

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ ІНСТИТУТ

ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

Кафедра прикладної екології та охорони праці  
(повна назва кафедри)

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

магістерський  
(рівень вищої освіти)

на тему Проект схеми хімічної очистки технологічних газів агломашин  
з утилізацією вловлених продуктів

Виконав: студент 2 курсу, групи ЗНС-18-1мз  
спеціальності 183 Технології захисту  
навколишнього середовища  
(код і назва спеціальності)

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

спеціалізації \_\_\_\_\_  
(код і назва спеціалізації)

О.О. Сергієнко  
(ініціали та прізвище)

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

Рецензент доц., к.т.н. Цимбал В.А.  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя  
2020

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ ІНСТИТУТ**

Факультет будівництва та цивільної інженерії  
Кафедра прикладної екології та охорони праці  
Рівень вищої освіти магістерський  
Спеціальність 183 Технології захисту навколишнього середовища  
(код та назва)  
Освітня програма 183 Технології захисту навколишнього середовища  
(код та назва)  
Спеціалізація \_\_\_\_\_  
(код та назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 року

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

Сергієнко Олександр Олексійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

- 1 Тема роботи (проекту) Проект схеми хімічної очистки технологічних газів агломашин з утилізацією вловлених продуктів  
керівник роботи доц., к.т.н. Кожемякін Геннадій Борисович,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)  
затверджені наказом ЗНУ від « 10 » вересня 2019 року № 1543-С
- 2 Строк подання студентом роботи 28 грудня 2019р
- 3 Вихідні дані до роботи Витрата газів 90 тис нм<sup>3</sup>/год  
Початковий вміст SO<sub>2</sub> 0,4 г/м<sup>3</sup>. Температура газів 200°C.
- 4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Технологія виробництва агломерату. Джерела утворення технологічних викидів агломераційного виробництва. Обґрунтування способу очистки технологічних газів від газоподібних домішок. Розрахунок споруджень системи хімічної очистки технологічних газів. Охорона праці. Техніко-економічне обґрунтування
- 5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Технологічна схема хімічної очистки технологічних газів. Креслення основних апаратів схеми очистки. Інженерна розробка заходів з охорони праці. Основні техніко-економічні показники

## 6 Консультанти розділів роботи

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

7 Дата видачі завдання 02.09.2019

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент Сергієнко О.О.  
(підпис) (ініціали та прізвище)

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

## Нормоконтроль пройдено

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

## **Анотація**

Сергієнко О.О. Кваліфікаційний проект: «Проект схеми хімічної очистки технологічних газів агломашин з утилізацією вловлених продуктів».

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

Розроблена схема каталітичного методу очищення технологічних газів агломашин від сірчаного ангідриду .

Проведений вибір і розрахунок усіх основних газоочисних апаратів та допоміжного обладнання.

Розроблені заходи по техніці безпеки, промислової санітарії, електробезпеки та протипожежної безпеки. Виконано розрахунок теплоізоляції поста управління і захисних екранів.

Розроблена структура управління та організація робіт на ділянці газоочистки. Виконано розрахунок собівартості очищення 1000 м<sup>3</sup> газів, яка становить 14,08 грн для проектного варіанту. Розраховано ефективність капітальних вкладень і річний економічний ефект при впровадженні проекту.

Ключові слова: ГАЗООЧИСТКА, ПИЛ, АГЛОМАШИНА, АГЛОЦЕХ, АБСОРБЕР, ЕЛЕКТРОФІЛЬТР, КАТАЛІТИЧНИЙ РЕАКТОР.

## Аннотация

Сергиенко А.А. Квалификационный проект: «Проект схемы химической очистки технологических газов агломашины с утилизацией уловленных продуктов».

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

Разработана схема каталитического метода очистки технологических газов агломашины от сернистого ангидрида.

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

Разработаны мероприятия по технике безопасности, промышленной санитарии, электробезопасности и противопожарной безопасности. Выполнен расчет теплоизоляции поста управления и защитных экранов.

Разработана структура управления и организация работ на участке газоочистки. Выполнен расчет себестоимости очистки 1000 м<sup>3</sup> газов, которая составляет 14,08 грн для проектного варианта. Рассчитана эффективность капитальных вложений и годовой экономической эффект при внедрении проекта.

Ключевые слова: ГАЗООЧИСТКА, ПЫЛЬ, АГЛОМАШИНА, АГЛОЦЕХ, АБСОРБЕР, ЭЛЕКТРОФИЛЬТР, КАТАЛИТИЧЕСКИЙ РЕАКТОР.

## **Annotation**

Sergienko A.A. Qualification project: “Draft scheme for the chemical cleaning of technological gases of an sinter machine with the disposal of captured products.”

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

A scheme of the catalytic method for purifying sinter machine gases from sulfur dioxide has been developed.

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

Safety measures, industrial sanitation, electrical safety and fire safety have been developed. Calculation of thermal insulation of the control station and protective screens.

The management structure and organization of work at the gas purification section have been developed. The calculation of the cost of cleaning 1000 m<sup>3</sup> of gases, which is 14.08 UAH for the design option, has been performed. The efficiency of capital investments and the annual economic effect in the implementation of the project are calculated.

**Keywords: GAS CLEANING, DUST, SINTERING MACHINE, SINTER PLANT, ABSORBER, ELECTROSTATIC PRECIPITATOR, CATALYTIC REACTOR.**

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційний проект: 78 с., 4 розд., 12 табл., 9 рис., 37 джерел.

ГАЗООЧИСТКА, ПИЛ, АГЛОМАШИНА, АГЛОЦЕХ, АБСОРБЕР,  
ЕЛЕКТРОФІЛЬТР, КАТАЛІТИЧНИЙ РЕАКТОР

Об'єкт проектування – установка хімічного очищення технологічних газів агломераційного виробництва.

Мета роботи – вибір та розрахунок сучасного газоочисного обладнання для забезпечення кількості газопилових викидів у межах гранично допустимого викиду.

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

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

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

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

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
<b>1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА</b>	
1.1 Технологія процесу агломерації дрібних руд.....	8
1.2 Конвеєрні агломераційні машини.....	11
1.3 Організація агломераційного процесу .....	14
1.4 Характеристика пилогазових викидів агломераційного процесу.....	24
1.5 Відвід та знепилювання технологічних газів агломераційних машин.....	27
1.6 Адсорбційні та каталітичні методи очищення від сірчаного ангідриду технологічних газів агломашин.....	30
<b>2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА .....</b>	<b>39</b>
2.1. Обґрунтування вибору технологічної схеми очищення.....	39
2.2 Розрахунок апаратів очистки агломераційного виробництва.....	39
2.2.1 Розрахунок реактора.....	39
2.2.2 Розрахунок абсорбера.....	41
2.2.3 Розрахунок електрофільтра.....	42
2.2.4 Розрахунок агрегата живлення.....	41
2.2.5 Підбір допоміжного обладнання.....	45
2.2.6 Аеродинамічний розрахунок газовідвідного тракту.....	45
<b>3 ОХОРОНА ПРАЦІ .....</b>	<b>49</b>
3.1 Виявлення та оцінка шкідливих і небезпечних чинників виробничого середовища .....	49
3.2 Заходи щодо захисту від виявлення шкідливих і небезпечних чинників виробничого середовища .....	51
3.3 Технічні рішення по гігієні праці і виробничий санітарії.....	53
3.3.1 Мікроклімат.....	53
3.3.2 Освітлення виробничих приміщень.....	54
3.3.3 Виробничий шум, виробнича вібрація.....	55
3.3.4 Виробничі випромінювання .....	56
3.4 Електробезпека .....	56



3.5 Пожежна безпека .....	57
3.6 Техногенна безпека в агломераційному виробництві.....	59
3.7 Інженерна розробка захисту від небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища в агломераційному цеху .....	61
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....	63
4.1 Організація роботи на ділянці очищення газів .....	63
4.2 Планування виробничої програми .....	64
4.3 Розрахунок штатної чисельності та фонду оплати праці основних робітників .....	65
4.5 Розрахунок капітальних вкладень.....	67
4.6 Розрахунок експлуатаційних витрат.....	69
4.7 Техніко-економічне обґрунтування очищення пректного варіанту.....	71
ВИСНОВКИ.....	74
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	75

## ВСТУП

Забруднення атмосфери шкідливими технологічними викидами стало наслідком бурхливого розвитку промисловості. На нашій планеті щорічно викидається в атмосферу 200 ... 250 млн.т. пилу, до 150 млн.т. діоксиду сірки, 70 млн.т. оксидів азоту, 300 млн.т. оксиду вуглецю і ряд інших шкідливих речовин. У результаті цього в атмосфері великих промислових міст накопичується велика кількість шкідливих хімічних сполук [ 1 ].

Пилові викиди сучасних підприємств чорної металургії дуже значні. Їх частка в загальній кількості викидів промисловості і транспорту становить: по пилу 20 % , по оксиду вуглецю 43 % , по діоксиду сірки 16 % , по оксидах азоту 23 %. У районах розташування великих металургійних підприємств забруднення атмосфери на 50-60 % і більше обумовлено викидами цих підприємств.

Агломераційне виробництво є одним з основних джерел забруднення повітряного басейну підприємствами чорної металургії. Орієнтовна величина щорічних шкідливих викидів становить від загальних викидів підприємства , % :  $SO_2$  - 47 ; CO - 55 ;  $NO_x$  - 21 ; пилу - 17 [ 2 ].

Пилоутворення в агломераційному виробництві починається з моменту надходження сирих матеріалів на завод при їх вивантаженні, перевантаженнях і транспортуванні, підготовці шихти до спікання. При спіканні аглошихти утворюється велика кількість технологічних газів, що містять, крім пилу шкідливі газоподібні компоненти (  $SO_2$  , CO ,  $NO_x$  ).

Поряд з джерелом організованих викидів на аглофабриці мають місце так звані неорганізовані викиди шкідливих речовин в атмосферу.

Все вищевикладене підтверджує актуальність проблеми зниження шкідливих викидів промислових підприємств чорної металургії , у тому числі і викидів агломераційних фабрик.

Велика увага в даний час приділяється питанням охорони. Особливо актуальні вони для чорної металургії, інтенсивний розвиток якої має незмінно супроводжуватися поліпшенням умов праці. В результаті будівництва нових і реконструкції діючих цехів та підприємств, їх технічного переоснащення,

здійснення широкого комплексу заходів з техніки безпеки і виробничої санітарії відбулися докорінні зміни в умовах праці металургів, досягнутий величезний соціальний ефект.

Поряд з величезними соціальними досягненнями постійне вдосконалення охорони праці в чорній металургії дає великий економічний ефект.

Технічний прогрес у чорній металургії характеризується спорудженням нових агрегатів та устаткування великої потужності, постійним зростанням інтенсивності технологічних процесів, що ускладнює вирішення проблем безпеки праці.

Загальні методи інженерної охорони праці, будучи складовою частиною організації виробництва, виявляють небезпечні та шкідливі виробничі фактори, їх наслідки, розробляють основи розрахунку і застосування технічних засобів безпеки та виробничої санітарії, форми безпечної організації виробничих і трудових процесів та експлуатації технологічного обладнання. Спеціальні методи інженерної охорони праці досліджують відповідність металургійних процесів і обладнання вимогам безпеки , встановлюють граничні умови допустимих відхилень і змін їх параметрів за умовами безпеки [ 2 ].

# 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

## 1.1 Технологія процесу агломерації дрібних руд

Залізними рудами називаються гірські породи, переробка яких економічно вигідна при сучасному рівні розвитку техніки. Сировиною для чорної металургії в даний час є головним чином оксиди заліза і карбонат заліза - сидерит. Доцільність використання залізовмісної гірської породи в якості залізної руди визначається вмістом у ній рудного матеріалу, корисних і шкідливих домішок, складом порожньої породи, глибиною залягання рудного тіла, запасами руди, віддаленістю родовища від шосейних, залізниць, населених пунктів, районів споживання і багатьма іншими природними, технічними та економічними чинниками [4].

Сумарна світова видобуток залізних руд наближається до 900 млн.т./рік, що становить близько 200 кг руди в розрахунку на душу населення земної кулі.

Значна частина видобутої руди піддається перед використанням попереднього збагачення. Тільки 12 % запасів залізних руд може бути використане без збагачення. Близько 55% запасів руд є легкозбагачуваною і 33% - важкозбагачуваною. Методами мийки, сухої і мокрої магнітної сепарації, флотації вдається отримати з бідних руд, що містять 25-35 % Fe, багатий концентрат, що містить 60-65 % Fe. Збагачення передуює дроблення і подрібнення руди, що дозволяє механічно зруйнувати зростки рудного мінералу з порожньою породою. Кінцевий продукт збагачення - концентрат виявляється тому надзвичайно тонким матеріалом: величина його частинок зазвичай не перевищує 0,1 мм [3].

Винахід агломераційного процесу пов'язують з іменем Ф. Геберлейна, Т.Хантингтона (1887) і Д.Завельберга (1905), які розробили спосіб окускування дрібних руд у суміші з коксової дрібницею, здійснюваний шляхом просмоктування повітря знизу вгору через шар, що спікається, покладений поверх шару розпеченого коксу [5].

Мета агломерації полягає поліпшення металургійних властивостей сировини внаслідок його окускування, введення флюсу та інших корисних добавок, а в ряді випадків і видалення шкідливих домішок[6].

Початку виробничого процесу передуює дозування дрібних компонентів, що входять до складу рудної частини шихти, а також коксика, вапна або вапняку. Співвідношення між складовими в шихті можуть бути визначені розрахунком. Ефективність агломераційного процесу значно знижується при спіканні надмірно дрібних концентратів, якщо вони не піддані попередньою окомкуванню. Отриману шихту ретельно перемішують і звожують до рівня, відповідного найкращою її газопроникності. В момент завантаження на агломашину шихта складається переважно з грудок злиплих рудних частинок, часток коксика і вапняку (витрата коксика в різних умовах коливається від 3 до 15 % по масі). Шихту поміщають на колошникову решітку, на якій попередньо покладений шар постілі (готовий агломерат крупністю 8-15 мм або великі шматки шихти без добавки палива). Постіль оберігає колосникові ґрати від впливу високих температур, запобігає прокидання шихти через зазори колосникових ґрат і полегшує схід готового пирога агломерату з решітки після закінчення процесу [6].

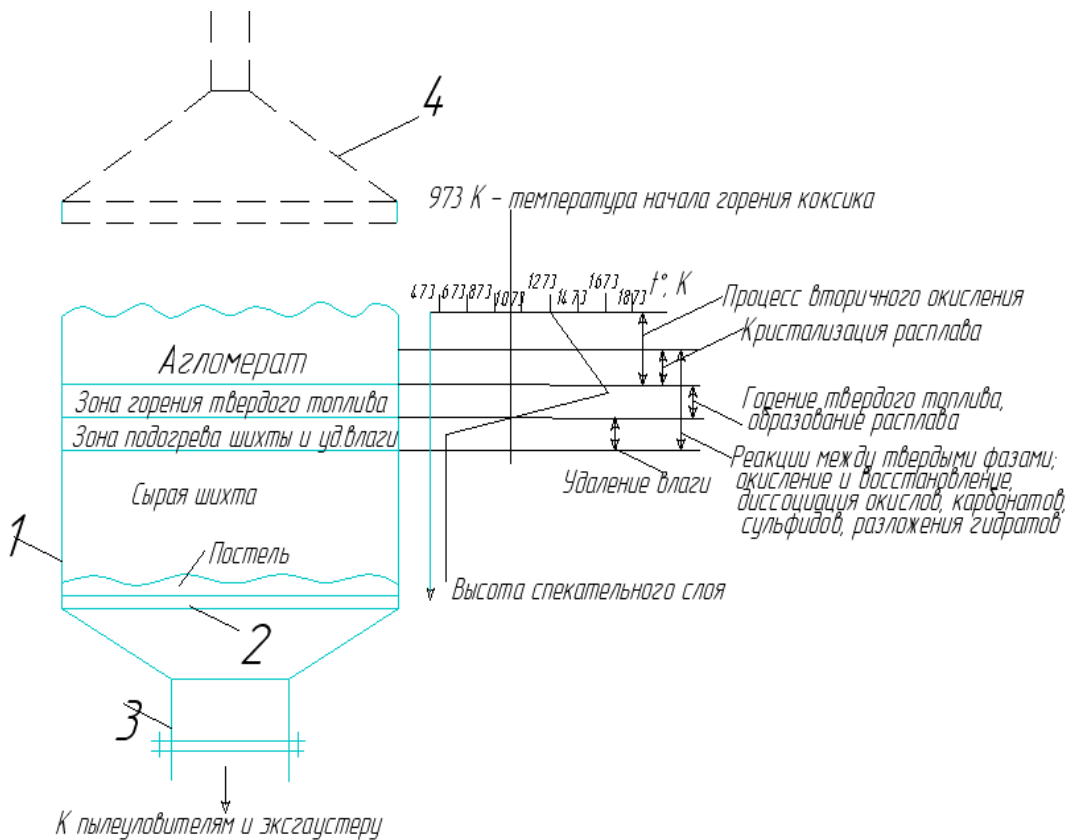
На рис. 1.1 показана схема стаціонарної установки для агломерації руд. Чаша 1 забезпечена колосникових ґратами 2 і своїм нижнім фланцем з'єднана з газопроводом 3, який через систему пиловловлювачів веде до вентилятора - ексгаустеру. Ексгаустер створює під колосникових ґратами необхідний для нормального перебігу процесу вакуум, величина якого зазвичай не перевищує 1100 мм вод.ст. Шихту завантажують зверху на шар постілі. Висота шару шихти коливається в залежності від її газопроникності в межах від 200 до 400 мм.

Через газовий пальник 4 гарячі (1200-1300 °С) продукти горіння газу віддають тепло дуже тонкому верхньому шарі шихти, видаляючи з нього вологу і створюючи умови для початку процесу горіння палива шихти. Потім пальник відводять, тому надалі процес не потребує підводі тепла ззовні.

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

зверху. По мірі вигорання вуглецю зона горіння палива поступово переміщується вниз, проходячи всю висоту шару ліжку за 12-15 хв.

В будь-який довільно вибраний момент вище зони горіння знаходиться готовий агломерат, через який просмоктується повітря. Охолоджуючи агломерат, повітря підігрівається і його теплота використовується потім у зоні горіння твердого палива. У свою чергу відходять продукти горіння також віддають своє тепло дуже невеликому по висоті шару холодної сирої шихти, швидко нагріваючи її. Температура відхідних від чаші газів, що відсмоктуються екстаустером, протягом тривалого часу становить  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  і лише в останні хвилини процесу підвищується до  $200\text{--}300\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Тим часом температура в зоні горіння палива нерідко досягає  $1500\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Із сказаного видно, що агломераційний процес є високоекономічний, оскільки забезпечується майже повне використання тепла відхідних газів і значної частини тепла готового продукту в корисних цілях. Саме ця обставина і є однією з причин широкого розповсюдження агломераційного процесу в промисловості [4].



1 - чаша; 2 - колосникова решітка; 3 - газівідвід; 4 - газовий пальник.

Рисунок 1.1 - Схематичний розріз чашової агломераційної установки

Сира шихта швидко підігрівається в прилеглих знизу до зони горіння областях. При цьому вона втрачає спочатку гігроскопічність, а потім гідратну вологу. Водяні пари можуть знову конденсуватися, стикаючись з холодною шихтою. Створюється зона, в якій вологість шихти перевищує вихідну оптимальну вологість - зона перезволоження шихти.

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

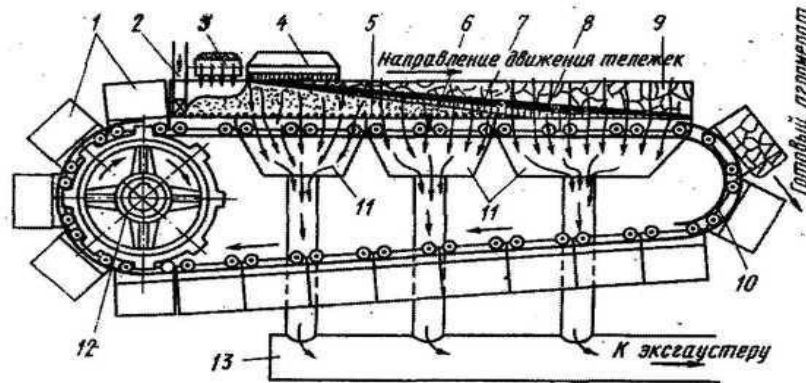
Хоча в цілому агломераційний процес проводиться з надлишком повітря для мікрооб'ємів, що містять гарячі частинки палива, характерна відновна атмосфера. У найбільш простому випадку спікання гематитових руд з порожньою кварцовою породою гематит дисоціює в зоні високих температур і відновлюється газоподібними продуктами горіння палива до магнетиту і вюстіту. Продукт цієї взаємодії - фаяміт - плавиться при 1205 °С, тобто при температурі набагато нижчою, ніж та, яка зазвичай панує в зоні горіння. Утворюється розплав інтенсивно розчиняє в собі оксиди заліза, при нормальному і підвищеному витраті палива на процес значна частина всієї маси шихти проходить через рідкий стан. Після вигорання вуглецю зона високих температур переміщається в низ, розплав швидко охолоджується повітрям. Готовий агломерат являє собою продукт кристалізації розплавів [3].

Доменним цехам поставляється так званий придатний агломерат крупністю - 15 мм. Агломерат крупністю 8-15 мм використовується в якості постілі на машині. Дрібний агломерат (8 мм) разом з залишками не спеченої шихти додають до агломераційній шихті (повернення). Крім повного використання відходів виробництва, вдається добавкою повернення поліпшити газопроникність шихти.

## **1.2 Конвеєрні агломераційні машини**

Перша стрічкова агломераційна машина, конструкція якої була запропонована в 1906 р. американцями А. Дуайтом і Р. Ллойдом, увійшла до експлуатації в 1911 р. в р. Бедсборо (США, шт. Пенсільванія). Машини цього типу набули широкого

поширення в багатьох країнах. В даний час в світі працює більше 1000 аглолент сумарною продуктивністю до 430 млн. т агломерату в рік. Хід процесу спікання на таких машинах показаний на рисунку 1.2.



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

Рисунок 1.2 - Схема, що ілюструє хід процесу спікання на агломераційній машині стрічкового типу

Стрічкова агломераційна машина є замкнутим ланцюгом рухомих спікальних візків-палеток, що переміщуються по рейках верхньої горизонтальної робочої гілки машини під дією зірочок 12 приводу, а по рейках нижньої похилої (2—3°) холостої гілки машини в перевернутому положенні під дією горизонтальної складової власної ваги. Захват палетки з холостої гілки і транспортування її на верхню робочу гілку машини також здійснюються за допомогою зірочок приводу. На сталевій рамі кожної палетки вмонтовується три ряди колосників. Таким чином, палетка є рухомими колосниковими ґратами. Під час руху по робочій гілці палетки проходять над вакуум-камерами 11, сполученими через збірний газопровід 13 з ексгаустером. Спеціальне ущільнення перешкоджає просмокуванню повітря у вакуум-камери через стик з рухомими палетками. Спікальні візки рухаються по робочій гілці машини один за одним без розривів або зазорів. Просмокування повітря між візками у вакуум-камери виключається.



