

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ ІНСТИТУТ

ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

Кафедра прикладної екології та охорона праці

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота/проект

зручій (електротехнік)

(рівень вищої освіти)

на тему Проект системи електронної системи керування
мортківською виробництвом з утилізацією
виробничою шлюзу

Виконав: студент 2 курсу, групи ЗНБ-18-1шл
спеціальності 183.Технологія розвитку нової
машинного виробництва

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Технологія розвитку
новомашинного виробництва

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації _____

(код і назва спеціалізації)

Костеженко А.В.

(ініціали та прізвище)

Керівник доц., доц., к.т.н. Белоголов К.В.

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

Рецензент доц., доц., к.т.н. Ратченко В.Т.

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

Запоріжжя

2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ ІНСТИТУТ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

« 08 » 01

20 10 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ/ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Нестереженко Андрій Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Проект системи сухої ошметки газів
мертвильського виробництва з утилізацією вловленої пилю.

керівник роботи Бешкоць Карина Володимирівна, к.т.н., доц.

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

затверджені наказом ЗНУ від «10» 09 2019 року № 1542-с

2 Строк подання студентом роботи 28.12.2019 р.

3 Вихідні дані до роботи Витрата газів при н.у. $Q = 200 \text{ т/год}$, щільність газу, що поступає не ситченне $\rho_1 = 15 \text{ г/л}$, температура газу після обробу $t_2 = 800^\circ \text{C}$.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) теоретичні аспекти інновацій в газу, технічний дизайн навколишнього середовища, дослідницький розділ, проективний розділ, охорона праці та технічний безпека, організаційно-економічні ефекти-вність проекту, бюджет, перелік джерел посилаючись

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
 апаратурно-технічне. схема мартенівського бикоубища
 сталі, план мартенівського цеху, переріз мартенівського цеху,
 мартенівська робоча піч, схема очистки мартенівського цеху,
 поріз карбошита, вугляний фільтр РРІР-5400 галлобій труди кошониуба
 ний ОУ-300, витяжний дот, техніко-економічні показники роботи кошониуба
 цемановки мартенівського цеху.

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Белоконов К.В. доц. каф. ТЕОП	<i>[підпис]</i> 16.09.19	<i>[підпис]</i> 30.09.19
Розділ 2	Белоконов К.В. доц. каф. ТЕОП	<i>[підпис]</i> 30.09.19	<i>[підпис]</i> 14.10.19
Розділ 3	Белоконов К.В. доц. каф. ТЕОП	<i>[підпис]</i> 14.10.19	<i>[підпис]</i> 28.10.19
Розділ 4 (опт. Б)	Белоконов К.В. доц. каф. ТЕОП	<i>[підпис]</i> 28.10.19	<i>[підпис]</i> 25.11.19
Розділ 5	Белоконов К.В. доц., каф. ТЕОП	<i>[підпис]</i> 25.11.19	<i>[підпис]</i> 16.12.19

7 Дата видачі завдання 02.09.2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Збір та урдування матеріалу	02.09.19 - 15.09.19	
2	Виконання 1 розділу	16.09.19 - 29.09.19	
3	Виконання фашионувкого розділу	30.09.19 - 13.10.19	
4	Виконання проєктного розділу	14.10.19 - 27.10.19	
5	Виконання 4 розділу "ОП та Б"	28.10.19 - 24.11.19	
6	Виконання 5 розділу	25.11.19 - 15.12.19	
7	Виконання графічної частини	16.12.19 - 27.12.19	
8	Захист проєкту у ЕР	17.01.2020	

Студент *[підпис]* Костебенко Д.В.
 (підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проєкту) *[підпис]* Белоконов К.В.
 (підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер *[підпис]* Ришков В.Г.
 (підпис) (ініціали та прізвище)

Анотація

Нестеренко А.В. Кваліфікаційний проект «Проект системи сухої очистки газів мартенівського виробництва з утилізацією вловленого пилю».

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

Розроблена схема очищення мартенівських газів, яка включає: котел-утилізатор, порожнистий скруббер, рукавний фільтр, димотяг, димову трубу. Запиленість газів перед газоочисткою становить до 15 г/м^3 . Димові гази охолоджуються в котлі-утилізаторі і надходять у порожнистий скруббер. Остаточне очищення газу здійснюється у рукавному фільтрі ФРІР-5700. Виконаний аеродинамічний розрахунок газового тракту газоочисної системи, загальний опір газового тракту складає $7020,38 \text{ Па}$. Ефективність рукавного фільтру, при кінцевій запиленій газу $0,02 \text{ г/м}^3$, за результатами розрахунків складе $99,87\%$.

Ключові слова: ВИПЛАВКА СТАЛІ, ПИЛОГАЗОВІ ВИКИДИ, ГАЗОВИЙ ТРАКТ, РУКАВНИЙ ФІЛЬТР, ПОРОЖНИСТИЙ СКРУБЕР, УТИЛІЗАЦІЯ ПИЛУ, ОХОРОНА ПРАЦІ, БЛИСКАВКОЗАХИСТ.

Abstract

Nesterenko A.V. Qualifying project «The Project of the Dry Open-Hearth Gas Cleaning System with the Collected Dust Utilization».

Scientific supervisor is K.V. Belokon of qualifying project for obtaining master's degree in higher education on specialty № 183 «Environmental Protection Technologies». Zaporizhzhia National University. Faculty of Construction and Civil Engineering, The Department of Applied Ecology and Labor Protection, 2020.

A scheme for cleaning open-hearth gases has been developed, which includes: a waste heat boiler, a hollow scrubber, a bag filter, a smoke exhauster,

and a chimney. Dust content of gases before gas cleaning is up to 15 g/m^3 . Flue gases are cooled in a waste heat boiler and enter a hollow scrubber. Final gas purification is carried out in bag filters FRIR-5700. The aerodynamic calculation of the gas path of the gas treatment system has been performed, the total resistance of the gas path is 7020.38 Pa . The efficiency of the bag filter, with a final gas dust content of 0.02 g/m^3 , according to the calculation results is $99,87\%$.

Keywords: STEEL SMELTING, DUST AND GAS EMISSIONS, GAS PATH, BAG FILTER, HOLLOW SCRUBBER, DUST DISPOSAL, LABOR PROTECTION, LIGHTNING PROTECTION.

Аннотация

Нестеренко А.В. Квалификационный проект «Проект системы сухой очистки газа мартеновского производства с использованием уловленной пыли».

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

Разработана схема очистки мартеновских газов, которая включает: котел-утилизатор, полый скруббер, рукавный фильтр, дымосос, дымовую трубу. Запыленность газов перед газоочисткой составляет до 15 г/м^3 . Дымовые газы охлаждаются в котле-утилизаторе и поступают в полый скруббер. Окончательная очистка газа осуществляется в рукавных фильтрах ФРИР-5700. Выполнен аэродинамический расчет газового тракта газоочистной системы, общее сопротивление газового тракта составляет $7020,38 \text{ Па}$. Эффективность рукавного фильтра, при конечной запыленности газа $0,02 \text{ г/м}^3$, по результатам расчетов составляет $99,87\%$.

Ключевые слова: ВЫПЛАВКА СТАЛИ, ПЫЛЕГАЗОВЫЕ ВЫБРОСЫ, ГАЗОВЫЙ ТРАКТ, РУКАВНЫЙ ФИЛЬТР, ПОЛЫЙ СКРУББЕР, УТИЛИЗАЦИЯ ПЫЛИ, ОХРАНА ТРУДА, МОЛНИЕЗАЩИТА.

РЕФЕРАТ

На кваліфікаційний проект на тему «Проект системи сухої очистки газів мартенівського виробництва з утилізацією вловленого пилю», який включає 133 сторінок тексту, 24 рисунків, 14 таблиць, 36 використаних джерел посилання.

ВИПЛАВКА СТАЛІ, ПИЛОГАЗОВІ ВИКИДИ, ГАЗОВИЙ ТРАКТ, РУКАВНИЙ ФІЛЬТР, ПОРОЖНИСТИЙ СКРУБЕР, УТИЛІЗАЦІЯ ПИЛУ, ОХОРОНА ПРАЦІ, БЛИСКАВКОЗАХИСТ.

Об'єкт проектування – ділянка газоочищення мартенівського цеху.

Предмет проектування – система очищення газів, що відходять від мартенівської двованної печі.

Мета проекту – проектування системи очищення технологічних газів мартенівського виробництва сталі в двованних печах.

За результатами аналітичного огляду, теоретичного аналізу та проведених розрахунків ухвалена схема очищення мартенівських газів, яка включає: котел-утилізатор, порожнистий скруббер, рукавний фільтр, димотяг, димову трубу. Димові гази, що відходять від печі містять тонкодисперсний пил, оксиди азоту і вуглецю, сірчистий ангідрид. Запиленість газів перед газоочисткою становить до 15 г/м^3 . Димові гази охолоджуються в котлі-утилізаторі і надходять у порожнистий скруббер. Остаточне очищення газу здійснюється у рукавному фільтрі ФРІР-5700. Виконаний аеродинамічний розрахунок газового тракту газоочисної системи, загальний опір газового тракту складає $7020,38 \text{ Па}$. Ефективність рукавного фільтру, при кінцевій запиленій газу $0,02 \text{ г/м}^3$, за результатами розрахунків складе $99,87\%$. В результаті запропонованих заходів можливо отримати річний економічний ефект у розмірі $918,960 \text{ тис. грн}$. Додаткові капітальні вкладення підприємство окупить за $4,94$ років за рахунок зниження експлуатаційних витрат.

ЗМІСТ

1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ІННОВАЦІЙ В ГАЛУЗІ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	9
1.1 Інноваційний розвиток – основа сталого розвитку та збереження на його засадах навколишнього середовища	9
1.2 Інноваційні технології захисту навколишнього середовища	12
2. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ	27
2.1 Дослідження інноваційних засобів та технологій захисту навколишнього середовища	27
2.1.1 Технологічна схема мартенівського процесу виплавки сталі	27
2.1.2 Улаштування і конструкція мартенівської двованної печі	30
2.1.3 Технологія мартенівського способу отримання сталі в двованній сталеплавильній печі	39
2.1.4 Характеристика пилогазових викидів від мартенівської печі	49
2.2 Обґрунтування та вибір очищення технологічних газових викидів мартенівської двованної печі	55
2.2.1 Конструкція порожнистого форсуночного скрубера	58
2.2.2 Конструкція рукавного фільтру типу ФРІР	59
3. ПРОЕКТНИЙ	62
3.1 Проектування основного та допоміжного обладнання технології очистки газів	62
3.1.1 Аеродинамічний розрахунок газового тракту	62
3.1.2 Розрахунок полого скрубера з котлом-утилізатором	69
3.1.3 Розрахунок полого скрубера без котла утилізатора	73
3.1.4 Розрахунок рукавного фільтру типу ФРІР	76
3.1.5 Розрахунок параметрів димаря	80

3.1.6 Вибір димотягу	81
3.2 Утилізація вловленого пилю відхідних газів мартенівських печей	82
3.2.1 Обґрунтування вибраного способу утилізації вловленого пилю відхідних газів мартенівської двованної печі	82
3.2.2 Підбір апаратів схеми утилізації вловленого пилю відхідних газів мартенівських двованних печей	90
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	92
4.1 Аналіз потенційно шкідливих чинників виробничого середовища	92
4.2 Розробка заходів захисту від впливу небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища мартенівського цеху	95
4.3 Заходи з електробезпеки	96
4.4 Заходи з пожежної та техногенної безпеки	98
4.5 Інженерна розробка заходів від надлишкової теплоти	101
5. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЕКТУ	104
5.1 Розрахунок виробничої потужності та виробничої програми газоочисної системи мартенівського цеха	104
5.2 Структура управління і організація в цеху	108
5.3 Організація праці та розрахунок кількості працівників цеху	110
5.4 Організація сплати праці виробничих робітників	115
5.5 Розрахунок суми капітальних вкладень в газоочисну систему	116
5.6 Розрахунок витрат на експлуатацію газоочисної системи	121
5.7 Техніко-економічне обґрунтування проекту очищення технологічних газів мартенівського цеху	126
ВИСНОВКИ	130
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	131

ВСТУП

Розвиток виробництва мартенівської сталі визначається безліччю причин, головні з яких наступні: мартенівська сталь виявилася кращої якості, ніж конвертерна, отримана донним продуванням чавуну повітрям; у мартенівському процесі можуть бути використані різноманітні по складу і фізичним якостям паливо і початкові матеріали для плавлення; можна виплавляти сталі різних марок, зокрема якісні і леговані.

В даний час на підприємствах чорної металургії, зокрема в сталеплавильних цехах, викидається в атмосферу велика кількість пилу, оксиду вуглецю і діоксиду сірки. Крім того, у викидах міститься значна кількість вуглеводнів, фтористого водню, сірководню, ціаністих з'єднань і ін.

Захист навколишнього середовища від шкідливих викидів є однією з щонайгостріших проблем сучасності. У планах економічного і соціального розвитку країни відмічена необхідність вдосконалення технологічних процесів з метою скорочення викидів шкідливих речовин в навколишнє середовище і поліпшення очищення газів, що відходять, від шкідливих домішок.

Вирішення проблеми очищення газів зазвичай зводилося до уловлювання (знешкодження) шкідливих домішок з газів, що відходять. Проте, друга частина цієї проблеми – використання уловлених продуктів і інших відходів виробництва – не завжди залишалася вирішеною.

При сучасному рівні розвитку техніки пиловловлювання фахівці мають можливість великого вибору устаткування апаратів і технічних рішень, що забезпечують заданий ступінь очищення газів і утилізації вловлених напівпродуктів практично для будь-якого технологічного процесу. Тому завдання створення і впровадження вискоєфективного устаткування для вловлювання і утилізації викидів, проектування газоочисного обладнання з урахуванням екологічних, економічних і соціальних інтересів є актуальним.

Даним кваліфікаційним проектом пропонується реконструкція мартенівського цеху з впровадженням високоефективного газоочисного обладнання.

Актуальність кваліфікаційного проекту полягає в тому, що в нашій країні основна частина сталі, виплавляється в мартенівських печах і при її виробництві в повітряний басейн викидається велика кількість пилу і газоподібних речовин. А якщо врахувати вже наявні концентрації даних компонентів в атмосфері, шкідлива дія на навколишнє середовище у багато разів зростає.

У сучасних умовах, особливо в районах дії крупних промислових комплексів, набувають важливого соціального значення, вирішення проблеми захисту навколишнього середовища від дії шкідливих викидів. Отже метою кваліфікаційного проекту, є розробка економічно і екологічно вигідної системи очищення технологічних газів мартенівського виробництва сталі в двованних печах.

Поставлена мета досягається за рахунок розв'язання наступних завдань:

- розробка високоефективної системи очищення мартенівського газу;
- розробка схеми утилізація пилу, який вловлюється при застосуванні високоефективних апаратів очищення;
- оцінка основних техніко-економічних показників розробленої системи газоочищення мартенівських газів.

1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ІННОВАЦІЙ В ГАЛУЗІ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

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

Одними з найбільш ефективних апаратів очищення, які ефективно знепилюють газові потоки є рукавні фільтри.

При розробках рукавних фільтрів особливу увагу спрямовано на зниження експлуатаційних витрат. Зменшення експлуатаційних витрат може бути досягнуте за рахунок збільшення терміну служби фільтра, зниження перепаду тиску й витрати стисненого повітря. У той же час при проектуванні рукавних фільтрів приділяють увагу зниженню капітальних витрат. Зменшуючи вагу сталевий конструкції, використання стандартних комплектуючих, зниження собівартості виготовлення й витрат на транспортування й монтаж значно скорочують капітальні витрати на будівництво рукавних фільтрів.

Останнім часом ведуться розробки систем регенерації фільтрів. Найбільш перспективною є регенерація фільтра, яка проводиться без відключення секцій. У даному випадку дуже важливим є напрямок потоку газу в секції [1]. Потік газу у фільтрі спрямований переважно уздовж рукавів униз, що знижує можливість його повторного засмоктування. Запилений газ надходить у впускний канал з технологічного устаткування й тече через впускну заслінку в окремі відсіки, що містять рукава (рис. 1.1).

Швидкість газу суттєво знижується в камері газорозподілу, тому значна частина пилу буде падати прямо в бункер, знижуючи навантаження на рукава. У камері газорозподілу напрямок потоку газу висхідний, а газовідбиваючі пластини забезпечують рівномірність потоку по всьому екрану, що розподіляє. Газ та що залишився в ньому пил проходять через екрани й розподіляється по всій фільтруючій площі, домінуючий напрямок

поток газу тут спадний. Це приводить до істотного зниження витрати стисненого повітря на імпульси для регенерації рукавних фільтрів. Тим самим досягається менше споживання енергії й збільшується термін служби рукавів [1].

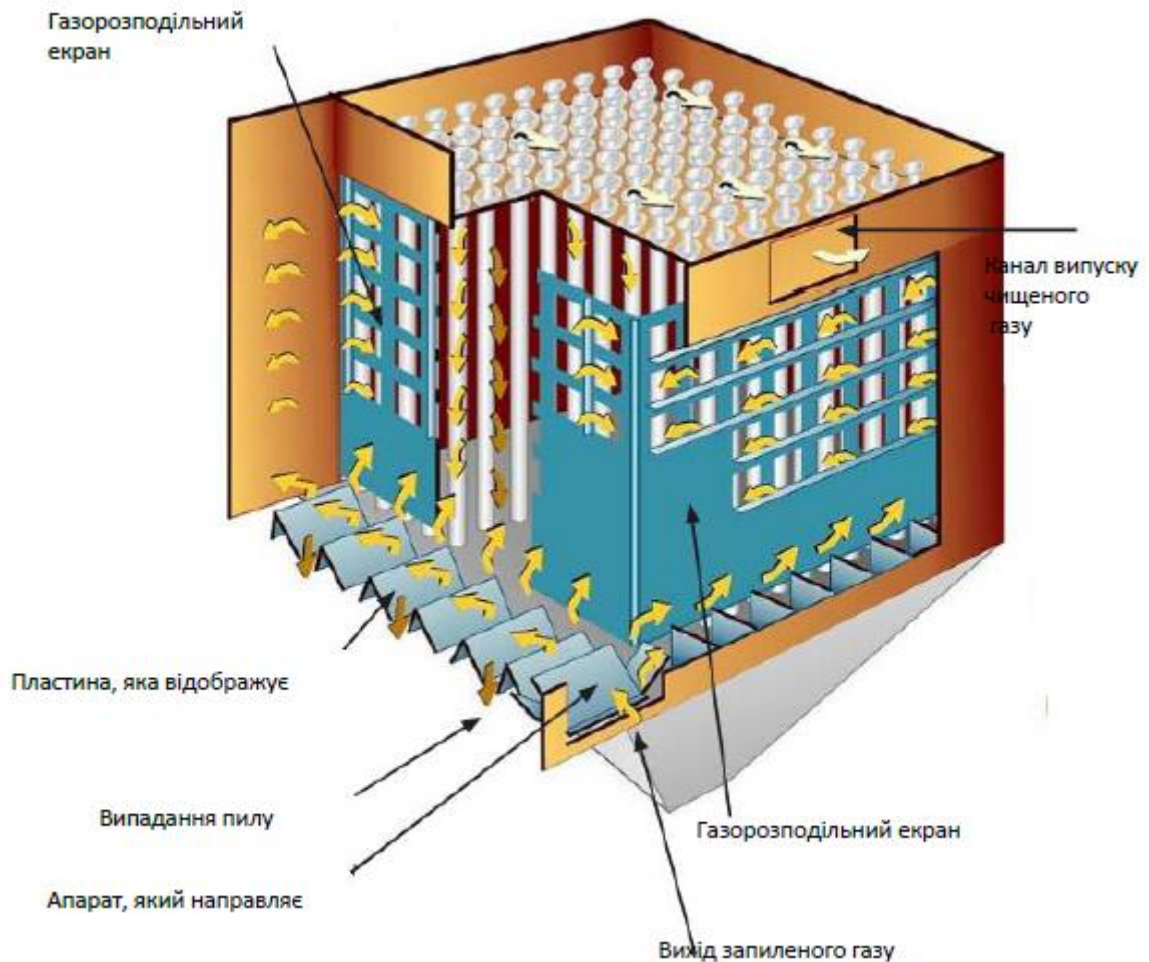


Рисунок 1.1- Схема направлення газового потоку в секції

Також особливу увагу приділяють конструкції бункерів для збору пилу. Так фільтри можуть бути оснащені пірамідальними або поздовжніми бункерами (рис. 1.2, рис. 1.3) [1].

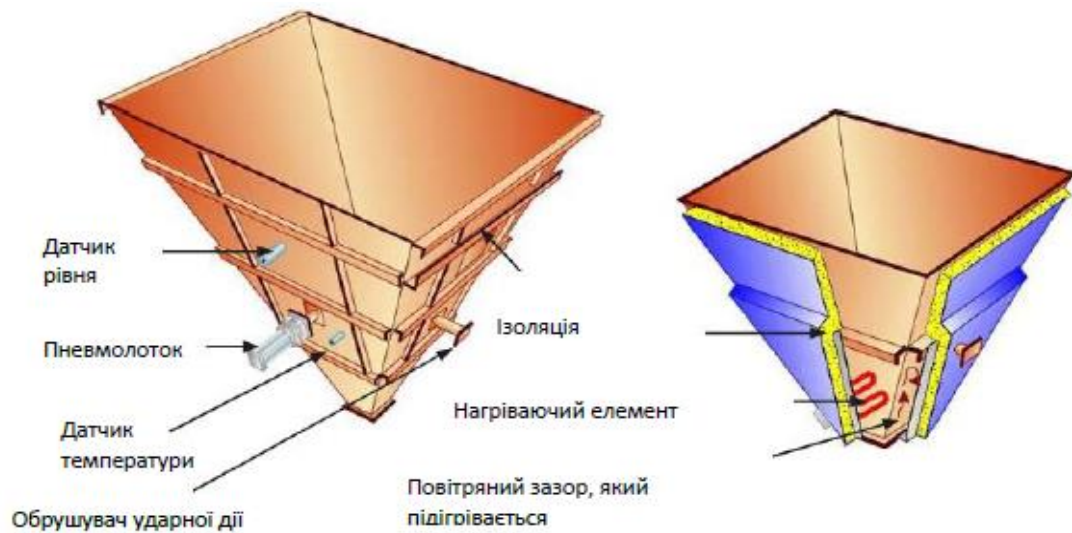


Рисунок 1.2– Пірамідальний бункер

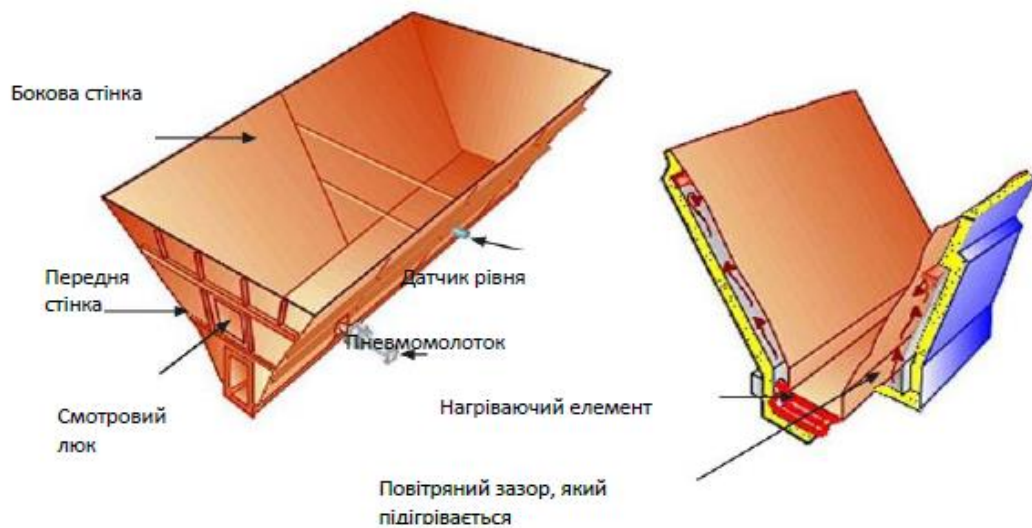


Рисунок 1.3 – Поздовжній бункер

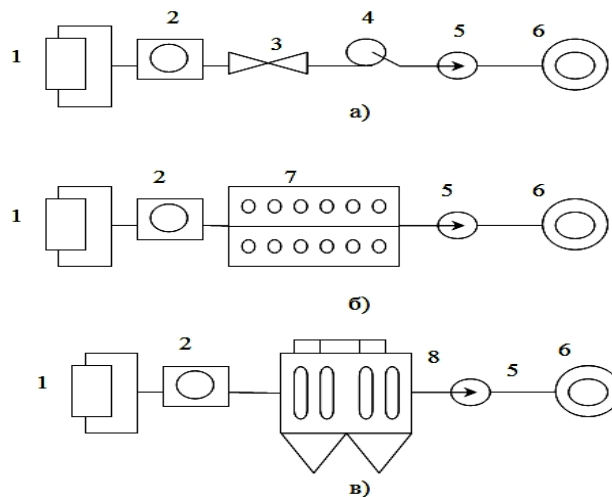
При виборі матеріалів з яких виготовляються бункера враховують тиск, який чинять газ та пил, необхідність витримування повітряних навантажень та сейсмічних навантажень.

Для запобігання прилипанню пилу та прогрівання корпусу фільтра встановлюють в бункерах нагрівальні елементи (рис. 1.2, рис. 1.3). Встановлення цих елементів також дозволяє зберегти сухою фільтрувальну тканину. При очищенні високозапилених газів зменшують діаметр фільтрувальних рукавів та ущільнюють їх розташування [2].

Таким чином, модернізація конструкцій рукавних фільтрів значно розширює їх область застосування та зменшує капітальні та експлуатаційні витрати на очистку відхідних промислових газів.

1.2 Інноваційні технології захисту навколишнього середовища

В даний час для очищення газів мартенівських печей застосовують два способи: сухий – в електрофільтрах та тканинних фільтрах, мокрий – в трубах Вентурі. Експерименти по застосуванню електрофільтрів для очищення газів мартенівських печей показали, що при продувці киснем з його витратою до $30 \text{ м}^3/\text{т}$ сталі електрофільтри можуть працювати тільки при зволоженні вхідних до них газів до $130 - 150 \text{ г}/\text{м}^3$ сухого газу. При цьому електрофільтри забезпечують кінцеву запиленість, в середньому рівню $180 \text{ мг}/\text{м}^3$, при швидкості руху газу в електрофільтрі до $1,1 \text{ м}/\text{с}$. На рис. 1.4 (а,б,в) показана схема охолодження та очищення газів мартенівських печей.

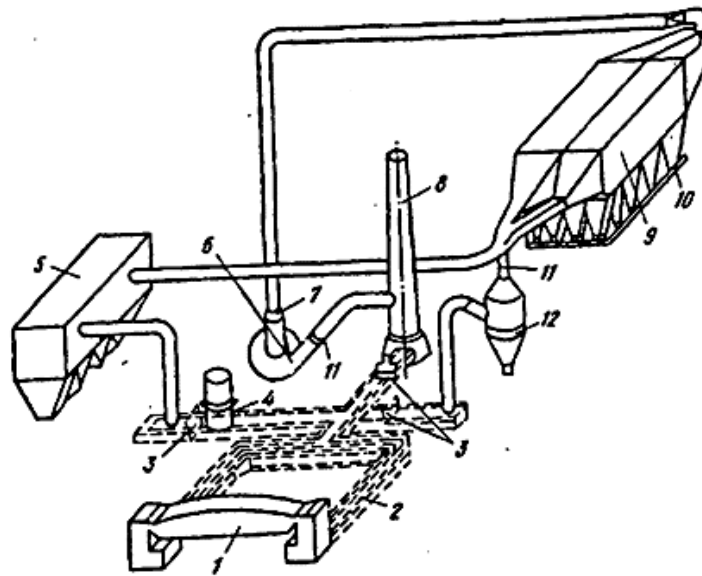


а – мокре очищення в скрубєрі Вентурі; б, в – сухе очищення в електрофільтрах і тканинних фільтрах; 1 – мартенівська піч; 2 – котел-утилізатор; 3 – труба Вентурі; 4 – краплевловлювач; 5 – димотяг; 6 – димар; 7 – електрофільтр; 8 – рукавний фільтр

Рисунок 1.4 – Застосовані схеми охолодження та очищення газів мартенівських печей

Для сухого очищення мартенівських газів від пилу після котлів-утилізаторів встановлюють сухі пластинчасті чотирьохпольні електрофільтри горизонтальні модифікації А (рис. 1.5) [3].

Якщо в схемі відведення мартенівського газу котел-утилізатор не працює, перед очищенням газу в електрофільтрі його охолоджують і звожують у полому випарному скрубєрі. Як видно з наведеної схеми газоочистки, газ, що відводиться від мартенівської печі, може бути направлений наступними шляхами: в димову трубу без очистки; через котел-утилізатор в систему газоочистки і димову трубу. При зупинці котла-утилізатора по водній лінії (в цьому випадку газ охолоджують в зрошувальній камері або у полому скрубєрі).



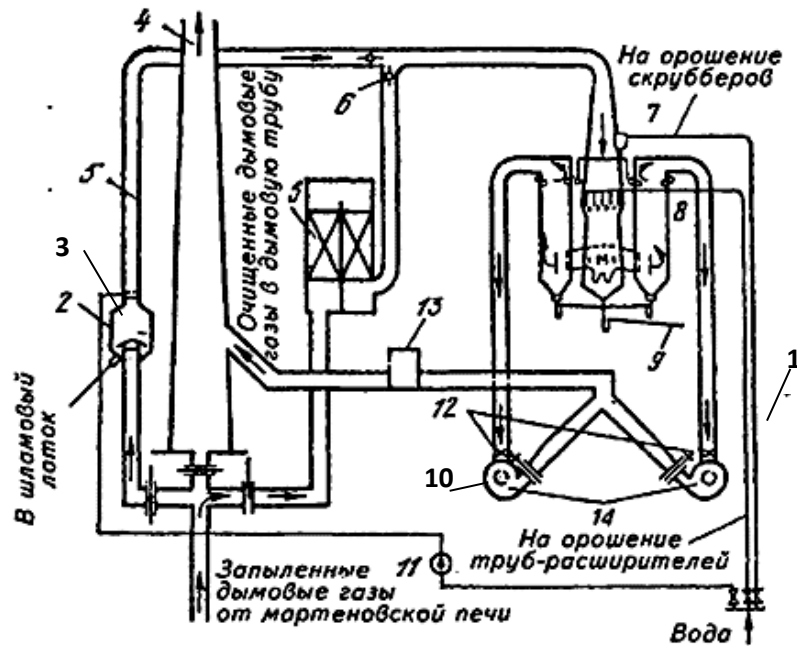
1 – мартенівська піч; 2 – борова; 3 – шибєр; 4 – камера для допалювання окису вуглецю, 5 – котел-утилізатор; 6 – димосос; 7 – направляючий апарат; 8 – димова труба; 9 – електрофільтр; 10 – лінія пневмотранспорту пилу; 11 – дросель-клапан; 12 – випарний скрубєр

Рисунок 1.5 – Схема очищення мартенівських газів в сухих пластинчастих електрофільтрах

Для безпеки ведення процесу очищення газу в електрофільтрі окис вуглецю, що міститься в мартенівському газі, допалюють в спеціальній камері перед котлом-утилізатором. При вмісті CO в газі більше 1% подачу напруги на електрофільтр припиняють. Вимірювання концентрації CO в газі проводять автоматичними газоаналізаторами, заблокованими з агрегатами живлення електрофільтру. Для ефективного очищення газу в електрофільтрі його швидкість в активному перетині повинна бути 0,9 – 1 м/с, температура перед електрофільтром - не вище 250° С, а вологість у межах 60 – 100 г/м³. При меншому значенні вологості в газоході перед електрофільтром встановлюють форсунки з дрібним розпилом води. Максимальна температура газу на виході з електрофільтру повинна бути не менше ніж на 20° С більше температури точки роси.

Уловлений в сухому електрофільтрі пил рекомендують видаляти в сухому вигляді системами пневмотранспорту або механічним способом в спеціальний пиловий бункер з наступним огрудкуванням та використанням в агломераційному, доменному або сталеплавильному виробництвах. Принципова схема установки швидкісних пиловловлювачів із трубами Вентурі показана на (рис. 1.6) [4].

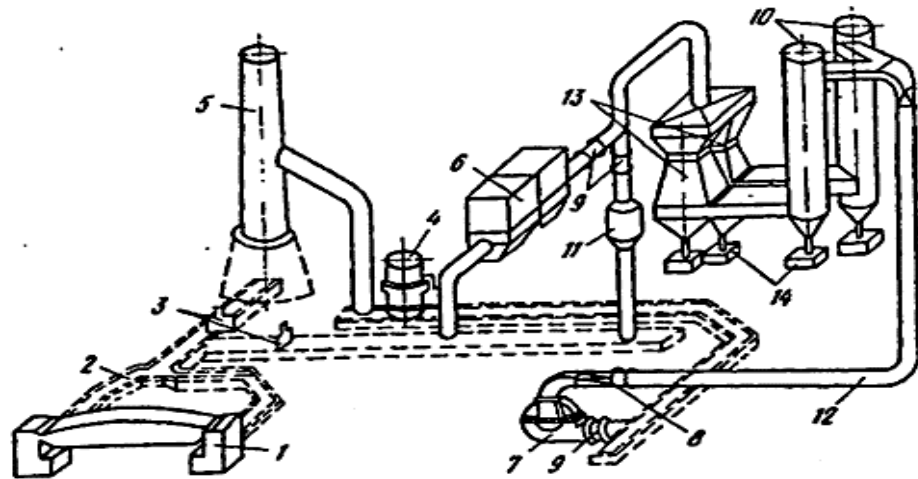
Димові газу охолоджуються в котлі-утилізаторі і надходять у блок труб Вентурі. Можуть бути використані труби з круглим і прямокутним перетином горловини. Використання труб з круглим перетином горловини вимагає відключення частини з них при зміні кількості газу в процесі плавки. Труби Вентурі з прямокутним перетином горловини дають можливість здійснювати оптимальний режим роботи системи очищення газу протягом плавки шляхом регулювання перетину горловини. Остаточне очищення газу від укрупненого пилу і крапель води здійснюється в інерційному апараті, вбудованому за трубами Вентурі, і центробіжних скруберах. Після очищення газ димососом викидається в димову трубу.



1 – шибер; 2 – зрошувальна камера; 3 – обвідний газохід; 4 – димова труба; 5 – котел-утилізатор; 6 – дросель-клапан, 7 – відцентрові скрубери; 8 – блок труб Вентурі; 9 – шлам; 10 – димотяги; 11 – насос; 12 – направляючі апарати димососів; 13 – пристрій для підігріву газу; 14 – димотяги

Рисунок 1.6 – Схема очищення мартенівських газів у швидкісних пиловловлювачах з круглими трубами Вентурі

При установці труб Вентурі з прямокутним регульованим перетином горловини газоочистку виконують так, як показано на (рис. 1.7) [5]. Після мокрої газоочистки встановлюють металеві димові труби, так як цегляні швидко руйнуються. Якщо використовують цегляні труби, для зменшення виносу в атмосферу газу, що містить крапельну рідину, перед димарем встановлюють пристрій для підігріву газу. У деяких випадках газ підігрівають і перед димососом. Це роблять і для зменшення відкладень пилу на лопатках і корпусі димососа. Після мокрої газоочистки пил видаляють гідротранспортом в шламову каналізацію. При очищенні мартенівських газів у трубах Вентурі дотримуються високонапірного режиму (9 – 10 кПа). У трубах Вентурі прямокутного перетину застосовують плівкове – форсуночне зрошення.



1 – мартенівська піч; 2 – боров; 3 – шибер; 4 – пристрій для підігріву газу;
 5 – димова труба; 6 – котел-утилізатор; 7 – димосос; 8 – направляючий апарат;
 9 – дросель-клапан; 10 – центробіжний скрубєр; 11 – зрошувальна камера;
 12 – газопровід очищеного газу; 13 – прямокутні труби Вентурі;
 14 – гідрозатвор

Рисунок 1.7 – Схема очищення мартенівських газів з використанням труб Вентурі з прямокутним перетином горловини

Рекомендована питома витрата води $1,25 - 1,5 \text{ л/м}^3$. Тиск води перед форсунками труб Вентурі має бути не менше $29 - 35 \times 10^{-4} \text{ Па}$.

Для відділення краплинної вологи і великого пилу від газу після труб-розпилювачів необхідно встановлювати інерційні краплєвловлювачі (бункери), швидкість газу в яких не повинна перевищувати $2,5 - 3 \text{ м/с}$. Повне відділення краплинної вологи і укрупненого пилу перед тягодуттьовими машини здійснюють у центробіжних скрубєрах або тангенціальним підведенням газу.

У краплєвідділювачі швидкість газу в циліндричній частині повинна бути в межах $10 - 15 \text{ м/с}$. Висота циліндричній частини приймається рівною $3,5 - 4,0$ діаметра скрубєра.

При визначенні необхідного розрідження рекомендується приймати наступні значення гідравлічного опору ділянок газового тракту: боров печі

до шиберу котла - утилізатора 600 – 800 Па; котел-утилізатор 2 – 2,5 тис. Па.

Для забезпечення нормальної роботи мартенівської печі і ефективного очищення газу розрідження, створюване димососом (ексгаустером), має бути при сухому очищенні в електрофільтрах не менше 4,5 тис. Па, при мокрому - не менше 15 тис. Па. Щоб уникнути конденсації водяної пари з газу слід передбачати теплоізоляцію газоходів чистого газу від краплевідділювачів до нагнітача і від нагнітача до димової труби.

У міксерному відділенні сталеплавильних цехів очистку газів, відсмоктуючих від зонтів, встановлених у місцях зливу чавуну, і при скачуванні шлаку проводять в сухих відцентрових циклонах або в послідовно встановлених двох групових циклонах типу ЦН-15. Для очищення газу застосовують і батарейні циклони. Так як сухі відцентрові циклони не вловлюють пил розміром менше 10 мкм, для досягнення ГДК (гранично допустимої концентрації) у приземному шарі споруджують високі димові труби [6].

Для ефективного очищення газу мартенівських печей, що працюють з продувкою ванни киснем, спроектована промислова установка з електрофільтром нового типу PGDS-3-70, встановлена за мартенівської піччю № 8 Орско-Халиловського металургійного комбінату. В результаті досліджень встановлено, що максимальна витрата газу перед електрофільтром становить 120 тис. м³/год, за електрофільтром 135 м³/год, перепад тиску в електрофільтрі дорівнює 200 – 250 Н/м², максимальна запиленість газу перед електрофільтром 11 г/м³, середня запиленість 8,2 г/м³. При подачі кисню в ванну в кількості 6 тис. м³/год запиленість газу в електрофільтрі не перевищувала 0,08 г/м³, швидкість руху газу в електрофільтрі становила 0,9 м/с. При підвищенні цієї швидкості до 1,2 м/с кінцева запиленість газу не перевищувала 0,1г/м³ [7].

В даний час на заводі «МК Запоріжсталь» за мартенівськими печами працюють установки мокрого очищення газу з трубами Вентурі. Ці

установки розрізняються по конструкції застосовуваних труб Вентурі, вентиляторів і схемою системи.

Так, на заводі «МК Запоріжсталь» за 250-т мартенівською піччю № 2 встановлено шість труб Вентурі, за 250-т піччю № 5 дві труби Вентурі (переважно з регульованим перерізом), за 500-т № 6 десять труб.

Дослідження показали доцільно застосувати труби Вентурі для мокрого очищення газів, що відходять із мартенівських печей, які працюють з інтенсивною продувкою ванни киснем. У схемі очищення газу за мартенівською піччю № 5 на заводі «МК Запоріжсталь» передбачена робота системи як з охолоджуваного газом в котлі-утилізаторі, так і з охолодженням в випарній камері, тиск в якій дорівнює 500 – 600 Н/м². При подачі в цю камеру 10 м³/год води температура газу знижується від 600 до 250 °С. У цій системі очищений перепад тиску в трубі Вентурі становить 7000 Н/м². При питомій витраті води 1,0 – 1,2 л/м³ газу на виході з очисного пристрою запиленість знижується до 80 мг/м³ навіть при підвищеному вмісту пилу в окремі моменти на вході в очисну споруду до 16 г/м³.

Очисна установка за мартенівською піччю № 5 на заводі «Криворіжсталь» працює з перепадом тиску в трубі Вентурі 7000 – 8000 Н/м² і питомою витратою води 1,1 – 1,2 л/м³ газу. Вміст пилу в очищених газах становить 80 – 125 мг/м³ при початковій запиленості 3 – 4 г/м³.

Ефективного очищення газів, що відходять із мартенівських печей, що працюють з інтенсивною продувкою ванни киснем, досягають шляхом застосування сухого очищення в трьохпольних електрофільтрах при швидкості руху газів до 1,3 м/с з їх вологістю 70 – 100 г/м³ і за допомогою мокрого очищення газів в установці з трубами Вентурі при перепаді тиску в них до 8000 Н/м² і питомій витраті води до 1,2 л/м³, причому краще застосувати труби Вентурі прямокутного перетину з зрошенням внутрішньої поверхні конфузора, яка дає можливість застосовувати воду без очищення.

