

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ МЕТАЛУРГІЇ

Кафедра металургії
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота / проект

другий (магістерський)
(рівень вищої освіти)

на тему Аналіз особливостей технології виплавки
фероспівкомарганцю на гарячій попередньо біжковленій шихті

Виконав: студент 2 курсу, групи МЕТ-18-1м
Спеціальності 136-Металургія
(код і назва спеціальності)

освітньої програми Металургія чорних
металів
(код і назва освітньої програми)

спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)

А.В. Козловський
(ініціали та прізвище)

Керівник доц. кафедри металургії,
канд. техн. наук, доцент Ворейнікова О.С.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доц. кафедри металургії,
канд. техн. наук, доцент Харченко О.В.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет металургії
Кафедра металургії
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 136 - ~~Металургія~~
Освітня програма Металургія чорних металів
Спеціалізація _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Терновий Ю.Ф.

« 28 » грудня 2019 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ/ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Козловського Анатолія Володимировича
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи (проекту) Аналіз особливостей технології виплавки феросилікомарганцю на гарячій попередньо виробленій шихті
керівник роботи Воронікова Оксана Сергіївна, канд. техн. наук, доцент.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 10 » вересня 2019 року № 15041-с

1 Строк подання студентом роботи 28.12.2019р.

Вихідні дані до роботи Науково-технічна література, статті у фахових виданнях, тези доповідей на міжнародних та всеукраїнських конференціях, матеріали статей та спробів, патенти, АСТУ, ГОСТ, СП та ДБН.

3 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Скорочення та умовні позначки. Аналіз сучасного стану виробництва феросилікомарганцю. Вибір матеріалів та обґрунтування методик дослідження. Дослідження технології виплавки феросилікомарганцю на гарячій шихті. Охорона праці та техногенна безпека. Загальні висновки.
Перелік джерел посилання.

4 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Титульний лист - 1. Мета роботи. Завдання роботи - 1. Хімічний склад марганцевих руд основних родовищ України - 1.
Основні показники виробництва силікомарганцю МНС - 17.

Загальні вид феросилікомарганцю марки МНС17-1. Характеристика
 вуглецевих виробників В-1. Визначення температури рівноважного
 стану процесу сумісного відновлення оксидів марганцю та
 кремнію вуглецем-1. Хімічний склад шихтових матеріалів
 для виплавки феросилікомарганцю-1. Схема дугового плавильного
 агрегату-1. Компоненти шихти в колосі, хімічний склад металу
 та шлаку при виплаві МНС-17-1. Основні показники виплавки
 феросилікомарганцю МНС-17-1. Схема збуковлюючої kabini пульту
 керування дугової печі-1. Загальні висновки-1.

5 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 Аналіз сучасного стану виробництва феросилікомарганцю	Вороннікова О.С.	11.08.2019р.	11.08.2019р.
2 Вибір матеріалів та обґрунтування методик дослідження	Вороннікова О.С.	11.08.2019р.	11.08.2019р.
3 Дослідження технології виплавки феросилікомарганцю на гарячій шихті	Вороннікова О.С.	11.08.2019р.	11.08.2019р.
4 Оцінка праці та техногенна безпека	Вороннікова О.С.	11.08.2019р.	11.08.2019р.

6 Дата видачі завдання 11.08.2019р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Скорочення та умови подання. Вступ	11.08.2019р. - 14.08.2019р.	
2	Аналіз сучасного стану виробництва феросилікомарганцю	15.08.2019р. - 23.08.2019р.	
3	Вибір матеріалів та обґрунтування методик дослідження	24.08.2019р. - 30.10.2019р.	
4	Дослідження технології виплавки феросилікомарганцю на гарячій шихті	01.10.2019р. - 31.10.2019р.	
5	Оцінка праці та техногенна безпека	01.11.2019р. - 22.11.2019р.	
6	Загальні висновки. Перелік джерел посилання.	23.11.2019р. - 07.12.2019р.	
7	Графічна частина	08.12.2019р. - 28.12.2019р.	

Студент АВ
(підпис)

А.В. Кулєвський
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)

ОС
(підпис)

О.С. Вороннікова
(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер

СВ
(підпис)

С.В. Башлій
(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Козловський А.В. Аналіз особливостей технології виплавки феросилікомарганцю на гарячій попередньо відновленій шихті.

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 136 – Металургія, науковий керівник О.С. Воденнікова. Запорізький національний університет. Інженерний інститут. Факультет металургії, кафедра металургії, 2020.

Приведено результати аналітичного дослідження будови марганцево-кремнієвих сплавів у рівновазі з вуглецем. Визначено температуру рівноважного стану процесу сумісного відновлення оксидів марганцю та кремнію вуглецем з урахуванням утворення силікокарбідних фаз марганцю. Порівняно технологічні показники виплавки силікомарганцю на холодній та гарячій шихті. Показана доцільність заміни в шихті доломіту на пегматит при виплавці силікомарганцю.

Ключові слова: СИЛІКОМАРГАНЕЦЬ, ГАРЯЧА ШИХТА, ХОЛОДНА ШИХТА, ПЕГМАТИТ, ОКСИДИ ЛУЖНИХ МЕТАЛІВ.

ABSTRACT

Kozlovskiy A.V. The Feature Analysis of Ferrosilicomanganese Smelting Technology on the Hot Pre-Reduced Charge.

Qualification work for obtaining a master's degree in higher education by specialty 136 – Metallurgy, scientific supervisor O.S. Vodennikova. Zaporizhzhia National University. Engineering Institute. Faculty of Metallurgy, Department of Metallurgy, 2020.

The results of analytic studies of structure of manganese-silicon alloys in the equilibrium with carbon are given. The temperature of equilibrium state of process of joint reduction of manganese and silicon oxides by carbon is defined taking into account the formation of manganese silicocarbide phases. Technological parameters of smelting silicomanganese on cold and hot charge are compared. The advantages of replacement of dolomite in the charge on pegmatite at silicomanganese smelting are shown.

Keywords: SILICOMANGANESE, HOT CHARGE, COLD CHARGE, PEGMATITE, ALKALI METAL OXIDES.

АННОТАЦИЯ

Козловский А.В. Анализ особенностей технологии выплавки ферросиликомарганца на горячей предварительно восстановленной шихте.

Квалификационная работа на получение степени высшего образования магистра по специальности 136 – Metallургия, научный руководитель О.С. Воденникова. Запорожский национальный университет. Инженерный институт. Факультет металлургии, кафедра металлургии, 2020.

Приведены результаты аналитического исследования строения марганцево-кремниевых сплавов в равновесии с углеродом. Определена температура равновесного состояния процесса совместного восстановления оксидов марганца и кремния углеродом с учетом образования силикокарбидных фаз марганца. Сравнены технологические показатели выплавки силикомарганца на холодной и горячей шихте. Показана целесообразность замены в шихте доломита на пегматит при выплавке силикомарганца.

Ключевые слова: СИЛИКОМАРГАНЕЦ, ГАРЯЧАЯ ШИХТА, ХОЛОДНАЯ ШИХТА, ПЕГМАТИТ, ОКСИДЫ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	8
ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ВИРОБНИЦТВА ФЕРОСИЛКОМАРГАНЦЮ.....	12
1.1 Характеристика сировинної бази феросплавної промисловості України.....	12
1.2 Технологічні особливості виробництва феросилікомарганцю.....	17
1.2.1 Фізико-хімічні основи виробництва феросилікомарганцю.....	17
1.2.2 Основні вимоги, що пред'являються до виробництва феросилікомарганцю.....	20
1.3 Висновки.....	23
2 ВИБІР МАТЕРІАЛІВ ТА ОБґРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	24
2.1 Матеріали та методика проведення дослідження.....	24
2.2 Висновки.....	28
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИПЛАВКИ ФЕРОСИЛКОМАРГАНЦЮ НА ГАРЯЧІЙ ШИХТІ.....	29
3.1 Аналіз ефективності попереднього нагріву шихти при виробництві феросилікомарганцю.....	29
3.2 Розрахунок можливої економії електроенергії при використанні попереднього нагріву шихти.....	32
3.3 Фізико-хімічні особливості вуглетермічного відновлення оксидів марганцю та кремнію.....	34
3.3.1 Аналітичні дослідження будови марганцево-кремнієвих сплавів у рівновазі з вуглецем.....	34
3.3.2 Визначення температури рівноважного стану процесу сумісного відновлення оксидів марганцю та кремнію вуглецем з урахуванням утворення силікокарбідних фаз марганцю.....	37

3.4 Дослідження технології виплавки феросилікомарганцю на холодній та гарячій шихтах.....	40
3.5 Організація та витрати на виконання науково-дослідної роботи.....	43
3.5.1 Організація на виконання НДР.....	44
3.5.2 Витрати на виконання НДР.....	46
3.6 Висновки.....	55
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....	57
4.1 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів лабораторії.....	57
4.2 Заходи з поліпшення умов праці.....	59
4.3 Електробезпека.....	61
4.4 Заходи з пожежної та техногенної безпеки.....	61
4.5 Розрахунок звукоізольованої кабіни посту керування.....	62
4.6 Висновки.....	66
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	67
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	68

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ГКЗ – гірничо-збагачувальний комбінат;

МнС25, МнС20, МнС17, МнС14 та МнС12 – силікомарганець з вмістом кремнію 25%, 20%, 17%, 14% та 12% відповідно;

РКЗ-16,5 – руднотермічна кругла закрита піч з номінальною потужністю 16,5 МВ·А;

РПЗ-63 – руднотермічна прямокутна закрита піч з номінальною потужністю 63 МВ·А;

АТ – акціонерне товариство;

НДР – науково-дослідна робота;

ФОП – фонд оплати праці;

ЗП – заробітна плата;

ЄСВ – соціальний внесок;

ППФО – податок на прибуток фізичних осіб;

ЗІЗ – засоби індивідуального захисту;

ЗКЗ – засоби колективного захисту;

АІ – аптечка індивідуальна;

ІПП – індивідуальний протихімічний пакет.

ВСТУП

Аналіз сучасних шляхів підвищення ефективності виробництва силікомарганцю показав на перспективність використання наступних методів [1] – [6]:

- брикетування низькосортних марганцевих концентратів.
- вживання нових шихтових матеріалів (пегматиту, силікатної глиби, туфу, граніту та інших лужних флюсів);
- використання вторинних матеріалів, зокрема, відвальних марганцевих шлаків та шлаків збагачувальних фабрик;
- заміну низькофосфористого шлаку низькофосфористими концентратами, отриманими гідрометалургійними і хімічними способами;
- виплавку марганцевих сплавів із застосуванням попередньо нагрітих шихтових матеріалів.

Запропоновані вище методи сприяють підвищенню витягання марганцю в сплав, зниженню питомої витрати електроенергії, підвищенню продуктивності печей і поліпшенню якості силікомарганцю.

Аналіз особливостей технології виплавки силікомарганцю [7, 8] показав на застосування технології виплавки сплаву на холодній та гарячій (нагрітій до меж від 600 °С до 900 °С) шихтах, при цьому важливим техніко-економічним показником є питома витрата електроенергії на базову тону сплаву, яка при роботі на холодній шихті складає 4950 кВт·год., а на гарячій шихті - 4224 кВт·год. Серед шляхів підвищення ефективності виробництва силікомарганцю досить актуальним направленням є поєднання технології виплавки сплаву на гарячій шихті та застосування лужних алюмосилікатів (пегматитів).

Мета і задачі роботи. Розробка технології виплавки силікомарганцю на гарячій шихті.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити наступні теоретичні та прикладні завдання:

- проаналізувати сучасний стан технологічних можливостей виробництва силікомарганцю;
- проаналізувати можливості використання попереднього нагріву шихтових матеріалів при виплавці марганцевих сплавів;
- провести дослідження технології виплавки силікомарганцю марки МнС17 на холодній та гарячій шихтах;
- проаналізувати потенційно-небезпечні та шкідливі фактори в процесі виплавки силікомарганцю на гарячій шихті.

Об'єкт дослідження: марганцевий агломерат АМнП та марганцевий концентрат І-го сорту, кварцит, доломіт, пегматит, силікомарганець марки МнС17.

Предмет дослідження: технологія виплавки феросилікомарганцю марки МнС17 на гарячій шихті.

Методи дослідження: дослідження хімічного складу шихти для виплавки силікомарганцю проводили за допомогою хімічного аналізу; гранулометричний склад шихти визначали за допомогою ситового аналізу; обробку експериментальних даних проводили з використанням персонального комп'ютера.

Наукова новизна одержаних результатів. Проведено порівняння технологічних показників виплавки силікомарганцю на холодній та гарячій шихті та показана доцільність заміни в шихті доломіту на пегматит при виплавці силікомарганцю.

Практичне значення одержаних результатів. Результати дослідних випробувань можуть бути використані при виробництві феросилікомарганцю в промислових умовах.

Особистий внесок дослідника. Основні результати, наведені в кваліфікаційній роботі магістра, отримані автором особисто. Ним виконано постановку завдань дослідження, обрано методику експериментальних досліджень, проаналізовано та узагальнено результати досліджень, сформульовано загальні висновки.

У роботах, опублікованих у співавторстві, автором досліджено особливості технології виплавки силікомарганцю на гарячій шихті [1, 2].

Апробація результатів роботи. Основні висновки та результати кваліфікаційної роботи магістра доповідалися та обговорювалися на: XXIV науково-технічній конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів ІІ ЗНУ (Запоріжжя, 26–29 листопада 2019 р.); наукових семінарах кафедри металургії Інженерного інституту Запорізького національного університету (Запоріжжя, 2019 р.).

Публікації. Основні результати роботи знайшли відображення у 2 публікаціях, серед них: 1 стаття у збірнику наукових праць магістрантів факультету металургії та 1 теза доповіді на конференцію.

Структура і обсяг роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків, переліку джерел посилання. Загальний обсяг роботи становить 74 сторінки, з них 20 таблиць, 10 рисунків, 70 джерел посилання.

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА

1. Козловський А. В., Воденнікова О. С., Воденнікова Л. В. Дослідження технологічних особливостей виплавки силікомарганцю на гарячій шихті. *Збірник наукових праць магістрантів факультету металургії*. Запоріжжя: ІІ ЗНУ, 2019. Випуск 1 (15). С. 85–89.

2. Козловський А. В., Воденнікова О. С., Воденнікова Л. В. Дослідження технології виплавки силікомарганцю на гарячій шихті. *Матеріали XXIV науково-технічної конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів (Запоріжжя, 26–29 листопада 2019 р.)*. Том І. Металургія як основа сучасної промисловості. Запоріжжя: ІІ ЗНУ. 2019. С. 34–35.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ВИРОБНИЦТВА ФЕРОСИЛКОМАРГАНЦЮ

1.1 Характеристика сировинної бази феросплавної промисловості України

Світові континентальні розвідані запаси марганцевих руд оцінюються на сьогоднішній день в межах від 17,6 млрд. тонн до 18,0 млрд. тонн [9]. Чималі запаси марганцевої сировини України представлені різними типами руд (оксидними, карбонатними, змішаними). Відмітною особливістю марганцевих руд вітчизняних родовищ є відносно невисокий вміст марганцю і підвищена концентрація фосфору і кремнезему (табл. 1.1) [10], що не дозволяє, на відміну від зарубіжних родовищ, використовувати сировину без попередньої підготовки - збагачення.

Основне завдання процесу збагачення полягає в максимальному відділенні від основних марганецьвмісних мінералів порожньої породи, так званих хвостів. Всі методи збагачення засновані на різних механічних, фізичних і фізико-механічних властивостях мінералів руди, а вибір їх для кожного конкретного випадку визначається ефективністю та економічною доцільністю. Технологічна схема збагачення оксидних марганцевих руд представлена на рис. 1.1.

На сьогоднішній день видобуток марганцевої руди в нашій країні здійснюється в основному відкритим і шахтним способами на Нікопольському родовищі. На базі цього родовища діють два найбільші гірничо-збагачувальні комбінати (ГЗК): Орджоникідзевський ГЗК у складі семи кар'єрів, трьох збагачувальних фабрик і однією агломераційною фабрикою та Марганецький ГЗК у складі двох кар'єрів, семи шахт і двох збагачувальних фабрик.

Хімічний склад концентратів, вироблюваних цими ГЗК, представлений в табл. 1.2.