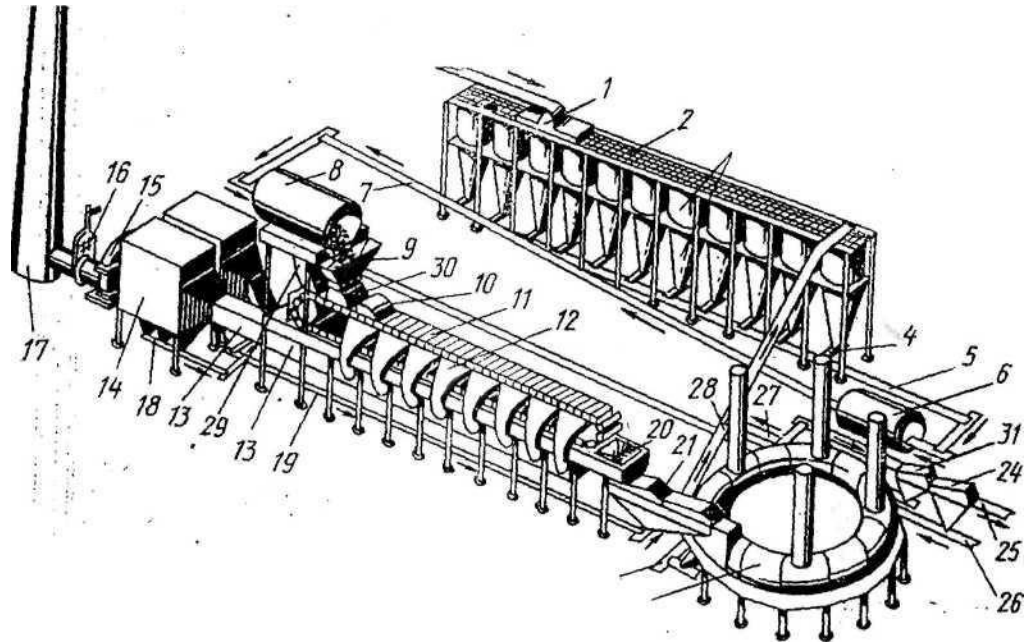
Таким чином, головна маса повітря повинна при русі палетки над вакуум-камерами проходити через шар шихти, укладений на робочій гілці машини. Укладання постілі і шихти на палетки, які рухаються, здійснюється спеціальними живильниками 2, 3. Запалення шихти здійснюється за допомогою стаціонарного газового горна 4. Час перебування палетки під горном складає близько 1 хвилини. Теплота запалення з розрахунку на  $1 \text{ м}^2$  поверхні шару, який спікається, рівна  $42\text{—}50,5 \text{ МДж/хв}$ . З моменту початку запалення шихти палетка знаходиться над вакуум-камерами, в яких підтримується розрідження до  $16 \text{ кПа}$ . Під запальним горном зона горіння твердого палива знаходиться в крайньому верхньому положенні. У міру руху палеток зона горіння опускається вниз у напрямку до колосникових ґрат, проходячи весь шар, що спікається, за  $10\text{—}12 \text{ хв}$  (залежно від висоти шару і вертикальної швидкості спікання). В той момент, коли зона горіння досягає шару постілі, палетка входить в закруглення розвантажувальної частини стрічки, що утворюється ходовим рейкам, і контррейкам, перевертається і пиріг готового агломерату скидається з палетки. Скидання супроводиться легким ударом, що дозволяє очистити колосникові ґрати від шматочків агломерату, що заклинилися в них, а також скинути глиби агломерату, що приварилися до металу колосників. З цією метою безпосередньо за вакуум-камерами створюється розрив безперервного ланцюга візків, що дозволяє здійснити удар чергової палетки, що розвантажувється, об групу порожніх перевернутих візків. Існує, проте, і інша конструкція розвантажувальної (хвостової) частини машини. У Германії і США у ряді випадків стараються, навпаки, оберегти палетки від ударів, підвищуючи тим самим тривалість їх служби. Для цього поворот палеток здійснюється в розвантажувальній частині машини за допомогою гальмівних зірочок. В цьому випадку для забезпечення нормального сходу пирога агломерату з палетки необхідні спеціальні заходи — щільний шар постілі, автоматичні прилади для визначення міри закінченості процесу спікання.

### 1.3 Організація агломераційного процесу

Сучасна агломераційна фабрика є складним комплексом споруд, механізмів і машин, що забезпечують підготовку руд і концентратів до спікання, власне агломерацію і обробку готового спеку. Розглянемо схему побудови агломераційної фабрики (рис. 1.3) декілька детальніше. Бункери 3 для компонентів шихти заповнюються зверху через грати 2 реверсивним стрічковим конвеєром 1. Бункер повернення заповнюється конвеєром 28. Дозування компонентів шихти на збірний конвеєр шихти 5 ведеться за допомогою вагових стрічкових дозаторів 4. Дозатор є коротким стрічковим конвеєром, встановленим під горловиною бункера. Швидкість руху конвеєра визначає масу видаваного на збірний конвеєр компонента шихти. Ця швидкість може регулюватися з центрального пульта управління шихтовим відділенням, оскільки маса рами і конвеєра кожного дозатора і маса лежачою на конвеєрі руди фіксується спеціальною ваговимірювальною системою, змонтованою на месдозах, що забезпечують точність зважування руди до  $\pm 2\%$ . Змішування злегка зволоженої шихти здійснюється в барабанному змішувачі, що обертається, 6, потім шихта по конвеєру 7 прямує до барабану-окомковувачу 8. Змішана і окомкована шихта з бункера 9 укладається живильником 30 на агломераційну стрічку 11. Заздалегідь живильником 29 на колосникові грати укладається постіль, подане до стрічки конвеєром 26. Палети з шихтою проходять над вакуум-камерами 12. Над головною частиною стрічки встановлений запальний горн 10. Гази, що відходять, по збірному газопроводу 13 підводяться до пиловловлювачів 14.

Для очищення газів, що відходять, від пилу в більшості випадків використовуються батарея мультициклонів, а інколи і електроочищення. Запилену газів ( $10\text{—}12\text{ г/м}^3$ ), що відходять, удається понизити до  $0,15\text{ г/м}^3$ . Це вирішує проблему захисту довкілля від викидів пилу і різко підвищує стійкість лопаток ротора ексгаустера 15. Між ексгаустером і димарем 17 встановлюють зазвичай головний шибер 16, за допомогою якого може бути відрегульований режим роботи ексгаустера. Регулювання вакууму на кожній

вакуум-камері може бути проведене за допомогою спеціальних дросельних клапанів.



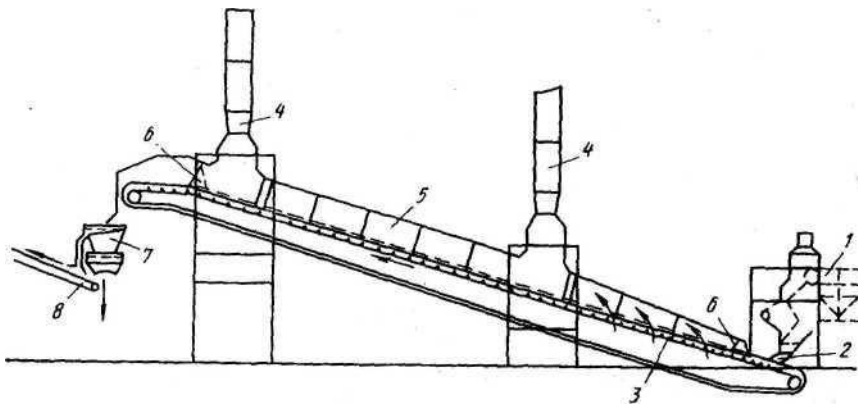
- 1 – реверсивний стрічковий конвеєр; 2 – ґрати; 3, 9 – бункери;  
 4 – вагові стрічкові дозатори; 5 – збірний конвеєр шихти;  
 6 – барабанний змішувач; 7, 18, 19, 23, 25, 26, 27, 28 – конвеєр;  
 8 – барабан-окомкователь; 10 – горн; 11 – агломераційна стрічка;  
 12 – вакуум-камери; 13 – збірний газопровід; 14 – пиловловлювачі; 15 – ексгаустер;  
 16 – головний шибер; 17 – димова труба; 20 – валкова дробарка;  
 21, 24, 31 – гуркіт; 22 – охолоджувач; 29, 30 – живильник;

Рисунок 1.3 - Спрощена схема агломераційної фабрики

Готовий піріг агломерату падає з палетки у валкову дробарку 20, після чого на гуркітах 21 від роздробленого продукту відділяють гаряче повернення. Придатний агломерат охолоджується в охолоджувачі 22 і далі конвеєром 23 прямує на гуркоти 24 холодні агломерати. Після відділення постілі на гуркоті 24 придатний агломерат конвеєром 25 транспортується в доменний цех, а повернення конвеєрами 27 і 28 — в бункер повернення. До гарячого повернення з

гуркоту 21 і холодному поверненню з гуркоту 31 додають пил і шлами газоочистки, а також просип (конвеєри 18, 19).

Охолодження агломерату здійснюється в охолоджувачах різних конструкцій. У лінійних охолоджувачах (рис 1.4) агломерат крупністю 5— 200 мм укладається на секційний пластинчастий конвеєр. Холодне повітря просмоктується через агломерат від низу до верху за допомогою осьових вентиляторів 4.



1 — гуркіт гарячого агломерату; 2 — живильник; 3 — пластинчастий конвеєр охолоджувача; 4 — осьові вентилятори і вихлопні труби; 5 — кожух; 6 — торцеві ущільнення; 7 — гуркіт холодного агломерату; 8 — конвеєр холодного придатного агломерату

Рисунок 1.4 - Схеми пристрою лінійного охолоджувача агломерату

У круглих секційних охолоджувачах агломерат завантажується зверху в спеціальні камери — секції, змонтовані на рамі, що обертається. Через бічні жалюзійні ґрати продувається повітря. Кожна секція охолоджувача забезпечена знизу люком, який відкривається автоматично три вивантаженню холодного агломерату з секції.

Час перебування агломерату на охолоджувачі зазвичай складає 40—60 хв при витраті повітря на 1 т агломерату 5000— 6000 м<sup>3</sup>. При цьому агломерат охолоджується до 100°С, що дозволяє потім транспортувати його в доменний цех гумовими конвеєрами [3].

Розглянемо організацію процесу агломерації на прикладі ПАТ «Запоріжсталь».

ПАТ «Запоріжсталь» є підприємством з повним металургійним циклом. Першим в цьому циклі є агломераційний цех, що виробляє агломерат - вихідний компонент шихти доменних печей.

Агломераційна фабрика комбінату була пущена в 1951 році у складі чотирьох агломашин площею спікання  $50 \text{ м}^2$  кожна. У 1953 році додатково було добудовано дві агломашини площею спікання  $50 \text{ м}^2$  кожна. В процесі експлуатації споруди і обладнання аглофабрики були модернізовані.

В даний час аглофабрика комбінату складається з :

- рудного двору, що має в своєму складі для руди і концентрату 16 бункерів об'ємом по  $45 \text{ м}^3$  кожна; для коксової дрібниці і штибу - 12 бункерів об'ємом по  $45 \text{ м}^3$  кожна; для колошникового пилу - 12 бункерів об'ємом по  $45 \text{ м}^3$  кожен;
- вапняно-дробильного відділення, що має у своєму складі три молоткові дробарки продуктивністю 150-200 т/год для дроблення вапняку і 12 грохотів, які повністю забезпечують потребу аглофабрики у вапняку з вмістом фракції 3-10 мм;
- коксодробильного відділення, що має в своєму складі 64 хвалкових дробарок, що забезпечують крупність палива 3-10мм;
- шихтового відділення - в технологічному потоці якого працює конвеєрна машина КМ -14 для випалу вапняку площею випалу  $14 \text{ м}^2$ . В резерві знаходяться 2 вапняно-випалювальні печі ОПР - 1,2, площею випалювання по  $10 \text{ м}^2$  кожна;
- спікальне відділення, що складається з шести реконструйованих агломашин типу К-2-50, площею спікання  $62,6 \text{ м}^2$  кожна.

Сирі матеріали - агломераційні і марганцеві руди, концентрат та ін. доставляють з рудного двору трансферкарами і вивантажують в приймальні бункера рудного відділення. Рудне відділення аглофабрики складається з 16 бункерів корисним об'ємом  $45 \text{ м}^3$  кожен, розміщених у два ряди і обладнаних живильниками. Руда надходить на два збірних конвеєра шириною 800 мм і передається по рудному тракту в шихтовое відділення.

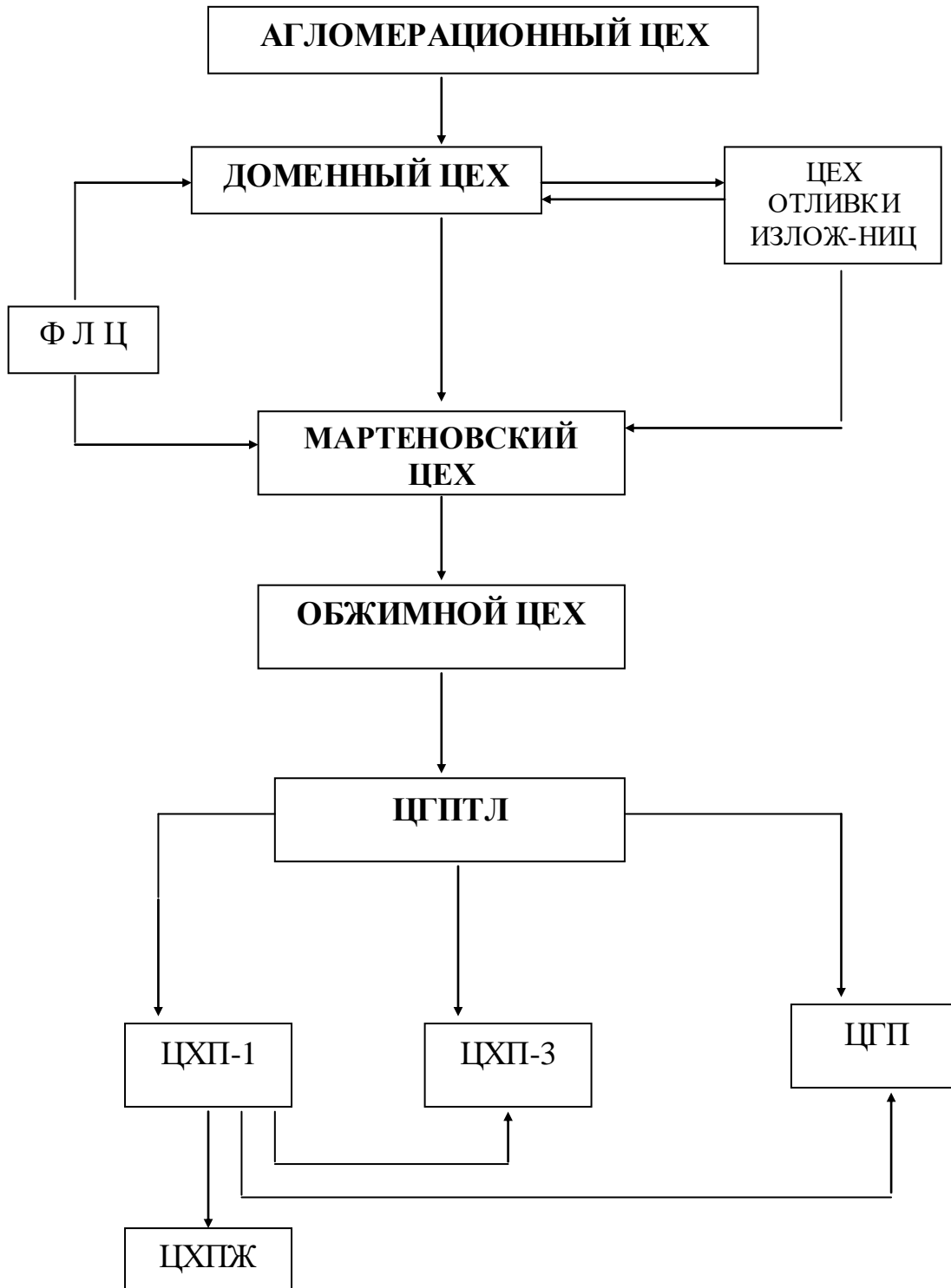


Рисунок 1.5 – Схема виробничих зв'язків цехів комбінату

Колошниковий пил надходить з доменного цеху в хоперах і розміщується в приймальних бункерах. Звідси за допомогою системи транспортерів пил надходить у бункери шихтового відділення.

Застосований в якості коксовий відсів(коксова дрібниця) подається в приймальні бункера цеху. Антрацитовий штиб з системою транспортерів подається в корпус дроблення коксу, де дробиться шістьма чотирьох валковими дробарками, що забезпечують крупність палива 3-10 мм. Подрібнений дробарками антрацитовий штиб і коксова дрібниця системою конвеєрів передаються в шихтовое відділення, де розвантажуються коксові бункера.

Суміш звичайного і доламитозованого вапняку з штабеля рудного двору з допомогою пластинчастих живильників і системи транспортерів направляється в вапняно-дробильне відділення аглоцеху, де завантажується в приймальні бункера трьох молоткових дробарок. Після дроблення весь вапняк транспортерами надходить у бункери, звідки подається для розсіву на 12 грохотів НГД-2 з осередком у нижньому ситі гуркоту 3 на 3 мм. Після відсіву на грохотах вапняк подається до бункера шихтового відділення.

Шихтовое відділення складається з 32 бункерів корисним обсягом 175 м<sup>3</sup> кожен, обладнаних лотковими віброживильниками. Шихтові матеріали, що дозуються, видаються на два паралельних збірних конвеєра і доставляються системою шихтових конвеєрів в корпус агломерації.

Основна кількість шихти (крупністю менше 20 мм) потрапляє в барабанні змішувачі шихти діаметром 2,5 м завдовжки 7,5 м, що обертаються зі швидкістю 8 об/хв. В них відбувається змішування, зволоження окомкування шихти, після чого шихта потрапляє на лоткові віброживильник та завантажується на агломераційного машину.

Шихта запалюється за допомогою горна, що працює на природному газі і обладнаному 21 пальником з примусовою подачею повітря. Витрата газу 600-800 м<sup>3</sup> /год, витрата повітря 1300-1400 м<sup>3</sup> /год.

Повернення, виділений на стаціонарних грохотах з бункера повернення видається живильниками в барабанні охолоджувачі, де змочується водою .

Охолоджене до 80-90 °С повернення транспортується стрічковими конвеєрами в шихтове відділення і використовується як один з компонентів шихти.

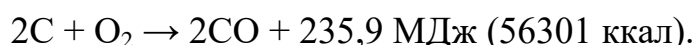
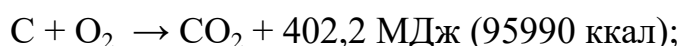
Агломераційний газ відсмоктується екстаустерами через систему газоочищення. Велика пил осідає в пилових мішках горизонтального колектора. Пил з пилових мішків за графіком вивантажується на стрічкові конвеєри елеваторами спрямовується на складальний конвеєр повернення.

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

Шихту завантажують на колосникові ґрати спікальними візками. Під колосниковими ґратами з допомогою екстаустера створюється розрідження 700-1000 мм вод.ст. залежно від гранулометричного складу шихти, в результаті якого через шихту з поверхні просмоктується зовнішнє повітря. Для початку процесу спікання шихта з поверхні нагрівається спеціальним запальним пристроєм до 1200-1300 °С, після чого пальне шихти (коксова дрібниця і антрацитовий штиб) запалюється і горить за рахунок всмоктуваного атмосферного повітря. Зона горіння поступово просувається зверху вниз до колосників. Процес спікання в шарі відбувається з утворенням пересувних зон, що розрізняються протікають в них фізико-хімічними процесами.

Початковим процесом при агломерації руд є запалення, яке проводиться газоподібним паливом. Потім починається процес горіння палива в шарі.

Горіння твердого палива йде по реакцій:



Тепло, що виділяється цими реакціями, нагріває матеріал шихти до 1250-1400 °С. По мірі опускання зони горіння, температура в ній підвищується в результаті регенерації тепла: шар шихти повітря надходить холодним, а потім по мірі



опускання зони горіння (проходячи через шар пального агломерату) він нагрівається. У зоні горіння палива відбуваються основні процеси агломерації.

За зоною горіння слід зона підігріву шихти. Займання твердого палива відбувається при температурі близько 700 °С, яка являється нижньою межею зони горіння палива і спікання шихти.

В зоні підготовки (підігріву) шихти відбуваються розкладання гідратів окису, випаровування вологи шихти, часткове відновлення вищих оксидів до нижчих і розкладання мало міцних вуглекислих солей. В цій зоні можуть протікати реакції між твердими фазами.

Випаровування вологи відбувається в шихті, нагрітої від 100 до 50-60 °С (температура точки роси). Волога, що бере участь у процесі, сприяє окомкуванню шихти і тим самим покращує її газопроникність.

В процесі агломерації відбувається перерозподіл вологи, що й зумовлює існування двох зон - висушування і перезволоження.

По мірі вигорання палива та переміщення всіх зон зверху вниз, верхній частині шихти утворюється шар готового агломерату, який охолоджується повітрям, засасуючим з атмосфери. На межі дотику повітря з гарячим агломератом розвивається реакція утворення вторинного гематиту, яка призводить до деякого підвищення міцності агломерату.



На рис. 1.3 показана схема агломераційного процесу.

Переважну частину агломерату отримують на конвеєрних машинах системи Дуайта, Ллойда. Стрічкова агломераційна машина складається з безперервного ряду рухомих спеціальних візках з колосниковими ґратами.

На верхній, так званій, робочій гілці машини палетки проходять над вакуум-камерами, з'єднаними з ексгаустером. Порожня палетка піднімається з нижньої холостої гілки машини на робочу гілку механізмом приводу аглострічку, який, крім того, забезпечує подальший рух палеток з робочої гілки.

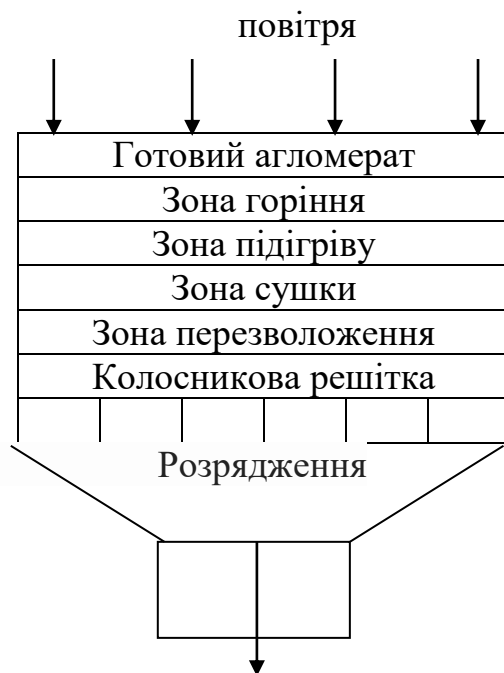


Рисунок. 1.6 – Схема агломераційного процесу

У головній частині машини на порожні палетки живильниками укладаються спочатку постіль, а потім шихта. Починаючи з цього моменту, палетка проходить над вакуум-камерами робочої гілки. Запалювання шихти ведеться за допомогою стаціонарного газового горна, під яким палетка проходить приблизно за 1 хв. Зона горіння тут починає свій рух вниз при одночасному русі палеток до розвантажувального кінця машини. Через 10-15 хв зона горіння проходить всю висоту шихти, що спікається досягаючи шару ліжку. Швидкість руху палеток вибирають таким чином, щоб до цього моменту візок перекидалася, розвантажуючи готовий агломерат з машини. Порожня палетка по злегка похилим рейках холостої гілки машини знову направляється до головної частини машини. Отже, технологія агломераційного процесу на стрічковій машині принципово нічим не відрізняється від спікання в чашових установках [3].

Ретельно перемішена, зволожена і окомкована шихта укладається на аглострічку за допомогою спеціальних живильників. Досконалість конструкції живильника багато в чому визначає продуктивність спікальної машини та якість готового агломерату. Живильник має подавати на стрічку достатню кількість

шихти, щоб висота спікається шару була постійною. Завантажена на стрічку шихта не повинна ущільнюватися ні в самому живильнику, ні в момент завантаження її на стрічку. Ущільнення шихти тягне за собою втрату газопроникності з негайним зниженням вертикальної швидкості спікання і продуктивності машини.