Вибір методу очищення (сухого або мокрого) повинен бути заснований на техніко-економічних показниках роботи очисних пристроїв з урахуванням

територіальних можливостей їх розміщення.

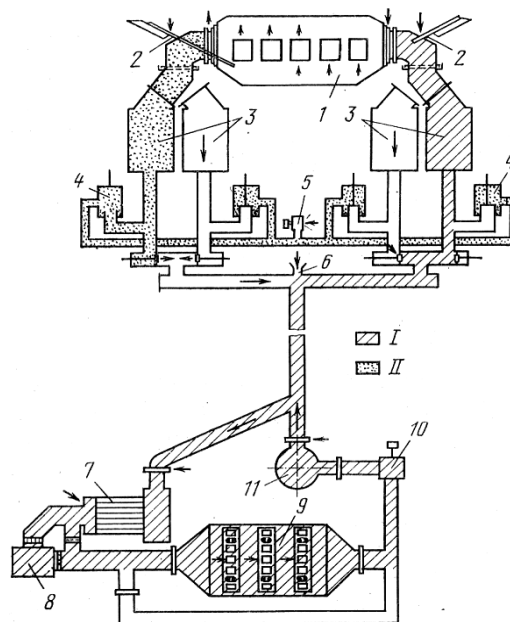
Всі великі підприємства, на яких мартенівські печі працюють із застосуванням кисню, обладнані сухими електрофільтрами. Так як направлені на очищення у фільтр газу повинні бути охолоджені, фільтр з'єднують з утилізаційним котлом, який у деяких випадках побудований для використання тепла та отримання пару. На деяких підприємствах кожна піч має котел-утилізатор і фільтр, на інших підприємствах кілька фільтрів підключено до одного котла-утилізатора за допомогою каналів. Застосування цього типу пристроїв для охолодження і очищення від пилу дало позитивні результати.

Запиленість продуктів згоряння мартенівських печей залежить від часу технологічного циклу, проте максимальна запиленість (до 16 г/м^3) характерна для періоду продувки киснем. При певному обслуговуванні та експлуатації котла-утилізатора і очисної установки запиленість газу на виході з неї зазвичай буває значно нижче $0,1 \text{ г/м}^3$. Основною необхідною умовою зниження запиленості є контроль температури продуктів згоряння на вході у фільтр. За допомогою цього контролю необхідно попередити підвищення температури продуктів згоряння на вході в електрофільтр і конденсацію водяної пари в ньому. При фільтрації повинна підтримуватися постійна температура вище точки роси H_2SO_4 .

У сталеплавильному відділенні фірми «Appleby - Frodingham» у двох мартенівських печах переплавляють металевий лом із застосуванням для опалення коксового газу та крезотового пеку (70 : 30), а сім печей працюють по процесу Аякс, в якому застосовують кисень ($40 \text{ м}^3/\text{т}$ сталі). При продувці печей Аякс виявилось, що для цих печей необхідна суха очистка газу для економії води та спрощення повторного використання оксидів заліза. Перша мартенівська піч на цьому підприємстві, призначена для виробництва методом Аякс, була обладнана фільтром мокрого очищення, який не витримав експлуатаційних випробувань [8].

Пізніше за другою мартенівською піччю був побудований одноступінчастий електрофільтр, експлуатація якого дала більш прийнятні результати. Після цей фільтр був реконструйований в двоступеневий, а потім в триступеневий, (рис. 1.8). Решта шість печей, в тому числі і перша піч були обладнані аналогічними трьохпольними електрофільтрами.

На підприємствах фірми «Abbi» (порт Талбот, Південний Уельс) мартенівський комплекс складається з 10 печей: чотирьох печей ємністю по 400-т кожна і шести 200-т [5].



1 – мартенівська піч; 2 – фурми; 3 – регенератори; 4 – повітряний клапан; 5 – вентилятор для подачі повітря; 6 – з абірник холодного повітря; 7 – котел-утилізатор; 8 – підігрівач води; 9 – електрофільтр; 10 – вентилятор; 11 – димохід; I – продукти згоряння; II – повітря

Рисунок 1.8 – Установа для очищення газів мартенівських печей системи Аякс за допомогою електрофільтру

Цей комплекс обладнаний двома окремими установками для очищення газу. Гази з 400-т печей вентиляторами відводяться в газопровід через котли-

утилізатори, де вони нагрівають котельню воду. З газопроводу газу подають в п'ять електрофільтрів, встановлених паралельно на одному трубопроводі. Ця система була побудована в 1961 – 1962 рр. з урахуванням обмеженою виробничої площі (до цього у кожній печі був окремий електрофільтр). Очищені газу вводяться в загальний трубопровід, а потім викидаються в атмосферу через димар заввишки 67 м. У випадку, коли електрофільтр не працює, продукти згоряння з котлів-утилізаторів можуть направлятися в димохід, а при відключених котлах-утилізаторах безпосередньо викидатися в димохід.

За електрофільтрами запиленість продуктів згоряння досягала 0,04 – 0,055 г/м³, що повністю відповідало потребам санітарної інспекції.

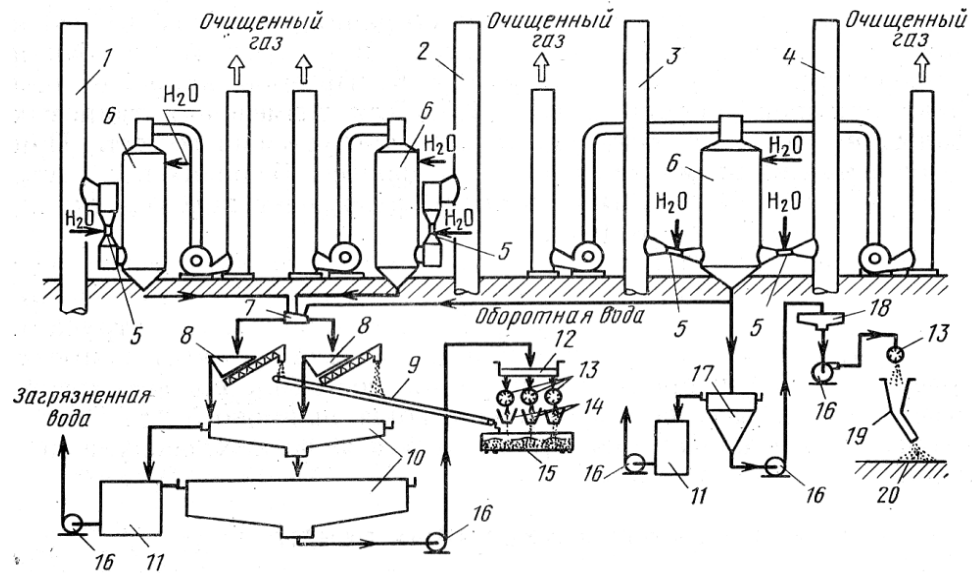
У концерні «Republic Steel» (США) після забезпечення економічного очищення продуктів згоряння з мартенівських печей мокрим способом, а також зниження капітальних витрат на установку труб Вентурі (у порівнянні з електрофільтрами) було вирішено використовувати пристрої цього типу. Систему ввели в 1964 р. Вона розрахована на очищення 1700 м³/хв продуктів згоряння однієї 300-т мартенівської печі. Сепаратор, колектор використаної води і фільтр були розраховані (за розмірами) на очистку продуктів згоряння від двох 300-т печей. Продукти згоряння з температурою до 980°С направляються в цьому пристрої в промивальну установку Вентурі по трубопроводу гарячих газів. Запилені газу подаються в нижню частину вертикально встановленої промивної установки Вентурі, в якій очищаються. Очищені, насичені водяною парою газу при температурі близько 75°С надходять в сепаратор діаметром 7,5 м, де частково витягується з них вода. Потім газу проходять вгору через перегородки з деревини (сосни), де додатково вилучається волога. Верхня частина промивної установки така ж, як і у труби Вентурі. Вона обмежує перетин потоку з допомогою прямокутного отвору розміром 0,3 × 2 м. Два ряди форсунок для розпилення води розміщені з двох боків труби. Діаметр форсунок дорівнює 7,15 мм, в кожному ряду встановлено по 20 форсунок. Таким чином в трубу вводиться

165 – 300 м³/год циркуляційної води через 80 форсунок. Вода, подана в трубу, розпилюється потужним потоком прохідних газів. Забруднена вода з промивної установки Вентурі стікає в конічну частину сепаратора і надходить у накопичувач оборотної води через дерев'яну перегородку. По похилих стінках накопичувача обложені матеріали постійно направляються в його середину і до помпи. Дві помпи (одна резервна) перекачують воду з накопичувача до форсунок труби Вентурі. Поплавкова система в накопичувачі води регулює її рівень, пропускаючи ~ 1 м³/хв додаткової води для поповнення контуру. Ці помпи перекачують близько 1 м³/хв шламу з накопичувача циркулюючої води у відстійник діаметром 6 і висотою 4,25 м. Шлам з відстійника в кількості 45 л/хв із вмістом 30-50% твердих частинок подається до фільтру барабанного типу з поверхнею 1,8 × 2,1 м. Фільтр затримує осад 20% вологості. Цей осад по жолобу подається на стрічковий транспортер, котрий переправляє його на склад, де він змішується з мокрим і сухим колошниковим пилом і зберігається до відправки на агломераційну фабрику. Ця система виявилася надійною. Після двохрічної експлуатації мокрого очисного пристрою встановили, що система очищення з трубою Вентурі має технічні та економічні переваги при очищенні продуктів згоряння мартенівських печей, що працюють з використанням кисню.

Компанією «Youngston Sheet and Tube Co» в штаті Індіана (США) на всіх восьми мартенівських печах ємністю по 325 т з сумарною продуктивністю 2,5 млн. т сталі на рік, працюючих з застосуванням кисню, організована очистка продуктів згоряння з використанням труби Вентурі. За капітальними витратами, застосування промивної установки більш вигідно, так як в котлах-утилізаторах сталеплавильного відділення не вдавалося знизити температуру продуктів згоряння до рівня, необхідного для стабільної роботи електрофільтру [5].

Спочатку були встановлені промивні установки для двох печей. Внаслідок нестачі виробничої площі очисні пристрої було змонтовано на антресолі над печами, (рис. 1.9). Продукти згоряння при температурі, що

коливаються від 320 до 820° С, входять у футерований димар з природною тягою і передаються в зону, що знаходиться на висоті 30 м від рівня землі. У цьому місці гази направляються в очисний пристрій, а якщо його немає, то у димохід.



1 – 4 – димоходи відносно печей № 5 – 8; 5 – труби Вентурі; 6 – скрубери; 7 – сито; 8 – класифікаційні відстійники; 9 – транспортери; 10 – відстійники; 11 – накопичувачі зворотної води; 12 – роздільник; 13 – крильчатки; 14 – воронки; 15 – короб для подачі шламу; 16 – помпи; 17 – конусний накопичувач; 18 – відстійник; 19 – воронка; 20 – шлам

Рисунок 1.9 – Система очистки газів мартенівських печей (США)

На основі експериментальних даних очищення газів від цих печей після усунення виявлених недоліків труби Вентурі були встановлені на інших шести печах, щоб у кожній печі була окрема система очистки. У результаті був досягнутий ступінь очищення 99,8% при перепаді тиску у всьому очисному пристрої 8,3 кН/м².

На основі зібраного матеріалу можна зробити висновок, що для очищення газів мартенівських печей слід застосовувати електростатистичні

споруди або пристрої мокрого очищення з трубами Вентурі. Вирішальне значення при виборі методу очищення мають вміст SO_2 в продуктах згоряння, стан водного господарства підприємства, спосіб ведення водно-шламового господарства, площа, відведена для будівництва очисних споруд, та ін. [8].

Скрубери Вентурі забезпечують високий ступінь очищення газів від дрібнодисперсного пилу, але як показав досвід роботи газоочисного устаткування мартенівського цеху комбінату «Запоріжсталь», істотним недоліком мокрої системи є значний краплинонос (близько 200 мг/м^3).

Це призводить до передчасного корозійного зносу газоходів, вентиляторів і димаря, випаданню кислотних опадів при розсіюванні викидів із-за оксидів азоту і сірки, що містяться в них.

Мокрі апарати разом з перевагами: простота конструкції і порівняно невисока вартість; менші габарити в порівнянні з електрофільтрами; можливість використання при підвищеній температурі і підвищеній вологості газів; уловлювання разом із зваженими твердими частинками пари і газоподібних компонентів, мають наступні недоліки [7]:

- отримання вловленого продукту у вигляді шламу, що вимагає необхідності додаткової утилізації;
- необхідність організації оборотного циклу водопостачання;
- утворення відкладень в устаткуванні і газопроводах при охолодженні газів або краплинному винесенні вологи з пиловловлювача;
- шкідливий вплив краплинної вологи, що міститься в газах, на стіни димарів;
- погіршення умов розсіювання пилу і шкідливих газів, що викидаються через димарі в повітряний басейн.

При виборі апаратів газоочищення перевага віддається сухим методам. Вони не вимагають споруди дорогих систем водопостачання і шламової каналізації, полегшують утилізацію вловленого продукту, знижують корозійний знос устаткування і комунікацій, характеризуються меншим

споживанням електроенергії, покращують умови розсіювання шкідливих викидів в атмосфері. Аналіз техніко-економічних показників газоочисного устаткування дозволяє зробити висновок, що при однаковому ступені очищення питомі капітальні витрати на газоочищення нижче при застосуванні мокрої системи очищення. А питомі експлуатаційні витрати нижче при використанні системи газоочищення з електрофільтром або рукавним фільтром.

Електрофільтрам разом з перевагами (високий ступінь очищення – до 99 і навіть 99,9%; найменший гідравлічний опір в порівнянні з іншими апаратами (50 – 150 Па); можливість роботи при різному атмосферному тиску і температурах 500° С і вище; можливість уловлювання частинки, розміром від 100 до 0,01 мкм), властиві істотні недоліки. Деякі продукти володіють такими фізико-хімічними властивостями, які унеможливають застосування електрофільтру для їх уловлювання, що наприклад володіють незначною масою, дуже низьким питомим електричним опором.

У мартенівському виробництві сталі для інтенсифікації процесу плавки застосовується подача кисню у ванну. При цьому в газах, що відходять, різко зростають концентрація і дисперсність зважених частинок, а також значно знижується вологість газів (до 40 – 60 г/м³). В результаті сухе очищення газів в електрофільтрах ускладнюється і передбачає проведення спеціальних заходів для забезпечення їх нормальної роботи (зволоження газів із застосуванням хімічних реагентів). Крім того, вартість електрики підвищує вартість газоочищення. Ряд недоліків, що є при експлуатації скрубера Вентурі і електрофільтру, відсутні при експлуатації рукавного фільтру. Пил, вловлений в рукавному фільтрі, сухий і немає необхідності зневоднювання і підсушування вловленого продукту при утилізації. Рукавні фільтри не чутливі до коливань запиленості і витрати газу, малочутливі до коливань температури (але не можна, щоб температура перевищувала термостійкості фільтрувальної тканини).

Газ на виході з рукавного фільтру гарячий і сухий, тому немає заростання вентиляторів, немає конденсації вологи в димарі, краща підйомна сила в димарі, поліпшується розсіювання шкідливих речовин в атмосфері. У рукавних фільтрів менша металоємність в порівнянні з електрофільтрами, простіша конструкція і обслуговування.

Рукавні фільтри володіють наступними перевагами в порівнянні з іншим газоочисним устаткуванням [9]:

- вищий ступінь очищення газів від зважених частинок, фільтри здатні забезпечити практично повне вловлювання частинок всіх розмірів, включаючи субмікронні;
- універсальність, тобто фільтри здатні уловлювати тверді частинки в сухому вигляді і рідкі частинки з туманів;
- можливість очищення газів, нагрітих до високої температури (залежно від матеріалу тканини фільтру);
- можливість повної автоматизації процесу очищення газів;
- стабільність процесу очищення і менша залежність від зміни фізико-хімічних властивостей уловлюваних частинок і витрати газів, ніж при електроочищенні;
- простота експлуатації.

2 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ

2.1 Дослідження інноваційних засобів та технологій захисту навколишнього середовища

2.1.1 Технологічна схема мартенівського процесу виплавки сталі

До складу мартенівського цеху входять наступні відділення: головний корпус, шихтове відділення, міксерне відділення, відділення оброблення зливків, парк охолодження виливниць, відділення чищення і мастила виливниць, двір виливниць.

У головному корпусі, де розміщуються мартенівські печі, знаходяться три відділення: шихтовий двір, пічний і розливний прольоти.

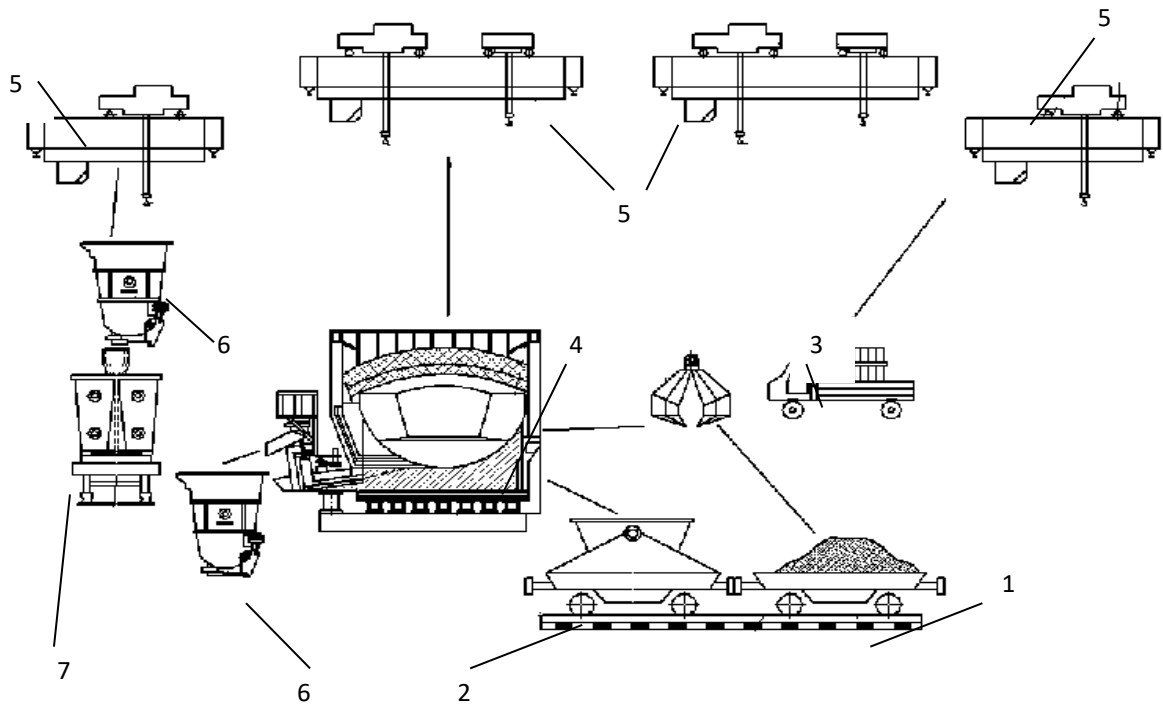
Для безперебійної подачі рідкого чавуну в мартенівські печі встановлено міксери, які розташовані в окремій будівлі. Міксерне відділення – є проміжною ланкою між доменним і мартенівським цехами, й служить для приймання, зберігання і усереднювання по складу рідкого чавуну, що поступає з доменного цеху. Міксери призначені для тимчасового зберігання запасу рідкого чавуну, завдяки чому створюються незалежні від ходу доменних печей умови роботи сталеплавильних агрегатів.

На рисунку 2.1 представлена технологічна схема мартенівського процесу виплавки сталі [10].

Подача й заливання чавуну. Рідкий чавун з доменного цеху в міксерне відділення транспортують потягами несамохідних чавуновозів; заливку чавуну в міксер здійснюють за допомогою спеціального мостового крану – міксерного крану. Окрім свого основного призначення (зберігання чавуну) в стаціонарних міксерах відбувається вирівнювання температури чавуну і його хімічного складу, а за певних умов видалення шкідливих домішок.

З міксерного відділення рідкий чавун в чавуновозах подається електровозом по естакаді на робочий майданчик пічного прольоту.

У печі чавун заливають через вікна по підвісному жолобу за допомогою заливального крану вантажопідйомністю 125/35 т. Ковші піднімають заливальним краном і заливають чавун у піч через спеціальні жолоби, які перед заливанням установлюють за допомогою крану в робочі вікна печі. Ємність заливальних ковшів становить 90 – 100 т.



1 – скрап; 2 – чавуновоз; 3 – автотранспорт; 4 – мартенівська піч; 5 – заливальний кран; 6 – сталерозливний ківш; 7 – розлив сталі в виливниці

Рисунок 2.1 – Технологічна схема мартенівського процесу виплавки сталі

Холодну шихту – сипкі матеріали і металевий брухт – зберігають в шихтовому відділенні, розташованому в окремій будівлі і обладнаному грейферними і магнітними кранами.

Подача й завантаження твердих шихтових матеріалів. У шихтове відділення мартенівського цеху поступають металеві шихтові матеріали, окислювачі (залізняк, прокатна окалина і т.п.) розкислювачі і легуючі добавки (феромарганець, феросиліцій і т.п.), флюсуючі матеріали (вапняк,

вапно, боксит), заправні матеріали (доломіт, магнезитовий порошок, порошок для торкретирування).

З шихтового відділення матеріали подають до мартенівських печей мульдами місткість яких складає $3,3 \text{ м}^3$, встановлених на спеціальних візках, утворюючих потяг. *Мульда* являє собою литу сталеву ємність із кишенею на торцевій стінці. Візки для мульд мають вантажопідйомність 40 – 50 т. На один візок установлюють 3 – 4 мульди. Мульдовий потяг із шихтою перед початком завалки подають до печі на мульдовий шлях. По шляху проходження візки зважують на залізничних вагах. Хоботом завалочної машини мульди по черзі підіймають з потягу, уводять через вікно в піч і перекидають, після чого порожні мульди знову встановлюють на потяг. Після завантаження чергової мульди потяг пересувають хоботом завалочної машини так, щоб проти робочого вікна печі виявилася наступна повна мульда. Завантажують шихту в піч підлоговими завалочними машинами з вантажопідйомністю 7,5 т. Тягове зусилля мосту машини становить 300 – 600 т.

Подача феросплавів. Феросплави привозять у пічний проліт на залізничних платформах у саморозвантажних баддях зі складу феросплавів. Баддю підіймають заливальним краном і розвантажують феросплави в підвісні бункери, розташовані над робочим майданчиком між печами. З бункерів феросплави видають у пічний і розливний прольоти.

У пічному прольоті на робочому майданчику проходять дві залізничні колії для подачі потягів з мульдами і ковшів з чавуном і один для пересування машин завалень уздовж фронту печей. Заправні матеріали транспортують в переносних бункерах, пристосованих на заправних машинах стрічкового типу.

З мартенівської печі готову сталь випускають *в розливному прольоті* по роздвоєному жолобу в сталерозливні 250-тонні ковші, що стоять на стендах. Після закінчення випуску сталерозливний ківш переносять мостовим краном до сталерозливного майданчика, де сталь розливають у виливниці,

встановлені на візках. Розливальний проліт мартенівських цехів обладнаний кранами вантажопідйомністю на траверсах 320 т і допоміжних підйомах 50/15 т. У мартенівському цеху комбінату «Запоріжсталь» всі марки сталі розливаються сифоновим способом і зверху. Розливання зверху – це розливання безпосередньо в кожену виливницю. Розливання сифоновим способом – через центрову наповнюється відразу чотири виливниці. Розливання робиться в состави; у кожному составі – 5 візків, на яких знаходяться по 4 виливниці і центрові.

Шлаки забирають через розливний проліт. Шлак з робочого простору печей випускають через середні завалочні вікна в шлакові ковші місткістю 16м³, встановлені на візках під робочим майданчиком. Заповнені ковші висуюють канатною лебідкою в розливний проліт, де їх розливним краном переставляють на шлаковози, що вивозять шлаки по поздовжньому шлаковому шляху. Шлак, що зливається через шлакові отвори в задній стінці печі, і надлишковий шлак, що зливається зі сталерозливного ковша під час випуску сталі, попадають у шлакові чаші. Заповнені чаші ставлять краном на шлаковози й вивозять по шлаковому шляху.

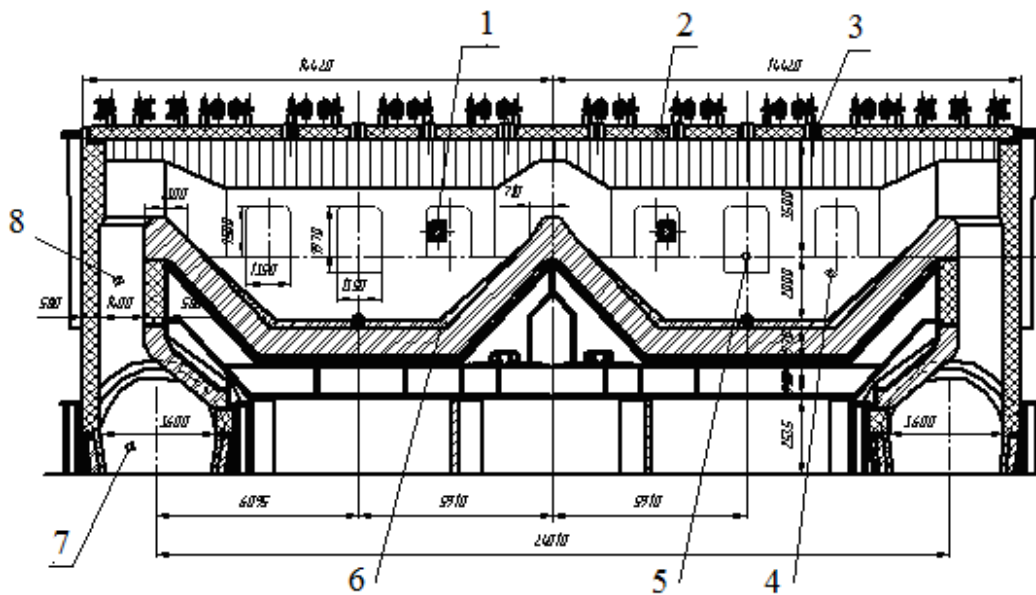
Потяг візків із залитими виливницями після охолодження сталі направляють у відділення роздягання зливків, де їх відокремлюють від виливниць спеціальними кранами. Зливки, що сильно приварилися до виливниць, витягують за допомогою підлогової установки. Після витягання зливки направляють в будівлю нагрівальних колодязів прокатного цеху або на склад. Охолоджені порожні виливниці подають у відділення механізованого чищення і мастила. Потім потяги візків з виливницями транспортують в двір виливниць, де проводять підготовку виливниць до наступного приймання металу [11].

2.1.2 Улаштування і конструкція мартенівської двованної печі

Прикладом агрегатів, що діють безперервно, в яких завантаження шихти і випуск сталі здійснюються періодично, окремими порціями, можуть

служити двованні печі. Широкий розвиток киснево-конвертерного процесу показало можливість інтенсивної переробки великих мас чавуну з продувкою киснем при одночасній переробці деякої кількості ($\approx 20\%$) металевго брухту. Однак при цьому тепло відхідних газів для нагріву брухту не використовується. Конструктори двованних печей запропонували, крім інтенсивної продувки ванни киснем, утилізувати хоча б частину тепла газів, що виділяються для нагріву шихти. При цьому використовується як фізичне тепло відхідних газів, так і тепло, що виділяється при окисленні CO до CO_2 . Навіть часткова утилізація тепла відхідних газів дозволяє підвищити частку металевго брухту в шихті до 40 – 45%.

Умовно всю будову мартенівської печі ділять на верхню і нижню частини. До верхньої будови відносять: робочий простір печі, головки і вертикальні канали (рис. 2.2). Нижня частина складається з шлаковиків, лежаків і перекидних каналів [12].



1 – оглядове вікно; 2 – склепіння печі; 3 – газокисневі пальники; 4 – робочий простір; 5 – вікно завалення; 6 – под печі; 7 – шлаковики; 8 – вертикальні канали

Рисунок 2.2 – Мартенівська двованна піч

Оскільки плавки в даній печі видаються одна за одною, печі ці іноді називають тандем-печами, а процес тандем-процесом. Продуктивність печі при такому методі роботи зростає.

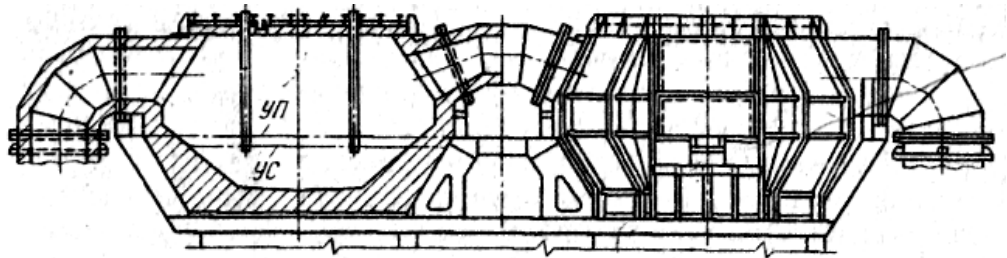
Звичайну плавку в мартенівській печі (з інтенсивною продувкою ванни киснем, що починається відразу після заливки рідкого чавуну) можна умовно розділити на два періоди: твердий – завалка брухту, руди, вапняку і їх прогрів; рідкий – заливка чавуну, продування ванни і окислення її домішок, розкислення, легування і випуск. Організація проведення плавки у двованній печі приблизно така ж.

Таким чином, годинна продуктивність при заміні мартенівської печі двованною повинна зростати. Якщо врахувати деяке зменшення тривалості рідкого періоду, а також збільшення терміну служби окремих елементів печі (насамперед склепіння) і зменшення тривалості ремонтів, то можна зрозуміти, чому годинна продуктивність при заміні мартенівської печі двованною значно зростає. Розрахунок показує, що при продувці киснем звичайного передільного чавуну прихід тепла на 1 т чавуну складає ~ 3150 МДж. Ця кількість тепла складається з трьох приблизно рівних частин: фізичного тепла рідкого чавуну; тепла, що виділяється при окисленні домішок чавуну; тепла, що виділяється при окисленні CO до CO₂. Тепло в двованній печі витрачається наступним чином: ~ 50 % тепла міститься в рідкій сталі і шлаку (ентальпія ванни); ~ 10 % - тепло відхідних газів (в основному CO₂); інші 40% витрачаються на компенсацію втрат тепла через кладку з охолоджувальними окремо елементами печі водою і на переробку брухту або залізної руди (надлишок тепла).

Кількість перероблюючого брухту (або залізної руди) визначається по тепловому балансу. При вмісті в шихті більше 65 – 68 % рідкого чавуну двованній печі можуть працювати без використання палива. Якщо ж за умовами виробництва в піч завантажують брухту більше, ніж відповідає тепловому балансу, то недолік тепла компенсується подачею палива. Тепловий баланс залежить також від складу чавуну, головним чином, від

вмісту в ньому кремнію. Паливо в двованні печі подається за допомогою паливно-кисневих пальників, встановлених у зводі і торцях печі. Пальники можуть бути стаціонарними або рухомими. Оскільки на двованних печах немає регенераторів, то немає необхідності зберігати тепло газів, що потрапляють з печі в шлаковик. Для зниження температури відхідних газів в шлаковики впорскують воду, що призводить до отримання в шлаковиках пухкого шлаку, що видаляється легко, без вибухів і порушення кладки.

Конструкції двованних печей безперервно вдосконалюються, розробляються нові варіанти. Загальний вигляд нової двованної печі, проєктованої інститутом «Сталепроєкт», на (рис. 2.3, 2.4) [13].



РП – рівень порога робочих вікон; РС – рівень спокійного металу

Рисунок 2.3 – Поздовжній розріз і вигляд спереду двованної печі місткістю 2×300 т

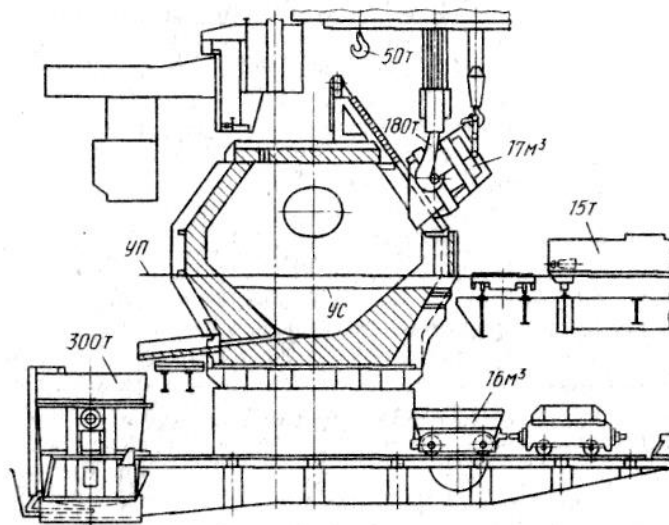


Рисунок 2.4 – Поперечний розріз двованної печі місткістю 2 × 300 т

Проектна місткість кожної ванни повинна мати достатній запас на вспінювання металу і шлаку (до $0,4 \text{ м}^3/\text{т}$ рідкої сталі). Кожна ванна має одне сталевипускне і одне шлакове отвори, розташовані в задній стінці печі. Висота зводу становить 4,5 м.

Кожний робочій простір має два розташованих одне над іншим робочих вікна: нижнє – для догляду за подиною, для завантаження додаткових матеріалів і розкислювачів (за допомогою машини завалення), для спуску шлаку, взяття проб і т.д.; верхнє - для завантаження брухту спеціальними совками-контейнерами або ковшами (на рис. 1.4 показаний момент спорожнення в піч контейнера місткістю 17 м^3). Верхнє вікно повинно відкриватися тільки під час завалювання. Швидкісна завалка брухту дуже важлива, так як ефективність роботи двованних печей найбільш висока лише за умови організації швидкісного завалювання металобрухту (до 300 т/год) і інтенсивної подачі кисню в піч (до $1,5 \text{ м}^3/\text{т}\cdot\text{хв}$). Проектна продуктивність такої печі при швидкісному завалюванні становить 1,8 млн. т сталі на рік. Тривалість плавки у двованній печі такого типу становить ~ 4 год (кожні 2 год з однієї з ванн проводиться випуск сталі).

Робочий простір печі створюється знизу подом, з боків – поперечними і подовжніми укосами, передньою і задньою стінками, а зверху перекритий склепінням. Нижня частина робочого простору від поду до рівня порогів робочих вікон є ванною. У ванну завантажують шихтові матеріали, в ній утворюються, прогріваються і реагують один з одним і атмосферою печі розплави. Нахили поду печі забезпечують стікання розплавів до центру поду і у напрямі до випускного отвору.

Простір над ванною визначається висотою склепіння від рівня порогів робочих вікон в центрі печі. Площа поду мартенівської печі має не тільки конструктивне значення, але і технологічне, оскільки визначає теплосприймаючу поверхню і площу контакту металу і шлаку.

Опорні конструкції. Вага верхньої будови печі і матеріалів, що в ній знаходяться, передається трапецеїдальним залізобетонним стояном на

фундаменті. На стоян кладуть литі чавунні плити, на них – тримальні подовжні балки. На подовжні балки кладуть поперечні, а на них – сталевий лист 20 – 30 мм, на якому викладають под печі.

Пристрій поду. Кладка поду працює 5 – 7 років без зміни, тому повинна викладатися ретельно, щоб рідкий метал не пішов з ванни. При викладенні основної мартенівської печі на опорний лист кладуть листовий азбест 20 – 30 мм, на нього 1 – 2 ряди шамотної цегли і 5 рядів магнезитової кладки на сухому порошку.

По довжині і ширині печі встановлюють температурні шви 2 – 4 мм, які компенсують теплове розширення кладки. На цегляній кладці поду створюють робочий наварний шар що безпосередньо сприймає механічні, хімічні і теплові дії на под. Загальну товщину поду в печах роблять близько 1000 – 1200 мм.

Задня і передня стінки. Кладка передньої стінки працює у виключно важких умовах, оскільки ослаблена отворами робочих вікон і, окрім агресивної дії факела і шлаку, на неї діє атмосферне повітря, проникаюче через робочі вікна. Догляд же за нею (тобто заправка) ускладнений. Для поліпшення заправки і підвищення стійкості передня стінка основної печі має нахил 10° до вертикальної площини у бік робочого майданчика. Простінки між вікнами – стовпчики викладають з магнезитової цегли на сухому магнезитовому порошку. У передній стінці роблять шість вікон. Нахил задньої стінки більший, ніж передньої. Для поліпшення заправки нахил задньої стінки наближають до кута природного укосу матеріалів, тобто 45° . Для зменшення теплових втрат магнезитову кладку задньої стінки із зовнішнього боку ізолюють пористою шамотною цеглиною.

Склепіння робочого простору. До недавнього часу склепіння викладали або тільки з динасової цегли, або з магнезитохромитової цегли. При їх використанні, з багатьох причин склепіння може швидко вийти з ладу. Тому почали застосовувати склепіння особливої конструкції – розпірно-підвісний. У цьому склепінні між цеглою ставлять прокладки, залізні пластини (0,8 мм),

цегла з'єднується штирями (діаметром 16мм та довжиною 50 мм). Прокладки і штирі окислюються і зварюються з цеглою, утворюючи моноліт. Застосування штирів і пластин дозволяє підвісити блоки цегли до металевих косинців, укладених уздовж склепіння. До цих косинців кріпиться тяга і підвішується до спеціальних дуг. Протидію випинанню склепіння створюють упорні трубки, надіті на тягу. Склепіння п'ятами спирається на підп'ятові балки.

Арматура робочого простору. Кладка печі укріплена металевим каркасом з вертикальних і горизонтальних рамних конструкцій. Створений каркас надовго забезпечує незмінність і міцність кладки печі. Передня і задня стінки облицьовані металевими плитами, які кріпляться болтами до стійок. На рівні порогів робочих вікон до облицювальних плит кріпляться болтами товсті до 150 мм чавунні порогові плити. Рами вікон завалень представляють порожнисту зварну з листового металу конструкцію, що охолоджується водою, яка кріпиться знімними болтами до стійок передньої стінки, і що знизу упирається в поглиблення порогових плит. Заслінка представляє порожнисту металеву зварну конструкцію, що охолоджується водою, зсередини футеровану шамотною або магнезитохромітовою цеглою.

Головки. Призначення головок полягає в подачі палива і окислювача в кількостях, що забезпечують повне згорання пального із створенням настільного, необхідної довжини, жорсткого, стійкого факела, а також у відведенні продуктів згорання з робочого простору печі. Для оптимальних умов спалювання палива і теплообміну в робочому просторі печі необхідно створити великі швидкості виходу палива і повітря з головок. Для цього треба мати невеликі вихідні площі перетину прогонів головок. Для хорошого ж відведення продуктів горіння з робочого простору ті ж перетини мають бути найбільшими. Забезпечення таких суперечливих завдань, а також служба головок в умовах високих температур, гідродинамічних дій газових потоків і осадження з продуктів горіння значних кількостей пилу створюють

великі труднощі в створенні раціональних конструкцій і тому вони удосконалюються, безперервно змінюючись.

Шлаковики служать для осадження в них більшої частини пилу (близько 75%), що міститься в продуктах горіння. Шлаковики це великі камери, в яких швидкість руху продуктів згорання різко зменшується: в результаті цього, а також зміни напрямку руху на 90°, пил осідає на дно шлаковика. Кількість шлаку, що осідає в шлаковиках, складає від 6 до 12 кг на 1 т сталі.

Боров. Продукти горіння з-під регенераторів відводяться в боров повітряного регенератора, а потім в димовий боров і трубу. Перетин борову розраховують по кількості продуктів горіння, виходячи із заданої швидкості газових потоків при 0° С в газовому борову 1,5 – 2,0 м/с, в повітрі 2,0 – 3,0 м/с, загалом 2,5 – 4,0 м/с.

Перекидні пристрої існують для зміни напрямку згорання повітря і горючого газу і їх кількісного регулювання. Зміна напрямку газопотоків проводиться за допомогою клапанів, тому цю операцію називають перекиданням клапанів. Застосовуються наступні перекидні пристрої: тарільчастий димовий клапан з гідрозатримом і тарільчастий газовий клапан з гідрозатримом. Подача газу і повітря в печі регулюється автоматично зміною положення тарілки щодо сідла клапана. Тиск в печі регулюють димовими шиберами похилого типу.

Сталевипускний жолоб встановлюється на піч до заливки чавуну. До моменту випуску плавки жолоб має бути ретельно просушений, добре очищений від сміття.

Сталерозливні ковші під жолоб повинні встановлюватися не пізніше, ніж за 30 хвилин до початку випуску плавки. Під носок сталерозливних ковшів встановлюють шлакові чаші. Тривалість випуску плавки має бути 7 – 15 хвилин для одножолобних печей і 15 – 25 хвилин для двожолобних печей.