Таблиця 1.1 – Усереднені хімічні склади марганцевих руд основних родовищ України

ГЗК, шахта, кар`єр	Масовий вміст, %								
	Mn	MnO ₂	MnO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	P	н.п.п.
ОГЗК, Олександрівський кар`єр	16,9	2,88	19,50	35,4	4,96	6,86	2,30	0,147	19,8
ОГЗК, Шевченківський кар`єр	25,0	33,00	5,29	36,4	4,86	2,70	1,92	0,170	11,3
ОГЗК, Запорізький кар`єр	24,7	33,10	4,90	35,3	4,78	2,74	2,26	0,166	12,0
ОГЗК, Богданівський кар`єр	23,3	30,80	4,90	35,3	5,39	3,62	2,20	0,155	12,5
МГЗК, Басанівський кар`єр	26,8	34,40	6,54	35,5	3,09	1,24	1,54	0,144	9,4
МГЗК, Грушевський кар`єр	20,3	8,27	19,60	38,6	4,10	6,26	2,14	0,153	19,6
ТГОК, шахта	17,2	0,16	22,10	32,8	4,84	7,77	2,29	0,204	21,8

Таблиця 1.2 – Повний хімічний склад марганцевих концентратів з руд основних родовищ України

Найменування та сорт концентрату	Вміст, %										
	Mn	MnO ₂	MnO	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P	Na ₂ O	K ₂ O
Нікопольське:											
Оксидний I сорт	44,0	48,3	17,4	13,7	3,2	1,3	1,5	1,9	0,19	0,4	1,0
Оксидний ІБ сорт	42,0	46,0	16,7	15,4	3,3	1,4	1,7	2,2	0,19	0,4	1,2
Оксидний II сорт	36,8	38,5	16,2	20,7	3,9	1,8	1,7	2,6	0,19	0,4	1,5
Карбонатний I сорт	31,0	19,3	24,3	19,2	7,3	1,5	2,5	2,5	0,18	0,9	0,9
Великотокмацьке:											
Оксидний I сорт	43,1	56,6	9,5	12,0	2,8	2,1	1,7	5,1	0,22	0,4	1,8
Оксидний II сорт	38,4	44,6	13,2	17,5	3,9	1,3	1,8	2,6	0,22	0,4	1,7
Карбонатні:											
+10мм	27,2	0,5	34,7	10,6	13,1	1,7	2,6	5,0	0,20	0,3	0,5
10-0мм	28,4	1,4	35,5	14,0	9,6	1,5	1,6	2,3	0,19	0,2	0,4

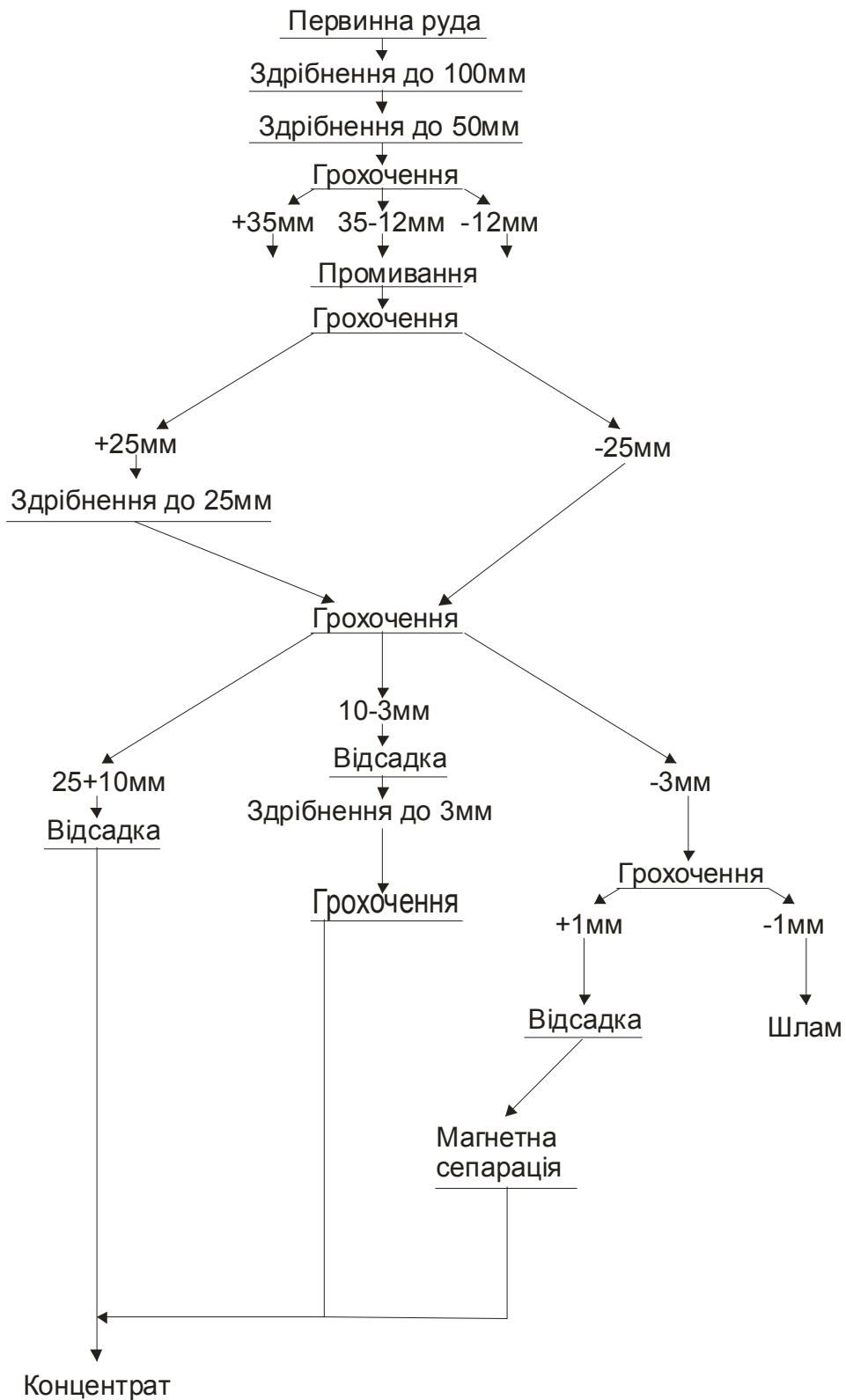


Рисунок 1.1 – Схема збагачення марганцевої руди

У свою чергу, товарні концентрати за фракційним складом не постійні і містять високу долю дрібних фракцій (< 8 мм) малопродатних для використання в рудовідновних печах.

Сума відповідних для плавки фракцій концентрату I сорту складає близько 28%, а II сорту – 18%. Ще дрібніший гранулометричний склад має концентрат пінної сепарації і флотації. Концентрат фракції від 0,2 мм до 8 мм дуже дрібний і не може бути ефективно використаний як компонент шихти без попереднього кускування.

В даний час основним і найбільш освоєним методом кускування марганцеворудної сировини на Україні є агломерація. Слід зазначити, що доля карбонатної сировини в агломераційній шихті постійно збільшується і в даний час наближається до 50% [11]. Відповідно зростає питомий вміст фосфору в агломераційній шихті та феросилікомарганці.

Крім того, при виробництві висококремністого передільного силікомарганцю і рафінованих марганцевих сплавів застосовують малофосфористий високомарганцевистий шлак. Виплавку такого шлаку ведуть періодичним процесом в печах, що нахилиються, з магнезитовим футеруванням потужністю 5 МВА або безперервним процесом в закритих печах потужністю 16,5 МВА. Основні вимоги, що пред'являються до малофосфористого шлаку, представлені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Склад марганцевого малофосфористого шлаку

Марка	Масова доля, %		Призначення
	Mn, н.б.	P, н.б.	
МФШ-А	41	0,012	Для виробництва низькофосфористого феромарганцю і металевого марганцю
МФШ-Б	40	0,015	Для виробництва граничного феросилікомарганцю
МФШ-В	40	0,019	Для виробництва низькофосфористого феросилікомарганцю
МФШ-Г	30	не обмежено	Для виробництва низькофосфористого феросилікомарганцю

При виробництві силікомарганцю всіх марок основним кремнійвмісним компонентом шихти, як у вітчизняній, так і в зарубіжній практиці феросплавного виробництва, є кварцит. За хімічними показниками кварцит повинен задовольняти наступним вимогам: від 96% SiO₂ до 98% SiO₂, не

більше 1,8% Al_2O_3 , не більше 1% засміченості (глина, пісок або інші домішки). Розмір шматків кварциту допускається в межах від 25 мм до 80 мм при масовій долі шматків вище за максимальний розмір не більше 15% і нижче мінімального – 7%. На Україні при виробництві силікомарганцю можуть використовуватися кварцити Овруцького і Васильківського родовищ. Окрім кварцитів основних родовищ можуть застосовуватися і інші матеріали, якісні показники яких відповідають вищезгаданім вимогам.

Другим (після рудної частини) найважливішим компонентом шихти при виплавці феросплавів є відновник (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 – Характеристика вуглецевих відновників

Показник	Металургійний кокс	Коксик	Напівкокс	Нефтяний кокс	Дерев'яне вугілля
Вміст за технічним аналізом, %:					
A	10,65	10,80	27,00	0,71	1,45
W	0,44	1,30	1,90	0,80	2,10
S	0,89	1,34	0,91	4,23	0,04
$C_{тв}$	87,02	86,66	71,49	86,98	83,97
Реакційна здатність при 1323 К, мл/(г·с)	0,69	0,92	8,00	0,42	11,1
Питомий опір, Ом·м	1,21	1,48	7500,00	$3 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$
Структурна міцність, %	83,0	85,0	63,7	64,3	39,0
Щільність, г/см ³ :					
достеменна	1,82	1,95	1,58	1,41	1,40
яка здається	0,91	0,93	0,93	1,12	0,40
Пористість, % (см ³ /г)	53,1 (0,49)	49,7 (0,51)	55,0 (0,67)	20,1 (0,18)	63,8 (1,1)
Склад золи, %:					
SiO ₂	35,4	36,5	75,7	46,3	1,9
Al ₂ O ₃	23,3	22,2	11,2	24,3	3,4
CaO+MgO	3,8	3,9	3,0	10,5	41,1
Fe ₂ O ₃	33,8	33,7	7,6	14,2	0,85
P ₂ O ₅	0,24	0,24	0,03	0,75	0,12

Оскільки силікомарганець виробляють вуглецьтермічним процесом, то у якості відновника використовуються різні вуглецьвмісні матеріали. У реальних умовах феросплавного процесу (високі температури, низький стовп шихти у феросплавній печі, неминучий процес утворення карбідів металів і

газоподібних нижчих оксидів і так далі) найбільш важливою характеристикою вуглецевих матеріалів є їх відновна здатність, з врахуванням електричного опору та інших параметрів. З цієї точки зору найбільш оптимальним вуглецевим відновником є дерев'яне вугілля, але воно має низьку механічну міцність і високу вартість. Основні характеристики вуглецевих відновників представлені в табл. 1.4.

Слід зазначити, що в даний час накопичилися величезні запаси відвальних шлаків від виробництва марганцевих феросплавів, що містять від 13% марганцю до 35% марганцю [12]. Раніше утилізація таких шлаків вироблялася за допомогою їх переробки і реалізації у якості будівельних матеріалів. Проте таку схему треба вважати неефективною із-за великих втрат марганцю, тому є доцільною розробка технологічних заходів щодо залученню даного матеріалу до процесу виробництва марганцевих феросплавів як шихтового матеріалу.

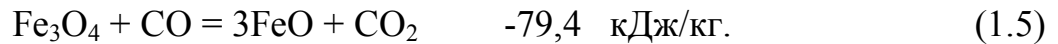
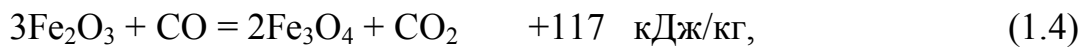
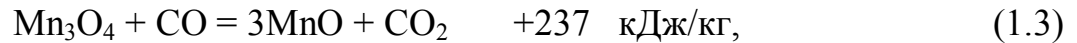
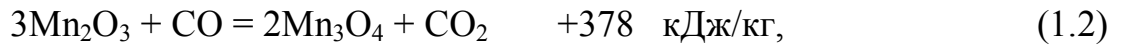
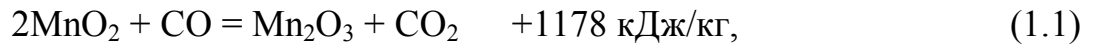
1.2 Технологічні особливості виробництва феросилікомарганцю

Силікомарганець, хімічний склад якого повинен відповідати ДСТУ 3548-97 [13], широко використовують як напівпродукт при виробництві рафінованого феромарганцю і металевого марганцю (MnC20 і MnC25), а також як комплексний розкислювач і легуюча добавку (MnC12, MnC14, MnC17) при виплавці сталі різних марок. Марганець підвищує розкислювальну здатність кремнію. У порівнянних умовах при роздільному розкислюванні сталі чад марганцю складав 46%, кремнію 37%, а при розкислюванні феросилікомарганцем 29% для обох елементів.

1.2.1 Фізико-хімічні основи виробництва феросилікомарганцю

Вживання марганцевої руди (концентрату, агломерату), залізняку, коксу, кварциту, обумовлює різноманіття хімічних реакцій у ванні печі. Вищі оксиди

марганцю MnO_2 , Mn_2O_3 і Mn_3O_4 , а також Fe_2O_3 і Fe_3O_4 відновлюються окислом вуглецю у верхніх горизонтах печі за реакціями:

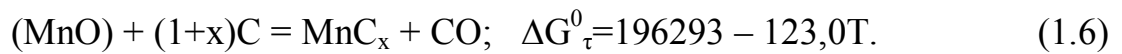


З приведених реакцій видно, що реакції відновлення вищих оксидів марганцю і Fe_2O_3 є екзотермічними процесами.

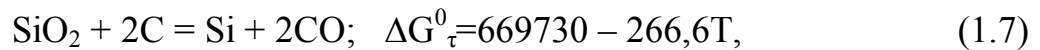
Силікомарганець є складним сплавом системи $Mn - Si - Fe - C$. У розплавах цієї системи у міру збільшення вмісту кремнію знижується розчинність вуглецю в них, що пояснюється вищою термодинамічною міцністю силіцидів в порівнянні з карбідами марганцю. Внаслідок більшої термодинамічної міцності зв'язків $Mn - Si$, чим $Mn - C$, при збільшенні добавок кремнію відбувається розрив менш міцних зв'язків $Mn - C$ з виділенням вуглецю у вигляді вільного графіту або карбїду.

Крім того, фосфор практично не розчиняється в силіцидах [14]. Тому у висококремнистих структурних складових промислового силікомарганцю виявлена залежність зниження фосфору в порівнянні з високовуглецевими фазами.

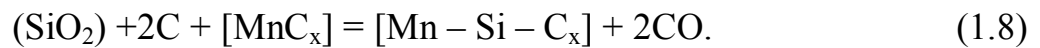
Закис марганцю, що утворюється у ванні печі як продукт розвитку реакцій відновлення вищих оксидів марганцю, може бути відновлений до металу (карбїду) лише твердим вуглецем за реакцією:



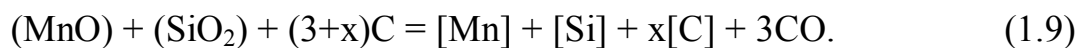
У зоні високих температур помітний розвиток отримує реакція відновлення кремнезему. Наявність металевого розплаву термодинамічно полегшує процес відновлення кремнію:



і утворення силікомарганцю, що може бути описане хімічною схемою:



Теоретична температура початку протікання цієї реакції визначається вмістом кремнію в сплаві. У загальному вигляді процес здобуття силікомарганцю можна представити сумарною реакцією:



При аналізі відновних реакцій виплавки силікомарганцю з різним вмістом кремнію слід мати на увазі, що до 23,5% кремнію рівноважною фазою з цими сплавами є графіт, тоді як при вмісті кремнію більше 23,5% – лише карбід кремнію [15]. Якщо в локальних зонах ванни печі і створюються умови відновлення SiO_2 кварциту до карбіду кремнію, то у контакті з металевою фазою (розплавом силікомарганцю марок MnC_{10} – MnC_{20}) SiO_2 нерівноваговий карбід кремнію руйнується.

Підвищення концентрації кремнію в сплаві досягається завдяки відновленню кремнію на кордоні розділу фаз: оксидний насичений кремнеземом шлаковий розплав – вуглецевий відновник, а також внаслідок взаємодії вуглецю, розчиненого в перших краплях сплаву, з SiO_2 за схемою:



Аналіз багатокomпонентної шлакової системи при виплавці силікомарганцю показує, що масовий вміст від 46 % SiO_2 до 48% SiO_2 в шлаку близько до насичення і є оптимальним.

Сплави складів, які відповідають промисловим маркам МнС12, що закристалізувалися, – МнС20, містять різну кількість карбосиліциду і силікокарбїду (фази Новотного), що і визначає різний рівень концентрації вуглецю в силікомарганці відповідних марок. У висококремнистому силікомарганці МнС25 основної структурної складової є фаза Новотного, рівноважна концентрація вуглецю в якій при 23,5% кремнію складає 0,16%.

1.2.2 Вимоги до виробництва феросилікомарганцю

Вимоги до хімічного складу феросилікомарганцю згідно ДСТУ 3548-97 [13] представлені в табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Вимоги до хімічного складу силікомарганцю

Марка основи сплаву	Масова доля елемента, %					сірки
	кремнію	марганцю, не менше	вуглецю	фосфору		
				А	Б	
не більше						
МнС25	25-35	60,0	0,5	0,05	0,25	0,03
МнС22	20-25	65,0	1,0	0,1	0,35	0,03
МнС17	15-20	65,0	2,5	0,1	0,6	0,03
МнС12	10-15	65,0	3,5	0,2	0,6	0,03

Феросилікомарганець отримують різними способами з наступних видів сировини:

– бідних залізом та фосфором марганцевих концентратів з кварцитом і вуглецем у якості відновника;

– багатих кремнеземом марганцевих концентратів з вуглецем як відновник;

– багатих кремнеземом оборотних марганцевих шлаків з вуглецем у якості відновника;

– вуглецевого феромарганцю і кварциту з вуглецем у якості відновника.