На багатьох аглофабриках для укладання шихти на стрічки використовують барабанні живильники. Найважливішою частиною такого живильника є обертовий барабан, встановлений під бункером шихти. При обертанні барабана шихта з бункера переноситься на поверхні барабана до лотка, з якого укладається на колосникові решітки палеток. Успішна робота барабанного живильника можлива лише при рівномірному завантаженні бункера шихти. Для цієї мети використовують човниковий живильник. Він може насамперед використовуватися безпосередньо для завантаження аглострічки.

Живильник являє собою невеликий транспортер, переміщається поперек руху палеток на спеціальних рейках. Швидкість палеток і швидкість живильника повинні бути узгоджені. Повне завантаження здійснюється за два проходи човниковий транспортера - вперед і назад. За час прямого і зворотного ходу аглострічка повинна переміститися на ширину стрічки човниковий транспортера, після чого починається новий цикл завантаження. Комбінація барабанного і човниковий живильників дає досить рівномірне завантаження шихти на машину і кілька скорочує агрегацію шихти по ширині палетки [6].

Палетка являє собою сталеву раму з двома бічними бортами. Рама рухається по рейках на чотирьох ходових роликах. Усередині рами покладені в три ряди колосники. Колосники відливають з сірого чавуну або сталі. Відстань між сусідніми колосниками решітки складає 6 мм, а загальна живий переріз решітки дорівнює 12-15 %.

Палетка не має власного індивідуального приводу. Всю систему палеток проштовхує по верхній робочій гілці машини головний привід.

В той момент, коли зона горіння твердого палива досягає ліжку і колосникових грат, палетка підходить до розвантажувального кінця машини і перекидається [5].

Рухаючись робочої гілки машини, палетка послідовно проходить над усіма вакуум-камерами агломашини. Для того щоб можна було міняти розрідження по довжині стрічки, замість однієї великої вакуум-камери роблять кілька і, крім того, у кожній з секцій ставлять регульовальний дросель.

Запалювання шихти проводиться негайно після укладання її на машину і вирівнюючи шару. Існуючі конструкції газових горнів, зазвичай працюють на природному газі або його суміші з доменним і коксовим газами [6].

#### **1.4 Характеристика пилогазових викидів агломераційного процесу**

В процесі агломерації залізних руд в атмосферу викидається велика кількість технологічних газів, що містять агломераційного пил, оксиди азоту та оксиди вуглецю, а при агломерації сірчистих руд - сірчистий ангідрид.

Джерелом пилогазових викидів у аглоцеху є технологічне обладнання - агломераційна машина, охолоджувачі повернення та агломерату, випалювальні печі, а також численні аспіраційні системи, якими обладнані дробарки, грохоти, транспортери і т.д. Крім того, навколишнє середовище забруднюють зовнішні джерела пиловиділення, розвантажувальні і завантажувальні пристрої вихідних матеріалів і т.д.

Джерелами неорганізованих викидів на аглофабриці є хвостова частина агломашин і місця завантаження агломерату в хопери, а також прийомні бункери руди і колошниковой пилу, конвеєри і перевантажувальні вузли у відділенні підготовки шихти [8]. Характеристика шкідливих викидів від неорганізованих джерел наведено в таблиці 1.1.

До організованих викидів в аглоцеху відносяться аспіраційні викиди відділень дроблення коксу і вапна, технологічні викиди від печей випалу вапняку і від спікаємого відділення агломашин [8].

Таблиця 1.1 – Неорганізовані викиди цеху агломерації ПАТ «Запоріжсталь»

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

Агломераційні машини можуть працювати в двох режимах: охолодження агломерату на стрічці і з охолодженням агломерату допомогою просмоктування повітря в хвостовій частині машини. На агломашинах, що працюють в режимі з охолодженням агломерату, вихід газу із зони охолодження на 15...20% вище, ніж із зони спікання (на 1 м<sup>2</sup> стрічки) [6].

При агломерації шихти утворюється велика кількість пилу внаслідок просмоктування шихтової газової суміші через колосникові ґрати, розтріскування агломерату при русі і вібрації конвеєра, а також при скиданні агломерату. Кількість пилу змінюється по довжині агломераційної стрічки. У першій половині стрічки кількість її невелика, що обумовлено підвищеною вологістю шихти, і, відповідно, її низьку газопроникність. У другій половині стрічки, після висихання шихти, її газопроникність підвищується, і потік повітря, що проходить через шар агломерату, збільшується. Тут агломерат розширюється та розтріскується, в тому числі і від вібрації стрічки. Повітря, що проходить через тріщини, відриває найдрібніші частинки агломерату та у вигляді пилу відносить їх в газозбірник продуктів згоряння. Найбільшу розтріскування та пиловиділення відбувається при скиданні агломерату з стрічки конвеєра хвостовій частині агломашини [2].

Питомий вихід пилу на одну тонну агломерату досягає 50...60 кг. Однак, значна частина великих фракцій пилу осідає в колекторі машини і з виходять з агломераційної машини газами несеться тільки від 8 до 21 кг [2].

Кількість викидів пилу з агломераційними газами залежить від кількості дрібних фракцій в шихті, її вологості і умов підготовки.

В середньому по ПАТ «Запоріжсталь» викидається в атмосферу 12725 тонн пилу на рік. Агломераційний цех комбінату викидає в атмосферу 4579 тонни пилу в рік, що становить 36 % від загальних викидів пилу по комбінату і 5159 тонн сірчистого ангідриду в рік, що становить 78,2% від загальних викидів сірчистого ангідриду по комбінату.

Характеристика викидів пилу та сірчаного ангідриду по комбінату і по агломераційному цеху представлена в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Викиди пилу та сірчаного ангідриду від джерел викидів комбінату «Запоріжсталь» і агломераційного цеху

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

Питомий вихід газів від агломераційної машини залежить від газопроникності шихти, вмісту в ній палива та величини підсосу повітря. За даними лабораторії охорони навколишнього середовища (ЛООС) ПАТ «Запоріжсталь», у аглоцеху в процесі спікання шихти утворюється 250000 - 280000 м<sup>3</sup>/рік димових газів. Температура відхідних промислових газів коливається від 180-200 °С, концентрація пилу в агломераційному газі становить близько 4 - 6 г/м<sup>3</sup>. Розрідження газів перед газоочисткою становить P<sub>r</sub> = -10,2 кПа.

Хімічний склад аглогазів і агломераційної пилу представлений у таблицях 1.3 і 1.4.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад аглогазів %:

CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
3,5-5,5	13-17	0,1-0,4	0,09-0,1	0,01

Таблиця 1.4 – Хімічний склад агломераційного пилу, %

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

Таблиця 1.5 – Дисперсний склад агломераційної пилу.

Розмір частин, мкм	Вміст, %
0...4	1.2
4...10	11.9
10...25	23.3
25...40	16.2
40...100	20.6
100...400	13.4
400...1000	8.1
Более 1000	5.8

Процес спікання агломерату супроводжується значним виділенням газу, що утворюється в результаті вигорання вуглецю і сірки, що містяться в шихті.

Вміст окремих компонентів у газовій суміші залежить від кількості сірки в руді, витрати палива, а також від технологічних параметрів процесу одержання агломерату. Тому концентрації окремих компонентів газу на аглофабриках можуть коливатися в різних межах [6].

### 1.5 Відвід та знепилювання технологічних газів агломераційних машин

На аглофабриках застосовують в основному наступну схему збору і відводу технологічних газів від агломашини. З усіх розташованих по довжині агломераційної машини вакуум - камер, в яких для подолання опору шихти, що

спікається в агломерат, підтримується розрідження 10-11 кПа, гази збираються в загальний колектор, розміщений збоку від агломашини паралельно її осі. На відгалуженнях від вакуум-камер до колектора стоять S-образні інерційні пристрою або спеціальні пастки К-9, в яких за рахунок сил інерції, що виникають при поворотах, відбувається відділення тільки найбільшою пилу. Збираючись в колекторі, запилені гази з невеликою швидкістю (до 10 м/с) рухаються до головної частини машини. При цьому великі частинки пилу під дією власної ваги випадають з потоку та збираються у розташованих під колектором пилових бункерах, звідки зазвичай видаляються з допомогою гідрозмиву. Ефективність роботи колектора зазвичай не перевищує 50-60%. Враховуючи, що викиди з високою концентрацією пилу надходять у колектор лише із перших і останніх камер, доцільніше застосовувати схеми збору і відводу агломераційних газів, рекомендовані Донецькою філією НВО «Енергосталь»[9].

При здійсненні цих схем довжина шляху сильно запиленого газу в колекторі значно збільшується і ефективність роботи колектора помітно зростає. Крім того, в результаті встановлення спеціальних пиловловлювачів на підводах до колектора з перших і останніх камер, абсолютна надходження пилу в колектор різко скорочується, а тиск в цих камерах підвищується, що сприятливо позначається на ході процесу спікання.

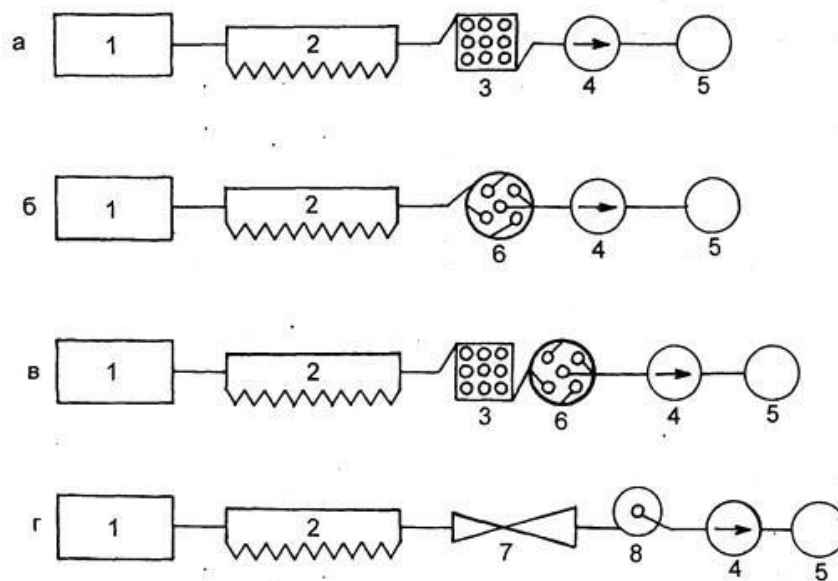
Знепилення газів агломераційних машин на вітчизняних аглофабриках здійснюють в батарейних і одиночних циклонах, мокрих пиловловлювачх і електрофільтрах. Спочатку типовим проектним рішенням була установка батарейних циклонів (малюнок 1.7а), кількість елементів яких досягло на великих машинах 1000-2000 штук.

Однак практика експлуатації виявила великі недоліки цього виду газоочисток, основними з яких є: нерівномірний розподіл газу при великій кількості циклонних елементів, що приводить до перерозподілу потоків газу між елементами; інтенсивний і нерівномірний знос і забивання пиловипускних отворів циклонних елементів; забивання пилом направляючих апаратів циклонних елементів; руйнування агломераційної пилу, що представляє собою агрегати з



різномірних частинок, у відцентровому полі циклону, що істотно знижує ступінь очищення газу.

На деяких аглофабриках замість батарейних встановлені одиночні циклони великого діаметра( рисунок 1.7б). Зменшуючи можливість забивання пилом і нерівномірного розподілу газу за елементами, одиночні циклони в той же час не забезпечують високої міри очищення, внаслідок великих розмірів і зменшення величини відцентрових сил. В результаті експлуатаційна ступінь очищення як в батарейних, так і в одиночних циклонах низька і не перевищує 80-85%; запиленість очищеного 0.4-0.5г/м<sup>3</sup>. Така концентрація пилу в газі неприпустима, по-перше, з санітарних міркувань внаслідок великого викиду пилу в повітряний басейн і, по-друге, із-за різкого скорочення терміну служби ексгаустера (до 3-4 місяців) внаслідок корозійного зносу. Простий агломашини при заміні ексгаустера близько 5 годин.



1-агломашина, 2-колектор, 3-батарейний циклон, 4-ексгаустер, 5-димова труба,  
6-відцентровий скруббер, 7-труба Вентурі, 8-краплевловлювач

Рисунок 1.7 – Схеми очищення відхідних газів агломераційних машин

Деяким кроком вперед стало застосування для очищення агломераційних газів мокрих пиловловлювачів, як в якості другого ступеня очищення, так і в якості самостійних апаратів. На одній з аглофабрик після батарейних циклонів встановлені відцентрові скрубери типу МП-ВТИ (РИС. 1.7в), що дозволило знизити запиленість очищеного газу до 150-200 мг/м<sup>3</sup>, і, тим самим збільшити строк служби ексгаустерів. Однак, до решти недоліків батарейних циклонів додалися вади мокрих апаратів, внаслідок чого експлуатація ускладнилася, а надійність знизилася, тому як типову таку схему не можна рекомендувати. На деяких аглофабриках в якості єдиного мокрого апарату застосовують низьконапірні скрубери Вентурі (малюнок 1.7г). Внаслідок того, що вони включаються в газовідвідний тракт агломашини, можливий для використання, перепад тисків обмежений 0.2-0.3кПа, що відповідає швидкостям газу в горловині труби Вентурі 60-75 м/с

Перевага застосування мокрого способу очищення агломераційних газів полягає в тому, що в скруберах при зрошенні газів тонкорозпиленою водою вдається витягти з відхідних газів до 50% містяться в них сполук сірки.

Тканинні фільтри для очищення агломераційних газів у вітчизняній практиці не застосовують із-за високої вартості, великих габаритів і низької якості фільтрувальних тканин.[7]

## **1.6 Адсорбційні та каталітичні методи очищення від сірчаного ангідриду технологічних газів агломашин**

При сухих методах очистки в якості адсорберів найбільш перспективні апарати киплячого шару і парні апарати фірми «Лургі», що працюють на активованих вугіллях, силікагелях і синтетичних смолах, описані вище.

Переваги адсорбційних методів - простота пристрою і компактність устаткування, можливість очищення нагрітих і запиленних газів, висока ступінь очищення, відносно невеликі капітальні витрати. Викид в димову трубу нагрітих газів покращує розсіювання їх у атмосфері.

Однак техніко-економічні показники процесу невисокі., Киплячий шар характеризується значними витратами адсорбенту (внаслідок стирання) і енергії на подолання гідравлічного опору апарату і переміщення сорбенту, а також тепла на десорбцію і віддув уловленого  $SO_2$ . Парний апарат фірми «Лургі» характеризується невисокою інтенсивністю процесу і великою витратою енергії, пов'язані з роботою насоса і скрубера Вентурі. Поки адсорбційна очистка викидних газів від  $SO_2$  у металургії не застосовується.

Каталітичні методи очищення засновані на здатності  $SO_2$  окислюватися в  $SO_3$ , який, легко взаємодіючи з водою, утворює товарний продукт - сірчану кислоту. З застосуванням каталізаторів цей процес може бути значно інтенсифіковано. В процесі відсутні відходи, що робить його досить економічним.

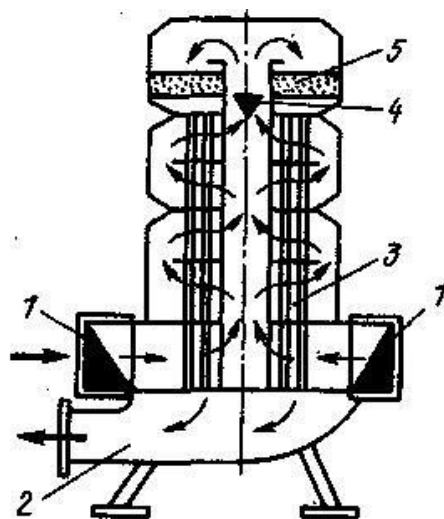
Методи каталітичного окислення  $SO_2$  ділять на дві групи: до першої відносять методи окислення  $SO_2$  у водних розчинах в присутності каталізатора, до другої - окислення в газовій фазі на каталізаторі.

Окислення  $SO_2$  у розчинах засноване на тому, що при контакті газової фази з водою  $SO_2$  переходить в розчин. При наявності у воді іонів заліза і марганцю розчинений у воді кисень енергійно окисляє  $SO_2$  у  $SO_3$ . Однак найкращим каталізатором є піролюзит, з допомогою якого в промислових умовах ступінь очищення газів від  $SO_2$  може бути доведена до 80-85 %; отримується сірчана кислота має концентрацію. 30 - 40 %. Процес рекомендують вести в барботажних абсорберах з сильно розвиненою поверхнею контакту рідкої і газоподібної фаз.

При окисленні  $SO_2$  у газовій фазі в присутності каталізатора передбачається подальша абсорбція утворився  $SO_3$  водою з отриманням сірчаної кислоти. В якості каталізатора застосовують оксид ванадію  $V_2O_5$  або контактну масу БАВ (барій, алюміній, ванадій). В обох випадках оптимальна температура процесу 450-480 °С, до неї слід нагрівати - газ, що пов'язано з великими витратами тепла. Перед очищенням від  $SO_2$  газу повинні бути ретельно очищені від пилу та  $CO$ , які несприятливо впливають на процес контактного окислення  $SO_2$  у  $SO_3$  і можуть отруїти каталізатор. У чорній металургії каталітична очистка газів від  $SO_2$  поки не застосовується.

Процеси глибокого термokatалітичного окислення проводять в спеціальних реакторах, які зазвичай працюють в двох режимах: стаціонарному і нестационарному. Термокatalітичні реактори продуктивністю 5, 10 і 25 тис. м<sup>3</sup>/ч розроблені Інститутом газу АН України. Вони відрізняються компактністю, простотою у виготовленні і надійністю[8-10].

Реактор є конструкцією типу вежі, що включає багатходовий трубчастий повітропідігрівач-рекуператор, вбудований змішувач повітропідігрівач і газовий пальник, у верхній частині розміщена каталітична камера (рис. 1.8). Реактор обладнаний системою КВПіА, що дозволяє виконувати за заданою програмою пускові і зупинні операції, а також підтримувати оптимальний тепловий режим з дотриманням вимог безпеки. Реактори продуктивністю 5 і 10 тис. м<sup>3</sup>/ч з платиновим каталізатором впроваджено і успішно працюють [11].

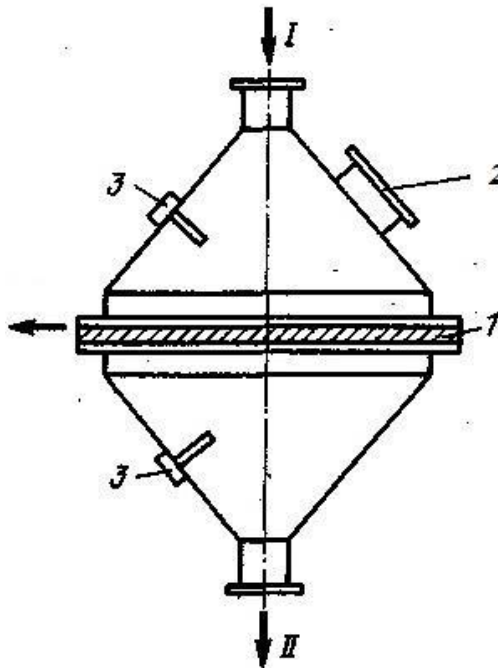


1 - вхідні патрубки; 2 - вихідний канал; 3 - теплообмінник;  
4 - газовий пальник; 5 - каталізатор

Рисунок 1.8 - Термокatalітичний реактор:

У інституті НДІОгаз виконані роботи по знешкодженню газів від окислювальних колон синтезу жирних кислот [12]. Установа продуктивністю 25-30 тис. м<sup>3</sup>/ч включає двохполичний реактор і два теплообмінники. Температура газів в I ступеня 190-200, в II 240- 450 °С, а на виході з шарів каталізатора досягає відповідно до 250-450 і 330-580 °С. Висота шару каталізатора 300-350 мм, лінійна швидкість потоку газів приблизно 1 м/с, міра очищення після II ступеня 99 %.

Є дані про реактор, що працює в нестационарному режимі, тобто в режимі перемикання напрямку потоку реакційної суміші. У такому реакторі можна проводити знешкодження розбавлених органічних викидів і оксидів вуглецю та сірки [6, 7]. На рис. 1.9 представлений реактор з каталізатором на сітці, призначений для окислення метанолу [13].

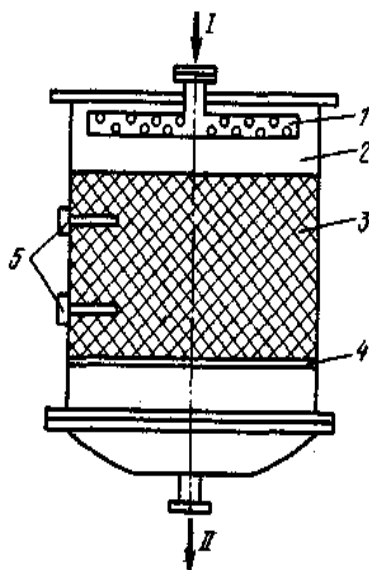


1 - сітка; 2 - люк і оглядове вікно; 3 - термопари;  
I, II - відповідно вхід і вихід газів

Рисунок 1.9 - Реактор з каталізатором у вигляді сітки:

Найпростішим апаратом є реактор з нерухомим шаром каталізатора (рис. 1.10). Проте в нім важко рівномірно розподілити потік газів і уникнути градієнтів

температури по шару каталізатора, а також запобігти розкладанню реагентів на перегрітих ділянках при зниженні швидкості реакції на не нагрітих.



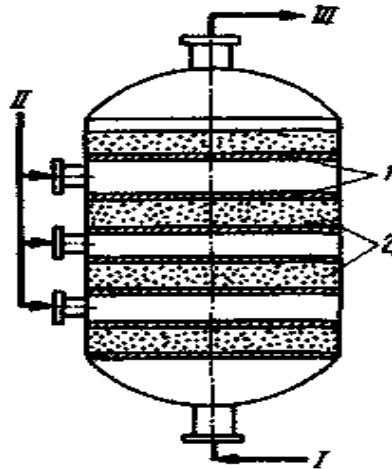
1 - газорозподільник; 2 - камера змішення; 3 - каталізатор;  
4 - грати; 5 - термопари;  
I - вхід газів; II - очищені газы

Рисунок 1.10 - Реактор з нерухомим шаром каталізатора

Складніший поличний реактор з декількома шарами каталізатора (рис 1.11). У нім потік газу краще розподіляється і охолоджується між шарами, причому можна вводити гарячий і холодний газ, а в різних шарах помістити різні каталізатори; крім того, можна вибірково замінювати шар дезактивованого контакту і підтримувати різну температуру в шарах.

У роботі [14] приведені результати моделювання каталітичного реактора очищення газів лакофарбного виробництва, що відходять. У газах концентрація органічних домішок не перевищувала  $500 \text{ г/м}^3$  (циклогексан, н-ксілол, пентан та ін.). Дані рекомендації по вибору оптимального режиму і економії процесу. Основні дані: опір системи не більше 4 кПа, висота шару каталізатора 50-200 мм; температура процесу 425-450 °С, швидкість газу в реакторі 0,6 м/з, час контакту 0,12 с.

Реактор продуктивністю 50 тис. м<sup>3</sup>/ч НДІОгазом і серійно виготовляється. Його діаметр 500 мм, висота 2200 мм.