Відразу ж після випуску плавки знімається сталевипускний жолоб і потім без затримки ківш з металом подається до розливного майданчика. Витримка металу в ковші від кінця випуску до початку розливання має бути не більше 15 хв для одножолобних і 20 хв для двошолобних печей.

Після випуску плавки плавильний майстер видає початкові дані для розкислювання металу алюмінієвим дробом при його розливанні, враховуючи при цьому результати аналізу проб металу і шлаку на випуску, кількість і чад розкислювачів і коксику.

Заміна мартенівських печей двованними (оскільки вона не супроводжується збільшенням числа одиниць обладнання) призводить до підвищення продуктивності праці. Найбільш висока продуктивність на двованних печах може бути досягнута при малій тривалості завалювання. Так, на двованній печі Череповецького металургійного комбінату при зменшенні тривалості завалювання брухту 110 т і заливки чавуну 222 т загальна тривалість плавки склала всього 2 год 20 хв (у тому числі тривалість, хв: заправки 10, завалювання 15, підігріву твердої шихти 18, заливки чавуну 18, плавлення 44 і доведення 35). Продуктивність печі в цьому випадку досягає 250 т/год при витраті палива 4,5 кг/т і кисню 62,5 м³/т.

Перевагами двованних печей є: висока продуктивність; більш низька витрата (в порівнянні з мартенівськими печами) вогнетривів і менша трудомісткість ремонтів; можливість розміщення печей в умовах існуючих мартенівських цехів (габарити, використання кранового устаткування, комунікації і т. д.). Ці гідності визначають поширення печей такого типу для заміни мартенівських печей, що працюють скрап-рудним процесом з інтенсивною продувкою киснем. Разом з тим ряд проблем організації роботи двованних печей поки ще не вирішене (теплова робота печі ускладнює великі підсоси холодного повітря; при інтенсивній продувці киснем має місце великий чад і інтенсивне пиловиділення; не вирішена проблема огляду та заправки печі після випуску і т. д.) [12, 13].

2.1.3 Технологія мартенівського способу отримання сталі в двованній сталеплавильній печі

Технологія плавки в двованній мартенівській печі принципово не відрізняється від технології плавки в мартенівській печі, що працює з інтенсивною продувкою ванни киснем, однак є певна різниця. У момент закінчення заливання чавуну і початок продувки ванни в шлаку спостерігається високий вміст оксидів заліза (30 – 40 %, а на деяких плавках ще вище).

В період інтенсивного обезвуглерожування вміст оксидів заліза в шлаку дещо знижується, проте в кінці плавки, при зниженні концентрації вуглецю знову зростає.

Основна кількість тепла у ванні печі виділяється в результаті окислення заліза і його домішок, а відносна величина тепловіддачі на поверхні в двованній мартенівській печі вище, тому температура в робочому просторі нижче, ніж в мартенівських печах в періоди плавлення і доведення.

Температура шлаку в двованній печі, як правило, не перевищує температури металу. Внаслідок більш низької температури шлаку наведення активного рідкорухливого високоосновного шлаку затруднюється, тому воліють по ходу плавки не вводити значних порцій вапна, а для повного ошлакування вапна або вапняку, завантажених під час завалювання, практикують метод підйому однієї або двох фурм. При цьому починає інтенсивно окислюватися залізо, в результаті підвищення температури шлаку і його окислення швидко формується досить рідкорухливий і гомогенний шлак.

Вміст SiO_2 в шлаку нижче, ніж зазвичай у мартенівській плавці, що пов'язано з тим, що в двованній печі залізну руду в період завалювання зазвичай не вводять. Розчинення вапна в шлаку, введеного в піч у період завалювання, починається через деякий час після закінчення заливання чавуну.

До моменту розплавлення основність шлаку CaO/SiO_2 підвищується до 2, під час доведення основність шлаку продовжує зростати. Формування активного шлаку забезпечує досить успішне проведення десульфурзації металу. Підвищене окислення шлаку в двованній мартенівській печі забезпечує також успішне проведення дефосфорування металу.

Розрахунок показує, що при продувці киснем звичайного переробного чавуну прихід тепла на 1т чавуну складає приблизно 3150 МДж. Ця кількість тепла складається з трьох приблизно рівних частин [14]:

- фізичного тепла рідкого чавуну;
- тепла, що виділяється при окисненні домішок чавуну;
- тепла допалювання CO в CO_2 .

Витрата цього тепла розподіляється наступним чином: близько 50% від приходу тепла міститься в рідкій сталі і шлаку (ентальпія ванни); близько 10% - тепло, укладене в відведених газах (в основному CO_2) та інші 40% тепла витрачаються на компенсацію втрат через кладку, втрат з водою, яка охолоджує окремі елементи печі, і на переробку брухту або залізної руди (надлишок тепла). Таким чином, кількість переробленого брухту (або залізної руди) визначається тепловим балансом.

Теоретично при вмісті в шихті більше 65% рідкого чавуну двованні мартенівські печі можуть працювати без витрачання палива. Якщо ж за умовами виробництва в піч завантажують брухту більше, ніж відповідно до балансу тепла, то недолік тепла повинен бути компенсований паливом. Звичайно, що тепловий баланс залежить також від складу чавуну, головним чином від вмісту в ньому кремнію.

Паливо в двованній печі подають за допомогою газокисневих пальників, встановлених у зводі і торцях печі. Пальники можуть бути стаціонарними або рухомими. Добре працюючі двованні мартенівські печі витрачають на 1т сталі 70 – 75 м³ кисню і 3 – 4 кг вогнетривів. Витрата палива визначається складом шихти (головним чином витратою і складом чавуну).

Технологічний процес одержання сталі в мартенівських печах включає кілька періодів: заправку печі, завалку шихти, заливку чавуну, плавлення шихти, доведення плавки, розкислення, легування і випуск сталі з печі [15].

Заправка. Після випуску піч оглядають і виправляють помічені неполадки. За час плавки ті частини задньої і передньої стінок, а також укосів печі, які стикалися зі шлаком, часто піддаються певному впливу цього шлаку і тому зазвичай потребують профілактичного ремонту. За допомогою заправних машин на ці місця накидається заправний матеріал (доломіт або магнезит). Ця операція називається заправкою печі, вона проводиться в обов'язковому порядку після кожної плавки. Зазвичай з виявленого поглиблення («ями») стисненим повітрям видують накопичуваний там шлак і на поверхню наварюють необхідний шар вогнетривких матеріалів, закидаючи їх через завалочне вікно. Горби на подині «стравлюють», закидаючи на ці місця матеріали, що вступають у взаємодію з матеріалами подини і знижують температуру їх плавлення. Операція заправки печі в залежності від стану подини, розмірів печі та умов проведення операції триває від 10 до 30 хв.

Завалка шихти. Подача металошихти і сипучих матеріалів проводиться стандартними складами. Завалку всіх шихтових матеріалів необхідно проводити швидше при максимальному тепловому навантаженні без зниження температури склепіння печі нижче 1500°С.

Для забезпечення швидкої заливки чавуну з подальшим енергійним протіканням реакцій у ванні і спуском шлаку необхідний обов'язковий прогрів шихти без закозлення та місцевого її розплавлення. Прогрів вважається закінченим при невеликому осіданні шихти, легкому оплавленні крайок і зникненню плям на поверхню брукту.

Заливка чавуну. Заливка чавуну проводиться «під факел» через два жолоби, встановлених в крайні завалочні вікна. Тривалість заливки не більше 25 хв. Весь необхідний для заливки чавун подається до печі одночасно.

Плавлення шихти. Після повного зливу чавуну в піч починається продувка ванни киснем. На початку продувки кисневі фурми опускають обережно, щоб уникнути пошкоджень. У міру проплавлення шихти і пониження рівня ванни фурми опускають ще нижче. Під час продувки вихідні сопла головок фурм знаходяться на 50 – 100 мм нижче рівня розділу шлак-метал. Через 10 – 15 хвилин після зливу всього чавуну в піч починається спуск шлаку. Своєчасне видалення шлаку – найважливіша умова отримання шлаку необхідної основності до моменту розплавлення, максимального видалення сірки і фосфору з металу і мінімальних втрат заліза зі збігаючим шлаком. Оптимальна тривалість спуску шлаку 30 – 40 хвилин. Спуск шлаку здійснюється через поріг середнього завалочного вікна.

Наприкінці плавлення, за 20 – 30 хвилин до повного розплавлення, відбирається попередня проба металу для визначення вмісту вуглецю і сірки. Якщо проба показує, що вміст вуглецю при розплавленні буде нижче встановленої межі для даної марки сталі, то допускається доливка рідкого чавуну в кількості, що не викликає перевантаження печі і сталерозливних ковшів (не більше 5 % від ваги садки).

Ознакою розплавлення ванни є відсутність місцевого бурління на її поверхні, наявність активного шлаку необхідної основності і нагрівання металу до температури 1540 – 1570° С.

Товщина шару шлаку, що залишився в печі до моменту розплавлення, знаходиться в межах 60 – 100 мм. Після повного розплавлення ванни відбираються проби металу і шлаку. У пробі металу визначається вміст вуглецю, марганцю, сірки, фосфору і, при необхідності, нікелю, хрому та міді; в пробах шлаку – закис заліза і основність.

Доведення плавки. Операцію, при якій в результаті подсадок залізної руди або продувки організовується енергійне кипіння ванни, часто називають «поліруванням». В результаті скачування шлаку з ванни видаляється фосфор, по ходу поліровки внаслідок посадок вапна поступово формується

високоосновний шлак і підвищується температура ванни. Це створює сприятливі умови для видалення сірки.

Також для поліпшення умов видалення сірки і фосфору з металу в період доведення необхідно спустити шлак в кількості не менше $\frac{1}{4}$ часті.

Показниками нормального проведення полірування є:

- швидкість вигорання вуглецю, яка в цей період повинна бути не нижче 0,35 % на годину;
- температура металу, яка повинна безупинно підвищуватися і до початку чистого кипіння бути на 10 – 30° С нижче необхідної перед випуском плавки (розкисленням металу в печі).

Призначення періоду чистого кипіння – нагрівання металу до необхідної температури, доведення металу і шлаку до необхідного складу до моменту розкислення. На печах, що працюють з продувкою ванни киснем, початок періоду чистого кипіння визначається утворенням шлаку. Тривалість періоду чистого кипіння має бути 30 – 60 хвилин. Температура в період чистого кипіння безперервно підвищується, але не повинна перевищувати температуру металу перед випуском.

Розкислення і легування. Кипіння ванни припиняється у момент введення в неї розкислювачів і легуючих добавок. Порядок їх введення і тривалість витримки металу в печі обумовлюються спеціальною інструкцією.

Для забезпечення однорідності металу присадку розкислювачів в ківші починають при наповненні ковша металом на $\frac{1}{5}$ висоти, проводять рівномірно і закінчують при наповненні його на $\frac{1}{2}$ висоти.

При розкисленні сталі усіх марок повністю в ківші до моменту випуску плавки припиняється подача кисню в смолоскип. Порядок введення розкислювачів в ківші: феромарганець – силікомарганець – феросиліцій.

Випуск сталі. Сталевипускний жолоб встановлюють на піч до заливки чавуну. Також за 30 хвилин до початку випуску під жолоб встановлюються ковші. Випускний отвір до моменту випуску плавки ретельно обробляють і очищають від заправних матеріалів. Тривалість випуску плавки 7-15 хв.

Низьколеговані, спокійні, нестаріючі марки сталі з метою усереднення хімічного складу і температури під час випуску продувають аргоном. Продування здійснюється через шиберний затвор від початку випуску до появи шлаку. На початку продувки тиск аргону має бути 200 кПа, витрата його 30 – 70 м³/год. До кінця сходу плавки тиск аргону має бути не менше 400 кПа, витрата 50 – 80 м³/год (залежно від інтенсивності бурління). Потім метал необхідно витримати в ковші протягом 15 – 20 хвилин до початку розливання [16].

Розглянемо, як відбувається мартенівський процес у ВАТ «Комбінат Запоріжсталь». Як скрап для мартенівської плавки на комбінаті використовують обріз слябів і легковагий лом в співвідношенні 1,15 – 1,5. Шихта перед заваленням зважується.

Як флюс застосовується обпалене вапно, витрата якого має бути 13 – 15 т на плавку при використанні малосірчистого чавуну ($\leq 0,03\%$ сірки), 15 – 17 т на плавку при високосірчистому чавуні ($> 0,03\%$ сірки).

Для зниження витрати чавуну застосовують низькосірчистий антрацит фракції 5 – 25 мм з вмістом сірки менше 1%. Використовують також шлак виробництва вторинного алюмінію, з вмістом алюмінію $\leq 10\%$. Витрата антрациту або алюмінієвого шлаку має бути 1,9 – 2,1 т на плавку.

У період заправки піч заправляється відпаленим доломітом за допомогою заправної машини.

Після заправки печі і огляду проводиться завалка шихти (металобрухт, вапно, антрацит або шлак). Після закінчення завалки за допомогою машини завалки відштовхується скрап від передньої стінки, очищаються пороги і підсипаються доломітом. Потім починається прогрівання шихти.

Наступний етап – заливка рідкого чавуну. Чавун для заливки доставляється з міксера або безпосередньо з доменного цеху в чавуновозних ковшах. Чавун перед подачею до печі зважується на вагах міксерного відділення або доменного цеху. Сумарна маса лому і чавуну для ванни

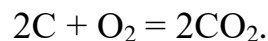
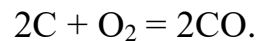
двохванного агрегату або малої мартенівської печі повинна складати 270 – 275 т, для великої печі – удвічі більше.

Під час заливки чавуну через склепінні фурми подається кисень з витратою не більше 4000 м³/год. Фурми повинні підтримуватися над рівнем шихти на висоті 0,2 – 0,4 м.

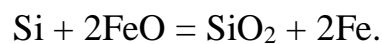
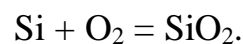
Заливку чавуну можуть робити в два прийоми. Такий спосіб заливки збільшує вихід придатних злитків. Першу порцію чавуну заливають в кількості 85 % ось загальної витрати, другу – в кількості 15 % доливають в період доведення.

У період продувки голівки фурм повинні знаходитися не вище за рівень розділу шлак – метал. Для продувки ванни застосовується кисень чистотою не менше 95 %. У цей період плавиться металобрухт. Момент розплавлення фіксується при вмісті вуглецю 0,6 – 1,0% і температурі металу 1550 – 1580°C.

До кінця періоду плавлення при температурі металу не нижче 1550°C робиться присадка вапна в кількості 1 – 3 т. Під час окислювального періоду відбувається окислення компонентів шихти. Перш за все, видаляється надлишковий вуглець з чавуну [6]:



Кремній, маючи велику спорідненість до кисню, окислюється в мартенівській печі майже повністю, реагуючи з киснем пічної атмосфери і з оксидами заліза і кальцію шлаку:

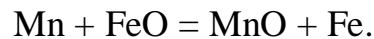
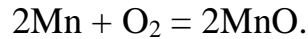


Діоксид кремнію переходить в шлак. Паралельно з окисленням кремнію відбувається утворення силікатів заліза, що є складовою частиною первинного шлаку. Наприклад:

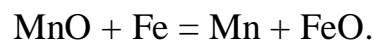
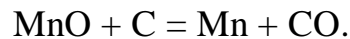


Окислення кремнію і утворення силікатів – екзотермічні реакції, що супроводжуються виділенням тепла, що прискорює процес плавлення металу.

Марганець також легко окислюється, взаємодіючи з киснем атмосфери і з оксидами заліза в шлаку:



Оксид марганцю переходить в шлак. При окисленні марганцю також виділяється тепло. Реакція окислення марганцю протікає не до кінця. При високій температурі може протікати зворотна реакція – відновлення оксиду марганцю з шлаку вуглецем або залізом:

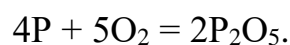


Чим вище температура, тим більш сприятливими виявляються умови для відновлення марганцю.

Одночасно з кремнієм і марганцем в мартенівській печі на початку плавки енергійно окислюється фосфор. Для більшості в'язких сталей фосфор є шкідливою домішкою, оскільки він погіршує пластичні властивості сталі, підвищує її крихкість, особливо при низьких температурах (холодноламкість). Тому якнайповнішому видаленню фосфору з металу приділяється особлива увага. Для успішного протікання процесу дефосфорації необхідно, аби забезпечувалися [17]:

- наявність залозисто-вапняного шлаку;
- помірна температура;
- мінімум фосфору в шлаку і мінімальна активність його з'єднань.

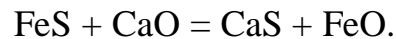
Окислення фосфору може відбуватися, наприклад, за такою схемою:



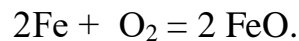
Сірка також є шкідливою домішкою. Вона підвищує крихкість сталі при високих температурах (червоноламкість). Для успішного видалення сірки з металу необхідне дотримання наступних умов [11]:

- висока основність шлаку, що досягається присадками вапна;
- невисока концентрація оксидів заліза в шлаку;
- висока температура;
- збільшення поверхні розділу шлак – метал, що досягається перемішуванням ванни;
- низька концентрація сірки в шлаку, що досягається скачуванням шлаку і наведенням нового або збільшенням кількості шлаку в печі.

Одна з реакцій видалення сірки:

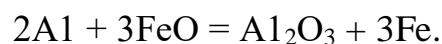
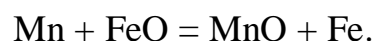


Окислюються і інші елементи, у тому числі і залізо:

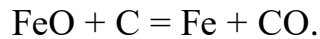


Температура металу безпосередньо перед випуском залежно від марки сталі повинна лежати в межах 1600 – 1620°C.

Сталь в ковші містить оксиди заліза, марганцю і інших металів. Для відновлення цих оксидів використовуються розкислювачі. Всі марки спокійної і напівспокійної сталі розкислюються в ковші феромарганцем. Вміст кремнію у феромарганці має бути не більше 1,1 %. Для сталі з вмістом вуглецю на випуску $\leq 0,08$ % після введення в ківш феромарганцю садять чушковий алюміній в кількості до 100 кг на ківш. Розкислювання йде за реакціями:



Для зниження окисненості киплячої сталі з вмістом вуглецю менше 0,08 % рекомендується замість алюмінію в ківш досаджувати сухий кокс фракції 0 – 25 мм. Присадка його робиться на початку випуску плавки до присадки феромарганцю. Залежно від вмісту вуглецю в металі на випуску, витрата коксу на ківш складає 25 – 150 кг. Розкислювання йде за реакцією:



Для розкислювання можуть застосовуватися також силікомарганець, феросиліцій, ферованадій. Кожна піч обладнана бункерами – дозаторами для розкислювачів.

Аби вміст вуглецю в сталі відповідав нормам, допускається вуглецювання металу шляхом присадок в ківш вуглецевмісних матеріалів – коксу, графіту, деревного вугілля і тому подібне. Маса таких присадок на ківш – до 200 кг. Матеріали мають бути сухими.

Тривалість окремих періодів плавки показана в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Тривалість періодів мартенівської плавки

Період	Тривалість, годин		
	2-х ванні	250 т	500 т
Заправка	0,50	0,55	0,67
Завалка	0,55	1,62	2,60
Прогрів	0,70	1,56	1,85
Заливка чавуну	0,30	0,26	0,40
Плавка	1,35	1,54	2,60
Доведення, випуск і розкислювання	0,60	1,47	1,38

Тривалість плавки: для двохванних печей – 4 години; для 250 тонних – 7 годин, для 500 тонних – 9 – 9,5 годин [18].

З мартенівської печі готову сталь випускають в розливному прольоті по роздвоєному жолобу в два сталерозливних ковші ємністю 330м³ кожний.

Сталь зі сталерозливних ковшів розливають по виливницях, установлених на візках вантажопідйомністю 160 т; розливальні крани, крім операцій по розливанню сталі, виконують також допоміжні роботи.

Шлак з робочого простору печей випускають через середні завалочні вікна в шлакові ковші ємністю 16 т, установлені на візках під робочим

майданчиком. Заповнені ковші висувають канатною лебідкою із системою поліспастів в розливальний проліт, де краном установлюють їх на шлаковози.

Состав візків із залитими виливницями після визначеної витримки для охолодження сталі направляють у відділення роздягання злитків, де їх відокремлюють від виливниць стріперними кранами із зусиллям виштовхування 250 т. Злитки, що сильно приварилися до виливниць, витягають за допомогою напідлогової стріперної установки. Після роздягання злитки направляють у відділення нагрівальних колодязів прокатного цеху або на склад злитків. Порожні виливниці після охолодження подають у відділення механізованого чищення і змащення. Після цього состави візків з виливницями транспортують в двір виливниць, де їх готують до наступного прийому металу.

2.1.4 Характеристика пилогазових викидів від мартенівської печі

Основними джерелами димоутворення в мартенівській печі є паливо, газовиділення з сипких матеріалів при нагріві і розкладанні і що виділяються при окисленні вуглецю шихти вуглекислий газ і монооксид вуглецю.

Для печі ємністю 2×250 т максимальна кількість газів, що утворюються, в середньому складає: перед котлом-утилізатором 180 тис. м³/год, після котла-утилізатора – 200 тис. м³/год. Розрідження від боровів печі до шибера котла-утилізатора 600 – 800 Па, гідравлічний опір котла-утилізатора 2000 – 2500 Па [3].

Склад і кількість газів, що відходять, змінюється при русі по димовідвідному тракту. Це зв'язано, перш за все з підсосом атмосферного повітря через нещільність кладки, оскільки відвідний тракт знаходиться під розрідженням. Величина підсосів залежить від розрідження на окремих ділянках тракту, що визначається конструктивними параметрами печі і

герметичністю кладки, які змінюються протягом роботи печі (періодами між зупинками печі на ремонті склепіння).

Кількість газів, що відходять від мартенівської печі, на ділянці від головки до загального борову збільшується в 1,6 – 1,7 на початку і в 1,35 рази в кінці роботи. В борові, на ділянці від перекидних пристроїв до входу в котел-утилізатор кількість газів збільшується на 10 % від кількості газів у вертикальному каналі.

Таким чином, на печах, опалювальних висококалорійним паливом, кількість технологічних газів при вході в котел-утилізатор збільшується в порівнянні з кількістю газу, що входить з головки, в 1,8 – 2,0 рази.

Після печі температура газів складає в середньому 600 – 700° С, збільшуючись короткочасно в період заливки чавуну до 800° С. При встановленні котлів-утилізаторів після мартенівських печей їх температура знижується до 220 – 250° С.

При плавці сталі в двованній печі склад газу характеризується наступними даними % (об'ємн.) [4]: 5 – 15 CO₂; 0 – 1 CO; 9 – 13 O₂; 57 – 74N₂; 12 – 14 H₂O. Оксид вуглецю перед направленням газу на очищення допалюють в спеціальній камері. При роботі мартенівської печі на природному газі в ньому може міститися до 110 мг/м³ оксидів сірки. Вміст вологи в газі складає в середньому 60 мг/м³.

Вміст пилу в газах, що відходять від мартенівських печей, визначається витратою кисню на піч, при цьому значення мають спосіб подачі кисню (у факел або у ванну), вид палива, період плавки і ін. Залежно від вказаних чинників концентрація пилу в димових газах мартенівських печей коливається в широких межах – від 160 мг/м³ до 50 г/м³, при цьому на печах, що працюють без застосування кисню, – від 160 до 260 мг/м³, з подачею кисню у факел – від 400 до 700 мг/м³ і з продуванням ванни киснем – від 270 до 50 г/м³ [5].

Пил, що відноситься з печі, в значній мірі осідає по газовому тракту: 50 – 60% в шлаковику, 10 – 15% в котлі-утилізаторі. Запиленість газів, що

відходять від мартенівських двованних печей й поступають на газоочисне устаткування, доходить до 15 г/м^3 .

Застосування кисню значно збільшує запиленість газів. Вплив подачі кисню у факел на пилоутворення пов'язаний з посиленням термічного руйнування кускових матеріалів в період прогрівання і чаду оплавленого або розплавленого металу в подальші періоди плавки.

Основною причиною бурхливого пилоутворення в період продування рідкої ванни киснем є випаровування металу у вогнищах високої температури і подальше його окислення атмосферою робочого простору, звідси гази приймають буре забарвлення заліза.

Кількість пилу в кожен період плавки визначається характером технологічного процесу, що проходить в цей час.

Під час завалення основним джерелом пиловидалення є завантажувальна шихта, з якої газовим потоком захоплюються дрібні частинки залізняку, вапняку і інших її компонентів.

На початку періоду прогрівання пил утворюється в результаті термічного руйнування кускових матеріалів, в кінці – внаслідок чаду оплавленого металу.

У період заливки чавуну максимальне запилення димових газів, що відходять, спостерігається при заливанні першого ковшу, а далі скорочується в три – чотири рази.

В період доведення вміст пилу в газах при одній і тій же питомій витраті кисню значно нижче, ніж в період плавлення. Тут максимальне пилоутворення спостерігається через 10 – 20 хвилин після полірування.

Істотний вплив на пилоутворення має швидкість вигорання вуглецю. Пилоутворення чим вище при одній і тій же температурі металу, тим вище вміст вуглецю.

Хімічний склад. Хімічний склад пилу характеризується високим вмістом заліза. Зразковий склад мартенівського пилу що виділяється від 2х250 – тонною мартенівською піччю %: FeO – 5,65; Fe₂O₃ – 75,7; Fe – 55,96;

$\text{SiO}_2 - 1,14$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,7$; $\text{MgO} - 1,45$; $\text{CaO} - 2,0$; $\text{S} - 2,65$; $\text{MnO} - 1,0$; $\text{C} - 0,78$.

Основну частину пилу складають оксиди заліза, співвідношення яких міняється по димовідвідному тракту печі. Вміст FeO у вертикальному каналі складає 20 – 30%, а перед газоочисткою до 1,5%, при цьому зміст Fe_2O_3 збільшується з 65 – 75 до 88 – 92% [7].

На ряду з залізовмісними оксидами до складу пилу входять CaO , Al_2O_3 , MnO , MgO , P_2O_5 , з'єднання сірки. Дані по хімічному складу пилу наведені в таблиці 2.2.

Дисперсний склад пилу. Основну частину пилу при продуванні ванни складають первинні частинки з діаметром 0,01 – 1 мкм. Дисперсний склад первинних частинок пилу трохи змінюється протягом плавки і мало залежить від витрати кисню, але при русі по газовідвідному тракту первинні частинки коагулюють в агрегати різних розмірів. Агрегати в бурому димі представлені у вигляді грудок неправильної форми і ланцюжків. Розмір і компактність їх змінюються протягом продування і походу потоку в газовідвідному тракті. Дисперсний склад мартенівського пилу представлений в таблиці 2.3 [8].

Інші властивості пилу. Магнітна проникність плавильного пилу, відібраного після котла-утилізатора, при продуванні ванни киснем складає 1,5 – 4,0 при температурі 20° С. Із збільшенням температури проникність в слабких полях (менше 150 – 200° С) досягає максимуму при температурі 300 – 500° С, в сильніших помітно не міняється до 400° С. При підвищенні температури магнітні властивості пилу слабшають і при температурі вище 600 – 700° С феромагнетизм повністю зникає.

Розчинність пилу у воді складає 5 – 12% по відношенню до абсолютно сухої маси, гігроскопічність 3 – 8%, повна змочуваність по відношенню до повітряного сухого пилу 65 – 70%.

Щільність мартенівського пилу в пробах, відібраних після котла-утилізатора, складає 4,2 – 4,5 т/м³. Насипна щільність мартенівського пилу, коливається в межах від 0,48т/м³ (у неущільненому стані) до 0,84 т/м³ (при максимальному ущільненні).

Таблиця 2.2 – Фізико-хімічна характеристика пилу у викидах мартенівського виробництва

Вид плавки	Питома витрата кисню м ³ /(тгод)	Хімічний склад пилу %											
		Fe _{ар}	FeO	Fe ₂ O ₃	Fe _{мет}	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	P ₂ O ₅	SO ₄	інші
Мартенівські печі після котла - утилізатора													
Завалення	-	61,00	1,85	83,90	0,35	1,20	1,00	2,35	1,85	0,75	0,27	5,50	PbCO ₃ 0,09-1,19
Прогрівання	-	62,50	0,90	87,40	0,40	1,35	1,20	1,20	0,90	0,90	0,28	5,10	
Плавлення	10	64,63	1,46	90,19	0,38	0,78	1,08	1,04	0,92	1,01	0,18	3,20	
Доведення	-	62,80	0,60	88,45	0,50	1,10	1,25	1,30	0,95	0,98	0,25	4,0	
Двованні печі перед газоочищенням при продуванні ванни киснем													
	-	62,1	3,42	84,9	-	3,82	-	3,07	1,09	0,87	0,68		SO ₃ 1,46

Таблиця 2.3 – Дисперсний склад мартенівського пилу

Діаметр частинок, мкм									
< 0,07	0,07-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1,0	>1,0	
Кількість частинок (по масі) %									
0,4	1,4	11,2	14,0	14,0	24,0	13,0	8,0	14,0	

Розглянемо, характеристику димових газів мартенівських печей на ВАТ «МК Запоріжсталь». Кількість димових газів мартенівських печей, опалювальних природним газом, коливається зазвичай від 1050 до 4000 м³/год на 1 т садки печі та змінюється в різні періоди плавки. Найбільша кількість газу виділяється в період плавлення. Газовий тракт, через який відводяться димові гази від мартенівської печі, знаходиться під розрідженням. Тому кількість і склад продуктів згоряння змінюються по довжині димоходів внаслідок підсосу атмосферного повітря через нещільності кладки. Величина підсосів повітря може доходити до 80 – 100 % від кількості продуктів згоряння в голівці печі.

Температура газу, що виходить з мартенівської печі, 700 – 800°С. У котлі-утилізаторі він охолоджується до 240 – 350° С. Хімічний склад газу залежить від застосованого палива, складу шихти і технології плавки. При подачі кисню в ванну газ складається з 8 – 20 % CO₂, 15 % O₂, 0 – 8% CO + H₂, 2 – 2,5 % H₂O, та N₂. Крім того, в димових газах міститься до 8 г/м³ оксидів сірки. Їх кількість залежить головним чином від виду застосовуваного палива. Вологість газу зазвичай становить 40 – 60 г/м³ (н) сухого газу. Склад шихти, кількість флюсів, кількість подаваного у ванну кисню, тепловий режим та інші фактори визначають вміст пилу в димових мартенівських газах. Найбільша кількість пилу виділяється в період плавлення. При збільшенні витрати кисню кількість пилу в димових газах зростає. Частина пилу осідає в димоходах при проходженні по ньому газу та перед газоочисткою складає ~ 1,5 – 4 г/м³ (н) при роботі мартенівських печей без застосування кисню і доходить до 10 – 15 г/м³ (н) при подачі кисню в ванну. Мартенівський пил складається з оксидів заліза, кремнію, алюмінію, марганцю та інших компонентів, що входять до складу шихти. Оксиди заліза додають диму коричневе забарвлення. Питомий електричний опір пилу становить 107 – 1010 Ом·см. Змочуваність пилу коливається від 65 до 75 % [8].

Мартенівський пил дрібнодисперсний. При подачі в ванну кисню середній розмір часток складає 0,4 – 0,5 мкм. Дисперсний склад пилу, що міститься в газі, що надходить в систему газоочистки, показано в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Дисперсний склад пилу, що міститься у газах, які надходять в систему газоочистки

Розмір часток, мкм	<10	1 – 5	5 – 10	> 10
Вміст, %				
При продувці киснем	43	35	7	15
Без продувки киснем	11	42	27	20

У мартенівських цехах забруднюють атмосферу допоміжні відділення та вузли підготовки і транспортування сипучих матеріалів.

Концентрація пилу в атмосфері на окремих ділянках та у відділеннях мартенівського цеху становить: у міксерному відділенні 13 г/м³(н); у місці розвантаження сипучих матеріалів в шихтовому дворі 250 – 450 мг/м³(н); у люнкеритному обладнанні в розливочному прольоті 100 – 160 мг/м³(н) [8].

2.2 Обґрунтування та вибір очищення технологічних газових викидів мартенівської двованної печі

У кваліфікаційному проекті пропонується очищення від пилу газів, що відходять від мартенівської двованної печі, сухим способом з використанням рукавного фільтру. Система газоочищення включає: котел-утилізатор (КУ), порожнистий скруббер, рукавний фільтр, димоцяг і димар. Для того щоб понизити температуру газів після КУ з 250° С до температури, що відповідає технічним характеристикам роботи рукавних фільтрів – 135° С (краткочасно

температура може підвищитися до 150°C), пропонується встановити порожнистий скрубєр.

Головним елементом рукавного фільтру є рукав, виготовлений з фільтрувальної тканини. Корпус фільтру розділений на декілька герметизованих камер, в кожній з яких розміщено по декілька рукавів.

При проходженні газу через чисту тканину (у початковий період роботи фільтру) і якщо розмір частинок пилу перевищує розмір пор фільтрувального матеріалу, то відбувається їх відсівання, тобто частинки пилу осідають на волокнах тканини. При русі частинок в порах з великою швидкістю вони не можуть йти разом з газом, огинаючи всі волокна, притискаються до них і осаджаються на них. Внаслідок того, що щільність упаковки тканини висока, на лобовій стороні фільтру починає формуватися суцільний шар з частинок пил, який не може проникнути в глиб тканини. Утворений вторинний лобовий шар (автошар) починає сам затримувати частинки пилу, внаслідок чого товщина його поступово зростає. Таким чином, накопичуючись на поверхні тканини у вигляді шару, пил сам стає фільтруючим середовищем і збільшує ефективність пилозатримання фільтру.

Разом із зростанням шару пилу росте і гідравлічний опір апарату. Якщо періодично не видаляти пиловий шар з поверхні матеріалу і з його пор відбудеться "замикання фільтру", тобто тягодуттєвий апарат буде не в змозі протягувати газ через фільтрувальну перегородку, що забилася. В результаті поступового забивання падатиме продуктивність вентилятора і, врешті-решт, рух газу через фільтр припиниться. Для підтримки фільтру в працездатному стані необхідно періодично видаляти пил з поверхні пор, що осідає на поверхні фільтрувального матеріалу. Шар пилу одночасно є фільтруючим середовищем, тому з фільтрувального матеріалу необхідно видалити не весь шар пилу, щоб забезпечити прийнятний гідравлічний опір апарату і зберегти його високу ефективність пиловловлювання.

Одним з найбільш ефективних способів регенерації фільтрувального матеріалу, який широко поширений, є імпульсне продування з

використанням швидкодіючих продувних клапанів. Фільтри з імпульсним продуванням типу ФРКИ, ФРКДІ, ФРІ, ФКИ, ФРІР, ФРІА знайшли застосування майже у всіх галузях промисловості.

Регенерація рукавів імпульсним продуванням здійснюється шляхом подачі імпульсів стислого повітря всередину рукава, при цьому тиск стислого повітря на вході в рукавний фільтр до 0,5 МПа (5 кгс/см²), а в накопичувачах стислого повітря в межах 0,3 – 0,5 МПа [20]. При подачі імпульсів тривалістю 0,1 – 0,3 с витрата продувного повітря не перевищує 0,1 – 0,2% від кількості газу, що очищається. Під дією перепаду тиску рукави, надіті на дротяні каркаси, роздуваються, деформуючи пиловий шар, який відділяється від тканини рукава у вигляді агломератів.

Управління імпульсними електромагнітними клапанами стислого повітря автоматизоване. Імпульсна регенерація здійснюється при працюючому фільтрі і не вимагає його відключення. Вона дозволяє використовувати у фільтрах, окрім тканин, важкі неткані матеріали.

Хоча застосування стислого повітря не є дешевим способом регенерації, проте, фільтри з імпульсним продуванням мають підвищене навантаження по газу. При ефективній регенерації загальний термін служби рукавів в цих фільтрах вищий, рукави менше зношуються, і до їх заміни залишкова запиленість зберігається на рівні 15 – 50 мг/м³, і лише в окремих випадках ці значення перевищуються.

До основних недоліків рукавних фільтрів з імпульсною регенерацією слід віднести: неможливість застосування як фільтрувальний матеріал склотканин, через їх швидке руйнування при терті об каркас; підвищені вимоги до монтажних робіт, за необхідності ретельної центрації регенеруючих сопел з віссю рукавів; необхідність наявності додаткового простору над фільтром для виїмки каркасів; необхідність наявності стислого повітря тиском до 5 атм. Але рукавні фільтри типу ФРІР мають наступні переваги перед іншими що серійно випускаються: економічність в роботі; менші габарити при тій же продуктивності; простота конструктивного

оформлення (закріплення рукавів проводиться з одного боку у верхній частині фільтру, що гранично спрощує заміну рукавів); підвищена ремонтпридатність фільтру; ефективність імпульсної регенерації, здійснюваної за допомогою клапанів з підвищеною швидкістю; розміщення на відкритому повітрі з укриттям тільки верхньої частини фільтру.

2.2.1 Конструкція порожнистого форсуночного скрубера

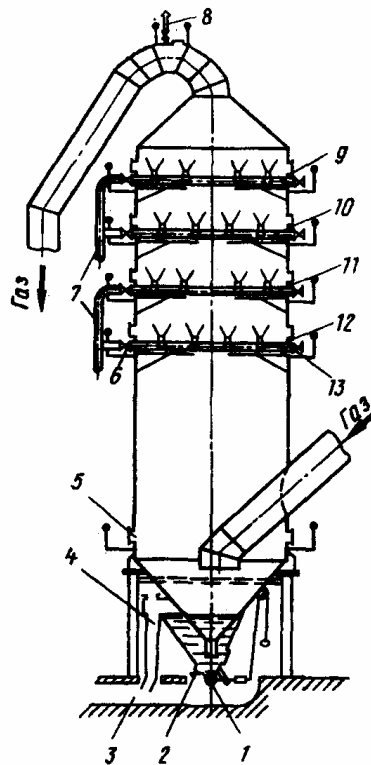
У форсуночних скруберах досить ефективно уловлюються частинки пилу розміром більше 10 – 15 мкм. Частки розміром менше 5 мкм практично не уловлюються.

Скрубери набули широкого поширення в металургії, переважно для охолодження і зволоження газу, необхідних для подальшої тонкої очистки газу. У верхній частині скрубера (рис. 2.5) розміщено кілька поясів зрошення з великим числом форсунок, що створюють рівномірний потік дрібно диспергованих крапель, що рухаються під дією сили тяжіння вниз.

Нижня частина скрубера, що закінчується конусом, заповнена водою, рівень якої підтримується постійним. Підвідний запилений газ направляють на дзеркало води для осадження найбільш великих часток пилу, після чого, розподіляючись по всьому перетину скрубера, газ рухається вгору назустріч потоку крапель води. В процесі промивки краплі рідини захоплюють частинки пилу і коагулюють. Утворюючий шлам збирається в нижній частині скрубера, звідки безперервно віддається промивною водою.

Газ, що проходить через скрубера, охолоджується до 40 – 50°C і зволожується зазвичай до стану насичення паралельно з очищенням.

Швидкість газу в скрубери приймають рівною 0,8 – 1,5 м/с. При великих швидкостях починається крапельне винесення вологи, що сприяє утворення відкладень на вихідному патрубку скрубера і в газопроводах [8].



1 – клапан з контрвантажем; 2 – змивний патрубок; 3 – зливний канал;
 4 – гідрозатвор; 5 – люк; 6 – регулюючі засувки; 7 – підведення води до зон
 зрошення; 8 – свічка; 9 – 12 - зони зрошення; 13 – промивні засувки
 мартенівського газу

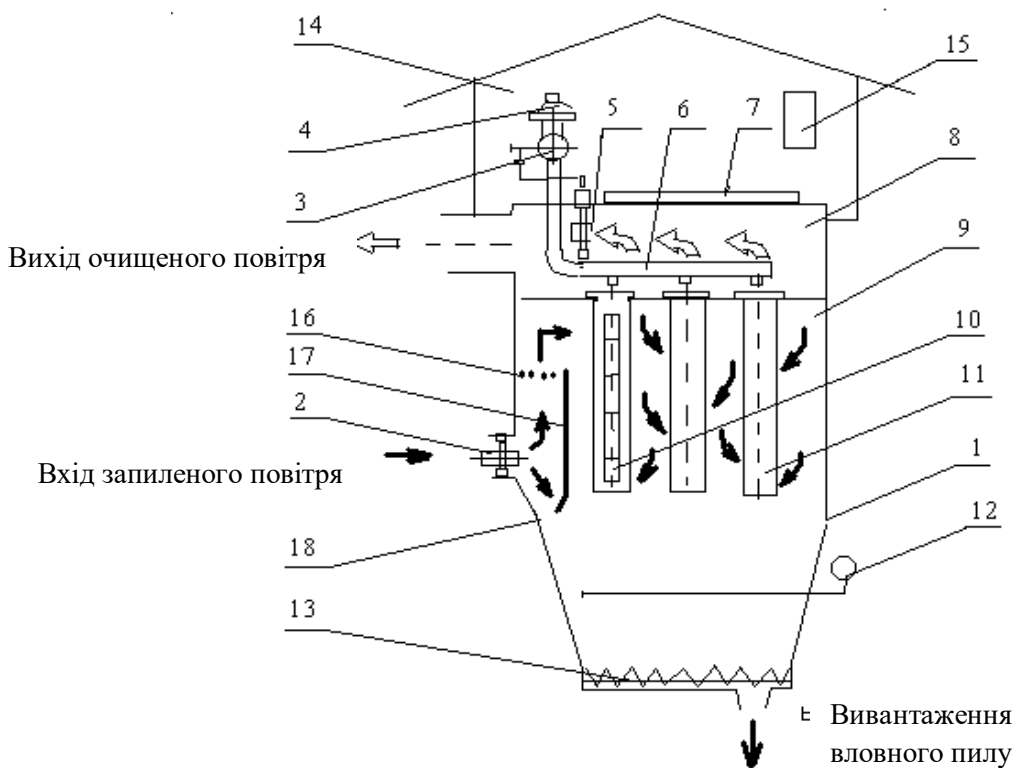
Рисунок 2.5 – Загальний вигляд форсуночного скрубера для охолодження і зволоження газів

2.2.2 Конструкція рукавного фільтру типу ФРІР

Фільтр складається з корпусу і механічного устаткування. Корпус є несучою конструкцією і складається з опорного поясу з підвісними бункерами, вузла вивантаження пилу, системи пневмообрушення пилу, оглядових люків, відсічних клапанів забрудненого газу, розподільного газоходу і панелей огорожі. Перекриттям корпусу фільтру служить блок регенерації. Корпус розділений на камери чистого і брудного газу

горизонтальними перегородками – рукавними дошками з отворами для кріплення фільтрувальних рукавів.