Способи 1-3 мало відрізняються один від одного, їх можна об'єднати під поняттям «Відновлення оксидів марганцю при добавці кварциту і вуглецю у якості відновника». Спосіб 4 у вітчизняній практиці не застосовується.

Висококремнистий силікомарганець застосовується в основному як передільний і тому повинен містити мінімальну кількість заліза, фосфору і вуглецю. Тому його виплавляють з використанням безфосфористого марганцевистого шлаку. Безфосфористий шлак застосовують в шматках розміром від 25 мм до 80 мм, кварцит – від 25 мм до 80 мм, коксик – від 5 мм до 20 мм, вапняк – від 25 мм до 40 мм. Шихту розраховують з умови розподілу елементів між продуктами плавки, приведеного в табл. 1.6.

Таблиця 1.6 – Розподіл елементів між продуктами плавки висококремнистого силікомарганцю

Елемент	Переходить, %		В ульот, %
	в сплав	в шлак	
Марганець	85	9	6
Кремній	57	38	5
Фосфор	56	34	10
Залізо	95	5	-

Основність шлаку приймають рівною 0,55 і зразковий розрахунковий склад шихти наступний: 100 кг безфосфористого шлаку, 31 кг кварциту, 42 кг коксик (сухого), 3 кг вапняку [16]. Кратність шлаку від 0,8 до 1,0. Плавку ведуть безперервним процесом із закритим колошником в печах потужністю 5 МВА та 16,5 МВА. Робоча напруга на низькій стороні біля 150 В. Шихту завантажують у міру її проплавлення, довкола електродів підтримують конуси заввишки від 100 мм до 150 мм.

Нормальна робота печі характеризується стійкою посадкою електродів з глибиною занурення їх в шихту від 900 мм до 1200 мм, рівномірним випуском з

печі сплаву і шлаку, що містить не більше 6% марганцю. Надлишок відновника або робота на крупному коксикі наводить до високої посадки електродів і заохолодження поду печі, а недолік відновника викликає кипіння шлаку під електродами. При скупченні в печі великої кількості тугоплавкого шлаку необхідне введення плавикового шпату і уточнення навішування вапняку. Випуск сплаву проводять п'ять разів у зміну в сталевий ківш, футерований кульгавим магнезитом. Після випуску сплав витримують в ковші протягом часу від 40 хв. до 60 хв., що наводить до зменшення вмісту вуглецю в сплаві на рівні від 50% до 80% в результаті спливання часток карбиду кремнію. Середній хімічний склад сплаву наступний: від 0,04% С до 0,08% С; від 63% Mn до 67% Mn; від 28% Si до 30% Si; від 1,5% Fe до 2,0% Fe; від 0,03% P до 0,04% P. Хімічний склад відвальних шлаків: від 13,2% Mn до 14,5% Mn; від 43% SiO₂ до 47% SiO₂; від 22% CaO до 30% CaO; від 12% Al₂O₃ до 16% Al₂O₃; від 6% MgO до 10% MgO; від 0,3% FeO до 0,7% FeO.

Останніми роками було виконано велике число досліджень по виробництву силікомарганцю з низькоякісних руд [17]-[19].

Різноманіття руд визначило і велике число технологічних рішень:

- попередня виплавка багатого шлаку;
- підшихтовка багатих руд і шлаків;
- виключення з шихти кварциту або введення вапна;
- попереднє кускування або випалення концентратів;
- використання у якості відновника газового вугілля і відходів деревини;
- підбір відповідного шлакового (а значить і температурного) режиму і

т.п.

Перспективне використання для виплавки силікомарганцю марганцевого агломерату, офлюсованого оксидом магнію і відходів виробництва електротермічного силуміну [20].

Дуже чистий за фосфором силікомарганець може бути отриманий з відвальних шлаків виробництва марганцевих сплавів. При виплавці в потужних печах товарного силікомарганцю з використанням марганцевих шлаків з

підвищеною основністю збільшилася продуктивність печі в межах від 3% до 5% і зросло витягання марганцю в межах від 2% до 5% при незначному підвищенні витрати електроенергії [21]. Слід також відзначити що, використання рідких шлаків дозволяє істотно понизити витрату електроенергії – приблизно на 50%.

Аналіз даних матеріального балансу виплавки феросилікомарганцю найбільш масової марки МнС17 показує, що вилучення марганцю в сплав складає від 72% до 75%, а кремнію від 40% до 45% при практично повному (від 80% до 85%) переході фосфору в сплав (табл. 1.7).

Крім того, міра витягання марганцю залежить від вмісту фосфору в сплаві, розмірів і потужності пічного агрегату.

Таблиця 1.7 – Основні показники виробництва феросилікомарганцю

Показник	РКЗ-16,5 0,4%P	РПЗ-63		
		0,4%P	0,35%P	0,25%P
Потужність печі, МВт	16,3	56,3	55,3	54,5
Виробничість печі, баз. т/сут.	96,0	322,6	320,8	287,4
Питома витрата, кг/т:				
– марганцевого агломерату АМН-2 (48% Mn)	895	775	115	-
– марганцевого агломерату АМН-1 (48% Mn)	-	-	281	-
– марганцевого концентрату I сорту (48% Mn)	1020	990	1015	63
– малофосфористого шлаку (48% Mn)	-	-	373	1982
– кварциту	382	386	386	310
– доломіту	43	46	42	24
Вилучення Mn в сплав, %	73,1	77,8	76,7	65,6

1.3 Висновки

1. Проаналізував сучасний стан технологічних можливостей виплавки феросилікомарганцю, встановлено, що на сьогоднішній день феросилікомарганць марок МнС12 - МнС25 виплавляють в печах типу РКЗ-16,5 та РПЗ-63.

2. Визначено основні технологічні особливості та фізико-хімічні основи виробництва феросилікомарганцю.

2 ВИБІР МАТЕРІАЛІВ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Методика дослідження та лабораторне устаткування

При дослідженні технології виплавки силікомарганцю (рис. 2.1) на холодній та гарячій шихтах у якості шихтових матеріалів використовували Нікопольський концентрат 1-го сорту, марганцевий агломерат АМнП, кварцит, коксик, доломіт і пегматит (табл. 2.1).



Рисунок 2.1 – Загальний вид феросилікомарганцю марки МнС17

Таблиця 2.1 – Хімічний склад шихтових матеріалів

Шихтові матеріали	Вміст компонентів, %									
	Mn	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	P	волога
Марганцевий агломерат АМнП	44,4	22,8	3,9	2,1	3,9	1,2	0,5	3,4	0,22	-
Марганцевий концентрат 1 сорту	44,2	15,7	3,8	2,0	2,8	1,9	0,6	1,8	0,204	-
Коксик (зола)	3,0	34,4	3,9	1,1	2,3	1,8	1,0	28,9	0,11	-
Кварцит	-	97,0	0,3	0,2	1,1	-	-	1,0	-	-
Доломіт	-	1,2	33,6	18,4	0,7	-	-	-	-	-
Пегматит	-	75,0	0,85	1,5	15,0	2,8	4,2	-	0,011	-

Виплавку силікомарганцю проводили на установці дугового плавильного агрегату за трьома варіантами плавки (табл. 2.2):

– I-й варіант – плавка на холодній шихті (відповідає вже існуючій технології на АТ «Нікопольський завод феросплавів»);

– II-й та III-й варіанти – плавка на гарячій шихті.

Схема лабораторної установки дугового плавильного агрегату та її технічна характеристика приведені на рис. 2.2 та в табл. 2.3).

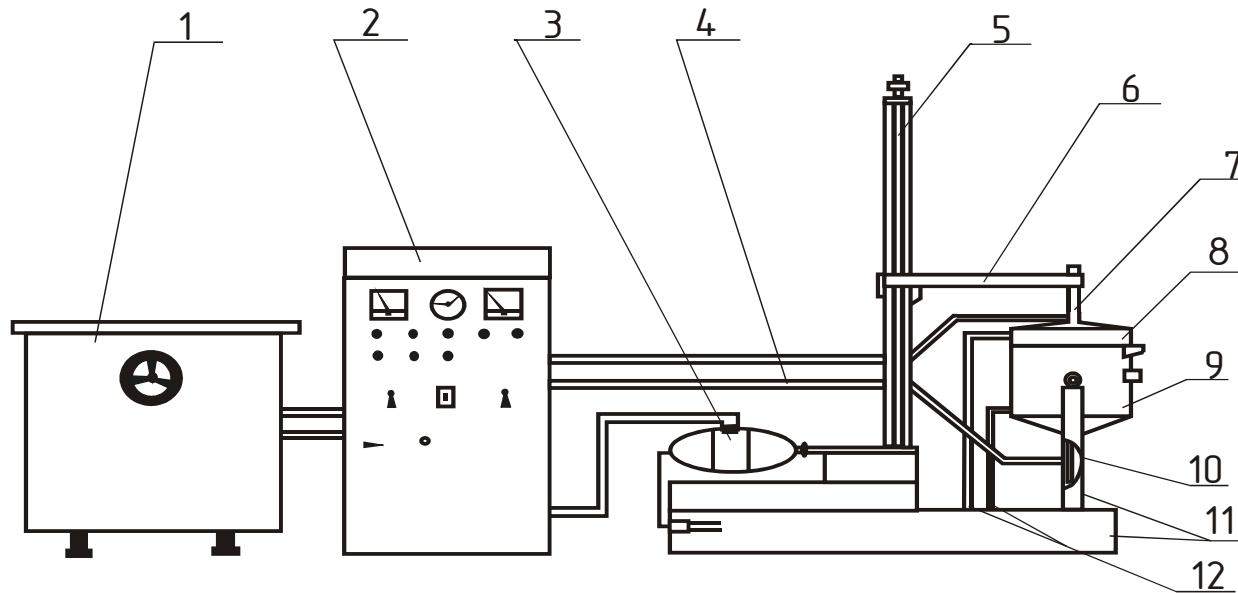
Таблиця 2.2 – Склад колоші за 3-ма варіантами виплавки силікомарганцю

Шихтові матеріали, кг	Варіант плавки		
	I	II	III
Марганцевий агломерат АМнП	60	60	60
Марганцевий концентрат I сорту	100	100	100
Коксик	41	41	41
Кварцит	30	30	12
Доломіт	6	6	-
Пегматит	-	-	24

Таблиця 2.3 – Технічна характеристика лабораторної установки дугового плавильного агрегату

Найменування параметрів, од.вим.	Норми параметрів
Параметри пічного трансформатору типу ТО-50ВЗ:	
– потужність, кВА	31,5-50,0
– первинна напруга, В	380
– вторинна напруга, В	25,4-72,4
– первинний струм, А	83-132
– вторинний струм, А	1235-690
– число рівня напруги	6
– число фаз	1
– частота, Гц	50
– охолодження трансформатора	повітряно-природне
Параметри випрямного агрегату типу ТАБ1-1250/230Т2:	
– випрямна напруга, В	12-63
– випрямний струм, А	1200-600
– cosφ, не менше	0,9
– ККД, %, не менше	96,5
– охолодження блоку вентиля та теристору	водяне
– охолодження інших вузлів	повітряно-природне

Електричний режим плавки задається перемиканням рівнів пічного трансформатора і плавним регулюванням випрямленої напруги у випрямному агрегаті і підтримується по заданому струму автоматичним регулювальником (рис. 2.2). На всіх рівнях напруги потужність, що виділяється в плавильному тиглі, знаходиться в межах від 20 кВт до 30 кВт.



1 – пічний трансформатор типу ТО-50В3; 2 – агрегат, що вирівнює типу ТАБ1-1250/230Т2; 3 – електропривод переміщення каретки електродотримача; 4 – струмопідвідні шини; 5 – колонна; 6 – каретка з електродотримачем; 7 – полий графітовий електрод (катод); 8 – склепіння печі; 9 – ванна печі; 10 – нижній вольфрамовий електрод; 11 – опорні конструкції плавильного агрегату; 12 – подача води на охолодження

Рисунок 2.2 – Схема лабораторної установки дугового плавильного агрегату

Виплавка силікомарганцю здійснювалася безперервним рудотермічним процесом із закритим колошником, з періодичним випуском продуктів плавки через леточний отвір.

При виплавці силікомарганцю за I-м варіантом плавки холодна шихта перед завантаженням в електропіч ретельно дозувалася в бадді, що самозавантажуються, і подавалася в пічні бункери, а потім по труботечкам, у міру проплавлення шихти, завантажувалася електропіч. Температура шихти на поверхні колошника була постійною і складала від 30 °С до 40 °С.

Робота печі на холодній шихті характеризувалася нестійкою таким навантаженням на електродах і різними рівнями їх посадки. Активна зона сходу шихти позначилася лише поблизу електродів, причому схід шихти в кожного з електродів був нерівномірним. Шлак на випусках виходив повільно, з «підшуровкою», оскільки отвір льотки затягувався шлаком.

При виплавці феросилікомарганцю на нагрітій шихті (II-й та II-й варіант плавки) матеріали підігрівалися в трубчастій печі (6 м x 0,8 м), що оберталася, до температури від 800 °С до 850 °С, а потім вивантажувалися у футеровану шамотною цеглиною баддю, що самозавантажуються. Гаряча шихта через постійно відкриті затвори пічних бункерів завантажувалася безпосередньо на колошник електропечі з температурою від 680 °С до 730 °С. Температура шихти в трубчастій печі змінювалася від 50 °С до 70 °С – в завантажувального кінця до меж від 1050 °С до 1100 °С – в зоні горіння факела, а газової фази від меж від 350 °С до 400 °С до межі 1200 °С. Температуру факелу регулювали співвідношенням газу, що подавався в піч, і повітря. На розвантажувальному кінці печі температура знижувалася, і обкладена шихта вивантажувалася з трубчастої печі при температурі від 800 °С до 850 °С.

Процес виплавки силікомарганцю на гарячих шихтах проходив нормально, при цьому свищів і викидів не спостерігалось. Довкола електродів підтримувалися конуса шихти заввишки від 300 мм до 400 мм, посадка електродів була глибокою, схід шихти рівним, струмкове навантаження стабільною і легко стримувалася на заданому рівні. Електроди поступово

піднімалися у міру накопичення розплаву і опускалися після випуску сплаву. Шлак і метал виходили добре прогрітими. Слід зазначити високу рідкорухливість шлаків при виплавці на гарячій шихті з використанням пегматиту.

Витрата електроенергії на плавку складає від 2300 кВт·год. до 2400 кВт·год. Метал і шлак випускали у виливницю і каскадно розташовану шлаковню. Тривалість випуску не перевищувала межі від 5 хв. до 7 хв. Продукти плавки після охолодження обробляли, зважували і аналізували.

Для коректування шихти, що завантажується в електропіч, методами експрес-аналізу визначали вміст кремнію і марганцю в металі кожної плавки і вміст марганцю в шлаку.

Температуру нагрітої шихти і газів, що відводяться, контролювали платинородій-платиновими термопарами ПР-30, встановленими в завантажувальній голівці печі, а також в приймальному бункері трубчастої печі. Температура факела і шихти контролювали ренієво-вольфрамовою термопарою ВР-5/20.

2.2 Висновки

1. Визначено методику дослідження технології виплавки феросилікомарганцю на холодній та гарячій шихтах.

2. Запропоновано схему лабораторного дугового плавильного агрегату для виплавки феросилікомарганцю.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИПЛАВКИ ФЕРОСИЛКО-МАРГАНЦЮ НА ГАРЯЧІЙ ШИХТІ

3.1 Аналіз ефективності попереднього нагріву шихти при виробництві феросилікомарганцю

Значний інтерес у напрямі інтенсифікації виробництва сплавів, у тому числі і марганцевих феросплавів, представляє зарубіжний досвід виплавки феросплавів із застосуванням гарячої шихти [2].

Так, в Чехії на феросплавному заводі в м. Істебне працює трифазна закрита електропіч потужністю 24 МВА, призначена для виплавки вуглецевого феромарганцю на гарячій шихті. Нагрів шихти супроводиться попереднім відновленням марганцевої руди і здійснюється в обпалювальній печі, що обертається, завдовжки 65 м, діаметром 3,4 м з нахилом 3,5 град., футерованою шамотом. Піч обігрівается за допомогою комбінованого пальника, що працює на газах електропечей, що відходять, з вмістом вуглецю 90% та на нафтапаливі.

Завод в Касима (Японія) побудований за проектом фірми «Тоє денки коге», на якому була використана технологія за ліцензією фірми «Елькем Спігерверкет» [22], що передбачає виплавку вуглецевого феромарганцю з використанням попередньо відновлених і нагрітих марганцевих концентратів.

Комплекс установки складається з електропечі потужністю 40 МВА і трубчастій печі, що обертається, завдовжки 75 м із зовнішнім діаметром 3,5 м. Схема виробництва вуглецевого феромарганцю приведена на рис. 3.1.

Суміш матеріалів (марганцеву руду, флюс і кокс) завантажують в трубчасту піч із швидкістю 40 т/год. і нагрівають до 900 °С. Піч, що обертається, працює за принципом протитечії. У якості палива використовується очищений пічний газ. Вугілля подається прямо в гарячу зону печі за допомогою ковшових живильників. По всій довжині піч футерована вогнетривкою цеглиною завтовшки 200 мм.