1 - опорна сітка; 2 - шар каталізатора;

I - вхід газів; II - вихід холодного повітря; III - очищені гази

Рисунок 1.11 - Поличний реактор

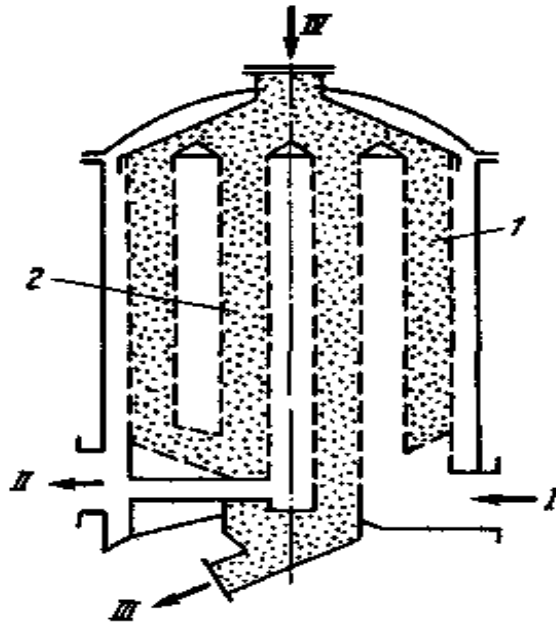
Інститутом газу України спільно з конструкторським бюро і майстернями дослідного виробництва розроблена установка, діюча на поліграфічних комбінатах. Основні дані реактора : об'єм каталізатора 0,4 м<sup>3</sup>, температура процесу 380 °С, опір 1,8 кПа; габарити 3,5\*3,5\*8 м, маса установки до 6 т.

Мінський конструкторсько-технологічний експериментальний інститут розробив прості реактори УСК- 39, УСК- 41 та ін.

На рис.1.12 показаний реактор з двохкільцевим розміщенням каталізатора конструкції НДІОгазу.

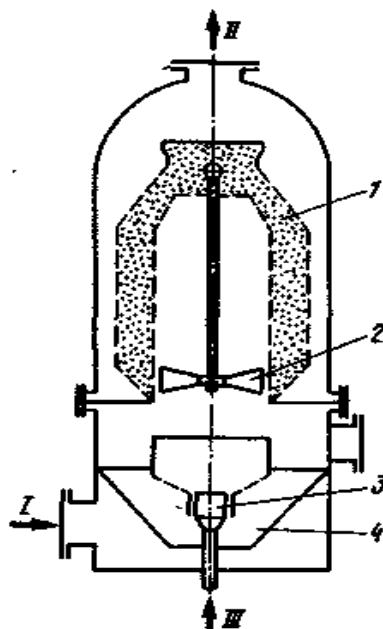
У цьому ж інституті створений реактор для допалювання газів від сушарних камер ліній забарвлень машинобудівних заводів (рис. 1.13). Подача газів здійснена по кільцевому каналу, де вони змішуються з димовими газами від спалювання рідкого або газоподібного палива.

Апарати, представлені на рис. 1.12-1.13, пройшли промислові випробування і добре зарекомендували себе в робочих режимах.



1 - кошики з каталізатором; 2 - внутрішнє кільце з каталізатором;  
 I, II - відповідно вхід і вихід газів; III - вивантаження каталізатора;  
 IV - забруднені газу

Рисунок 1.12 - Реактор з двохкільцевим розміщенням каталізатора :

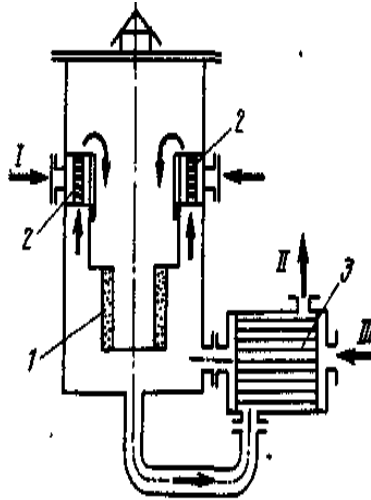


1 - каталізатор; 2 - повітророзподільник; 3 - паливо, 4 - розподільник газів;  
 I - вхід газів; II - очищені газу; III - паливо

Рисунок 1.13 - Реактор:



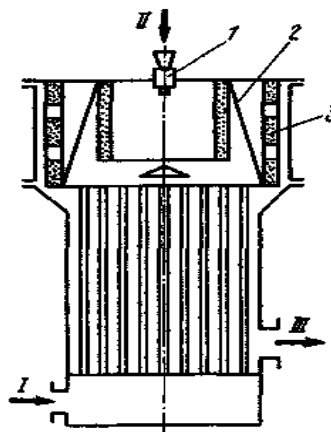
У апараті Діпрогазоочистки (рис.1.14) газу поступають в трубний простір теплообмінника і далі в реактор, де змішуються з димовими газами спалювання палива в панельних пальниках, проходять через шар каталізатора, а потім через міжтрубний простір теплообмінника скидаються в атмосферу.



1 - каталізатор; 2- панельні пальники; 3 - кожухотрубчастий теплообмінник;  
I - природній газ; II, III - відповідно вихід і вхід газів

Рисунок 1.14 - Каталітичний реактор:

Найбільш численні реактори зі вбудованими рекуператорами тепла типу ТКВ (рис.1.15). . Технічні характеристики таких реакторів приведені в роботі [15].

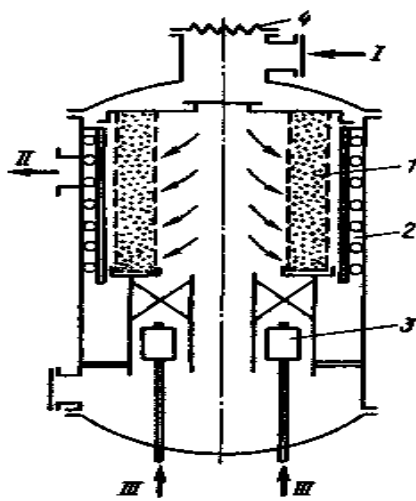


1 - пальник; 2 - відбивач; 3 - каталізатор;  
I - вхід газів; II - паливо; III - очищенні газу

Рисунок 1.15 - Реактор типу ТКВ :

Подібні апарати застосовують в Польщі, вони розроблені Проектним бюро охорони природи "Проат".

У Німеччині створений реактор типу КВ, в корпусі якого розміщений шар каталізатора і теплообмінник (рис.1.17). Розроблено п'ять типорозмірів таких реакторів продуктивністю від 5 та 25 тис. м<sup>3</sup>/год. Іноді рекуператор тепла примикає до реактора. Такі установки є у Німеччині і Англії. У Угорщині, Франції і США впроваджені установки з верхньою подачею газу по кільцевих каналах [16].



1 - каталізатор; 2 - теплообмінник; 3 - пальник;  
I - забруднені газы; II - очищенні газы; III - паливо

Рисунок 1.17 - Реактор типу КВ :

Є дані про роботу досвідчено-промислової установки для очищення газів, яке розроблене в Санкт-петербурзькому технологічному інституті. Температура в шарі каталізатора досягає 450-500 °С.

Таким чином, каталітичний спосіб очищення газових викидів від органічних домішок впроваджений в різних галузях промисловості. Проте більшості реакторів властиві недоліки: періодичність роботи, низька продуктивність і висока вартість [17].

## 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 2.1. Обґрунтування вибору технологічної схеми очищення

В даній дипломній роботі прийнята хімічна система очистки агломераційних газів.

Газовий потік з пилоочистки надходить в реактор, де газ очищується від  $\text{SO}_2$ . З ректорів газ надходить в повітряний холодильник, де охолоджується до  $100^\circ \text{C}$ . Охолоджений газ прямує в моногідратний абсорбер. Після абсорбера газ надходить в мокрий електрофільтр. Після електрофільтру газ надходить в газоповітряний холодильник для  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , де охолоджується. Концентрована  $\text{H}_2\text{SO}_4$  потрапляє в бак для  $\text{H}_2\text{SO}_4$  після чого відправляється назад у виробництво (травильне відділення) або утилізується, а очищений газ відправляється на димову трубу, де викидається в атмосферу.

Ця схема очистки дозволяє зекономити на викидах  $\text{SO}_2$  в атмосферу та мати свою концентровану  $\text{H}_2\text{SO}_4$  для травильного відділення або на продаж.

Проектована газоочистка забезпечує знешкодження газів до санітарних норм.

## 2.2 Розрахунок апаратів очистки агломераційного виробництва

### 2.2.1 Розрахунок реактора

Вихідні данні:

- |                       |                          |         |
|-----------------------|--------------------------|---------|
| • витрата газу,       | $\text{нм}^3/\text{год}$ | 90 000; |
| • густина газу,       | $\text{кг}/\text{м}^3$   | 1,31;   |
| • температура газу,   | $^\circ \text{C}$        | 200;    |
| • об`ємна швидкість,  | $\text{год}^{-1}$        | 50 000; |
| • тиск газу,          | кПа                      | 10;     |
| • барометричний тиск, | кПа                      | 101,3   |
| • швидкість газу,     | м/с                      | 2.      |

Газовий склад:

CO <sub>2</sub> – 5%;	O <sub>2</sub> – 15%;
CO – 0,4%;	SO <sub>2</sub> – 0,1%;
N <sub>2</sub> – 74,5%;	H <sub>2</sub> O – 5%.

### Розрахунок:

1. Розрахуємо густину газу при робочих умовах:

$$\rho_{p.y.} = \rho_0 \frac{(P_6 - P_r)}{P_6} \cdot \frac{273}{(273 + T)}, \quad (2.1)$$

де  $\rho_0$  – густина газу при нормальних умовах, кг/м<sup>3</sup>;

$P_6$  – барометричний тиск, кПа;

$P_r$  – тиск газу, кПа;

$T$  – температура газу, °С.

$$\rho_{p.y.} = 1,31 \frac{(101,3 - 10)}{101,3} \cdot \frac{273}{(273 + 200)} = 0,68 \text{ кг/м}^3.$$

2. Розрахуємо витрату газу при робочих умовах:

$$Q_{p.y.} = Q_{н.у.} \frac{\rho_0}{\rho_{p.y.}}, \quad (2.2)$$

$$Q_{p.y.} = 90000 \cdot \frac{1,31}{0,68} = 192647,06 \text{ м}^3/\text{ГОД} = 53,5 \text{ м}^3/\text{с}.$$

3. Розрахуємо об'єм каталізатора:

$$V_{\text{кат}} = \frac{Q_{н.у.}}{S}, \quad (2.3)$$

$$V_{\text{кат}} = \frac{100000}{50000} = 2 \text{ м}^3.$$

4. Розрахуємо кількість реакторів:

$$N_{\text{рект}} = \frac{Q_r}{v_r \cdot F_{\text{рект}}}, \quad (2.4)$$

Приймаємо, що діаметр одного реактора 2600 мм = 2,6 м [41].

5. Розрахуємо площу перетину реактора:

$$F_{\text{скр}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad (2.5)$$

$$F_{\text{скр}} = \frac{3,14 \cdot 2,6^2}{4} = 5,3 \text{ м}^2.$$

$$N_{\text{скр}} = \frac{53,5}{2 \cdot 5,3} = 5,04 \text{ шт, приймаємо 4 шт.}$$

Приймаємо 4 ректора. Продуктивність одного реактора 25 000 м<sup>3</sup>/год.  
Діаметр апарата 2600 мм=2,6 м[37].

6. Розрахуємо висоту шару каталізатора:

$$H = \frac{4 \cdot V_k}{n \cdot \pi D_p^2}, \quad (2.6)$$

$$H = \frac{4 \cdot 2}{5 \cdot 3,14 \cdot 2,6^2} = 0,08 \text{ м.}$$

### 2.2.2 Розрахунок абсорбера

Вихідні данні:

- густина газу, кг/м<sup>3</sup> 1,31;
- швидкість газу, м/с 1;
- температура газу, °С 100;
- тиск газу, кПа 8;
- барометричний тиск, кПа 101,3
- витрата газу, нм<sup>3</sup>/год 100 000;
- діаметр абсорбера, м 4,2;
- питоме зрошення скрубера, м<sup>3</sup>·м<sup>2</sup>/год 10.

Розрахунок:

1. Розрахуємо густину газу при робочих умовах:

$$\rho_{p.y.} = \rho_0 \frac{(P_6 - P_r)}{P_6} \cdot \frac{273}{(273 + T)}$$

$$\rho_{p.y.} = 1,31 \frac{(101,3 - 8)}{101,3} \cdot \frac{273}{(273 + 100)} = 0,88 \text{ кг/м}^3.$$

2. Розрахуємо витрату газу при робочих умовах:

$$Q_{p.y.} = Q_{н.у.} \frac{\rho_0}{\rho_{p.y.}}$$

$$Q_{p.y.} = 100000 \cdot \frac{1,31}{0,88} = 148863,6 \text{ м}^3/\text{год} = 41,4 \text{ м}^3/\text{с.}$$

3. Розрахуємо площу перетину скрубера:

$$F_{\text{скр}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4},$$

$$F_{\text{скр}} = \frac{3,14 \cdot 4,2^2}{3,14} = 13,8 \text{ м}^2.$$

4. Розрахуємо кількість скрубєрів:

$$N_{\text{скр}} = \frac{Q_{\Gamma}}{v_{\Gamma} \cdot F_{\text{рект}}},$$

$$N_{\text{скр}} = \frac{41,4}{1 \cdot 13,8} = 3 \text{ шт.}$$

5. Розрахуємо кількість утвореної  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :

$$Q_{\text{H}_2\text{SO}_4} = F_{\text{скр}} \cdot m, \quad (2.7)$$

де  $m$  – питоме зрошення скрубєра,  $\text{м}^3 \cdot \text{м}^2 / \text{год}$ .

$$Q_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 13,8 \cdot 10 = 138 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

### 2.2.3 Розрахунок електрофільтра

Вихідні данні:

- густина газу,  $\text{кг}/\text{м}^3$  1,31;
- швидкість газу,  $\text{м}/\text{с}$  2,5;
- температура газу,  $^{\circ}\text{C}$  50;
- тиск газу,  $\text{кПа}$  6;
- барометричний тиск,  $\text{кПа}$  101,3;
- робоча напруженість електрофільтра,  $\text{кВ}$  80;
- витрата газу,  $\text{нм}^3 / \text{год}$  90 000;

#### Розрахунок:

1. Розрахуємо густину газу при робочих умовах:

$$\rho_{\text{р.у.}} = \rho_0 \frac{(P_6 - P_{\Gamma})}{P_6} \cdot \frac{273}{(273 + T)},$$

$$\rho_{\text{р.у.}} = 1,31 \frac{(101,3 - 6)}{101,3} \cdot \frac{273}{(273 + 50)} = 1,04 \text{ кг}/\text{м}^3.$$

2. Розрахуємо витрату газу при робочих умовах:

$$Q_{\text{р.у.}} = Q_{\text{н.у.}} \frac{\rho_0}{\rho_{\text{р.у.}}},$$

$$Q_{p.y.} = 90000 \cdot \frac{1,31}{1,04} = 125961,5 \text{ м}^3/\text{год} = 35 \text{ м}^3/\text{с}.$$

3. Розрахуємо площу поперечного перерізу:

$$F = \frac{Q_{p.y.}}{v_r}, \quad (2.8)$$

де  $v_r$  – швидкість газу в електрофільтрі, м/с.

$$F = \frac{35}{2,5} = 14 \text{ м}^2.$$

Обираємо 1 електрофільтр типу ЕТМ – 8,9 – 3,8 178 – 1 – СПФГ. Площа поверхні осадження  $562 \text{ м}^2$ . Ступінь очистки 99,6% [33].

4. Розрахуємо відносну густину при стандартних умовах:

$$\beta = \frac{(P_6 - P_r)}{P_6} \cdot \frac{273 + T_{ст}}{(273 + T)}, \quad (2.9)$$

$$\beta = \frac{(101,3 - 6)}{101,3} \cdot \frac{273 + 20}{(273 + 50)} = 0,85 \text{ кг/м}^3.$$

5. Розрахуємо критичну напруженість електричного поля:

$$E_{кр} = 3,04(\beta + 0,0311 \sqrt{\frac{\beta}{R_1}}) \cdot 10^6, \quad (2.10)$$

де  $R_1$  – радіус коронуючого електрода, мм [43].

$$E_{кр} = 3,04(0,85 + 0,0311 \sqrt{\frac{0,85}{0,001}}) \cdot 10^6 = 5,34 \cdot 10^6 \text{ В/м}.$$

6. Розрахуємо критичну напруженість корони для електрофільтру типу ЕТМ:

$$U_{кр} = E_{кр} \cdot R_1 \cdot \ln \frac{R_2}{R_1}, \quad (2.11)$$

де  $R_2$  – радіус осаджувального електрода, мм [26].

$$U_{кр} = 5,34 \cdot 10^6 \cdot 0,001 \ln \frac{0,260}{0,001} = 29694,04 \text{ В}.$$

7. Розрахуємо лінійну густину струму корони:

$$i_0 = CU(U - U_{кр}), \quad (2.12)$$

де  $C$  – постійна, залежна від конструкції електрофільтра,

$U$  – робоча напруженість електрофільтру, кВ.

$$C = \frac{2 \cdot K}{9 \cdot 10^9 \cdot R_2 \cdot \ln \frac{R_2}{R_1}}, \quad (2.13)$$

де  $K$  – рухливість іонів у газах, при нормальних умовах,  $\text{м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ .

Приймаємо, що  $K=2,10 \cdot 10^{-4}$  [44].

$$C = \frac{2 \cdot 2,1 \cdot 10^{-4}}{9 \cdot 10^9 \cdot 0,26 \cdot \ln \frac{0,26}{0,001}} = 3,2 \cdot 10^{-14}.$$

$$i_0 = 3,2 \cdot 10^{-14} \cdot 80000(80000 - 29694,04) = 1,3 \text{ А/м}.$$

8. Розрахуємо напруженість електричного поля:

$$E = \sqrt{\frac{8 \cdot i_0 \cdot H}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot K \cdot S^2}} \quad (2.14)$$

де  $H$  – відстань між плоскостями коронуючих та осаджувальних електродів, м;

$\varepsilon_0$  – діелектрична проникність вакуума, Ф/м,

$S$  – шаг коронуючих електродів в ряду, м.

Приймаємо, що відстань між плоскостями коронуючих та осаджувальних електродів 0,13 м, діелектрична проникність вакуума  $8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м, шаг коронуючих електродів в ряду 0,18 м [36].

$$E = \sqrt{\frac{8 \cdot 1,3 \cdot 0,13}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 2,21 \cdot 10^{-4} \cdot 0,18}} = 433,7 \cdot 10^5 \text{ В/м}.$$

9. Розрахуємо питому поверхню осадження:

$$f = \frac{F_{\text{ос}}}{Q_{\text{р,у}}}, \quad (2.15)$$

де  $F_{\text{ос}}$  - площа поверхні осадження в електрофільтрі,  $\text{м}^2$ .

Приймаємо, що площа поверхні осадження в електрофільтрі  $562 \text{ м}^2$  [33].

$$f = \frac{562}{35} = 16,06 \text{ м}^2 \cdot \text{с/м}^3.$$

## 2.2.4 Розрахунок агрегата живлення

1. Розрахуємо споживаний струм:

$$I = i_0 \cdot L_{\text{ел}}, \quad (2.16)$$

де  $L_{\text{ел}}$  – загальна довжина коронуючих електродів, м.

$$L_{\text{ел}} = l_{\text{ел}} \cdot n_{\text{пр}} \left( \frac{L_{\text{п}}}{0,18} + 1 \right), \quad (2.17)$$

де  $l_{\text{ел}}$  – довжина одного електрода, м;

$n_{\text{пр}}$  – кількість проходів, шт;



$L_{\text{п}}$  – довжина поля, м.

Обираємо агрегат живлення АТПОМ – 250. Потужність агрегата 18 кВт [18].

### 2.2.5 Підбір допоміжного обладнання

Після реактора, для зниження температури газу обираємо конвективний трубчатий теплообмінник. Температура після теплообмінника знизилась до 100°C [33].

Для того, щоб видалити кислоту з абсорбера необхідні насоси для агресивних рідин. Обираємо 2 насоси типа 4X – 12Д – 1 – 41 з подачею 90 м<sup>3</sup>/год, напором 33,5 м та один запасний насос. Потужність електродвигуна 40 кВт [35].

Для зниження температури сірчаної кислоти обираємо холодильник повітряного охолодження. Обираємо холодильник АВГ, кількість охолодженої кислоти 150 м<sup>3</sup>/год [32].

### 2.2.6 Аеродинамічний розрахунок газовідвідного тракту

Загальне гідравлічне опір газовідвідного тракту складається з гідравлічних опорів окремих ділянок. Для кожної з ділянок оцінюють величину лінійних і місцевих втрат тиску в сумі.

Лінійні втрати тиску на ділянці розраховують за формулою:

$$P_{\text{лін}} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}, \quad (2.18)$$

де  $\lambda$  – гідравлічний коефіцієнт тертя для труби;

$l$  – довжина ділянки, м;

$d$  – діаметр газопроводу на ділянці, м;

$\rho$  – густина газу при робочих умовах, кг/м<sup>3</sup>;

$v$  – середня швидкість газу на ділянці, м/с.

Приймаємо, що гідравлічний коефіцієнт тертя для труби становить 0,02, середня швидкість газу на ділянці складає 20 м/с [2].

Діаметр газопроводу на ділянці розраховують за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}}, \quad (2.19)$$

Місцеві втрати тиску на ділянці визначаються формулою виду:

$$P_{\text{міс}} = \xi \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}, \quad (2.20)$$

де  $\xi$  – коефіцієнт місцевого опору.

З метою спрощення розрахунку газовідвідний тракт умовно ділимо на наступні ділянки:

- 1 ділянка: екстаустер – трійник;
- 2 ділянка: трійник – трійник;
- 3 ділянка: трійник – реактор;
- 4 ділянка: реактор – теплообмінник;
- 5 ділянка: теплообмінник – трійник;
- 6 ділянка: трійник – трійник;
- 7 ділянка: трійник – абсорбер;
- 8 ділянка: абсорбер – електрофільтр;
- 9 ділянка: електрофільтр – теплообмінник;
- 10 ділянка: теплообмінник – димосос.

Аеродинамічний розрахунок газовідвідного тракту виконаний для проектного варіанта газоочистки. Аеродинамічні характеристики газового потоку враховані по вхідному перетині відповідних умовних ділянок.

Результати виконаних розрахунків представлені в таблиці 2.1.

Сумарний гідравлічний опір газовідвідного тракту склав 1870 Па.

Таблиця 2.1 - Результати аеродинамічного розрахунку газовідвідного тракту.

Номер дільниці	Витрата газу, $Q, \text{ м}^3/\text{с}$	Втрати тиску							
		$l, \text{ м}$	$D, \text{ м}$	$v, \text{ м/с}$	Вид місцевого опору	$\xi$	$P_{\text{лін.}}, \text{ Па}$	$P_{\text{міс.}}, \text{ Па}$	$\Sigma P, \text{ Па}$
1 дільниця	27,78	40	1,4	20	трійник	1,2	77,7	269,3	347
					2 повороти по 90°	0,78			
2 дільниця	9,26	4	0,8	20	трійник	1,2	13,6	163,2	176,8
3 дільниця	27,78	3	1,4	20	трійник	1,2	5,8	190,4	196,2
					дифузор	0,2			
					реактор				10
4 дільниця	27,78	10	1,4	20	2 повороти по 90°	0,78	19,4	133,3	152,7
					дифузор	0,2			
					теплообмінник				10
5 дільниця	9,26	4	0,8	20	трійник	1,2	13,6	231,2	244,8
					конфузор	0,5			
6 дільниця	9,26	4	0,8	20	трійник	1,2	13,6	163,2	176,8
7 дільниця	27,78	6	1,4	20	поворот на 90°	0,39	1,5	156,6	157,7
					конфузор	0,5			
					абсорбер				20
8 дільниця	27,78	15	1,4	20	3 повороти по 90°	1,17	37,7	205,9	243,6
					електрофільтр				
9 дільниця	27,78	18	1,4	20	2 повороти по 90°	0,78	0,5	203,8	204,3
					дифузор	0,2			
10 дільниця	27,78	8	1,4	20	поворот на 90°	0,39	23,8	122,7	146,5
					дифузор	0,2			
<b>Всього</b>									<b>2092,4</b>

Обираємо вентилятор ВДН – 18 – Пу. Продуктивність по газу складає 117000 м<sup>3</sup>/год. Повний тиск при максимальному ККД 3500 Па. Потужність електродвигуна складає 200 кВт [2].