До складу механічного устаткування фільтру входять: система регенерації рукавів (накопичувач стислого повітря, продувні клапани і роздаточні колектори), рукавні дошки, фільтрувальні рукави, дротяні каркаси, відсічні клапани, вузол редукування стислого повітря, пристрій пиловидалення і шафа управління регенерацією фільтру. Основні конструктивні особливості фільтру представлені на рисунку 2.6.



1 – корпус фільтру; 2, 5 – відсічний клапан; 3 – накопичувач стисненого повітря; 4 – продувний клапан; 6 – роздавальний колектор; 7 – кришка; 8 – камера чистого газу; 9 – камера запиленого газу; 10 – каркас рукава; 11 – фільтрувальний рукав; 12 – система пневмообрушення; 13 – вузол вивантаження пилового вловлювача; 14 – шатер фільтру; 15 – пристрій управління регенерацією; 16 – аеродинамічна решітка; 17 – відбійний щит; 18 – бункер

Рисунок 2.6 – Схема рукавного фільтру з імпульсною регенерацією

Запилене повітря через вхідний патрубок і відсічний клапан 2 потрапляє всередину корпусу фільтру 1 і прямує відбійним щитом 17 через іскрогасні аеродинамічні грати 16 у верхню частину камери “брудного” газу 9, чим забезпечується супутній рух потоку фільтрованого газу і обтрушуваною при регенерації пилу.

“Брудний” газ пройшовши рукави 11 зовні всередину, очищається від пилу і потрапляє в камеру “чистого” газу 8, далі через вихідний патрубок, газохід і димотяг прямує в димар.

Швидкості фільтрації лежать між 1,5 і 2,5 м/хв залежно від адгезійних властивостей шару пилу. Загальний гідравлічний опір фільтру, що відстежується пристроєм управління регенерацією 15, росте і після досягнення заданої величини автоматично включається система регенерації фільтрувальних рукавів.

Осушене стисле повітря з накопичувача 3 через швидкодіючий продувний клапан 4 і роздавальний колектор з соплами 6 імпульсно подається всередину рукава і очищається як від пилу, що зібрався на зовнішній поверхні рукава у вигляді агломератів, так і від частинок пилу, що проникли всередину фільтрувального матеріалу.

Бункери фільтру в нижній частині обладнані вузлом вивантаження пилу, а також пристроєм пневмообрушення і оглядовими люками. Уловлений пил через щілистий бункер 18 і вузол вивантаження пилу 13 відводиться в систему пиловидалення. Вузол вивантаження пилу складається з жолоба, усередині якого поміщений шнек. З бункерів уловлений пил за допомогою гвинтового конвеєра для подальшого транспортування подається на трубчастий ланцюговий конвеєр.

Фільтрувальний рукав виконаний у вигляді циліндра. У горловину фільтрувального рукава ушито металеве кільце, з протилежного боку рукава пришито денце. Як матеріал для виготовлення фільтрувального рукава вибираємо оксалон. Допустима температура газу для такого виду тканини складає 180° С [19].

3 ПРОЕКТНИЙ

3.1 Проектування основного та допоміжного обладнання технології очистки газів

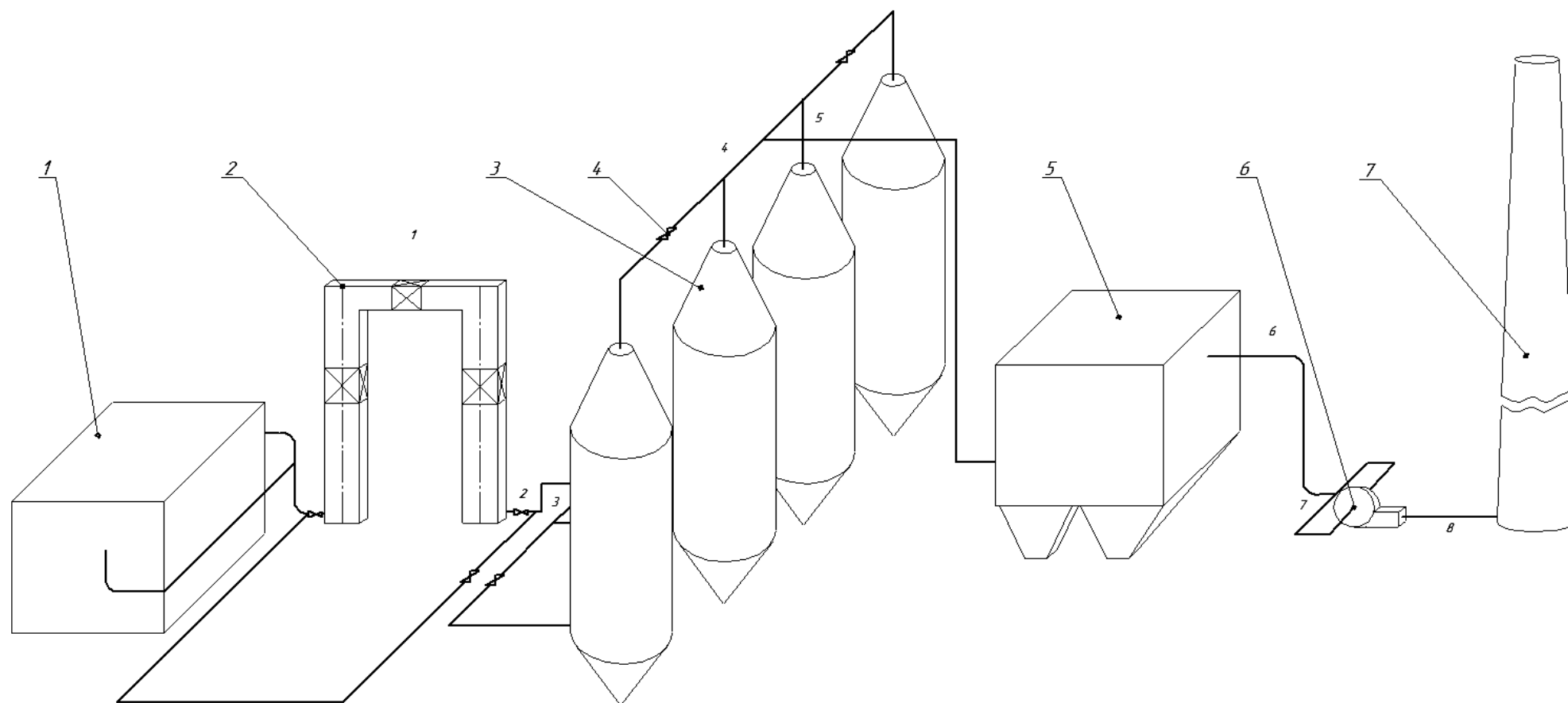
3.1.1 Аеродинамічний розрахунок газового тракту

Розрахунок газового тракту полягає у визначенні діаметрів і опорів його ділянок, що у свою чергу визначає характеристики димоцягу. Підбираємо по початковій температурі і витраті газу охолоджувач мартенівських газів типу КУ-100, гідравлічний опір якого 2000 Па. Гідравлічний опір полого скрубера, який розміщений після котлу-утилізатору складає 250 Па.

Схема газового тракту для аеродинамічного розрахунку представлена на рисунку 3.1. Розбиваємо тракт на розрахункові ділянки. Вісім розрахункових ділянок пронумеровані цифрами.

Початкові дані для розрахунку:

- 1) витрата газів після борову мартенівської печі при н.у., $Q_0 \approx 200\,000 \text{ м}^3/\text{Год}$;
- 2) температура газу після борову, $t_{r,1} = 800^\circ\text{C}$;
- 3) температура газу перед скруберам, $t_{r,2} = 250^\circ\text{C}$;
- 4) температура газу перед рукавним фільтром, $t_{r,3} = 135^\circ\text{C}$;
- 5) температура газу на вході у димоцяг, $t_{r,4} = 130^\circ\text{C}$;
- 6) температура газу на вході в димар, $t_{r,5} = 125^\circ\text{C}$;
- 7) барометричний тиск, $B = 99 \text{ кПа}$;
- 8) розрідження газів після борову, $P_{б.} = 0,8 \text{ кПа}$;
- 9) опір котлу-утилізатору, $P_{к.-у.} = 2,0 \text{ кПа}$;
- 10) опір скрубера, $P_{с.} = 0,250 \text{ кПа}$;
- 11) опір рукавного фільтру приймаємо $\Delta P_{р.ф.} \approx 2,2 \text{ кПа}$;
- 12) газовий склад (усереднений) зведений в таблицю 3.1.



1 – мартенівська піч; 2 – котел-утилізатор; 3 – полий скруббер; 4 – засувка; 5 – рукавний фільтр; 6 – димотяг; 7 – димар

Рисунок 3.1 – Схема газоочисної системи для аеродинамічного розрахунку газовідвідного тракту

Таблиця 3.1 – Усереднений склад газів що поступають на очищення

Компоненти	CO ₂	O ₂	N ₂	H ₂ O
Об'ємна частка, %	10	11	66	13

1 розрахункова ділянка

Розрахуємо щільність газової суміші за нормальних умов. Щільність газу, що складається з декількох компонентів, за нормальних умов, визначається по формулі 3.1, кг/м³:

$$\rho_{o,cm} = \frac{M}{22,4} = 0,01 \cdot \frac{(M_1 \cdot a_1 + M_2 \cdot a_2 + \dots + M_n \cdot a_n)}{22,4}, \quad (3.1)$$

де M , M_1 , M_2 , ..., M_n - молекулярні маси газової суміші і окремих компонентів, кг/кмоль;

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

$$\begin{aligned} \rho_{o,cm} &= 0,01 \cdot \frac{(M_{CO_2} \cdot a_{CO_2} + M_{O_2} \cdot a_{O_2} + M_{N_2} \cdot a_{N_2} + M_{H_2O} \cdot a_{H_2O})}{22,4} = \\ &= 0,01 \cdot \frac{(44,01 \cdot 10 + 32 \cdot 11 + 28,02 \cdot 66 + 18,02 \cdot 13)}{22,4} = 1,28 \text{ кг/м}^3. \end{aligned}$$

Розрахуємо щільність газу за робочих умов на ділянці 1 газоочисної системи (3.2), кг/м³:

$$\rho_{\Gamma} = \rho_{o,cm} \cdot \frac{273 \cdot (B - P)}{(273 + t_{\Gamma}) \cdot 101,3}, \quad (3.2)$$

де B - барометричний тиск, кПа;

P - розрідження газів на даній ділянці, тобто розрідження P_6 після борову, кПа;

t_{Γ} - температура газів на даній ділянці, тобто температура $t_{\Gamma 1}$ після борову, °С.

$$\rho_{\Gamma 1} = 1,28 \cdot \frac{273 \cdot (99 - 0,8)}{(273 + 800) \cdot 101,3} = 0,32 \text{ кг/м}^3.$$

Витрата газів на ділянці 1 за робочих умов, м³/с:

$$Q_{pl} = Q_o \cdot \frac{\rho_{o,cm}}{\rho_{\Gamma 1}}. \quad (3.3)$$

$$Q_{pi} = 200000 \cdot \frac{1,28}{0,32} = 800000 \text{ м}^3 / \text{год.} = 222,22 \text{ м}^3 / \text{с.}$$

2 розрахункова ділянка

Розрахуємо щільність газу за робочих умов на ділянці 2 газоочисної системи, кг/м³:

$$\rho_{r2} = 1,28 \cdot \frac{273 \cdot (99 - 0,8 - 2)}{(273 + 250) \cdot 101,3} = 0,63 \text{ кг/м}^3.$$

Витрата газів на ділянці 2 за робочих умов, м³/с:

$$Q_2 = 200000 \cdot \frac{1,28}{0,63} = 406349,21 \text{ м}^3 / \text{год.} = 112,87 \text{ м}^3 / \text{с.}$$

Розрахуємо діаметр газоходу і швидкість на ділянці 2, по формулах (3.4, 3.5):

$$d = \sqrt{\frac{4 \times Q_{pi}}{\pi \times W}}, \quad (3.4)$$

де W - прийнята швидкість газу в газопроводі на трасі газоочисної системи, м/с.

Швидкість руху брудного і чистого газу в трубопроводах приймається в межах 15...25 м/с. Приймаємо $W = 20$ м/с.

Фактична швидкість в газоході W визначається після визначення діаметра газоходу на ділянці за формулою:

$$W = \frac{4 \times Q_{pi}}{\pi \times d_i^2} = 1,27 \times \frac{Q_{pi}}{d_i^2}. \quad (3.5)$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot 112,87}{3,14 \cdot 20}} = 2,68 \text{ м.}$$

Приймаємо стандартний діаметр газоходу $d_2 = 2,8$ м, тоді дійсна швидкість газу на цій ділянці складе:

$$W_2 = 1,27 \cdot \frac{112,87}{2,8^2} = 18,28 \text{ м/с.}$$

Розрахуємо опір ділянки 2 (3.6), Па:

$$\Delta P_i = \Delta P_{fi} + \Delta P_{Mi}, \quad (3.6)$$

де ΔP_{fi} - опір по довжині газоходу, Па;

ΔP_{M_i} - сума місцевих опорів, Па.

$$\Delta P_{l_i} = \lambda_i \cdot \frac{l_i}{d_i} \cdot \frac{W_i^2}{2} \cdot \rho_{\Gamma}, \text{Па}; \quad (3.7)$$

$$\Delta P_{M_i} = \sum \zeta \cdot \frac{W_i^2}{2} \cdot \rho_{\Gamma}, \text{Па}, \quad (3.8)$$

де λ - коефіцієнт опору тертю, що залежить від внутрішньої поверхні трубопроводу; з наближенням λ можна розрахувати по виразу:

$$\lambda = \frac{0,0348}{\sqrt[4]{d}}, \quad (3.9)$$

де l - довжина ділянки, м;

d - діаметр газопроводу, м;

W - швидкість газу на цій ділянці, м/с;

ρ_g - щільність газу за робочих умов, кг/м³;

$\sum \zeta$ - сума коефіцієнтів місцевих опорів.

$$\lambda_2 = \frac{0,0348}{\sqrt[4]{2,8}} = 0,02697..$$

Тоді,

$$\Delta P_{l_2} = 0,02697 \cdot \frac{12}{2,8} \cdot \frac{18,28^2}{2} \cdot 0,63 = 12,17 \text{Па.}$$

На ділянці 2 з місцевих опорів є вхід в канал (трубу), $\zeta = 0,5$, а також 2 секційних коліна 90°, $\zeta_{90} = 0,39$. Таким чином,

$$\Delta P_{M_2} = (0,39 \cdot 2 + 0,5) \cdot \frac{18,28^2}{2} \cdot 0,63 = 134,73 \text{Па};$$

тоді

$$\Delta P_2 = \Delta P_{l_2} + \Delta P_{M_2} = 12,17 + 134,73 = 146,9 \text{ Па.}$$

Розрахуємо опір інших ділянок газоочисного тракту по аналогії з розрахунками першої ділянки по формулах (3.1) – (3.9). Всі результати розрахунку занесені в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 - Результати аеродинамічного розрахунку газовідвідного тракту

Ділянки	Температура газу, $t_r, ^\circ\text{C}$	Витрата газу $Q_r, \text{м}^3/\text{с}$	Щільність газу $\rho_r, \text{кг}/\text{м}^3$	Геометричні параметри ділянок		Швидкість руху газу $W_r, \text{м}/\text{с}$	Вид місцевого опору, $\Sigma\zeta$		Втрати тиску		
				$l, \text{м}$	$d, \text{м}$		Найменування	Значення	$\Delta P_l, \text{Па}$	$\Delta P_m, \text{Па}$	$\Delta P_\Sigma, \text{Па}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Розрідження після борова мартенівської печі $P_6, \text{Па}$											800
1 Котел-утилізатор	800	222,22	0,32	–	–	–	–	–	–	–	2000
2 Від котлу-утилізатору до трійника	250	112,87	0,63	12	2,8	18,28	Вхід в канал (трубу), $\zeta=0,5$; 2 секційних коліна 90° $\zeta=0,39 \cdot 2=0,78$	1,28	12,17	134,73	146,9
3 Трійник – полий скруббер	250	56,14	0,63	12	1,8	22	Трійник (розділення потоків), $\zeta=0,4$; конфузор, $\zeta=0,06$; секційне коліно 90° $\zeta=0,39$.	0,85	20,33	129,59	149,92
Розрідження полого скрубберу $P_c, \text{Па}$											250
4 Полий скруббер – трійник	135	65,05	0,66	12	2	20,65	Вхід в канал (трубу), $\zeta=0,5$; секційне коліно 90° $\zeta=0,39$.	0,89	24,65	125,24	149,89

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5 Трійник - рукавний фільтр	135	130,1	0,66	14	2,8	21,07	Трійник (злиття потоків), $\zeta=1,25$; 2 секційних коліна 90° , $\zeta=0,39 \cdot 2=0,78$; Дифузор, $\zeta=0,34$.	2,37	19,76	347,21	366,97
Розрідження рукавного фільтру, P_p , Па											2200
6 Рукавний фільтр – трійник (димотяг)	135	130,1	0,66	10	2,8	21,07	Конфузор, $\zeta = 0,26$; 2 секційних коліна 90° , $\zeta=0,39 \cdot 2=0,78$.	1,04	14,07	152,36	166,43
7 Трійник - димотяг	130	65,05	0,69	6	2	20,65	Трійник (розділення потоків), $\zeta=0,34$; 2 секційних коліна 90° , $\zeta=0,39 \cdot 2=0,78$.	1,12	9,2	164,77	173,97
8 Димотяг - димар	125	130,1	0,71	8	2,8	21,07	Вхід в трубу, $\zeta = 0,5$.	0,5	12,14	78,8	90,94
Загальний опір газового тракту $\Delta P_\Sigma = 6495,02 \text{ Па}$											

3.1.2 Розрахунок полого скрубера з котлом-утилізатором

Початкові дані для розрахунку:

- 1) Об'ємна витрата газів, після борову мартенівської печі при н.у.,
 $Q_0 \approx 200\,000\text{ м}^3/\text{год}$;
- 2) Температура газу після борову, $t_{r,1} = 800^\circ\text{C}$;
- 3) Температура газу перед скруберам, $t = 250^\circ\text{C}$;
- 4) Температура газу перед рукавним фільтром, $t_2 = 135^\circ\text{C}$;
- 5) Тиск води перед форсунками $P_{ж.} = 0,4\text{ МПа}$;
- 6) Початкова температура води $t_{н.} = 20^\circ\text{C}$;
- 7) Втрати тиску у скрубери $\Delta P_{ап} = 250\text{ Па}$;
- 8) Вологість газу, $\text{г}/\text{м}^3$ при н.у. – 88,4;
- 9) Розрідження газів після борову, $P_{б.} = 0,8\text{ кПа}$;
- 10) Опір котлу-утилізатору, $P_{к.у.} = 2,0\text{ кПа}$;

Об'ємна витрата вологого мартенівського газу за нормальних умов на вході в скрубера складає $55,56\text{ м}^3/\text{с}$.

За формулою для визначення суміші газів, $\text{Дж}/\text{м}^3$ і даними додатку В [20] знаходять ентальпію газу на вході в скрубера ($t_1 = 250^\circ\text{C}$):

$$i_1 = 0,01 \sum_1^n i_i r_i = 0,01(586,32 \cdot 10 + 405,82 \cdot 11 + 456,35 \cdot 13 + 317,21 \cdot 66) = 371,96\text{ кДж}/\text{м}^3. \quad (3.10)$$

Приймаємо, що на виході із скрубера газ має температуру $t_2 = 135^\circ\text{C}$. Ентальпія газу при цій температурі:

$$i_2 = 0,01 \sum_1^n i_i r_i = 0,01(170,6 \cdot 10 + 121,8 \cdot 11 + 135,7 \cdot 13 + 52,7 \cdot 60) = 82,88\text{ кДж}/\text{м}^3. \quad (3.11)$$

Кількість теплоти, що передається в скрубери від газу до води:

$$Q = V_0(i_1 - i_2) = 55,56 \times (371,96 - 82,88) = 16061,28\text{ кВт}, \quad (3.12)$$

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

i_1 і i_2 – ентальпія газу на вході і виході із скрубера, $\text{кДж}/\text{м}^3$.

Приймаємо коефіцієнт випаровування води в скрубєрі $\varphi = 1$ [20], кінцеву температуру води $t_k = 100$ °С (зазвичай t_k приймається на $5 - 10$ °С нижче температури мокрого термометра).

Середня температура газу в скрубєрі:

$$t_{cp} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{250 + 135}{2} \cong 192,5 \text{ °С}, \quad (3.13)$$

де t_1 – початкова температура на вході у скрубєр, °С;

t_2 – кінцева температура на виході із скрубєра, °С.

Ентальпія насиченої пари при середній температурі газу в скрубєрі $i_n = 2785,1$ кДж/кг [20].

Ентальпія води при початковій температурі $t_n = 20$ °С, $i_n = 83,9$ кДж/кг, при кінцевій температурі (100 °С) $i_k = 461,34$ кДж/кг [20].

Витрата води в скрубєрі:

$$M_B = \frac{Q}{\varphi(i_n - i_H) + (1 - \varphi)(i_k - i_H)} = \frac{16061,28}{1(2785,1 - 83,9) + (1 - 1)(461,34 - 83,9)} = 5,95, \text{ кг/с}, \quad (3.14)$$

де φ – коефіцієнт випаровування води у скрубєрі;

i_n – ентальпія насиченого пару при середній температурі газу у скрубєрі кДж/кг;

i_n і i_k – початкова і кінцева ентальпія води, кДж/кг.

Об'ємна витрата газу за робочих умов на вході в скрубєр:

$$V = V_{oc} \frac{101325 \cdot T}{273 \cdot P} = 55,56 \cdot \frac{101325 \cdot (273 + 250)}{273 \cdot (99000 - 800 - 2000 - 146,9 - 149,92)} = 112,46 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (3.15)$$

Питома витрата води на зрошення:

$$m = \frac{M_e}{V_1} = \frac{5,95}{112,46} = 0,059 \text{ кг/м}^3, \quad (3.16)$$

де V_1 – об'ємна витрата газу за робочих умов на вході у скрубєр, м³/с.

Вологість газу на виході із скрубєра за нормальних умов:

$$f_{02} = f_{01} + \frac{\varphi M_e}{V_0} = 88,4 + \frac{1 \cdot 5,95 \cdot 10^3}{55,56} = 195,49 \text{ кг/м}^3, \quad (3.17)$$

де f_{01} – вологість газу на вході у скруббер, приведена до нормальних умов кг/м^3 .

Необхідно перевірити чи можлива така вологість при температурі і тиску газу на виході із скрубера $t_2 = 135 \text{ }^\circ\text{C}$; $p = 96053,1 \text{ Па}$ [20].

Максимально можлива абсолютна вологість газу за робочих умов на виході з скрубера:

$$f_H = \frac{P_n}{R_n T} \cdot \frac{P}{P - P_n} = \frac{31293}{463 \cdot 408} \cdot \frac{95653,18}{95653,18 - 31293} = 0,246 \text{ кг/м}^3, \quad (3.18)$$

де P_n і P_n – парціальний тиск водяної пари при $t_2 = 135 \text{ }^\circ\text{C}$;

R_n – газова постійна водяної пари, $463 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$ [20];

T – температура газу на виході з скрубера, К ;

P – абсолютний тиск газу, Па .

Наведена до нормальних умов максимально можлива вологість газу на виході з скрубера:

$$f_{0H} = f \frac{101325 \cdot T}{273 \cdot P} = 0,246 \cdot \frac{101325 \cdot 408}{273 \cdot 95653,18} = 0,39 \text{ кг/м}^3. \quad (3.19)$$

Отже, прийняте значення коефіцієнта випаровування води в скрубері $\varphi = 1$ і отримані значення витрати води M_e і питомої витрати води на зрошення m вимагають уточнення. Ці обчислення наведені далі.

Розрахунки показали, що газ на виході з скрубера насичений водяними парами (відносна вологість $\varphi = 1$) і містить максимально можливу їх кількість – $0,39 \text{ кг/м}^3$ газу при нормальних умовах.

Питома витрата газу за робочих умов на виході з скрубера:

$$V = V_{oc} \left(1 + \frac{f_0}{0,804} \right) \cdot \frac{101325 \cdot T}{273 \cdot P} = 55,56 \cdot \left(1 + \frac{0,39}{0,804} \right) \cdot \frac{101325 \cdot 408}{95653,18 \cdot 273} = 130,1 \text{ м}^3/\text{с}, \quad (3.20)$$

де V_{oc} – об'єм сухого газу при нормальних умовах, м^3 ;

f_0 – абсолютна вологість газу, приведена до нормальних умов, кг/м^3 ;

$0,804$ – щільність водяного пару при нормальних умовах, кг/м^3 ;

P – тиск, Па ;

T – температура, К .

Середня різниця температур між газом і водою в скрубєрі:

$$\Delta t = \frac{(t_1 - t_k) - (t_2 - t_n)}{\ln \frac{t_1 - t_k}{t_2 - t_n}} = \frac{(250 - 100) - (135 - 20)}{\ln \frac{250 - 100}{135 - 20}} = 132,1 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (3.21)$$

де t_1 і t_2 – початкова і кінцева температури газу, $^\circ\text{C}$;

t_n і t_k – початкова і кінцева температури води, $^\circ\text{C}$.

Густина сухого мартенівського газу при нормальних умовах складає:

$$\rho_{oc} = 1,28 \text{ кг/м}^3.$$

Густина вологого газу за робочих умов на виході з скрубєра:

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{(\rho_{oc} + f_0) \cdot 0,804}{1 + \frac{f_0}{0,804}} \cdot \frac{273 \cdot P}{101325 \cdot T} = \\ &= \frac{(1,28 + 0,39) \cdot 0,804}{1 + \frac{0,39}{0,804}} \cdot \frac{273 \cdot 95653,18}{101325 \cdot 408} = 0,66 \text{ кг/м}^3, \quad (3.22) \end{aligned}$$

де ρ_{oc} – щільність сухого газу при нормальних умовах, кг/м^3 ;

P – тиск газу, Па;

T – температура газу, К.

Наведені обчислення дозволили визначити режимні параметри скрубєра, призначеного для роботи в якості контактного теплообмінника - охолоджувача мартенівського газу. При роботі скрубєра в якості апарату мокрого очищення газу від пилу необхідна більш висока витрата води. Приймаємо $m = 1 \text{ кг/м}$.

Збільшення питомої витрати не може змінити температуру і вологість газу на виході з скрубєра, так як ці величини мають гранично допустимі значення. Отже, зберігають свої значення V_2 і ρ_2 .

Об'ємний коефіцієнт теплопередачі:

$$\begin{aligned} K_o &= (17,4 + 115 \cdot m \cdot U_2) \cdot \rho_2 \cdot U_2 = \\ &= (17,4 + 115 \cdot 1,0 \cdot 1,2) \cdot 0,66 \cdot 1,2 = 123 \text{ Вт/(м}^3 \cdot ^\circ\text{C)}, \quad (3.23) \end{aligned}$$

де U_2 та ρ_2 – швидкість, м/с, та щільність газу кг/м³, на виході із скрубера (в його верхній частині).

Швидкість газу на виході із скрубера U_2 не повинна перевищувати 1,0 – 5 м/с, щоб уникнути винос крапель зрошувальної рідини.

Необхідний обсяг скрубера:

$$V_{\text{скр}} = \frac{10^3 \cdot Q}{K_0 \cdot \Delta t} = \frac{10^3 \cdot 16061,28}{123 \cdot 132,1} = 988,5 \text{ м}^3, \quad (3.24)$$

де K_0 - об'ємний коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м³ · °С).

Діаметр скрубера:

$$D = \left(\frac{V_2}{n \cdot 0,785 \cdot U_2} \right)^{0,5} = (130,1 / 2 \cdot 0,785 \cdot 5)^{0,5} = 4,1 \text{ м}, \quad (3.25)$$

де V_2 – об'ємна втрата газу при робочих умовах на виході із скрубера м³/с.

Приймаємо $n = 2$, $d = 3,8$ м.

Тоді

$$U_2 = \frac{V_2}{n \cdot 0,785 \cdot D^2} = \frac{130,1}{2 \cdot 0,785 \cdot 3,8^2} = 5,74 \text{ м/с}. \quad (3.26)$$

3.1.3 Розрахунок полого скрубера без котла утилізатора

Початкові дані для розрахунку:

- 1) Об'ємна витрата газів, після борову мартенівської печі при н.у., $Q_0 \approx 200\,000 \text{ м}^3/\text{год}$;
- 2) Температура газу після борову, $t_{r,1} = 800^\circ\text{C}$;
- 3) Температура газу перед скруберам, $t = 800^\circ\text{C}$;
- 4) Температура газу перед рукавним фільтром, $t_2 = 135^\circ\text{C}$;
- 5) Тиск води перед форсунками $P_{\text{ж}} = 0,4 \text{ МПа}$;
- 6) Початкова температура води $t_{\text{н}} = 20^\circ\text{C}$;
- 7) Втрата тиску у скруберам $\Delta P_{\text{ап}} = 250 \text{ Па}$;
- 8) Вологість газу, г/м³ при н.у. – 88,4;
- 9) Розрідження газів після борову, $P_6 = 0,8 \text{ кПа}$.

Об'ємна витрата вологого мартенівського газу за нормальних умов на вході в скруббер складає $55,56 \text{ м}^3/\text{с}$.

За формулою (3.10) для визначення суміші газів, $\text{Дж}/\text{м}^3$ і даними додатку В [20] знаходять ентальпію газу на вході в скруббер ($t_1 = 800 \text{ }^\circ\text{C}$):

$$i_1 = 0,01(1704,1 \cdot 10 + 1159,8 \cdot 11 + 1335,6 \cdot 13 + 1092,8 \cdot 66) = 1192,86 \text{ кДж}/\text{м}^3.$$

Приймаємо що на виході із скруббера газ має температуру $t_2 = 135 \text{ }^\circ\text{C}$. Ентальпія газу при цій температурі за формулою (3.11) $i_2 = 82,88 \text{ кДж}/\text{м}^3$.

Кількість теплоти, передаваної в скруббері від газу до води за формулою (3.12):

$$Q = 55,56 \times (1192,86 - 82,88) = 61670,71 \text{ кВт}.$$

Приймаємо коефіцієнт випаровування води в скруббері $\varphi = 1$, кінцеву температуру води $t_k = 100 \text{ }^\circ\text{C}$.

Середня температура газу в скруббері за формулою (3.13):

$$t_{cp} = \frac{800 + 135}{2} = 467,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Ентальпія насиченої пари при середній температурі газу в скруббері $i_n = 2107 \text{ кДж}/\text{кг}$ [20].

Ентальпія води при початковій температурі $t_n = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $i_n = 83,9 \text{ кДж}/\text{кг}$, при кінцевій температурі ($100 \text{ }^\circ\text{C}$) $i_k = 419,10 \text{ кДж}/\text{кг}$ [20].

Витрата води в скруббері за формулою (3.14):

$$M_B = \frac{61670,713}{1(2107 - 83,9) + (1 - 1)(419,10 - 83,9)} = 30,48 \text{ кг} / \text{с}.$$

Об'ємна витрата газу за робочих умов на вході в скруббер за формулою (3.15):

$$V = 55,56 \cdot \frac{101325 \cdot (273 + 800)}{273 \cdot (99000 - 800 - 2000 - 146,9 - 149,92)} = 230,72 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Питома витрата води на зрошення за формулою (3.16):

$$m = \frac{30,48}{230,72} = 0,13 \text{ кг}/\text{м}^3.$$

Вологість газу на виході із скрубера за нормальних умов за формулою (3.17):

$$f_{02} = 88,4 + \frac{1 \cdot 30,48 \cdot 10^3}{55,56} = 636,99 \text{ кг/м}^3.$$

Необхідно перевірити чи можлива така вологість при температурі і тиску газу на виході із скрубера $t_2 = 135 \text{ }^\circ\text{C}$; $p = 96053,1 \text{ Па}$ [20].

Максимально можлива абсолютна вологість газу за робочих умов на виході з скрубера за формулою (3.18) $f_H = 0,246 \text{ кг/м}^3$.

Наведена до нормальних умов максимально можлива вологість газу на виході з скрубера за формулою (3.19) $f_{OH} = 0,39 \text{ кг/м}^3$.

Питома витрата газу за робочих умов на виході з скрубера за формулою (3.20) $v = 143,82 \text{ м}^3/\text{с}$.

Середня різниця температур між газом і водою в скрубєрі за формулою (3.21):

$$\Delta t = \frac{(800 - 100) - (135 - 20)}{\ln \frac{800 - 100}{135 - 20}} = 325^\circ\text{C}.$$

Густина сухого мартенівського газу при нормальних умовах складає: $\rho_{oc} = 1,28 \text{ кг/м}^3$.

Густина вологого газу за робочих умов на виході з скрубера за формулою (2.22) $\rho = 0,66 \text{ кг/м}^3$.

При роботі скрубера в якості апарату мокрого очищення газу від пилу необхідна більш висока витрата води. Приймаємо $m = 1 \text{ кг/м}$.

Збільшення питомої витрати не може змінити температуру і вологість газу на виході з скрубера, так як ці величини мають гранично допустимі значення. Отже, зберігають свої значення V_2 і ρ_2 .

Об'ємний коефіцієнт теплопередачі за формулою (3.23) $K_0 = 123 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$.

Необхідний обсяг скрубера за формулою (3.24):

$$V_{\text{кр}} = \frac{10^3 \cdot Q}{K_0 \cdot \Delta t} = \frac{10^3 \cdot 61670,71}{123 \cdot 325} = 1542,73 \text{ м}^3.$$

Діаметр скрубера за формулою (3.25):

$$D = (143,82 / 4 \cdot 0,785 \cdot 5)^{0,5} = 3,1 \text{ м.}$$

Приймаємо $n = 4$, $d = 3,8$ м.

Тоді за формулою (3.26):

$$U_2 = \frac{V_2}{n \cdot 0,785 \cdot D^2} = \frac{143,82}{4 \cdot 0,785 \cdot 3,8^2} = 3,2 \text{ м/с.}$$

3.1.4 Розрахунок рукавного фільтру типу ФРІР

Початкові дані для розрахунку (за даними аеродинамічного розрахунку газовідвідного тракту див. п. 3.1.1):

- | | |
|---|--------------------------|
| 1) об'ємна витрата газу, що очищається, перед рукавним фільтром при р.у., $Q_{\text{р.у.}}$ | 130,1 м ³ /с; |
| 2) щільність газу при н. у., $\rho_{\text{го}}$ | 1,28 кг/м ³ ; |
| 3) щільність газу при р. у., $\rho_{\text{г}}$ | 0,66 кг/м ³ ; |
| 4) температура газу, $t_{\text{г}}$ | 135 °С; |
| 5) запиленість газу, що поступає на очищення, Z_1 | 15 г/м ³ ; |
| 6) розрідження перед фільтром, $P_{\text{г}}$ | -3863,68 Па; |
| 7) середній медіанний діаметр частинок пилу, $d_{\text{м}}$ | 1 мкм; |
| 8) щільність частинок пилу, $\rho_{\text{ч}}$ | 4500 кг/м ³ . |

Питоме газове навантаження або швидкість фільтрації, згідно з паспортними даними фільтру типу ФРІР, 0,7 – 1,8 м³/м²·хв [19]. Приймаємо питоме газове навантаження на фільтр $q = 1,5$ м³/м²·хв.

Площа необхідної фільтруючої поверхні, м²:

$$F = \frac{Q_{\text{р}}}{q} = \frac{130,1 \cdot 60}{1,5} = 5204 \text{ м}^2. \quad (3.27)$$

Вибираємо рукавний фільтр типу ФРІР-5700. Технічна характеристика рукавного фільтру типу ФРІР-5700 [19]:

1. Продуктивність по газу, що очищається, тис. м ³ /год.	до 640
2. Питоме газове навантаження, м ³ /м ² хв.	0,7 – 1,8
3. Площа фільтрації, м ²	5925,1
4. Масова концентрація пилу в газі, г/нм ³	
на вході у фільтр	15
на виході з фільтру	0,02
5. Гідравлічний опір фільтру, Па	не більше 2500
6. Тиск стислого повітря, МПа	04 - 0,5
7. Витрата стисненого повітря на проведення регенерації, м ³ /год	350
8. Кількість фільтрувальних рукавів, шт	2688
9. Розмір рукава фільтрувального, мм	
діаметр внутрішній	135
довжина	5200
10. Маса фільтру, т	149,5

Як матеріал для виготовлення фільтрувального рукава вибираємо оксалон. Допустима температура газу для такого виду тканини складає 180°C [19].

Визначимо фактичне газове навантаження на фільтр:

$$q_{\phi} = \frac{Q_p}{F_{\phi}} = \frac{130,1}{5925,1} = 0,022 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{с} = 1,3 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{хв.} \quad (3.28)$$

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

$$\Delta P_{\phi} = \Delta P_{\kappa} + \Delta P_{\phi.п.} \quad (3.29)$$

Гідравлічний опір корпусу фільтру:

$$\Delta P_{\kappa} = \zeta \frac{\rho_{\Gamma} \cdot W_{BX}^2}{2}, \quad (3.30)$$

де ρ_{Γ} - щільність газу за робочих умов, г/м³;

W_{BX} - швидкість газу у вхідному патрубку фільтру; приймаємо $W_{BX}=8\text{м/с}$ [20];

ζ - коефіцієнт гідравлічного опору корпусу; для правильно сконструйованих рукавних фільтрів зазвичай складає 1,5 – 2,0 [20], приймаємо $\zeta = 2$.

$$\Delta P_K = 2 \frac{0,66 \cdot 8^2}{2} = 43,5 \approx 42,24 \text{ Па.}$$

Опір фільтрувальної перегородки фільтру, Па:

$$\Delta P_{\text{ф.п}} = \Delta P_T + \Delta P_{\text{ш.п.}}, \quad (3.31)$$

де ΔP_T – гідравлічний опір тканини фільтру, Па:

$$\Delta P_T = A \cdot W_{\text{ф}} \cdot \mu_{\text{г.см.}}; \quad (3.32)$$

де A – постійна фільтрування;

$W_{\text{ф}}$ – швидкість фільтрування, м/с; $W_{\text{ф}} = q_{\text{ф}} = 0,022$ м/с;

$\mu_{\text{г.см.}}$ - динамічна в'язкість газової суміші при р.у., Па · с.

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

$$\Delta P_{\text{ш.п.}} = \Delta P_{\text{ф}} - \Delta P_K - \Delta P_T. \quad (3.33)$$

Час періоду міжрегенерації рукавного фільтру визначимо по формулі, с:

$$t_p = \frac{\Delta P_{\text{с.п.}}}{B \cdot W_{\text{ф}}^2 \cdot \mu_{\text{см}} \cdot z_1}, \quad (3.34)$$

де B – постійна фільтрування;

$W_{\text{ф}}$ – швидкість фільтрування, м/с;

z_1 - концентрація пилу в газі перед фільтром, г/м³.