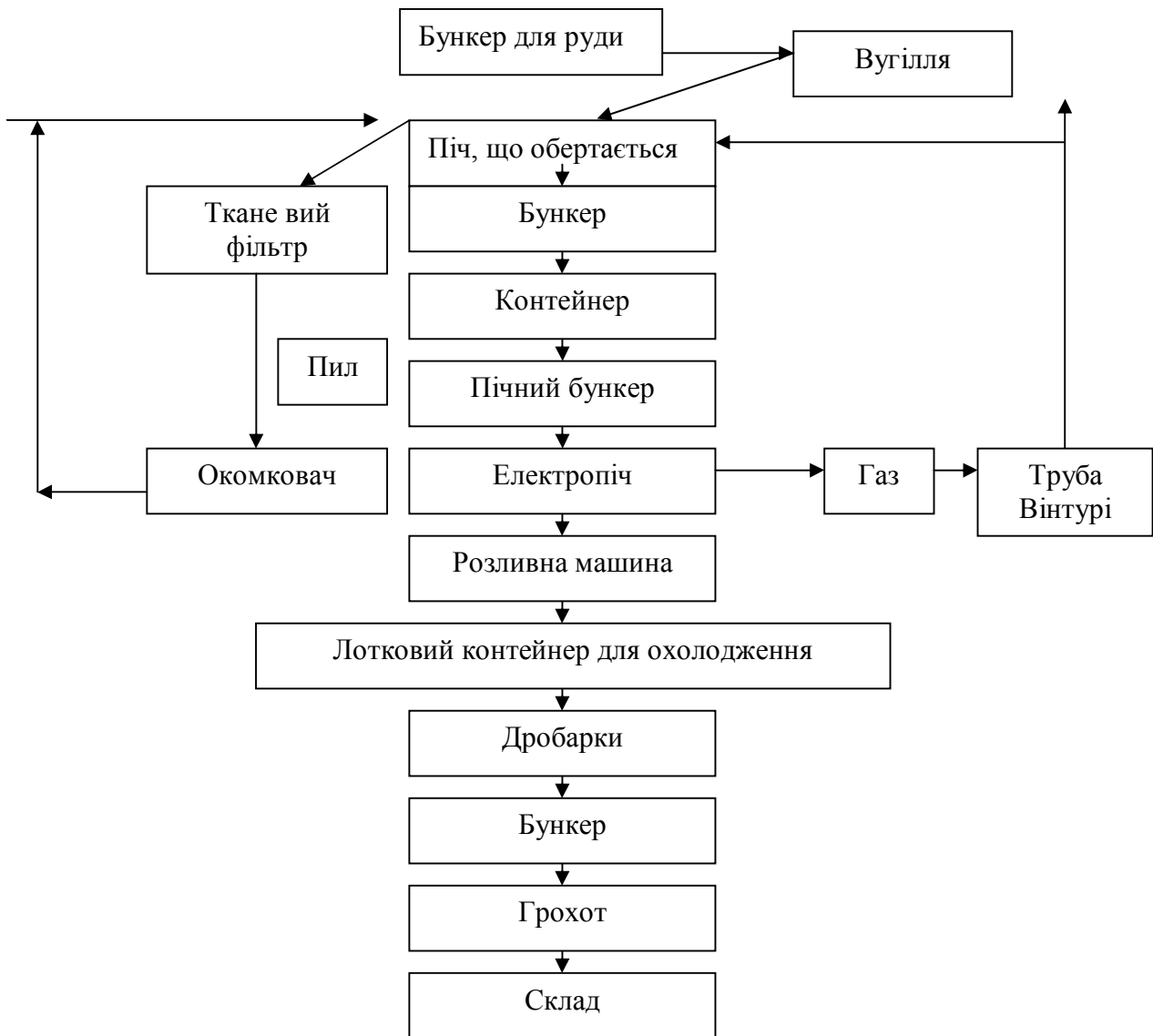


Рисунок 3.1 – Схема отримання високовуглецевого феромарганцю

Гаряча шихта вивантажується з печі, що обертається, через проміжний бункер в контейнер ємкістю 6т, футерований бетоном. Контейнер, наповнений гарячою шихтою, краном піднімається на четвертий поверх, де шихта скидається в шість закритих пічних бункерів, також футерованих вогнетривким бетоном. Сировину, заздалегідь відновлену і нагріту в печі, що обертається, завантажують в електропіч при 700°C через дев'ять труботечек.

Особливо наголошується, що якщо в піч подається нагрітий порошкоподібний матеріал, зависання і викидів шихти не відбувається. Омичний опір в кожного електроду постійно і підтримується на рівні

800 Ом·м. Коефіцієнт потужності печі, що працює при напрузі 204 В і силі струму 100000 А складає 0,72, а при компенсації за допомогою конденсаторів досягає 0,96.

Використання тепла нагрітої шихти, а також попереднє видалення вологи і використання тепла від спалювання летких речовин в печі, що обертається, стабілізує процес в електропечі і робить експлуатацію печі дуже ефективною, не дивлячись на деякі втрати тепла, пов'язане з відсутністю екзотермічних реакцій відновлення вищих оксидів марганцю монооксидом вуглецю і високим тепловмістом газу, що відходить з електропечі. Вказується також, що витрата вуглецю і електродної маси в процесі із застосуванням гарячої шихти нижче, ніж за звичайною технологією, а необхідного електроопору печі можна добитися навіть на гарячій шихті з температурою вище 700 °С. Залежність питомої витрати електроенергії від температури нагріву шихти показана на рис. 3.2.

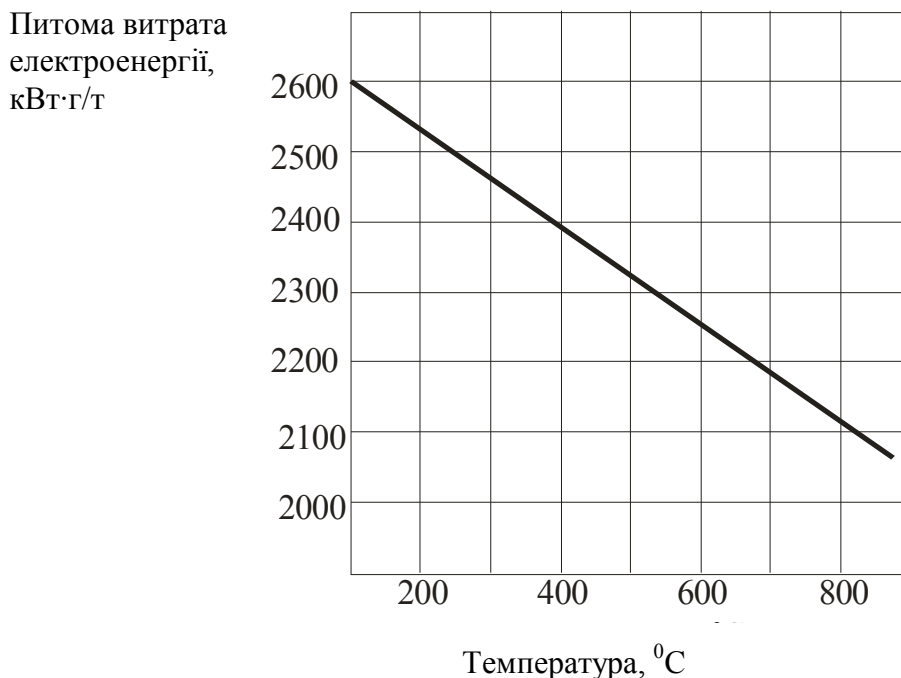


Рисунок 3.2 – Залежність питомої витрати електроенергії від температури нагріву шихти в печі, що обертається

За аналогічною схемою на заводі Хатіно фірми «Тайхейе киндзоку» виплавляють феросилікомарганець в закритій стаціонарній руднотермічній печі з трансформатором потужністю 18 МВА; діаметр корпусу печі 9,2 м, діаметр

електродів 1,2 м. Випалення шихтових матеріалів здійснюється в печі, що обертається, завдовжки 60 м і діаметром 3,0 м.

3.2 Розрахунок можливої економії електроенергії при використанні попереднього нагріву шихти

Використовуючи результати раніше виконаних робіт, а також дослідження закордонних робіт були виконані розрахунки можливої економії електроенергії при виплавці феросилікомарганцю із застосуванням гарячої шихти для умов використання нікопольських марганцевих концентратів.

Зниження питомої витрати електроенергії при виплавці феросилікомарганцю на гарячій шихті обумовлене трьома основними чинниками:

- фізичним теплом, що вноситься до електропечі гарячою шихтою;
- розкладанням доломіту;
- випаром вологи при нагріві шихти в трубчастій печі.

Розрахунок можливої економії електроенергії при використанні попереднього нагріву шихти складається з наступних етапів:

1. Кількість електроенергії, що відповідає теплу, що вноситься нагрітою шихтою в електропеч на 1 базову тонну феросилікомарганцю може бути визначено за формулою:

$$Q=(C_{г.ш.} \cdot t_2 \cdot m_2 - C_{х.ш.} \cdot t_1 \cdot m_1) / K, \quad (3.1)$$

$$Q=(0,26 \cdot 700 \cdot 2961 - 0,22 \cdot 20 \cdot 2961) / 860 = 611,4 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

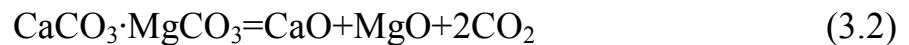
де $C_{г.ш.}$ та $C_{х.ш.}$ – теплоємність гарячої та холодної шихти, ккал/кг·град.

m_1, m_2 – витрата шихтових матеріалів на 1 базову тонну феросилікомарганцю при виплавці на холодній і гарячій шихті відповідно, кг;

t_1, t_2 – температура холодної і гарячої шихти відповідно, $^{\circ}\text{C}$;

К – коефіцієнт перерахунку ккал на кВт·год.

2. Кількість електроенергії, яку необхідно витратити на розкладання карбонатів, що містяться в 1т доломіту за реакцією:



складає 435 кВт·год.

При витраті доломіту 0,093т на 1 базову тонну феросилікомарганцю витрата електроенергії складе:

$$435 \cdot 0,093 = 39,15 \text{ кВт·год.}$$

3. Кількість електроенергії, необхідне на випар вологи шихти:

$$(635 \cdot 0,16 + 1390 \cdot 0,14) \cdot 539 / 860 = 186 \text{ Вт·год,}$$

де 635 і 1680 – витрата коксика і марганцевого концентрату I сорту на 1 базову тонну феросилікомарганцю відповідно, кг;
0,16 і 0,14 – вміст вологи в коксику і концентраті відповідно, в масових долях.

Таким чином, теоретично економія електроенергії при виплавці 1 базової тонни феросилікомарганцю на гарячій шихті повинна скласти:

$$611,4 + 39,15 + 186 = 836,55 \text{ кВт·год.}$$

Для підтвердження розрахункових даних по зниженню питомої витрати електроенергії, а також визначення впливу вживання гарячої шихти на продуктивність електропечі, підвищення витягання марганцю в сплав і розрахунку економічної ефективності пропонованої технології була проведена

дослідна компанія виплавки феросилікомарганцю в лабораторних умовах.

3.3 Фізико-хімічні особливості вуглетермічного відновлення оксидів марганцю та кремнію

3.3.1 Аналітичні дослідження будови марганцево-кремнієвих сплавів у рівновазі з вуглецем

Промислові сплави феросилікомарганцю містять від 15% Si до 30% Si, від 60 % Mn до 74% Mn і від 3,0 % C до 0,3% C. Тому, у своїй більшості, їх можна представити як потрійну систему Mn-Si-C, яку, в свою чергу, більш доцільно розглянути шляхом аналізу її окремих складових, а саме систем Mn-C та Mn-Si.

Вивченню бінарної системи Mn-C присвячено велику кількість робіт [11, 12], [23]-[30], згідно до яких у цій системі присутні наступні карбіди марганцю (рис. 3.3): $Mn_{23}C_6$ (5,38%С), Mn_3C (6,77 %С), Mn_5C_2 (8,03%С), Mn_7C_3 (8,57%С).

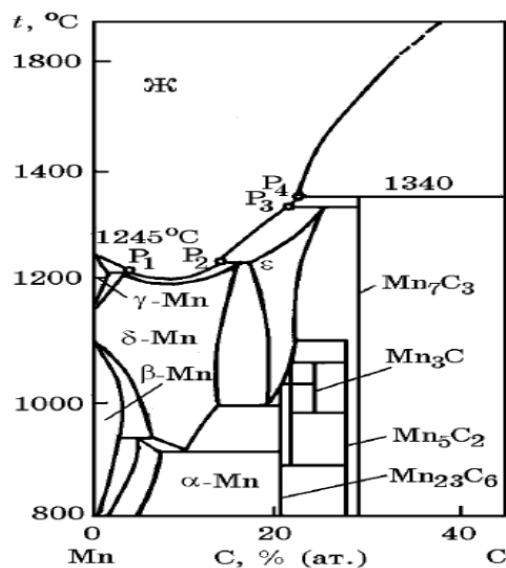


Рисунок 3.3 – Діаграма рівноважного стану системи Mn-C

Залежність $\Delta G_T^0(T)$ для реакції розчинення графіту у рідкому марганці має вигляд:

$$C_T + Mn_{\text{під}} = [C]_{\text{Мп}}, \quad \Delta G_T^0 = 17600 - 25,64T, \quad \text{Дж/моль}. \quad (3.3)$$

Утворення вищого карбиду марганцю Mn_7C_3 в інтервалі температур від 1000 К до 1150 К описується рівнянням:

$$7Mn + 3C = Mn_7C_3, \quad \Delta G_T^0 = 66155 - 58,24T, \quad \text{Дж/моль}. \quad (3.4)$$

Для вищенаведених карбідів визначено величин на один моль вуглецю:

$$1/6\Delta G_T^0(Mn_{23}C_6) = -16015 + 23,43T, \quad \text{Дж/моль},$$

$$1/2\Delta G_T^0(Mn_5C_2) = -45103 + 13,39T, \quad \text{Дж/моль},$$

$$1/3\Delta G_T^0(Mn_7C_{36}) = -42384 + 12,55T, \quad \text{Дж/моль}.$$

Формування даних сполук має місце при виплавці марганцевих феросплавів.

Діаграма фазової рівноваги системи Mn-Si також була предметом досліджень багатьох робіт і представлена на рис. 3.4 [31].

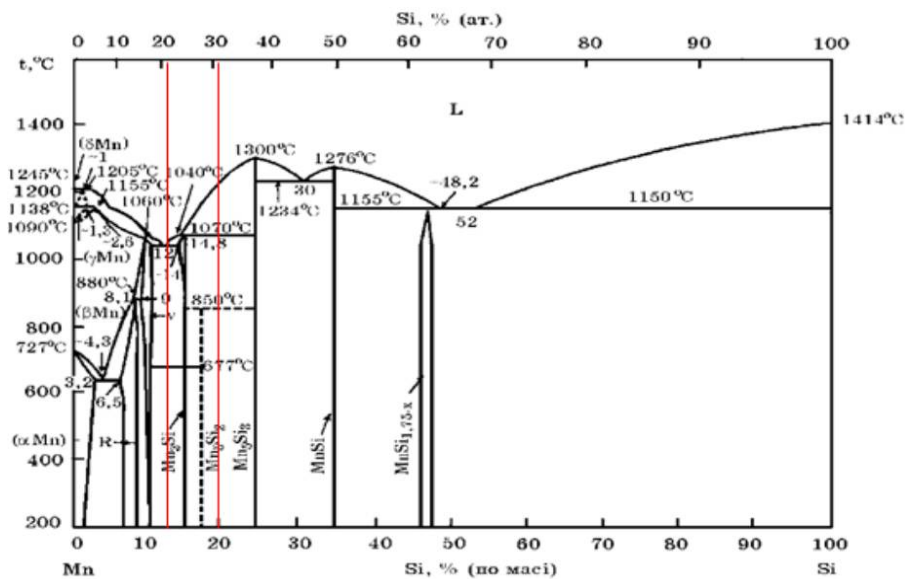


Рисунок 3.4 – Діаграма рівноважного стану системи Mn-Si

У цій системі є чотири твердих розчину кремнію на основі алотропних форм марганцю (αMn), (βMn), (γMn) і (δMn), дві фази з ділянкою гомогенність R-фаза і V-фаза, а також силіциди: Mn_9Si_2 (10,16% мас. Si), Mn_3Si (14,5% Si); Mn_5Si_2 (16,91% Si), Mn_5Si_3 (23,39% Si), MnSi (32,58% Si). У системі Mn_5Si_3 – MnSi існує одна евтектика (30% мас. Si) при 1234 °C.

Силіциди Mn_5Si_3 і MnSi конгруентно плавляться за температур 1300 °C і 1276 °C відповідно. Силіциди марганцю мають дещо меншу термодинамічну міцність, ніж силіциди заліза. Теплоти утворення Mn_3Si , Mn_5Si_3 , MnSi , $\text{MnSi}_{1,7}$ відповідно рівні 17,0 кДж/моль; 24,85 кДж/моль; 30,5 кДж/моль; і 28,15 кДж/моль.

Щільність рідких сплавів системи Mn-Si з підвищенням концентрації кремнію зменшується. Встановлено високу ступінь мікронеоднорідності розплавів особливо в межах концентрації кремнію 25% і вище, що є наслідком спрямованої взаємодії між атомами марганцю, заліза і кремнію.