## 3 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 3.1 Виявлення та оцінка шкідливих і небезпечних чинників виробничого середовища

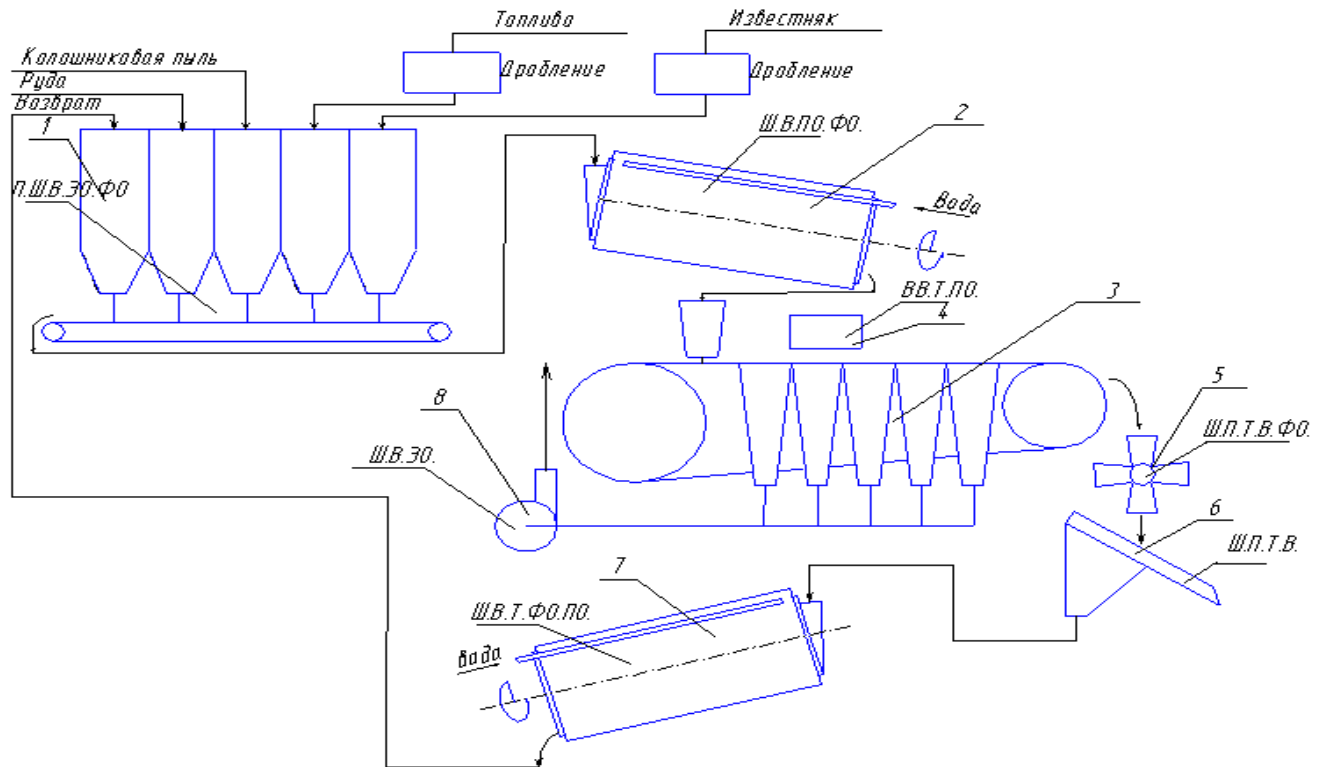
Під безпекою металургійного процесу розуміють його властивість зберігати безпечний стан при протіканні в заданих параметрах протягом встановленого часу [8].

Безпека процесу агломерації залежить від характеру і змісту шихтових матеріалів і готового агломерату, від швидкості руху агломераційної стрічки, від газопроникності шихти і характеру її розподілу. Нормованими параметрами агломераційного процесу є маса переробляються вихідних матеріалів і готового агломерату, швидкості їх переміщення, об'єм, тиск і температура на різних стадіях агломераційного процесу.

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

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

Рівень безпеки оцінюється часткою часу, при якому технологічний процес протікає без порушень безпеки.



1 - шихтові бункери; 2 - змішувальний барабан; 3 - агломашина; 4 - запальний горн; 5 - аглодробилка; 6 - стаціонарний гуркіт; 7 - охолоджувальний барабан; 8 - ексгаустер. П - пиловиділення; Т - тепловиділення; - вібрація; ВВ - шкідливі речовини; Ш - шум; ЕО - електрична безпека; - пожежна безпека; ФО - фізична небезпека.

Рисунок 3.1 - Схема технологічного процесу агломерації

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

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

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

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

### 3.2 Заходи щодо захисту від виявлення шкідливих і небезпечних чинників виробничого середовища

Для поліпшення умов праці в цеху і захисту працюючих від теплової дії передбачені наступні заходи: теплоізоляція поверхонь, випромінюючих тепло, за допомогою водоохолоджуваних екранів, щитів, завіс і ін.; теплоізоляція і охолодження робочих місць (постів управління, кабін машиністів кранів і ін.); природна (аерація) і механічна вентиляція; повітряне охолодження замкнутих просторів печей, що знаходяться в ремонті; водорозпилення на робочих місцях і в припливних віконних отворах; спецодяг і індивідуальні захисні пристосування –

щитки, екрани, окуляри, світлофільтри; раціональна організація режиму праці і відпочинку, регламентація місця і тривалості роботи в умовах опромінення; облаштування спеціальних місць, кабін і кімнат відпочинку.

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

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

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

Для зниження рівня вібрації всі агрегати, що їх створюють (робочі машини, залізничний транспорт, двигуни, вентилятори), встановлюють на самостійних фундаментах, віброізольованих від підлоги і інших конструкцій будівель, або на спеціально розрахованих амортизаторах із сталевих пружин або пружних матеріалів. Для ослаблення передачі вібрації і шуму по повітроводам і трубопроводам приєднання їх до вентиляторів і насосів виконується за допомогою гнучкої вставки з гумової тканини або гумового патрубку. Інтенсивність вібрацій деталей агрегатів зменшують шляхом облицювання їхніх поверхонь або заповнення спеціально передбачених повітряних порожнин в них демпфуючими матеріалами.

На роботах із шкідливими умовами праці, а також в особливих температурних умовах або пов'язаних із забрудненням тіла робітників і службовців, відповідно до встановлених норм безкоштовно видаються засоби індивідуального захисту (ЗІЗ). До таких засобів відносяться засоби захисту очей, органів дихання, органів слуху від шуму, захист від вібрації, захисні мазі і спеціальний одяг. Найбільш поширеним засобом захисту очей є запобіжні окуляри, які захищають око від шкідливого впливу і разом з тим якомога менше



обмежують поле зору, не запітнівають, зберігають ясність бачення, допускають вентиляцію повітря, добре прилягають до обличчя і не роздратовують шкіру. Крім того, окуляри повинні бути міцні і легкі.

В даний час для захисту від пилу застосовують безклапанний респіратор «Пелюстка» і клапанні респіратори: з ватним фільтром, з фетровим фільтром, з паперовим фільтром. Ефективність респіратора «Пелюстка» досягає 100% за умов нормальної вологості повітря[21].

Фільтруючі протигази служать для захисту органів дихання від шкідливої пари і газів. Як поглиначі застосовують активоване вугілля, силікагель, хемосорбенти [24-25].

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

### **3.3 Технічні рішення по гігієні праці і виробничий санітарії**

#### **3.3.1 Мікроклімат**

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

Місцеві відсмоктувачі організуються укриття від гуркоту, головної частини агломашини від місця завантаження окомкувателя шихти. Кондиціонування повітря організують в постах управління дробників і агломератчиків. Опалення виробничих приміщень повітряне, поєднане з припливною вентиляцією. Для опалення галерей з конвеєрами, які переміщують

паруючі матеріали, застосовують місцеві нагрівальні прилади центрального опалення, розраховані на отримання температури в приміщеннях до +5 °С.

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

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

Таблиця 3.2 - Допустимі параметри повітряного середовища в робочій зоні

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

### 3.3.2 Освітлення виробничих приміщень

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

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

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

### **3.3.3 Виробничий шум, виробнича вібрація**

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

На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях і на території підприємств допустимий рівень звуку встановлено 75...80 дБА, для якого ймовірність пошкодження слуху практично дорівнює "0" при будь-якому стажі роботи, фактичний рівень шуму на аналізованому ділянці становить 88 дБА, що перевищує норму [25].

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

Для захисту робітників від шуму слід звукоізулювати вбудовані приміщення - головні пости управління, приміщення обчислювального центру, кімнати відпочинку. Для зниження шуму агрегатів використовують: звукоізулюючі кожухи ( для грохотів і дробарок) , в які укладають або весь агрегат, або його шумливі вузли [25]. Ослаблення шуму повітро(газо)проводів досягають плавністю руху повітряного потоку, плавними переходами в місцях зміни напрямку трубопроводу, застосування глушників. Над шумним устаткуванням підвішують штучні звукопоглиначі - плоскі або об'ємні звукопоглинаючі елементи.

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

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

### **3.3.4 Виробничі випромінювання**

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

Вплив теплового опромінення на органи зору викликає тепловий ефект. При інтенсивності опромінення понад  $63 \text{ МДж на м}^2/\text{год}$  може виникнути катаракта очей. Підвищений тепловий вплив на організм людини призводить до перенапруження його терморегуляторних функцій і може викликати порушення теплового балансу організму. Посилене потовиділення при напруженій м'язовій роботі в умовах підвищеного температурного режиму призводить до втрати кров'ю хлористого натрію, що є основним елементом утримує в крові воду. Крім того, різке коливання температури призводить до різних простудних захворювань [25].

### **3.4 Електробезпека**

Основні споживачі електричної енергії в агломераційному цеху:

Змінний струм. Напруга 6000 В:

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

- Електродвигуни димососів випалювальних машин: ВАО 2-560 LA-4У2 потужністю 800 кВт;
- Електродвигуни молоткових дробарок: ДАЗО 4-450У-8У11Р24 потужністю 500 кВт;
- Електродвигуни повітродувки: БАМСО 15-10-8 потужністю 360 кВт.

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

За технологічним вимогам чотирипровідна мережа дозволяє використовувати два робочих напруги - лінійна і фазна. При цьому досягається значне здешевлення електроустановки в цілому завдяки застосуванню меншого числа трансформаторів, меншого перерізу проводів і т. п. Трифазна мережа дозволяє використовувати тільки одну напругу. По умовам безпеки в період нормального режиму роботи, умов дотику до фазному дроті, більш безпечна трипровідна мережа з ізолюваною нейтраллю. У аварійний період роботи безпечніше мережа з глухозаземленою нейтраллю. Застосування трипровідних мереж з ізолюваною нейтраллю доцільно в тих випадках, коли є можливість підтримувати високий рівень ізоляції провідників мережі відносно землі. Такими є порівняно короткі мережі, не схильні до дії агресивного середовища і перебувають під постійним наглядом електротехнічного персоналу. Виробнича середовище агломераційного цеху не задовольняє цим умовам. Електричні мережі в цеху схильні до впливу агресивного середовища, мають велику протяжність, через яку неможливо швидко відшукати або усунути пошкодження ізоляції, що робить доцільним застосування чотирипровідних електричних мереж з глухозаземленою нейтраллю.

### **3.5 Пожежна безпека**

В технологічному процесі агломераційного виробництва застосовуються горючі матеріали: кокс, коксовий дріб'язок, антрацитовий штиб. Тому ділянки, на яких вони звертаються (відділення дроблення і грохочення коксика, коксової дрібниці і антрацитового штибу, вагоноперекидачів для їх розвантаження, склади

коксика і антрацитового штибу, прийомні бункера коксика і вугільного штибу, корпус брикетування) - відносяться до виробництва категорії В. Кабельні поверхи також відповідають категорії виробництва В.

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

Відділення, дільниці, пов'язані з обробкою, складуванням, сортуванням шихтових матеріалів (крім горючих матеріалів), відносяться до виробництва категорії Д (рудний двір, склад сирих матеріалів, відділення сортування агломерату, корпус шихтових бункерів, відділення дроблення і грохочення шихтових матеріалів, ділянка зневоднення шламів, прийомні бункера руди, концентратів, окалини, вапняку та ін).

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

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

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

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

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

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

### **3.6 Техногенна безпека в агломераційному виробництві**

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

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

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

Таблиця 3.3 - Основні види аварій в металургії..

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

Ділянки, що пов'язані з дробленням (подрібненням) палива (корпус дроблення вугілля, відділення дроблення і грохочення вугілля), є вибухопожежонебезпечні, так як при подрібненні виділяються вибухонебезпечні пилю. Вибухи пилю супроводжуються виникненням великих тисків (до 10 кг/см<sup>2</sup>). Відділення, дільниці, пов'язані з тепловою обробкою і наступним охолодженням агломерату, спалюванням палива (корпус агломерації, відділення охолодження агломерату та його сортування, відділення випалу вапняку, корпусу карбонізації і сортування брикетів та їх сушіння, навантаження гарячого агломерату в піввагони) відносяться до небезпечних об'єктів, на яких виділяється променисте тепло, полум'я та іскри.

Від загального числа аварій, що сталися на металургійних підприємствах за 1990-2002г.г., 2,1% припадають на вибухи і пожежі в агломераційному виробництві.[31]



### 3.7 Інженерна розробка захисту від небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища в агломераційному цеху

Екран розраховується за формулою:

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

де  $\mu$  - певне відносне зниження температури;

$T_d$  - температура екраніруемого джерела випромінювання, К;

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

$T_e$  — температура екрана, К;

$T_e = 308 \text{ К}$ ;

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

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

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

де  $T_{\Pi}$  — температура навколишнього повітря, К;

$T_{\Pi} = 312 \text{ К}$ ;

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

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

де  $A_d$ ,  $A_{\Pi}$  - ступінь чорноти відповідно джерела випромінювання і екрану;

$A_d = 0,95$ ;

$$A_{д,е} = \frac{1}{(\frac{1}{0,95} + \frac{1}{0,96} - 1)} = 0,92.$$

$A_{д,п}$  - приведена ступінь чорноти джерела і повітря,

$$A_{д,п} = \frac{1}{(\frac{1}{A_d} + \frac{1}{A_{\Pi}} - 1)}; \quad (3.4)$$

де  $A_{\Pi}$  - ступінь чорноти повітря,

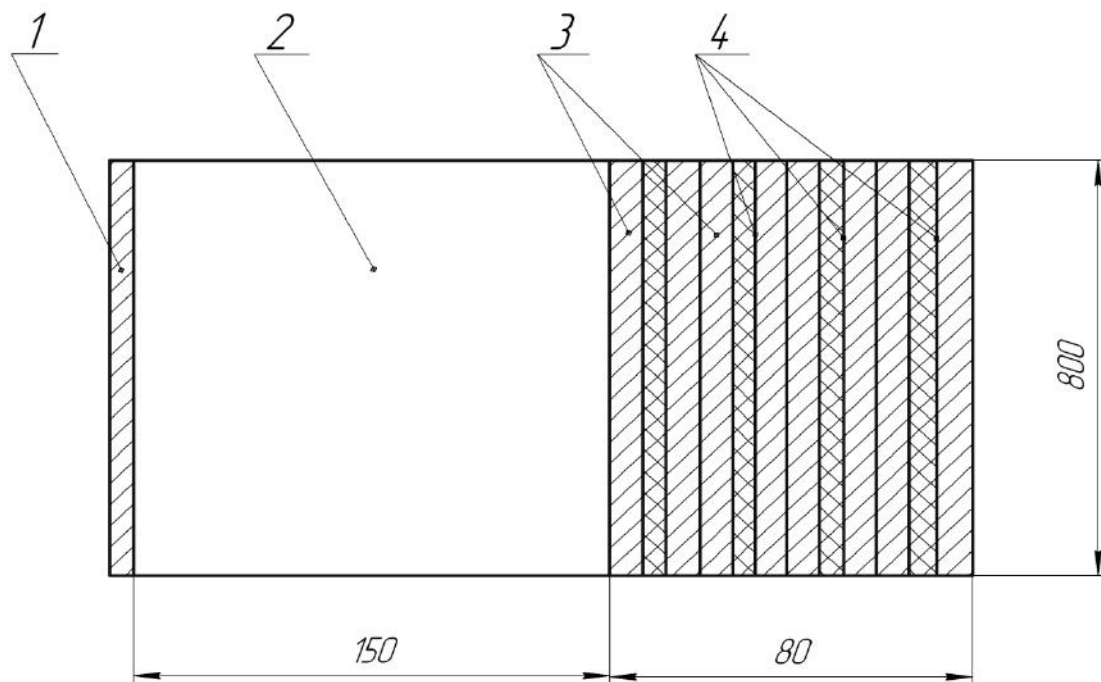
$A_{\Pi} = 0,03$ ;

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

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

Приймаються кількість екранів - 4шт.

Таким чином, щоб зменшити нагрів поста управління агломератника і тим самим значно скоротити вплив інфрачервоного випромінювання на організм робітника, необхідно встановити 4 шару екрану, що складається з 2 листів заліза, між якими прокладений шар азбестового картону. Товщина екрана 80мм, відстань між екраном і постом управління (повітряний прошарок) 150 мм. На рис. 4.3 показана схема теплозахисного екрана.



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

Рисунок – 3.2 Схема теплозахисного екрану

Таким чином, в даному розділі проаналізовано шкідливі і небезпечні фактори агломераційного процесу, а також розроблені заходи поліпшують умови праці робітників агломераційного цеху.

## 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Організація роботи на ділянці очищення газів

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

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

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

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

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

Для системи хімічної очистки технологічних газів агломашин простої на поточні та капітальні ремонти становлять 15 днів на рік. Ефективний фонд часу газоочисної установки, г:

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

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

Коефіцієнт використання установки у часі:

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

Результати розрахунку представлені в таблиці. 4.1.

Таблиця 4.1. - Баланс робочого часу газоочисної установки

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

#### 4.2 Планування виробничої програми

Річну виробничу потужність газоочисної установки визначаємо за формулою, м<sup>3</sup>/рік:

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

де,  $N$  - технічна норма продуктивності основного агрегату очисної установки в одиницю часу, м<sup>3</sup>/год. (н. у.).

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

$n$  - кількість паралельно працюючих основних апаратів газоочисної установки.

Для системи хімічної очистки технічна продуктивність становить 90000 м<sup>3</sup>/год.

$$\Pi = 90000 \cdot 8400 \cdot = 756 \cdot 10^6 \text{ (м}^3\text{/рік)}.$$

Кількість уловленого сірчаного ангідриду визначаємо з виразу, т:

$$Q = \frac{(C_1 - C_2) \times \Pi}{10^6} \quad (4.4)$$

де  $C_1$  – вміст ангідриду до очищення, г / м<sup>3</sup>;

$C_2$  – вміст ангідриду після очищення, г / м<sup>3</sup>.

Кількість уловленого ангідриду дорівнює:

$$Q_6 = (0,4 - 0,04) * 756 * 10^6 / 10^6 = 205,8 \text{ т.}$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 - Виробнича програма

Показник	Одиниці виміру	ОА
Річна продуктивність газоочисної установки, $P$	млн. м <sup>3</sup>	756
Технічна норма продуктивності, $N$	м <sup>3</sup> /год.	90000
Початковий вміст SO <sub>2</sub> , $C_1$	г/м <sup>3</sup>	0.4
Кінцевий вміст SO <sub>2</sub> , $C_2$	г/м <sup>3</sup>	0.04
Кількість вловленого SO <sub>2</sub> , $Q$	т	205,8

### 4.3 Розрахунок штатної чисельності та фонду оплати праці основних робітників

Розраховуємо кількість робочих для обслуговування очисних споруд, що складається з реактору, електрофільтру, абсорбера, теплообмінника і димососа.

Час обслуговування 1 умовної одиниці:  $t_0 = 1,2$  чол-год.

Оскільки схема очистки складається з декількох умовних одиниць (4 апарати), то в першу чергу визначаємо час обслуговування одного апарату, чол-год:

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

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

$K_2$  – емпіричний коефіцієнт, що дорівнює:

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

де  $m$  – число умовних одиниць в системі хімічної очистки.

$$K_2 = 1,1^4 = 1,61, \text{ тоді}$$

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

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

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

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

$K_1$  – емпіричний коефіцієнт, що дорівнює

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

де  $n$  – кількість апаратів.

Визначаємо сумарне середньо змінний час обслуговування агрегатів:  
для схеми очистки:

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

для димососа:

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

Визначаємо сумарний середньо змінний час обслуговування установки:

$$T_{\text{уст}} = T_{\text{рф}} + T_{\text{дим}}, \text{ чол} \cdot \text{год} / \text{зм}$$

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

Змінне загальну явочну чисельність обслуговуючого персоналу визначаємо за формулою:

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

де  $l$  – задана тривалість зміни, год.;

$S$  – тривалість тижневого циклу роботи обладнання, год.;

$L$  – тривалість робочого тижня, ч.

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

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

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

Добовий склад, чол.:

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

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

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

Штатний склад основний робочих ділянки газоочистки дорівнює, чол.:

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

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

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

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

Списочний склад основний робочих ділянки газоочистки становить, чол.:

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

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

Приймаємо  $Ч_{cn} = 5$  чоловік.

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

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

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

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

#### 4.5 Розрахунок капітальних вкладень

Необхідні капітальні вкладення (грн.) охоплюють вкладення в основні і оборотні кошти і визначаються методом прямого розрахунку окремих елементів вкладень. У загальному вигляді капітальні вкладення включають в себе наступні види витрат:

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

Капітальні вкладення за проектним варіантом приймаються з урахуванням технічних рішень з газоочистки.

Вартість основного обладнання ( $C_A$ ) наведена в табл.4.3.

Вартість додаткового обладнання (КВП) приймається в розмірі 25% від вартості основного обладнання:

$$C_d = 0,25 \cdot C_A, \quad (4.13)$$

$$C_d = 0,25 \cdot 2598,0 = 649,5 \text{ тис. грн.}$$

Вартість установки і монтажу нового обладнання приймається в розмірі 30% від вартості основного обладнання:

$$C_M = 0,3 \cdot C_A, \quad (4.14)$$

$$C_M = 0,3 \cdot 3056,0 = 916,8 \text{ тис. грн.}$$

Вартість монтажу комунікацій приймається в розмірі 15% від вартості основного обладнання:

$$C_K = 0,15 \cdot C_A, \quad (4.15)$$

$$C_K = 0,15 \cdot 2598,0 = 389,7 \text{ тис. грн.}$$

Вартість накладних витрат беремо 20% від вартості основного обладнання:

$$C_H = 0,2 C_A, \quad (4.16)$$

$$C_H = 0,2 \cdot 2598,0 = 519,6 \text{ тис. грн.}$$

Вартість будівель. Об'єм будівлі становить. Вартість  $1\text{ м}^3$  будівлі приймається 45,30 грн.

$$C_{\text{буд}} = 8965 \cdot 45,30 = 406,1 \text{ тис. грн.}$$

Таблиця 4.3 – Капітальні вкладення в газоочистну установку

Устаткування	Проектний варіант		
	Кіл-сть одиниць	Цена один., грн.	Сума, тис. грн.
Реактор	5	800000	4000
Моногідратний абсорбер	3	160000	480
Електрофільтр	1	500000	500
Теплообмінник	1	30000	30
Холодильник	1	16000	16
Димосос	1	50000	50
Насосний агрегат	3	30000	90
Агрегат живлення	1	30000	30
<b>Всього основного устаткування</b>			<b>5196</b>
КВП			1299
<b>Всього устаткування (<math>C_{\text{уст}}</math>)</b>			<b>6495</b>
Вартість монтажу устаткування			1558,8
Вартість монтажу комунікацій			779,4
Вартість накладних витрат			1039,2
Вартість споруд			812,2
Всього капітальних затрат на $1000 \text{ м}^3$ газу, грн			14,1
<b>Всього капітальних вкладень</b>			<b>10685</b>



#### 4.6 Розрахунок експлуатаційних витрат

Основна задача планування витрат на очищення газу - виявлення та використання резервів для зниження витрат.