Розраховуємо постійні фільтрування A і B :

$$A = 0,475 \frac{(1 - \varepsilon_n)^2}{\varepsilon_m^{3,24} \cdot \varepsilon_n^3 \cdot d_m^{1,77}}, \quad (3.35)$$

$$B = 817 \frac{(1 - \varepsilon_n)}{d_m^2 \cdot \varepsilon_n^3 \cdot \rho_{\text{ч}}}, \quad (3.36)$$

де $\varepsilon_{\text{п}}$ - пористість шару пилу; $\varepsilon_{\text{п}} = 1 - 79d_m^{0,47} = 1 - 79(1 \cdot 10^{-6})^{0,47} = 0,88$;

$\varepsilon_{\text{тк}}$ - пористість тканини (тип тканини оксалон), долі ед.; $\varepsilon_{\text{тк}} = 0,65$ [19];

d_m – середній медіанний розмір частинок пилу, м;

ρ_c - щільність частинок пилу, кг/м^3 .

$$A = 0,475 \frac{(1-0,88)^2}{0,65^{3,24} \cdot 0,88^3 \cdot (1 \cdot 10^{-6})^{1,77}} = 352,94 \cdot 10^6 \text{ м}^{-1};$$

$$B = 817 \frac{(1-0,88)}{(1 \cdot 10^{-6})^2 \cdot (0,88)^3 \cdot 4500} = 3197 \cdot 10^6 \text{ м/кг}.$$

Обчислюємо динамічний коефіцієнт в'язкості газу:

$$\mu = \mu_0 \frac{273 + c'}{T + c'} \left(\frac{T}{273} \right)^{1,5}, \quad (3.37)$$

де μ - в'язкість компоненту при 0°C і тиску $101,3 \text{ кПа}$, $\text{Па}\cdot\text{с}$;

c' - постійна Сезерленда [20];

T - абсолютна температура, $^\circ\text{C}$.

$$\mu_{\text{CO}_2} = 13,7 \cdot 10^{-6} \frac{273 + 254}{273 + 135 + 254} \left(\frac{273 + 135}{273} \right)^{1,5} = 19,93 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с};$$

$$\mu_{\text{O}_2} = 20,3 \cdot 10^{-6} \frac{273 + 131}{273 + 135 + 131} \left(\frac{273 + 135}{273} \right)^{1,5} = 29,53 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с};$$

$$\mu_{\text{N}_2} = 17 \cdot 10^{-6} \frac{273 + 114}{273 + 135 + 114} \left(\frac{273 + 135}{273} \right)^{1,5} = 24,73 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с};$$

$$\mu_{\text{H}_2\text{O}} = 10 \cdot 10^{-6} \frac{273 + 961}{273 + 135 + 961} \left(\frac{273 + 135}{273} \right)^{1,5} = 14,55 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}.$$

Знаходимо динамічну в'язкість суміші:

$$\mu_{\text{см}} = (\sum a_i \cdot \mu_i) / 100; \quad (3.38)$$

$$\mu_{\text{см}} = (10 \cdot 19,93 + 11 \cdot 29,53 + 65,5 \cdot 24,73 + 43 \cdot 14,55) 10^{-6} / 100 = 27,7 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}.$$

Гідравлічний опір тканини фільтру, Па :

$$\Delta P_T = 352,94 \cdot 10^6 \cdot 0,022 \cdot 27,7 \cdot 10^{-6} = 215,1 \text{ Па}.$$

Гідравлічний опір шару пилу визначимо, прийнявши опір рукавного фільтру $\Delta P = 2200 \text{ Па}$, тоді:

$$\Delta P_{\text{ш.п.}} = 2200 - 42,24 - 215,1 = 1942,66 \text{ Па}.$$

Тривалість періоду фільтрування між двома регенераціями:

$$t_p = \frac{1942,66}{3197 \cdot 10^6 \cdot 0,022^2 \cdot 27,7 \cdot 10^{-6} \cdot 15 \cdot 10^{-3}} = 3021,6 \text{сек} = 50,36 \text{хв.}$$

Визначимо ефективність рукавного фільтру.

$$\eta = (z_1 - z_2) / z_1 = (15 - 0,02) / 15 = 0,9987 \text{ или } 99,87 \%. \quad (3.39)$$

3.1.5 Розрахунок параметрів димаря

Димар необхідний для створення ефективної тяги і здійснення розсіювання шкідливих викидів. Приймаємо висоту димаря $H = 120$ м. Температура газів в основі труби $t_{\text{осн}} = 130^\circ\text{C}$, тоді температура газів в горловині труби:

$$t_{\text{горл}} = 130 - 0,5 \cdot H = 130 - 0,5 \cdot 120 = 70^\circ\text{C}. \quad (3.40)$$

Щільність газів на виході з димаря:

$$\rho_{\text{горл}} = 1,28 \cdot \frac{273}{273 + 70} = 1,02 \text{кг} / \text{м}^3. \quad (3.41)$$

Тоді витрата газів на виході з димаря складе:

$$Q_{\text{горл}} = Q_{p8} \cdot \frac{\rho_8}{\rho_{\text{горл}}} = 130,1 \cdot \frac{0,71}{1,02} = 90,56 \text{м}^3 / \text{с}. \quad (3.42)$$

Розрахуємо діаметр труби. Швидкість газів на виході з труби приймається для труб з великим діаметром та висотою труби більше 60 м рівною 10-20 м/с [21].

$$d_{10} = \sqrt{\frac{4 \cdot 90,56}{3,14 \cdot 18}} = 2,52 \text{м.}$$

Приймаємо діаметр 2,6 м. Дійсна швидкість газу складе:

$$W_{10} = 1,27 \cdot \frac{90,56}{2,6^2} = 17,01 \text{м/с.}$$

Гідравлічний опір димаря, Па:

$$\Delta P_{TP} = \lambda \cdot \frac{H}{D_{\text{ГОРЛ}}} \cdot \frac{W_{\text{горл}}^2}{2} \cdot \rho_{\text{горл}}, \quad (3.43)$$

де λ – гідравлічний коефіцієнт тертя; для бетонних труб $\lambda = 0,05$ [22].

$$\Delta P_{TP} = 0,05 \cdot \frac{120}{2,6} \cdot \frac{17,01^2}{2} \cdot 1,02 = 340,53 \text{ Па.}$$

Динамічний тиск газів, який необхідний для створення швидкості $W_{\text{горл}} = 17,01$ м/с, Па:

$$P_{\text{дин}} = \frac{W_{\text{горл}}^2}{2} \cdot \rho_{\text{горл}} = \frac{17,01^2}{2} \cdot 1,02 = 147,56 \text{ Па.} \quad (3.44)$$

Опір виходу в атмосферу:

$$\Delta P_{\text{вих}} = \zeta_{\text{вих}} \cdot \frac{W_{\text{горл}}^2}{2} \cdot \rho_{\text{горл}} = 1,5 \cdot \frac{17,01^2}{2} \cdot 1,02 = 221,35 \text{ Па,} \quad (3.45)$$

де $\zeta_{\text{вих}}$ – коефіцієнт опору виходу в атмосферу.

Сумарний опір димаря:

$$\Delta P_{\Sigma} = \Delta P_{\text{тр}} + P_{\text{дин}} + \Delta P_{\text{вих}} = 340,53 + 147,56 + 221,35 = 709,44 \text{ Па.} \quad (3.46)$$

Самотяга димаря визначається по формулі, Па:

$$P_{\text{т}} = q \cdot H(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{г}}) \cdot V/101,3, \quad (3.47)$$

де H – висота труби, м;

V – атмосферний тиск, кПа;

$\rho_{\text{пов}}$ – щільність навколишнього повітря в даних умовах, кг/м³:

$$\rho_{\text{в}} = 1,293 \cdot \frac{273}{273 + 27} = 1,18 \text{ кг/м}^3, \quad (3.48)$$

$$P_{\text{т}} = 9,81 \cdot 120 (1,18 - 1,02) \cdot 99/101,3 = 184,1 \text{ Па.}$$

Додатковий тиск:

$$P_{\text{дод}} = P_{\text{т}} - \Delta P_{\Sigma} = 184,1 - 709,44 = - 525,36 \text{ Па.} \quad (3.49)$$

Оскільки $P_{\text{дод}} < 0$, то означає що самотяга труби не забезпечує подолання його сумарного опору, тому $P_{\text{дод}}$ слід врахувати загалом з аеродинамічним опором газового тракту.

Загальний опір газового тракту

$$\Delta P = 6495,02 + 525,36 = 7020,38 \text{ Па.}$$

3.1.6 Вибір димотягу

Димотяг вибираємо на основі аеродинамічного розрахунку газовідвідного тракту. Продуктивність $Q_{\text{д}}$ приймають із запасом 10% по

відношенню до розрахункової кількості газів у димотягу Q_p і з поправкою на барометричний тиск:

$$Q_d = 1,1 Q_p \cdot 101,3 / P_{\text{бар}}, \quad (3.50)$$

де Q_p – витрата газів перед димотягом при р.у. (табл. 2.2), $\text{м}^3/\text{с}$.

$$Q_d = 1,1 \cdot 130,1 \cdot 3600 \cdot 101,3 / 99 = 486645,2 \text{ м}^3/\text{год} = 146,43 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Створюване димотягом розрідження, приведене до умов каталогу, по якому вибираємо його марку [23], Па:

$$P_{\text{КАТ}} = 1,2 \cdot \Delta P_{\Sigma} \cdot K, \quad (3.51)$$

де 1,2 – коефіцієнт запасу;

ΔP_{Σ} – сумарний опір газовідвідного тракту, Па;

K – коефіцієнта перерахунку [23]:

$$K = (273 + t_r) 101,3 \cdot \rho_{\text{ог}} / (273 + t_{\text{кат}}) V \cdot \rho_{\text{ов}}; \quad (3.52)$$

$$K = (273 + 125) \cdot 101,3 \cdot 1,28 / (273 + 200) 99 \cdot 1,293 = 0,85.$$

Тоді,

$$\Delta P_{\text{КАТ}} = 1,2 \cdot 7020,38 \cdot 0,85 \approx 7160,79 \text{ Па}.$$

За значенням $\Delta P_{\text{КАТ}}$ і продуктивності димотягу підбираємо димотяг марки ВДН-25×2, оскільки цей дуттьовий вентилятор при температурі 200°C і повному тиску 8750 Па розвиває продуктивність $Q=500$ тис. $\text{м}^3/\text{год}$; частота обертання $n = 1000$ об/хв, максимальний ККД $\eta=0,86$ [23]. Споживана димотягом потужність [24]:

$$N = \frac{Q \cdot \Delta P_{\text{дим}}}{\eta} \cdot 10^{-3} = \frac{146,43 \cdot 8750}{0,86} \cdot 10^{-3} = 1490 \text{ кВт}. \quad (3.53)$$

3.2 Утилізація вловленого пилу відхідних газів мартенівських печей

3.2.1 Обґрунтування вибраного способу утилізації вловленого пилу відхідних газів мартенівської двованної печі

У кваліфікаційному проекті пропонується схема утилізації пилу, що відходить від газоочистки мартенівської двованної печі, з використанням

чашового гранулятора. Система утилізації включає: бункер накопичувач пилу, бак зі сполучником, бак з водою, змішувач, чашовий гранулятор, бункер для накопичування окатишів та сушильна піч.

Основним елементом чашового гранулятора є диск, що обертається навколо осі, вісь якого нахилена під великим ($45 - 75^\circ$) кутом до горизонталі. Робоча поверхня такого апарату, на відміну від барабанного гранулятора – не бокова поверхня циліндра, а торцева, тобто дно тарілки.

Апарат укладений в герметичний кожух, в якому рідина подається за допомогою елеватора або розпилюється форсунками. Для спостереження за процесом служить оглядове вікно. Максимальна ефективність роботи чашового гранулятора досягається при певній висоті шару, тому, залишається цей показник незмінним.

Пил зі сполучною рідиною подається в центр тарілки, що сприяє злипанню гранул. Вивантаження продукту проводиться з ділянки максимальної глибини шару. Дрібні частинки піднімаються при обертанні чаші в область малої глибини і змішуються. Таким чином, чашовий гранулятор реалізує класифікацію гранул, що збільшує вихід товарної продукції до 90%.

Переваги чашового гранулятора: компактність, економічність, можливість отримання гранул заданого розміру та управління процесом шляхом зміни частоти обертання чаші, кута її нахилу і місць подачі сировини. Недолік: невеликий (у порівнянні з барабанним гранулятором) час перебування матеріалу в апараті, що ускладнює його використання для реалізації супутніх процесів (хімічні реакції) [25].

Проектна схема утилізації передбачає безперервне вивантаження пилу з бункерів накопичувачів кожній секції.

Відсікання кожного бункера від системи пилоприбирання здійснюється за допомогою герметичних шиберних затворів, які використовуються для сухого вивантаження пилу перед затворами безперервної дії з метою проведення ремонту або заміни останніх без зупинки технологічного

обладнання. Герметичні шибєрні самоочищувальні пилові затвори (рис. 3.2) виготовляються в звичайному виконанні. Плоска заслонка, переміщується в направляючих пазах затвора, в герметичних гвинтових затворах притискаючись до тілці бункера з додатковим зусиллям, створюваним ексцентриковими роликками. Герметичні затвори можуть працювати при тиску до ± 3 кПа.

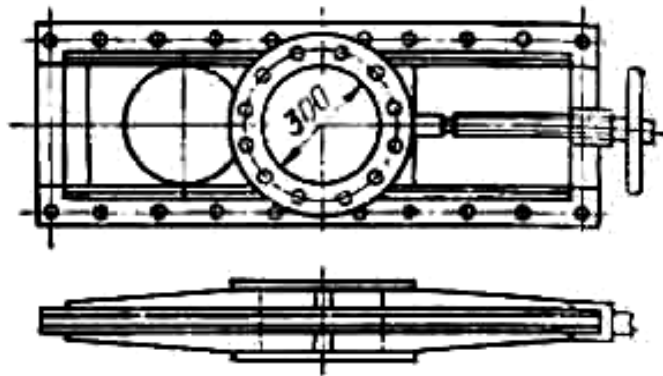


Рисунок 3.2 – Шибєрний герметичний гвинтовий затвор

Пил після шибєрного затвора надходить у шлюзовий живильник типу Ш1-30 (рис. 3.3), через завантажувальний патрубок (2) на дугообразну лопать (5), яка відсікає певну порцію нили і подає її в розвантажувальний отвір. При цьому вільний кінець лопаті (5) ущільнювальним елементом (8) і пружиною (6) притискається до робочої поверхні корпусу і забезпечує герметичність в зазорі між лопатою (5) і корпусом (1). Коли лопать (5) досягає вхідного вікна розвантажувального патрубку (3), вона своїм вільним кінцем із закріпленим на ньому ущільнювальним елементом (8) силою пружини (6) різко відкидається в розвантажувальний патрубок (3), повертаючись навколо свого шарніра (9). Сипкий матеріал надходить у розвантажувальний патрубок (3), і тоді одночасно лопать (5) звільняється від забруднень. При подальшому повороті ротора (4) лопать повертається у вихідне положення, пружина (6)

стискається, а ущільнювальний елемент (8) притискається цією пружиною до робочої поверхні корпусу [26].

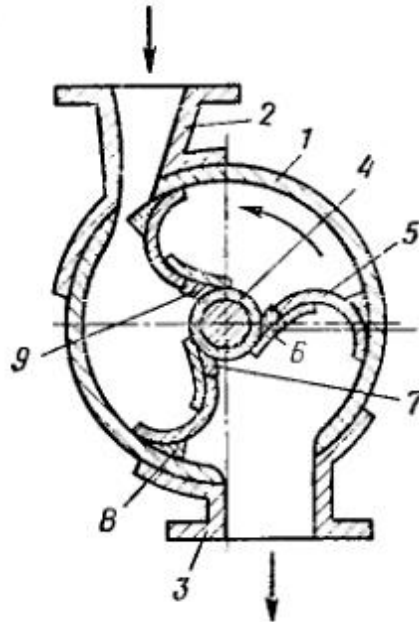


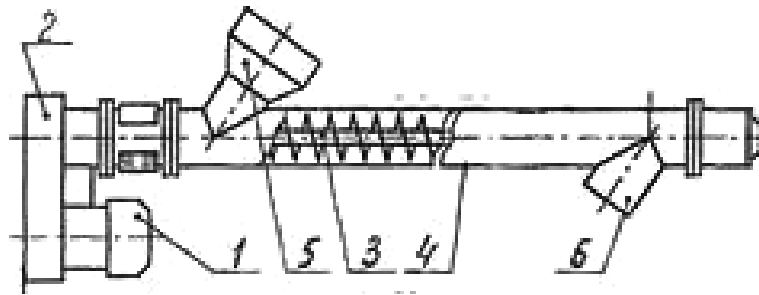
Рисунок 3.3 – Шлюзовий живильник

Цей пристрій для сухого вивантаження пилу надійно забезпечує високу герметичність, що підвищує продуктивність.

За допомогою шлюзового живильника пил скребковими транспортерами подається в два розташованих паралельно загальних бункера об'ємом 23 м³. Пересипання пилу з бункерів здійснюється через шлюзові живильники. Шлюзовий живильник призначений для контрольованого вивантаження сипучих речовин з бункерів, циклонів та інших агрегатів.

Рівномірна подача пилу з бункерів на змішувач здійснюється увімкненим в роботу шнековим живильником типу К – 287С (рис. 3.4), зі швидкістю 750 – 1000 об/хв. Відключення живильника для виконання ремонтних робіт здійснюється двухреєчним затвором. Шнековий живильник кріпиться до нижньої конусної частини бункера. Привід живильника складається з двох електродвигунів, кліноременних передач та редуктора.

Електродвигуни з редуктором кріпляться болтами на рамі. Гвинт шнека має різні швидкості обертання завдяки наявності двох шківів різних діаметрів на валу редуктора. Дві швидкості обертання транспортуючого гвинта дозволяють забезпечувати не тільки регулювання продуктивності, але і точність дозування. Потужність електродвигуна становить 14 кВт.



1 – електродвигун; 2 – кожух; 3 – гвинтовий вал; 4 – корпус; 5 – загрузочні патрубки; 6 – розгрузочні патрубки

Рисунок 3.4 – Шнековий живильник

Пил з певною швидкістю по тічці живильника надходить на змішувач, туди ж за допомогою шлюзового живильника подається вапняний розчин з баку об'ємом 15 м³. В якості сполуки використовують вапно в сумі 120 кг/год на 1 т пилу. Звідти за допомогою елеватора відбувається подача до огрудкувача типу ОЧ-300. Схема утилізації вловленої пилу представлена на (рис. 3.5).

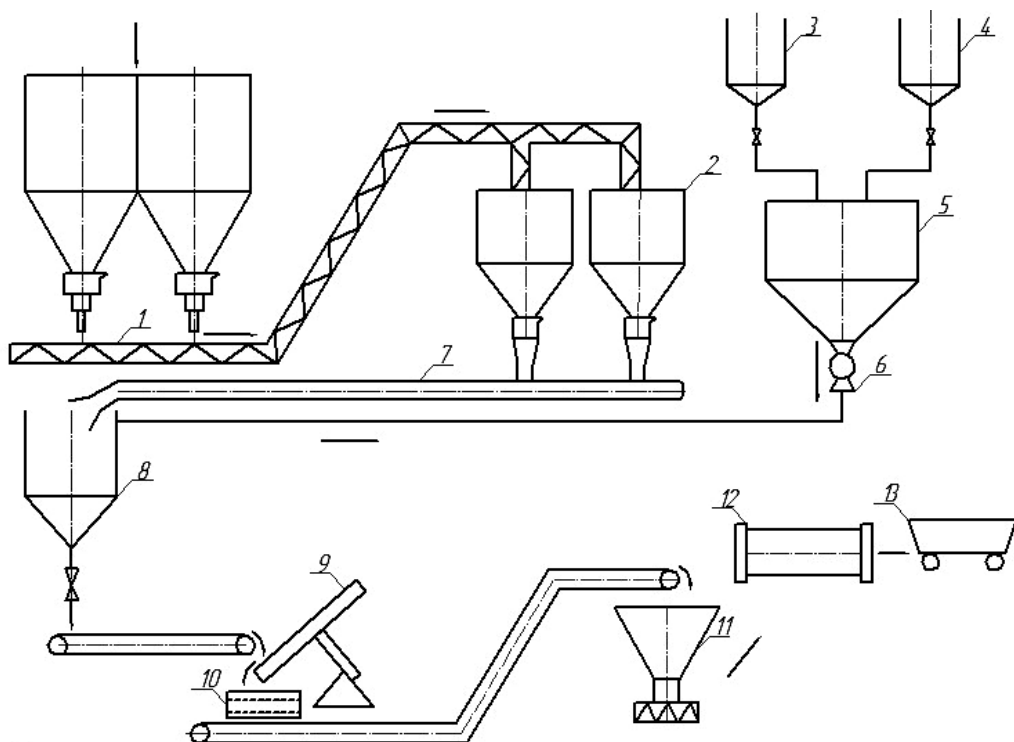
Огрудкувач являє собою похилу чашу діаметром 3 м (рис. 3.6), всередині якої встановлені 2 ножа. Один у днища, другий – вертикально біля самої стінки. Чаша обертається зі швидкістю 20 об/хв.

Під обертову чашу безперервно подається шихта, яка огрудковується перетворюючись на круглі тіла – окатиші. Вихідні сирі окатиші з діаметром від 7 – 20 мм. пересипаються через нижній край і по жолобу надходять на елеватор. При приготування окатишів встановлений кут нахилу чаші 50°.

Внутрішню поверхню борта і днище чашового гранулятора очищають від налиплого матеріалу механізмом очищення, що складається з бічного і шести регульованих радіальних ножів.

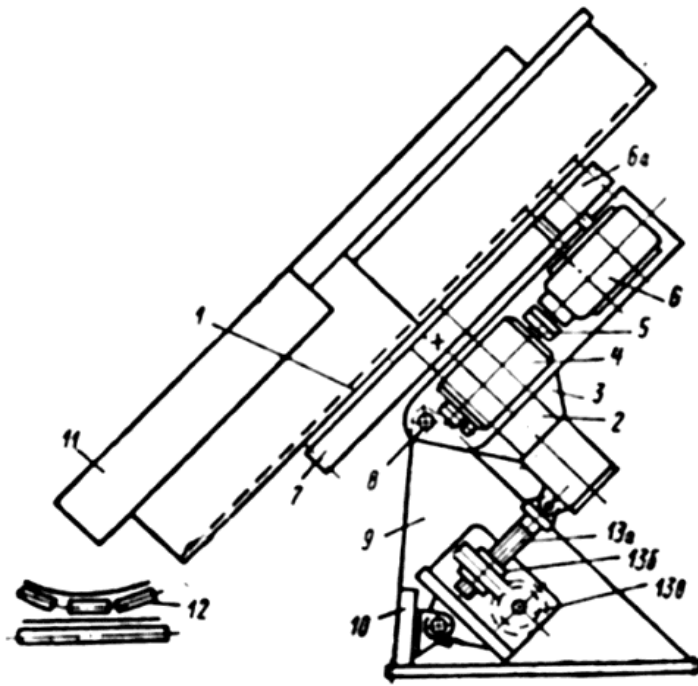
Потужність двигуна обертання чаші становить 19,8 кВт. Продуктивність гранулятора 4 – 8 т/год. Вологість окатишів, змінна величина, залежить від практичних навичок оператора і становить 6,0 – 12%. Щільність окатишів 2525 – 2700 кг/м³.

Після огрудкування окатиші проходять просіювання на роликовому грохоті з поділом на 2 класи: мінус 9,5 мм і плюс 9,5 мм. Окатиші з розміром менше 9,5 мм конвеєрами повертаються в огрудковувач для подальшого доопрацювання.



1 – скребковий транспортер; 2 – бункери – накопичувачі пилу; 3 – бак з водою; 4 – бак зі сполучником; 5 – бункер для змішування реагенту; 6 – шлюзовий живильник; 7 – шнековий живильник; 8 – змішувач; 9 – огрудковувач чашовий; 10 – грохот; 11 – бункер - накопичувач окатишів з телескопічною течкою; 12 – барабанна піч; 13 – залізничний вагон

Рисунок 3.5 – Схема утилізації вловленої пили



1 – чаша; 2 – обертаюча вісь; 3 – опора; 4 – електродвигун постійного струму; 5 – муфта; 6 – конічний-циліндричний редуктор; 6(а) – шестерня; 7 – зубчастий вінець; 8 – валики; 9 – дві стійки; 10 – поперечна балка; 11 – лоток; 12 – конвеєр; 13(а) – тяга-гвинт; 13(б) – тяга гвинтова пара; 13(в) – черв'ячна передача

Рисунок 3.6 – Механізми обертання і нахилу чашового гранулятора

Чаша (1) зварної конструкції виконана для зручності транспортування з двох половин, з'єднаних між собою болтами. Опора (3) являє собою жорстку зварену раму зі змонтованої в ній на підшипниках кочення, обертається віссю (2), на верхньому конічному хвостовику на якому нерухомо закріплена чаша (1). Осьові зусилля сприймають встановлені в нижній частині рами упорні підшипники. Привід обертання чаші, змонтованої на опорі (3), складається з електродвигуна (4) постійного струму, муфти (5), конічно-циліндричного редуктора (6) і тахогенератора, пов'язаного з валом електродвигуна кінематичної зубчастої передачі. На вихідному валу редуктора розташована шестерня (6а), що знаходиться в зачепленні з зубчастим вінцем (7), який

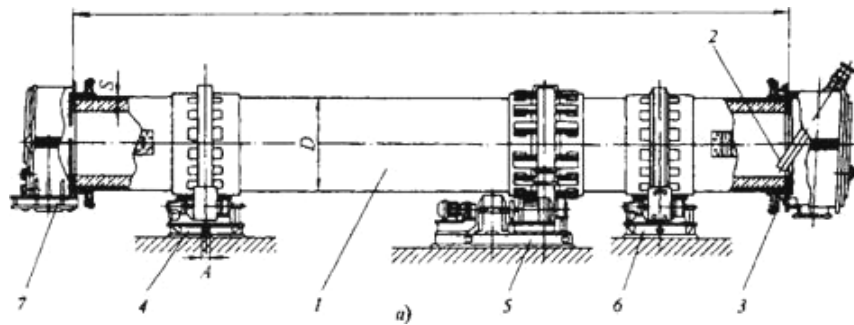
закріплений на чаші і обертає її при включенні електродвигуна. Опора (3) валиками (8) шарнірно закріплена на рамі, що складається з двох стійок (9), які жорстко з'єднані між собою поперечною балкою (10). Механізм нахилу чаші складається з тяги-гвинта (13а), що зв'язує між собою балку (10) і частина опори (3), до яких шарнірно прикріплені тяги гвинтової пари (13б) і черв'ячної передачі (13в). При обертанні валу черв'яка вручну гвинт, пов'язаний гайкою з черв'ячним колесом, здійснює поступальний рух, змінюючи кут нахилу чаші [25].

Для забезпечення вивантаження пилу з бункерів кожної секції, в нижній частині бункера вирізали отвір діаметром 30 мм, в яке оператор заводить трубку, з'єднану з ситемою стисненого повітря. При погіршенні сходу пилу, оператор відкриває стиснене повітря і руйнує утворюючий настіль.

Для подальшого транспортування окатиші за допомогою елеватора перевантажують у бункер – накопичувач об'ємом 7 м³, звідки скребковим конвеєром через телескопічну течку вивантажують в барабанну піч типу Ф 2,2×4,5, з продуктивністю 3,4 – 5,4 т/год. Вологий матеріал із бункера потрапляє у обертаючий сушильний барабан (рис. 3.7), паралельно матеріалу в сушарку подається сушильний агент, що утворюється від згоряння палива в топці і змішання газів в камері змішувача. Повітря в топку і камеру змішувача подається вентиляторами. Висушений матеріал транспортується з протилежного кінця сушильного барабана.

Метою сушки окатишів є забезпечення видалення вологи з верхнього шару окатишів для запобігання подальшого його руйнування.

Вивантаження пилу, і приготування окатишів виробляють два оператора. Один забезпечує рівномірне безперервне надходження пилу на огрудковувач, а другий – регулює подачу води та сполучного, контролює якість приготування окатишів. З метою підвищення терміну служби механізмів системи пилоприбирання, у проекті обрана схема періодичного вивантаження пилу – 1 раз на добу [26].



1 – барабан; 2 – завантажувальний пристрій (тічка); 3 – пристрій ущільнення барабана щодо завантажувальної та розвантажувальної камери, 4 – опорна станція; 5 – приводна станція; 6 – вогнетривна станція; 7 – розвантажувальний короб

Рисунок 3.7 – Барабанна піч

Барабан розрахований на роботу при температурі до 400 °С. Частота обертання печі 0,66 – 2 хв-1. Печі забезпечені електроприводом потужністю 45 кВт.

У кваліфікаційному проекті пропонується використовувати уловлений пил в якості добавки в шихту на агломераційній фабриці.

3.2.2 Підбір апаратів схеми утилізації вловленого пилу відхідних газів мартенівських двованних печей

Запропонована технологія утилізація пилу з використанням огрудкування пилу, дозволяє безвідходно використовувати пил мартенівського виробництва в якості добавки в шихту на агломераційній фабриці.

За формулою визначаємо масу накопиченого пилу в бункері, т/доб.:

$$M_{\text{доб.}} = G_{\text{сух}} \times 24, \quad (3.54)$$

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

$$M_{\text{доб.}} = 2,873 \cdot 24 = 68,952 \text{ т/доб.}$$

За формулою знаходимо об'єм бункера накопичувача пилу, м³:

$$V_{\text{пилу}} = \frac{M_{\text{доб.}}}{\gamma_{\text{нас}}}, \quad (3.55)$$

де $\gamma_{\text{нас.}}$ – насипна щільність пилу, приймаємо 1500 т/м^3 .

$$V_{\text{пилу}} = \frac{68952}{1500} = 45,968 \text{ м}^3 \sim 46 \text{ м}^3$$

Приймаємо два бункера об'ємом $V_{\text{б.}} = 23 \text{ м}^3$.

За формулою (3.56) знаходимо об'єм баків з водою, м^3 :

$$V_{\text{б.в.}} = M_{\text{доб.}} \times V'_{\text{води}}, \quad (3.56)$$

де $V'_{\text{води}}$ – об'ємна щільність води, приймаємо $0,12 \text{ м}^3$;

$$V_{\text{б.}} = 68,95 \times 0,12 = 8,3 \sim 10 \text{ м}^3.$$

За формулою (3.57) знаходимо необхідну кількість сполучника, т/доб. :

$$V_{\text{вапна}} = M_{\text{доб.}} \times V'_{\text{вапна}}, \quad (3.57)$$

де $V'_{\text{вапна}}$ – щільність вапна, приймаємо $0,12 \text{ м}^3$;

$$V_{\text{вапна}} = 68,95 \times 0,12 = 8,3 \text{ т/доб.};$$

За формулою (3.58) знаходимо об'єм баків зі сполучником, м^3 :

$$V_{\text{б.}} = \frac{V_{\text{вапна}}}{\gamma_{\text{щіль.}}}, \quad (3.58)$$

де $\gamma_{\text{нас.}}$ – насипна щільність вапна, приймаємо 1900 т .

$$V_{\text{вапна}} = \frac{8300}{1900} = 4,4 \sim 5 \text{ м}^3$$

За формулою (3.59) знаходимо об'єм бункера накопичувача окатишів, м^3 :

$$V_{\text{бун.}} = \frac{P}{\gamma_{\text{нас.}}}, \quad (3.59)$$

де P – продуктивність чашового огрудкувача, приймаємо 8 т/год ;

$\gamma_{\text{нас.}}$ – насипна щільність окатишів, приймаємо 1200 т .

$$V_{\text{бун.}} = \frac{8000}{1200} = 7 \text{ м}^3.$$

За формулою (3.60) знаходимо об'єм бункера для змішування реагенту, м^3 :

$$V_{\text{бун.р.}} = \frac{M_{\text{р.}}}{\gamma_{\text{нас.}}}; \quad (3.60)$$

де $M_{\text{р.}}$ – маса вапняного молока, приймаємо 5760 т/доб. ;

$\gamma_{\text{щіль.}}$ – щільність вапняного молока, приймаємо 2221 т .

$$V_{\text{бун.}} = \frac{5760}{2221} = 2,593 \text{ м}^3.$$

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Аналіз потенційно шкідливих чинників виробничого середовища

Мартенівський цех нерозривно пов'язаний з високими температурами, тиском, з утворенням великих кількостей вибухонебезпечних газів і насиченістю механічним і електричним устаткуванням.

Технологічні операції виконуються в несприятливих кліматичних умовах: висока температура, теплове випромінювання, запиленість, загазованість.

Мартенівська піч є основним джерелом забруднення атмосфери цеху газовими виділеннями. Виділення газу спостерігається при порушенні газодинамічних параметрів процесу і пов'язаному з цим вибиванням великих язиків полум'я з-під заслінок вікон, при перекиданні клапанів, відкритті вікон печі, а також при випуску і розкислюванні сталі в ковші.

З газів, що поступають в робочу зону мартенівського цеху, найбільшу небезпеку представляє оксид вуглецю (CO). Оксид вуглецю (чадний газ) є продуктом неповного згоряння органічного палива. Потрапляючи в організм людини, може настати кисневе голодування [27].

Сірчистий ангідрид (SO₂) – газ дратівливої дії є продуктом згоряння сірки, що міститься в сировині.

Оксиди азоту утворюються в зоні високих температур при окисленні азоту повітря. Потрапляючи в організм, оксиди азоту викликають роздратування і опік слизистих оболонок.

Оксиди марганцю і хрому є соматичними отрутами, що викликають органічне ураження внутрішніх органів, – печінки, нирок і т.д., утворюються в процесі мартенівської плавки і у вигляді аерозолі потрапляють в повітря робочої зони.

Джерелами виділення пилу і газів є поверхні рідкого металу і шлаку, процеси перевантаження і транспортування матеріалів, що порошать. Висока температура в робочому просторі призводить до випару металу і шлаку з подальшою конденсацією і утворенням пилу дрібних фракцій. Заправка поду, укосів, підсипання порогів, заливка чавуну в піч, зрізання козлів сталерозливних ковшів і ряд інших операцій також супроводжується виділенням пилу. Джерелом попадання пилу в робочу зону є також не герметичність устаткування при проведенні операцій по заваленню шихти.

Проникаючи в організм при диханні, при заковтуванні і через пори шкіри, пил може викликати різні професійні захворювання – пневмоконіози, фібрози, хронічні бронхіти, а також шкірні захворювання.

Джерелами теплового випромінювання в мартенівському цеху є факел полум'я, нагріта до високої температури вогнетривка футерівка внутрішнього простору печі і поверхня розплавленого металу і шлаку, дія яких виявляється при відкритих вікнах печі. Крім того, джерелами випромінювань є чавун, що заливається в піч, рідкий шлак, розплавлений метал при випуску і розливанні сталі.

Інфрачервоне випромінювання впливає на функціональний стан людини, його центральну нервову систему. Наголошується різке почастішання серцебиття, підвищення максимального і пониження мінімального артеріального тиску, підвищення температури тіла, посилення потовиділення. При тривалій дії високих температур відбувається порушення водно-сольового балансу, яке може привести до теплового удару.

Шум в мартенівському цеху має різне походження. У робочому просторі печі виникає аеродинамічний і термічний шум, при роботі машин і механізмів – механічний. Надмірний шум заважає правильній організації і проведенню виробничих процесів і негативно позначається на продуктивності праці. Шум негативно діє на серцево-судинну і центральну нервову систему.

Для робочого місця сталевара пічного прольоту дана гігієнічна характеристика трудового процесу і оцінка чинників виробничого середовища (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Оцінка чинників виробничого і трудового процесу на робочому місці сталевара мартенівської печі

Чинники виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	III клас: шкідливі і небезпечні умови, характер праці			Час дії чинника за зміну %
			I міра	II міра	III міра	
1. Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³						
I клас безпеки:						
- Ангідрид хромовий;	0,01	0,059	-	-	5,9	94
- Оксиди нікелю	0,05	0,015	-	-	-	
II клас безпеки:						
- Оксиди марганцю	0,3	0,27	-	-	-	94
III клас безпеки:						
- Сірчистий ангідрид;	10	28,5	2,85	-	-	94
- Оксиди азоту;	5	35,5	-	-	7,1	
- Вуглецю оксид	20	42	2,1	-	-	
2. Пил, переважно фіброгенної дії мг/м ³	4	143	-	-	35,8	100
3. Вібрація, дБ	92	98	-	6	-	94
4. Шум, дБА	80	96	-	-	16	94
5. Мікроклімат в приміщенні (теплий період):						
- Температура повітря, °С	18-21	41	-	-	20	94
- Швидкість руху повітря, м/с	0,5	0,47	-	-	-	
- Відносна вологість повітря,	40-60	40	-	-	-	
6. Інфрачервоне випромінювання, Вт/м ²	140	5220	-	-	5220	57
7. Тяжкість і напруженість праці	Категорія тяжкості – важка (III), праця дуже напружена					

Гігієнічна оцінка умов праці на робочому місці сталевара мартенівської печі: умови і характер праці відносяться до III класу 3 ступеню. Оцінка

технічного і організаційного рівня: відповідає технологічному регламенту і проекту організації праці на робочому місці.

Атестація робочого місця: робоче місце має в наявності 2 чинника I ступеню, 1 чинник II ступеню і 6 чинників III ступеню. За показниками робоче місце слід вважати з особливо шкідливими і особливо важкими умовами праці, що відповідає показникам Списку №1 п.1.

4.2 Розробка заходів захисту від впливу небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища мартенівського цеху

Підвищена теплова дія на організм людини призводить до перенапруження його терморегуляторних функцій і може спричинити 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, який утримує в крові воду. Вимивання сполучень хлору з організму призводить до пониження кислотності шлункового соку і виникнення шлунково-кишкових захворювань.

Ефективним засобом в боротьбі з теплонадлишками у цеху є аерація. Аерація забезпечує значний повітрообмін в будівлях при малих експлуатаційних витратах [28].

Пил, який шкідливо впливає на організм людини, подразнюючи шкіру, очі, ясна, вуха, а також проникаючи в легені, може викликати специфічні професійні захворювання, такі як силікоз, силікатоз, антракоз та ін.

Для боротьби з надмірним теплом й пилом в умовах мартенівського виробництва слід застосовувати аспірацію устаткування, відсмоктування і фільтрацію запиленого повітря перед викидом його в атмосферу.

Тривала дія шуму може призвести до зниження слуху, а інколи до глухоти.

Шум негативно діє на серцево-судинну і центральну нервову систему.

Для захисту працюючих від шуму звукоізолюємо вбудовані

приміщення – пости управління, кімнати відпочинку і т.п. Для зниження шуму агрегатів (електродвигунів, насосів) використовуємо звукоізолюючий кожух, який виготовляється з листів сталі завтовшки 2-3 мм, в яких укладають або весь агрегат, або його шумлячі вузли, а внутрішні поверхні облицьовуємо звукопоглинальними матеріалами. Ослаблення шуму повітро(газо)- проводів досягаємо застосуванням глушників. Засобом індивідуального захисту від шуму є вкладиші протигаласливі «Беруши» [29].

Для захисту від теплових випромінювань і створення необхідних умов праці застосовують: теплову ізоляцію поверхонь, випромінюючих тепло; прискорене проведення операцій, пов'язаних з відкриттям вікон, заливкою чавуну, викачуванням шлаку, випуском і розливанням сталі; екранування робочих місць; природну (аерацію) і механічну вентиляцію [27].

Як засоби індивідуального захисту сталевар в мартенівському цеху повинен використовувати спецодяг з незаймистого, стійкого проти променистої енергії, легкого і повітропроникного матеріалу (сукно, брезент, хімічно оброблене волокно з металевим покриттям тканин). Для захисту очей необхідно використовувати стекла-світофільтри у вигляді окулярів, щитків. Вони виконуються із спеціального жовто-зеленого або синього скла. Передбачається спеціальне шкіряне взуття [30].

Для ослаблення дії теплових випромінювань на організм людини в мартенівському цеху встановлений раціональний питний режим постачання робочих підсоленою газованою водою, білково-вітамінним напоєм і т. п.

4.3 Заходи з електробезпеки

Приміщення пічного і розливного прольотів мартенівського цеху і міксерного відділення мають наступні ознаки підвищеної небезпеки: струмопровідні металеві підлоги; висока температура повітря. Наявність приведених двох чинників підвищеної небезпеки дозволяє віднести дані

приміщення до особливо небезпечних відносно поразки електричним струмом.

Приміщення механічних майстерень можна охарактеризувати як приміщення з підвищеною безпекою, оскільки тут є струмопровідні підлоги. Приміщення пультів управління відносяться до приміщень без підвищеної безпеки.

Оскільки в цеху працюють мартенівські печі, що використовують природний газ або мазут як паливо, застосовується відкритий вогонь, розжарені і розплавлені речовини, то основні виробничі приміщення цеху не відносяться до вибухонебезпечних і пожежонебезпечним зонам. До зони класу П-Па відносяться кабельні тунелі, галереї, пости управління (зони, розташовані в приміщеннях, в яких є тверді горючі речовини).

В основних виробничих приміщеннях все електроустаткування має бути закритого або такого, що обдувається (закриті апарати, забезпечені вентиляційним пристроєм для обдування їх зовнішньої частини) виконання з мінімально допустимим ступенем захисту оболонок IP 44 для стаціонарних машин і IP 54 для пересувних механізмів. В зонах класу П-Па (пости управління, кабельні тунелі і галереї) допускається застосування електроустаткування закритого і захищеного виконання [31].