Крім того, автори [32] додатково виділяють сполуки Mn_6Si і Mn_2Si . Для цих сполук вміст кремнію коливається від 8 % до 34%, що охоплює практично весь спектр промислових сплавів феросилікомарганцю. Слід також зазначити, що силіцид $\text{MnSi}_{1,75-x}$ (в інших джерелах $\text{Mn}_{11}\text{Si}_{19}$) знаходиться там, де раніше відзначали з'єднання MnSi_2 , існування якого новими дослідженнями не підтвердилося [24, 33].

Істотний інтерес мають дослідження будови промислових металевих розплавів марганцю, які одночасно містять кремній та вуглець. В роботі [34] розглянуто структуру промислових сплавів системи Fe-Mn-Si-C. Внаслідок більшої термодинамічної міцності зв'язків Mn-Si, ніж Mn-C при зростанні вмісту кремнію виникає розрив менш міцних зв'язків Mn-C з виділенням вуглецю у вигляді чистого графіту кристалографічної форми або карбїду кремнію. Фазовий аналіз зразків сплавів системи Mn-Si-C_{нас} [34] дозволив виявити закономірність виділення графіту як надлишкової фази при вмісті кремнію до 23,48 % і карбїду кремнію, якщо вміст кремнію збільшується. При вмісті кремнію 23,48 % сплав представлений сілікокарбїдом, який вміщує від

0,15 % C до 0,20% C (фаза Новотного $Mn_5Si_3C_x$) і знаходиться в рівновазі з вуглецем такарбідом кремнію [25].

3.3.2 Визначення температури рівноважного стану процесу сумісного відновлення оксидів марганцю та кремнію вуглецем з урахуванням утворення силікокарбідних фаз марганцю

Процес рівноваги при відновленні оксидів марганцю і кремнію вуглецем без урахування взаємодії реагуючих фаз і продуктів реакції характеризується зміною стандартної енергії Гіббса ($\Delta G_T^0(T)$). У табл. 3.1 наведено значення величин $\Delta G_T^0(T)$ для реакцій відновлення марганцю і кремнію з їх оксидів, згідно різних джерел [6], [11], [23]-[25], [26], [35]-[39].

У деяких джерелах значення $\Delta G_T^0(T)$ для реакції відновлення марганцю наведено з розрахунком на 2 моля кисню (для більш коректного виведення сумарної реакції сумісного відновлення марганцю і кремнію вуглецем), а в інших враховується зміна агрегатного стану продуктів реакцій. Нами проведено порівняльні розрахунки температур рівноваги (табл. 3.1), а також наведено зміну значення $\lg K_p$ в залежності від зміни температури.

Таблиця 3.1 – Значення величини $\Delta G_T^0(T)$ згідно різних літературних джерел

№ з/п	Реакція відновлення	$\Delta G_T^0 = \Delta H_T^0 - \Delta S_T^0 T$, Дж/моль	Температур а рівноваги	
			T, K	t, °C
1	$2MnO+2C \rightarrow 2Mn+2CO$	$\Delta G_T^0 = 545490 - 320,7T$	1701	1428
2	$MnO+C \rightarrow Mn+CO$	$\Delta G_T^0 = 196923 - 123,0T$	1601	1328
3	$MnO+C \rightarrow Mn+CO$	$\Delta G_T^0 = 278806 - 163,83T$	1701	1428
4	$MnO_{(T)} + C \rightarrow Mn_{ж}+CO$	$\Delta G_T^0 = 295706 - 176,06T$	1680	1406
5	$MnO + C \rightarrow Mn+CO$	$\Delta G_T^0 = 288400 - 171,77T$	1679	1406
6	$MnO + C \rightarrow Mn+CO$	$\Delta G_T^0 = 274612 - 164,05T$	1674	1401
7	$2MnO + 2C \rightarrow 2Mn+2CO$	$\Delta G_T^0 = 580590 - 346,4T$	1678	1403
8	$SiO_2 + 2C \rightarrow Si + 2CO$	$\Delta G_T^0 = 697390 - 359,07T$	1942	1669
9	$SiO_2 + 2C \rightarrow Si + 2CO$	$\Delta G_T^0 = 669730 - 366,6T$	1826	1554

Із рис 3.5 та 3.6 випливає, що температура рівноваги для реакції прямого відновлення оксиду марганцю вуглецем знаходиться в межах від 1674 К до 1701 К, а оксиду кремнію – від 1826 К до 1942 К.

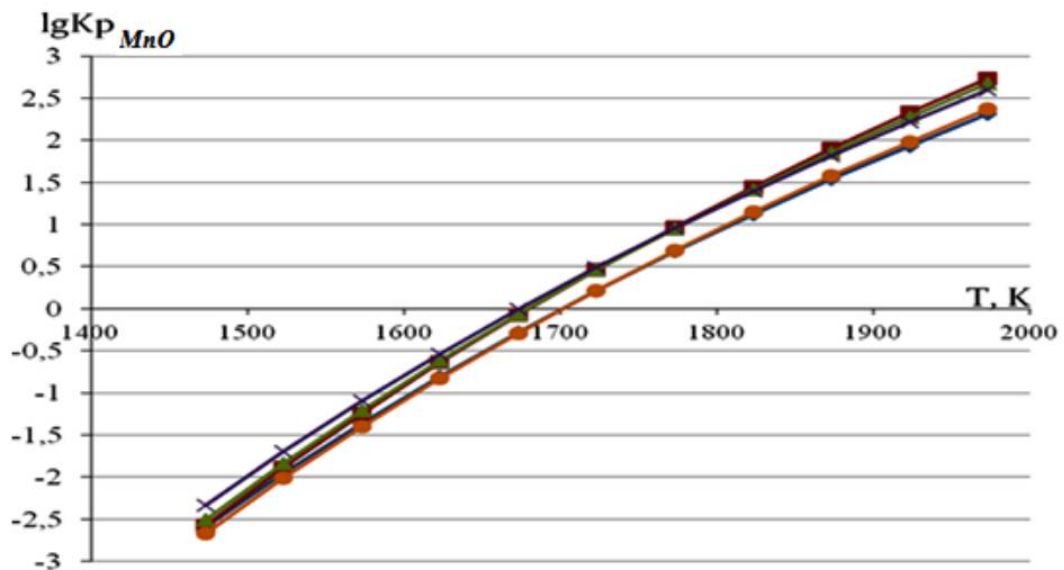


Рисунок 3.5 – Залежність зміни $\lg K_{P(MnO)}$ від температури згідно різних літературних даних ([12], [23, 24], [35]-[39]) для реакції $2MnO+2C \rightarrow 2Mn+2CO$

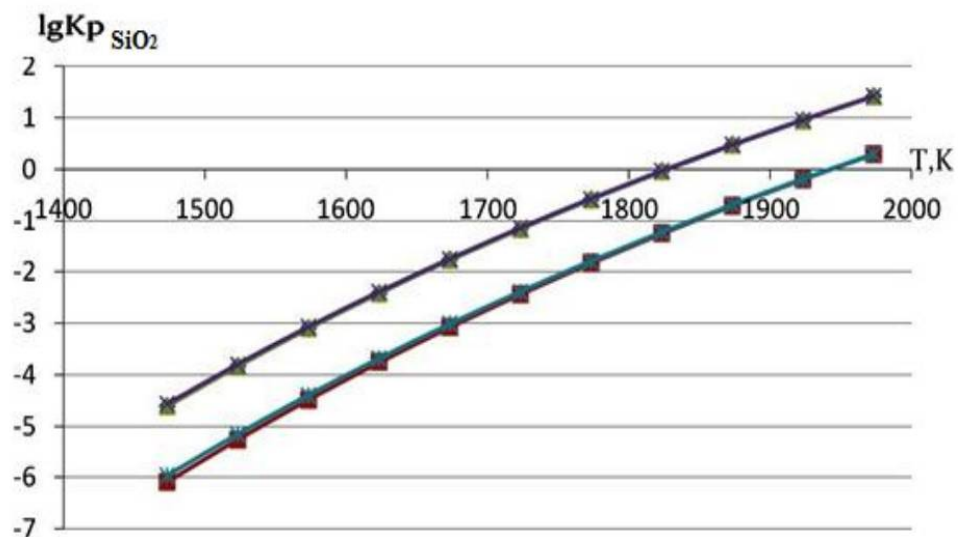
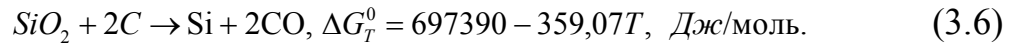
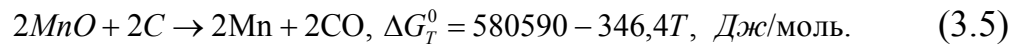
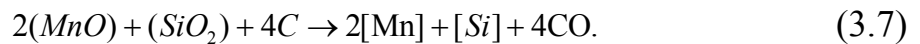


Рисунок 3.6 – Залежність зміни $\lg K_{P(SiO_2)}$ від температури згідно різних літературних даних ([23, 25], [36]-[39]) для реакції $SiO_2+2C \rightarrow Si+2CO$

Для подальших термодинамічних розрахунків з табл. 3.1 приймаємо дані [24] для відновлення оксидів марганцю та дані [35] для відновлення оксидів кремнію:



Тоді, процес відновлення оксидів марганцю та кремнію вуглецем з урахуванням утворення розчинів вихідних фаз та продуктів реакції можна записати у вигляді суми реакцій (3.5) та (3.6) згідно до виразу:



Порівняння значень рівноважних температур вуглетермічного відновлення марганцю та кремнію показує, що:

- температура рівноваги сумарної реакції (3.7), яка враховує сумісне відновлення оксидів марганцю та кремнію вуглецем та взаємодію реагуючих фаз і продуктів реакції становить 1500°C, що на 169 градусів нижче температури відновлення кремнію з кремнезему;

- рівноважна температура відновлення марганцю з його оксиду вуглецем становить 1403 °С, але з урахуванням утворення карбіду Mn_7C_3 знижується практично на 100 градусів і становить 1307 °С;

- утворення карбіду Mn_7C_3 знижує рівноважну температуру процесу сумісного відновлення марганцю та кремнію вуглецем, що узгоджується з даними [40, 41] і дає можливість реалізувати процес при більш сприятливих умовах;

- з урахуванням утворення силікокарбідної фази марганцю Mn_7Si_3C і отриманих даних термодинамічної активності марганцю та кремнію в металевому і шлаковому розплавах температура рівноваги процесу сумісного відновлення з оксидного розплаву із отриманням металевого розчину, що містить 20% кремнію становить 1408 °С, що на 92 °С нижче температури рівноваги за реакцією (3.7) і на 261 °С нижче температури відновлення кремнію

з кремнезему при стандартних умовах ($\alpha_{Si} = 1, \alpha_{SiO_2} = 1$).

Проведені термодинамічні дослідження, що враховують активності компонентів оксидного та металевого розплавів на базі повного хімічного потенціалу, вираженого через зміну вільної енергії Гіббса, дозволили визначити температурний інтервал хімічної рівноваги процесу сумісного вуглецевотермічногновідновлення марганцю та кремнію (від 1450 °С до 1550 °С) з метою проведення подальших лабораторних досліджень з виплавки феросилікомарганцю, який містить від 15 % Si до 20% Si.

3.4 Дослідження технології виплавки феросилікомарганцю на холодній і гарячій шихтах

Експериментальними дослідженнями процесу виплавки феросилікомарганцю на холодній і гарячій шихтах було встановлено, що оптимальна температура шихти складає від 1020 °С до 1050 °С, що виключає розплавлення рудної складової шихти і запобігає настилоутворенню в трубчастій печі. При цьому марганцевий агломерат та марганцевий концентрат має бути представлений фракцією від 5 мм до 50(60) мм; кварцит, доломіт, пегматит – фракцією від 5 мм до 40 мм, а коксик фракцією від 5 мм до 25 мм. Вживання шихтових матеріалів вказаної вище фракції дозволяє отримати нагріту шихту рівномірного хімічного і гранулометричного складу. Повне розкладання доломіту досягається при знаходженні обпалюваної шихти в зоні температур від 800 °С до 1000 °С не менше 12 хв.

Середньоважувальний склад металу і шлаку за 3-ма варіантами плавкок силікомарганцю приведений в табл. 3.2 та табл. 3.3.

Таблиця 3.2 – Хімічний склад металу при виплавці силікомарганцю

Варіант плавки	Вміст компонентів, %				
	MnO	Si	P	Fe	C
I	74,2	17,3	0,361	6,21	1,56
II	74,5	17,2	0,367	5,8	1,61
III	74,1	18,1	0,373	6,32	1,56

На підставі результатів проведених плавок силікомарганцю на холодній і нагрітих шихтах були розраховані основні техніко-економічні показники роботи печі (табл. 3.4).

Таблиця 3.3 – Хімічний склад шлаку при виплавці силікомарганцю

Варіант плавки	Вміст компонентів, %					
	MnO	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Na ₂ O+K ₂ O
I	21,0	46,3	13,8	5,2	7,0	4,95
II	20,93	47,8	12,1	4,9	7,2	4,93
III	20,7	49,5	10,7	4,3	8,8	6,2

Таблиця 3.4 – Основні технологічні показники виплавки силікомарганцю за різними варіантами

Показник	Варіант плавки		
	I	II	III
1. Кількість дослідних плавок	17	38	25
2. Продуктивність, баз.т/доба	4,260	4,940	5,080
3. Продуктивність, %	100	116,2	119,3
4. Питома витрата шихтових матеріалів на 1 баз.т силікомарганцю:			
– марганцева сировина	1,875	1,840	1,750
– кварцит	0,472	0,453	0,158
– коксик	0,520	0,560	0,530
– доломіт	0,094	0,086	0,530
– пегматит	-	-	0,280
5. Витрата електроенергії, кВт·год./т	4950	4224	4010
6. Витягання в сплав, %:			
– марганцю	72,2	73,7	77,5
– кремнію	41,4	41,8	43,5
– фосфору	73,5	74,2	76,6
7. Кратність шлаку	1,148	1,151	1,02
8. Співвідношення між оксидами в шлаку:			
– CaO+MgO/SiO ₂	0,411	0,358	0,320
– Na ₂ O+K ₂ O/SiO ₂	0,107	0,109	0,126
– Na ₂ O+K ₂ O/Al ₂ O ₃	0,708	0,685	0,705

Порівняння результатів дослідних плавок силікомарганцю на холодній і гарячій шихтах показує на (табл. 3.4):

- використання доломіту (варіант II) підвищує витягання марганцю до 73,7 % та знижує питому витрата електроенергії на 3,4 %;
- використанням пегматиту замість частини кварциту і доломіту (варіант

III) дозволяє збільшити продуктивність печі на 19,3%, при цьому витяг марганцю підвищується до 77,5%, а питома витрата електроенергії знижується на 16,1%.

Поліпшення показників виплавки силікомарганцю згідно варіанту III пояснюється вживанням гарячої шихти і пегматиту, що містить в своєму складі лужні алюмосилікати.

Слід зазначити, що введення до складу марганцево-силікатного розплавів оксидів лужних металів збільшує швидкість і міру відновлення марганцю і кремнію з розплаву вуглецем. Крім того, оксиди лужних металів надають більш сильну дію в порівнянні з оксидами лужноземельних металів на зниження в'язкості силікатних розплавів у всьому інтервалі температур аж до температур початку кристалізації, що призводить до кращого осадження корольків металу і зменшення втрат марганцю з шлаками.

Результати дослідних плавок показують, що виплавка силікомарганцю на гарячій шихті з використанням пегматиту, в порівнянні з вживанням звичайної гарячої шихти (варіант II), дозволяє підвищити витягання марганцю на 3,8 %, а питома витрата електроенергії знижується з 4224 кВт·год. до 4010 кВт·год., що складає 3,4 %.

Застосування двох шляхів підвищення ефективності виробництва силікомарганцю, а саме виплавка його на гарячій шихті із застосуванням лужних алюмосилікатів (пегматитів) дозволяє значно підвищити витягання марганцю і кремнію в сплав, понизити питому витрату електроенергії і збільшити продуктивність електропечей.

Таким чином, застосування технології виплавки силікомарганцю на гарячій шихті в напівпромислових умовах дозволяє:

- значно скоротити кількість колошникових газів, що виділяються, та понизити теплові втрати і втрати марганцю в газову фазу, а також спростити систему газоочищення;

- використання колошникових газів закритих феросплавних печей для технологічних цілей;

– покращити умови відновлення марганцю за рахунок підвищення температури в середніх і нижніх горизонтах електропечі [42, 43].

3.5 Організація та витрати на виконання науково-дослідної роботи

Науково-дослідна робота (НДР) – робота наукового характеру, пов'язана з науковим пошуком, проведенням досліджень, експериментами з метою розширення наявних та отримання нових знань, перевірки наукових гіпотез, встановлення закономірностей, що виявляються в природі [44].

Науково-дослідні роботи проводять за тематичними планами наукових досліджень установи, які, як правило, структурно складаються за такими розділами [45]:

- державна тематика;
- програмно-цільова і конкурсна тематика НАН України;
- відомча тематика (відомче замовлення) НАН України;
- пошукова тематика;
- договірна тематика.