Річні експлуатаційні витрати на очищення газів розраховуються за формулою:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6, \quad (4.17)$$

де  $C_1$  - витрати на електроенергію;

$C_2$  - амортизаційні відрахування;

$C_3$  - витрати на зарплату;

$C_4$  - нарахування на зарплату;

$C_5$  - витрати на поточний ремонт та утримання основних фондів;

$C_6$  - інші витрати.

Розрахуємо витрати на електроенергію:

$$C_1 = \frac{B \cdot N \cdot T_{\text{еф}} \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}{1000}, \quad (4.18)$$

де  $B$  – вартість електроенергії, грн/кВт · год;

$N$  – сумарна потужність електродвигунів, кВт;

$T_{\text{еф}}$  - ефективний фонд часу роботи обладнання, год;

$\eta_1$  – коефіцієнт використання обладнання;

$\eta_2$  – коефіцієнт корисної дії електродвигунів.

Приймаємо, що вартість електроенергії для підприємств становить 0,8 грн/кВт·год. Сумарна потужність електродвигунів становить 338 кВт. Ефективний фонд часу роботи обладнання становить 8760 год. Коефіцієнт використання обладнання складає 0,95. Коефіцієнт корисної дії електродвигунів 0,85.

$$C_1 = \frac{2,14 \cdot 338 \cdot 8760 \cdot 0,95 \cdot 0,85}{1000} = 5116,5 \text{ тис. грн.}$$

$$C_{1 \text{ уд}} = 6,76 \text{ грн/1000м}^3.$$

Амортизаційні відрахування визначаються укрупненим методом. Укрупнені норми амортизації приймаються:

- для обладнання - 15%;
- для КВП - 25%;

- для будівель - 5%.

$$C_2 = 0,05 \cdot C_{\text{буд}} + 0,25 \cdot C_{\text{д}} + 0,15 \cdot C_{\text{уст}}, \quad (4.19)$$

$$C_2 = 0,05 \cdot 812,2 + 0,25 \cdot 1299,0 + 0,15 \cdot 5196,0 = 1144,8 \text{ тис. грн.}$$

$$C_{2\text{уд}} = 1,51 \text{ грн/1000м}^3.$$

Основні витрати по зарплаті:

$$C_{3\text{осн}} = n \cdot Z \cdot 12, \quad (4.20)$$

де  $n$  – кількість людей, які обслуговують газоочистну установку, чол.;

$Z$  – заробітня плата одного працюючого у місяць, грн.;

12 – кількість місяців у році.

Усю газоочистну установку обслуговує 8 чоловік. Кожен робочий має заробітню плату, яка становить 10564 грн. у місяць. За рік витрати на заробітню плату становлять:

$$C_{3\text{осн}} = 8 \cdot 10564 \cdot 12 = 1014144 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітня плата:

$$C_{3\text{дод}} = Z_{\text{дод}} \cdot n, \quad (4.21)$$

де  $Z_{\text{дод}}$  - фонд додаткової заробітньої плати працюючого у рік, грн.

Фонд додаткової заробітньої плати (доплата за якісне виконання виробничого завдання (преміальні), за професійну майстерність, за роботу у вечірній час, нічний час святкові дні, інші доплати) становить 16000 грн. в рік на одного працюючого.

$$C_{3\text{дод}} = 16000 \cdot 8 = 128000 \text{ грн.}$$

$$C_{3\text{уд осн}} = 1,34 \text{ грн/1000м}^3.$$

$$C_{3\text{уд дод}} = 0,17 \text{ грн/1000м}^3.$$

Нарахування на зарплату становлять:

$$C_4 = C_{3\text{осн}} + C_{3\text{дод}}, \quad (4.22)$$

$$C_4 = 1014144 + 128000 = 1142144 \text{ грн.}$$

$$C_{4\text{уд}} = 1,5 \text{ грн/1000м}^3.$$

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

$$C_5 = 0,15 \cdot C_2, \quad (4.23)$$

$$C_5 = 0,15 \cdot 1144,8 = 171,72 \text{ тис. грн.}$$

$$C_{5 \text{ уд}} = 0,23 \text{ грн/1000м}^3.$$

Інші цехові витрати становлять 25% від суми витрат на амортизацію та поточний ремонт:

$$C_6 = 0,25 \cdot (C_2 + C_5), \quad (4.24)$$

$$C_6 = 0,25 \cdot (1144,8 + 171,72) = 1316,52 \text{ тис. грн.}$$

$$C_{6 \text{ уд}} = 1,74 \text{ грн/1000м}^3.$$

$$C = 6,76 + 1,51 + 1,34 + 1,5 + 0,23 + 1,74 = 13,08 \text{ грн/1000м}^3.$$

Результати розрахунків зводяться в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2-Експлуатаційні витрати на очищення 1000м<sup>3</sup> газу.

Витрати	Проектний, грн/1000м <sup>3</sup>
Витрати на електроенергію	6,76
Амортизаційні відрахування	1,51
Заробітня плпта працюючих:	
- основна	1,34
- додаткова	0,16
Нарахування на зарплату	0,43
Витрати на поточний ремонт	0,23
Інші цехові витрати	1,74
<b>Усього затрат</b>	<b>13,08</b>

#### 4.7 Техніко-економічне обґрунтування очищення проектного варіанту

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

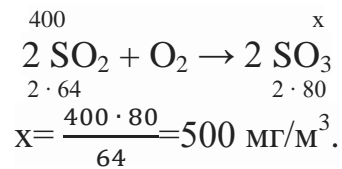
Річний економічний ефект від ухвалення нових технологій:

$$E_p = E_1 + E_2, \quad (4.25)$$

де  $E_1$  – річна годова економія на  $H_2SO_4$ , грн;

$E_2$  – економія на викидах  $SO_2$  за рік, грн;

Кількість утвореної  $SO_3$ :



Кількість утвореної  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :

$$M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{x \cdot Q \cdot \eta \cdot 8760}{1000000}, \quad (4.26)$$

$$M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{0,5 \cdot 90000 \cdot 0,9 \cdot 8760}{1000000} = 355 \text{ т.}$$

Річна економія на  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :

$$E_1 = C_1 \cdot M_{\text{H}_2\text{SO}_4}, \quad (4.27)$$

де  $C_1$  – ціна технічної  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , грн.

Ціна технічної  $\text{H}_2\text{SO}_4$  складає 5800 грн/т.

$$E_1 = 355 \cdot 5800 = 2059000 \text{ грн.}$$

Економія на викидах  $\text{SO}_2$ :

$$E_2 = M_{\text{SO}_2} \cdot C_2, \quad (4.28)$$

де  $C_2$  – вартість викиду  $\text{SO}_2$ , грн;

$M_{\text{SO}_2}$  – кількість вловленої  $\text{SO}_2$ , т.

Нормативний екологічний податок за викид  $\text{SO}_2$  складає 2451,84 грн/т.

$$E_2 = 205,8 \cdot 2451,84 = 504589 \text{ грн.}$$

$$E_p = 2059000 + 773212 = 2563589 \text{ грн.}$$

Термін окупності витрат:

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

$$T_{\text{ок}} = \frac{10658000}{2563589} = 4,16 \text{ роки.}$$

Розрахунковий коефіцієнт ефективності капітальних вкладень:

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

$$E_{\text{кап}} = \frac{1}{4,16} = 0,24 \text{ грн/рік/грн.}$$

Результати розрахунків зведені в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Техніко - економічні показники від впровадження проекту комбінованої системи газоочистки.

Показники	Один. виміру	Проектний варіант
Кількість очищувального газу	млн. м <sup>3</sup>	756
Капітальні вкладення на очищення 1000 м <sup>3</sup> газу	грн	14,1
Витрати на очищення 1000 м <sup>3</sup> газу	грн	13,08
Річна економія на H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	тис. грн	2059,0
Економія на викидах SO <sub>2</sub>	тис. грн	504,6
Річний економічний ефект	тис. грн	2563,6
Термін окупності витрат	рік	4,16
Розрахунковий коефіцієнт ефективності	грн/(грн·рік)	0,24

## ВИСНОВКИ

На базі проведеного аналізу існуючих методів зниження антропогенного навантаження на довкілля при виробництві агломерату встановлено, що найбільш перспективним є використання адсорбційного та каталітичного методу очищення від сірчаного ангідриду технологічних газів агломашин.

У спеціальній частині був розглянутий хімічний метод очистки технологічних газів, проведений розрахунок усіх основних газоочисних апаратів, виконаний вибір і розрахунок допоміжного обладнання.

Для значного поліпшення та отримання оптимальних умов праці був проведений аналіз основних шкідливих і небезпечних факторів виробничого середовища та запропоновано, базуючись на розрахунку, виконати теплоізоляцію кабіни керування.

В економічній частині описані структура управління та організація робіт в цеху, виконаний розрахунок собівартості очищення 1000 м<sup>3</sup> газів, яка становить 14,08 грн. для проектного варіанту. Розрахована ефективність капітальних вкладень і підрахований річний економічний ефект при впровадженні даної газоочистки.

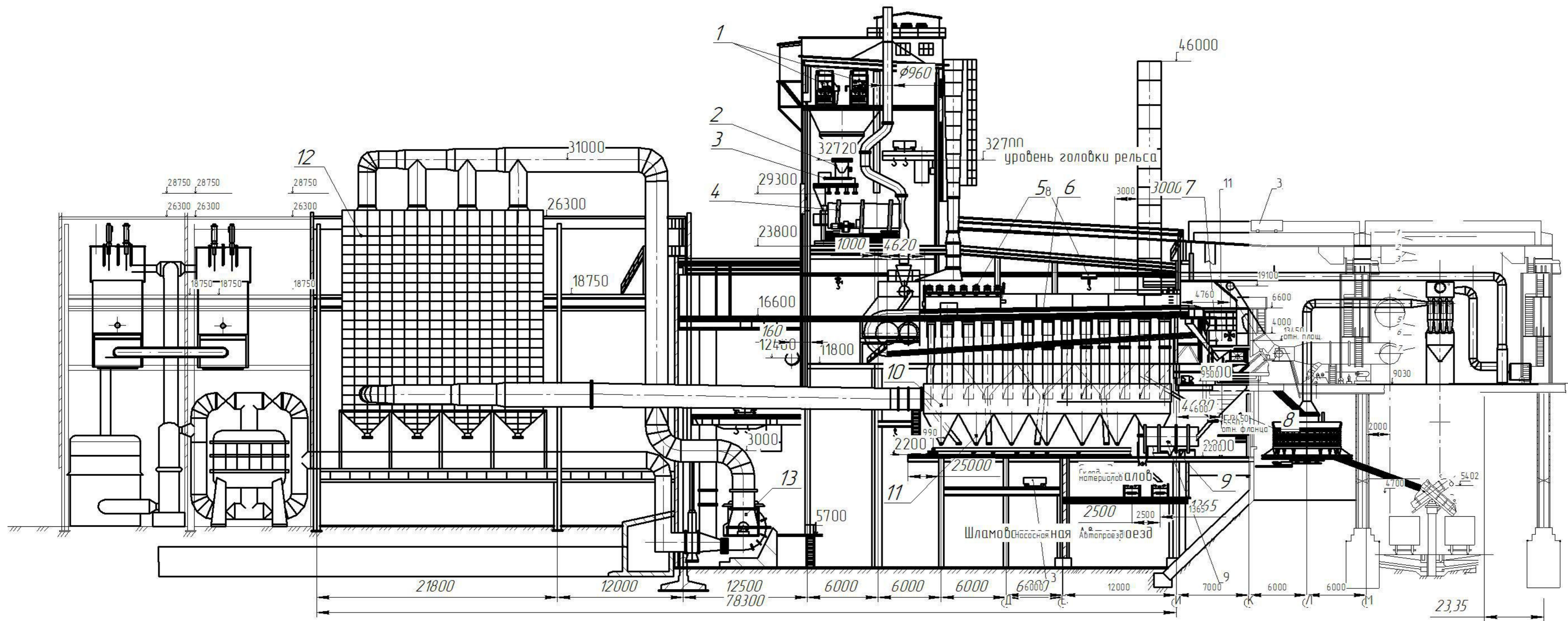
## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Толочко А.И., Филиппев О.В., Славин В.И., Гурьев В.С. Очистка технологических и неорганизованных выбросов от пыли в черной металлургии. – М.: Металлургия, 1986. – 208 с.
2. Старк С.Б. Газоочистные аппараты и установки в металлургическом производстве. – М.: Металлургия, 1990. – 498 с.
3. Вегман Е.Ф. Окускование руд и концентратов. – М.: Металлургия, 1968. – 258 с.
4. Вегман Е.Ф. Процесс агломерации. – М.: Металлургиздат, 1963. – 274с.
5. Кулибин В.А. Подготовка руд к плавке. – М.: Металлургиздат, 1962. – 213с.
6. Парфенов А.М. Основы агломерации железных руд. – М.: Металлургиздат, 1981. – 418 с.
7. Денисов С.И. Улавливание и утилизация пылей и газов. – К.: Высшая школа, 1992. – 333 с.
8. Термокаталитические реакторы для очистки газов // Каталогный листок / Химнефтемаш. М.: ЦИНТИ, 1984.— 84 с.
9. А. с. 1060214 СССР. Реактор для проведения каталитических процессов / А. М. Сычева, В. С. Генкин, С. И. Мельников, Н. М. Дюрник и др. // Открытия. Изобретения. 1983. № 46. С. 18, 19.
10. Беляков Б. П., Исаков И. Г., Шейко А. В. Термические методы обезвреживания промышленных газообразных выбросов // Промышленная и санитарная очистка газов: Обзор, информ. Сер. ХМ-14/ ХИНТИхимнефтемаш. 1983.— 21 с.
11. А. с. 882056 СССР. Способ очистки отходящих газов / Г. К- Боресков, Ю. Ш. Матрос, В. М. Пажилова и др. // Открытия. Изобретения. 1982. № 15. С. 287.
12. А. с. 849594 СССР. Способ очистки отходящих газов / Г. К. Боресков, Ю. Ш. Матрос, В. Г. Луговской // Открытия. Изобретения. 1982. № 14. С. 320.
13. Катализ в промышленности / А. Слейш, У. Чоудри, Ф. Вагнер и др.: Пер. с англ, под ред В. М. Грязнова.— М.: Мир, 1986.— 291 с.

14. Дряхлое А. С., Калинкина Л. И., Жданович Н. В. и др. Об особенностях моделирования реактора санитарной очистки воздуха... // Каталитическая очистка газов: Матер. III Всесоюзн. конф. Ч. I.— Новосибирск. 1981. С. 121—128.
15. МРТ 37.056.142-82. Аппараты очистки газовых выбросов с замкнутым циклом и автономной системой управления. Унифицированные сборочные единицы.— М.: Стандарты, 1982.— 91 с.
16. И. Губайдулин Р. З., Квасов А. А., Шурин Р. М. Современные аппараты каталитической очистки газовых выбросов // Промышленная и санитарная очистка газов: Обзор, информ. Сер. ХМ-14. / ЦИНТИхимнефтемаш. 1985.— 29 с.
17. Торопкина Г. Н., Калинкина Л. И. Техничко-экономические показатели промышленной очистки газовых выбросов от органических веществ // Промышленная и санитарная очистка газов: Обзор, информ. / ЦИНТИхимнефтемаш. 1983. С. 4—18.
18. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов: Справ. изд. Алиев Г.М. – А. – М.: Металлургия, 1986. – 544 с.
19. Расчеты устройств для очистки промышленных газов от пыли: Учеб. пособие / Б.З. Теверовский. – К.: УМК ВО, 1991. – 92 с.
20. Методические указания к выполнению курсовой работы «Газоочистные аппараты в металлургии». / Сост. : Супруненко, Овсяник В.Д., Губачев В.В. – Запорожье.: ЗГИА, 1988. – 52 с.
21. Рысин С.А. Вентиляционные установки машиностроительных заводов: Справочник. – М.: МАШГИЗ, 1961. – 703 с.
22. Вышинский В.В. Безопасность труда при производстве железорудных окатышей. – М.: Металлургия, 1983. – 62 с.
23. Селезнев А.Е. Оборудование агломерационных фабрик черной металлургии. – М.: Металлургия, 1960. – 316 с.
24. Кривцов П.А. Техника безопасности на агломерационных и обогатительных фабриках. – М.: Металлургия, 1981. – 352 с.
25. Денисенко Г.Ф. Охрана труда. – М.: Высшая школа, 1985.



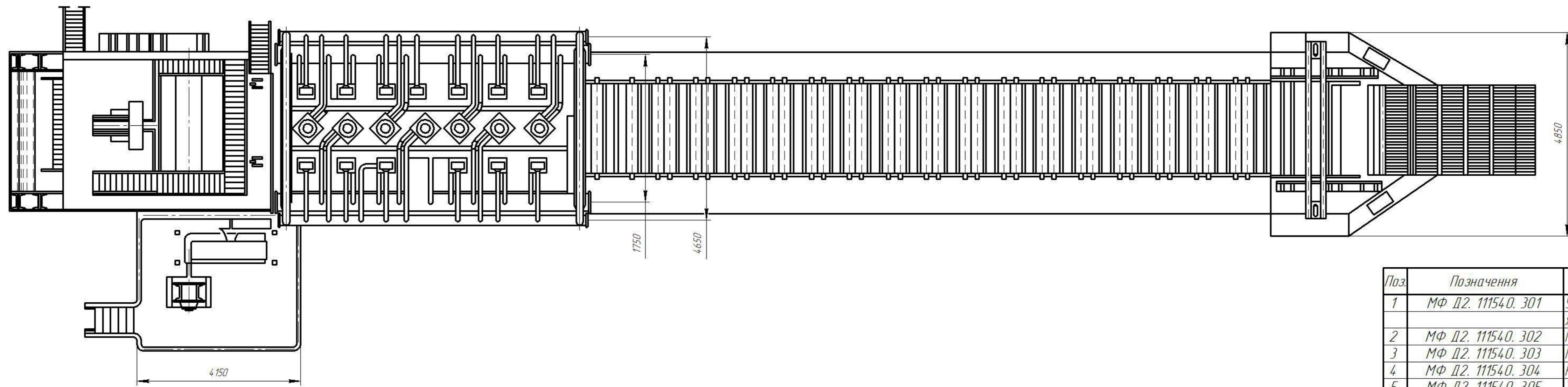
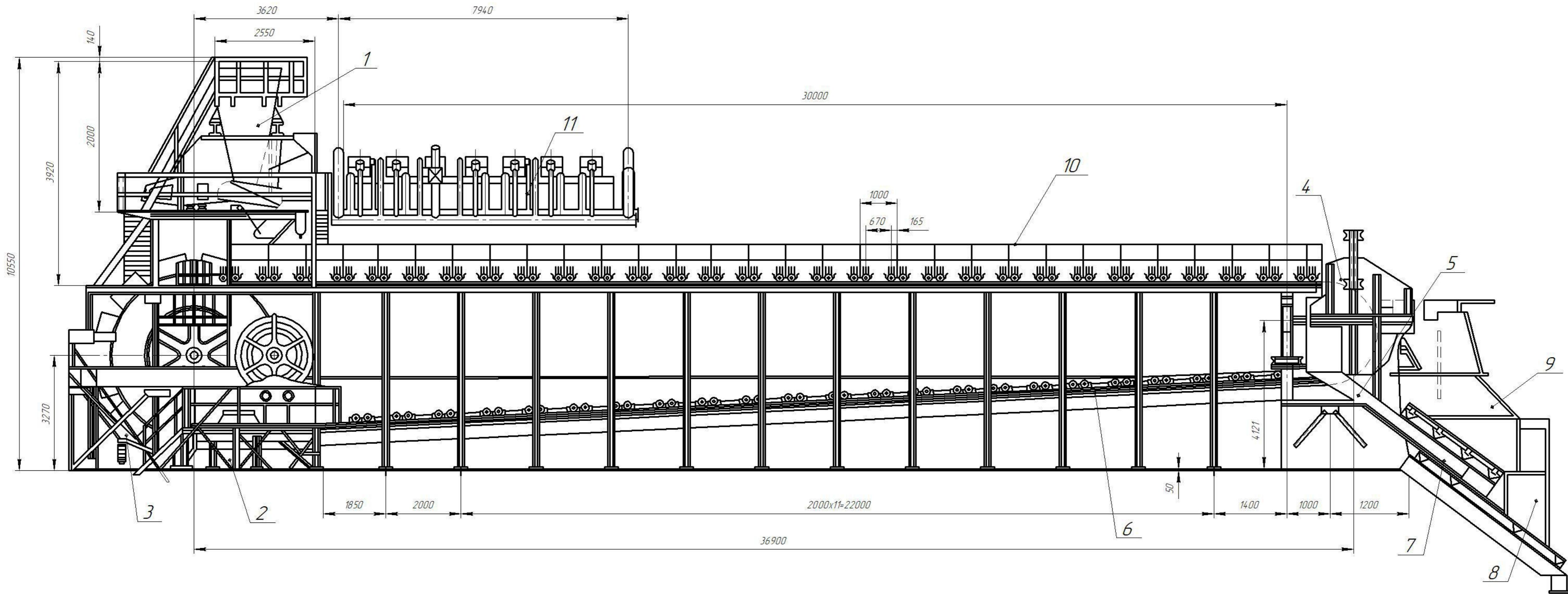
26. Правила устройства безопасной эксплуатации подъемных кранов. ДНАОП 000-10794. – Харьков, 1994.
27. Ефанов П.Д., Карнаух Н.Н. Безопасность труда в основных производствах черной металлургии. Справочник. – М.: Металлургия, 1982. – 248 с.
28. Ефанов П. Д., Берг И. А. Охрана труда и техника безопасности в сталеплавильном производстве. - М.: Металлургия, 1987г. – 230с.
29. Бринза В. Н., Зиньковский М. М. Охрана труда в чёрной металлургии. – М.: Металлургия, 1982г. – 335с.
30. Методичні вказівки до виконання розділу дипломних проектів (робіт) для студентів ЗДІА (спеціалістів) напряму 6.050401 «Металургія» /Укл. Румянцев В.Р., Панасейко С.П., Ткаліч І.О. – Запоріжжя, 2011. – 43с.
31. Тубольцев Л.Г., Голубых Г.Н., Падуи Н.И. Журнал «Ущерб на металлургическом предприятии». – Киев, 2011. – 25с.
32. Справочник сернокислотчика. Коллектив авторов, под ред. И проф. Малина К.М.. Издание 2-е, дополненное и переработаное. – М.: Химия, 1971. – 744с.
33. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования: Справочник. – М.: Металлургия, 2002. – 1017с.
34. Пылеулавливание в металлургии: Справ. изд. Алешина В.М., Вальдберг А.Ю., Гордон Г.М., Гурвиц А.А., Левин Л.С., Метус А.А. – М.: Металлургия, 1984. – 336с.
35. Москвитин Б.А., Мирончик Г.М., Москвитин А.С. Оборудование водопроводных и канализационных сооружений. – М.: Металлургия, 1984. – 425 с.
36. Технический каталог оборудования и услуг. – Запорожье: ООО Научно-производственное Предприятие «Днепроэнергосталь», 2002 – 52 с.
37. Кузнецов И.Е. и др. Оборудование для санитарной очистки газов: Справочник. – К.: Техника, 1989. – 304с.



