на ділянці 4 розраховуємо, за формулою (3.23):

$$\Delta P_{m4} = 1,94 \cdot \frac{16,15^2}{2} \cdot 0,33 = 83,5 \text{ Па}$$

Приймаємо $\Delta P_{m4} = 84 \text{ Па}$.

Розрахуємо сумарний опір на ділянці 4, за формулою (3.26):

$$\sum P_4 = 44 + 84 = 128 \text{ Па}$$

Ділянка V – вихід з котла-утилізатора, засувка, поворот на 90° (2 шт), дифузор, вхід до рукавного фільтру.

Витрата газу і щільність газової суміші за робочих умов після котла-утилізатора, від якого відходить газохід, розраховані у пункті 3.1.

Аналогічно розраховуємо опір тертя на ділянці (l_5):

Розрахуємо діаметр трубопроводу в метрах, за формулою (3.19):

$$d_5 = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{25,93}{18}} = 1,36 \text{ м}$$

Приймаємо стандартний діаметр – 1,4 м.

Перераховуємо робочу швидкість газу в трубопроводі в м/с, розраховуємо за формулою (3.20):

$$W_5 = 1,27 \cdot \frac{25,93}{1,4^2} = 16,8 \text{ м/с}$$

Знаходимо коефіцієнт гідравлічного тертя для цієї ділянки, розраховуємо за формулою (3.21):

$$\lambda_5 = \frac{0,0348}{\sqrt[4]{1,4}} = 0,032$$

Знаходимо опір тертя в Па, розраховуємо за формулою (3.22):

$$\Delta P_{l5} = 0,032 \cdot \frac{68}{1,4} \cdot \frac{16,8^2}{2} \cdot 0,68 = 149,1 \text{ Па}$$

На п'ятій ділянці такі місцеві опори:

- Коефіцієнт місцевого опору: $\zeta_{засувка} = 0,06$.
- Коефіцієнт місцевого опору для повороту на 90° з формули (3.24): $\zeta_{90^\circ} = 0,24$.
- Для зменшення опору при зміні діаметру труби встановлюють дифузор з кутом розкриття 40° : $\zeta_{диф} = 0,1$.

Сума коефіцієнтів місцевого опору на 5 ділянці, розраховуємо за формулою (3.25):

$$\sum \zeta = 0,06 + (2 \cdot 0,24) + 0,1 = 0,64$$

Підставляємо значення в формулу місцевих опорів (3.23):

$$\Delta P_{m5} = 0,64 \cdot \frac{16,8^2}{2} \cdot 0,68 = 61,4 \text{ Па}$$

Розрахуємо сумарний опір в Па на ділянці 5, розраховуємо за формулою (3.26):

$$\sum P = 149,1 + 61,4 = 210,8 \text{ Па}$$

Ділянка VI – вихід з рукавного фільтра, поворот на 90^0 (2 шт), вхід до димотягу.

Розрахунок щільності після рукавного фільтра в $\text{кг}/\text{м}^3$, розраховуємо за формулою (3.28):

$$\rho_{\Gamma}'' = \rho_{\text{н.у}} \cdot \frac{273 \cdot (B - P_{\Gamma})}{(273 + T_{\Gamma}') \cdot 101,325}, \quad (3.28)$$

$$\rho_{\Gamma}'' = 1,323 \cdot \frac{273 \cdot (101,3 - 2,2 - 1,176)}{(273 + 230) \cdot 101,325} = 0,645 \text{ кг}/\text{м}^3$$

Розрахунок витрати газу після рукавного фільтра $\text{м}^3/\text{год}$, розраховуємо за формулою (3.29):

$$Q' = Q_{2p} \cdot \frac{\rho_{2p.у.}}{\rho_{\Gamma}}, \quad (3.29)$$

$$Q' = (12000 \cdot 4) \cdot \frac{1,323}{0,645} = 98455,81 \frac{\text{М}^3}{\text{ГОД}} = 27,35 \text{ м}^3/\text{с}$$

Аналогічно розраховуємо опір тертя на ділянці (l_6):

Розрахуємо діаметр трубопроводу в метрах, за формулою (3.19):

$$d_6 = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{27,35}{18}} = 1,39 \text{ м}$$

Приймаємо стандартний діаметр – 1,4 м.

Перераховуємо робочу швидкість газу в трубопроводі в м/с, розраховуємо за формулою (3.20):

$$W_6 = 1,27 \cdot \frac{27,35}{1,4^2} = 17,7 \text{ м/с}$$

Знаходимо коефіцієнт гідравлічного тертя для цієї ділянки, розраховуємо за формулою (3.21):

$$\lambda_6 = \frac{0,0348}{\sqrt[4]{1,4}} = 0,032$$

Знаходимо опір тертя в Па, розраховуємо за формулою (3.22):

$$\Delta P_{l_6} = 0,032 \cdot \frac{63}{1,4} \cdot \frac{17,7^2}{2} \cdot 0,645 = 145,8 \text{ Па}$$

Приймаємо $\Delta P_{l_6} = 146 \text{ Па}$.

На шостій ділянці такі місцеві опори:

- Коефіцієнт місцевого опору для повороту на 90° з формули (3.24): $\zeta_{90^\circ} = 0,24$.

Сума коефіцієнтів місцевого опору на 5 ділянці, розраховуємо за формулою (3.25):

$$\sum \zeta = (2 \cdot 0,24) = 0,48$$

Підставляємо значення в формулу місцевих опорів (3.23):

$$\Delta P_{m6} = 0,48 \cdot \frac{17,7^2}{2} \cdot 0,645 = 48,6 \text{ Па}$$

Приймаємо $\Delta P_{ml6} = 49 \text{ Па}$.

Розрахуємо сумарний опір в Па на ділянці 5, розраховуємо за формулою (3.26):

$$\sum P = 146 + 49 = 195 \text{ Па}$$

Сума опорів тертя на ділянках (l_{1-6}):

$$\sum P_{l_{заг}} = 32 + 23,4 + 17 + 44 + 149,1 + 146 = 410,5 \text{ Па}$$

Сума місцевих опорів на ділянках (l_{1-6}):

$$\sum P_{l_{мзаг}} = 14,2 + 124 + 80,2 + 83,5 + 61,4 + 49 = 411,8 \text{ Па}$$

Сумарний опір на ділянках (l_{1-6}):

$$\sum P_{1-6} = 410,5 + 411,8 + 2000 + 1176 = 3998,3 \text{ Па}$$

Вибір димоцяга. Димосос вибираємо на основі аеродинамічного розрахунку газовідвідного тракту. Продуктивність димососу Q_0 приймаємо з запасом 10% незалежно від температури газів, але з поправкою на барометричний тиск $p_{бар} = 101,3 \text{ кПа}$.

Розраховуємо продуктивність димотягу м³/год, за формулою (3.30):

$$Q_d = 1,1 \cdot Q' \cdot \frac{101,3}{P_{бар}} \quad (3.30)$$

$$Q_d = 1,1 \cdot 98455,81 \cdot \frac{101,3}{101,3} = 108301,4 \text{ м}^3/\text{год} = 30,08 \text{ м}^3/\text{с}$$

Розрідження, що створюється димососом, приведене до умов каталогу, згідно якому підбирається димосос, обчислюється за формулою (3.31):

$$\Delta p_{кат} = 1,2 \cdot \sum P_{1-6} \cdot K \quad (3.31)$$

де 1,2 – коефіцієнт запасу;

$\sum P_{заг}$ - сумарний опір газового тракту (обчислений у п. 3.1.3);

K – коефіцієнт перерахунку. Розраховується за формулою (3.32)

$$K = \frac{(273 + T_2) \cdot 101,3 \cdot \rho_{н.у}}{(273 + T_{кат}) \cdot P_{бар} \cdot \rho_{0н}} \quad (3.32)$$

де T_2 - температура газу перед димососом, 200°C;

$T_{кат}$ - температура, до якої віднесені дані з каталогу, 100°C;

$\rho_{н.у}$ та $\rho_{0н}$ - щільність, відповідно газу та повітря при н.у. кг/м³;

Підставляємо значення у формулу:

$$K = \frac{(273 + 200) \cdot 101,3 \cdot 1,323}{(273 + 100) \cdot 101,3 \cdot 1,293} = 1,3$$

Підставляємо отримане значення K до формули (3.31):

$$\Delta p_{кат} = 1,2 \cdot 3998,3 \cdot 1,3 = 6237,35 \text{ Па}$$

Тоді за характеристикам: витрата 108301,4 м³/год та повний тиск 6237,35 Па обираємо вентилятор типу ВДН-21. Максимальний тиск, який розвиває димотяг 7340 Па та максимальна продуктивність 143000 м³/год.

Потужність димососу кВт, визначаємо за формулою (3.33):

$$N = \rho \frac{Q_{\text{кат}} \cdot p_{\text{кат}}}{\Pi_{\text{кат}} \cdot K} \quad (3.33)$$

$$N = 0,645 \cdot \frac{30,08 \cdot 6237,35}{0,8 \cdot 1,3} \cdot 10^{-3} = 125,855 \text{ кВт}$$

Ділянка VII – вихід з димотягу, поворот на 90⁰, димова труба.

Аналогічно розраховуємо опір тертя на ділянці (l_7):

Розрахуємо діаметр трубопроводу в метрах, за формулою (3.19):

$$d_7 = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{27,35}{17,7}} = 1,4 \text{ м}$$

Приймаємо стандартний діаметр – 1,4 м.

Перераховуємо робочу швидкість газу в трубопроводі в м/с, розраховуємо за формулою (3.20):

$$W_7 = 1,27 \cdot \frac{27,35}{1,4^2} = 17,7 \text{ м/с}$$

Знаходимо коефіцієнт гідравлічного тертя для цієї ділянки, розраховуємо за формулою (3.21):

$$\lambda_7 = \frac{0,0348}{\sqrt[4]{1,4}} = 0,032$$

Знаходимо опір тертя в Па, розраховуємо за формулою (3.22):

$$\Delta P_{l7} = 0,032 \cdot \frac{32}{1,4} \cdot \frac{17,7^2}{2} \cdot 0,645 = 73,9 \text{ Па}$$

Приймаємо $\Delta P_{ml7} = 74 \text{ Па}$.

На сьомий ділянці такі місцеві опори:

- Коефіцієнт місцевого опору для повороту на 90° з формули (3.24): $\zeta_{90^\circ} = 0,24$.

Сума коефіцієнтів місцевого опору на 7 ділянці, розраховуємо за формулою (3.25):

$$\sum \zeta = 0,24$$

Підставляємо значення в формулу місцевих опорів (3.23):

$$\Delta P_{m7} = 0,24 \cdot \frac{17,7^2}{2} \cdot 0,645 = 24,25 \text{ Па}$$

Розрахуємо сумарний опір в Па на ділянці 7, розраховуємо за формулою (3.26):

$$\sum P = 74 + 24,25 = 98,25 \text{ Па}$$

Аеродинамічний розрахунок димової труби

Очищені гази після газоочистки розсіюються в атмосфері через димову трубу, $H = 60$ м. Діаметр гирла труби, $D_r = 1,5$ м.

Гідравлічний опір димаря визначається за формулою (3.33):

$$\Delta P_{тр} = \lambda \frac{H}{D_r} \cdot \frac{w^2}{2} \rho_r, \text{ Па} \quad (3.33)$$

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

ρ_r – щільність газу перед димарем;

D_r - діаметр гирла димаря, м;

Q_p – витрата газу за робочих умов, $\text{м}^3/\text{с}$, $29,8 \text{ м}^3/\text{с}$.

Швидкість газів в гирлі димової труби в $\text{м}/\text{с}$, розраховуємо за формулою (3.34):

$$W_{гр} = \frac{n \cdot Q_p}{S_r} = \frac{4Q_p}{\pi D_r^2}, \text{ м/с} \quad (3.34)$$

$$W_{гр} = \frac{29,8}{3,14 \cdot 1,5^2} = 4,2 \text{ м/с}$$

Підставляємо значення в формулу гідравлічного опору димаря (3.33):

$$\Delta P_{тр} = 0,05 \cdot 0,74 \cdot \frac{60}{1,5} \cdot \frac{4,2^2}{2} = 13,05 \text{ Па}$$

Динамічний тиск в Па, розраховуємо за формулою (3.35):

$$\Delta P_{\text{дин}} = \rho_{\Gamma} \cdot \frac{W_{\Gamma\text{р}}^2}{2}, \text{ Па} \quad (3.35)$$

$$\Delta P_{\text{дин}} = 0,74 \cdot \frac{4,2^2}{2} = 6,83 \text{ Па}$$

Опір виходу газу в атмосферу в Па, розраховуємо за формулою (3.36):

$$\Delta P_{\text{вих}} = \zeta_{\text{вих}} \frac{w^2}{2} \cdot \rho_{\text{г}}, \text{ Па} \quad (3.36)$$

$$\Delta P_{\text{вих}} = 1,15 \cdot 0,74 \cdot \frac{4,2^2}{2} = 7,51 \text{ Па}$$

Сумарний гідравлічний тиск в Па, розраховуємо за формулою (3.37):

$$\sum P = 7,51 + 6,83 + 13,05 = 27,39 \text{ Па} \quad (3.37)$$

Тяга, що створюється димовою трубою в Па, розраховуємо за формулою (3.38):

$$P_{\text{тяга}} = (\rho_{\text{п}} - \rho_{\text{г}}) \cdot g \cdot H, \text{ Па} \quad (3.38)$$

де $\rho_{\text{п}}$ – густина атмосферного повітря при 24°C ;

$$\rho_{\text{п}} = 1,189 \text{ кг/м}^3.$$

$$P_{\text{тяга}} = (1,189 - 0,74) \cdot 9,81 \cdot 60 = 264,3 \text{ Па}$$

Потреба в додатковому тиску в Па, розраховуємо за формулою (3.39):

$$P_{\text{дод}} = 27,39 - 264,3 = -236,91 \text{ Па} \quad (3.39)$$

Тобто, тяги, що створюється димовою трубою, достатньо.

3.2 Автоматичний контроль і регулювання процесу очищення газів, що відходять, від прожарювальної печі

3.2.1 Аналіз газоочисної системи, як об'єкта автоматизації

Ефективна робота газоочисної системи неможлива без її автоматизації, що сприяє підвищенню надійності роботи газоочисних апаратів в процесі знешкодження газів, що відходять від прожарювальних печей [25,26].

Очищення технологічних газів здійснюється за наступною схемою. Гази від прожарювальних печей направляються в котел-утилізатор. Потім гази по газоходу направляються за допомогою вентилятора в рукавний фільтр. Після рукавного фільтра газ надходить у димар.

Котел-утилізатор типу призначений для зниження температури перед рукавним фільтром. Для запобігання прогару рукавів фільтра ФРІР необхідно регулювати температуру газового потоку.

Принцип дії рукавного фільтра полягає в наступному. Газ, що підлягає очищенню через колектор запиленого газу підводиться у нижню частину кожної секції й надходить усередину рукавів. Фільтруючись через тканину, газ проходить у камеру очищеного газу, звідки через відкритий відсічний клапан надходить у колектор чистого газу.

У початковий період роботи фільтра запилений газовий потік проходить через чисту тканину. Частки пилу осідають на зовнішній поверхні рукава. Далі на лобовій стороні фільтра починає формуватися суцільний шар із часток пилу. Які не можуть проникнути вглиб тканини. Цей вторинний шар

починає сам затримувати частки пилю, у результаті його товщина поступово зростає, і він стає фільтруючим середовищем. У міру збільшення товщини шару часток пилю на фільтруючій поверхні росте й гідравлічний опір рукавного фільтра й пропускна здатність рукава погіршується. Для її відновлення необхідно здійснювати періодичну регенерацію фільтра. Регенерацію фільтра починають при досягненні встановленого верхнього рівня опору фільтра.

Основні закономірності процесу фільтрації дозволяють сформулювати завдання автоматизації рукавного фільтра: створення найбільш сприятливих умов для протікання фільтрації. При цьому рукавний фільтр працює з максимальною ефективністю очищення й має найкращі економічні показники при обмеженні обумовлених властивостями фільтруючого матеріалу, потужністю димотяга. Основне завдання автоматизації може бути розділена на ряд приватних завдань, розв'язок яких дозволяє вибрати й стабілізувати раціональні режими роботи рукавного фільтра. До цих завдань відноситься керування процесом регенерації тканини, вивантаженням уловленого пилю.

Роботу рукавного фільтра оцінюють по наступних параметрах [25-26]:

- залишковою запиленістю очищеного газу;
- гідравлічним опором;
- рівнем пилю в бункері;
- тиском стисненого повітря, що йде на регенерацію.

3.2.2 Функціональна схема контролю й регулювання газоочисної системи

Розроблена схема автоматичного контролю й регулювання процесу очищення технологічного газу представлена на рис. 3.2.

Для регулювання температури газу перед рукавним фільтром передбачена установка первинного перетворювача типу ТСМ-0879-01 (поз. 1а), на щиті – вторинний перетворювач типу Ш 69000 (поз. 1б). Далі

сигнал надходить на регулятор Ш 4524 (поз. 1в). За допомогою пускача ПБР-2М (поз 2г) сигнал направляється на виконавчий механізм МЭО-16/10-0,25-82 (поз.2 д), що приводить у рух засувку (поз. 1е).