При виконанні НДР виділяють наступні основні етапи:

1. Формулювання теми, визначення мети, завдань, об'єкта і предмета дослідження.
2. Складання концепції, програми і плану дослідження.
3. Розробка системи методів дослідження і прийомів їх ефективного застосування.
4. Збір, систематизація та аналіз емпіричного матеріалу. Експериментальні дослідження. Перевірка і уточнення гіпотези.
5. Аналіз і оформлення результатів дослідження.
6. Впровадження результатів і визначення економічної ефективності.

Основними завданнями науково-дослідної роботи магістрантів (дослідників) є:

- оволодіння студентами науковим методом пізнання, поглиблене і творче освоєння навчального матеріалу;
- навчання методології і засобів самостійного вирішення наукових завдань;
- прищеплення навичок роботи в наукових колективах, ознайомлення з методами і прийомами організації НДР.

Тема НДР повинна мати наступні характеристики:

- актуальність - цінність теми на даний момент часу для прогресу науки і техніки;
- наукова новизна - тема в такій постановці ніколи не розроблялася і не розробляється в даний час, тобто дублювання виключається;
- економічна ефективність - запропоновані в результаті наукового дослідження рішення повинні бути ефективніше вже існуючих рішень;
- практична значущість - можливість використання результатів наукового дослідження для вирішення актуальних проблем і завдань, як на виробництві, так і в суміжних або міждисциплінарних дослідженнях.
- відповідність профілю наукового колективу (організації) [46, 47].

Написання та оформлення звіту по науково-дослідній роботі здійснювали згідно ДСТУ 3582: 2013 [48], ДСТУ 1.5:2015 [49], ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 [50] та ДСТУ 3008:2015 [51].

3.5.1 Організація виконання НДР

Для виконання науково-дослідної роботи за темою «Аналіз особливостей технології виплавки феросилікомарганцю на гарячій попередньо відновленій шихті» протягом 01.10.2019 р. - 31.10.2019 р. приймаємо 5-ть етапів НДР, які приведені у табл. 3.5.

Керівником науково-дослідної роботи обираємо інженера, студент-магістрант виступає виконавцем (дослідником) НДР.

Приймаємо, що над виконанням науково-дослідної роботи працює

6 чоловік (табл. 3.6) чоловік протягом 30 календарних днів з посадовим окладам згідно тарифній ставці (не менше 22,41 грн./год.). Нарахування заробітної плати здійснюється 2 рази на місяць - з 16 по 22 число за першу половину поточного місяця та з 01 по 07 число місяця наступного та обраховується за його другу половину.

Таблиця 3.5 – Перелік етапів НДР за темою «Аналіз особливостей технології виплавки феросилікомарганцю на гарячій попередньо відновленій шихті»

№ етапу	Етап НДР	Зміст етапу
1	Літературний огляд і постановка завдання дослідження	1.1 Видача завдання. Формулювання теми, визначення мети, завдань, об'єкта і предмета дослідження. 1.2 Складання плану дослідження. 1.3 Виявлення можливих напрямків дослідження. 1.4 Аналіз сучасного стану виробництва феросилікомарганцю. 1.5 Підбір складу виконавців НДР.
2	Теоретичні дослідження	Розробка та обґрунтування методики дослідження.
3	Експериментальні дослідження	3.1 Аналіз ефективності попереднього нагріву шихти при виробництві феросилікомарганцю. 3.2 Розрахунок можливої економії електроенергії при використанні попереднього нагріву шихти. 3.3 Фізико-хімічні особливості вуглетермічного відновлення оксидів марганцю та кремнію. 3.4 Дослідження технології виплавки феросилікомарганцю на холодній та гарячій шихтах.
4	Узагальнення і оцінка результатів дослідження	4.1 Аналіз та обробка результатів дослідження. 4.2 Виконання графічної частини.
5	Заключний	5.1 Приймання науково-дослідної роботи. 5.2 Захист звіту з науково-дослідної роботи.

Для визначення трудомісткості запланованих робіт найчастіше застосовується метод ймовірнісних оцінок (безпосередній виконавець робіт оцінює максимальну і мінімальну трудомісткість роботи) [52].

Приймаємо наступну оцінку трудомісткості роботи:

– 1-й етап роботи від 6 чоловік до 10 чоловік (приймаємо 8 чоловік);

- 2-й етап роботи від 5 чоловік до 9 чоловік (приймаємо 7 чоловік);
- 3-й етап роботи від 22 чоловік до 29 чоловік (приймаємо 23 чоловік);
- 4-й етап роботи від 8 чоловік до 11 чоловік (приймаємо 9 чоловік);
- 5-й етап роботи від 5 чоловік до 7 чоловік (приймаємо 7 чоловік).

Таблиця 3.6 – Кількість виконавців НДР

№ п/п	Виконавець НДР	Кількість днів, що працює виконавець над НДР					Всього, днів
		1 етап	2 етап	3 етап	4 етап	5 етап	
1	Дослідник	3	3	8	5	3	22
2	Інженер	2	2	2	2	2	10
3	Плавильник сталі та феросплавів	-	-	2	-	-	2
4	Майстер	-	-	2	-	-	2
5	Фахівець	2	1	3	1	1	8
6	Лаборант	1	1	6	1	1	10
Всього: 6 осіб		8	7	23	9	7	54

При невеликій кількості запланованих робіт та відповідно невеликій кількості їх виконавців (6 чоловік) основним документом планування виконання НДР є стрічковий (ступінчатий) графік [52], який передбачає вихід працівників у різний час групами або поодиночці. Відрізком горизонтальної прямої показується тривалість етапу роботи від першого до останнього дня роботи. Загальна тривалість робіт складає 31 календарний (або 22 робочих) день при 8-ми годинному робочому дні (табл. 3.7).

3.5.2 Витрати на виконання НДР

Кошторисну калькуляцію на виконання науково-дослідної роботи складають на весь об'єм робіт за темою НДР [53].

Таблиця 3.7 – Стрічковий графік проведення НДР за темою «Аналіз особливостей технології виплавки феросилікомарганцю на гарячій попередньо відновленій шихті» протягом 01.10.2019 р.-31.10.2019 р.

Етапи	Трудомісткість, чол.·днів	Кількість виконавців, чол.	Тривалість етапів, днів	Виконання робіт у робочі дні																															
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
1	8	4	3	р	р	р																													
2	7	4	3				р	х	х	р	р																								
3	23	6	8								р	р	р	х	х	р	р	р	р	р	р	х													
4	9	4	5																			х	р	р	р	р	р	р	х						
5	7	4	3																											х	р	р	р	р	х

Примітка: х – вихідний день, р - робочий день

Для визначення витрат для проведення дослідження необхідно розрахувати:

- витрати на основні матеріали;
- витрати на додаткові матеріали;
- витрати на фонд оплати праці (ФОП);
- відрахування на відрядження;
- витрати на комунальні послуги;
- витрати на наукові публікації;
- транспортні витрати;

В статтю «Витрати на основні матеріали» входять «Витрати на основні шихтові матеріали» і «Витрати на основне та допоміжне устаткування».

До статті «Витрати на основні матеріали» входять ($B_{\text{матеріалів}}$):

- марганцевий агломерат та марганцевий концентрат;
- кварцит;
- доломит;
- пегматит;
- зола коксу;
- коксик;
- інші матеріали.

До статті «Витрати на основне та допоміжне устаткування» ($B_{\text{устаткування}}$):

– лабораторний плавильний агрегат, що складається з плазменно-дугової печі, пічного трансформатору типу ТО-50ВЗ, випрямного агрегату типу ТАБ1-1250/230Т2, електроприводу переміщення каретки електродотримача, струмопровідних шин, колони, каретки з електродотримачем, опорних конструкцій плавильного агрегату та інших елементів – 1 шт.;

- ємності для зберігання шихтових матеріалів – 10 шт.;
- сита для ситового аналізу – 6 шт.;
- ноутбук ASUS F542UQ-DM060 – 1 шт.;
- ківш – 1 шт.;

– інше обладнання.

Загальні «Витрати на основні матеріали» по науково-дослідній роботі становлять:

$$B_{заг} = B_{матеріалів} + B_{устаткування} \quad (3.8)$$

Приймаємо, що вище зазначене обладнання, окрім ноутбука, вже встановлено в лабораторії, тому при складанні кошторису витрат на проведення науково-дослідної роботи в статті «Витрати на матеріали» ціна обладнання не враховується, а розраховуються тільки витрати в статті «Амортизація основних засобів».

Приймаємо вартість основних матеріалів $B_{матеріалів} = 9000$ грн.

Витрати на статтю «Амортизація основних засобів» визначаються за формулою [53]:

$$S_{ам} = \sum_{i=1}^N \frac{\alpha_{ам,i}}{100} \cdot K_{уст,i} \cdot \frac{T_{вик,i}}{T_{можл,i}}, \quad (3.9)$$

де $\alpha_{ам,i}/100$ – норма амортизаційних відрахувань для даного виду устаткування або приладу;

$K_{уст,i}$ – вартість устаткування або приладу i -го вигляду, грн;

$T_{вик,i}$ – тривалість використання даного i -го виду устаткування або приладу в дослідницькій роботі, год.;

$T_{можл,i}$ – можливе число годин використання i -го виду устаткування або приладів на протязі року;

N – кількість устаткування, шт.

На сьогоднішній день норма амортизації основних засобів від вартості устаткування у відповідність з Законом України «Про оподаткування прибутку підприємств» прийнята для різних груп основних засобів від 1% до 10 % [54].
Приймаємо витрати на статтю «Амортизація основних засобів»

для основного та допоміжного обладнання $A_{обладнення} = 300$ грн.

В розрахунок ФОП виконавців НДР входять наступні статті:

1. Основна заробітна плата наукових, інженерно-технічних і допоміжних працівників, зайнятих виконанням робіт по темі.

2. Додаткова заробітна плата, що включає виплати по оплаті чергових і додаткових відпусток, на виконання державних і суспільних доручень, винагороди.

3. Доплата за роботу в вечірній та нічний час.

4. Доплата за переробку графіка.

5. Премії, заохочення, компенсаційні виплати, надбавки та інше.

6. Доплата за додаткові свята.

При виконанні поточної НДР при нарахування ФОП статті №4-6 не враховуються.

Згідно таблицю обліку робочого часу виконавців НДР приймаємо, що протягом 01.10.2019 р. – 30.10.2019 р. не було відряджень, лікарняних, відпусток, тимчасово недієздатних працівників та інше.

При нарахуванні ФОП приймаємо, що усі 6 виконавців НДР не відносяться до пільгових категорій людей (інваліди, багатодітні, учасники АТО, пенсіонери та інше), тому згідно до Закону «Про оплату праці» заробітна плата (ЗП) виконавців НДР розраховується за формулою [55, 56]:

$$ЗП_{основна}^i = \frac{ЗП_{оклад}^i}{T_{місяць}} \cdot T_{етапу}, \quad (3.10)$$

де $ЗП_{оклад}^i$ – посадовий оклад, грн.;

$T_{місяць}$ – кількість робочих днів в місяці, днів;

$T_{етапу}$ – тривалість певного етапу, днів.

Основна заробітна плата інженера становить:

$$ЗП_{основна}^{інженера} = \frac{15000}{22} \cdot 10 = 6818,18 \text{ грн.}$$

Аналогічно розраховуємо заробітну плату для інших виконавців НДР та заносимо у табл. 3.8.

Загальний фонд заробітної плати розраховується з урахуванням фонду заробітної плати, преміального фонду і додаткової заробітної плати виконавців.

Додаткова заробітна плата виконавців розраховується у розмірі 10 % від фонду заробітної плати [55, 56]:

$$ЗП_{додаткова}^i = \frac{ЗП_{основна}^i \cdot 10}{100}, \quad (3.11)$$

$$ЗП_{додаткова}^i = \frac{20315 \cdot 10}{100} = 2031,5 \text{ грн}$$

Приймаємо, що за період проведення НДР протягом 01.10.2019 р.- 30.10.2019 р. доплати (за роботу в вечірній та нічний час, за переробку графіка, за додаткові свята, премії, заохочення, компенсаційні виплати, надбавки та інше) виконавцям НДР не передбачені.

Загальний фонд заробітної плати складе [55, 56]:

$$ЗП_{заг} = ЗП_{основна} + ЗП_{додаткова}^i + ЗП_{доплати}^i \quad (3.12)$$

$$ЗП_{заг} = 20315 + 2031,5 + 0 = 22346,5 \text{ грн}$$

Єдиний соціальний внесок (ЄСВ) складає 22% від ФОП:

$$ЄСВ = \frac{ЗП_{заг}}{100} \cdot 22, \quad (3.13)$$

$$ЄСВ = \frac{22346,5}{100} \cdot 22 = 4916,18 \text{ грн.}$$

Таблиця 3.8 – Заробітна плата виконавців НДР за темою «Аналіз особливостей технології виплавки феросилікомарганцю на гарячій попередньо відновленій шихті»

№ п/п	Посада виконавця	К-ть, чол.	Оклад, грн.	Тривалість, дні	Доля ставки, %	Основна заробітна плата, грн.	Додаткова заробітна плата, грн.
1	Дослідник	1	7000	22	1,00	7000,00	700,00
2	Інженер	1	15000	10	0,45	6818,18	681,82
3	Плавильник сталі та феросплавів	1	12000	2	0,09	1090,91	109,09
4	Майстер	1	17000	2	0,09	1545,45	154,55
5	Фахівець	1	5400	8	0,36	1963,64	196,36
6	Лаборант	1	4173	10	0,45	1896,82	189,68
Всього		6			2,45	20315,00	2031,5

Утримання із заробітної плати виконавців НДР становлять:

- тимчасово непрацевдатний 2,9% (648,05 грн.);
- фонд безробіття 2% (446,93 грн.);
- податок на прибуток фізичних осіб (ППФО) 18% (4022,37 грн.);
- воєнний збір 1,5% (335,2 грн.);
- профспілковий фонд 1% (223,465).

Тариф на електроенергію в 2019 р. для підприємств та юридичних осіб за цінами ПАТ «Запоріжжяобленерго» становить:

- 1 клас напруги 172,072 коп/кВт·год. (без ПДФ);
- 2 клас напруги 214,336 коп/кВт·год. (без ПДФ).

Вартість електроенергії, що витрачається на проведення дослідження визначають за формулою:

$$S_e = \sum_{i=1}^N T_e \cdot N_{a,i} \cdot T_{\text{вик},i} \cdot m_i, \quad (3.14)$$

де T_e – тариф за кожен споживаний кВт·год., грн.;

$N_{a,i}$ – середня споживана потужність і-го виду устаткування, кВт;

$T_{\text{вик},i}$ – тривалість використання і-го виду устаткування або приладу, год.;

m_i – кількість устаткування і-го вигляду, шт.

Для пошуку інформації в мережі Internet, обробки експериментальних даних, написання звіту з НДР, оформлення нормативної та допоміжної документації використовували ноутбук ASUS X507UB-EJ043.

Прийється, що є особистою власністю студента-магістранта, тому його вартість не враховували в статті «Витрати на матеріали».

У розрахунку враховується амортизацію ноутбука, що становить 2% від вартості устаткування (для групи 4 основних фондів та інших необоротних активів)):

$$A_{\text{комп'ютера}} = \frac{B_{\text{комп'ютера}} \cdot 2}{100}, \quad (3.15)$$

де $B_{\text{комп'ютера}}$ - вартість ноутбука ASUS X507UB-EJ043, приймаємо 13000 грн.

$$A_{\text{комп'ютера}}^{\text{заг}} = \frac{13000 \cdot 2}{100} = 260 \text{ грн.}$$

Розрахунок статті «Витрати на електроенергію» приведено у табл. 3.9.

Таблиця 3.9 – Розрахунок статті «Витрати на електроенергію»

№ п/п	Найменування устаткування	Кі-сть одиниць	Потужність, кВт·год.	Кі-сть годин вико-ня	Тариф за 1 кВт·год., грн.	Всього витрат, грн.
1	Лабораторний плавильний агрегат	1	28	9	2,16	544,32
2	Ноутбук ASUS X507UB-EJ043	1	0,5	50	2,16	54
3	Інше обладнання		$\sum = 2$	20	2,16	86,4
Всього						684,72

З урахуванням загального строку експлуатації ноутбука протягом 7 років (61320 годин роботи) та експлуатації при виконанні НДР протягом 50 годин отримуємо:

$$A_{\text{комп'ютера}} = \frac{260 \cdot 50}{61320} = 0,2 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на статтю «Амортизація основних засобів» складуть:

$$A_{\text{загальні}} = A_{\text{обладнання}} + A_{\text{комп'ютера}}, \quad (3.16)$$

$$A_{\text{загальні}} = 300 + 0,2 = 300,2 \text{ грн.}$$

Кошторис загальних витрат на НДР за темою «Аналіз особливостей

технології виплавки феросилікомарганцю на гарячій попередньо відновленій шихті» визначається на весь об'єм робіт за період 01.10.2019 р.- 30.10.2019 р. (табл. 3.10).