Позиция	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
1	М Д2.030682.101	Конвейери для шихти	2	
2	М Д2.030682.102	Тарільчатий живильник	1	
3	М Д2.030682.103	Вібраційний грохот	1	
4	М Д2.030682.104	Бараний змішувач	1	
5	М Д2.030682.105	Запальвальний горн	1	
6	М Д2.030682.106	Агломеративна машина	1	
7	М Д2.030682.107	Драбарка для агломерату	1	
8	М Д2.030682.108	Живильник для звороту	1	
9	М Д2.030682.109	Охолоджувач звороту	1	
10	М Д2.030682.110	Колектор для газу	1	
11	М Д2.030682.111	Затвори	п	
12	М Д2.030682.112	Електрофільтр	1	
13	М Д2.030682.113	Екстаустер	1	

				ФБЦ.Д.2.180602.001				
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Разріз аглоцеху з реконструкцією			
Разр.	Сергієнко							
Проб.	Кожелякін				Лист	1	Листів	9
Т.контр.	Кожелякін				ЗНУ ФБЦ ПЕОП ЗНС-18мз			
Н.контр.	Рижков							
Утв.	Кожелякін							



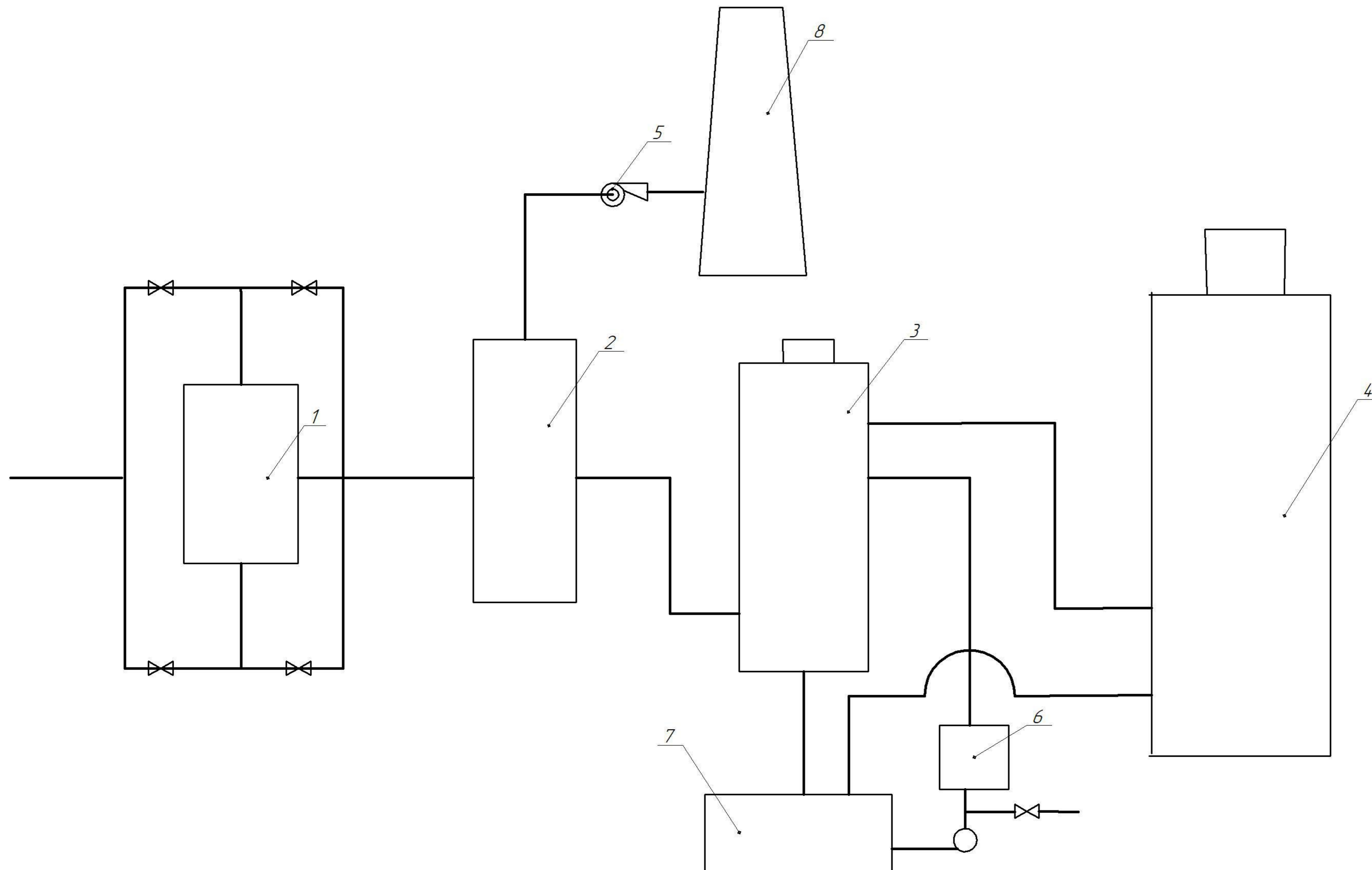


Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
1	МФ Д2. 11154.0. 301	Устатковина електродіраційного живильника шихти	1	
2	МФ Д2. 11154.0. 302	Головна частина	1	
3	МФ Д2. 11154.0. 303	Пристрій захисного кожуху	1	
4	МФ Д2. 11154.0. 304	Розвантажувальна частина	1	
5	МФ Д2. 11154.0. 305	Тічка для просипу	1	
6	МФ Д2. 11154.0. 306	Рецька хвостової частини	1	КР-70
7	МФ Д2. 11154.0. 307	Пристрій нахилених листів	1	
8	МФ Д2. 11154.0. 308	Устаткування дармою	1	
9	МФ Д2. 11154.0. 309	Відсічне приладдя	1	
10	МФ Д2. 11154.0. 310	Борти палети	10	
11	МФ Д2. 11154.0. 311	Пододжений газодий горн	1	
12	МФ Д2. 11154.0. 312	Укриття агломашини	1	

ФБЦ.Д2.180602.003

Лист		№ док.		Подп.		Дата		Лист		Листов	
Разраб.		Сергієнко						3		9	
Проб.		Кожем'якін						ЗНУ ФБЦ		ПЕОП ЗНС-18мз	
Т.контр.		Кожем'якін						Формат		А1	
Н.контр.		Рижко						Копіював			
Ств.		Кожем'якін						Формат		А1	

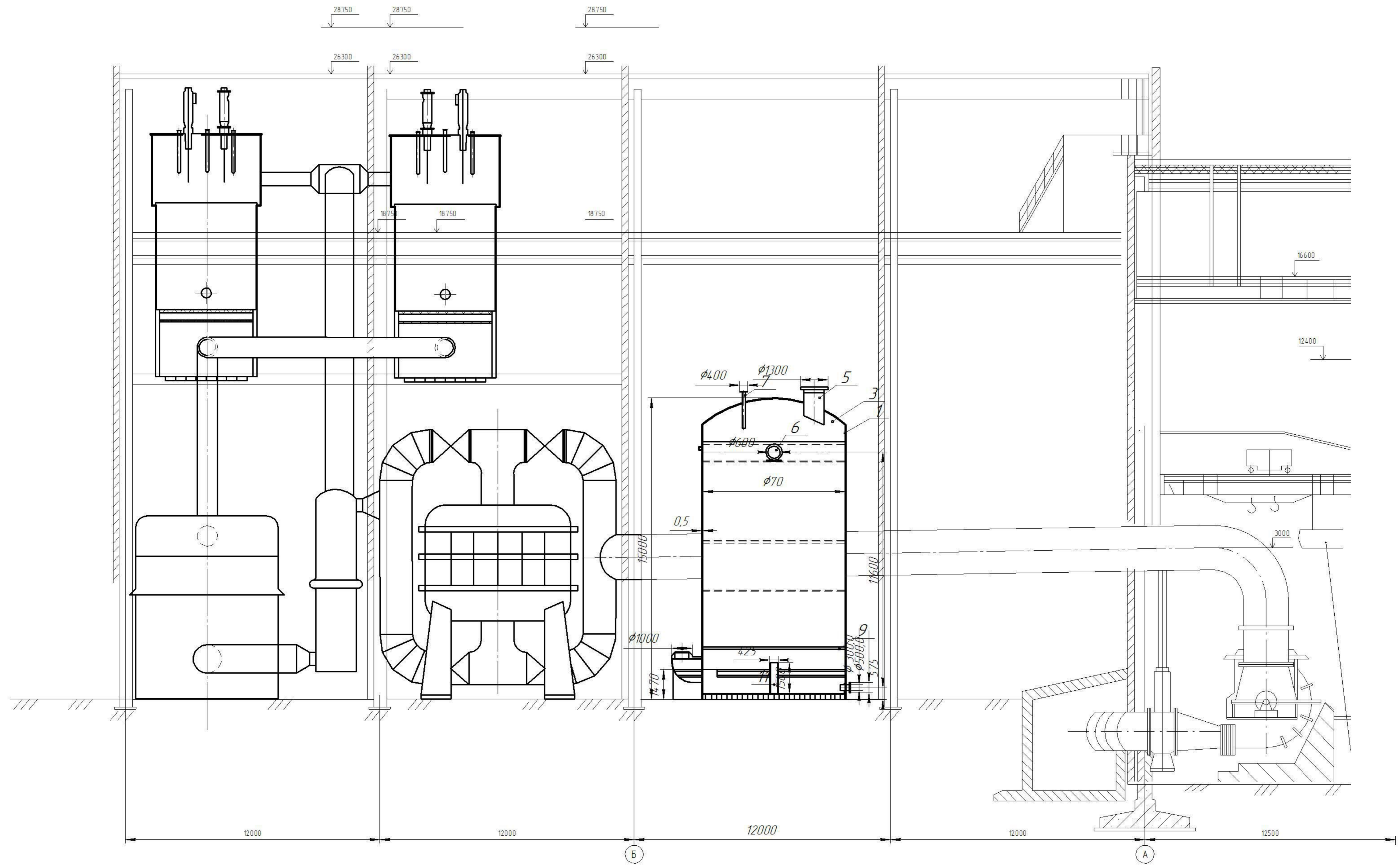
Лист № 3  
Листов 9  
ЗНУ ФБЦ  
ПЕОП ЗНС-18мз  
Формат А1



Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
1	МФ Д2. 130303.401	Реактор	5	
2	МФ Д2. 130303.402	Повітряний холодильник	1	
3	МФ Д2. 130303.403	Моногідратний адсорбер	3	
4	МФ Д2. 130303.404	Електрофільтр	1	
5	МФ Д2. 130303.405	Димосом	1	
6	МФ Д2. 130303.406	Бак для H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1	
7	МФ Д2. 130303.407	Газоповітряний холодильник	1	
8	МФ Д2. 13030308	Димова труба	1	

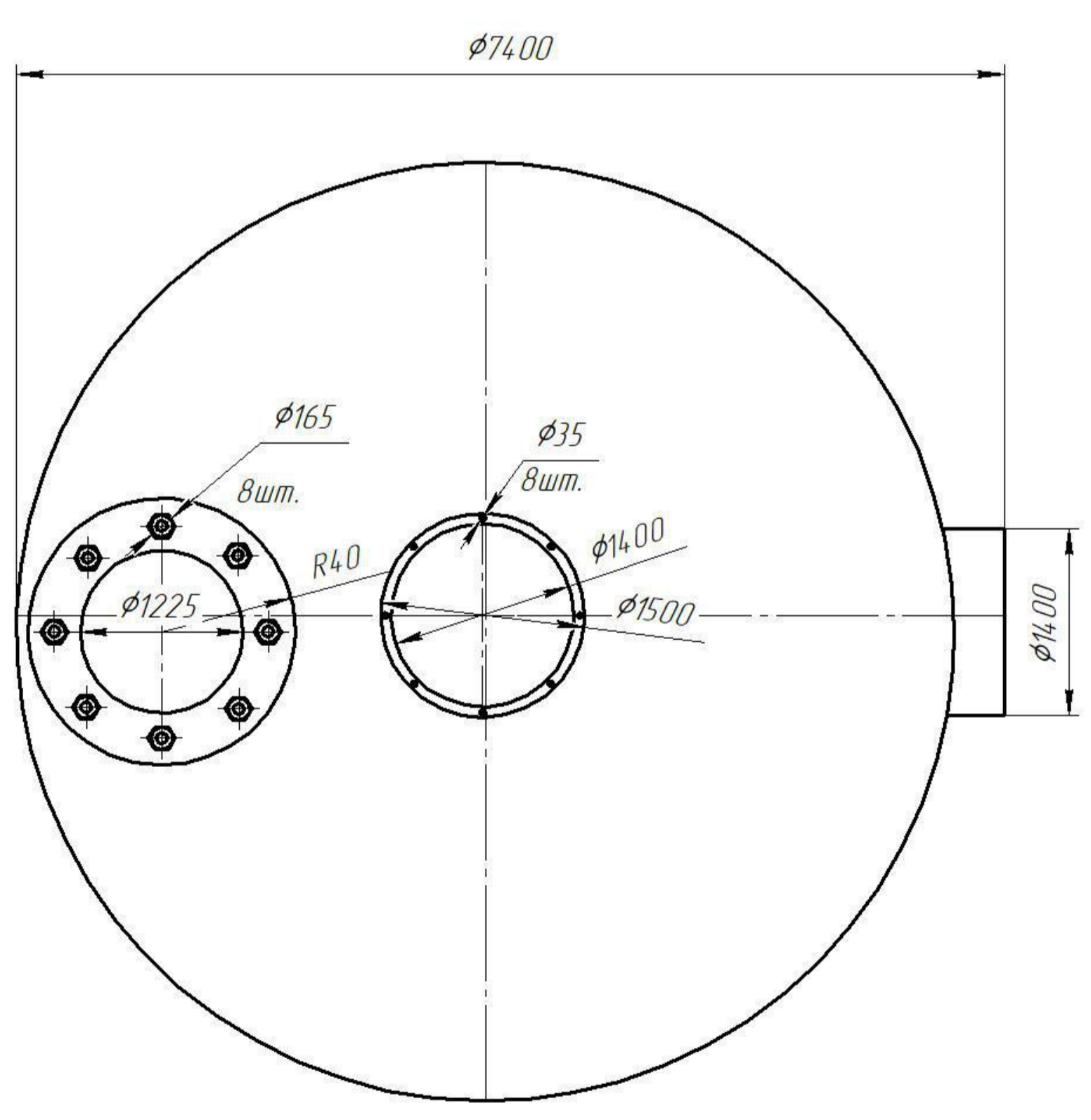
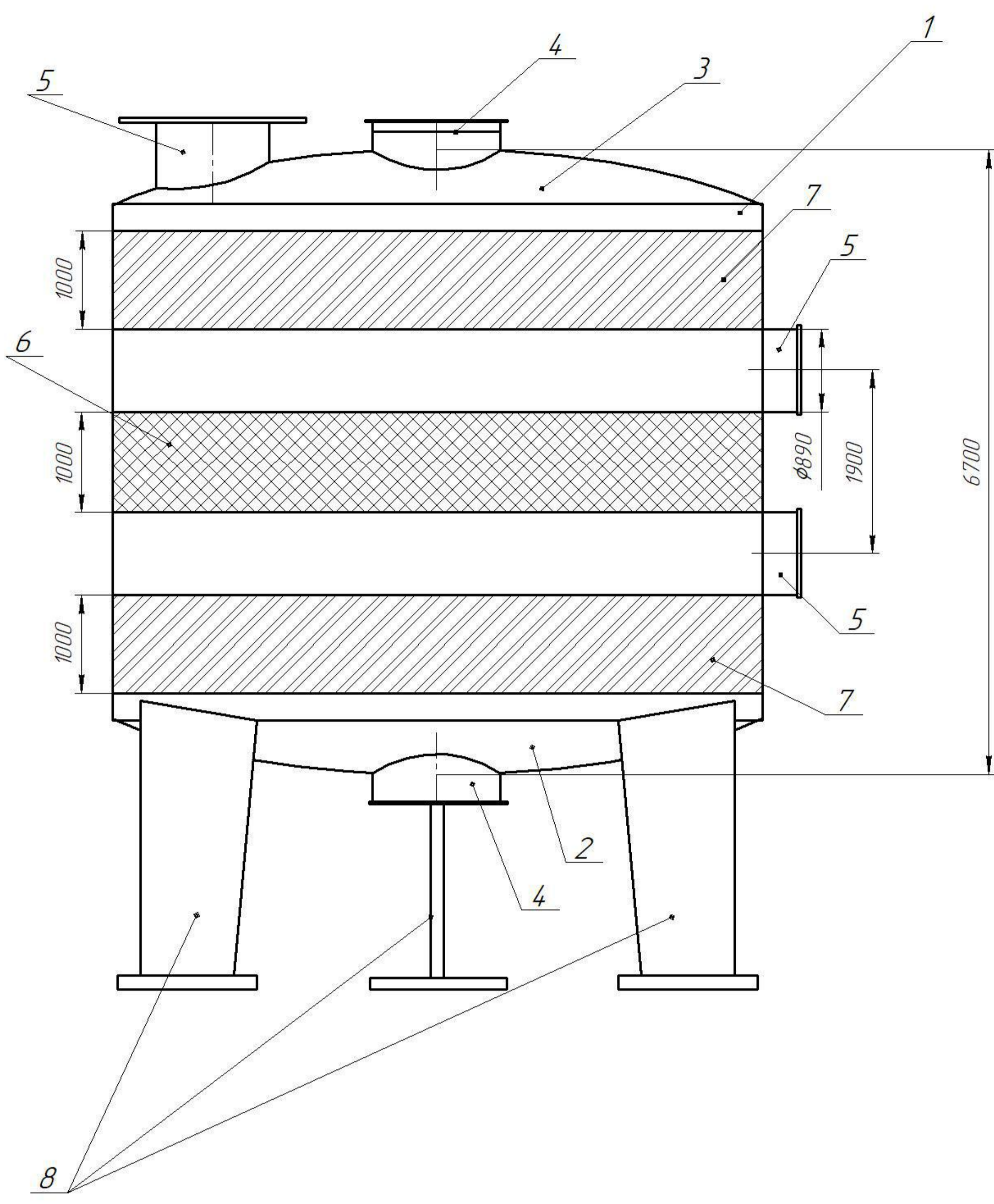
				ФБЦ.Д2.180602.003		
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Технологічна схема хімічної очистки газів	
Разр.	Сергієнко					
Проб.	Кожем'якін					
Т.контр.	Кожем'якін					
Н.контр.	Рижко				Лист 4	Листов 9
Ств.	Кожем'якін				ЗНУ ФБЦ ПЕОП ЗНС-18мз	

Перв. примен. \_\_\_\_\_  
 Справ. № \_\_\_\_\_  
 Подп. и дата \_\_\_\_\_  
 Инв. № \_\_\_\_\_  
 Взам. инв. № \_\_\_\_\_  
 Подп. и дата \_\_\_\_\_  
 Инв. № \_\_\_\_\_



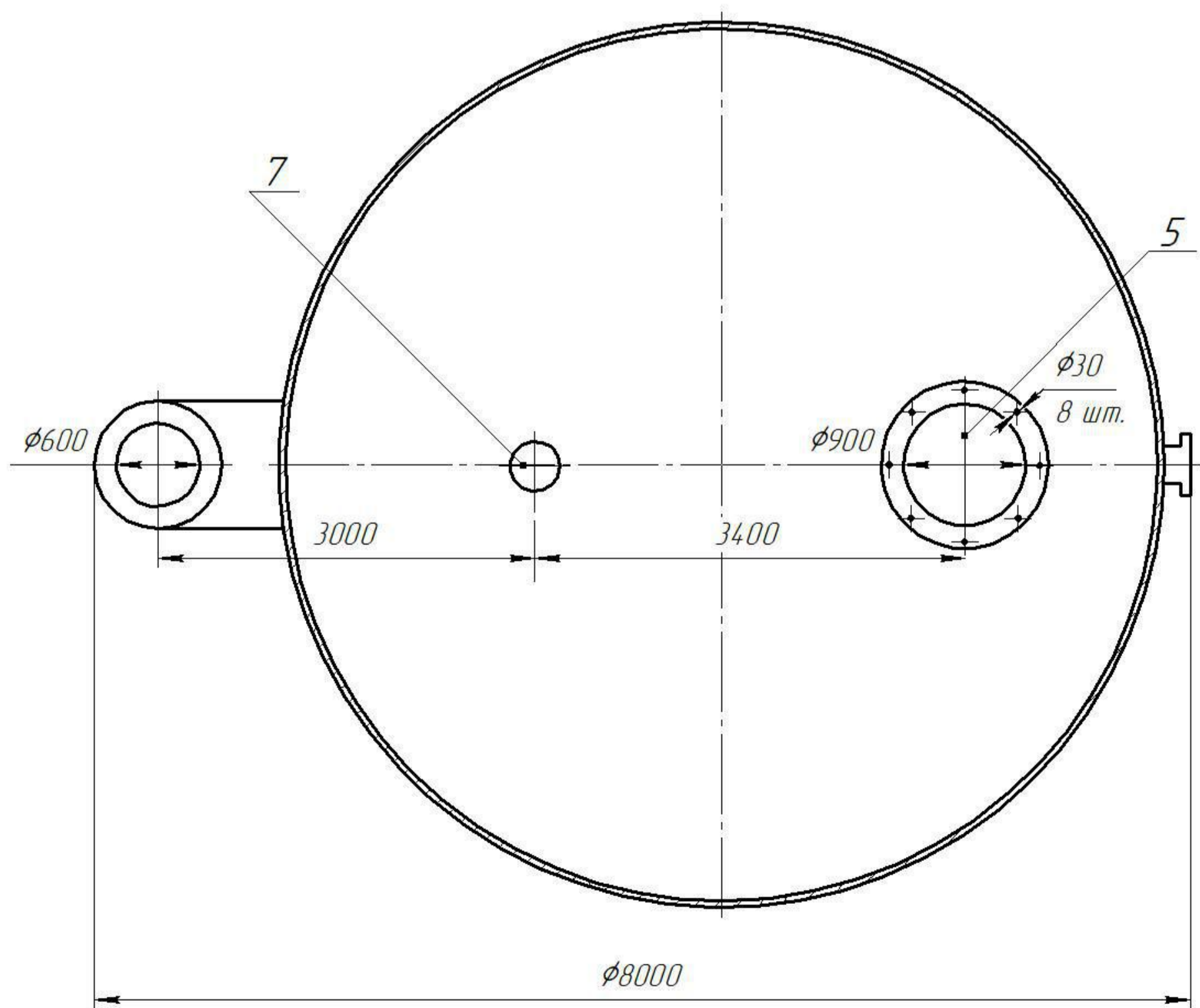
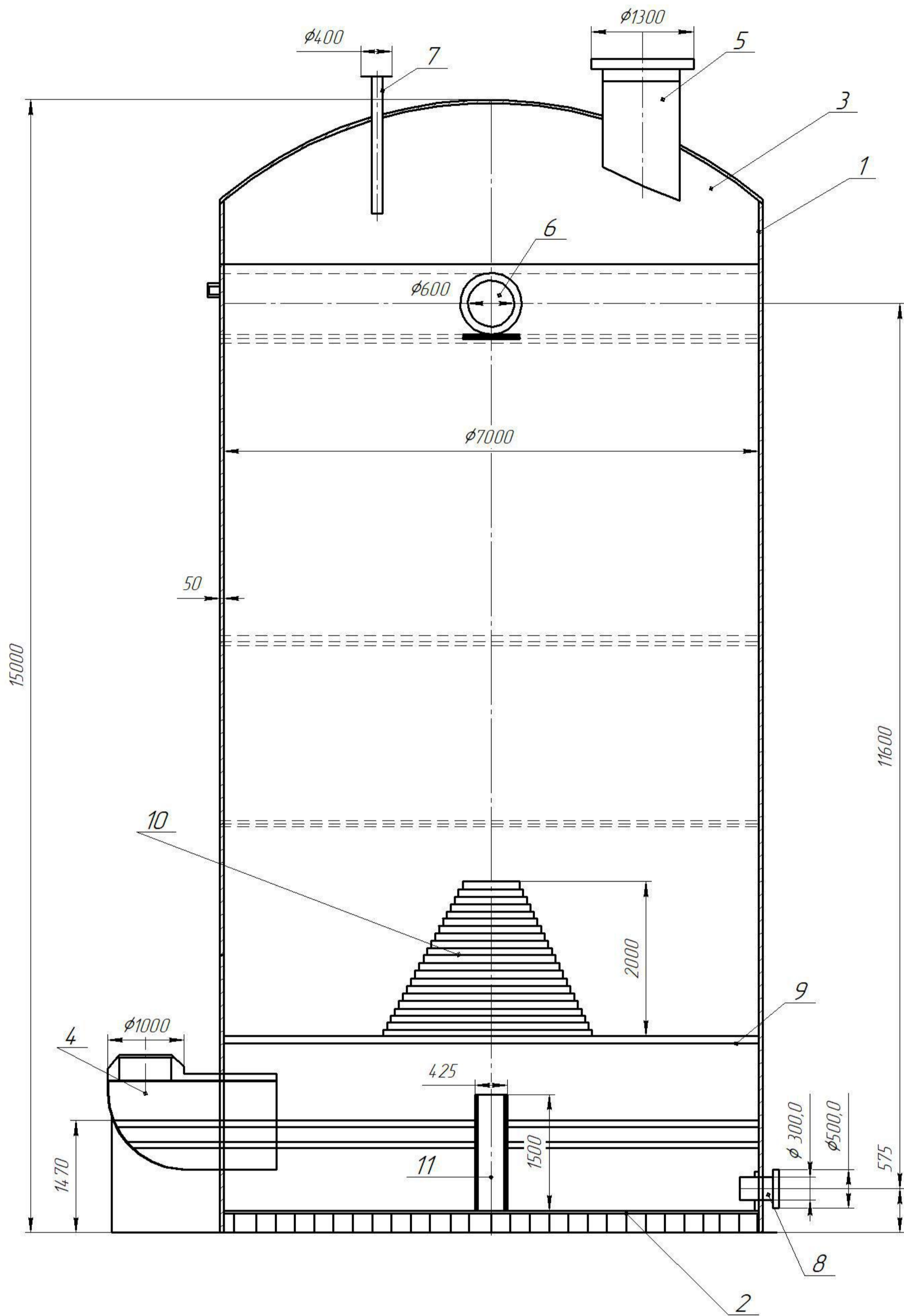
				<b>ФБЦІ.Д2.180602.004</b>		
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Відділення хімічної очистки технологічних газів	
Разроб.	Сергієнко				Лист	Масштаб
Проб.	Коженякін				5	1:100
Т.контр.	Коженякін				Листов	9
Н.контр.	Рижко				ЗНУ ФБЦІ	
Ств.	Коженякін				ПЕОП ЗНС-18м3	
				Формат А1		