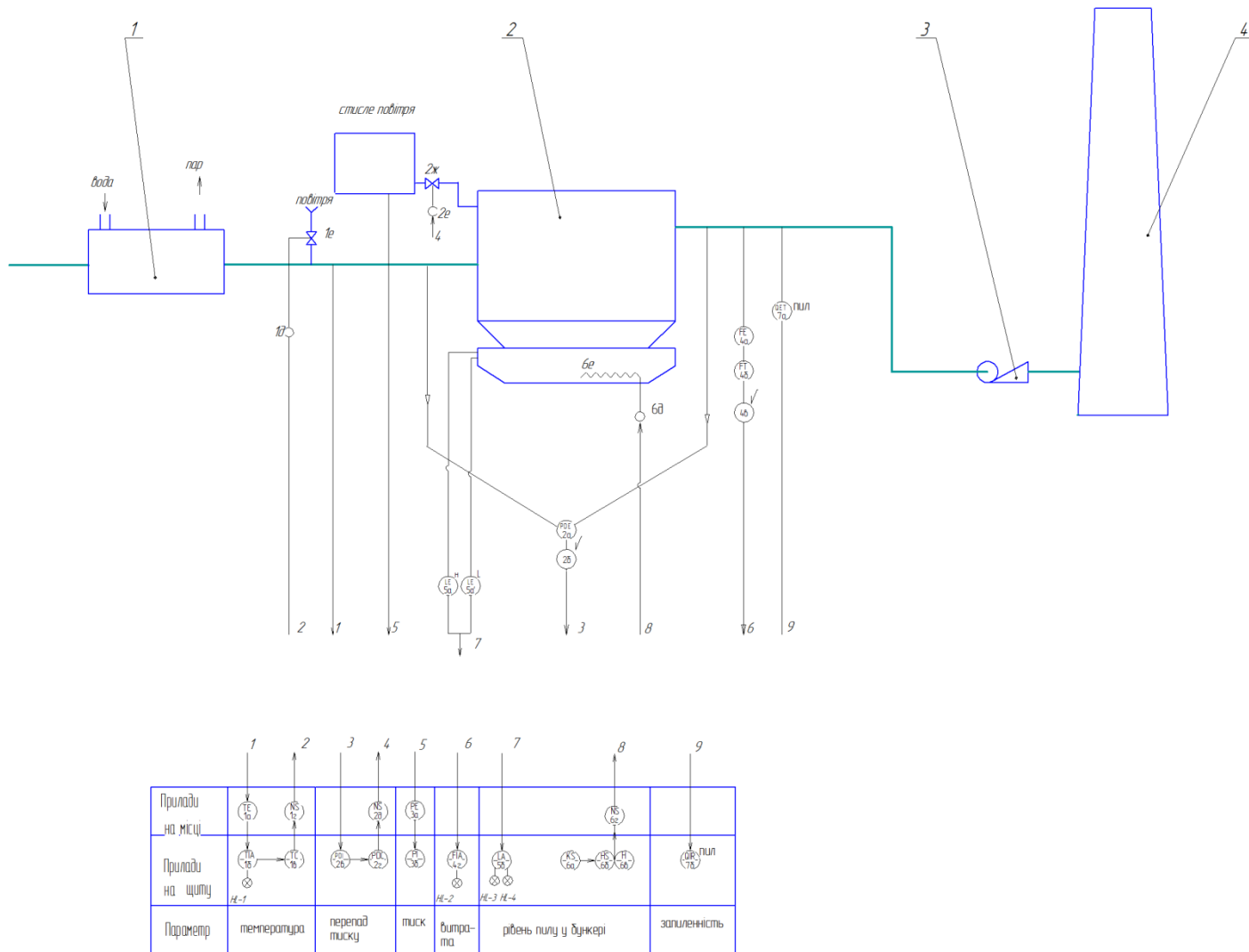
Для регулювання процесу регенерації рукавного фільтра (при досягненні гідравлічного встановленого опору) передбачена установка первинного перетворювача типу Сапфір – 22ДД (поз. 2а) з блоком добування корення (2б), на щиті – вторинний перетворювач типу РП – 160 –1р (поз. 2в), що включає обладнання світлової сигналізації. Вихідний сигнал регулятора БРЕ-1 (поз. 2 г) надходить на виконавчий механізм МЭО – 16/25-0,63-82 (поз. 2е) (керований за допомогою магнітного пускача ПБР – 1д, а далі – регулювальний орган – електромагнітний клапан (поз. 2 е).

Для контролю системи стисненого повітря здійснюється контроль тиску в газоході стисненого повітря. На місці встановлюємо дифманометр типу Сапфір 22 (поз.3а), на щиті вторинний перетворювальний прилад РП-160 (поз.3б).

Витрата газу вимірюється за допомогою первинного вимірювального приладу (4а,4б, 4в). Даний прилад складається з первинного вимірювального перетворювача ДК-6 (поз. 4а), вимірювального перетворювача РП-2 (поз. 4б), блока добування корення БІК-1 (поз. 4в). Далі сигнал надходить на вторинний прилад Диск 250 модель 1111 (поз.4 г).

Рівень пилу в бункерах рукавного фільтру (на схемі показано 1 бункер) контролюється за допомогою СУС (поз. 5а,5б). По витіканню часу командоапарат (поз. 6а) посилає сигнал на пускач ПБР -2М (поз. 6г). Далі сигнал надходить на виконавчий механізм МЭО – 16/25-0,63-82 (поз. 6д), керуючий регулювальним органом виступає шнековий конвеєр (поз. 6е).

Контроль запиленості на виході з газоочисної системи здійснюється пиломіром у комплекті з пилезабірним обладнанням ПК-4 (поз. 7а). Вторинним вимірювальним приладом є потенціометр КСУ-2-0022 (поз. 7б) [26].



1 – котел-утилізатор; 2 – рукавний фільтр; 3 – димотяг; 4 - димар
 Рисунок 3.2 - Схема автоматичного контролю та регулювання системи газоочищення

3.3 Утилізація теплової енергії газу

Для теплового знешкодження та утилізації тепла димових газів прожарювальних печей передбачено котел-утилізатор.

Робота котла-утилізатора передбачається в трьох режимах:

1. В утилізаційному режимі з підтопило природним газом - в номінальному режимі на котел подається димові гази від працюючих печей. Для стабілізації горіння і підтримування номінальної паропродуктивності на пальниковий пристрій котла додатково подається природний газ.

2. У режимі спалювання графітового пилу з підсвічуванням природним газом і утилізацією тепла.

3. В автономному режимі роботи на природному газі.

Режим роботи утилізаційної котельної безперервний, цілодобовий (8760 год /рік). Одним з видів палива, що використовується для котлів-утилізаторів, є графітова пил (відхід виробництва). В процесі виробництва графітовий пил збирається в спеціальні мішки (біг-бег) і відправляється на утилізацію.[18] Схема роботи ділянки котельної наведено на рис. 3.3.

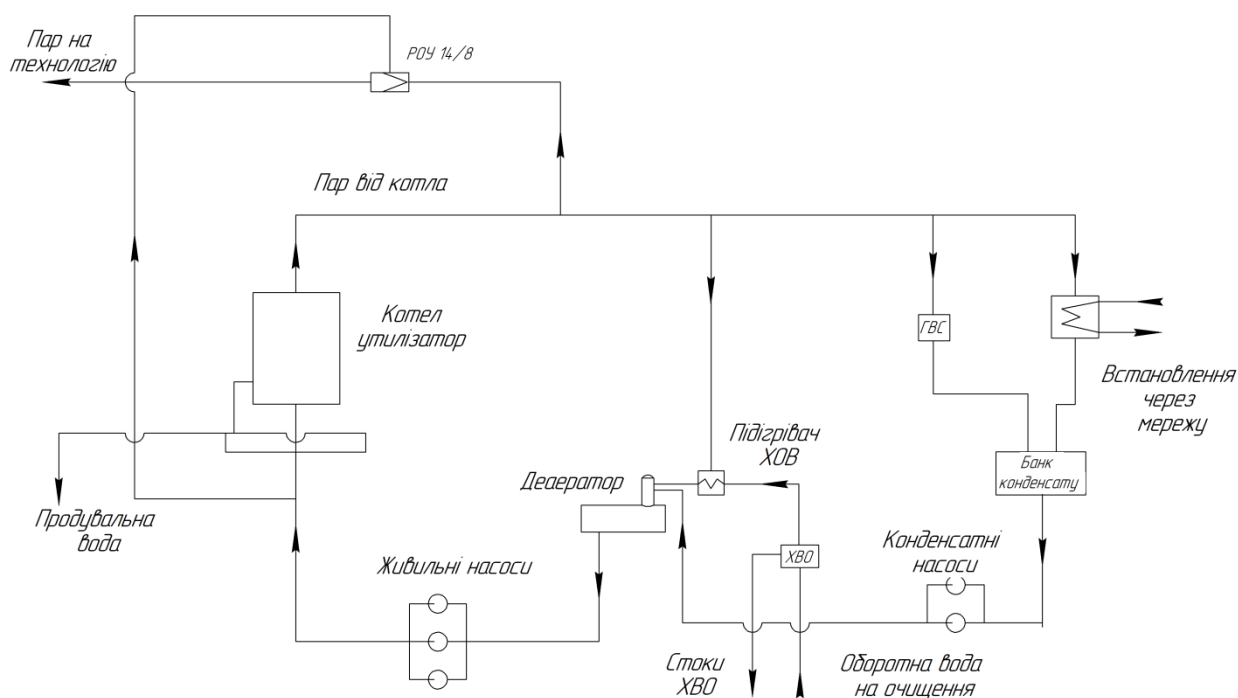


Рисунок 3.3 – Принципова схема роботи котельної

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища при експлуатації пилоуловлюючих установок

Особливістю експлуатації багатьох установок пиловловлювання в металургії є робота в важких технологічних умовах, які характеризуються агресивністю і високою температурою газу, значними коливаннями його витрати і тиску, а також вмісту в ньому смолистих речовин та речовин, які злипаються. При роботі в таких умовах обслуговуючому персоналу необхідно, щоб уникнути зниження ефективності очищення забезпечувати щозмінний контроль за роботою механізмом і вузлів установки і своєчасно усувати помічені неполадки.

Особливу увагу слід приділяти герметизації газового тракту установки, включаючи корпусу пилоуловлюючих пристроїв, а також підтримці заданого температурного режиму роботи установки. Підвищений підсмоктування повітря веде до зниження концентрацій сірковмісних газів, що йдуть на виробництво сірчаної кислоти, збільшує витрату електроенергії на транспортування газу, збільшує швидкість газу, що часто знижує ефективність очищення, призводить до охолодження газу з подальшою конденсацією парів. Це в свою чергу викликає корозію металу, збільшує ймовірність утворення твердих відкладень пилу на внутрішньому обладнанні, створює труднощі з вивантаженням пилу з бункерів. Найбільш ймовірними місцями підсосу холодного повітря є неякісно виконані зварні шви корпусу і газоходів, нещільності в газових затворах і в ущільненнях люків, вузли вивантаження пилу, а також підсосі через непрацюючі, але паралельно включені апарати. Навіть невеликі підсосі холодного повітря швидко призводять до значної корозії металу в місці подсоса, але виявити це місце буває важко, особливо під шаром теплоізоляції. Місця подсоса

обнаружівують, по слідах корозії на внутрішніх поверхнях обладнання в період оглядів.[10]

Падіння температури газу в установці, крім перерахованих вище випадків, може відбуватися також внаслідок збільшення тепловтрат в навколишнє середовище при порушенні теплоізоляції обладнання. Наслідками порушення теплоізоляції або її відсутності на несучих елементах конструкції може бути значна деформація або руйнування місць зварювання і навіть руйнування цілісності листів корпусу. Тому не можна допускати роботу апаратів з пошкодженої теплоізоляцією.

Що виникає іноді з технологічних причин підвищення температури понад встановлену величину не менш небезпечно для апарату, ніж її зниження, так як може призвести до руйнування або викривлення елементів і вузлів пилоуловлювальні установки.

Серйозні проблеми виникають при забиванні пилоуловлювальні бункерів пилових затворів, тічок та інших пристроїв видалення пилу, який уловлюється. Скільки-небудь тривале збереження такого стану призводить не тільки до зниження ефективності роботи пилоуловлюючих апаратів, а й у разі злипаються пилу - до дуже великих труднощів у подальшій очищенню забитих ділянок пилового тракту. Тому персонал зобов'язаний ретельно стежити за справним станом зазначених пристроїв, приймаючи в разі потреби оперативні заходи.[10]

Особливостями експлуатації апаратів пиловловлення в чорній металургії є наявність в газах великого вмісту оксиду вуглецю, що створює в небезпеку вибухів і пожеж, а тому вимагає ретельного виконання протипожежних заходів. Наявність СО і оксидів азоту в відхідних газах призводить також до збільшення їх токсичності. Певні труднощі в експлуатації установок пов'язані з дуже великими об'ємними витратами газів, характерними для багатьох переділів чорної металургії, в результаті чого обслуговування персоналом газоочисного обладнання є досить габаритними.

4.2 Розробка заходів захисту від виявлених небезпечних і шкідливих факторів

Зменшення запиленості та загазованості на робочих місцях біля печей прожарювання здійснюється за допомогою організації місцевої витяжної вентиляції.

Необхідні параметри мікроклімату забезпечуються організацією загальнообмінної вентиляції та припливно-витяжної вентиляції (табл.4.1).

Таблиця 4.1 - Допустимі норми параметрів мікроклімату повітря в робочій зоні виробничих приміщень, ДСН 3.3.6.042-99.

Період року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/с
		Верхня межа	Нижня межа	Допустима на робочих місцях постійних, не більш	Допустима на робочих місцях постійних
Холодний	Легка - Іа	25	21	75	Не більше 0,5
	Легка - Іб	24	20	75	
	Середньої важкості-Іа	23	17	75	
	Середньої важкості-Іб	21	15	75	
	Важка - ІІІ	19	13	75	
Теплий	Легка - Іа	28	22	55 (при 28 °С)	0,1-0,2
	Легка - Іб	28	21	60 (при 27 °С)	0,1-0,3
	Середньої важкості -Іа	27	18	65 (при 26 °С)	0,2-0,4
	Середньої важкості -Іб	27	16	70 (при 25 °С)	0,2-0,5
	Важка - ІІІ	26	15	75 (при 24 °С)	0,2-0,6

Таким чином, відповідно до табл. 4.1 нормальними метеорологічними умовами для роботи у приміщенні цеху є: температура повітря робочої зони в теплий період року – (18-27) °С, відносна вологість не більш 75%, швидкість переміщення повітря 0,2 м/с (тепла пора року), що відповідає нормам метеорологічних умов відповідно до ДБН 2264-93.

Організація природного повітрообміну в виробничому приміщенні відбувається під впливом двох факторів: різниці температур, що створює тепловий тиск і від дії вітру, що створює вітровий тиск. Для збільшення тиску, в даху цеху встановлені витяжні шахти і труби, на яких встановлені дефлектори, що дозволяють збільшити повітрообмін за рахунок вітрового напору. Також на перекритті цеху є світлові ліхтарі з стулками, що теж підвищує тиск в цеху.

За допомогою механічної припливно-витяжної вентиляції, встановленої в цеху, повітря розподіляється відповідно до заданих умов, чисте повітря подають в певні ділянки цеху, а забруднене видаляють від місць утворення шкідливостей та відводять для очищення.

До обертових частин обладнання, розподільних електричних пристроїв, джерел теплового випромінювання (трубопроводи) застосовуємо захисні пристрої, як стаціонарні, так і рухомі, що відповідають вимогам ДСТУ EN ISO 13855:2015.[24]

Для контролю переміщення вантажів застосовуємо обмежувальні пристрої тупикового типу. Також обмежувальні пристрої застосовуємо на залізничні колії, вантажно-розвантажувальні майданчики.

З метою забезпечення безпеки працюючих на складі влаштована сигналізація, для чого над воротами зовні і всередині приміщень встановлені світлові транспортери «БЕРЕЖИСЯ ПОТЯГУ», а всередині складу дзвінок гучного бою.

По боках естакади на рівні головок рейок або на 400 мм вище їх встановлені ходові майданчики або інші пристрої для безпечного доступу до люків вагонів, минаючи траншеї. Майданчики зроблені шириною 0,8 м і забезпечені поручнями висотою 1 м.

Для виключення випадків наїзду транспорту на людей двері складів, що примикають до залізничних колій або виходять прямо на шляхи, перед ними влаштовані бар'єри.[24]

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) технологічного персоналу ділянки прожарювального відділення застосовуються, передбачені ГОСТ 12.4.011-85 [23].

В якості засобів захисту органів дихання застосовуються респіратори типу ЩБ - "пелюстка".

Спеціальне вібраційне взуття групи Мв - для захисту від механічних впливів і вібрації.

Для захисту працюючих при навантажувально-розвантажувальних роботах, монтажних, зварювальних і інших робіт застосовуються будівельні каски.

З метою зменшення впливу на організм робітників надлишкових тепловиділень на металургічних підприємствах організовано вільний доступ до газованої підсоленої води. Для роздачі питної води встановлені фонтанчики і автомати газованої води (температура води дорівнює 8-20 °С). З метою зниження шкідливого впливу надлишкового тепла на організм людини приймаємо газовану підсолену воду, що містить 0,5% кухонної солі, з розрахунку 4 - 5 літрів на людину в зміну, відстань від робочих місць до питної установки менше 75 м.[23]

4.3 Технічні рішення по виробничій санітарії

Штучне і природне освітлення

Одним з найважливіших параметрів виробничої обстановки є освітлення. Достатнє освітлення на робочих поверхнях забезпечується виконанням нормативних вимог, що встановлюють норми освітленості в залежності від характеристики зорової роботи визначається ступенем її точності, тобто розміром об'єктів розрізнення, ДБН В.2.5-28:2018.