У пожежонебезпечних зонах допускається відкрита електропроводка по конструкціях, що не згорають, ізольованими проводами марки АППР, АПВ, АППВ, проводка в сталевих трубах дротом марки ПРТО, АПРТО пустотних каналах будівельних конструкцій, що не згорають, проводами АПВ і ПВ. Застосування неізольованих проводів заборонене.

У цеху застосовуються електродвигуни змінного струму трифазні асинхронні серії АОЗ, трифазні асинхронні короткозамкнуті серії 4А в закритому виконанні, що обдувається, трифазні асинхронні короткозамкнуті вибухозахищені серії ВАО. Останні працюють на напрузі 6 кВ.

Для живлення виробничого устаткування напругою 380/220В в мартенівському цеху застосовують чотиридротяну мережу трифазного

струму з глухозаземленою нейтраллю.

Як захисні заходи від поразки електричним струмом в мартенівському цеху застосовуються [32]:

- електрична ізоляція струмопровідних частин – гумова, поліхлорвінілова, нейритова, паперова, просочена мастилоканіфоллю;
- знижена напруга для ручного електроінструменту і переносних світильників – 42В в приміщеннях без підвищеної небезпеки і 12В в приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо небезпечних і в зовнішніх зонах, з використанням знижувальних трансформаторів із зануленою вторинною обмоткою;
- подвійна електроізоляція ручного електроінструменту – струмопровідних частин усередині корпусу і самого корпусу;
- занулення електроустановок;
- захисне відключення – як додаткова міра захисту до занулення;
- недоступне розташування неізованих струмопровідних частин;
- засоби індивідуального захисту – діелектричні рукавички, діелектричні боти, галоші, килимки, інструменти з ізованими рукоятками, що ізовують штанги і кліщі, покажчики напруги.

4.4 Заходи з пожежної та техногенної безпеки

Природний газ, який використовується в мартенівському виробництві, легко займистий, що може викликати його спалах і вибухи. Вибухи відбуваються при змішуванні газу з повітрям при певних співвідношеннях. У всіх випадках вони є наслідком неправильних дій персоналу або несправності устаткування. Вибухи можуть відбуватися в мартенівській печі, трубопроводах, пиловловлювачах. Окрім вибухів, можливі випадки раптового займання газу, що призводить до опіків. Займання газу відбуваються при зупинці печі, при заміні фурм і шлакових приладів, при підготовці сталевोї і шлакової льоток до випуску.

Окрім газових вибухів, в мартенівському цеху можливі вибухи, викликані рідкими продуктами плавки (сталлю і шлаком). Ці вибухи відбуваються при взаємодії вологи з розплавленим металом і шлаком. Вони супроводжуються сильним звуком, розбризкуванням великої кількості бризок і іскор.

Таким чином, пожежна небезпека мартенівського виробництва характеризується наявністю горючих газів (природний, кисень), горючих рідин (рідкого металу і шлаку), а також присутністю горючого пилу через негерметичність виробничого устаткування.

Будівля мартенівського цеху (пічний проліт) по вибуховій і пожежній небезпеці можна віднести до приміщення категорії Г [33]. Приміщення цієї категорії характеризуються наявністю негорючих речовин і матеріалів в гарячому, розжареному або розплавленому стані, процес обробки яких супроводиться випромінюванням тепла, іскр і полум'я, і твердих, рідких і газоподібних речовин, які спалюються або утилізувалися як паливо.

Будівля мартенівського цеху відноситься до III ступеню – будівлі, в яких основні несучі конструкції не згорають – важкоспалимі (межа вогнестійкості 0,25...2 год).

До пожежонебезпечної зони П-І можна віднести склад паливно-мастильних матеріалів мартенівського цеху, оскільки в ньому є горючі рідини з температурою займання більше 61 °С. Клас зони мартенівського цеху (пічний прольот) В-Іа (оскільки утворюються вибухонебезпечні суміші горючих газів з повітрям унаслідок аварії, пошкодження або несправності), рівень вибухозахисту електричних машин, електроприладів і апаратів – підвищеної надійності проти вибуху [33].

Для попередження вибухів в мартенівському цеху, пов'язаних з рідкими продуктами плавки, необхідно у всіх випадках уникати взаємодії розплавленого металу і шлаку з вологою, забезпечувати хороше просушування жолобів, ковшів, підтримувати сухими робочі місця, майданчики, устаткування і інструмент. Не можна кидати в жолоби з

розплавленим металом скрап, заправні матеріали, сміття і інші холодні і вологі предмети [33].

В мартенівському цеху передбачена установка пожежної сигналізації, яка призначена для автоматичного виявлення і видачі сигналів про пожежу, включення апаратури аварійної сигналізації, формування управлінських сигналів для системи сповіщення про пожежу, відключення вентиляції технологічних блокувань.

На ділянці пічного прольоту застосовується устатковина порошкового пожежогасіння, оскільки дані установки застосовуються для гасіння розплавлених металів, карбїду кальцію, екзотермічних сумішей і інших речовин, гасіння яких неможливе звичайними вогнегасними засобами. Застосовуються порошкові суміші марок ПС і ПСБ. Основним компонентом порошоків марки ПС є кальцинована сода, а порошоків ПСБ – бікарбонат натрію.

Для гасіння пожеж застосовують хімічні пінні вогнегасники ВХП-10 і вуглекислотні вогнегасники ВВ-2, ВВ-5 і ВВ-8, а також пересувні ВВ-25 і ВВ-80.

При виникненні пожежі одночасно з гасінням організовується евакуація матеріальних цінностей та працівників, для чого використовується обслуговуючий персонал підприємства. У виробничих будівлях передбачаємо евакуаційні виходи, призначені для забезпечення безпечної евакуації людей, що перебувають в будівлі, у разі виникнення пожежі або аварії. Допустима тривалість евакуації залежить від часу досягнення критичних для людини умов: критичної температури (60°C), зменшення концентрації кисню, втрати видимості із-за задимлення. Довжина шляхів евакуації (відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу) в електропічному корпусі (категорія В, П-Іа) не перевищує 100 м, що відповідає вимогам пожежної безпеки [33].

Двері відчиняються у напрямі виходу із приміщень і будівель. Сходові марші обладнуємо пристроями, призначеними для видалення диму, зниження

температури і концентрації продуктів горіння в зоні пожежі і суміжних із ним приміщеннях з метою забезпечення необхідних умов для евакуації працівників і роботи пожежних підрозділів. Цими пристроями є вікна і шахти димовидалення.

Пропозиції по організації гасінню пожежі при виникненні надзвичайної ситуації:

- провести розвідку та оцінити обстановку на пожежі;
- встановити наявність людей, яким загрожує небезпека, встановити напрямки та способи евакуації;
- прийняти міри до відключення електромережі;
- при виклику підрозділів пожежної охорони організувати їх зустріч, вказати місце пожежі, пояснити особливості планування будівлі, вказати місце розміщення пожежних гідрантів та пожежних водоймищ;
- допомогти працівникам пожежної охорони в діях по евакуації та захисту матеріальних цінностей.

4.5 Інженерна розробка заходів від надлишкової теплоти

Проектом пропонується встановлення аспірації „козлорізки” мартенівського цеху за допомогою витяжного зонту, так як ця ділянка є джерелом надмірного виділення надлишкового тепла, а також пилу.

Розрахуємо витяжний зонт, який встановлено над сталерозливним ковшем з металом, якщо при різанні козлів він знаходиться в горизонтальному положенні. Діаметр ковшу 4,0 м, тобто перетин джерела випроміненої частини має площу $F = 12,56 \text{ м}^2$. Температура ковшу близько 1000°C , а в робочій зоні повинна бути $t_{p3} = 27^\circ\text{C}$.

Приймаємо висоту встановлення зонту над краєм поверхні ковшу $h = 0,5 \text{ м}$, тоді з [34] знаходимо параметр $\alpha = 0,1$, який є відношенням:

$$\alpha = \frac{t^u - t_{p.3.}}{t_{II} - t_{p.3.}}, \quad (4.1)$$

де t^u – температура в центрі повітряного потоку, що йде під зонт, $^\circ\text{C}$;

$t_{\text{п}}$ – температура тепло- й пиловиділяючої поверхні, °С.

$$t^{\text{п}} = t_{\text{р.з.}} + \alpha(t_{\text{п}} - t_{\text{р.з.}}) \quad (4.2)$$

$$t^{\text{п}} = 27 + 0,1(1000 - 27) = 124,3 \text{ °С.}$$

Середня температура повітряного потоку біля входу в зонт:

$$t^{\text{сп}} = 0,39(t^{\text{п}} - t_{\text{р.з.}}) + t_{\text{р.з.}}; \quad (4.3)$$

$$t^{\text{сп}} = 0,39(124,3 - 27) + 27 = 65 \text{ °С.}$$

Визначаємо осьову швидкість потоку, м/с, по формулі:

$$V^{\text{п}} = 0,000555(t_{\text{п}} - t_{\text{р.з.}}) + 0,3. \quad (4.4)$$

$$V^{\text{п}} = 0,00055(1000 - 27) + 0,3 = 0,84 \text{ м/с.}$$

Середня швидкість потоку в плоскості зонту:

$$V^{\text{сп}} = V^{\text{п}} \cdot 0,39 = 0,84 \cdot 0,39 = 0,33 \text{ м/с.} \quad (4.5)$$

Приймаємо середню швидкість потоку в плоскості зонту згідно експлуатаційним характеристикам аспіраційного устаткування – 0,5м/с.

Визначаємо кількість конвекційного тепла Q_k , що виділяється з поверхні ковшу, Ккал/год:

$$Q_k = \alpha F(t_{\text{п}} - t_{\text{р.з.}}) \quad (4.6)$$

де α - коефіцієнт конвекції, ккал/м²год. град.

F – площа перетину джерела тепловипромінювання, тобто ковшу з металом.

Коефіцієнт конвекції α визначається з виразу:

$$\alpha = 2,8^4 \sqrt{t_{\text{п}} - t_{\text{р.з.}}}; \quad (4.7)$$

$$\alpha = 2,8^4 \sqrt{1000 - 27} = 15,64 \text{ ккал/м}^2\text{год. град.}$$

$$Q_k = 15,64 \cdot 12,56(1000 - 27) = 191 \text{ 135 ккал/год.}$$

Кількість повітря, що підтікає під зонт визначається по виразу:

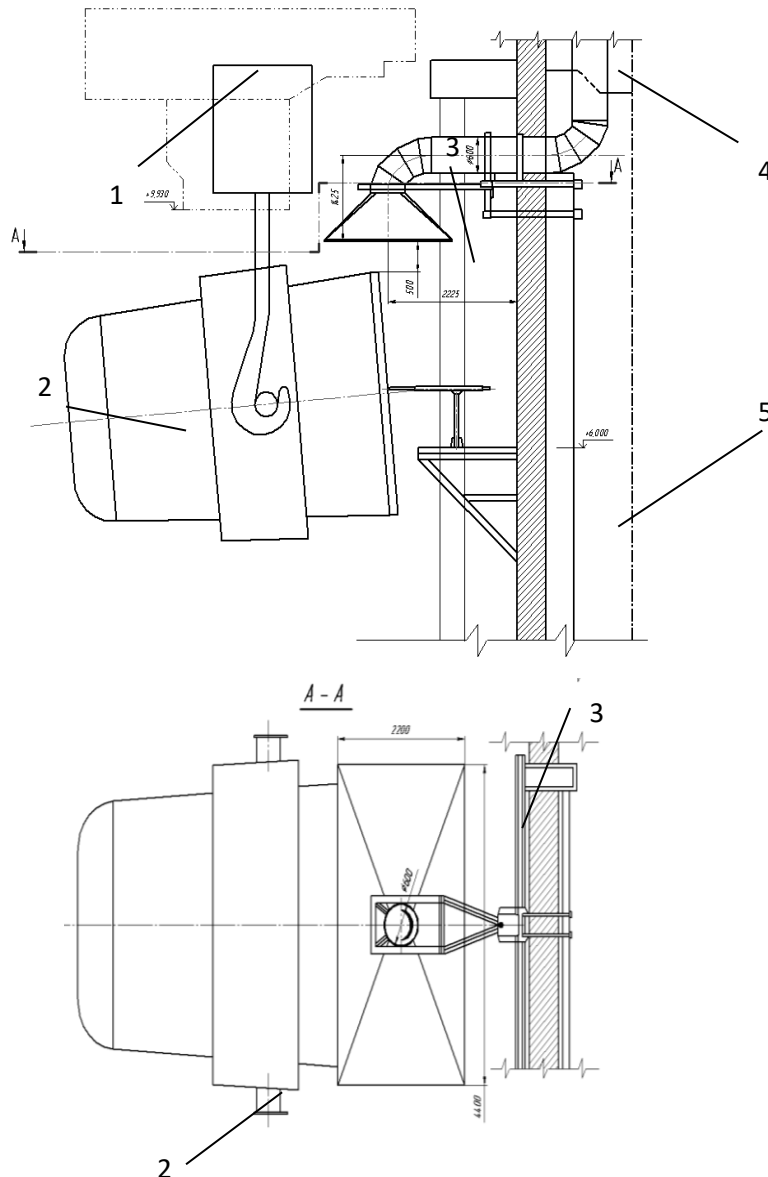
$$L = \frac{Q_k (t^{\text{сп}} + 273)}{39,7(t^{\text{п}} - t_{\text{р.з.}})} \quad (4.8)$$

$$L = \frac{191135(65 + 273)}{39,7(124,3 - 27)} = 16725 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Площа перетину потоку:

$$F = \frac{L}{3600 \cdot V^{cp}} = \frac{16725}{3600 \cdot 0,5} = 9,3 \text{ м}^2. \quad (4.9)$$

Отже приймаємо зонт прямокутного поперечного перетину розмірами 2,2×4,4 м. Розміщення зонту над сталерозливним ковшем показано на рисунку 4.1. Відбір газів, утворених при різанні «козлів» сталерозливних ковшів, об'ємом 16725 м³/год здійснюється за допомогою вентилятора ВДН-12,5-1 [8].



1 – траверза розливного крана; 2 – сталерозливний ківш; 3 – витяжний зонт;
4 – газопровід вловленого газу для направлення його на очищення в рукавний фільтр; 5 – робочий майданчик

Рисунок 4.1 – Зонт над сталерозливним ковшем з металом

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЕКТУ

5.1 Розрахунок виробничої потужності та виробничої програми газоочисної системи мартенівського цеха

Мартенівський цех характеризується безперервністю виробництва і великою кількістю шихтових матеріалів, що обумовлює великі вантажопотоки сировини і продуктів плавки. Тому організація трудових процесів в такому великому цеху має первинне значення.

Організація виробництва в цехах означає [35]:

- відповідно до прийнятої технології визначити склад, виробничу потужність, спеціалізацію ділянок;
- визначити кількість і склад устаткування, пропускну спроможність ділянок;
- забезпечити ув'язку виробництва основних і допоміжних процесів в часі;
- забезпечити професійно-кваліфікаційний склад працівників з урахуванням розділення і кооперації праці;
- визначити потребу цеху в матеріалах, різних видах енергії, паливі, змінному устаткуванні.

Важливу роль в організації усіх робіт при обслуговуванні газоочисного устаткування грає чітке виконання своїх обов'язків майстром, оператором газоочисної установки (ГОУ) і іншими членами ділянки очищення газу.

У цьому дипломному проекті наводиться економічне порівняння двох варіантів очищення газів, що утворюються при виплавці сталі в мартенівській двованній печі.

Базовим варіантом є одноступенева схема очищення, що складається з 10 – ти труб Вентурі типу ГВПВ - 0,060 з горловиною розміром 250 мм, двох краплевловлювачі відцентрового типу (КЦТ-2400) діаметром 2400 мм, призначених для вловлювання крапельної вологи і пилу. В якості побудника тяги використовують димотяг марки ВМ 100/100У в кількості 2-х штук. Вони служать для відсмоктування технологічних газів від печі і подачі їх на

газоочистку. Димотяги встановлені після труб Вентурі і краплевловлювачів. Обсяг газу, що надходить на очищення, становить 200 тис. м³/год, початкова запиленість газів становить 15 г/м³, кінцева запиленість становить 0,12 г/м³.

Недоліком цієї схеми очищення є:

- наявність шламового господарства;
- значні витрати енергії при високих мірах очищення;
- утворення відкладень в устаткуванні і газовідводах при краплинному віднесенні вологи з пиловловлювача;
- шкідливий вплив краплинної вологи, що міститься в газах, на стінки димарів.

У проектному варіанті пропонується заміна мокрої газоочистки на суху. Дана схема містить: порожнистий скруббер, рукавний фільтр типу ФРІР – 5700 і димотяг марки ВДН-25×2. Кінцева запиленість газу після такої схеми очищення становить 0,02 г/м³. Запропонована схема має ряд переваг:

- отримання пилу в готовому виді для повернення у виробництво;
- відсутність шламового господарства.

Виробничі процеси ділянки газоочистки тісно пов'язані з виробничими процесами виплавки сталі. Робота ділянки газоочистки протікає по безперервному графіку.

Газоочисні установки повинні підлягати періодичним оглядам, поточним, планово-попереджувальним і капітальним ремонтам. Відповідно графіку поточних оглядів і капітальних ремонтів основного устаткування складається графік проведення оглядів і ремонтів обладнання газоочисної установки, з якого розраховується кількість днів і годин простою обладнання на огляди і для заміни поламаних деталей. Потім розраховується робота обладнання з урахуванням простоїв.

Капітальний ремонт передбачає заміну частини обладнання або його відновлення, планово-попереджувальний ремонт проводиться один раз на місяць по 12 годин без зупинки обладнання. Час простою ($T_{пр}$) на капітальний та поточний ремонт в проектному варіанті буде скорочений на 5

днів у порівнянні з базовим варіантом, так як мокра газоочистка вимагає більшого часу на ремонт, а саме: 20 днів на рік.

Коефіцієнт використання газоочисної установки в часі визначаємо відношенням фактичного часу до календарного [36]:

$$K_{\phi} = \frac{T_{\text{еф}}}{T_{\text{к}}}, \quad (5.1)$$

де $T_{\text{к}}$ – календарний час роботи установки, год;

$T_{\text{еф}}$ – ефективний час роботи установки, год.

Фактичний час роботи газоочисної установки, год:

$$T_{\phi} = (T_{\text{к}} - T_{\text{пр}}) \times 24 \quad (5.2)$$

Результати розрахунку балансу часу роботи газоочисної установки по базовому і проектному варіантам зведені в таблицю 5.1.

З таблиці видно, що в проектному варіанті коефіцієнт використання газоочисної установки в часі на 0,015 вище, ніж у базовому варіанті завдяки зменшенню простоїв на капітальний і поточний ремонті основного устаткування, значить проектний варіант більш ефективний.

Виробництво на ділянці очищення газів планується виходячи з технічної норми продуктивності очисної установки в одиницю часу річного фонду фактичного часу роботи установки.

Річна виробнича потужність газоочисної установки, м^3 :

$$\Pi = N \cdot T_{\text{еф}}, \quad (5.3)$$

де N – технічна норма продуктивності газоочисної установки в одиницю часу, $\text{м}^3/\text{год}$; $N = 200000 \text{ м}^3/\text{год}$;

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

Базовий варіант:

$$\Pi_{\text{б}} = 200000 \cdot 8280 = 1656 \cdot 10^6 \text{ м}^3,$$

Проектний варіант:

$$\Pi_{\text{п}} = 200000 \cdot 8400 = 1680 \cdot 10^6 \text{ м}^3.$$

Таблиця 5.1 – Баланс часу роботи газоочисної установки

Показники	Од. вим.	Варіант	
		Базовий	Проектний
1.Режим роботи	–	Безперервний	Безперервний
2. Календарний час роботи, T_k	Дні години	365 $365 \cdot 24 = 8760$	365 $365 \cdot 24 = 8760$
3. Простої на капітальний і поточний ремонти, $T_{рем}$	Дні години	20 $20 \cdot 24 = 480$	15 $15 \cdot 24 = 360$
4.Ефективний час роботи, $T_{эф}$	Дні години	$365 - 20 = 345$ $8760 - 480 = 8280$	$365 - 15 = 350$ $8760 - 360 = 8400$
5. Коефіцієнт використання установки, K_v	—	$\frac{345}{365} = 0,945$	$\frac{350}{365} = 0,96$

Виробнича потужність газоочисної установки по базовому і проектному варіантах не повинна відрізнятись більше ніж на 10 %:

$$\Delta = \frac{P_n - P_{б.}}{P_n} \times 100\% = \frac{1680 \cdot 10^6 - 1656 \cdot 10^6}{1680 \cdot 10^6} \times 100 = 1,43\% \leq 10\%. \quad (5.4)$$

Кількість уловленого пилу з очищеного газу у базовому і проектному варіанті визначається по формулі (5.5):

$$K_{II} = \frac{(Z_1 - Z_2) \cdot \Pi}{10^6}, \quad (5.5)$$

де Z_1 – запиленість газу до очищення, $г/м^3$; $Z_1 = 15 г/м^3$;

Z_2 – запиленість газу після очищення, $г/м^3$.

Оскільки у базовому варіанті застосовується мокре газоочищення, то кількість шламу утвореного у базовому варіанті очищення складе:

$$K_{шлам}^б = \frac{(15 - 0,12) \cdot 1656 \cdot 10^6}{10^6} = 24641,3 \text{ т/рік.}$$

У проектному варіанті очищення відхідних газів мартенівської печі проводиться сухим способом. Тоді кількість уловленого пилу в сухому вигляді для проектного варіанту складе:

$$K^n_{п.свх} = \frac{(15 - 0,02) \cdot 1680 \cdot 10^6}{10^6} = 25166,4 \text{ т/рік.}$$

Приймаючи втрати уловленого продукту при утилізації 10%, кількість продукту, що утилізоване, складе, т/рік:

$$K_{ут} = 0,9 \cdot K_{п.}, \quad (5.6)$$

У базовому варіанті утилізація пилу не робиться, тому розрахунок здійснимий тільки для проектного варіанту:

$$K^n_{ут} = 0,9 \cdot 25166,4 = 22649,8 \text{ т.}$$

Визначимо витрату води на газоочищення для базового варіанту по формулі (5.7):

$$Q_6 = Q_Г \cdot m \cdot T_{ЕФ}, \quad (5.7)$$

де $Q_Г$ – витрата газу за робочих умов, м³/год; $Q_Г = 393846$ м³/г;

m – питоме зрошування, м³/м³; $m = 1 \cdot 10^{-3}$ м³/м³ – для скрубера Вентурі.

$$Q_6 = 393846 \cdot 0,001 \cdot 8280 = 3261045 \text{ м}^3/\text{рік} = 3261,1 \text{ тис. м}^3/\text{рік.}$$

Результати розрахунків зведені в таблицю 5.2. З таблиці видно, що використання проектного варіанту для очищення газів, що відходять від мартенівської печі дозволяє додатково вловити пил в кількості 25166,4 т/рік, а також перевагою проектного варіанту очищення газів є утилізація 22649,8 т уловленого продукту. Також перевагою проектного варіанту є те, що застосовується суха система очищення не вимагає витрат пов'язаних з використанням води для газоочистки.

5.2 Структура управління і організація в цеху

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

Начальник зміни є оперативним керівником роботи мартенівського цеху в кожній зміні. Йому безпосередньо підпорядковується майстер ГОУ. Організаційна структура управління цехом представлена на рис. 5.1 [26].

Таблиця 5.2 – Виробнича програма

Показники	Од. виміру	Варіант	
		Базовий	Проектний
Річна продуктивність газоочисної установки, П	м ³	1656 · 10 ⁶	1680 · 10 ⁶
Технічна норма продуктивності основного агрегату очищення, N	тис. м ³ /рік	200,0	200,0
Вміст пилу в газі: - до очищення - після очищення	г/м ³	15 0,12	15 0,02
Кількість уловленого продукту: - у сухому вигляді - у вигляді шламу	Т	- 24641,3	25166,4 -
Кількість утилізованого продукту: - у сухому вигляді - у вигляді шламу	Т	- -	22649,8 =
Витрата води	тис. м ³ /рік	3261,1	=

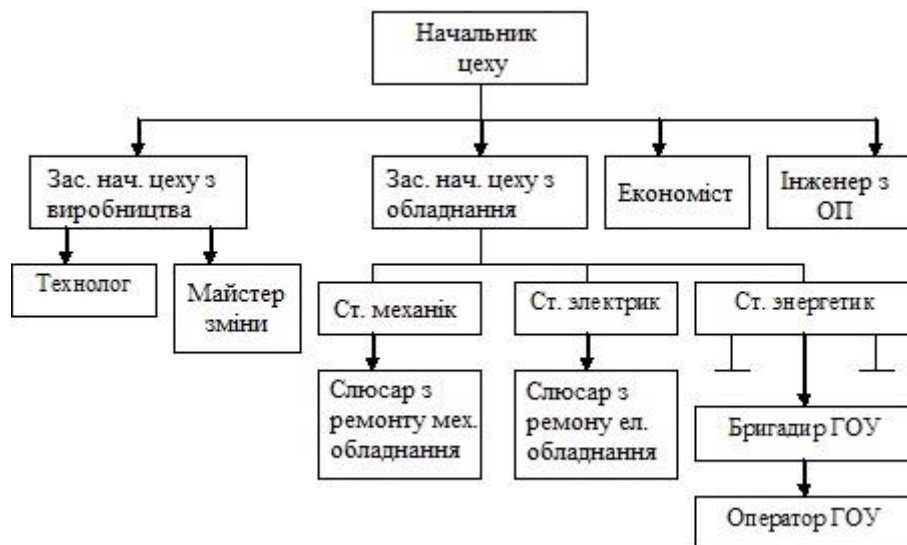


Рисунок 5.1 – Структура управління у мартенівському цеху

Майстер газоочисної установки є адміністративно-технічним керівником робітників-технологів своєї ділянки, він стежить за забезпеченням безперебійної роботи пилогазовловлюючих установок цеху, 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.

5.3 Організація праці та розрахунок кількості працівників цеху

Організацію праці на робочому місці визначають наступні чинники: поділ і кооперація праці; вдосконалення організації та обслуговування робочих місць; раціоналізація прийомів та методів праці; створення сприятливих умов праці, підвищення кваліфікації кадрів; удосконалення нормування і стимулювання праці; виховання свідомого творчого ставлення до праці.

Організація обслуговування робочого місця (РМ) пов'язана з встановленням системи взаємодії якого-небудь робочого місця і працівника з іншими працівниками та робітниками, покликаними забезпечувати його безперебійну та якісну роботу.

Раціональна організація обслуговування РМ робить істотний вплив на підвищення продуктивності праці, не вимагаючи від підприємства значних матеріальних витрат.

Загальні вимоги до організації обслуговування РМ для забезпечення безперебійної роботи протягом зміни в мартенівському цеху зводяться до наступного: своєчасному доведенню до кожного працівника виробничого

завдання; безперебійного постачання робочих місць документацією (кресленнями, нарядами, картами і т.д.), а також предметами праці (матеріалами, заготовками і т.д.); забезпечення постійної справності обладнання, постачання його необхідною енергією (теплової, електричної і т.д.); організації систематичного контролю за якістю виконаних робіт, своєчасної приймання оброблених виробів і транспортуванні їх з робочих місць; постійному підтриманню на РМ здорових і безпечних умов праці, а також суворого порядку і чистоти.

Розрахуємо баланс планового часу одного робітника на рік при безперервному графіку роботи в три зміни для чотирьох бригад.

Коефіцієнт облікового враховує резерв робітників, необхідних для заміни людей, що знаходяться у відпустці, хворіють, відсутніх з інших причин і визначається за формулою:

$$K_{сп} = \frac{T_{НОМ}^Г}{T_{эф}^Г}, \quad (5.8)$$

де $T_{НОМ}^Г$ – номінальний фонд робочого часу, г.;

$T_{эф}^Г$ – ефективний (корисний) фонд робочого часу, г.

Номінальний фонд робочого часу визначається відніманням з календарного часу числа вихідних днів згідно графіку змінності:

$$T_{НОМ} = (T_k - T_{вих}). \quad (5.9)$$

Визначаємо кількість вихідних днів:

$$T_{вих} = \frac{T_k \times n_{нід.}}{(n_p + n_{нід.})} = \frac{T_k \times n_{нід.}}{(n_{бр})}, \quad (5.10)$$

де $n_{нід}$ – кількість підмінних змін на добу;

$n_{бр}$ – кількість бригад.

$$n_{нід} = (n_{бр} - n_p) = 4 - 2 = 2. \quad (5.11)$$

$$T_{вих} = \frac{365 \cdot 2}{4} = 182,5 \text{ днів.}$$

Тоді:

$$T_{НОМ} = 365 - 182,5 = 182,5 \text{ днів}$$

Номінальний фонд робочого часу в годинах визначається за формулою:

$$T_{НОМ}^Г = (T_k - T_{вих}) \times t_{см},$$

де $t_{зм}$ – тривалість робочої зміни, год.

Для безперервного графіка роботи тривалість робочої зміни визначається за формулою, год:

$$t_{зм} = \frac{24}{n_p}, \quad (5.12)$$

де 24 – тривалість однієї доби, год;

n_p – кількість робочих змін за добу.

$$t_{зм} = \frac{24}{2} = 12 \text{ год.}$$

$$T_{НОМ}^Г = 182,5 \times 12 = 2190 \text{ години.}$$

Ефективний час роботи отримаємо шляхом вирахування з номінального часу втрат, пов'язаних з хворобою, виконанням державних обов'язків, тарифної відпустки та іншого (середні показники за кілька років, див. табл. 5.3):

$$T_{ЕФ} = T_{НОМ} - T_{невих}. \quad (5.13)$$

$$T_{ЕФ} = 182,5 - (30 + 1 + 4) = 147,5 \text{ днів.}$$

$$T_{ЕФ}^Г = (T_{НОМ} - T_{невих.}) \times t_{см} = 147,5 \times 12 = 1770 \text{ год.}$$

Тоді:

$$K_{СП} = \frac{2190}{1770} = 1,24.$$

Отримані дані зводимо в таблицю 5.3.

На ділянці очищення газів, що відходять від мартенівської печі застосовується наступне газоочисне обладнання:

- порожнистий скруббер – 2 шт.;
- рукавний фільтр ФРІР – 5700 – 1 шт.;
- димотяг марки ВДН-25х2 – 1 шт.

Визначаємо сумарний середньозмінний час обслуговування рукавного фільтра, та скрубера, люд.-год:

$$T_{p.f.} = t_0 \cdot K_2 = 1,0 \cdot 1,1^4 = 1,46 \sim 2, \quad (5.14)$$

$$T_{скр.} = t_0 \cdot K_1 = t_0 \cdot 1,2^n = 2,4 \cdot 1,2^2 = 3,5 \sim 4 \quad (5.15)$$

де t_0 – середня трудомісткість обслуговування однієї секції рукавного фільтра, та обслуговування скрубера [додаток Б], чол-год/змiна;

K_1, K_2 – емпіричні коефіцієнти;

n – кількість рукавних фільтрів та скрубєрів, шт.

Таблиця 5.3 – Баланс робочого часу

№ п/п	Елемент балансу	Од. вим.	Кіл-ть
1.	Календарний час, T_k	Дні	365
2.	Вихідні дні, $T_{вих}$	Дні	182,5
3.	Номінальний час, $T_{ном}$	Дні Години	182,5 2190
4.	Невихідні на роботу у зв'язку: Тарифна відпустка Виконання гособов'язків Хвороби Інші Усього невиходів	Дні	30 1 4 35
5.	Ефективний (корисний) час роботи, $T_{ЕФ}$	Дні Години	147,5 1770
6.	Коефіцієнт, $K_{сп}$	-	1

Визначаємо сумарний середньозмінний час обслуговування димотяга, люд.-год:

$$T_{дим.} = t \cdot K_1 = t_d \cdot 1,2^k, \quad (5.16)$$

де t_d – середня трудомісткість обслуговування димотяга, чол-год/змiна;

k – кількість димососів, шт.

$$T_{\text{дим.}} = 0,9 \cdot 1,2^1 = 1,08 \approx 1 \text{ люд.-год.}$$

Приблизний середньообліковий час обслуговування всієї газоочисної установки:

$$T_{\text{уст.}} = T_{\text{скр.}} + T_{\text{р.ф.}} + T_{\text{дим.}} = 4 + 2 + 1 = 7 \text{ чол.-год.} \quad (5.17)$$

Визначимо змінну явочну чисельність робітників обслуговуючих газоочисну установку:

$$Ч_{\text{яв.}}^{\text{зм.}} = \frac{T_{\text{уст.}}}{t_{\text{зм.}}} \cdot \frac{S}{L}, \quad (5.18)$$

де S – тривалість тижневого циклу роботи обладнання, год;

$$S = 7.24 = 168 \text{ годин};$$

L – тривалість робочого тижня, год; $L = 7.24 = 168$ годин.

$$Ч_{\text{яв.}}^{\text{зм.}} = \frac{7}{12} \cdot \frac{168}{168} = 0,6.$$

Приймаємо $Ч_{\text{яв.}}^{\text{зм.}} = 1$ люд.

Добова явочна чисельність обслуговуючого персоналу (три бригади робочі на добу), чол./доб:

$$Ч_{\text{яв.}}^{\text{доб.}} = Ч_{\text{яв.}}^{\text{зм.}} \cdot n_p, \quad (5.19)$$

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

Визначимо штат з урахуванням підміни при чотирьох бригадному графіку роботи:

$$Ч_{\text{шт.}} = n_b \cdot Ч_{\text{яв.}}^{\text{зм.}}, \quad (5.20)$$

де n_b – кількість бригад.

$$Ч_{\text{шт.}} = 4 \cdot 1 = 4 \text{ чол.},$$

Визначаємо кількість працівників за списком, чол:

$$Ч_{\text{сп.}} = Ч_{\text{шт.}} \cdot K_{\text{сп.}} = 4 \cdot 1,24 = 4,96 \text{ чол.} \quad (5.21)$$

Приймаємо 5 чоловік.

Робітники працюють у дві зміни по три людини. Тривалість зміни – 12 годин. Результати розрахунку заносимо в таблицю 5.4.

Таблиця 5.4 – Розстановочний штат основних робочіх

Найменування Професії	Розряд робіт	Тарифна Ставка, грн./год	Графік роботи	Явочна кількість по бригадам, чол.				Штатний зміст, чол.	Резерв, чол.	Кількість по списку, чол.
				1	2	3	4			
Оператор ГОУ	IV	18,50	Безперервний 2-х змінний 4-х бригадний	1	1	1	1	4	1	5

5.4 Організація сплати праці виробничих робітників

Річний фонд оплати праці визначається підсумовуванням основної та додаткової заробітної плати:

$$\Phi OT = ЗП_{осн.} + ЗП_{дод.}, \quad (5.22)$$

$$\Phi ОП = 221028,75 + 168025,05 = 389053,8 \text{ грн.}$$

Середньомісячна заробітна плата одного робітника, грн. :

$$ЗП_{ср.м.} = \frac{\Phi ОП}{Ч_{сп} \cdot 12}, \quad (5.23)$$

$$ЗП_{ср.м.} = \frac{389053,8}{5 \cdot 12} = 6484,23 \text{ грн.}$$

Зробимо розрахунок на соціальні заходи ($O_{соц.м.}$) [35]:

- відрахування на обов'язкове державне пенсійне страхування ($O_{пенс}$) - 33,2% від суми статей «Основна заробітна плата працівників» і «Додаткова заробітна плата виробничих працівників»;
- відрахування на обов'язкове соціальне страхування ($O_{об.соц.}$) - 1,4% від суми тих же статей;
- відрахування на загальнообов'язкове державне соціальне страхування на випадок безробіття ($O_{безраб}$) - 1,6% від суми тих же статей;
- відрахування на обов'язкове страхування працівників від нещасних випадків на виробництві ($O_{нешч.в.}$) - 2,56% (для підприємств чорної

металургії) від суми тих же статей.

$$O_{\text{соц. м.}} = (\text{ЗП}_{\text{осн.}} + \text{ЗП}_{\text{доп.}}) \cdot \frac{(O_{\text{ненс.}} + O_{\text{об.соц.}} + O_{\text{без.}} + O_{\text{нец.в.}})}{100}; \quad (5.24)$$

$$O_{\text{соц. м.}} = 389053,8 \cdot \frac{(33,2 + 1,4 + 1,6 + 2,56)}{100} = 150797,25 \text{ грн.}$$

Таким чином, у даному розділі дипломного проекту розглянуті питання організації управління, планування виробничого процесу та виробничої програми ділянки газоочистки мартенівського цеху, а також організації праці та заробітної плати робітників, які обслуговують газоочистку мартенівського цеху.

5.5 Розрахунок суми капітальних вкладень в газоочисну систему

Величина необхідних капітальних вкладень до основних фондів визначається методом прямого розрахунку окремих елементів вкладень. У загальному вигляді капітальні вкладення включають наступні статті витрат на [35]:

- будівництво будівель і споруд;
- придбання технологічного і енергетичного устаткування;
- придбання підйомне – транспортного устаткування;
- створення системи контролю і автоматики;
- інші капітальні вкладення.

Капітальні вкладення у базовому варіанті приймаємо за заводськими даними. Капітальні вкладення по проектному варіанту приймаємо з урахуванням технічних рішень по реконструкції газоочищення.

Капітальні витрати (C_K) розраховують у вигляді питомих величин, віднесених до 1000 м³ газу (грн/1000 м³), грн:

$$C_K = (C_{\text{осн.об.}} + C_{\text{КВП}} + C_{\text{уст}} + C_{\text{м.к.}} + C_{\text{Н.Р.}} + C_{\text{П.И.}} + C_{\text{ЗД}}) \frac{1000}{\Pi}, \quad (5.25)$$

де $C_{\text{осн.об}}$ – вартість основного устаткування, грн.;

$C_{\text{КВП}}$ – вартість КВП і А, грн.;

$C_{уст.}$ – величина витрат на монтаж і установку устаткування, грн.;

$C_{м.к.}$ – вартість монтажу комунікацій, грн.;

$C_{Н.Р}$ – вартість накладних витрат спецорганізацій, грн.;

$C_{п.д}$ – вартість проектно-дослідницьких робіт, грн.;

$C_{б\text{уд}}$ – вартість будівель, грн.;

Π – річна виробнича потужність газоочисної установки, м³.

Вартість основного устаткування по базовому і проектному варіантам приведена в таблиці 5.5.

У вартість газоочисного устаткування в діючому (базовому) варіанті входить вартість 10-ти труб Вентури, 2-х краплевловлювачів, 2 димотягів й насос, а також газоходів і шламового господарства (приймаються, виходячи із заводських даних):

$$C_{осн.об}^B = C_{Тр.В} + C_{К.вл.} + C_{д} + C_{н} + C_{г} + C_{ш.х.}, \quad (5.26)$$

де $C_{Тр.В}$ – вартість труб Вентури : $C_{Тр.В} = 10 \cdot 150000 = 1500\ 000$ грн;

$C_{к.вл.}$ – вартість краплевловлювачів: $C_{к.вл.} = 2 \cdot 187\ 500 = 375\ 000$ грн;

$C_{д}$ – вартість димотягу: $C_{д} = 2 \cdot 750\ 000 = 1\ 500\ 000$ грн;

$C_{н}$ – вартість насосу: $C_{н} = 175\ 000$ грн;

$C_{г}$ – вартість газоходів: $C_{г} = 500\ 000$ грн;

$C_{ш.х.}$ – вартість шламового господарства : $C_{ш.х.} = 15\ 000\ 000$ грн.

$$C_{осн.об}^B = 1500000 + 375000 + 1500000 + 175000 + 500000 + 15000000 = 19050\ \text{тис. грн.}$$

У вартість устаткування в проектному варіанті входить вартість порожнистого скрубера, рукавного фільтру ФРІР-5700, конвеєрів з бункером накопичувачем пилу, димотяг, а також газоходів (приймаються за даними «Запоріжсталь»):

$$C_{осн.об}^П = C_{Р.ф} + C_{д} + C_{к.б.} + C_{г} + C_{у.л.}, \quad (5.27)$$

де $C_{Р.ф}$ – вартість рукавного фільтру, та вартість конвеєрів і бункера накопичувача пилу, грн., $C_{Р.ф} = 25\ 000\ 000$ грн.;

$C_{П.С}$ – вартість порожнистого скрубера , грн.,

$$C_{П.С} = 4 \cdot 1250000 = 5000\ 000\ \text{грн.};$$

C_d – вартість димотягу, грн. $C_d = 1250\ 000$ грн.;

C_z – вартість газоходів, $C_z = 500\ 000$ грн.;

$C_{y.n.}$ – вартість устаткування для утилізації пилу, $C_{y.n.} = 6\ 250\ 000$ грн.

$$C_{осс.ус.}^{\Pi} = 25000000 + 5000000 + 1250000 + 500000 + 6250000 = 38000 \text{ тис. грн.}$$

Вартість засобів контролю і управління (КВП) приймається у відсотках від вартості газоочисного устаткування.