Перв. примен.  
Спроб. №  
Лист. у дана.  
Лист. № 5  
Взем. шк. №  
Лист. у дана.  
Лист. № 5



Формат	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
1	МД 2.030608.1.201	Корпус	1				
2	МД 2.030681.202	Днище	1				
3	МД 2.030681.203	Кришка	1				
4	МД 2.030681.204	Патрубок газу	2				
5	МД 2.030681.205	Смотровий люк	3				
6	МД 2.030681.206	Каталізатор	1				
7	МД 2.030681.207	Насадка	2				
8	МД 2.030681.208	Опора	3				
ФБЦІ.Д2.180602.005							
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	<b>Реактор</b> Лист 6   Листов 9 ЗНУ ФБЦІ ЛЕОП ЗНС-18мэ		
Разраб.	Сергійенко						
Проб.	Кожем'якін						
Т.контр.	Кожем'якін						
Н.контр.	Рижков						
Утв.	Кожем'якін						

Лист № 6  
 Підп. і дата  
 Взам. инв. №  
 Инв. № дубл.  
 Стор. №  
 Перв. примен.



Формат	Зона	Лист	Позначення	Найменування	Кільк	Примітка
		1	МД 2 0306081.301	Корпус	1	
		2	МД 2.030681.302	Днище	1	
		3	МД 2.030681.303	Кришка	1	
		4	МД 2.030681.304	Вхід газу	1	
		5	МД 2.030681.305	Вихід газу	1	
		6	МД 2.030681.306	Смотрове вікно	1	
		7	МД 2.030681.307	Подача кислоти	1	
		8	МД 2.030681.308	Вивід кислоти	1	
		9	МД 2 0306081.309	Опорна решітка	1	
		10	МД 2 0306081.310	Насадка	1	
		11	МД 2 0306081.311	Гідрозатвор	1	

ФБЦІ.Д2.180602.006

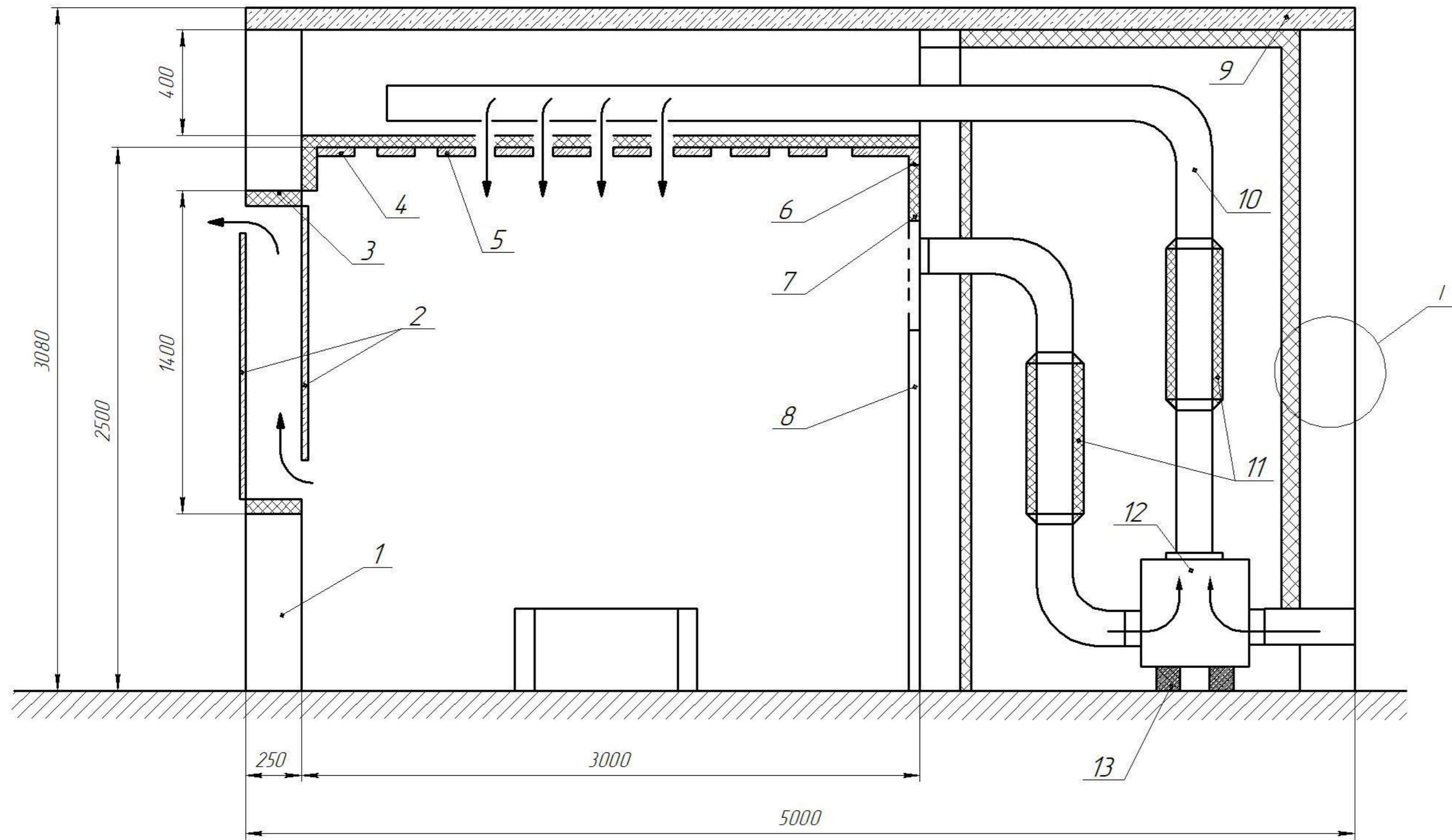
Лист	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лит.	Маса	Масштаб
Разраб.	Сергієнко						1:100
Проб.	Кожелякін						
Т.контр.	Кожелякін						
Н.контр.	Рижков						
Утв.	Кожелякін						

Лист № 7 / Листів 9  
 ЗНУ ФБЦІ  
 ЛЕОП ЗНС-18мз



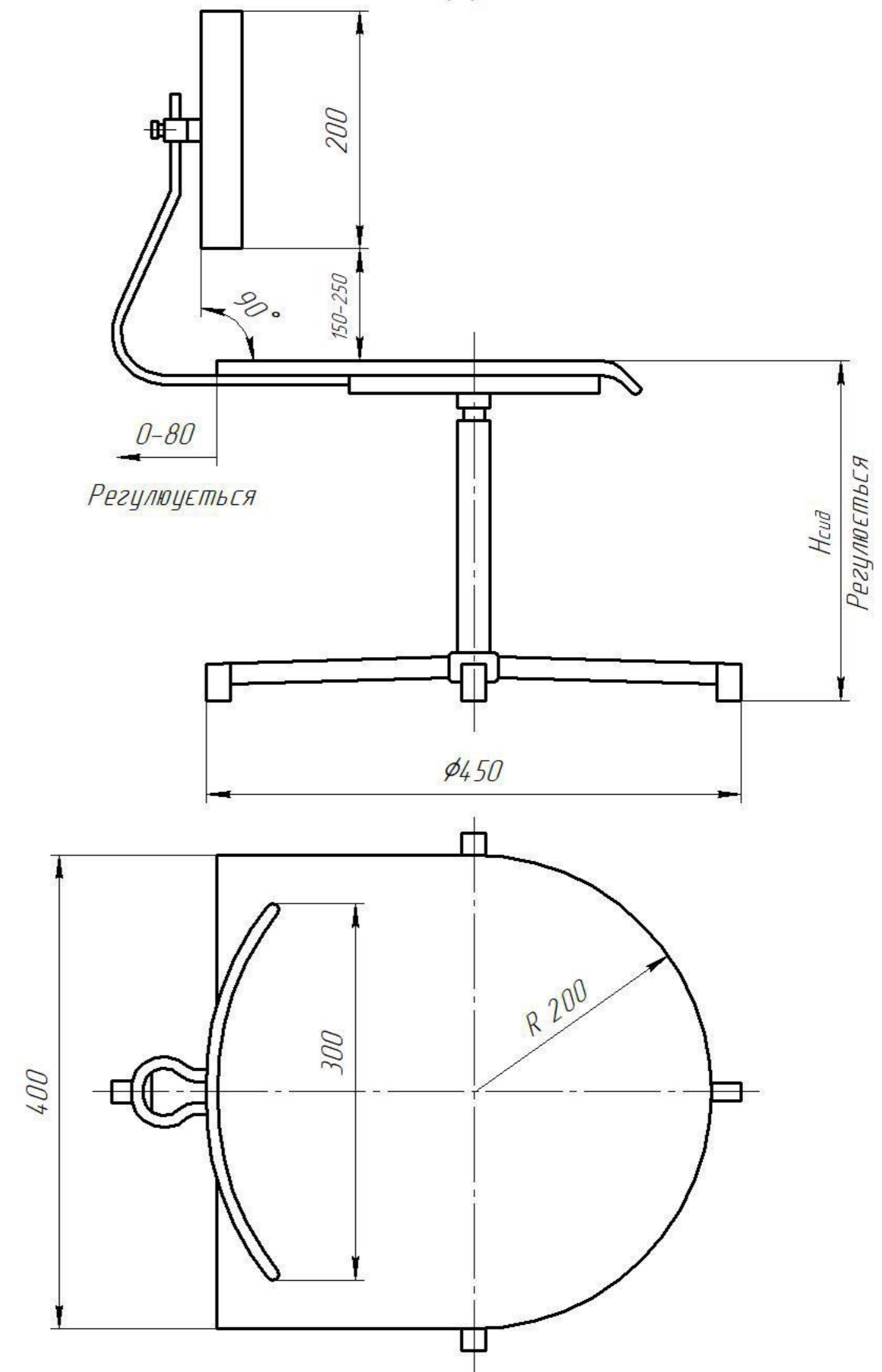
Кабина зі звуко- та теплозахистом

1:15



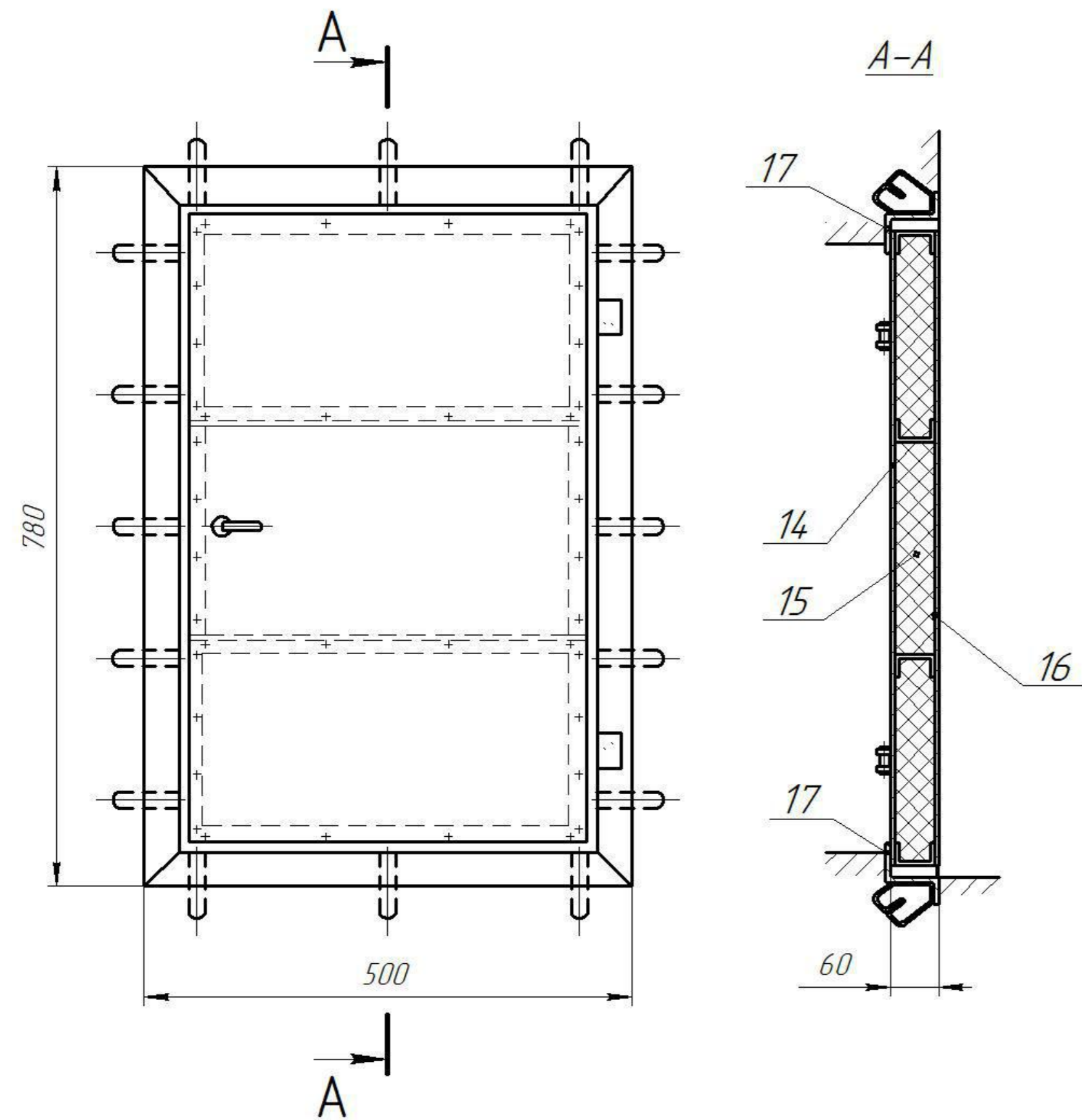
Сидіння віброзахисне

1:4



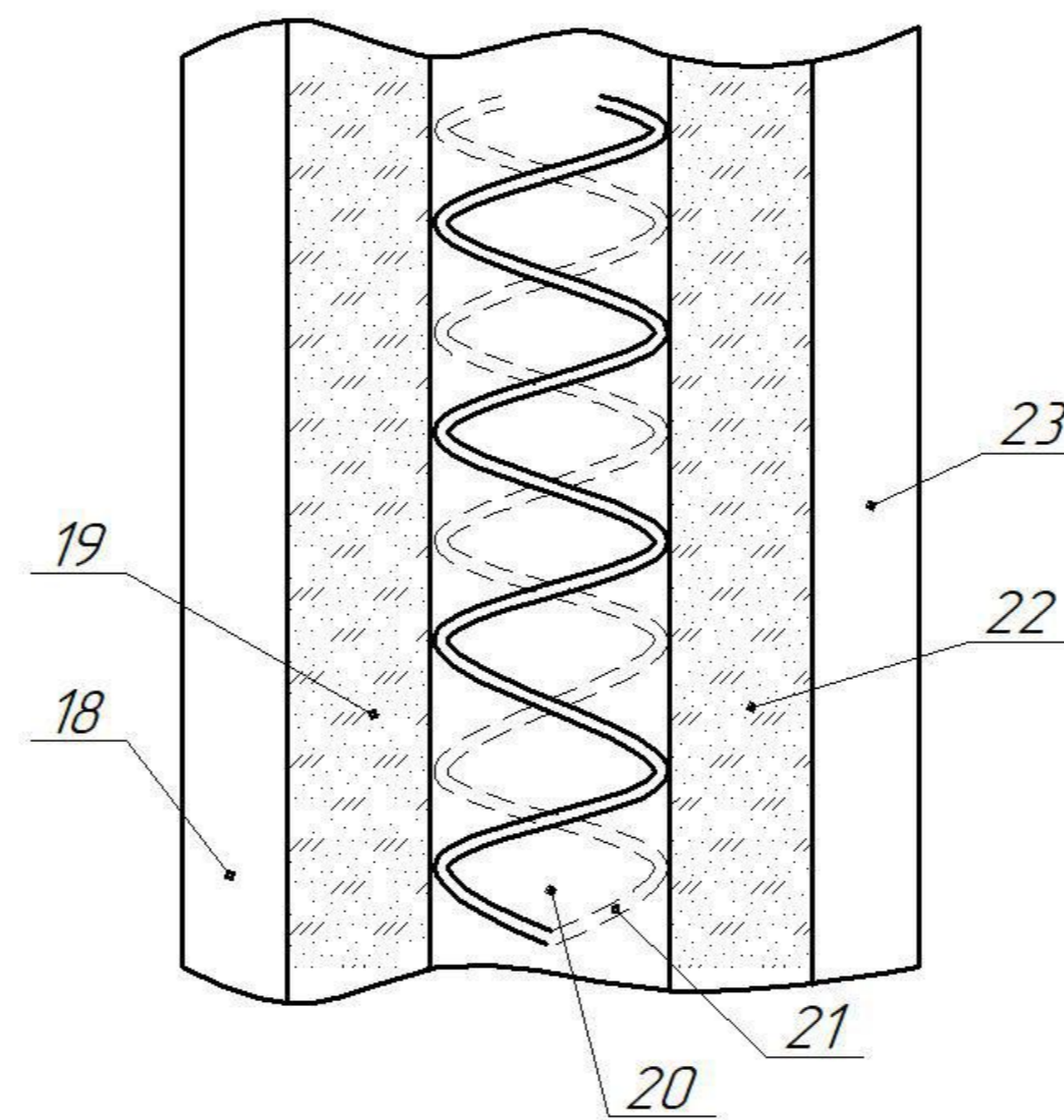
Звуко- і теплоізоляція дверей

1:5



Стіна зі звуко- і теплоізоляцією

5:1



Поз.	Найменування	Кіл.	Примітка
18	Алюмінієвий лист (3 мм)		
19	Суха штукатурка (5 мм)		
20	Повітряна прошарка (50 мм)		
21	Листи азбошиферу (8 мм)		
22	Плита ДВП (8 мм)		
23	Бумажно-шаровий пластик		

Поз.	Найменування	Кіл.	Примітка
1	Стіна зі звуко- і теплоізоляцією		
2	Подвійний вітраж		
3	Порошок по контуру		
4	Звукопоглинальний подвісний патолок		
5	Приточна вентиляційна решітка		
6	Перетинка		
7	Плити		
8	Ложна стіна з рециркуляційною решіткою		
9	Кришка		
10	Повітряпрвід приточної вентиляції		
11	Глушник шуму		
12	Кондиціонер		
13	Віброізолятори		
14	Лист дюралюмінію товщиною 2мм		
15	Мінераловатні плити		
16	Лист дюралюмінію товщиною 3мм		
17	Прокладки из легкої резини		

ФБЦІ.Д2.180602.007

**Захист від шуму та тепловіділень**

Лист	8	Листів	9
ЗНУ ФБЦІ			
ПЕОП ЗНС-18мз			

Копіював  
Формат А1

Перв. примірник  
Справ. №  
Листів у даній  
Взам. шкід. №  
Листів у даній  
Листів у даній

<i>Показники</i>	<i>Одиниці виміру</i>	<i>Проектний варіант</i>
<i>Річна виробнича потужність</i>	<i>млн. м<sup>3</sup></i>	<i>756</i>
<i>Вміст сірчаного ангідриду:</i> <i>- до очистки</i> <i>- після очистки</i>	<i>мг/м<sup>3</sup></i>	<i>400</i> <i>40</i>
<i>Капітальні вкладення</i>	<i>млн грн</i>	<i>10,7</i>
<i>Капітальні вкладення на очищення 1000 м<sup>3</sup> газу</i>	<i>грн</i>	<i>14,1</i>
<i>Експлуатаційні витрати на очищення 1000 м<sup>3</sup> газу</i>	<i>грн</i>	<i>13,1</i>
<i>Річна економія від утилізації H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></i>	<i>тис. грн</i>	<i>2059,0</i>
<i>Зниження екологічного податку на викиди SO<sub>2</sub></i>	<i>тис. грн</i>	<i>504,6</i>
<i>Річний економічний ефект</i>	<i>тис. грн</i>	<i>2563,6</i>
<i>Термін окупності капітальних витрат</i>	<i>рік</i>	<i>4,16</i>
<i>Коефіцієнт ефективності капітальних витрат</i>	<i>грн (рік грн)</i>	<i>0,24</i>

Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Техніко-економічні показники	Лит.	Масса	Масштаб
					СИСТЕМИ ХІМІЧНОЇ ОЧИСТКИ ГАЗУ			
Разраб.		СЕРГІЄНКО				Лист	9	Листов
Проб.		КОХЕМЯКІН						9
Т.контр.		КОХЕМЯКІН						
И.контр.		РУЖКОВ						
Утв.		КОХЕМЯКІН						

Лист № 9  
Листов 9  
ЗНУ ФБЦІ  
ЛЕОП ЗНС-18мэ