Приміщення з постійним перебуванням в них людей (працюючих) мають як природне, так і штучне освітлення. У цеху використовуються люмінесцентні лампи типу ДРЛ і світильники типу "Астра"[23].

Санітарно-побутові приміщення

До числа побутових приміщень належать приміщення для задоволення санітарних і побутових потреб трудящих під час перебування їх на роботі: приміщення для прийому їжі, гардеробні, душові, туалети, умивальні, пральні.

У побутовому приміщенні влаштований гардероб, умивальні, душові. Туалети розташовані як в побутовому приміщенні, так і в цеху. Пол в туалетах, умивальних і душових влаштовується водонепроникний, з ухилом до стічного трапу. Стіни на висоті 1,5 м покриті вологостійким матеріалом. Будівля адміністративно-побутового приміщення побудовано в п'ять поверхів, шириною 18 м. Воно примикає безпосередньо до виробничого будинку цеху. Побутове приміщення має ізольований вихід.[23]

4.4 Електробезпека

Одним з важливих напрямків рішень задач підвищення безпеки виробництва є правильна оцінка вибухо- і пожежонебезпеки виробництва. При недооцінці цієї небезпеки під загрозою руйнування можуть виявитися будівлі, споруди, обладнання, а також життя людей. Переоцінка вибухо- і пожежонебезпеки призводить до невиправданих зайвих витрат при будівництві та експлуатації виробничих будівель і споруд.

У роботі по попередженню пожеж головним напрямком є пожежна профілактика .

Згідно ДСТУ 3810-98 забір води для гасіння пожежі проводиться з пожежних гідрантів, розташованих по периметру цеху. Тиск 0,6 МПа створюється пожежними насосами, що запускаються не пізніше, ніж через 5 хвилин після виникнення пожежі.

Використовувані насоси дозволяють створювати необхідний тиск в системі пожежогасіння і розраховані на витрату води відповідно до норм

витрати води для внутрішнього пожежогасіння - 20 л/м² і зовнішнього - 30 л/м².

До індивідуальних засобів гасіння пожежі відносяться ручні вогнегасники (вогнегасник вуглекислотний), ОП-5 (вогнегасник порошковий) - для гасіння твердих горючих матеріалів, і електроапаратури.

4.5 Вимоги до експлуатації та ремонту рукавних фільтрів

Перед пуском в роботу рукавних фільтрів необхідно переконатися в тому, що:

- фільтруючі елементи апаратів надійно ущільнені в місцях кріплення, фільтровальні поверхні цих елементів досить чисті, не деформовані і не пошкоджені;
- система регенерації фільтровальних елементів і система пилоприбирання справні і готові до роботи;
- ремонтні роботи закінчені, пиловловлювальний апарат справний і готовий до експлуатації.

В період експлуатації персонал не повинен допускати збільшення вологості газів, що очищаються в рукавних фільтрах, так як в цьому випадку можливо забивання рукавів і вихід з ладу всього фільтра. До таких же результатів може привести зниження температури газів, що очищаються нижче зазначеної в інструкції. Крім того, зниження температури газів при наявності в них SO₂ і SO₃ може викликати появу в фільтрі крапель кислоти, що є неприпустимим.

Необхідно також уникати перегріву тканини рукавів, що приводить до втрати тканиною фільтруючих властивостей і до її руйнування. Допускаються короточасні (менше 10 хвилин) підвищення температури газів, але не більше, ніж на 50 °С, вище номінального значення, проте в цих випадках необхідно вжити заходів до їх усунення. Для контролю запиленості

газу на виході із секції рукавного фільтра використовують прутки, які періодично вводять в потік очищеного газу. Наявність шару пилу на прутках свідчить про несправності секції (зірваний рукав; один або кілька рукавів зруйнувалися; на рукавах утворилися отвори). Запиленість на виході може підвищитися також внаслідок порушення механізму регенерації рукавів (показником є збільшення втрат напору) і несправності механізмів вивантаження (визначається при періодичному спостереженні за роботою механізмів і за показниками приладів, які реєструють рівень пилу в бункерах).[22]

Для рукавних фільтрів неприпустимі:

- обрив хоча б одного рукава;
- утворення отворів на рукавах внаслідок їх зносу або пошкоджень, коли сумарна площа цих отворів перевищує площу, еквівалентну площі одного рукава;
- втрата тканиною рукавів фільтруючих властивостей;
- збільшення температури газу, що очищається вище рівня визначається в залежності від матеріалу рукавів, °С.[22]

Ремонт пилоуловлюючих установок слід проводити при відключеному технологічному агрегаті.

Зміна конструкції або модернізація пилоуловлюючих установки без узгодження з проектною організацією забороняється.

Заходи по модернізації обладнання, що дозволяють підвищити надійність і ефективність роботи апаратів, слід виконувати при проведенні капітальних ремонтів.

Відремонтовані пилоуловлювальні установки повинні забезпечувати проектні показники роботи.

Періодичність капітальних і інших ремонтів пиловловлюючого обладнання визначається адміністрацією підприємства.[22]

4.6 Проектування засобів з охорони праці

Припливно-витяжна система розрахунку – витяжної вентиляції закритого типу кабіни мостового крана з використанням осьового вентилятора Кабіна ГПМ (крану) – робоче основне місце крановщика з якого він керує його роботою, тобто спостерігає за вантажозахоплювальних та вантажем, при цьому забезпечуючи безпеку знаходження в робочій зоні людей, збереження споруд та обладнання. Для нормальних умов забезпечення та безпеки праці управління кабіни ГПМ повинна відповідати вимогам з електробезпеки, пожежної безпеки, ергономіці та санітарно-гігієнічним нормам.

Сукупність санітарно-гігієнічних умов в кабіні, повинна визначатися класом характеристик за ступенем забрудненості повітря, освітлення, мікроклімату, шуму та вібрації. Ці характеристики не повинні перевищувати відповідних допустимих значень, які зазначені у нормативних документах.

З метою забезпечення необхідних санітарно-гігієнічних умов роботи кранівника, велике значення має конструктивне виконання управління кабінами, конструкція представлена на малюнку 4.1.

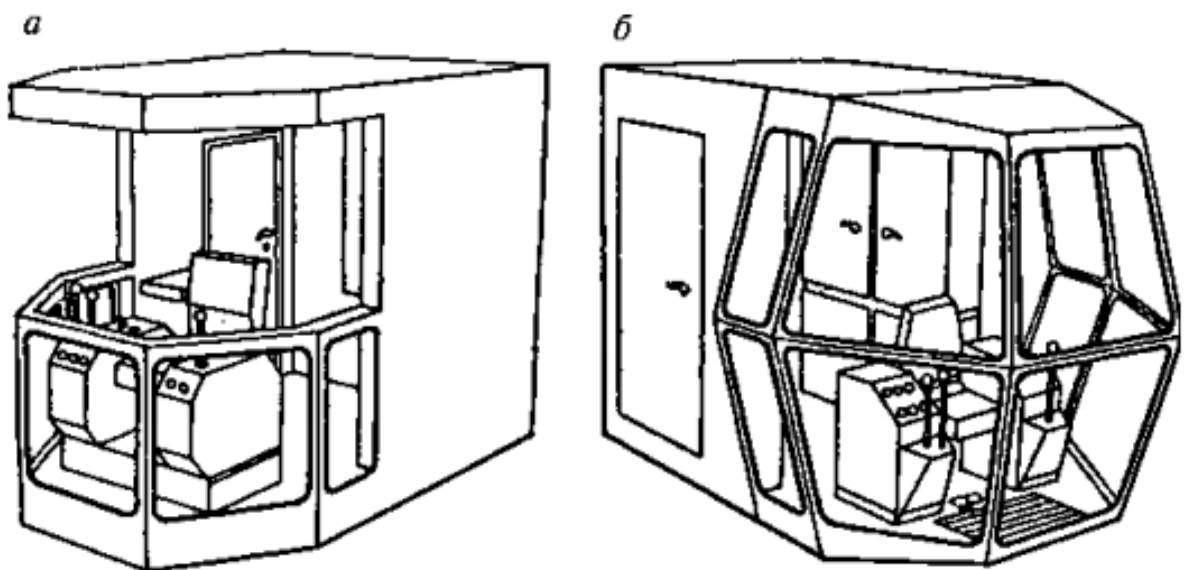


Рисунок 4.1 – Відкрита (а) і закрита (б) кабіни управління

Відкриті кабіни встановлюються в основному на кранах, робота датчиків у приміщеннях, за умовами, що в зонах нормовані параметри забруднення повітря та шуму перевищують допустимі, робота крана може тривати не більше 20% робочого часу в одну зміну. Закрита кабіна у передній частині має ліхтар, його конструюють таким чином, щоб максимально забезпечити обзорність коефіцієнту відношення площі скління до площі ліхтаря, не менше 0,8. Рекомендовані кути огляду в основній зоні для стаціонарних кабін закритого типу, баштових та порталних кранів складають 60-30°C, мостових та козлових кранів – 45-30°C. Гарячі цеха в умовах зимового клімату рекомендують подвійне скління.

При роботі в кабіні виділяється CO₂ (діоксид вуглецю), пари вологі і тепло від самого кранівника, ззовні можуть потрапляти речовини, які використовувані у даному виробництві, де працює ГПМ (малюнок 4.2).

Окрім цього, в умовах сонячної інсоляції (особливо в літній період), за рахунок процесу радіації може бути виникнення надлишок явного тепла. У зимовий період року, навпаки, здійснення дефіциту тепла. При обмеженому робочому просторі, чим є внутрішній об'єм кабіни управління, за наявності перерахованих вище факторів може призводити до перевищень допустимих значень забруднення та мікрокліматичних показників повітря. Найбільш поширеним заходом, щодо забезпечення допустимого рівня забруднення повітря, параметрів мікроклімату є використання опалення та вентиляції. В кабіні застосовується вентиляція, як правило, припливно-витяжна з використанням осьового вентилятора. Швидкість руху повітря в кабіні повинна становити 0,1-0,3 м/с.

Вихідні дані:

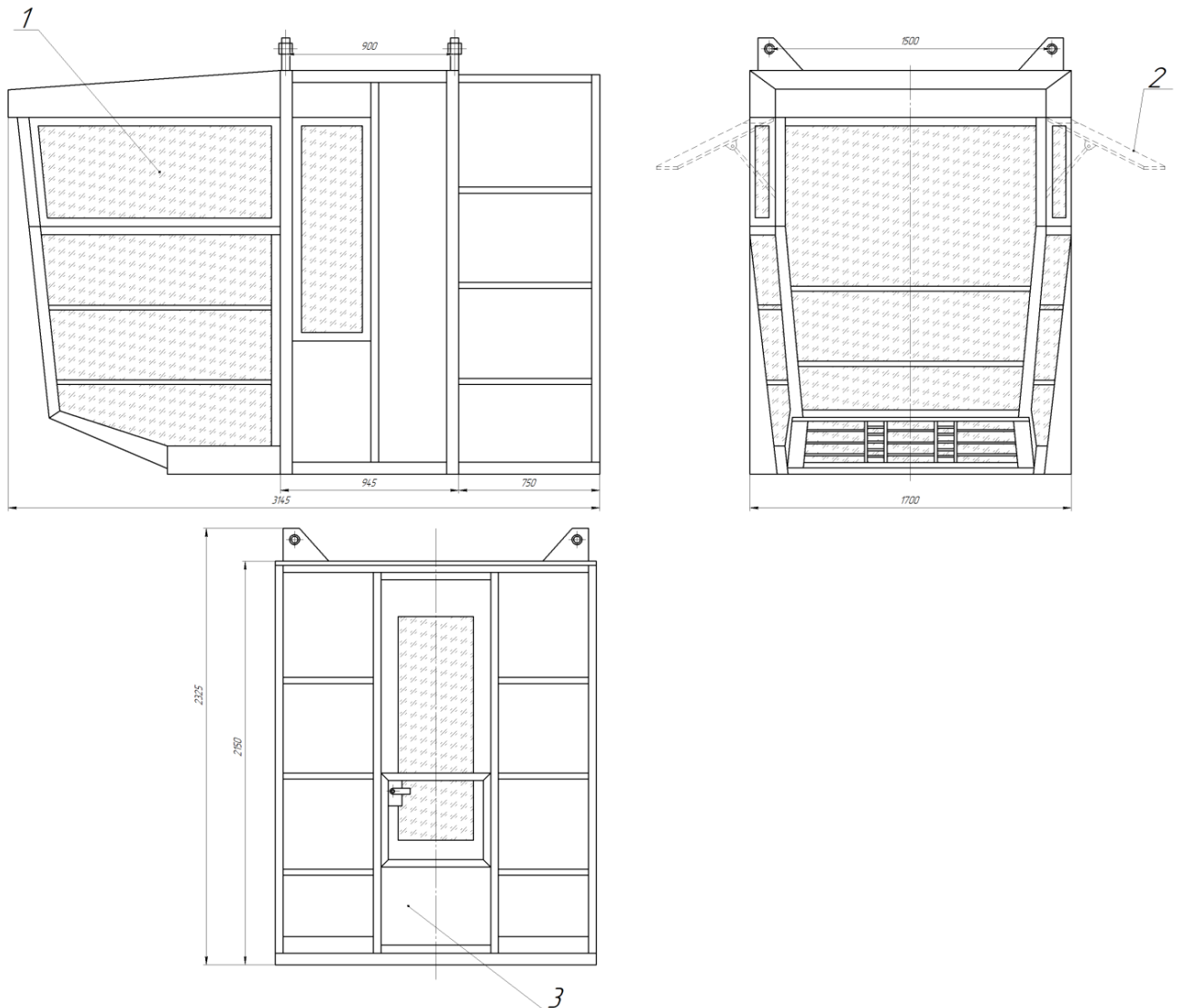
Габарити кабіни:

- висота кабіни = 2,0 м² ;
- ширина кабіни = 1,2 м² ;
- довжина кабіни = 2,2 м² ;

Скління кабіни – одинарне безпрослойне в металевій палітурці – 30 % (звичайне забруднення скла, лицьова і бічна сторони кабіни).

Температура: середня зовнішнього повітря в січні – (-2,8°C), в липні (+23,8°C); температура повітря в кабіні – зимою (+25°C), літом (+35°C).

Тиск : атмосферний тиск – 760 мм.рт.ст.; характер виконуваної роботи – II б.



1 – скління; 2 – отвори-фортинки; 3 - двері

Рисунок 4.2 – Конструкція кабіни типу ГПМ

При знаходженні кранівника в кабіні під час роботи може виникнути надлишок тепла і вологи від нього, а також нагріваючи кабіни від сонячної радіації. Тепловтрати можуть відбуватися в перехідний і зимовий період року.

Визначаємо кількість повітря, необхідного для видалення двоокису вуглецю, що виділяється, по формулі (4.1):

$$L_{CO_2} = \frac{G_{CO_2} \cdot 10^{-3}}{K_d - K_{ПР}} \quad (4.1)$$

де: G_{CO_2} - кількість CO_2 , що виділяється, за 1 годину.

Кількість CO_2 , що виділяється, за 1 годину, розраховується за формулою (4.2):

$$G_{CO_2} = n \cdot z \quad (4.2)$$

де: n - кількість людей в кабіні;

Z - кількість двоокису вуглецю, що виділяється, від однієї людини, г/год; залежить від характеру виконуваної роботи, для роботи середньої важкості $Z = 0,51$ г/год;

K_d - гранично-допустима концентрація CO_2 в повітрі робочої зони, mg/m^3 - 20;

$K_{ПР}$ - кількість шкідливих речовин (CO_2) що залишаються в кабіні, приймається $0,3 \cdot K_d$.

$$K_{ПР} = 0,3 \cdot 20 = 6$$

Підставляємо значення у формулу (4.1, 4.2):

$$G_{CO_2} = 1 \cdot 51 = 51 \text{ г/год}$$

$$L_{CO_2} = \frac{51 \cdot 10^{-3}}{20 - 6} = 0,0036 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Кількість повітря, необхідного для видалення зайвої вологи визначається за формулою (4.3):

$$L_{\text{ВЛ}} = \frac{G_{\text{ВЛ}} \cdot 10^{-3}}{\gamma \cdot (d_y - d_{\text{П}})} \quad (4.3)$$

де: $G_{\text{ВЛ}}$ - кількість вологи, що виділяється в повітрі, кг/ч;

γ - питома вага припливного повітря при заданій температурі, кг/м³ (таблиця. 4.4);

d_y і $d_{\text{П}}$ - вміст вологи в повітрі, що видаляється і подається в кабінку, г/кг (таблиця. 4.3);

Таблиця 4.3 Вміст вологи в повітрі при різних температурах

Температура, °С	Вміст вологи в повітрі d_y і $d_{\text{П}}$, г/кг
-15	1,1
-10	1,7
-5	2,6
0	3,8
+5	5,4
+10	7,5
+15	10,4
+20	14,4
+25	19,5
+30	20,3
+35	35,0
+40	46,3

Кількість вологи визначається за формулою (4.4):

$$G_{\text{ВЛ}} = \frac{\omega \cdot n}{1000} \quad (4.4)$$

де: ω - кількість вологи що виділяється людини в перебігу однієї години, г/ч, г/год;

n - кількість людей, що працюють у приміщенні.