У базовому варіанті використовується «мокрый» метод очищення газів, тому вартість КВП складає 40 % вартостей основного устаткування:

$$C_{КВП}^B = 0,4 \cdot C_{осн.ус.}^B ; \quad (5.28)$$

$$C_{КВП}^B = 0,4 \cdot 19050 = 7620 \text{ тис. грн.}$$

У проектному варіанті використовується «сухий» метод очищення газів і вартість КВП складає 25 % вартостей основного устаткування:

$$C_{КВП}^{\Pi} = 0,25 \cdot C_{осн.об.}^{\Pi} ; \quad (5.29)$$

$$C_{КВП}^{\Pi} = 0,25 \cdot 38000 = 9500 \text{ тис. грн.}$$

Капіталовкладення в газоочисне устаткування визначаються як сума вартості газоочисного устаткування і вартості КВП:

$$K_{z.об.} = C_{осс.об.} + C_{КВП} ; \quad (5.30)$$

$$K_{z.об.}^B = 19050 + 7620 = 26670 \text{ тис. грн.};$$

$$K_{z.об.}^{\Pi} = 38000 + 9500 = 47500 \text{ тис. грн.}$$

Вартість установки і монтажу устаткування приймається у розмірі 30 % капіталовкладень в устаткування:

$$C_{уст.} = 0,3 \cdot K_{z.об.} ; \quad (5.31)$$

$$C_{уст.}^B = 0,3 \cdot 26670 = 8001 \text{ тис. грн.}$$

$$C_{уст.}^{\Pi} = 0,3 \cdot 47500 = 14250 \text{ тис. грн.}$$

Вартість монтажу комунікацій приймається у розмірі 15 % капітальних вкладень в устаткування:

$$C_{м.к.} = 0,15 \cdot K_{z.об.} ; \quad (5.32)$$

$$C_{м.к.}^B = 0,15 \cdot 26670 = 4000,5 \text{ тис. грн.}$$

$$C_{м.к.}^П = 0,15 \cdot 47500 = 7125 \text{ тис. грн.}$$

Накладні витрати спеціалізованої організації, що здійснює монтаж, складають 20 % капітальних вкладень в устаткування:

$$C_{Н.В.} = 0,2 \cdot K_{з.ус.}; \quad (5.33)$$

$$C_{Н.В.}^B = 0,2 \cdot 26670 = 5334 \text{ тис. грн.}$$

$$C_{Н.В.}^П = 0,2 \cdot 47500 = 9500 \text{ тис. грн.}$$

Вартість проектно-дослідницьких робіт приймається рівній 7% вартості газоочисних апаратів :

$$C_{П.И.}^B = 0,07 \cdot 19050 = 1333,5 \text{ тис. грн.}$$

$$C_{П.И.}^П = 0,07 \cdot 38000 = 2660 \text{ тис. грн.}$$

Вартість будівлі у базовому варіанті розраховується залежно від його об'єму. Вартість 1 м³ промислової будівлі, що має залізобетонний каркас, складає 202,5 грн. Потрібне спорудження будівель для димососів розміром 12×6×6 м і для розміщення засобів контролю і управління розміром 6×12×4 м. Вартість будівель складе, грн.:

$$C_{б\ddot{y}д}^B = 202,5 \cdot (12 \cdot 6 \cdot 6 + 6 \cdot 12 \cdot 4) = 145800 \text{ грн.}$$

Вартість будівель в проектному варіанті включає вартість будівель для димососу і засобів контролю і управління, як у базовому варіанті, і додатково вартість шатра над рукавним фільтром:

$$C_{з\ddot{d}}^n = C_{з\ddot{d}}^d + C_{ш}, \quad (5.34)$$

де $C_{ш}$ - вартість шатра, грн., $C_{ш} = 495000$ грн.

$$C_{з\ddot{d}}^n = 145,8 + 495,0 = 640,8 \text{ тис. грн.}$$

Результати розрахунків зводяться в таблицю 5.5.

Питомі капітальні вкладення, віднесені до 1000 м³ газів, що очищаються, грн./1000 м³:

$$C_{к}^B = 45484800 \cdot \frac{1000}{1656 \cdot 10^6} = 27,47 \frac{\text{грн}}{1000\text{м}^3} \cdot$$

$$C_{к}^П = 81675800 \cdot \frac{1000}{1680 \cdot 10^6} = 48,62 \frac{\text{грн}}{1000\text{м}^3} \cdot$$

Таблиця 5.5 – Капітальні вкладення в систему очищення газів

№ п/п	Найменування показника	Варіант					
		Базовий			Проектний		
		Кіл.- сть, шт.	Ціна за одини- цю, тис. грн.	Вели- чина, тис. грн.	Кіл. - сть, шт.	Ціна за один ицю тис. грн.	Вели- чина, тис. грн.
1	Вартість устаткування, у тому числі:			19050			38000
	- Труба Вентурі	10	150	1500	-	-	-
	- Краплевловлювач	2	187,5	375	-	-	-
	- Рукавний фільтр	-	-	-	1	25 000	25 000
	- Димотяг	2	750	1500	1	1250	1250
	- Насос	1	175	175	-	-	-
	- Порожнистий скруббер	-	-	-	4	1250	5000
	- Газоходи	1	500	500	1	500	500
	-Шламове господарство	1	15 000	15 000	-	-	-
	- Устаткування для утилізації пилу	-	-	-	1	6 250	6 250
2	КВП	-	-	7620	-	-	9500
3	Усього капіталовкладення в устаткування	-	-	26670	-	-	47500
4	Вартість установки і монтажу устаткування	-	-	8001	-	-	14250
5	Вартість монтажу комунікацій	-	-	4000,5	-	-	7125
6	Накладні витрати спеціалізованої організації	-	-	5334	-	-	9500
7	Вартість проектно-дослідницьких робіт	-	-	1333,5	-	-	2660
8	Вартість будівель	-	-	145,8	-	-	640,8
9	Разом капітальних вкладень	-	-	45484,8	-	-	81675,8
10	Питомі капітальні вкладення 1000 м ³ газу, грн.	-	-	27,47	-	-	48,62

5.6 Розрахунок витрат на експлуатацію газоочисної системи

Розрахунок витрат на основні матеріали. Витрати на основні матеріали включають в себе всі витрати, пов'язані з очищенням газу. У скрубєрі Вентурі в базовому варіанті зрошення проводиться оборотною технічною водою, тому витрати на очищення в скрубєрі обчислюються, виходячи з витрати води:

$$C^B = K^B \cdot \frac{1000}{P^B} \cdot C, \quad (5.35)$$

де K^B – витрата технічної води на рік, м³;

P^B – газова виробнича потужність газоочисної установки, м³;

C – ціна за 1 м³ оборотної води, грн., $C = 2,227$ грн.;

$$C^B = 3261100 \cdot \frac{1000}{1656 \cdot 10^6} \cdot 2,227 = 4,38 \frac{\text{грн}}{1000\text{м}^3}.$$

Витрати на очищення газу в рукавних фільтрах пов'язані з використанням стисненого повітря і витратами на заміну тканини.

Витрати на використання стисненого повітря:

$$C_{\text{сж.в.}}^{\text{П}} = K \cdot \frac{1000}{P^{\text{П}}} \cdot C_{\text{ст.п.}} \quad (5.36)$$

де K – витрата стисненого повітря на рік, м³;

$P^{\text{П}}$ – газова постійна потужність газоочисної установки на рік, м³;

$C_{\text{ст.п.}}$ – ціна за 1 м³ стисненого повітря, грн, $C_{\text{ст.п.}} = 1,725$ грн;

$$C_{\text{сж.в.}}^{\text{П}} = (250 \cdot 8400) \cdot \frac{1000}{1680 \cdot 10^6} \cdot 1,725 = 2,156 \frac{\text{грн}}{1000\text{м}^3}.$$

Витрати на тканину визначаються залежно від вартості 1 м² застосовується для виготовлення рукавів тканини. Тканина для рукавів підлягає заміні 1 раз на 2-а роки, тоді:

$$C_m^n = \left(\frac{5700}{2}\right) \cdot \frac{1000}{1680 \cdot 10^6} \cdot 750 = 1,27 \frac{\text{грн}}{1000\text{м}^3}.$$

$$C_{\text{мат}}^n = 2,156 + 1,27 = 3,426 \frac{\text{грн}}{1000\text{м}^3}.$$

Розрахунок енергетичних витрат. Енергетичні витрати на експлуатацію скрубєрів Вентурі (базовий варіант) включає в себе витрати на транспортування газу, на подачу зрошувальної води і витрати на освітлення шламової води.

Енергетичні витрати на транспортування газу, віднесені до 1000 м^3 газу, що очищається, $\frac{\text{грн}}{1000 \text{ м}^3}$:

$$C_{\text{тр.б.е}} = T_{\text{эф.б.}} \cdot r \cdot l \cdot N^{\text{б}}, \quad (5.37)$$

де $T_{\text{эф.б.}}$ – ефективний час роботи газоочисної установки, г;

r – вартість електроенергії; $r = 3,397 \frac{\text{грн}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}$;

l – коефіцієнт, враховуючий зміст обслуговуючого персоналу, $l = 1,1$;

$N^{\text{б}}$ – потужність електродвигуна: $N^{\text{б}} = 1600 \text{ кВт}$;

$P^{\text{б}}$ – річна виробнича потужність газоочисної установки, м^3 .

$$C_E^{\text{тр.б.}} = 8280 \cdot 3,397 \cdot 1,1 \cdot 1600 \frac{1000}{1656 \cdot 10^6} = 29,89 \frac{\text{грн}}{1000 \text{ м}^3}$$

Енергетичні витрати на подачу зрошувальної води, віднесені до 1000 м^3 газу, $\frac{\text{грн}}{1000 \text{ м}^3}$:

$$C_{\text{оп.б.е}} = \frac{r \cdot l_1 \cdot K_3 \cdot \Delta P_{\text{ж.т.}}}{3,6 \cdot 10^6 \cdot \eta_{\text{н}}} \quad (5.38)$$

де l_1 – коефіцієнт, враховуючий витрати на зміст насосного господарства, $l_1 = 1,05$;

K_3 – коефіцієнт запасу потужності, $K_3 = 1,2$;

$\Delta P_{\text{ж.т.}}$ – тиск зрошувальної рідини, $\Delta P_{\text{ж.т.}} = 300000 \text{ Па}$;

$\eta_{\text{н}}$ – коефіцієнт корисної дії насосу, $\eta_{\text{н}} = 0,9$;

m – питома витрата зрошувальної води, $m = 1 \text{ л/м}^3$;

$$C_E^{\text{зр.б.}} = \frac{3,397 \cdot 1,05 \cdot 1,2 \cdot 300000}{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,9} \cdot 1 = 0,396 \frac{\text{грн}}{1000 \text{ м}^3} \cdot$$

Енергетичні витрати на освітлення шламової води розраховуються у наступному порядку:

Кількість води, яка витікає з газоочисного апарата, м³/г;

$$Q_B^{OC} = \frac{Q_0 \cdot z_2}{\varepsilon \cdot \chi} \cdot 10^{-3} \cdot T_{ef}, \quad (5.39)$$

де Q_0 – витрата газу, проходячого очистку при н.у., $Q = 200000$ м³/г;

z_2 – кількість пилу в газі після очистки, г/м³;

ε – коефіцієнт стиснення; $\varepsilon = 0,7$;

χ – допустимий зміст твердої фази у воді подаваної на зрошення, приймаємо $\chi = 0,2$ кг/м³.

$$Q_B^{OC} = \frac{200000 \cdot 0,12}{0,7 \cdot 0,2} \cdot 10^{-3} \cdot 8280 = 1301143 \text{ м}^3/\text{г}.$$

Вартість освітлення цієї кількості води, грн.:

$$C_{oc}^B = Q_B^{OC} \cdot C_{oc}, \quad (5.40)$$

де C_{oc} – тариф за освітлення 1 м³ води; $C_{oc} = 0,9$ грн.;

$$C_{oc}^B = 1301143 \cdot 0,9 = 1171028,7 \text{ грн.}$$

Витрати на освітлення шламової води, віднесені до 1000 м³ очищених газів, $\frac{\text{грн}}{1000 \text{ м}^3}$:

$$C_{oc}^{1B} = 1171028,7 \cdot \frac{1000}{1656 \cdot 10^6} = 0,707 \frac{\text{грн}}{1000 \text{ м}^3}. \quad (5.41)$$

Загальні енергетичні витрати на очистку у скрубєрі Вентурі, $\frac{\text{грн}}{1000 \text{ м}^3}$:

$$C_{\mathcal{E}}^B = C_E^{mp.B} + C_{zp}^B + C_{oc}^{1B}; \quad (5.42)$$

$$C_{\mathcal{E}}^B = 29,89 + 0,396 + 0,707 = 30,993 \frac{\text{грн}}{1000 \text{ м}^3}.$$

Витрати на експлуатацію рукавного фільтра включає в себе витрати на транспортування газу, віднесені до 1000 м³ очищених газів, : $\frac{\text{грн}}{1000 \text{ м}^3}$

$$C_E^{\Pi} = T_{ef}^{\Pi} \cdot r \cdot l \cdot N^{\Pi} \cdot \frac{1000}{\Pi^n}, \quad (5.43)$$

де N^{Π} – потужність електродвигуна, $N^{\Pi} = 1490$ кВт;

$$C_E^{\Pi} = 8400 \cdot 3,397 \cdot 1,1 \cdot 1490 \cdot \frac{1000}{1680 \cdot 10^6} = 27,84 \frac{\text{грн}}{1000 \text{ м}^3}.$$

Амортизаційні відрахування від вартості основних фондів.

Амортизаційні відрахування визначаються множенням вартості основних фондів на відповідні норми амортизаційних відрахувань.

Амортизаційні відрахування від вартості будівель складають (при нормі амортизації 5%):

- за базовим варіантом:

$$A_{\text{буд.}}^B = 145,8 \cdot 0,05 = 7,29 \text{ тис. грн};$$

- за проектним варіантом:

$$A_{\text{буд.}}^П = 640,8 \cdot 0,05 = 32,04 \text{ тис. грн.}$$

Амортизаційні відрахування від вартості КВП складають (при нормі амортизації 25%):

- за тривалим варіантом:

$$A_{\text{КВП}}^B = 7620 \cdot 0,25 = 1905 \text{ тис. грн};$$

- за проектним варіантом:

$$A_{\text{КВП}}^П = 9500 \cdot 0,25 = 2375 \text{ тис. грн.}$$

Амортизаційні відрахування становлять від вартості обладнання (апарата очищення, насоса, димотяга та бункерів) при нормі амортизації 15%:

$$A_{\text{оф}}^B = 19050 \cdot 0,15 = 2857,5 \text{ тис. грн};$$

$$A_{\text{оф}}^П = 38000 \cdot 0,15 = 5700 \text{ тис. грн.}$$

Сумарні амортизаційні відрахування, грн .:

$$\sum A = A_{\text{буд.}} + A_{\text{КВП}} + A_{\text{оф}}; \quad (5.44)$$

$$\sum A^B = 7,29 + 1905 + 2857,5 = 4769,79 \text{ тис. грн};$$

$$\sum A^П = 32,04 + 2375 + 5700 = 8107,04 \text{ тис. грн.}$$

Амортизаційні відрахування, віднесені до 1000 м³ очищеного газу:

$$\sum A^B = 4769790 \cdot \frac{1000}{1656 \cdot 10^6} = 2,88 \frac{\text{грн}}{1000 \text{ м}^3};$$

$$\sum A^П = 8107040 \cdot \frac{1000}{1680 \cdot 10^6} = 4,82 \frac{\text{грн}}{1000 \text{ м}^3}.$$

Витрати на оплату праці та соціальне страхування працівників цеху.

1) Основна заробітна плата працівників:

$$C_{ЗП.ОСН}^Б = C_{ЗП.ОСН}^П = 221,028 \text{ тис. грн};$$

$$C_{ЗП.ОСН.УД}^Б = C_{ЗП.ОСН.УД}^П = 0,131 \text{ грн}/1000\text{м}^3;$$

2) Додаткова заробітна плата працівників:

$$C_{ЗП.ДОД}^Б = C_{ЗП.ДОД}^П = 168,025 \text{ тис. грн.}$$

$$C_{ЗП.ДОД.УД}^Б = C_{ЗП.ДОД.УД}^П = 0,1 \text{ грн}/1000\text{м}^3;$$

3) Відрахування на соцстраховку:

$$C_{СОЦ}^Б = C_{СОЦ}^П = 150,797 \text{ тис. грн.}$$

$$C_{СОЦ.УД}^Б = C_{СОЦ.УД}^П = 0,089 \text{ грн}/1000\text{м}^3.$$

Витрати на ремонт та експлуатацію основних засобів. Витрати на ремонт та експлуатацію основних засобів становлять 15% від величини сумарних амортизаційних відрахувань від вартості основних фондів, грн:

$$C_{Т.Р.} = 0,15 \cdot \sum A; \quad (5.45)$$

$$C_{Т.Р.}^Б = 0,15 \cdot 4769790 = 715,47 \text{ тис. грн};$$

$$C_{Т.Р.}^П = 0,15 \cdot 8107040 = 1216,056 \text{ тис. грн.}$$

Витрати на ремонт, віднесені до 1000 м^3 очищеного газу $\frac{\text{грн}}{1000\text{м}^3}$:

$$C_{Т.Р.} = C_{Т.Р.} \cdot \frac{1000}{П}; \quad (5.46)$$

$$C_{Т.Р.}^Б = 715470 \cdot \frac{1000}{1656 \cdot 10^6} = 0,43 \frac{\text{грн}}{1000\text{м}^3};$$

$$C_{Т.Р.}^П = 1216056 \cdot \frac{1000}{1680 \cdot 10^6} = 0,72 \frac{\text{грн}}{1000\text{м}^3}.$$

Інші витрати. Інші витрати складаються з витрат на різного роду послуги та допоміжні матеріали.

Інші витрати становлять 25% від суми витрат на ремонт і сумарних амортизаційних відрахувань від вартості основних фондів:

$$C_{\sigma} = 0,25 \cdot (\sum A + C_{Т.Р.}); \quad (5.47)$$

$$C_{\sigma}^{\sigma} = 0,25 \cdot (4769,79 + 715,47) = 1371,32 \text{ тис. грн};$$

$$C_{\epsilon}^n = 0,25 \cdot (8107,04 + 1216,056) = 2330,77 \text{ тис. грн.}$$

Інші витрати, віднесені до 1000 м^3 очищеного газу:

$$C_{\epsilon}^b = 1371320 \cdot \frac{1000}{1656 \cdot 10^6} = 0,83 \frac{\text{грн}}{1000 \text{ м}^3};$$

$$C_{\epsilon}^n = 2330770 \cdot \frac{1000}{1680 \cdot 10^6} = 1,38 \frac{\text{грн}}{1000 \text{ м}^3}.$$

Економія від утилізації пилу. Розрахунок економії від утилізації пилу в процесі очистки газів виконується тільки по проектному варіанту, так як в базовому не передбачена утилізація вловленого пилу. Розрахунок здійснюється на підставі обсягу утилізованих продуктів на рік і відпускних цін, грн:

$$\mathcal{E}_{ym} = Q_{ym} \cdot C, \quad (5.48)$$

де Q_{ym} – кількість утилізованого пилу, t ;

C – відпускна ціна за $1 t$, $C = 225$ грн;

$$\mathcal{E}_{ym}^n = 22649,8 \cdot 225 = 5096,205 \text{ тис. грн.}$$

Економія від утилізованого пилу, віднесена до 1000 м^3 очищених газів:

$$C_{ym}^n = 5096205 \cdot \frac{1000}{1680 \cdot 10^6} = 3,03 \frac{\text{грн}}{1000 \text{ м}^3}.$$

Результати заносимо у таблицю 5.6.

5.7 Техніко-економічне обґрунтування проекту очищення технологічних газів мартенівського цеху

Економічне обґрунтування доцільності прийнятих рішень зводиться до розрахунку і порівнянні техніко-економічних показників за варіантами. Економія на витратах з очищення виходить за допомогою запропонованих рішень та рекомендується як першорядного чинника для обґрунтування ефективності заходів.

Економічне обґрунтування доцільності прийнятих рішень зводиться до розрахунку і зіставлення техніко-економічних показників по варіантах.

Таблиця 5.6 – Витрати на очистку 1000 м³ газу

№ з/п	Найменування статей витрат	Варіант			
		Базовий		Проектний	
		Величина на 1000м ³ газу, грн.	Величина на весь об'єм, тис.грн	Величина на 1000м ³ газу, грн	Величина на весь об'єм, тис.грн
1	Матеріальні витрати	4,38	7253,28	3,426	5755,68
2	Електроенергія	30,993	51324,41	27,84	46771,2
3	Заробітна плата робітників				
	– основна	0,131	221,028	0,131	221,028
	– додаткова	0,1	168,025	0,1	168,025
4	Відрахування на соцстраховку	0,089	150,797	0,089	150,797
5	Амортизаційні відрахування від вартості основних фондів	2,88	4769,79	4,82	8107,04
6	Витрати на ремонт та утримання основних фондів	0,43	715,47	0,72	1216,056
7	Інші виробничі витрати	0,83	1371,32	1,38	2330,77
8	Разом витрат	39,833	65963,45	38,506	64690,08
9	Економія від утилізації пилу	-	-	3,03	5096,205
10	Разом витрат з урахуванням економії	39,833	65963,45	35,476	59593,88

Річний економічний ефект [36]:

$$\mathcal{E}_z = [(C_{y\delta}^{\delta} + E_n \cdot K_{y\delta}^{\delta}) - (C_{y\delta}^n + E_n \cdot K_{y\delta}^n)] \cdot \Pi^{\Pi}, \text{ грн,} \quad (5.49)$$

де $C_{уд}^б$ і $C_{уд}^п$ – витрати на 1000 м³ газу, що очищається, відповідно по базовому і проектному варіантам, грн.;

$K_{уд}^б$ і $K_{уд}^п$ – відповідно питомі капітальні вкладення по базовому і проектному варіантам, грн.;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, грн./грн.;

$П^п$ – річна виробнича потужність газоочисної установки по проектному варіанту, м³.

$$\mathcal{E}_2 = [(39,833 + 0,18 \cdot 27,47) - (35,476 + 0,18 \cdot 48,62)] \cdot 1680 \cdot 10^6 / 1000 = 918,960 \text{ тис.грн.}$$

Розрахунковий термін окупності визначається по формулі:

$$T_{ок.р.} = \frac{K^п}{(C_{уб}^б - C_{уб}^п) П^п}, \text{ роки.} \quad (5.50)$$

де ΔK – додаткові капітальні вкладення на впровадження проекту, тис. грн.

$$T_{ок.р.} = \frac{(81675,8 - 45484,8) \cdot 1000 \cdot 1000}{(39,833 - 35,476) \cdot 1680 \cdot 10^6} = 4,94 \text{ років.}$$

Коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень рівний:

$$E_p = \frac{1}{T_{ок}} = \frac{1}{4,94} = 0,2 \frac{\text{грн}}{\text{грн}}. \quad (5.51)$$

Пропонований проект є економічно вигідним, оскільки розрахункові показники знаходяться в межах нормативних.

В результаті розрахунку отримані наступні техніко-економічні показники, які приведені в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Основні техніко-економічні показники роботи газоочисної установки мартенівського цеху

№ п/п	Найменування Показника	Одиниці виміру	Варіант	
			Базовий	Проектний
1	Річна виробнича потужність установки	млн. м ³	1656	1680
2	Вміст пилу в газі:	г/м ³	15	15
	- до очищення		0,12	0,02
3	Капітальні вкладення	тис. грн.	45484,8	81675,8
4	Витрати на очищення 1000 м ³ газу	грн	39,833	38,506
5	Економія від утилізації пилу на 1000 м ³ газу	грн.	-	3,03
6	Витрати на очищення 1000 м ³ газу з урахуванням економії	грн.	39,833	35,476
7	Річний економічний ефект	тис. грн	—	918,960
8	Термін окупності додаткових капітальних вкладень	років	—	4,94
9	Економічна ефективність капітальних вкладень	грн	—	0,2
		грн		

ВИСНОВКИ

1. У кваліфікаційному проекті проаналізована технологія виплавки сталі в мартенівських печах з точки зору утворення і виділення шкідливих речовин.

2. На основі характеристики пилогазових викидів мартенівських печі, їх кількості і складу, обрано систему очищення газів від пилу сухим способом з використанням рукавного фільтру типу ФРІР-5700 з імпульсною регенерацією рукавів. Ефективність вловлювання складає за результатами розрахунків 99,87 %. Проведено аеродинамічний розрахунок газоочисного тракту, опір якого склав 7020,38 Па, а також вибрано димотяг марки ВДН-25×2.

3. При порівнянні сухого варіанту з мокрим способом очищення річні експлуатаційні витрати знижуються за рахунок виключення шламового господарства. Капітальні вкладення збільшуються за рахунок вартості газоочисного апарату. Річний економічний ефект склав 918,960 тис. грн., термін окупності додаткових капітальних вкладень складає 4,94 років, що знаходиться в межах нормативних показників.

4. Розглянуті потенційно небезпечні і шкідливі чинники виробничого середовища мартенівського цеху, дана гігієнічна характеристика трудового процесу і оцінка чинників виробничого середовища робочого місця сталевара мартенівської печі. Розроблені технічні рішення по виробничій санітарії, розглянуті заходи щодо техніки безпеки, пожежної та техногенної безпеки. Виконана інженерна розробка заходів від надлишкової теплоти та пилу.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Рукавный фильтр: веб-сайт. URL: http://www.sibem-bkz.com/_upload/upl_file1306203159_1.pdf.
2. Максимов А. А., Чекалов В.В. Модернизация рукавных фильтров газоочистных установок. *Металлург*. 2014. № 10. С. 19-20.
3. Тимонин А. С. Инженерно-экологический справочник. Т. 1. Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2003. 917 с.
4. Алиев Г.М. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов. М.: *Металлургия*, 1986. 544 с.
5. Рышка Э. Защита воздушного бассейна от выбросов предприятия чёрной металлургии. М.: *Металлургия*, 1979. 240 с.
6. Гаврилко С.О. Теорія і технологія сталеплавильного виробництва. Конспект лекцій для студентів ЗДІА спеціальності 7.090401 „Металургія чорних металів”. Запоріжжя: ЗДІА, 2005. 120 с.
7. Старк С.Б. Газоочистные аппараты и установки на металлургическом производстве. М.: *Металлургия*, 1990. 400 с.
8. Денисов С.И. Улавливание и утилизация пылей и газов: учебное пособие. К.: *Высшая шк.*, 1992. 333 с.
9. Белоконь К.В., Нестеренко А.В., Тарабан Є.В., Столпакова О.В. Аналіз методів очистки газів в умовах мартенівського виробництва. V Міжнародна науково-практична конференція студентів, магістрантів та аспірантів «Галузеві проблеми екологічної безпеки» Харків: ХНАДУ, 2019. С. 169-172.
10. Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушев А.М. *Общая металлургия: учебник для вузов*. М.: ИКЦ "Академкнига", 2005. 767 с.
11. ТИ 226-СТ.М.-01-92. Выплавка стали в мартеновских печах. Технологическая инструкция. Запорожье: Издатель, 1993.
12. Гребенник В.М., Иванченко Ф.К., Павленко Б.А. Механическое оборудование металлургических заводов. Механическое оборудование

конверторных и мартеновских цехов. К.: Высшая шк., 1990. 288 с.

13. Ловчинский Э.В., Вагин С.М. Машины и механизмы сталеплавильного производства. М.: Metallurgy, 1982. 271 с.

14. ТИ 226-СТ.М.-08-90. Приемка, складирование, хранение и погрузка в мультисоставы шихтовых материалов в шихтовом отделении мартеновского цеха. Технологическая инструкция. Запорожье: Издатель, 1990.

15. Гаврилко С.О. Основи проектування металургійних цехів. Конспект лекцій для студентів ЗДІА спеціальності 7.090401 „Металургія чорних металів”. Запоріжжя: ЗДІА, 2006. 92 с.

16. Кудрин В.А. Metallurgy of steel. M.: Metallurgy, 1989. 560 с.

17. Гаврилко С.О., Чуб В.Г., Казачков О.І. Теорія і технологія сталеплавильного виробництва. Методичний посібник для виконання інженерних розрахунків у курсовому проектуванні для студентів ЗДІА спеціальності 7.090401 „Металургія чорних металів”. Запоріжжя: ЗДІА, 2008. 132 с.

18. Розенгарт Ю.И. Вторичные энергетические ресурсы черной металлургии и их использование. К.: "Выща школа", 1988 328с.

19. Технический каталог оборудования и услуг. Запорожье: ООО Научно-производственное Предприятие «Днепроэнергосталь», 2002. 52 с.

20. Теверовский Б.З. Расчеты устройств для очистки промышленных газов от пыли: учеб. пособие. К.: УМК ВО, 1991. 92 с.

21. Павлюк Ю.С., Малишева І.В. Методичні вказівки до курсової роботи із дисципліни "Водоповітряне господарство металургійних заводів" для студентів спеціальності 7.090409. Запоріжжя, 2002. 22 с.

22. Павлюк Ю.С. Методичні вказівки до розрахунку газового тракту газоочисної системи в курсових проектах спецдисциплін і дипломному проектуванні для студентів спеціальності 7.090409. Запоріжжя, 2002. 21с.

23. Брук А.Д. Дымососы газоочистных сооружений. М.: Машиностроение, 1984. 144с.

24. Белоконь К.В., Нестеренко А.В. Проект системи сухої очистки газів мартенівського виробництва з утилізацією вловленого пилу. XXIV Науково-технічна конференція студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів. Проблеми сучасного будівництва, екологічної безпеки та охорони праці. Запоріжжя: ІІ ЗНУ, 2019. Т. 2 С. 126.

25. Маерчак Ш. Производство окатышей. М.: Metallurgiya. 1982. 232с.

26. Целиков А.И. Машины и агрегаты металлургических заводов: учебн. для вузов. М.: Metallurgiya, 1976. 416 с.

27. Ефанов П.Д., Берг И.А. Охрана труда и техника безопасности в сталеплавильном производстве. М.: Metallurgiya, 1987. 230с.

28. Трахтенберг А.М., Коршун М.М., Чебанова О.В. Гигиена труда и производственная санитария. К.: Киев, 1997. 462 с.

29. Жидецкий В.Ц. Основи охорони праці. Львів: Афіша, 2002. 320 с.

30. Геврик Є.О. Охрана праці. К.: Ельга, Ніка-Центр, 2003. 280 с.

31. Кузнецов Б.В. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок. Мн.: Беларусь, 1987. 479 с.

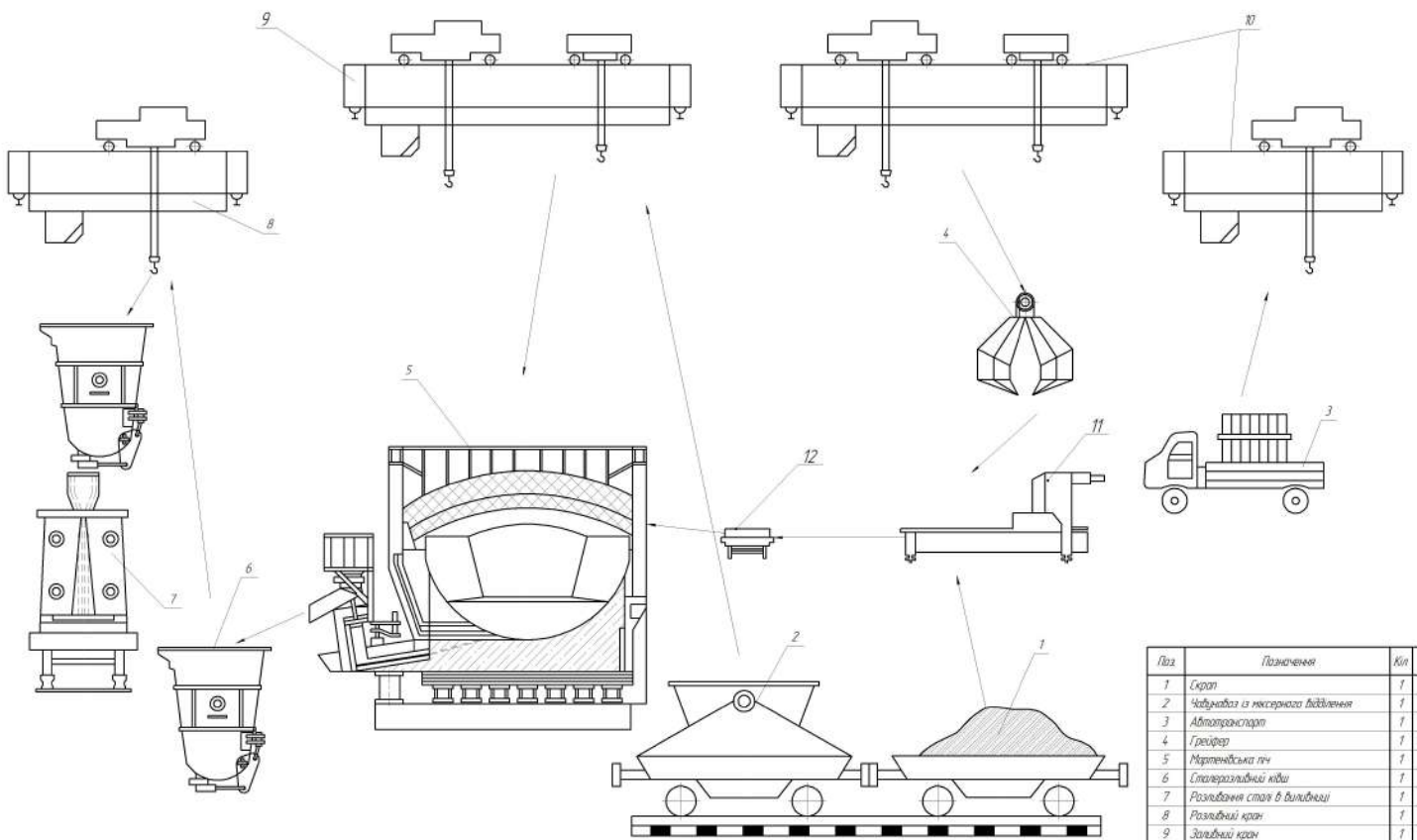
32. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках: М.: Энергоатомиздат, 1984. 448 с.

33. Рожков А.П. Пожарная безопасность на производстве. К.: Охрана труда, 1997. 448с.

34. Бабалов А.Ф. Промышленная теплозащита в металлургии. М.: Metallurgiya, 1991. 360 с.

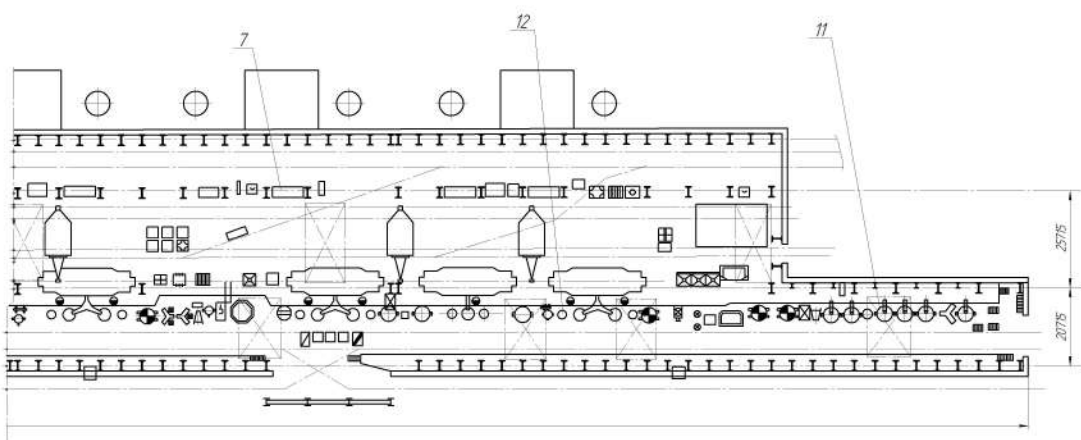
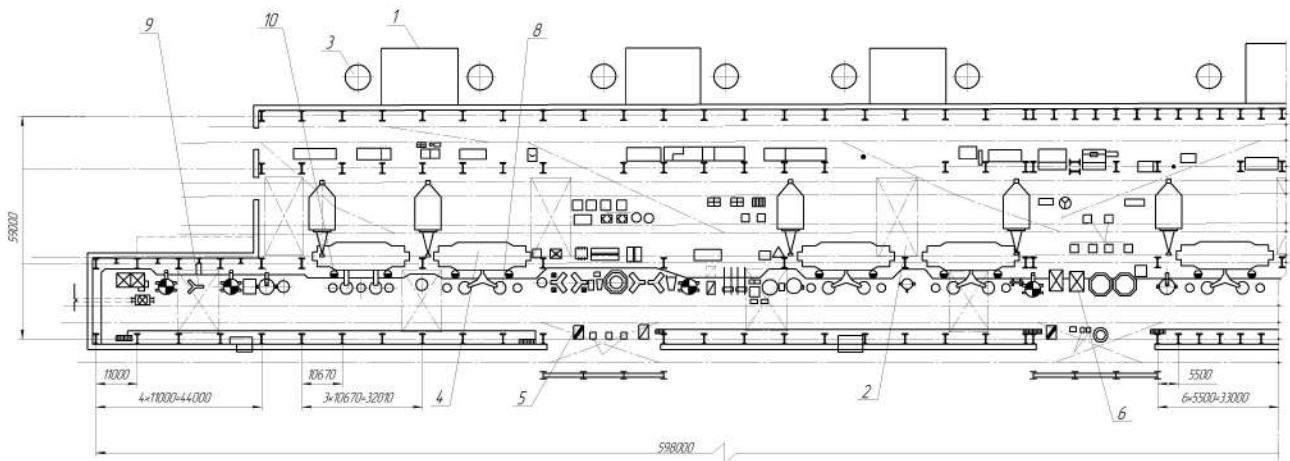
35. Беренда Н.В., Малишева І.В. Методичні вказівки до виконання організаційної частини дипломного проекту для студентів ЗДІА професійного напрямку 0904 “Металургія”. Запоріжжя, 2006. 38с.

36. Іващенко О.В. Методичні рекомендації до виконання організаційно-економічної частини дипломного проекту для студентів ЗДІА спеціальності 7.090401. Запоріжжя, 2004. 32 с.