Таблиця 3.10 – Кошторис загальних витрат на проведення науково-дослідної роботи за темою «Аналіз особливостей технології виплавки феросилікомарганцю на гарячій попередньо відновленій шихті»

№ з/п	Статті витрат	Всього витрат	
		грн.	%
1	Витрати на шихтові матеріали	9000	21,951
2	Витрати на устаткування	0	0
3	Амортизація основних засобів	300,02	0,732
4	Фонд оплати праці:		
	– основна заробітна плата	20315	49,549
	– додаткова заробітна плата	2 031,5	4,955
5	ЄСВ (22 %):	4916,23	11,991
6	Витрати на електроенергію	684,72	1,67
7	Витрати на комунальні послуги (за винятком витрат на електроенергію)	1200	2,927
8	Витрати на наукові публікації	1000	2,439
9	Транспортні відрахування	100	0,244
10	Витрати на канцелярію	500	1,22
11	Інші витрати	952,53	2,323
Всього		41000,000	100,000

Таким чином, приведено організацію виконання НДР за темою «Аналіз особливостей технології виплавки феросилікомарганцю на гарячій попередньо відновленій шихті» запропоновано етапи НДР та приведено кошторис загальних витрат на її проведення.

3.6 Висновки

1. Показано, що застосування технології виплавки силікомарганцю марки МнС17 на гарячій шихті з використанням пегматиту замість частини кварциту і доломіту, в порівнянні із звичайною холодною шихтою, дозволяє збільшити продуктивність печі на 19,3 %, при цьому витягання марганцю підвищується з

72,2 % до 77,5 %, а питома витрата електроенергії знижується на 16,1 %.

2. Встановлено, що виплавка силікомарганцю марки MnC17 на гарячій шихті з використанням пегматиту, в порівнянні з вживанням звичайної гарячої шихти, дозволяє підвищити витягання марганцю на 3,8 % та знизити питому витрату електроенергії на 3,4 %.

3. Приведено організацію виконання НДР за темою «Аналіз особливостей технології виплавки феросилікомарганцю на гарячій попередньо відновленій шихті» запропоновано етапи НДР та приведено кошторис загальних витрат на її проведення.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів лабораторії

В лабораторних умовах при дослідженні технології виплавки феросилікомарганцю на холодній та гарячій шихтах біля лабораторного плавильного агрегату (рис. 2.2), що складається з дугової печі, пічного трансформатору типу ТО-50ВЗ, випрямного агрегату типу ТАБ1-1250/230Т2 та інших елементів, основними шкідливими та небезпечними факторами виробничого середовища згідно ГОСТ 12.0.003-2015 [57] є фізичні, хімічні, біологічні та психологічні фактори.

До фізичних шкідливих та небезпечних факторів в лабораторії належать (табл. 4.1) [58]:

- підвищена температура (28°C при нормі від 15°C до 26°C);
- інфрачервоне випромінювання (200 Вт/м^2 при нормі 140 Вт/м^2);
- запыленість (фактична концентрація пилу 16 мг/м^3);
- постійні електричні поля і магнітні випромінювання;
- високий рівень промислових шумів (86 дБА при нормі 80 дБА);
- з високий рівень загальної вібрацій (96 дБ при нормі 92 дБ);
- недостатнє природне або технічне освітлення в робочих приміщеннях.

До хімічних шкідливих та небезпечних виробничих факторів відносяться забруднення повітря токсичними речовинами та пилом (фактична концентрація пилу в повітрі лабораторії становить 16 мг/м^3 , що перевищує норму у 4 рази (табл. 4.1).

Біологічними факторами, що впливають на здоров'я працівників лабораторії, є патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, рикетсії, спірохети) та продукти їх життєдіяльності (не визначалися).

Аналіз потенційно-небезпечних та шкідливих факторів в лабораторних умовах (табл. 4.1) показує, що в лабораторії категорія важкості праці – важка,

категорія напруженості праці - напружена: 1 ступінь 3-го класу (3 фактори) викликає у робітника незначні порушення самопочуття, 2 ступінь 3-го класу (2 фактори) викликає у робітника стійкі функціональні порушення, тимчасову втрату працездатності, початкові ознаки професійної патології; 3 ступінь 3-го класу (1 фактор) викликає у робітника розвиток професійної патології в легкій формі, зростання загальної хронічної захворюваності.

Таблиця 4.1 – Оцінка факторів виробничого та трудового процесу працівника лабораторії біля лабораторного плавильного агрегату

№ п/п	Фактори виробничого середовища та трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	3 клас: шкідливі й небезпечні умови й характер праці			Тривалість дії фактора за зміну, %
				1 ст.	2 ст.	3 ст.	
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³ : I клас безпеки: – кремнію оксид – марганцю оксид III-IV клас безпеки: – азоту діоксид – вуглецю оксид	0,03 0,05 2,0 20,0	0,01 0,03 1,8 25,0			1,25р	50
2	Пил переважно фіброгенної дії, мг/м ³	4	16		4р		50
3	Шум, дБА	80	86	6			50
4	Вібрація (локальна), дБ	92	96		4		50
5	Мікроклімат у приміщенні (теплий період): – температура, °С; – швидкість руху повітря, м/с; – відносна вологість повітря, %; – інфрачервоне випромінювання, Вт/м ²	15-26 0,2-0,6 40-60 140	28 0,4 40 200	2 200			30
6	Категорія важкості та напруженості праці	категорія важкості праці - важка, категорія напруженості праці - напружена					

4.2 Заходи з поліпшення умов праці

Основними заходами поліпшення умов праці та охорони здоров'я в лабораторії є:

- удосконалення режиму роботи працівників;
- поліпшення санітарно-побутових умов праці;
- доведення до нормативного рівня показників виробничого середовища за елементами умов праці (технічні та технологічні рішення);
- запобігання виробничому травматизмові, зниження захворюваності та поліпшення медичного обслуговування та інші [58].

Всі засоби захисту робітників від впливу шкідливих і небезпечних факторів виробничого середовища поділяються на два в класи [59]:

- засоби індивідуального захисту (ЗІЗ);
- засоби колективного захисту (ЗКЗ).

В умовах лабораторії у якості засобів індивідуального захисту згідно ГОСТ 12.4103-83 [60] використовують спеціальний одяг, засоби захисту рук і ніг, засоби захисту очей (окуляри), голови (каска). За засобами захисту, що знаходяться в експлуатації тривалий час, повинен бути встановлений особливий контроль, щоб своєчасно провести їх заміну або ремонт. До медичних засобів індивідуального захисту відноситься аптечка індивідуальна (АІ-2), індивідуальний протихімічний пакет (ІПП-8) і пакет перев'язувальний індивідуальний.

З метою профілактики зневоднення організму рекомендується правильно дотримуватися питного режиму. Рекомендована температура питної води, напоїв, чаю повинна становити не нижче +10–15°C.

З колективних засобів захисту згідно ГОСТ 12.4.026-2015 [61] використовують знаки безпеки, попереджувальні плакати для електроустановок.

Засобами колективного захисту від вібрації є віброізоляція, що здійснюється введенням проміжної ланки між джерелом вібрації і робочим

місцем або тією частиною інструменту, яка має безпосередній контакт з тілом працюючого [58].

Одним з заходів зниження концентрації пилу в лабораторії є осношення приміщення лабораторії припливною системою вентиляції, що націлена на забезпечення вільного припливу свіжого повітря в об'ємах, якого буде достатньо для повноцінного функціонування виробництва. У системах припливного типу, в основному, використовують каналні вентилятори, які роблять забір повітря ззовні з наступним його пропуском через калорифери, де відбувається нагрів і зволоження (якщо потрібно). Витяжна система виконує видалення забрудненого повітря, а його заміщення на чистий відбувається неорганізовано - через віконні і дверні отвори [57].

Для зниження рівня шуму в лабораторії використовують облицювання стелі та стін звукопоглинальним матеріалом (знижує шум на 6-8 дБ), установку звукопоглинального кожуха та раціональне планування приміщення. Для захисту органів слуху робітників застосовують зовнішні противошуми - шумозахисні навушники, які покривають вушну раковину. Заглушки послаблюють шум від 5 дБ до 7 дБ при частотах до 500 Гц і на 15 дБ при частотах понад 3000 Гц [62].

Освітлення приміщень і робочих місць лабораторії повинно відповідати вимогам СП 52.13330.2016 [63]. Нормативна освітленість робочої поверхні складає 50 Лк. Штучне освітлення приміщення лабораторії забезпечується люмінесцентними лампами ЛБ80-4 та повинно відповідати вимогам ПУЕ - 2017 [64]:

- освітлення повинно забезпечувати необхідний за технологічними і гігієнічними нормативами рівень загальної та локальної (місцевої) освітленості в побутових, робочих та інших умовах, тобто бути достатнім;
- максимально наближатися до спектру природного освітлення;
- не створювати великої яскравості;
- забезпечувати потрібну рівномірність;
- не змінювати фізико-хімічні властивості повітря;

– не бути джерелом пожежної небезпеки, додаткового шуму і теплового випромінювання;

– бути компактним, естетичним, доступним для огляду та підтримки чистоти.

4.3 Електробезпека

Безпека експлуатації електроустановок забезпечується застосуванням ряду технічних способів і засобів, що використовуються окремо або в поєднанні один з одним. При нормальному режимі роботи це вирівнювання потенціалів, електричне розділення полів, ізоляція струмоведучих частин, застосування захисних пристроїв, попереджувальна сигналізація, блокування, використання знаків безпеки, засобів захисту та запобіжних пристроїв [58, 65]. Для захисту робітників від поразки електрострумом всі неструмоведучі частини електроустаткування в цеху обладнані захисним заземленням в мережах напругою до 1000 В згідно ГОСТ 12.1.003-2014 [62].

Все електричне обладнання лабораторії повинно бути спроектовано та виготовлено з урахуванням запобігання ураження електричним струмом відповідно до ГОСТ Р МЭК 60204-1-2007 [66]. Для живлення виробничого устаткування в лабораторії застосовують чотирихпроводну мережу трифазного струму із глухозаземленою нейтраллю напругою 380/220 В.

4.4 Заходи з пожежної та техногенної безпеки

Пожежна безпека лабораторії забезпечується відповідно ДБН В.1.1.7-2016 [67]. Евакуація людей з приміщення лабораторії, що знаходиться на другому поверсі, у разі виникнення пожежі забезпечується через евакуаційні виходи, які повинні вести в коридор, ведучий на сходову клітку. Кількість евакуаційних виходів повинна бути не менше двох.

До первинних засобів пожежогасіння в лабораторії відносять:

вогнегасники ВП-10, ВВ-2, ВВП-1Д, пожежний інвентар (покривало з негорючого теплоізоляційного полотна, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати); пожежний інвентар (багри, ломи, сокири та інші). Цех має внутрішній протипожежний водопровід з пожежними кранами та рукавами.

На території лабораторії забороняється:

- закривати й захищувати проїзди, під'їзди й підходи до будівлі, водопровідним і пожежним гідрантам;
- виключати окремі ділянки водогінної мережі, внутрішні пожежні крани, знижувати встановлений тиск у мережах;
- допускати до вогневих робіт осіб, які не пройшли інструктаж пожежного техмінімуму;
- користуватися водою з пожежних водойм і засобами пожежогасіння не за прямим призначенням;
- застосовувати відкритий вогонь при огляді устаткування й комунікацій.

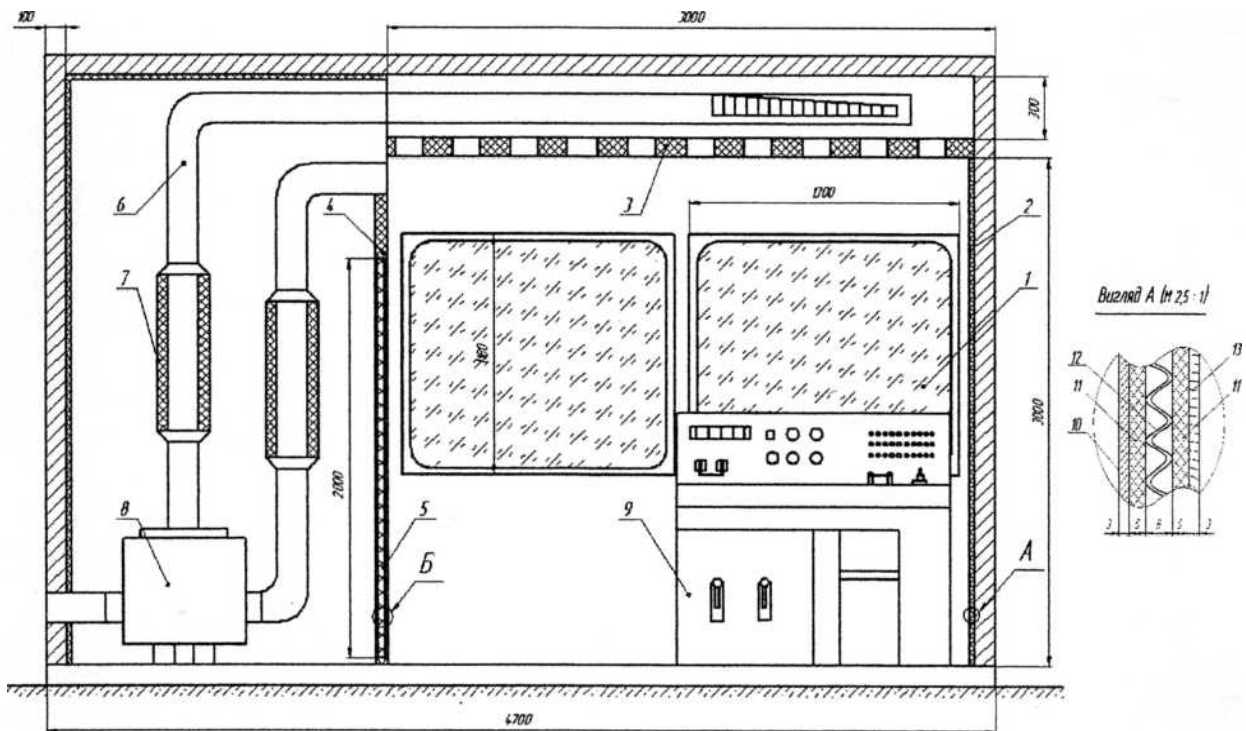
Створення оптимальних метеорологічних та екологічних умов на робочій площадці лабораторії є складним завданням, рішення якого йде в наступних напрямках:

- раціональне розміщення обладнання;
- використання водорозпилу для зниження викидів пилу при роботі печей;
- розробки засобів захисту навколишнього середовища від забруднення шумом (звукоізоляційні огорожі, кожухи);
- покращення герметизації джерел шкідливих викидів;
- широке використання природної і штучної вентиляції [68, 69].

4.5 Розрахунок звукоізолюваної кабіни посту керування

В умовах лабораторії одним з ефективних і найбільш поширених засобів захисту виробничого персоналу від шуму є встановлення звукоізолюючої

кабіни пульту керування дугової печі (рис. 4.1).



- 1 – подвійне скління; 2 – звукозахисне облицювання;
 3 – звукопоглинаючий підвісний дах; 4 – перегородка;
 5 – звукоізолюючі двері; 6 – повітряпровод припливної вентиляції;
 7 – глушники шуму; 8 – кондиціонер;
 9 – пульт керування; 10 – алюмінієвий лист; 11 – суха штукатурка;
 12 – лист азбошиферу; 13 – плита ДВП

Рисунок 4.1 – Схема звукоізолюючої kabіни пульту керування дугової печі

З метою забезпечення оптимальних умов в kabіні встановлюється кондиціонер. Стіни звукоізолюючого посту керування мають таку будову: алюмінієвий лист ($\delta = 3$ мм), суха штукатурка ($\delta = 5$ мм), листи азбошиферу ($\delta = 8$ мм), дерево-волокниста плита (ДВП) ($\delta = 3$ мм). Дах kabіни виконуємо із ДСП ($\delta = 18$ мм). Вибираємо вікно з подвійним склінням завтовшки 3 мм та повітряним проміжком 30 мм. Стекла по контуру ущільнені гумою. Проведемо розрахунок звукоізолюючої kabіни для досягнення санітарних норм за рівнем шуму.

Необхідне зниження шуму в кабіні визначимо за формулою [70]:

$$K_{\text{зн.ш.}} = L_{\text{ш}} - L_{\text{доп}}, \quad (4.1)$$

де $L_{\text{ш}}$ – актавний рівень звукового тиску на робочому місці де планується місце установки кабінки, дБА;

$L_{\text{доп}}$ – допустимий рівень звукового тиску на робочих місцях, дБА.

$$K_{\text{зн.ш.}} = 96 - 80 = 16 \text{ дБА.}$$

Необхідна звукоізолююча здатність захищаючих конструкцій, вікон і дверей звукоізолюючої кабінки [63]:

$$K_{\text{н.і.}} = L_{\text{ср}} - 10 \lg V_i + 10 \lg S_i - L_{\text{доп}} + 10 \lg (n), \quad (4.2)$$

де $L_{\text{ср}}$ – середній актавний рівень звукового тиску в галасливому приміщенні, дБА;

V_i – відповідно постійні галасливе і ізолюване приміщення в даній актавній смузі частот, м^2 ;

S_i – площа даної огорожі або його елемента, через яку шум проникає в ізолюване приміщення, м^2 ;

n – загальна кількість окремих елементів даних огорож, шт.