Таблиця 4.4 Питома вага припливного повітря γ при різній температурі і тиску

Температура повітря, °С	Вага 1 м ³ сухого повітря в кг при атмосферному тиску, мм.рт.ст.	
	760	760
-25	1 424	1 393
-20	1 396	1 366
-15	1 368	1 341
-10	1 342	1 316
-5	1 317	1 291
0	1 293	1 267
+5	1 270	1 244
+10	1 248	1 223
+15	1 226	1 202
+20	1 205	1 181
+25	1 185	1 162
+30	1 165	1 141
+35	1 146	1 123
+40	1 128	1 106

Кількість вологи, що виділяється кранівником (ω), залежить від характеру виконуваної роботи і температури навколишнього повітря (табл.4.5).

$$G = \frac{180 \cdot 1}{1000} = 0,12 \text{ (кг/год) для холодного період року}$$

$$G = \frac{230 \cdot 1}{1000} = 0,23 \text{ (кг/год) на теплого період року}$$

Для холодного період року:

$$L_{\text{вл}} = \frac{0,18}{1,185 \cdot (19,5 - 3,128) \cdot 1000} = 9,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{год}$$

Таблиця 4.5 Залежність вологи від характеру виконуваної роботи і температури навколишнього повітря

Характер виконуваної роботи	Температура середовища в кабіні, °С									
	15		20		25		30		35	
	q	ω	q	ω	q	ω	q	ω	q	ω
У спокої	100	40	70	45	50	50	30	80	0	130
Фізично легка	100	65	70	70	60	125	30	140	0	235
Фізично середня	110	110	80	160	70	180	35	230	0	290
Фізично важка	110	185	80	200	80	300	35	350	0	430

Для теплого період року:

$$L_{\text{вл}} = \frac{0,23}{1,146 \cdot (35 - 18,28) \cdot 1000} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{год}$$

Визначити кількість повітря, необхідне для видалення надлишку тепла з кабін оператора, згідно з формулою (4.5):

$$Q_{\text{изб}} = Q_{\text{пр}} - Q_{\text{расх}} \quad (4.5)$$

для зимового і перехідного періоду року, ккал/год;

$Q_{\text{изб}} = Q_{\text{пр}}$, для теплового періоду року, ккал/ч;

Тепловтрати кабін в зимовий період року, розраховується за формулою (4.6):

$$Q_{\text{расх}} = F \cdot K \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}})h \quad (4.6)$$

де: F - бічна поверхня кабін, м²;

K - коефіцієнт теплопередачі конструкції обгороджування, ккал/м² година °С, приймаємо рівним 0,9;

h - поправочний коефіцієнт до розрахункової різниці температур, приймаємо рівним 0,8;

$t_{в}$ - температура внутрішнього повітря в кабіні °С;

$t_{н}$ - температура зовнішнього повітря °С.

$$Q_{пр} = Q_{чел} \cdot Q_{рад.сол}$$

де: $Q_{рад.сол}$ - тепло, що виноситься променистою енергією сонця через зовнішні обгороджування кабін.

Кількість тепла, що виділяється людиною, становить ккал/год за формулою (4.7):

$$Q_{чел} = n \cdot q \quad (4.7)$$

де: q - кількість тепла, що виділяється особою в залежності від характеру виконаної роботи, ккал/год (табл. 4.5);

n - кількість людей в кімнаті.

$$Q_{чел} = 1 \cdot 70 = 70 \text{ ккал/год}$$

Кількість тепла, що поступає за рахунок сонячної радіації, визначається по формулах (4.8, 4.9):

Оцінка сонячного випромінювання визначається за формулами:

- для засклених поверхонь:

$$Q_{рад}^{ст} = F_0 \cdot q_0 \cdot A_0 \quad (4.8)$$

- для покриттів:

$$Q_{рад}^{пок} = F_n \cdot q_n \cdot A_n \quad (4.9)$$

де: F_0 , F_n - площі скління і елементів обгороджуванні зон скління кабіни ($F_0 = 0,2 \cdot 0,4$ площі бічної поверхні кабіни F , $F = F_0 + F_n$ м²);

q_0 , q_n - величина сонячної радіації проходить через 1 м² поверхні скління або покриття, ккал/год · м²; $q_0 = 186$, $q_n = 15$;

A_0 - коефіцієнт, що враховує характер скління, $A_0 = 0,8$;

K^B - коефіцієнт теплопередачі покриття, приймаємо рівним 0,8 ккал/м² годину, °С.

$$F_0 = 0,3 \cdot F = 0,3 \cdot 2 \cdot (1,2 \cdot 2 \cdot 2,2) = 3,36 \text{ м}^2$$

- для зимового і перехідного періоду року

$$Q_{\text{рад}}^{\text{ст}} = 3,36 \cdot 186 \cdot 0,8 = 500 \text{ ккал/год}$$

$$F_n = F - F_0 = 11,2 - 3,36 = 7,84 \text{ м}^2$$

Підставляємо значення у формулу (4.8):

$$Q_{\text{рад}}^{\text{пок}} = 7,84 \cdot 15,0 \cdot 0,8 = 94,1 \text{ ккал/год}$$

$$Q_{\text{пр}} = 70 + 500 + 94,1 = 664,1 \text{ ккал/год}$$

Підставляємо значення у формулу (4.6):

$$Q_{\text{расх}} = 11,2 \cdot 0,9 \cdot (25 - (-2,8)) \cdot 0,8 = 274,58 \text{ ккал/год}$$

Підставляємо значення у формулу (4.5):

$$Q_{\text{изб}} = 664,1 - 274,58 = 389,52 \text{ ккал/год}$$

- для теплового періоду року

$$Q_{\text{изб}} = Q_{\text{пр}} = 664,1 \text{ ккал/год}$$

Кількість повітря, необхідного для видалення надлишку тепла визначається з виразу (4.10):

$$L_{\text{T}} = \frac{Q_{\text{изб}}}{c \cdot \gamma_{20} \cdot (t_{\text{yx}} - t_{\text{п}})} \quad (4.10)$$

де: c - питома теплоємність повітря, дорівнює 0,24 ккал/кг, с;

γ_{20} - питома вага повітря при 20 градусах за Цельсієм, кг/м³;

t_{yx} - температура вихідного повітря з кабіни °С;

$t_{\text{п}}$ - температура повітря, що поступає, в кабіну °С.

Для зимового і перехідного періоду року:

$$L_{\text{T}} = \frac{389,52}{0,24 \cdot 1,205 \cdot (25 - (-2,8))} = 48,45 \text{ м}^3/\text{год}$$

Для теплового періоду року:

$$L_{\text{T}} = \frac{664,1}{0,24 \cdot 1,205 \cdot (35 - 23,8)} = 205,03 \text{ м}^3/\text{год}$$

Загальна кількість повітря що подається в кабіну визначається з виразу (4.11):

$$L_{\text{заг}} = L_{\text{CO}_2} + L_{\text{ВЛ}} + L_{\text{тепл}} \quad (4.11)$$

Таким чином:

- в холодний період року загальна кількість повітря, що подається в кабінку:

$$L_{\text{заг}} = 0,0036 + (9,6 \cdot 10^{-6}) + 48,45 = 48,453 \text{ м}^3/\text{год}$$

- у теплий період року:

$$L_{\text{заг}} = 0,0036 + (12 \cdot 10^{-6}) + 205,03 = 205,034 \text{ м}^3/\text{год}$$

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Розрахунки витрат на очищення газів від печей прожарювання

Розрахунки капітальних вкладень

В якості базового варіанту приймаємо: скруббер Вентурі, який складається з 6 труб Вентурі та 2 краплеловлювачів, порожнистого скрубберу (2 шт), димотяг, насоси (4 шт), устаткування для шламового господарства, димова труба.

Відповідно до проектного варіанту входить таке обладнання: котел-утилізатор з додатковим устаткуванням, яке необхідно для його обслуговування, рукавний фільтр, димотяг, димова труба.

Баланс робочого часу системи газоочищення газів від печей прожарювання (табл.5.1).

Таблиця 5.1 – Баланс робочого часу системи газоочищення

Показники	Од. виміру.	Базовий варіант	Проектний варіант
Режим роботи		Безперервний	Безперервний
Календарний час роботи, $T_{\text{кал}}$	дні	365	365
	години	8760	8760
Простої на планові ремонти, $T_{\text{рем}}$	дні	10	10
	години	240	240
Ефективний фонд часу, $T_{\text{еф}}$	дні	355	355
	години	8520	8520
Коефіцієнт використання, $K_{\text{вик}}$	-	0.973	0.973

Визначаємо річну виробничу потужність газоочисної установки, м³/рік за формулою (5.1):

$$\Pi = N \cdot T_{ef}, \quad (5.1)$$

де N – технічна норма продуктивності основного агрегату очисної установки в одиницю часу, нм³/год.;

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

Кількість уловленого пилу визначаємо з виразу, т за формулою (5.2):

$$Q = \frac{(Z_1 - Z_2) \times \Pi}{10^6}, \quad (5.2)$$

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

Z_2 – запыленість газу після очищення, г / м³.

$$\Pi^{б, пр} = 8520 \cdot 48000 = 397,4 \cdot 10^6 \text{ нм}^3/\text{рік}.$$

Результати розрахунків заносимо до табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Виробнича програма системи газоочищення

Показник	Од. вим.	Базовий варіант	Проектний варіант
Річна продуктивність газоочисної установки, Π	млн. нм ³ /рік	397,4	397,4
Технічна норма продуктивності, N	нм ³ /год	48000	48000
Початкова запыленість, Z_1	г/м ³	3,5	3,5
Кінцева запыленість, Z_2	г/м ³	0.05	0.02
Кількість вловленого пилу, Q	т/рік	1371,03	1382,95
Кількість утилізованої пилу, $Q_{ум}$	т/рік	959,72	1382,95
Витрата води, $Q_{ж}$	тис м ³ /рік	817,92	408,96

Капітальні витрати C_K розраховують у вигляді питомих величин, віднесених до 1000 м^3 газу ($\text{грн}/1000\text{м}^3$), за формулою (5.3):

$$C_K = (C_{\text{осн. о.}} + C_M + C_{\text{мон.}} + C_H + C_{\text{зд.}}) \cdot 1000/3600 \cdot Q_c \cdot \tau, \quad (5.3)$$

де $C_{\text{осн. о.}}$ - вартість основного встаткування, грн;

C_M - вартість установки й монтажу встаткування, за формулою (5.4):

$$C_M = 0,3 \cdot C_{\text{осн.об.}}, \text{ грн} \quad (5.4)$$

$C_{\text{мон.}}$ - вартість монтажу комунікацій, за формулою (5.5):

$$C_{\text{мон.}} = 0,15 \cdot C_{\text{осн.об.}}, \text{ грн} \quad (5.5)$$

C_H - вартість накладних витрат спеціалізованої організації, за формулою (5.6):

$$C_H = 0,2 \cdot C_{\text{осн.о.}}, \text{ грн}; \quad (5.6)$$

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

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

τ - ефективний час роботи газоочищення за рік, год.

Результати розрахунків зводимо у таблицю 5.3.

Таблиця 5.3- Капітальні вкладення в газоочисні установки

№	Показатели	Базовый вариант			Проектный вариант		
		Кіл, шт	Вар. за од. грн	Сума, тис грн	Кіл, шт	Вар. за од. грн	Сума, тис грн
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Скрубер Вентурі	1	2800	2800	0	0	0
2	Порожнистий скрубер	2	600	1200	0	0	0
3	Димотяг	1		800	1	500	500

Продовження табл.5.3

1	2	3	4	5	6	7	8
4	Котел-утилізатор з додатковим устаткуванням	1		350	1	10000	10000
5	Рукавний фільтр	0	0	0	1	12000	12000
6	Шламове господарство			4900	0	0	0
7	Устаткування для вивантаження та транспортування пилу	1	1000	1000			2500
8	Насос	0	0	1750		0	0
9	Димова труба	1	490	490	1	490	490
Вартість основного устаткування		11540,000			25490,000		
10	Газоходи	0		460,000			400,000
11	КВП			2762,500			6250,000
	Всього			14762,500			32140,000
12	Вартість монтажу устаткування та обладнання			4428,750			9522,000
13	Вартість монтажу комунікацій			69,000			60,000
6	Витрати на будинки			467,5		550	660,000
9	Накладні витрати			2952,5			6428,000
Всього капітальних вкладень				22680,25			48810,00
Капітальних вкладень на 1000 м³ газу				57,072			122,823

Розрахунки витрат на очищення газів

Річні експлуатаційні витрати на очищення газу від печей прожарювання, за формулою (5.7):

$$C = \sum_{i=1}^n C_i = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7, \quad (5.7)$$

де C_1 – витрати на основні й допоміжні матеріали, грн;

C_2 – витрати на електроенергію, грн;

C_3 – амортизаційні відрахування від основних фондів плюс ремонтний фонд, грн;

C_4 – основна й додаткова зарплата виробничих робітників, грн;

C_5 – відрахування на соціальне страхування, грн;

C_6 – витрати на поточний ремонт і зміст основних засобів, грн;

C_7 – інші цехові витрати, грн.

Розраховуємо вартість води, що витрачається за рік, за формулою (5.8):

$$C_1 = Q \cdot m_{\text{пит}} \cdot T_{\text{еф}} \cdot Ц, \quad (5.8)$$

де Q – секундна витрата газів, що очищаються, м³/год;

$m_{\text{пит}}$ – питома норма витрати води на 1000 м³ газу, який очищається;

$T_{\text{еф}}$ – фактичний час роботи системи газоочищення, год;

$Ц$ – ціна 1000 м³ води (технічної), $Ц = 6,69$ грн.

У преектному варіанті використовується сухе очищення газу, але вода застосовується для роботи котла-утилізатору.

Енергетичні витрати визначаються за формулою (5.9):

$$C_2 = r \cdot l \cdot N \cdot 1000/3600 \cdot Q_c, \quad (5.9)$$

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

l – коефіцієнт враховуючий зміст обслуговуючого персоналу, ухвалюємо
 $l = 1,1$ грн/(кВт год);
 N – сумарна потужність електродвигунів, кВт.

Норми амортизаційних відрахувань: для устаткування – 15%; для будинку й споруджень - 5%; для мереж і комунікацій – 5%; для КВП – 25%. Отримані розрахункові величини заносимо до табл. 5.4.

Економія від утилізації продуктів, що вловлюються в процесі очищення газу, розраховується за формулою (5.10) :

$$C_y = Q_{yt} \cdot Ц, \quad (5.10)$$

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

$Ц$ – вартість сировини, що постачається та уловленого пилу за 1 т, грн.

Споживання графітового пилу було прийнятим рівним нулю, оскільки передбачається продаж пилу промисловим споживачам для використання в якості сировини, а не його використання в якості палива для котлів утилізаторів. За даними інтернет-ресурсів графітний пил продає за ціною 1 тонна – 600 грн.

$$C_y^6 = 959,72 \cdot 600 = 575832 \text{ грн/рік}$$

$$C_y^{np} = 1382,95 \cdot 600 = 829752 \text{ грн/рік}$$

Прихід засобів, одержуваний завдяки тому, що встановлені одингоризонтальні водотрубні котли-утилізатори з виробничою потужністю 14 тонн пари на годину.

Кількість виробленої енергії за рік $14 \cdot 8520 \cdot 0,5 = 59640$ Гкал. Вартість 1 Гкал, що виробляє ТЕЦ 365 грн, собівартість Гкал від котлів-утилізаторів 240 грн.

Собівартість одиниці продукції за допомогою проектного варіанту, розраховується за формулою (5.11):

$$C_{\text{пар}}^{\text{пр}} = C_{\text{рік}} (C_c - C_r), \text{ грн}, \quad (5.11)$$

де $C_{\text{рік}}$ – річний виробіток електроенергії в Гкал/ рік;

C_c – собівартість пари з сусіднього підприємства, 365 грн/Гкал;

C_r – собівартість пари від котлів-утилізаторів, 240 грн/Гкал

$$C_{\text{пар}}^{\text{пр}} = 59640(365 - 240) = 7455000 \text{ грн}$$

Отримані дані вносимо до табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Собівартість (експлуатаційні витрати) запроєктованої системи очищення

№	Найменування	Базовий варіант		Проектний варіант	
		Величина витрат, грн/1000м ³	Витрати на рік	Величина витрат, грн/1000м ³	Витрати на рік
1	2	3	4	5	6
1	Водатехнічна	13,92000	5531808	6,96	2765904
	Стисле повітря				15000000
	Фільтрувальна тканина			2,41570	960000
2	Електроенергія	70,03648	27832497	50,02606	19880355
3	Амортизаційні відрахування	6,08707	2419000	13,56316	5390000
4	Зарплата основних працівників				
	- основна	1,50981	600000	1,50981	600000
	- додаткова	0,88072	350000	0,88072	350000
5	Єдиний соціальний внесок	0,52592	209000	0,52592	2090000

Продовження табл.5.4

1	2	3	4	5	6
6	Витрати на ремонт та утримання обладнання	0,91306	362850	2,03447	808500
7	Загальновиробничі витрати	0,71716	285000	0,71716	285000
8	Загальні витрати на очищення	94,59	37590155	78,63301	32748759
9	Економія від утилізації пилю		575832		829752
10	Економія від одержання пари		0		7455000
	Загальні витрати	93,141	37014323	61,56	24464007

5.2 Техніко-економічне обґрунтування рішень, прийнятих у проекті

Річний економічний ефект від впровадження системи очищення газів, що відходять від печей прожарювання розраховується за формулою, (5.12):

$$E = [(C_6 + E_n K_6) - (C_{пр} + E_n K_{пр})]Q_{пр} = [(C_6 - C_{пр}) - E_n(K_6 - K_{пр})]Q_{пр}, \quad (512)$$

де C_6 і $C_{пр}$ – собівартість одиниці продукції за допомогою відповідно до базової й новій техніці, 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, приймаємо

$E_n = 0,15$ грн/(грн·рік);

$Q_{пр}$ – річна витрата газів в розрахунковому році, тис.м³.