Поз.	Позначення	К-ть	Примітка
1	Скрат	1	
2	Набульбав із механічного відвалювання	1	
3	Автомобіль	1	
4	Грейдер	1	
5	Мартеновська пч	1	
6	Співрозмірний коши	1	
7	Розливання сталі в виливничі	1	
8	Розливний кран	1	
9	Заливний кран	1	
10	Грейдерні крани шихтового провалу	2	
11	Забойна машина	1	
12	Мульдоби системи	2	

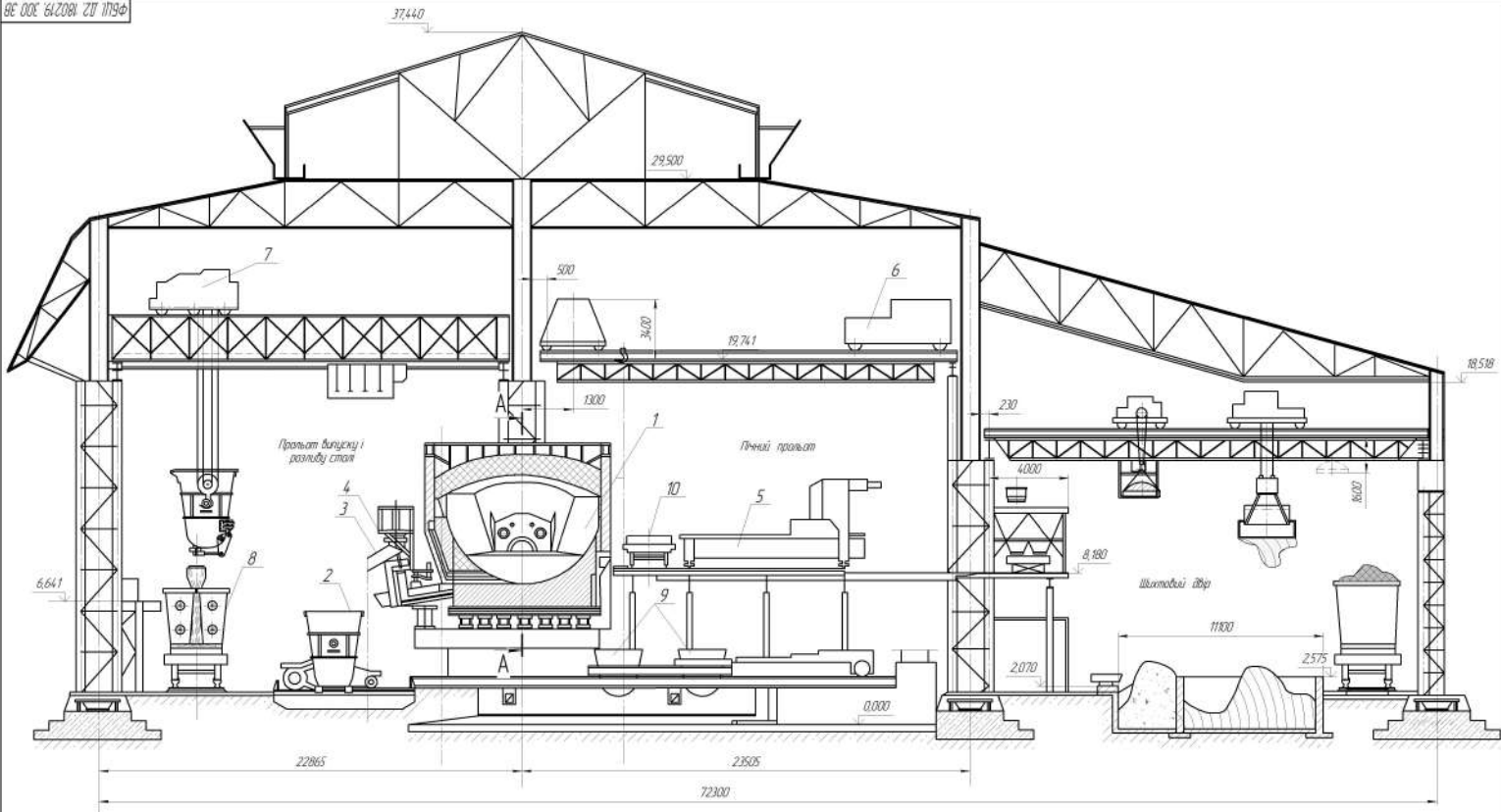
ФБЦ. Д.2. 180219. 100 СХ			
№	Датум	Вид	Зміст
1	18.02.19	Д	Проект системи ступінь очистки сталі марганцевим відвалюванням з урахуванням безпечної праці
2	18.02.19	Д	Додаток 1
3	18.02.19	Д	Додаток 2
4	18.02.19	Д	Додаток 3
5	18.02.19	Д	Додаток 4
6	18.02.19	Д	Додаток 5
7	18.02.19	Д	Додаток 6
8	18.02.19	Д	Додаток 7
9	18.02.19	Д	Додаток 8
10	18.02.19	Д	Додаток 9
11	18.02.19	Д	Додаток 10
12	18.02.19	Д	Додаток 11
13	18.02.19	Д	Додаток 12
14	18.02.19	Д	Додаток 13
15	18.02.19	Д	Додаток 14
16	18.02.19	Д	Додаток 15
17	18.02.19	Д	Додаток 16
18	18.02.19	Д	Додаток 17
19	18.02.19	Д	Додаток 18
20	18.02.19	Д	Додаток 19
21	18.02.19	Д	Додаток 20
22	18.02.19	Д	Додаток 21
23	18.02.19	Д	Додаток 22
24	18.02.19	Д	Додаток 23
25	18.02.19	Д	Додаток 24
26	18.02.19	Д	Додаток 25
27	18.02.19	Д	Додаток 26
28	18.02.19	Д	Додаток 27
29	18.02.19	Д	Додаток 28
30	18.02.19	Д	Додаток 29
31	18.02.19	Д	Додаток 30
32	18.02.19	Д	Додаток 31
33	18.02.19	Д	Додаток 32
34	18.02.19	Д	Додаток 33
35	18.02.19	Д	Додаток 34
36	18.02.19	Д	Додаток 35
37	18.02.19	Д	Додаток 36
38	18.02.19	Д	Додаток 37
39	18.02.19	Д	Додаток 38
40	18.02.19	Д	Додаток 39
41	18.02.19	Д	Додаток 40
42	18.02.19	Д	Додаток 41
43	18.02.19	Д	Додаток 42
44	18.02.19	Д	Додаток 43
45	18.02.19	Д	Додаток 44
46	18.02.19	Д	Додаток 45
47	18.02.19	Д	Додаток 46
48	18.02.19	Д	Додаток 47
49	18.02.19	Д	Додаток 48
50	18.02.19	Д	Додаток 49
51	18.02.19	Д	Додаток 50
52	18.02.19	Д	Додаток 51
53	18.02.19	Д	Додаток 52
54	18.02.19	Д	Додаток 53
55	18.02.19	Д	Додаток 54
56	18.02.19	Д	Додаток 55
57	18.02.19	Д	Додаток 56
58	18.02.19	Д	Додаток 57
59	18.02.19	Д	Додаток 58
60	18.02.19	Д	Додаток 59
61	18.02.19	Д	Додаток 60
62	18.02.19	Д	Додаток 61
63	18.02.19	Д	Додаток 62
64	18.02.19	Д	Додаток 63
65	18.02.19	Д	Додаток 64
66	18.02.19	Д	Додаток 65
67	18.02.19	Д	Додаток 66
68	18.02.19	Д	Додаток 67
69	18.02.19	Д	Додаток 68
70	18.02.19	Д	Додаток 69
71	18.02.19	Д	Додаток 70
72	18.02.19	Д	Додаток 71
73	18.02.19	Д	Додаток 72
74	18.02.19	Д	Додаток 73
75	18.02.19	Д	Додаток 74
76	18.02.19	Д	Додаток 75
77	18.02.19	Д	Додаток 76
78	18.02.19	Д	Додаток 77
79	18.02.19	Д	Додаток 78
80	18.02.19	Д	Додаток 79
81	18.02.19	Д	Додаток 80
82	18.02.19	Д	Додаток 81
83	18.02.19	Д	Додаток 82
84	18.02.19	Д	Додаток 83
85	18.02.19	Д	Додаток 84
86	18.02.19	Д	Додаток 85
87	18.02.19	Д	Додаток 86
88	18.02.19	Д	Додаток 87
89	18.02.19	Д	Додаток 88
90	18.02.19	Д	Додаток 89
91	18.02.19	Д	Додаток 90
92	18.02.19	Д	Додаток 91
93	18.02.19	Д	Додаток 92
94	18.02.19	Д	Додаток 93
95	18.02.19	Д	Додаток 94
96	18.02.19	Д	Додаток 95
97	18.02.19	Д	Додаток 96
98	18.02.19	Д	Додаток 97
99	18.02.19	Д	Додаток 98
100	18.02.19	Д	Додаток 99



№№	Позначения	Наименования	Кол	Группы
1	ФБЦ. Д.2. 180219. 201	Полочный шкаф-стеллаж	4	
2	ФБЦ. Д.2. 180219. 202	Местный шкаф	4	
3	ФБЦ. Д.2. 180219. 203	Шкаф	12	
4	ФБЦ. Д.2. 180219. 204	Матрасники по ИИ	9	
5	ФБЦ. Д.2. 180219. 205	Столешня	3	
6	ФБЦ. Д.2. 180219. 206	Местный шкаф	1	
7	ФБЦ. Д.2. 180219. 207	Шкаф reception по	9	
8	ФБЦ. Д.2. 180219. 208	Столешня шкафа	36	
9	ФБЦ. Д.2. 180219. 209	Столешня reception	36	
10	МФ. Д.2. 180219. 210	Столешня для reception	36	
11	МФ. Д.2. 180219. 211	Шкаф для хранения в шкафу	6	
12	МФ. Д.2. 180219. 212	Шкаф для хранения в шкафу	36	

ФБЦ. Д.2. 180219. 200. 3В			
№	Место	Масштаб	Дата
1	1500		

BE 003 642081 ZU 1195Ф



№п/п	Позначение	Наименование	Кол.	Примечание
1	ФБЦ. Д.2. 180219. 301	Котельная на 100	1	
2	ФБЦ. Д.2. 180219. 302	Среднетемпературный котел	1	
3	ФБЦ. Д.2. 180219. 303	Среднетемпературный котел	1	
4	ФБЦ. Д.2. 180219. 304	Буфер-деаэраг для конденсата	1	
5	ФБЦ. Д.2. 180219. 305	Защитная печь	1	
6	ФБЦ. Д.2. 180219. 306	Котел защитный	1	
7	ФБЦ. Д.2. 180219. 307	Котел защитный	1	
8	ФБЦ. Д.2. 180219. 308	Котел и дымосос	1	
9	ФБЦ. Д.2. 180219. 309	Шихтовый ящик	2	
10	ФБЦ. Д.2. 180219. 310	Мельничная система	2	

ФБЦ. Д.2. 180219. 300. 3В

№п/п	Исполнитель	Дата	Вид	Дет.	Масштаб	Страна
1	Исполнитель	Дата	Вид	Дет.	Масштаб	Страна
2	Исполнитель	Дата	Вид	Дет.	Масштаб	Страна
3	Исполнитель	Дата	Вид	Дет.	Масштаб	Страна

Проект системы сжижения газа

для производства аммиака

и метанола в условиях

производства аммиака

и метанола

Проект разработан в

г. Москва

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

Исполнитель

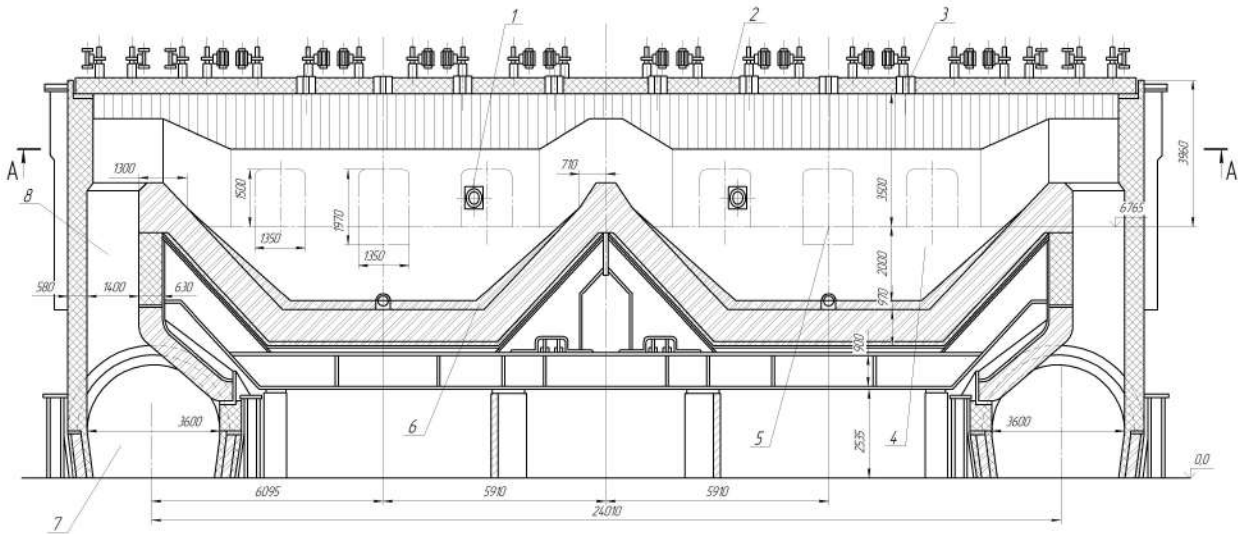
Исполнитель

Исполнитель

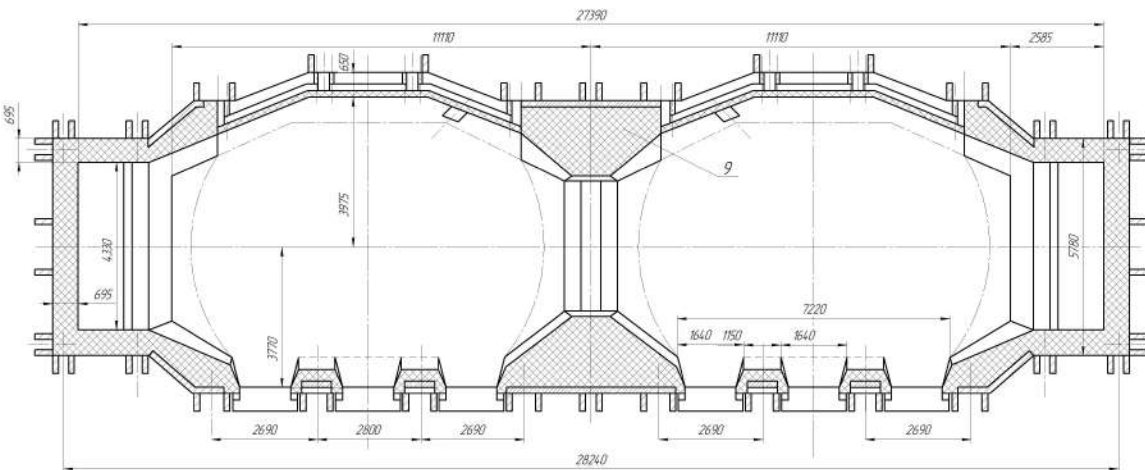
Исполнитель

Исполнитель

BE 007 642081 ZU 1195Ф



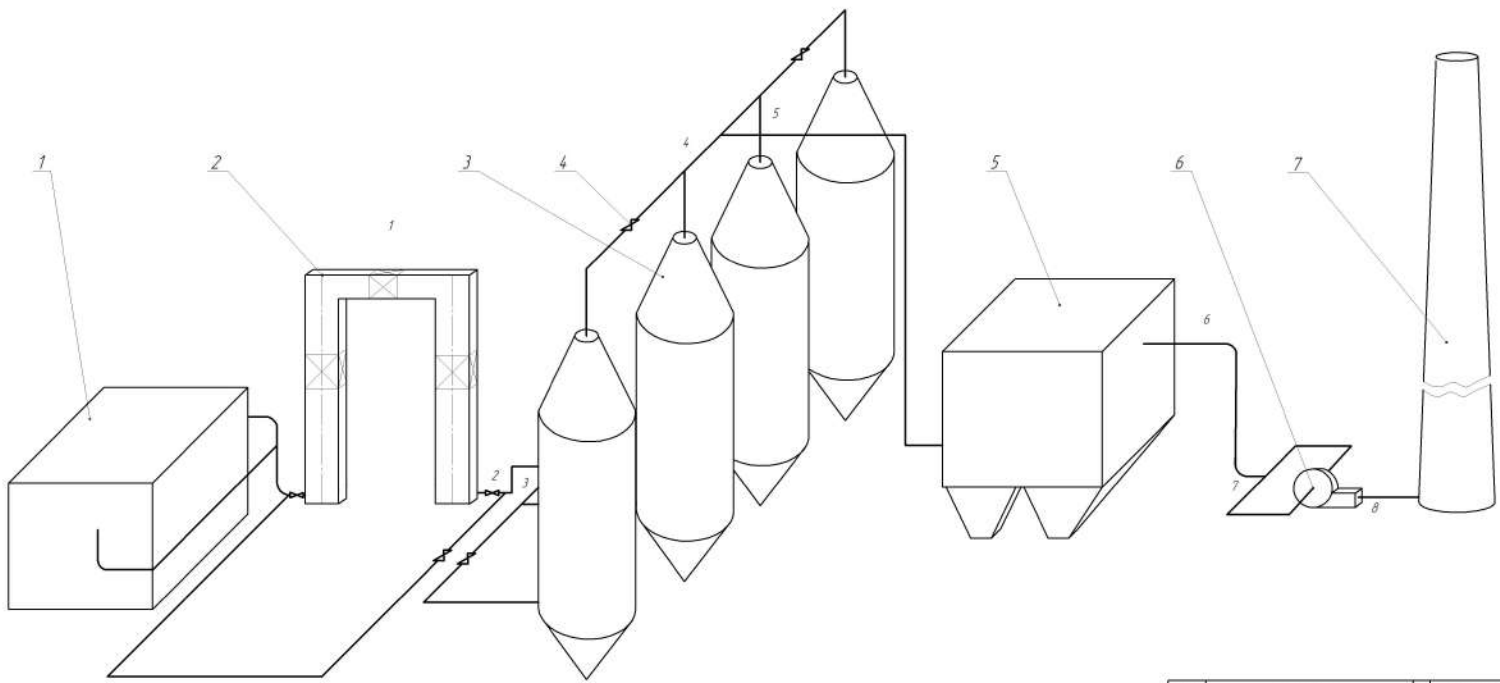
A-A



№п/п	Позначение	Наименование	Кол.	Примечание
1	ФБЦ Д.2. 180219 4.01	Сплетевые вент.	2	
2	ФБЦ Д.2. 180219 4.02	Системный пуч.	1	
3	ФБЦ Д.2. 180219 4.03	Газовые задвижки	8	
4	ФБЦ Д.2. 180219 4.04	Рабочий пролет	1	
5	ФБЦ Д.2. 180219 4.05	Заблочное вент.	6	
6	ФБЦ Д.2. 180219 4.06	Паз пуч.	1	
7	ФБЦ Д.2. 180219 4.07	Шлякостой	2	
8	ФБЦ Д.2. 180219 4.08	Вентиляционные каналы	2	
9	ФБЦ Д.2. 180219 4.09	Фильтростанция	1	
10	ФБЦ Д.2. 180219 4.10	Стандартный отбор	2	

ФБЦ Д.2. 180219. 400 ЗВ

Исполн.	И.В. Давыдов	Дата	2018	Лист	1 из 1
Провер.	С.В. Давыдов	Дата	2018	Лист	1 из 1
Контр.	С.В. Давыдов	Дата	2018	Лист	1 из 1
Исполн.	С.В. Давыдов	Дата	2018	Лист	1 из 1
Контр.	С.В. Давыдов	Дата	2018	Лист	1 из 1



Лист	Наименование	Кол	Примечание
1	Агрегативная линия	1	
2	Колена-уловитель	1	КУ-100
3	Воздушный скруббер	4	АКРП-3000
4	Сорбент	3	
5	Ручной фильтр	1	ФРФ-5700
6	Дисковый	1	ДНН-25х2
7	Донная	1	

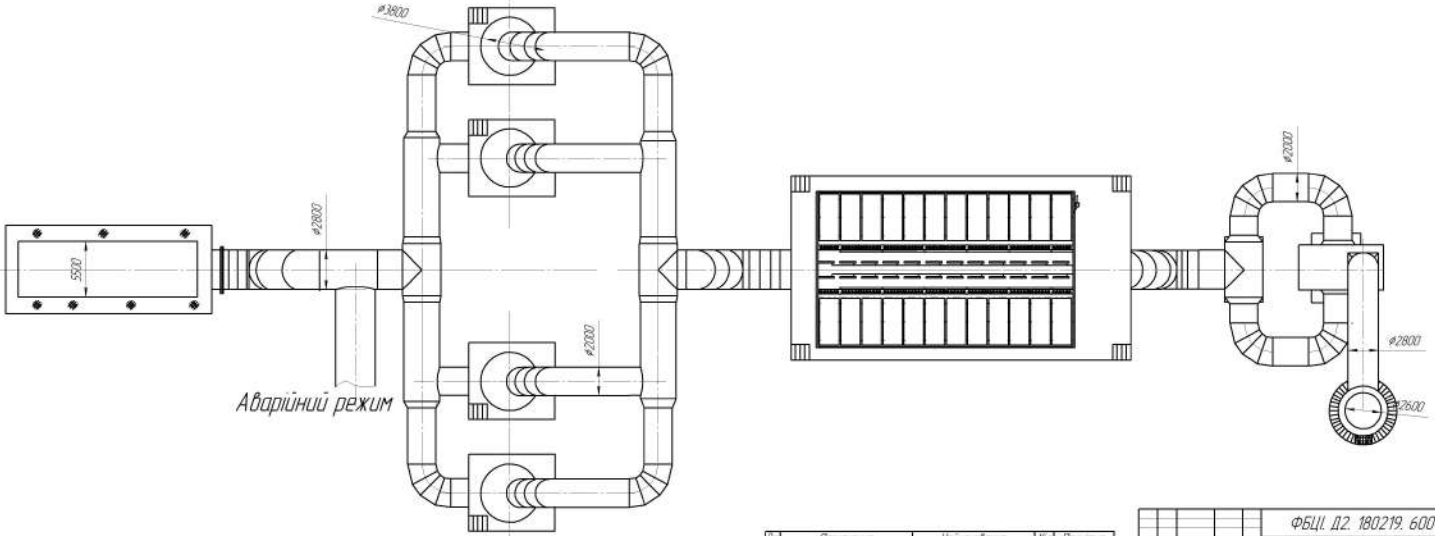
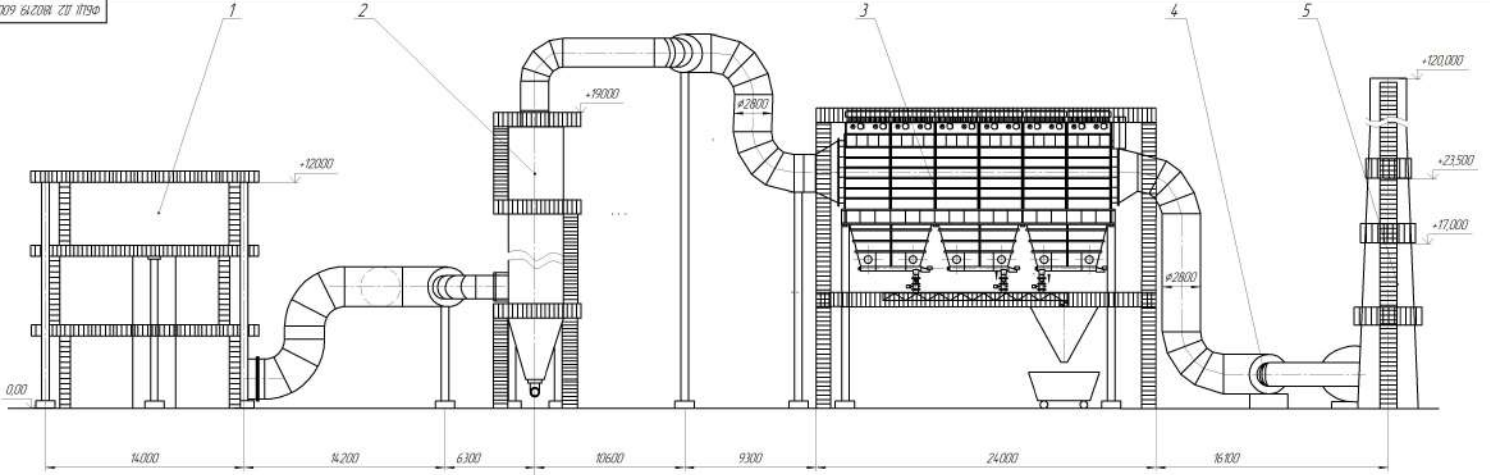
ФБЦ Д.2. 180219. 600 3В			
№	ИП	Дата	Исполн
Проект	Исполн	Дата	Исполн
Контракт	Исполн	Дата	Исполн
Исполн	Исполн	Дата	Исполн
Конт	Исполн	Дата	Исполн

Проект системы очистки воды артезианской скважины и умягчения водопроводной сети

Объем застройки

Исполнитель: ООО "Вододел" г. Минск, ул. Мясникова, д. 10/11

ФБЦ Д2. 180219. 600. 38



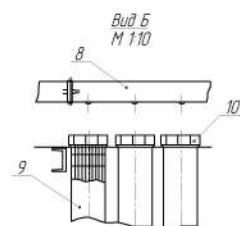
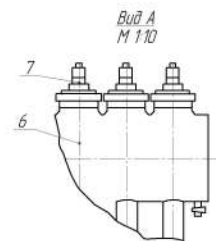
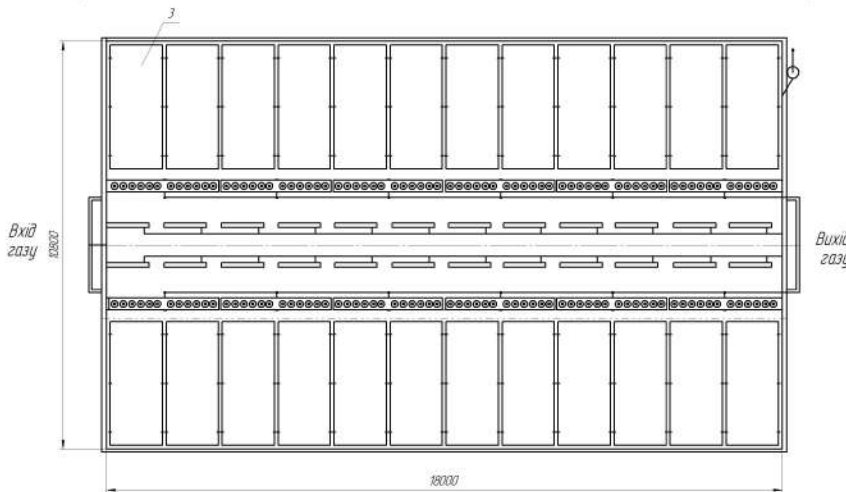
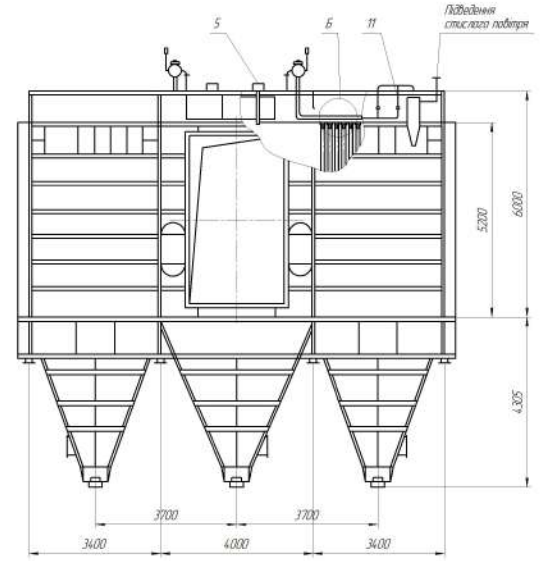
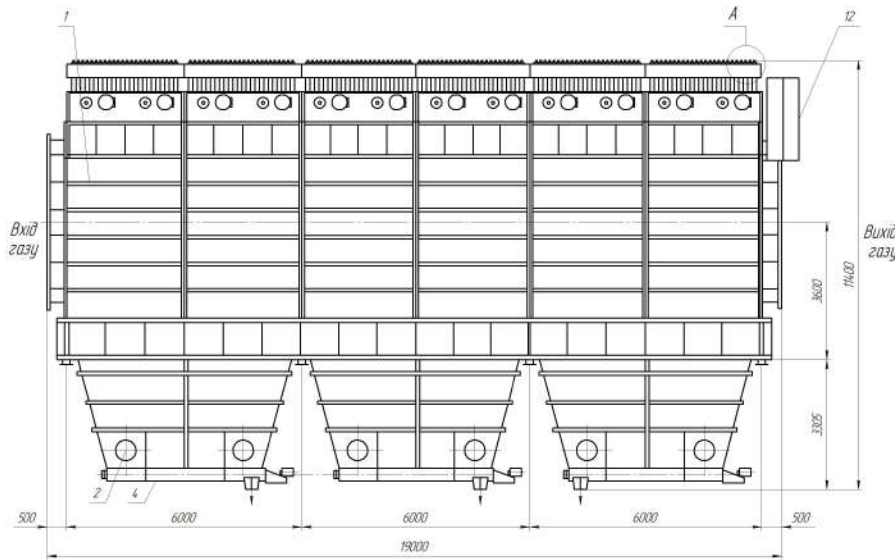
№	Позначення	Назва/назначення	Кіл.	Примітка
1	ФБЦ Д2. 180219. 601	Котел-утилизатор	1	КЧ-100
2	ФБЦ Д2. 180219. 602	Варіантний скруббер	4	АКРП-3800
3	ФБЦ Д2. 180219. 603	Ручковий фільтр	1	ФРП-5700
4	ФБЦ Д2. 180219. 604	Димарте	1	БДН-25х2
5	ФБЦ Д2. 180219. 605	Вентиль	1	

ФБЦ Д2. 180219. 600. 38			
№	П.	Д.	В.
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	1	1
4	1	1	1
5	1	1	1

Лист 1 з 1
175

Робота закладена

ФБЦ Д2 180219 710 3В



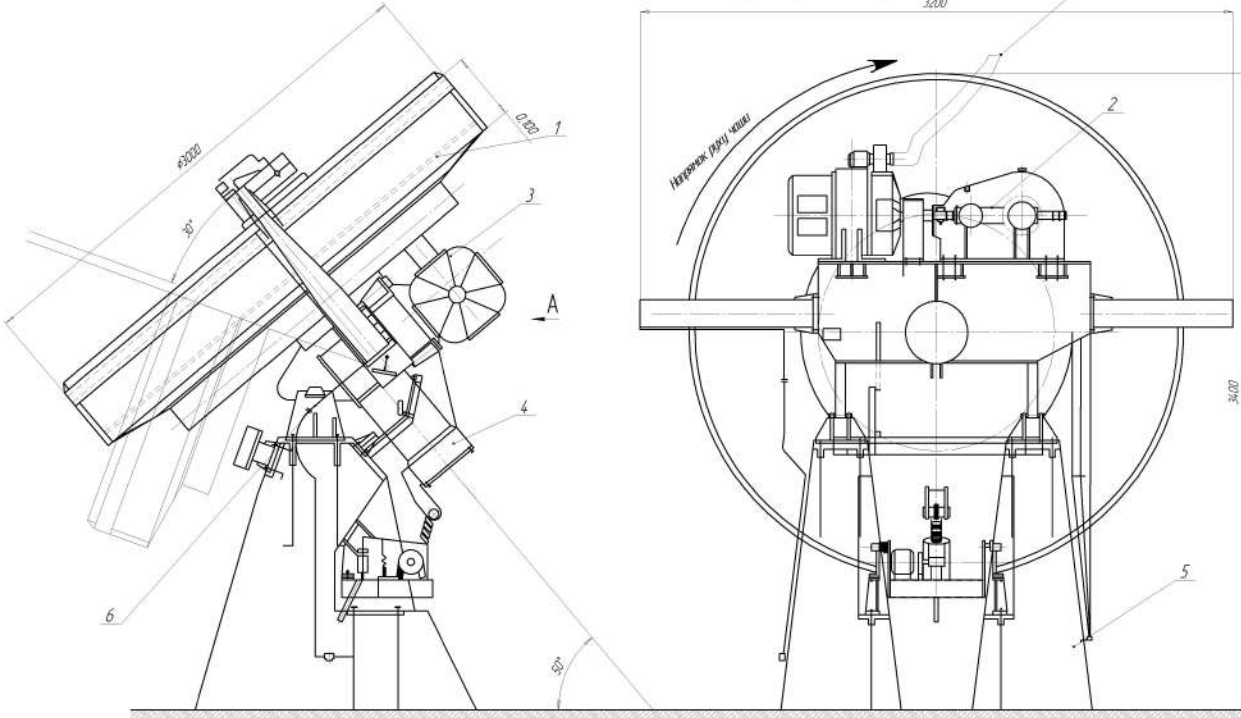
№ п/п	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
1	ФБЦ Д2 180219 701	Корпус фільтра	1	
2	ФБЦ Д2 180219 702	Лік	12	
3	ФБЦ Д2 180219 703	З'єдн. кришка	24	
4	ФБЦ Д2 180219 704	Втулка відкатна	6	
5	ФБЦ Д2 180219 705	Кліпачок відкатний	1	
6	ФБЦ Д2 180219 706	Нижній стиснений повітря	12	
7	ФБЦ Д2 180219 707	Кліпачок пружинний	168	
8	ФБЦ Д2 180219 708	Колікатор роздільний	1	
9	ФБЦ Д2 180219 709	Ручка фільтрувальна	2488	
10	ФБЦ Д2 180219 710	Корпус фільтрувальний	1	
11	ФБЦ Д2 180219 711	Втулка роздільна стисненого повітря	1	
12	ФБЦ Д2 180219 712	Шпала карбонова об'ємно-обмінна системи регенерації	1	

ФБЦ Д2 180219 700 3В

Вантажопідйомність: 150 кг
 Максимальна висота підйому: 3 м
 Максимальна швидкість: 1 м/с
 Максимальна температура: 40°C

ВЕС 0008 612080 211 1179Ф

Вид по стрілці "А"
(чаша і механізм нахилу чаші умовно повернена)

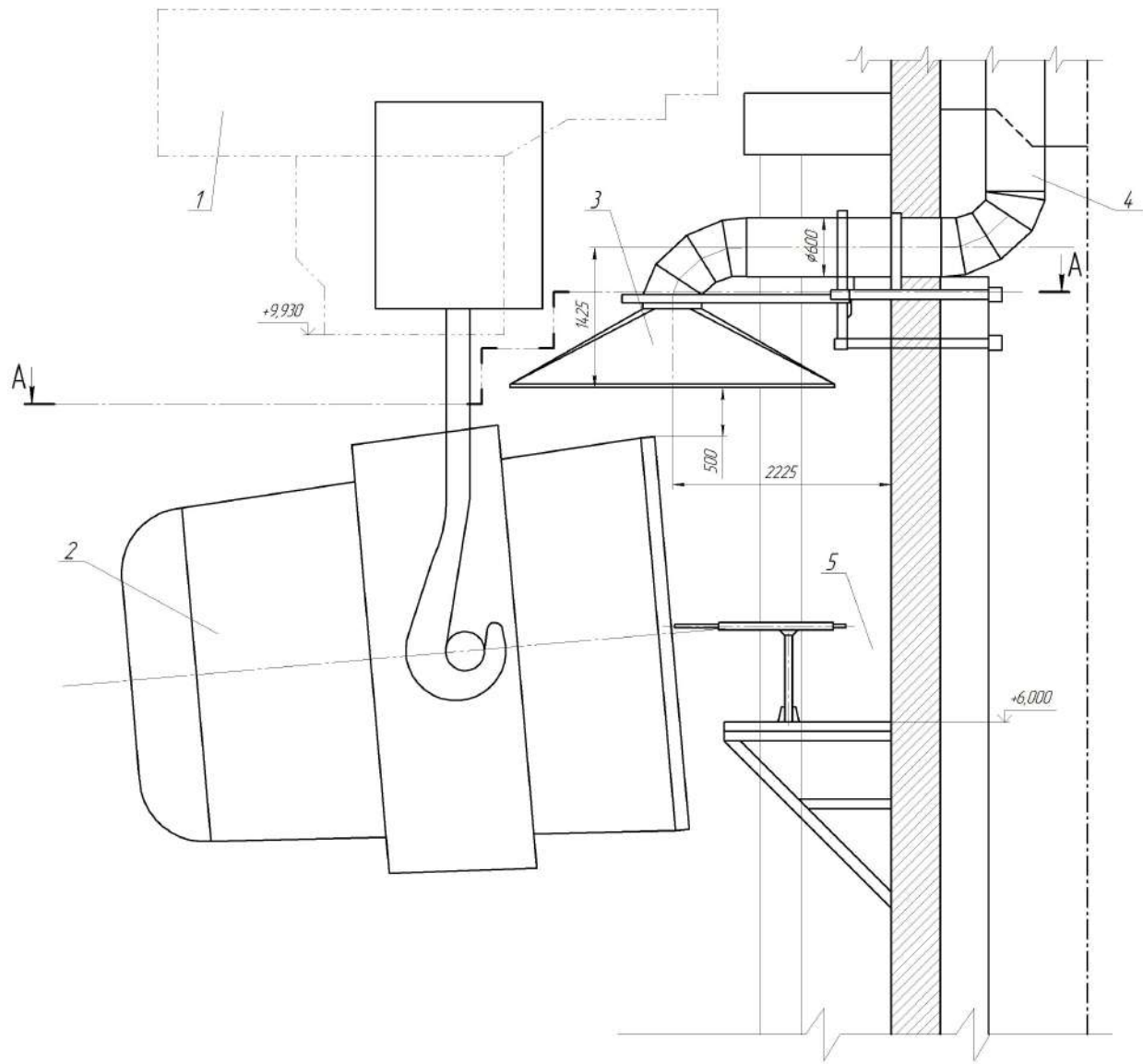


Технічні характеристики:

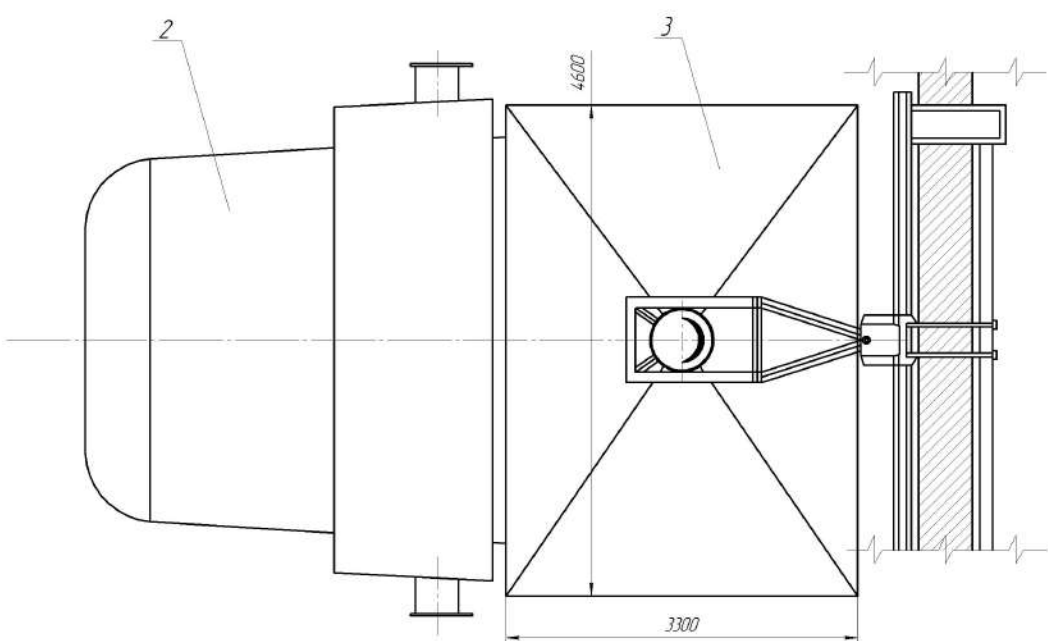
Продуктивність - 4,0-8,0 т/год.
Потужність - 19,8 кВт
Вага - 6860 кг

№	Найменування	К-ть	Примітка
1	Чаша	1	
2	Редуктор	1	
3	Штабель	1	
4	Вал з підшипниками	1	
5	Стійка	1	
6	Вісь підв'язки	1	
7	Рамка для проводу підв'язки до вентилятора	1	

		ФБЦ Д.2. 180219. 800. 3В		Масштаб	
№	Вид	Масштаб	Масштаб	Масштаб	Масштаб
1	Лист	1:10			
2	Лист				
3	Лист				
4	Лист				
5	Лист				
6	Лист				
7	Лист				



A - A



Поз	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
1	ФБЦІ Д2 180219 901	Граблереза різального крану	1	
2	ФБЦІ Д2 180219 902	Сталерозливний кошик	1	
3	ФБЦІ Д2 180219 903	Витяжний паросоль	1	
4	ФБЦІ Д2 180219 904	Газоробій вбудованого газу	1	
5	ФБЦІ Д2 180219 905	Робочий навісний "калараж"	1	

ФБЦІ Д2 180219 900 ЗВ

Мат. Діст.	Мат. Висн.	Вид.	Маса	Примітка
Рисув.	Володимир А.В.			Проект системи суцільної очистки газів маренського виробництва з утилізацією вбудованого пилу
Проф.	Білогорь М.В.			
Контр.	Білогорь М.В.			
Начальн.	Рижко В.Г.			Витяжний зонт над сталерозливним кошиком
Звід.	Кожичев Г.В.			

Лист	Маса	Масштаб
9	120	1:1
Міністерство освіти і науки України, Інститут енергетики, Інститут теплової енергетики, Інститут енергетичного машинобудування		
Формат А1		

Лист 9 з 10
 Стор. №
 Лист 9 з 10

Основні техніко-економічні показники роботи газоочисної установки мартенівського цеху

№ п/п	Найменування показника	Од. вим.	Варіант	
			базовий	проектний
1	Річна виробнича потужність установки	млн. м ³	1656	1680
2	Вміст пилу в газі: - до очищення - після очищення	г/м ³	15 0,12	15 0,02
3	Капітальні вкладення	тис. грн	45484,8	81675,8
4	Експлуатаційні витрати на очищення 1000 м ³ газу	грн	39,833	38,506
5	Економія від утилізації пилу на 1000 м ³ газу	грн	--	3,03
6	Витрати на очищення 1000 м ³ газу з урахуванням економії	грн	39,833	35,476
7	Річний економічний ефект	тис. грн	--	918,960
8	Термін окупності додаткових капітальних вкладень	років	--	4,94
9	Економічна ефективність капітальних вкладень	грн/грн	--	0,2

				ФБЦІ. Д2. 180219. 010 ТБ		
№ п/п	Місце	М. Вихід	Підп.	Місто	Лист	Всього
1	Львів	Белогород А.В.			0	10
2	Львів	Белогород А.В.			Лист	Всього
3	Львів	Белогород А.В.			0	10
				Проект системи суцільної очистки газів мартенівського виробництва з утилізацією виведеного пилу		
				Основні техніко-економічні показники роботи газоочисної установки мартенівського цеху		
				Корекція А1		

Лист № 01
Лист № 02
Лист № 03
Лист № 04
Лист № 05
Лист № 06
Лист № 07
Лист № 08
Лист № 09
Лист № 10