Постійну приміщення V_i визначають множенням постійною приміщення на середньометричні частоти 1000 Гц на частотний множник ($V_i = V_{1000} \mu$). Постійна приміщення V_{1000} визначається по графіку [70]. Об'єм кабінки дорівнює $V = 3,7 \cdot 3,0 \cdot 3,0 = 33,3 \text{ м}^3$, тоді $V_{1000} = 2,5 \text{ м}^2$ і $\mu = 1$. Отже, $V_i = 2,5$. Кількість вікон $n = 2$, розміром 1300 мм x 1180 мм, тоді:

$$S_{\text{вікна}} = 1,30 \cdot 1,18 = 1,534 \text{ м}^2.$$

Необхідна звукоізолююча здатність вікон кабінки:

$$R_{н.і.(вікон)} = 96 - 10 \lg 2,5 + 10 \lg 1,534 - 80 + 10 \lg (2) = 17 \text{ дБА.}$$

Вибираємо двері із стандартного дверного полотна завтовшки 40 мм.
Кількість дверей $n = 1$, розміром 2000 мм x 1050 мм, тоді:

$$S_{двері} = 2,00 \cdot 1,05 = 2,10 \text{ м}^2.$$

Необхідна звукоізолююча здатність дверей кабіни:

$$R_{н.і.(двері)} = 96 - 10 \lg 2,5 + 10 \lg 2,1 - 80 = 15 \text{ дБА.}$$

Звукоізолююча здатність кабіни визначимо за формулою:

$$R_{н.і. (кабіни)} = R_{ср} + 10 \lg B_i - 10 \lg \sum S_i, \quad (4.3)$$

де S_i – площа кожного елемента огорожі, м;

$R_{ср}$ – середня звукоізоляція всіх огорож кабіни [63]:

$$R_{ср} = 10 \lg \frac{S_{заг}}{\sum (S_i \cdot 10^{-0,1R_i})}. \quad (4.4)$$

де $S_{заг}$ – загальна площа окремих елементів звукоізолюючої конструкції, м².

$$R_{ср} = 10 \lg \frac{1,534 \cdot 2 + 2,1}{1,534 \cdot 10^{-0,117} + 2,1 \cdot 10^{-0,115}} = 17 \text{ дБА.}$$

Тоді, необхідна звукоізолююча здатність кабіни:

$$R_{н.і. (кабіни)} = 17 - 10 \lg 2,5 + 10 \lg (1,534 \cdot 2 + 2,1) = 20 \text{ дБА.}$$

Оскільки $R_{н.і.(кабіни)} > K_{зн.ш.}$, то означає що запропонована звукоізолююча кабіна забезпечить захист від підвищеного рівня шуму на пульті керування дугової печі.

4.6 Висновки

1. Аналіз потенційно-небезпечних та шкідливих факторів в лабораторних умовах показує, що в лабораторії категорія важкості праці – важка, категорія напруженості праці - напружена: 1 ступінь 3-го класу (3 фактори) викликає у робітника незначні порушення самопочуття, 2 ступінь 3-го класу (2 фактори) викликає у робітника стійкі функціональні порушення, тимчасову втрату працездатності, початкові ознаки професійної патології; 3 ступінь 3-го класу (1 фактор) викликає у робітника розвиток професійної патології в легкій формі, зростання загальної хронічної захворюваності.

2. Запропоновано для захисту виробничого персоналу від шуму пристрій звукоізолюючої кабіни пульту керування дугової печі.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проаналізував сучасний стан технологічних можливостей виплавки феросилікомарганцю встановлено, що на сьогоднішній день феросилікомарганць марок MnC12 - MnC25 виплавляють в печах типу РКЗ-16,5 та РКЗ-63.

2. Показано, що застосування технології виплавки силікомарганцю марки MnC17 на гарячій шихті з використанням пегматиту замість частини кварциту і доломіту, в порівнянні із звичайною холодною шихтою, дозволяє збільшити продуктивність печі на 19,3%, при цьому витягання марганцю підвищується з 72,2 % до 77,5 %, а питома витрата електроенергії знижується на 16,1 %.

3. Встановлено, що виплавка силікомарганцю марки MnC17 на гарячій шихті з використанням пегматиту, в порівнянні з вживанням звичайної гарячої шихти, дозволяє підвищити витягання марганцю на 3,8 % та знизити питому витрату електроенергії на 3,4 %.

4. Проаналізовано потенційно-небезпечні та шкідливі фактори в лабораторних умовах та запропоновано для захисту виробничого персоналу від шуму пристрій звукоізолюючої kabіни пульту керування дугової печі.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Технология выплавки силикомарганца из предварительно нагретых брикетов моношихты / А. Т. Хвичия и др. *Бюллетень ЦНИИЧМ*. 1975. №9 (749).
2. Получение силикомарганца из спека марганцевой руды и концентратов месторождения «Оброчище» и марганцевых конвертерных шлаков на металлургического комбината «Кремиковцы» / А. Георгиев и др. *Труды НИИ черной металлургии*. 1968-1969 (1972). №3. С. 65–70.
3. Гельманова З. С., Жаксыбаев Д. М. Особенности образования и использования вторичных ресурсов в металлургическом производстве. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016. № 7–5. С. 749–753.
4. Гришин Д. В., Кулиш А. Н., Кулык Е. М. Сенсорная сортировка шлаков феросплавного производства. *Сучасні проблеми металургії*. 2016. Том 19. Випуск 1. С. 27–34.
5. Исследование процесса окускования тонкодисперсных силикомарганцевых шихт/ В. Г. Капельницкий и др. *Сталь*. 1974. №8. С. 10–13.
6. Гладких В. А., Гасик М. И. Особенности восстановления кремния из брикетированных марганецсодержащих шлаков при производстве силикомарганца. *Актуальные проблемы и перспективы электрометаллургического производства*. Днепропетровск: Системные технологии, 1999. С.167–171.
7. Украинская ассоциация сталеплавильщиков. Информационный портал о чёрной и цветной металлургии. URL: <http://uas.su/articles/articles.php> (дата звернення 10.12.2019).
8. Гасик М. И, Кучер А. Г., Мироненко Н. Ф. Полупромышленное опробование выплавки силикомарганца на горячей предвосстановленной шихте. Отчет по научно-исследовательской работе ДМетИ №Х80721.

Днепропетровск: ДМетИ, 1976.

9. Рой С. Месторождения марганца; пер. с англ. Москва: Мир. 1986. 520 с.

10. Гасик М. И., Ганцеровский О. Г., Овчарук А. Н., Рогачев И. П. Ферросплавы Украины – 2000. Днепропетровск: Системные технологии, 2001. 143 с.

11. Гасик М. И., Лякишев Н. П. Теория и технология электрометаллургии ферросплавов: учебн. для вузов. Москва: СП Интермет Инжиниринг. 1999. 764 с.

12. Metallurgiya manganca Ukrainy / B. F. Velichko i dr. Kiev: Tekhnika, 1996. 472 s.

13. ДСТУ 3548-97. Феросилікомарганець. Загальні технічні умови. Введений 01.07.1998 р. Чинний від 06.05.1997 р. № 245.

14. Гасик М. И., Гаврилав В. А. Сера в структуре передельного малофосфористого шлака. *Металлургия и коксохимия*. Киев: Техника. 1980. №69. С. 57 – 60.

15. Гасик М. И. Электротермия марганца. Киев: Техника, 1979. 196 с.

16. Рысс М. А. Производство ферросплавов. Москва: Metallurgiya, 1975. 336 с.

17. Особенности совместного восстановления марганца и кремния из марганецрудодугольных формовок и брикетов / Н. М. Москалева и др. *Металлургия марганца: тезисы докладов II-го Всесоюзного совещания*. Тбилиси. 1977. С. 107–110.

18. Гладкик В. А., Гасик М. И., Лысенко В. Ф., Матюшенко В. И. Разработка замкнутых технологических схем извлечения марганца из отвального шлака силикомарганца. *Металлургия марганца: тезисы докладов II-го Всесоюзного совещания*. Тбилиси. 1977. С. 151–153.

19. Выплавка силикомарганца с получением глиноземистых конечных шлаков / Т. Г. Габдулин и др. *Совершенствование технологии производства марганцевых сплавов*.–Тбилиси: Сабчота сакартвело. 1983. С. 326–330.

20. Емлин Б. И., Гасик М. И. Справочник по электротермическим процессам. Москва: Металлургия. 1978. 228 с.
21. Хитрик С. И., Гасик М. И., Кучер А. Г. Электрометаллургия марганцевых ферросплавов. Киев: Техника. 1971. 188 с.
22. Каталог «Pacific Metals Co, Ltd.», фирмы «Тайхэйе киндзоку». 1973. С. 2–3.
23. Гасик М. И., Лякишев Н. П. Физикохимия и технология электроферросплавов: учебн. для вузов. Днепропетровск: ГНПП «Системные технологии». 2008. 453 с. – ISBN966-8421-40-2.
24. Гасик М. И. Марганец. Москва: Металлургия. 1992. 608 с.
25. Гасик М. И., Емлин Б. И. Электрометаллургия ферросплавов. Киев: Вища школа. 1983. 376 с.
26. Vogel R., Döring W. Diagram State of System Mn-C. Arch. Eisenhüttenwesen. 1935. V.9. No2. P. 245.
27. Kuo K., Persson L. Ternary System Fe-Mn-C. –J. Iron and Steel. Inst., 1954. V.178. No1. P. 39.
28. Косолапова Т. Я. Карбиды. Москва: Металлургия. 1968. С. 352.
29. Benz R., Elliot J. Solid Phases in Mn-C System. –J. Chipman. Metal. Trans.. 1973. V.4. No6. P. 1449.
30. Бутыленко А. К., Игнатъева И. Ю. Диаграмма плавкости системы Mn-C в области ϵ -твердого раствора и карбида Mn_7C_3 . *Металлы*. 1985. No 3. С. 221–222.
31. Gokhal A.B., Abbaschian R. The Mn-Si (Manganese -Silicon) System. // Bulletin of Alloy Phase Diagrams, 1990. –V.11. –No 5. –P. 468-480.
32. Зайцев А. И., Замченко М. А., Могутнов Б. М. Термодинамические свойства расплавов марганец –кремний. *Расплавы*. 1989. No2. С. 9–19.
33. Зайцев А. И., Земченко М. А., Могутнов Б. М. Фазовые равновесия в системе MnSi-Si. *Металлы*. 1990. No 1. С. 207–212.
34. Гасик М. И., Лысенко В. Ф. Металлофизические исследования фазового состава синтетических и промышленных сплавов системы Mn-Si-C.

Восстановительные процессы в производстве ферросплавов. Москва: Наука. 1977. С. 12–15.

35. Гаврилов В. А., Гасик М. И. Силикотермия марганца. Днепропетровск: Системные технологии. 2001. 512 с.

36. Каблуковский А. Ф. Производство электростали и ферросплавов. Москва: ИКЦ«Академкнига». 2003. 511 с.

37. Толстогузов Н. В. Теоретические основы восстановления марганца, кремния и примесей при выплавке ферромарганца и силикомарганца: учебн. пособ. Новокузнецк: СибМИ. 1991. 128 с .

38. Толстогузов Н. В. Теоретические основы и технология плавки кремнистых и марганцевых сплавов. Москва: Metallurgy. 1992. 239 с.

39. Гельд П. В., Есин О. А. Процессы высокотемпературного восстановления. Свердловск: Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии (Свердловское отделение). 1957. 647 с.

40. Шихта для выплавки ферросиликомарганца: Пат. Украины No 104675. МПК С22С 33/04, С22В 74/00 / Гладких В. А., Овчарук А. Н., Рубан А. В., Лысенко В.Ф., Дедов Ю.Б., Кузьменко С.Н. опубл. 25.02.2014 г. Бюл. No4.

41. Влияние состава ферросиликомарганца на его качество и технологические показатели процесса / В. И. Ольшанский и др. *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2015. No1. С. 36–41.

42. Козловський А.В., Воденнікова О. С., Воденнікова Л. В. Дослідження технологічних особливостей виплавки силікомарганцю на гарячій шихті. *Збірник наукових праць магістрантів факультету металургії*. Запоріжжя: ІІ ЗНУ, 2019. Випуск 1 (15). С. 85–89.

43. Козловський А.В., Воденнікова О. С., Воденнікова Л. В. Дослідження технології виплавки силікомарганцю на гарячій шихті. Матеріали ХХІV науково-технічної конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів (Запоріжжя, 26–29 листопада 2019 р.). Том І. Металургія як основа сучасної промисловості. Запоріжжя: ІІ ЗНУ. 2019.

С. 34–35.

44. Далингер В.А., Толпелкина Н. В. Организация и содержание поисково-исследовательской деятельности. Омск: Изд-во ОмГПУ. 2004. 263 с.

45. Постанова Президії НАН України «Про затвердження Порядку формування тематики та контролю за виконанням наукових досліджень в Національній академії наук України» від 13.04.2011 р. Київ: Національна академія наук України. 2011. № 111.

46. СОУ НАН 73.1-001:2011. Організація і проведення науково-дослідних робіт/ Розробники: Ю. Поліщук, Л. Топалова. Київ: Національна академія наук України. 2011. 28с.

47. Студопедия. URL: <https://studopedia.org/6-84954.html> (дата звернення 10.12.2019).

48. ДСТУ 3582: 2013. Національний стандарт України. Інформація та документація. Бібліографічний опис скорочення слів і словосполучень українською мовою. Загальні вимоги та правила; прийнято чинності наказом Мінекономрозвитку України від 22.08.2013 р. №1010. Київ: Мінекономрозвитку України. 2014. 14 с.

49. ДСТУ 1.5:2015. Національна стандартизація. Правила розроблення, викладання та оформлення національних нормативних документів; прийнято наказом ДП «УкрНДНЦ» від 29.08.2016 р. №254 та надало чинності від 01.02.2017. Київ: ДП «УкрНДНЦ» . 2016. 60 с.

50. ДСТУ ГОСТ 7.1:2006. Бібліографічний запис, бібліографічний опис. Загальні вимоги та правиласкладання: Методичні рекомендації з впровадження / Укладачі О. К. Галевич, І. М. Штогрин. Львів. 2008. 20 с.

51. ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення; прийнято наказом ДП «УкрНДНЦ» від 22.06.2015 р. №61 та надало чинності від 01.07.2017 р. Київ: ДП «УкрНДНЦ». 2016. 25 с.

52. Гринчуцький В. І., Карапетян Е. Т., Погріщук Б. В. Економіка підприємства: навч. посібн. Київ: Центр учбової літератури. 2010. 304 с.

53. Иващенко О. В. Конспект лекцій по дисципліне «Економіка

предприятия (промышленности)» для студентов заочной формы обучения специальностей 090218 и 090402. Запорожье: Издательство ЗГИА. 2001. 68 с.

54. Яркіна Н. М. Економіка підприємства: навч. посібн. Вид. 2-ге перероб. і доп. Київ: Видавництво Ліра-К. 2017. 600 с.

55. Небава М. І., Адлер О. О., Лесько О. Й. Економіка та організація виробничої діяльності підприємства. Ч.1. Економіка підприємства: навч. посібн. Вінниця: ВНТУ. 2011. 117 с.

56. Калініченко О. В., Плотнік О. Д. Економіка підприємства. Практикум: навч. посібн. Київ: Кондор. 2012. 600 с.

57. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация; принят Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации от 10.12.2015 г. N 48-2015 и введен в действие с 01.03.2017 г. Москва: Стандартинформ. 2016. 16 с.

58. Служба охорони праці. URL: <https://www.sop.com.ua> (дата звернення 10.12.2019).

59. Жидецький В. В. Основи охорони праці. Львів: Афіша. 2002. 320 с.

60. ГОСТ 12.4103-83. Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация / введен постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 10 декабря 1983 г. N 6082; введен в действие с 1.07.1984г.- М.: ИПК Издательство стандартов, 2017.- 6 с.

61. ГОСТ 12.4.026-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний (с Поправкой) / принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации от 10 декабря 2015 г. N 48.; введен в действие с 1.03. 2017 г. Москва: Стандартинформ. 2017. 76 с.

62. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности; принят Межгосударственным Советом по

стандартизації, метрології і сертифікації от 5.12.2014 г. N 46-2014 и введён в действие с 01.11.2015 г. Москва:Стандартинформ. 2015. 28с.

63. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение; Утверждён приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 7.11.2016 г. N 777/пр и введен в действие с 8.05.2017 г. Москва: Минстрой России. 2016. 106 с.

64. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ-2017); затверджено та надано чинності Наказ Міністерства енергетики України від 21.07.2017р. №476. Київ: Міністерство енергетики України. 2017. 760 с.

65. Бринза В. Н., Зиньковский М. М. Охрана труда в черной металлургии. Москва: Металлургия, 1982. 335 с.

66. ГОСТ Р МЭК 60204-1-2007 (IEC 60204-1-2005). Безопасность машин. Электрооборудование машин и механизмов. Часть1. Общие требования / утверждён и введён в действие Приказом Федеративного агентства по техническому регулированию и метрологии от 27.12.2007 г. N 499/пр. Москва: Стандартинформ. 2008. 84 с.

67. ДБН В.1.1.7-2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги; затверджено та наказом Мінрегіоном України від 31.10.2016 р №237 та введений в дію з 01.06.2017 р. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. 2017. 35 с.

68. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках: учебн. пособие для вузов. Москва: Энергоатомиздат, 1984. 448 с.

69. Рожков А. П. Пожарная безопасность на производстве. Киев: Охрана труда. 1997. 448 с.

70. Ефанов П. Д., Берг А. И. Охрана труда и техника безопасности в сталеплавильном производстве. Москва: Металлургия. 1987. 230 с.