Строк окупності капітальних вкладень, розраховується за формулою (5.13):

$$C_{ок} = (K_{пр} - K_{б}) / (C_{б} - C_{пр}) \quad (5.13)$$

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

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

Коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, розраховується за формулою (5.14):

$$E_{пр} = 1 / C_{ок} > 0,15, \quad (5.14)$$

де $C_{ок}$ – розрахунковий строк окупності.

Отримані дані заносимо до табл. 5.5.

Таблиця 5.5- Основні техніко-економічні показники запроєктованої газоочисної системи

Показники	Од. виміру	Варіант	
		Базовий	Проектний
1	2	3	4
Річна виробнича потужність газоочищення:	нм ³ /рік	397 x 10 ⁶	397 x 10 ⁶
Кількість вловленого пилу	т/рік	1371,030	1382,952
Капітальні вкладення	тис.грн.	22680,25	48810,00
Річні експлуатаційні витрати	тис.грн./рік	37590,16	32748,76
Кількість виробленої пари (у перерахунку на Гкал) у котлах утилізаторах	Гкал/рік	-	59640
Дохід від вироблення пару у котлах-утилізаторах	грн/рік	-	7455000

Продовження табл.5.5

1	2	3	4
Дохід від продажу пилу	грн/рік	575832	829752
Річні експлуатаційні витрати з урахуванням економії	грн/рік	37014323	24464007
Економічний ефект	тис.грн		8630872
Економічна ефективність капітальних вкладень	грн./(грн рік)	-	0,48
Строк окупності капітальних вкладень	рік	-	2,08

В результаті розрахунків основних техніко-економічних показників запроєктованої системи очищення газів, що відходять від печей прожарювання було встановлено:

- величина капіталовкладень в проєктному варіанті більше ніж при реалізації базового варіанту з використанням мокрого способу очищення;
- величина експлуатаційних витрат в проєктному варіанті менше ніж в базовому (зменшення кількості води, що витрачається, та електроенергії);
- впровадження утилізації теплової енергії в котлах- утилізаторах дозволяє отримувати щорічно 59640 Гкал/рік.
- економічний ефект отримується за рахунок одержання пари та утилізації пилу, зменшення кількості електроенергії та води, які витрачаються під час очищення газу;
- строк окупності капітальних вкладень з урахуванням утилізації вловленого пилу та вироблення пари становить 2,08 років при їх економічній ефективності 0,48 грн. /(грн. рік);
- впровадження запроєктованої системи очищення газів від печей прожарювання є економічно доцільним (розрахунковий строк окупності менший ніж допустимий).

ВИСНОВКИ

В результаті проведеного теоретичного аналізу та проведених розрахунків було встановлено:

1. Проаналізовані існуючі способи очищення газів, що відходять від печей прожарювання вуглецевої сировини електродного виробництва. Обґрунтовано вибір високоефективної схеми очистки з використанням сухого методу очищення.

2. Встановлено, що запроєктована схема очистки, містить один котел-утилізатор Г1030Б, один рукавний фільтр 1200 з тефлоновою фільтрувальною тканиною, один димотяг типу ВДН–21, димову трубу висотою 60 м.

3. Ефективність очищення газу в рукавному фільтрі становить 99,3%

4. Також було проведено розрахунок аеродинамічного тракту, на підставі якого було підібрано тягодуттєвого обладнання, а саме димотяг ВДН-21.

5. Розраховані основні техніко-економічні показники. Так, строк окупності склав 2,08 років, а коефіцієнт ефективності вкладень 0,48 грн/грн.рік.

6. Проведено аналіз шкідливих і небезпечних факторів технологічного процесу, розроблені та розраховані заходи з охорони праці для забезпечення безпечної роботи працівників цеху.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Компанія Intech GmbH веб-сайт. URL:https://intech-gmbh.ru/calcing_kilns (дата звернення 27.10.2020).
2. Экология Производства - Научно-практический портал. URL:<http://www.ecoindustry.ru> (дата звернення 25.10.2020).
3. Теверовский Б. З. Расчеты устройств для очистки промышленных газов от пыли : учебн. пособие. : УМК ВО, 1991. 92 с.
4. Алиев Г.М.-А. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов : справочник. Москва : Metallurgia, 1986. 544 с.
5. Д. Д. Айсина, Л. В. Струкова . Система управления экологической безопасностью. *Сборник трудов XIV международной научно-практической конференции*. Уральский федеральный университет, Екатеринбург : 2020. С.218-221.
6. Родионов, А.И. Техника защиты окружающей среды: учебник для ВУЗов / А.И. Родионов, В.Н. Клушин, Н.С. Торочешников. 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Химия, 1989-512 с
7. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»: Научная работа по нанотехнологиям - "АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЕЙ" ЦИКЛОННОГО ТИПА: веб- сайт. URL: <https://cyberleninka.ru> дата звернення (22.10.2020.)
8. Янковский С.С., Градус Л.Я. Основные пути совершенствования аппаратов инерционной очистки газов. *Обзорная информация ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ*, М.,1985.- 45с
9. Карпухович Д.Т., Смирнов М.Е. Инерционные аппараты. В кн. Экотехника. Защита атмосферного воздуха от выбросов пыли, аэрозолей и туманов. Ярославль, Русь, 2004. с.56-111.
10. Чекалов Л. В. Научные основы создания электрогазоочистного оборудования нового поколения: Автореферат диссертации на соискание

ученой степени доктора технических наук. Москва: Техника высоких напряжений, 2007. 297 с.

11. Современное состояние газоочистного оборудования. Новые подходы к проектированию электрофильтров: веб-сайт. URL: http://kondor-eco.com/download/katalog_razdel/Elektrofiltry.pdf (дата звернення 01.11.2020).

12. А. Т. Зурабов Совершенствование технологии прокалки углеродистого сырья во вращающихся печах электродного производства: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Владикавказ: Metallurgia, 2007. - 115 с.

13. Компания ENCE GmbH веб-сайт. URL: https://oil-filters.ru/bag_filters (дата звернення 15.10.2020).

14. Тимонин А. С., Инженерно-экологический справочник. Т2. Калуга : Издательство Н. Бочкаревой, 2003. 884 с.

15. Химическая энциклопедия: веб-сайт. URL: <http://www.cnsnb.ru/AKDiL/0048/base/RP/130001.shtm> (дата звернення 25.09.2020).

16. Л.В. Чекалова, А. В. Сугака Экотехника. Аппаратура процессов очистки промышленных газов и жидкостей: учебное пособие. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2013. – 180 с.

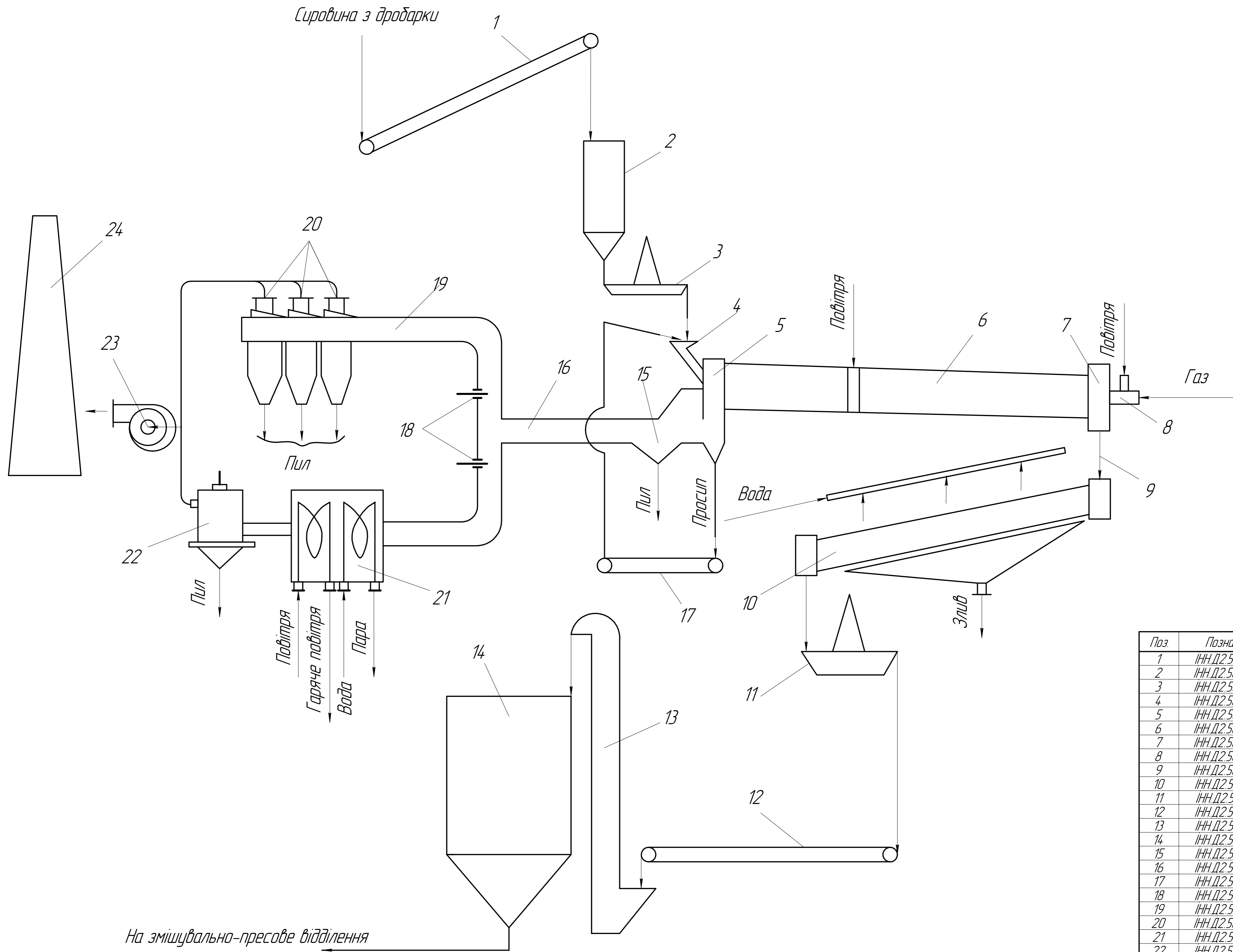
17. Старк С. Б. Газоочистные аппараты и установки в металлургическом производстве : учебник для ВУЗов. Изд 2-е, перераб. и доп. Москва. : Metallurgia, 1990. 400 с.

18. Электронная библиотека: Факторы эффективности применения различных систем очистки газовых выбросов и утилизации уловленных продуктов: веб-сайт. URL: http://elib.psu.by/effektivnosti_primenenija_sistem_ochistki.pdf (дата звернення 10.11.2020).

19. Гордон Г.М., Пейсахов И.Л. Пылеулавливание и очистка газов в цветной металлургии : учеб. пособие. Москва : Metallurgia, 1977. 454 с.

20. Тимонин А. С. Инженерно-экологический справочник. Т2. Калуга : Издательство Н. Бочкаревой, 2003. 884 с.

21. Технический каталог ООО НПП «Днепроэнергосталь»: веб-сайт ООО НПП «Днепрэнергосталь». URL: <http://destal.net/obz/214/catalog-ru.pdf> (дата звернення 20.10.2020).
22. Алешина В.М. Пылеулавливание в металлургии: справ. изд. Москва : Металлургия, 1984. 336 с.
23. Державні будівельні норми України. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення / Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, офіційне видання. Київ, 2006. 81с.
24. 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. 15с.
25. Глебов Ю.Д. Контроль и автоматическое управление газоочистными установками : учебное пособие для вузов. Москва: Металлургия, 1982. 208с.
26. Гордон Г.М., Пейсахов И.Л. Контроль пылеулавливающих установок : учебное пособие для студентов вузов. Москва: Металлургия, 1983. 354с.

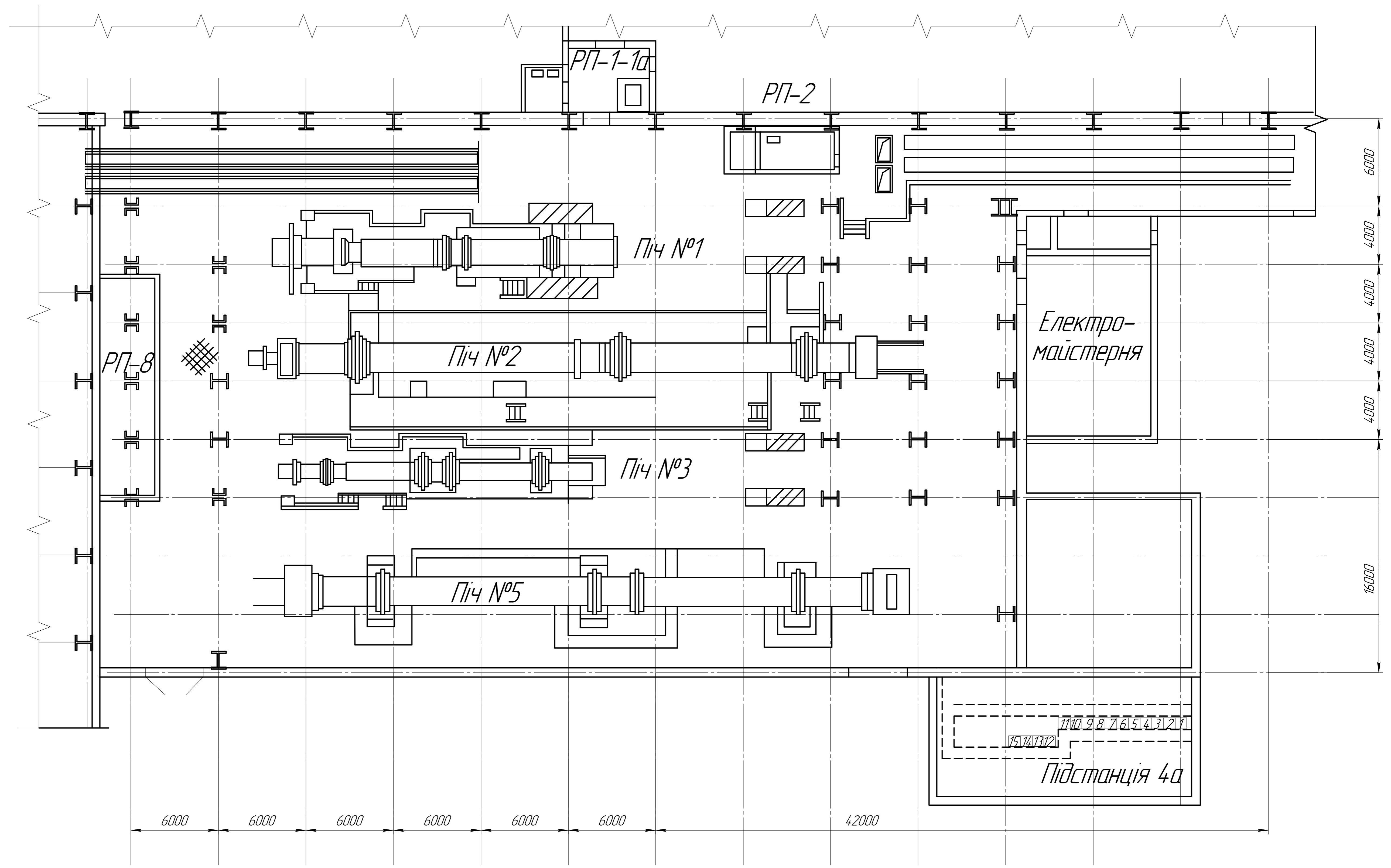


Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
1	ІНН.Д2.58-19.101	Система конвеєрів		
2	ІНН.Д2.58-19.102	Лінійний бункер		
3	ІНН.Д2.58-19.103	Ваги-дозатор		
4	ІНН.Д2.58-19.104	Забантажувальний пристрій		
5	ІНН.Д2.58-19.105	Верхня голівка печі		
6	ІНН.Д2.58-19.106	Піч прожарювання		
7	ІНН.Д2.58-19.107	Нижня голівка печі		
8	ІНН.Д2.58-19.108	Пристрій газопальника		
9	ІНН.Д2.58-19.109	Перебантажувальна тічка		
10	ІНН.Д2.58-19.110	Холодильник		
11	ІНН.Д2.58-19.111	Ваговимірвач		
12	ІНН.Д2.58-19.112	Стрічковий конвеєр		
13	ІНН.Д2.58-19.113	Елеватор		
14	ІНН.Д2.58-19.114	Силоз запасу		
15	ІНН.Д2.58-19.115	Пилоосаджувальна камера		
16	ІНН.Д2.58-19.116	Газохід		
17	ІНН.Д2.58-19.117	Система транспортерів повернення просипу		
18	ІНН.Д2.58-19.118	Шідери		
19	ІНН.Д2.58-19.119	Обвідний борт		
20	ІНН.Д2.58-19.120	Батарея циклонів		
21	ІНН.Д2.58-19.121	Котел утилізатор		
22	ІНН.Д2.58-19.122	Рукавний фільтр		
23	ІНН.Д2.58-19.123	Димосос		
24	ІНН.Д2.58-19.124	Димар		

ІНН.Д2.58-19.100 СХ

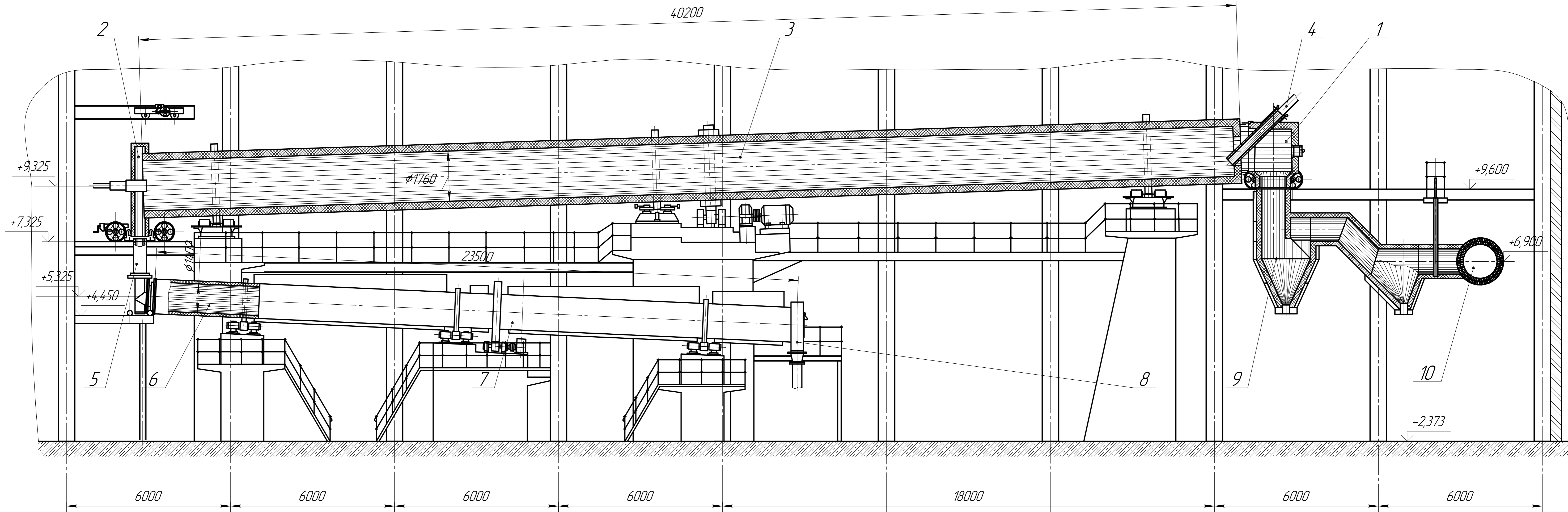
Зм.	Док.	№ докум.	Підп.	Дата.	Лит.	Маса.	Маштаб.
Розроб.	Ламігел ОВ				Д Н		1:50
Керівник.	Троцька ОО						
Консульт.	Троцька ОО						
Начальн.	Рижков ВГ				Лист 1	Листів 10	
Затв.	Кокенев ГБ				МОНУ ІНН ЗНУ		
					каф. ПЕОП, гр. 8.1839		
					Формат	А1	

Періодичне засвідчення
Лист № 1
Лист № 2
Лист № 3
Лист № 4
Лист № 5
Лист № 6
Лист № 7
Лист № 8
Лист № 9
Лист № 10



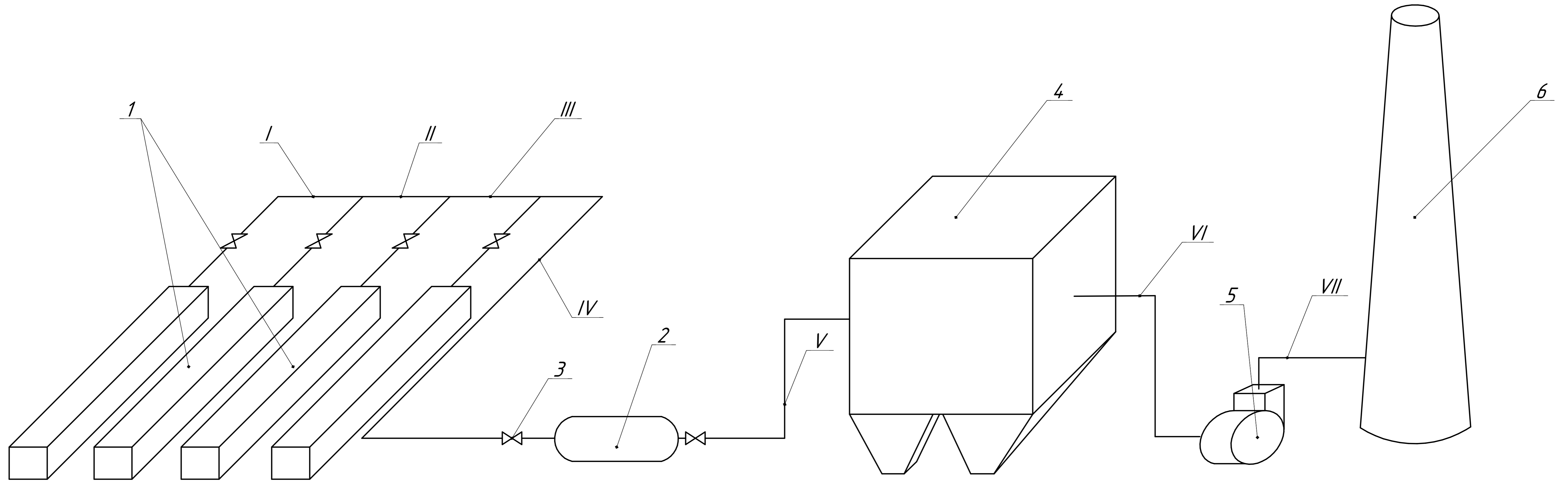
Гербове засвідчення
 Додаток №
 Пiдп. і дата
 № в. пр.

ІНН.Д2.58-19.200 СХ					Лист	Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Проект очищення відхідних газів від печей прожарювання вуглецевої сировини для виробництва електродів		
Розроб.		Домалега О.В.			1:1		
Перев.		Троцька О.О.			Арк. 2 Аркцикл. 10		
Т.контр.		Троцька О.О.			МОНУ ІНН ЗНУ		
Знач.від.					каф. ПЕОП, гр. 8.1839		
Н.контр.		Рижков В.Г.			Формат А1		
Затв.		Кохеняк Г.Б.			Копіював		



Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
1	ІНН.Д.2.58-19.301	Забантажувальна головка печі	2	
2	ІНН.Д.2.58-19.302	Топкова головка печі	1	
3	ІНН.Д.2.58-19.303	Карпус печі	2	
4	ІНН.Д.2.58-19.304	Вузел живлення печі	1	
5	ІНН.Д.2.58-19.305	Перехідник піч-холодильник	1	
6	ІНН.Д.2.58-19.306	Приймальна головка холодильника	1	
7	ІНН.Д.2.58-19.307	Карпус холодильника	1	
8	ІНН.Д.2.58-19.308	Вузел розвантажування холодильника	1	
9	ІНН.Д.2.58-19.309	Пилова камера	1	
10	ІНН.Д.2.58-19.310	Борова відхідних газів від печі	1	

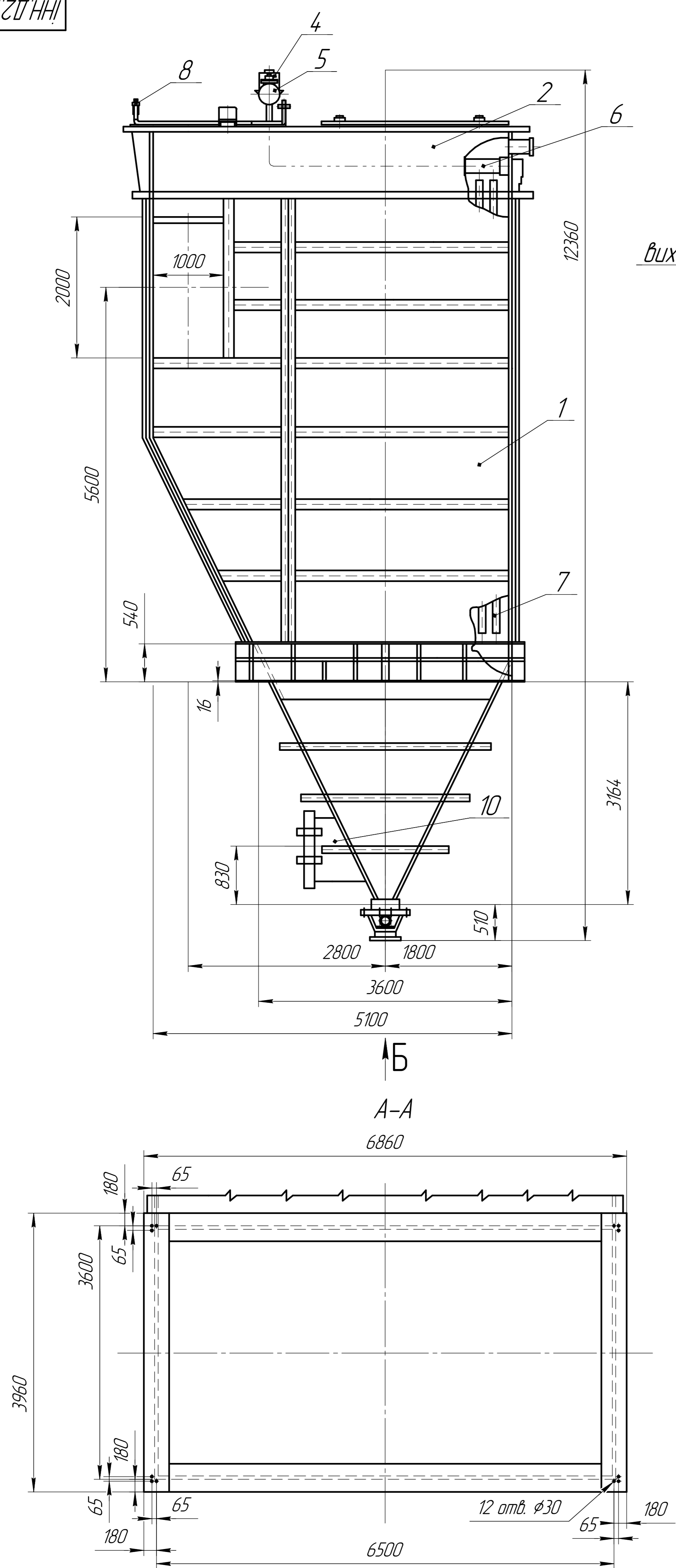
ІНН.Д.2.58-19.300 ЗВ				
Проект очищення відхідних газів від печей прожарювання вуглецевої сировини для виробництва електродів				
Зм.	Арх.	№ докум.	Підп.	Лист
Розроб.	Дамалега ОВ			
Керівник	Троцька ОО			
Консул.	Троцька ОО			
Н.контр.	Рижков В.Г.			
Затв.	Кожеченко Г.В.			
Печі прожарювання				Лист 3
Лит				Маса
Д Н				Маштаб
Лист 3				Листів 10
МОНУ ІНН ЗНУ,				1:25
каф. ПЕОП, гр.8.1839				



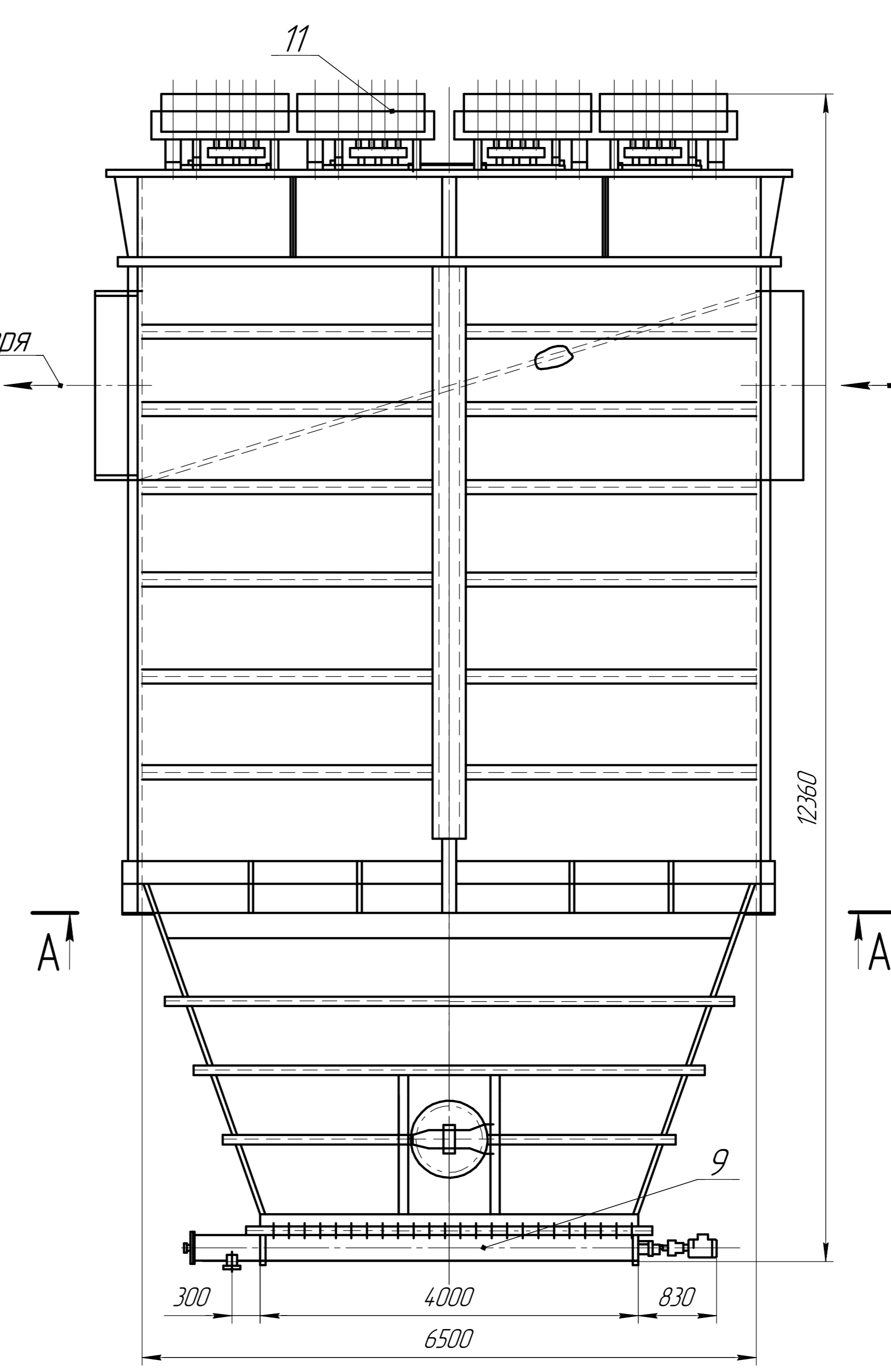
Поз	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
1	ІНН. Д2.58-19.401	Печі прожарювання	4	
2	ІНН. Д2.58-19.402	Котел-утилізатор	1	Г1030Б
3	ІНН. Д2.58-19.403	Засувка	6	
4	ІНН. Д2.58-19.404	Рукавний фільтр	1	ФРІР-1200
5	ІНН. Д2.58-19.405	Димотяг	1	ВДН-21
6	ІНН. Д2.58-19.406	Димова труба	1	

ІНН. Д2.58-19.400 СХ					Лит	Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Проект очищення відхідних газів від печей прожарювання вуглецеват сировини для виробництва електродів		
Розроб.	Домалега О.В.						1:1
Перев.	Троцька О.О.						
Т.контр.	Троцька О.О.				Арк.	4	Архивів 10
Знач.від.					МОНУ, ІНН ЗНУ		
Н.контр.	Рижков В.Г.				каф. ПЕОП, гр.8.1839		
Затв.	Кохеняк Г.Б.				Формат А1		

Гербове засвідчення
Ліцензійний №
Підп. і дата
Зам. №
Підп. і дата
№ ар.

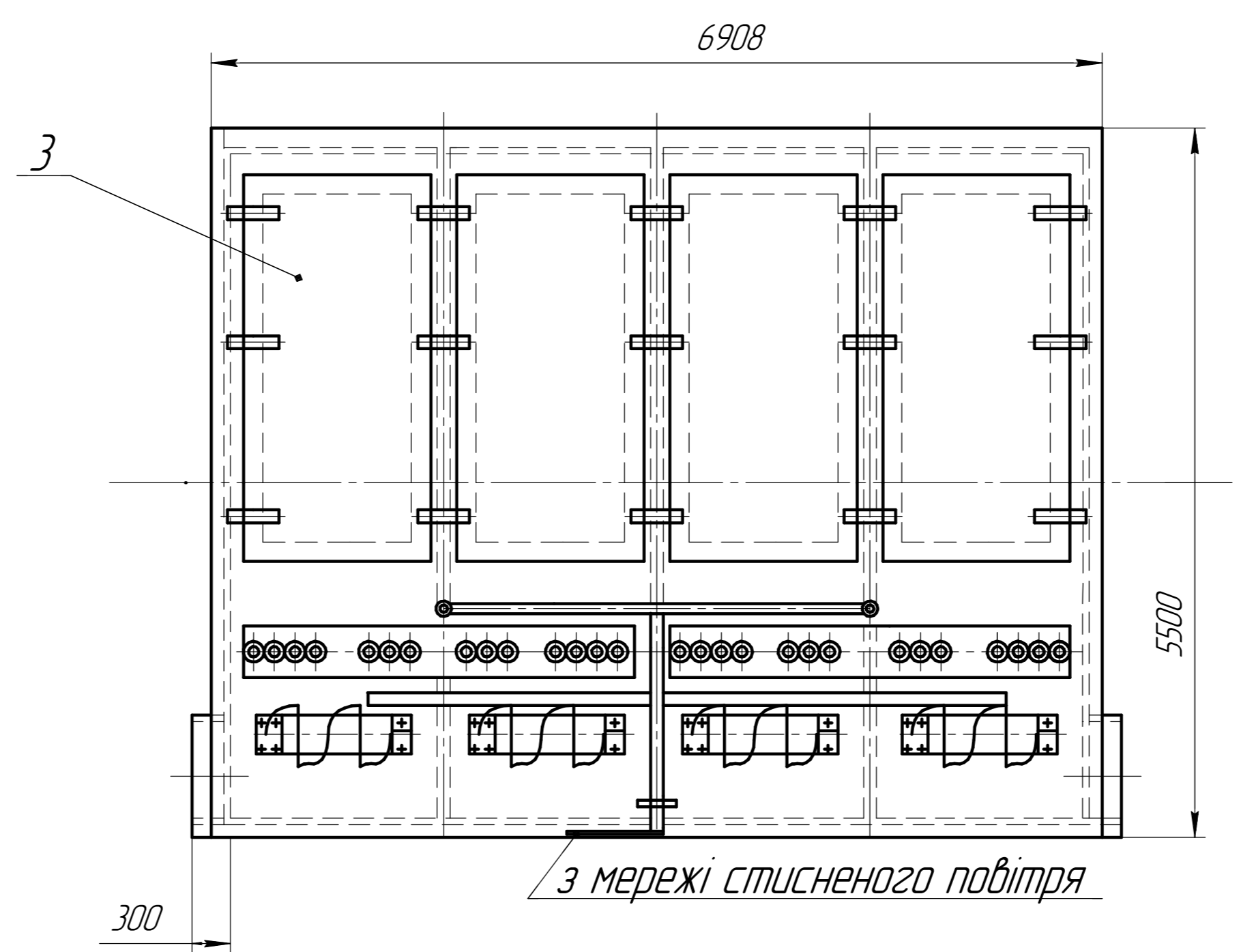


вихід чистого повітря



вхід "брудного газу"

Технічні характеристики:
 Продуктивність по газу, до 110 000 м³/год;
 Площа фільтрації 1200 м²;
 Кількість фільтрувальних елементів 448 шт;
 Довжина фільтрувального елемента 6,3 м;
 Маса фільтра 33,9 м;
 Витрата стиснутого повітря не більше 3,6 м³/хв;
 Тривалість циклу регенерації не більше 4 сек.

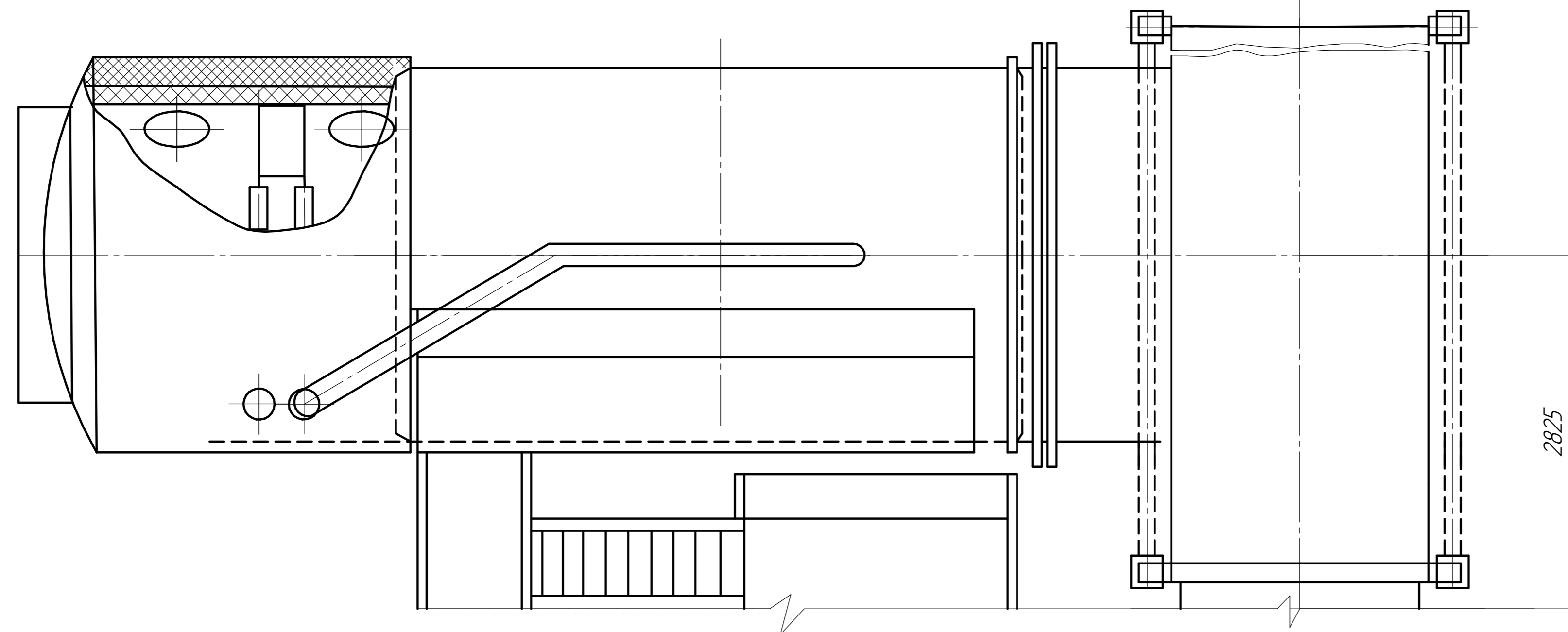
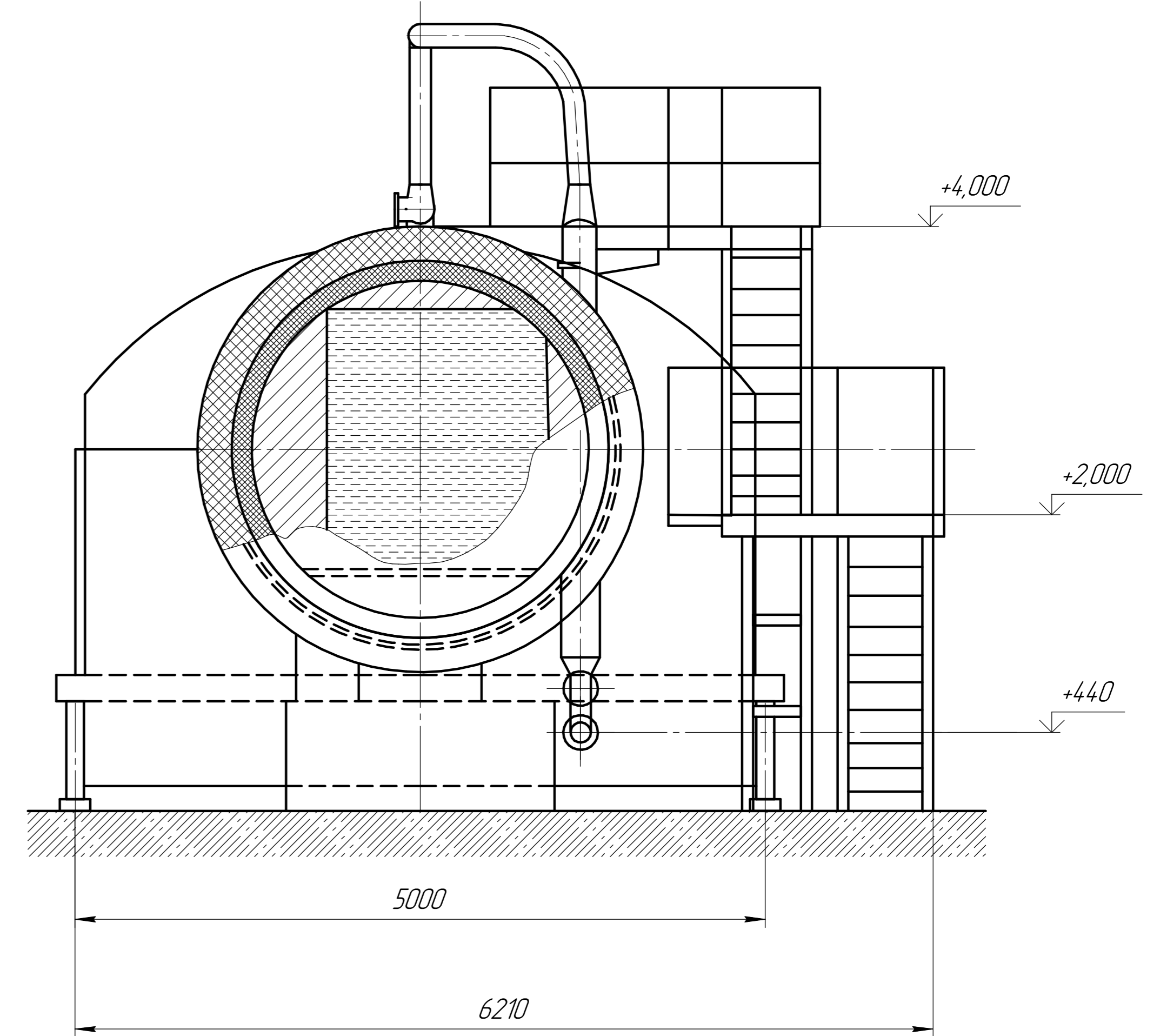
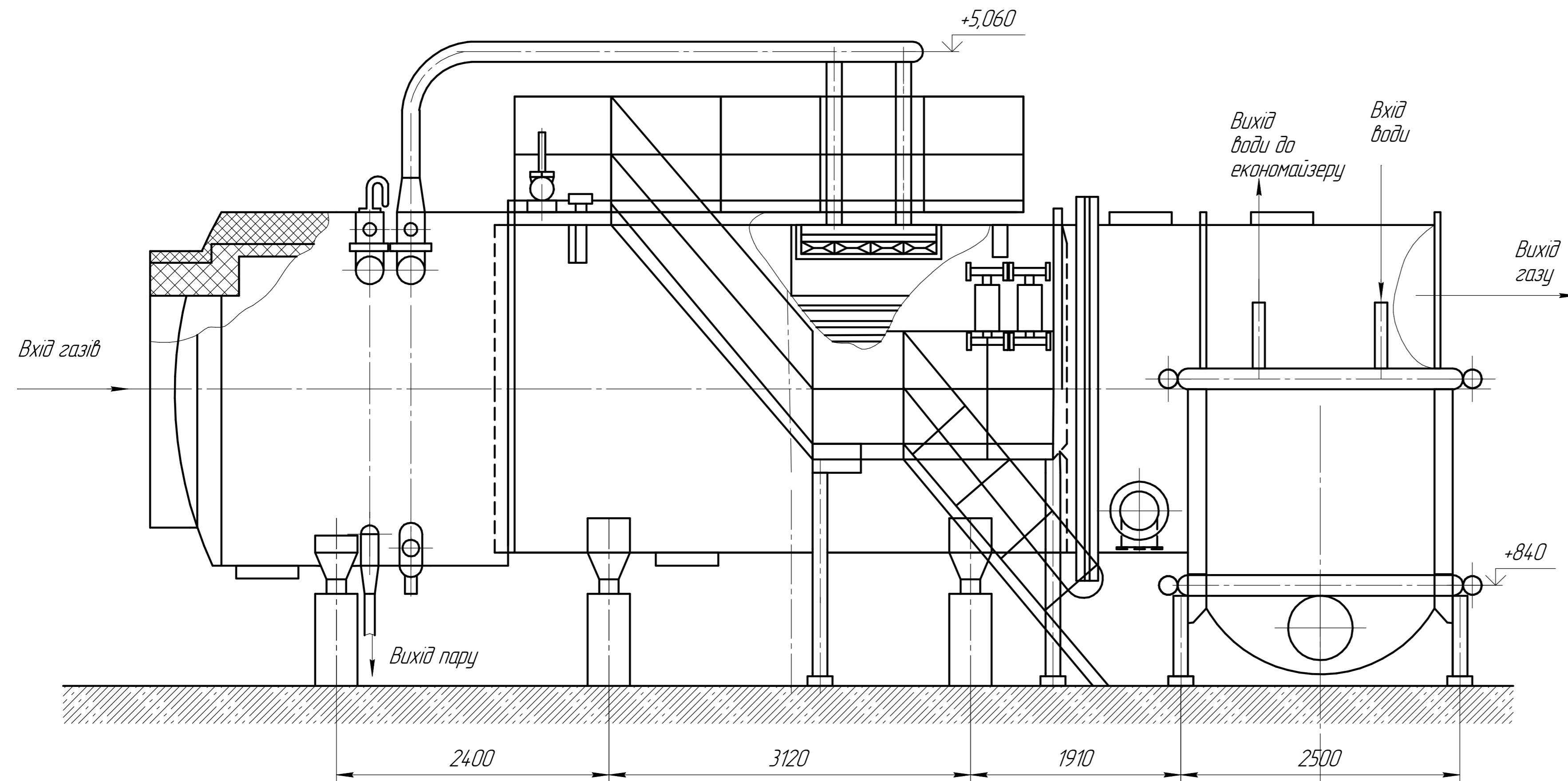


з мережі стисненого повітря

Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
1	ІН.Д2.58-19.601	Корпус фільтра	1	
2	ІН.Д2.58-19.602	Камера "чистого" газу	1	
3	ІН.Д2.58-19.603	Клапан відсичний	2	
4	ІН.Д2.58-19.604	Клапан продувний	2	
5	ІН.Д2.58-19.605	Накопичувач стислого повітря регенерації	2	
6	ІН.Д2.58-19.606	Колектор роздаточний	2	
7	ІН.Д2.58-19.607	Елемент фільтрувальний	448	
8	ІН.Д2.58-19.608	Система редюцювання стислого повітря	1	
9	ІН.Д2.58-19.609	Кришка	16	
10	ІН.Д2.58-19.610	Люк	2	
11	ІН.Д2.58-19.611	Пристрій розвантаження	2	

ІН.Д2.58-19.600 ЗВ					Лит	Маса	Масштаб
Зм.	Арх.	№ док.	Підпис	Дата			
Розроб.	Лямалега О.В.						1:40
Перев.	Троцька О.О.						
Т.контр.	Троцька О.О.						
З.мач.від.							
Н.контр.	Рижков В.Г.						
Затв.	Кожем'як Г.Б.						
Проект очищення відхідних газів від печей прожарювання вуглецеві сировини для виробництва електродів					Лит	Маса	Масштаб
Рукавний фільтр - 1200					Арх.	6	Архив
					МОНУ ІНН ЗНУ		
					каф.ПЕОП, гр.8.1839		
					Формат А1		

Гербове засвідчення
 Довідковий №
 Підп. і дата
 Зам. №, №
 Підп. і дата
 №, № ар.

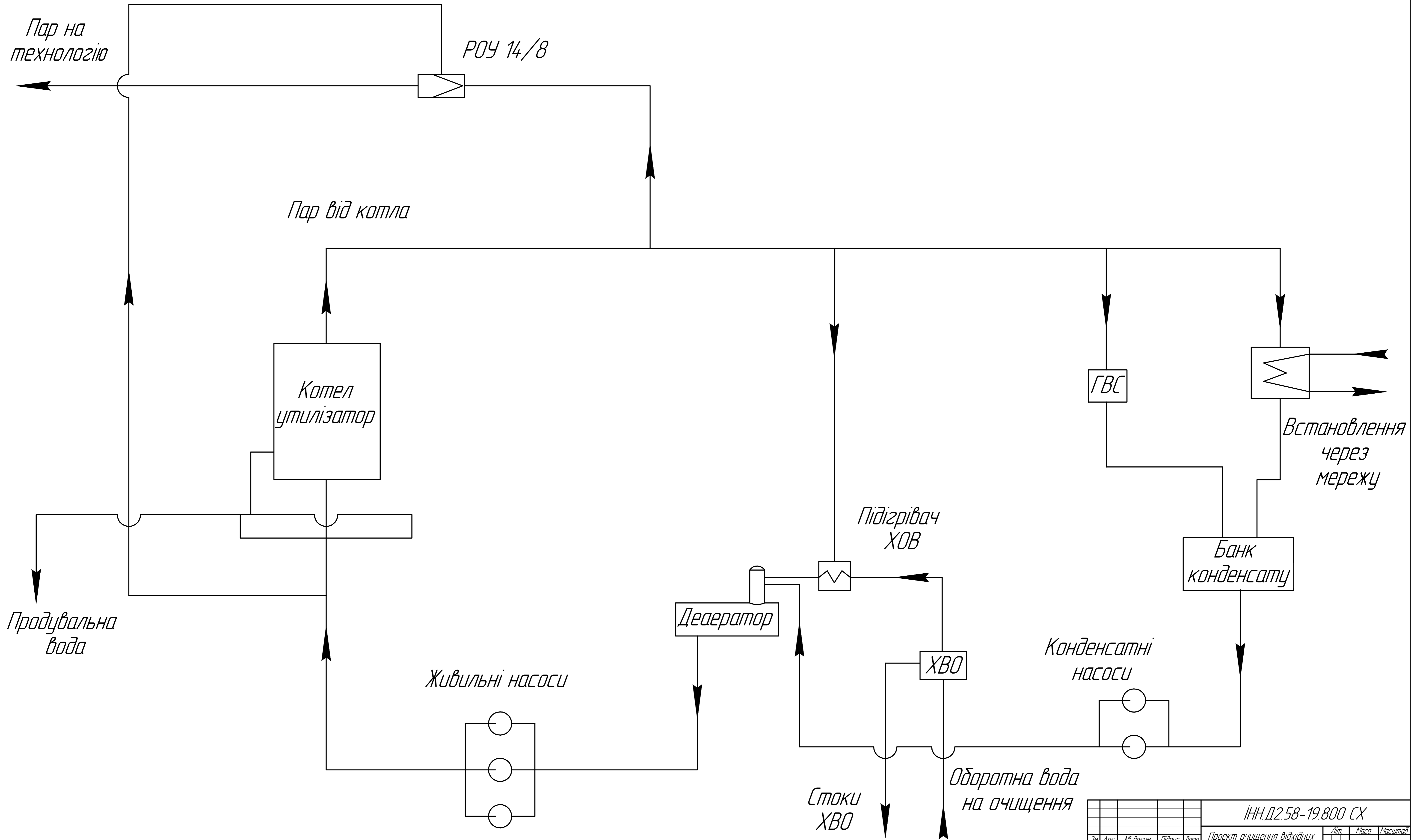


Технічна характеристика

Витрата газів, $\text{м}^3/\text{год}$	55000
Температура, $^{\circ}\text{C}$	
газів на вході	1200
газів на виході	240
перегрітого пару	194
живлячої води	105
Робочий тиск пару, МПа	1,4
Паропроодуктивність, т/год	31

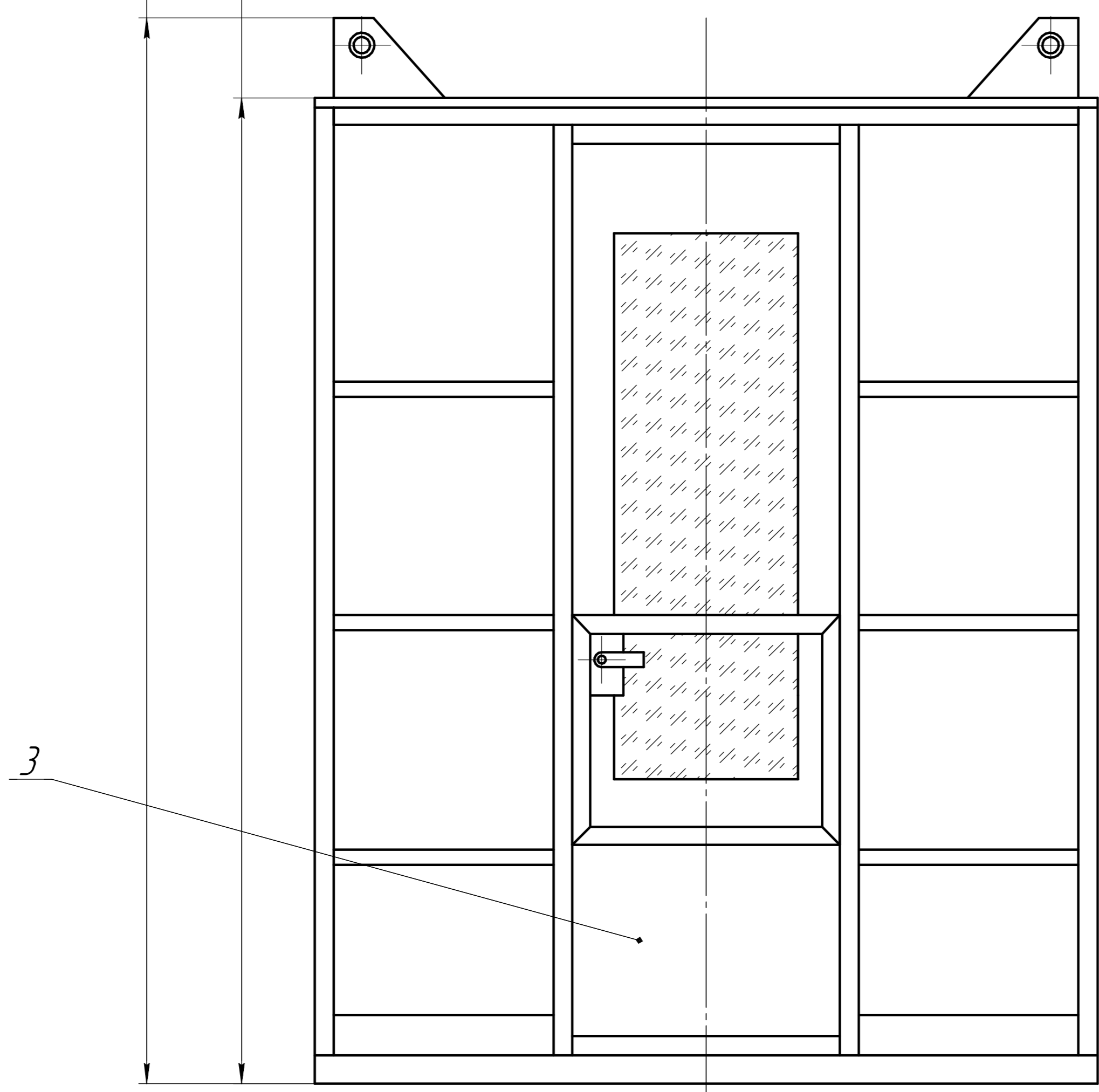
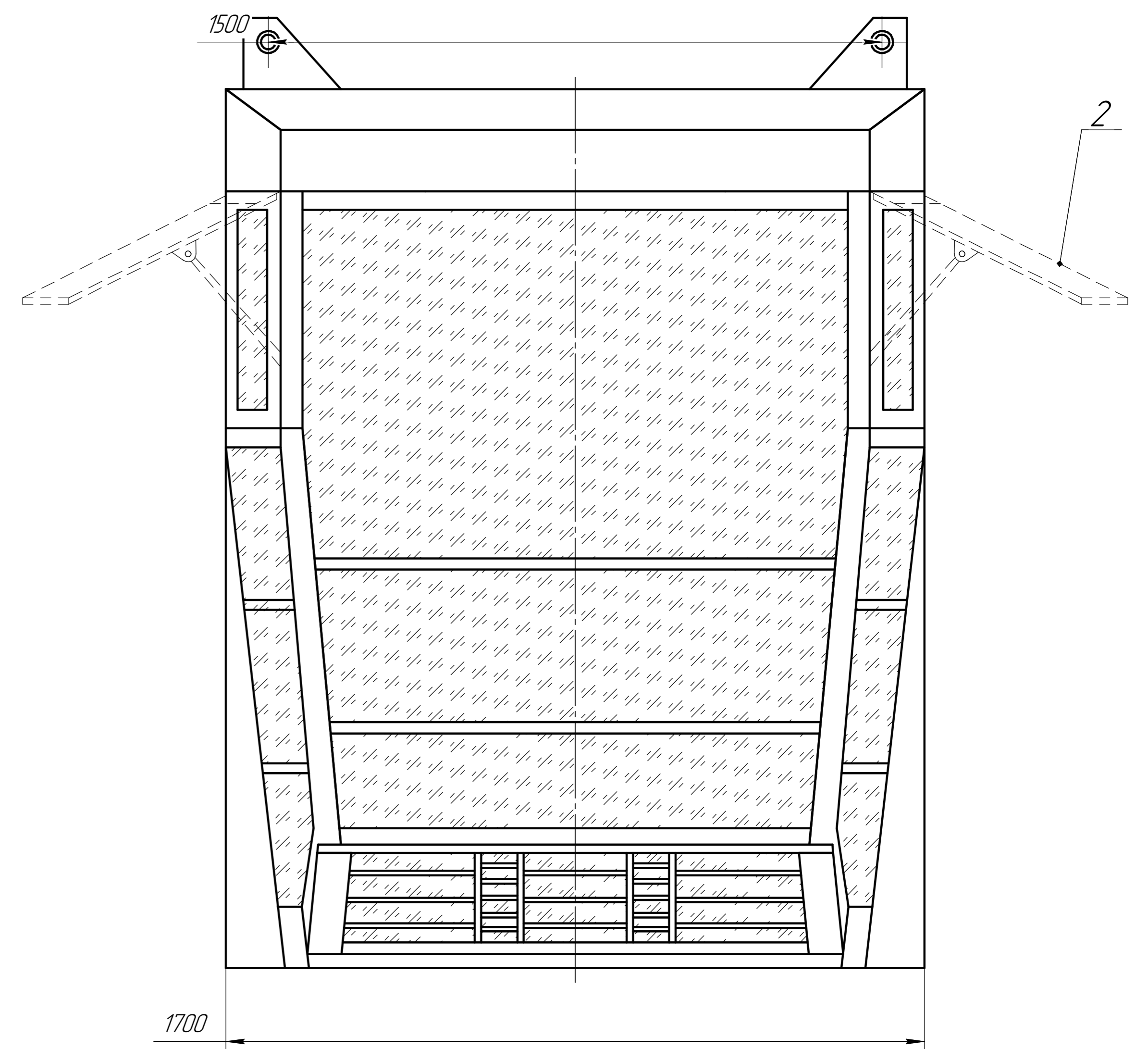
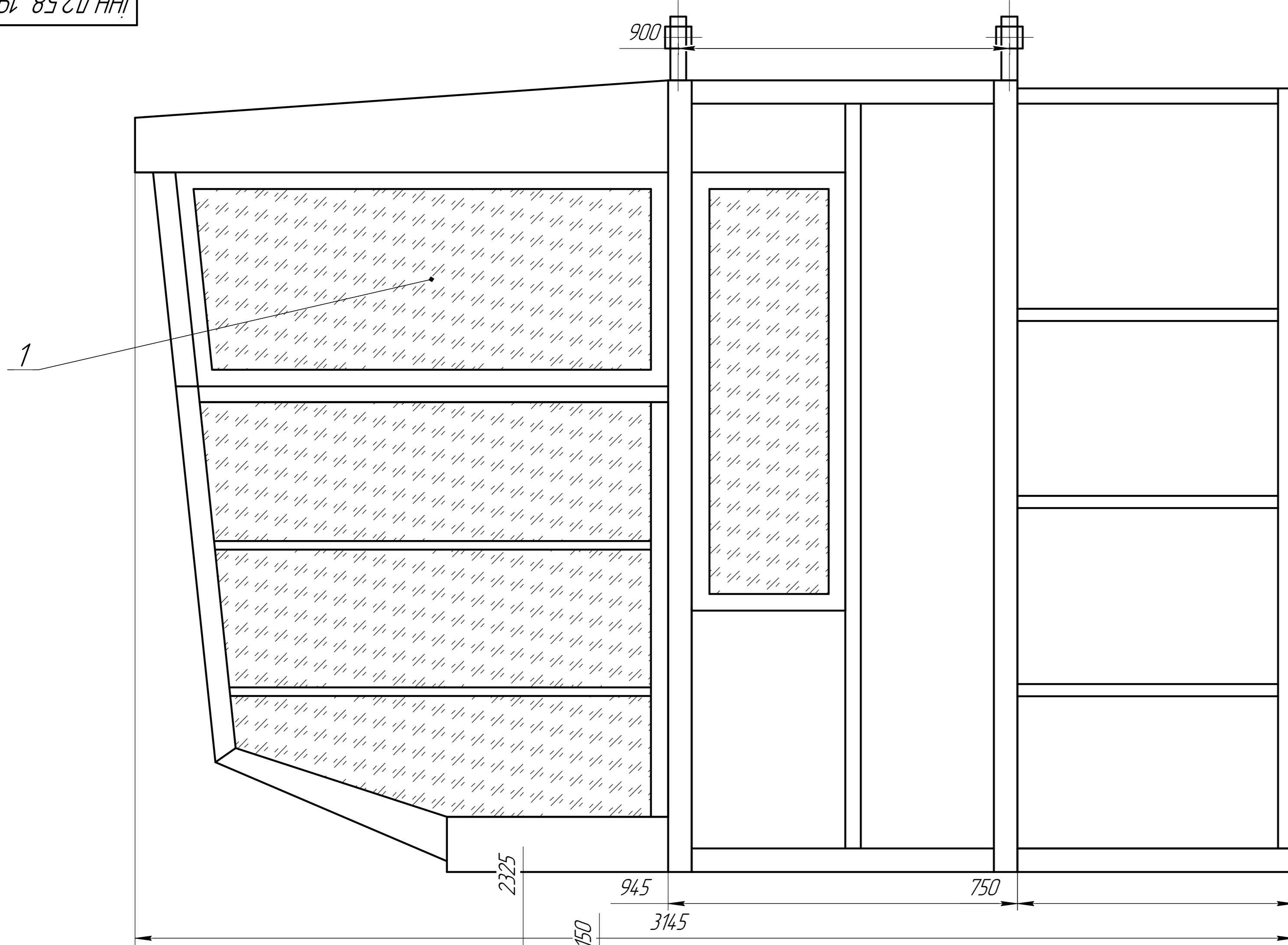
					ІНН.Д2.58-19.700 3В			
Зм.	Док.	№ докум.	Підп.	Дата	Проект очищення відхідних газів від печей прожарювання вуглецевої сировини для виробництва електродів	Лист	Маса	Маштаб
Розроб.	Ломаченко ОВ				Д	Н		1:25
Керівник	Троцька ОО				Лист 7		Листів 10	
Консульт.	Троцька ОО				Котел-утилізатор типу Г1030Б		МОНУ, ІНН ЗНУ каф. ПЕОП, гр.8.1839	
Начальн. Залі	Рижков ВГ. Кокмечен ГБ							

Принципова схема роботи котельні



ІНН.Д2.58-19.800.СХ					Лист	Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Проект очищення відхідних газів від печей прожарювання вуглицевої сировини для виробництва електродів		
Розроб.	Лопалега О.В.						1:1
Перев.	Троцька О.О.				Арк. 8 Архивів 10		
Т.контр.	Троцька О.О.				МОНУ, ІНН ЗНУ		
Знач.від.					каф. ПЕОП, гр.8.1839		
Н.контр.	Рижков В.Г.				Принципова схема котельні		
Затв.	Кохенякін Г.Б.				Формат А1		

Генеральне закладання №
Добіркові №
Підп. і дата
Лист № арк.
Зом. № арк.
Підп. і дата
Лист № арк.



Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
1	ІН.Д2.58-19.901	Скління	1	
2	ІН.Д2.58-19.902	Отвори-фартинки	1	
3	ІН.Д2.58-19.903	Двері	1	

ІН.Д2.58-19.900 ЗВ					Лит	Маса	Масштаб	
Зм.	Арх.	№ док.	Підпис	Дата	Д	Н	1:25	
Розроб.	Ломалега О.В.							
Перев.	Троцька О.О.							
Т.контр.	Троцька О.О.				Авк.	9	Архив	10
Знач.від.					Кадіна керування мастового крана			МОНУ ІНН ЗНУ
Н.контр.	Рижков В.Г.				закритого типу			каф.ПЕОП, гр.8.1839
Затв.	Кохеняк Г.Б.				Копіював			Формат А1

Гербове засвідчення
 Додатковий №
 Підп. і дата
 №, № ар.
 Підп. і дата
 Зам. №, №
 Підп. і дата
 №, № ар.
 Підп. і дата

Основні техніко-економічні показники запроєктованої газоочисної системи

Показники	Од. виміру	Варіант	
		Базовий	Проектний
Річна виробнича потужність газоочищення:	нм ³ /рік	397 x 10 ⁶	397 x 10 ⁶
Кількість вловленого пилу	т/рік	1371,030	1382,952
Капітальні вкладення	тис.грн.	22680,25	48810,00
Річні експлуатаційні витрати	тис.грн./рік	37590,16	32748,76
Кількість виробленої пари (у перерахунку на Гкал) у котлах утилізаторах	Гкал/рік	-	59640
Дохід від вироблення пару у котлах-утилізаторах	грн/рік	-	7455000
Дохід від продажу пилу	грн/рік	575832	829752
Річні експлуатаційні витрати з урахуванням економії	грн/рік	37014323	24464007
Економічна ефективність капітальних вкладень	грн./(грн рік)	-	0,48
Строк окупності капітальних вкладень	рік	-	2,08

ІНН.Д2.58-19.1000 ТБ					Лит	Маса	Масштаб
Зм.	Арх.	№ док.	Підпис	Дата	Проект очищення відхідних газів від печей прожарювання вуглецевої сировини для виробництва електродів	1:1	10
Розроб.	Ломалега О.В.						
Перев.	Троцька О.О.						
Т.контр.	Троцька О.О.						
Знач.від.					Арх.	10	Архив
Н.контр.	Рижков В.Г.				Техніко-економічні показники		
Затв.	Ахемян Г.Б.				МОНУ ІНН ЗНУ каф.ПЕОП, гр.8.1839		