

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М.ПОТЕБНИ

Металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота / проєкт

перший (бакалаврський)

(рівень вищої освіти)

на тему Технологія виплавки чавуну з використанням металовмісних
шлакових відходів

Виконав: студент IV курсу, групи 6.1361-с
спеціальності 136 Металургія

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Металургія

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

М.С.Калиновський

(ініціали та прізвище)

Керівник доц., к.т.н, доц. Кириченко О.Г.

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

Рецензент доц., к.т.н, доц. Проценко В.М.

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

Запоріжжя
2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра Металургійних технологій, екології та техногенної безпеки
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Спеціальність 136 Металургія
(код та назва)
Освітня програма Металургія
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____
« _____ » _____ 20 _____ року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ/ПРОЄКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Калиновському Максиму Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проєкту) Технологія виплавки чавуну з використанням металовмісних шлакових відходів

керівник роботи Кириченко Олексій Геннадіович, к.т.н., доц.

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

затверджені наказом ЗНУ від «26» грудня 2023 року №2215-с

2 Строк подання студентом роботи 20.06.2024

3 Вихідні дані до роботи Дослідити технологію виплавки чавуну з використанням металовмісних шлакових відходів

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Реферат; вступ; 1 Загальна частина; 2 Конструкційна частина; 3 Технологічна частина; 4 Охорона праці та техногенна безпека; Висновки; Перелік джерел посилання

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) креслень

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 Загальна частина	Кириченко О.Г., доцент		
2 Конструкційна частина	Кириченко О.Г., доцент		
3 Технологічна частина	Кириченко О.Г., доцент		
4 Охорона праці та техногенна безпека	Кириченко О.Г., доцент		

7 Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ, реферат	13.05-19.05.2024	
2	1 Загальна частина	20.05-26.05.2024	
3	2 Конструкційна частина	27.05-02.06.2024	
4	3 Технологічна частина	03.06-09.06.2024	
5	4 Охорона праці та техногенна безпека	10.06-16.06.2024	
6	Висновки, перелік джерел посилання	17.06-20.06.2024	

Студент _____ (підпис) _____ **М.С.Калиновський** (ініціали та прізвище)Керівник роботи (проєкту) _____ (підпис) _____ **О.Г.Кириченко** (ініціали та прізвище)**Нормоконтроль пройдено**Нормоконтролер _____ (підпис) _____ **Ю.О.Бєлоконь** (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 77 с., 29 табл., 6 рис., 14 джерел

ДОМЕННА ПІЧ, РЕКОНСТРУКЦІЯ, МЕТАЛОКОНЦЕНТРАТ, СИСТЕМА ЗАВАНТАЖЕННЯ ПЕЧІ, БЕЗКОНУСНИЙ ЗАВАНТАЖУВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ, ГАЗОВІДСІЧНИЙ КЛАПАН, АСПРАЦІЙНА СИСТЕМА

Мета роботи – розробка та впровадження в виробництво технології виплавки чавуну з використанням металовмісних шлакових відходів.

Об'єкт дослідження – процес виплавки чавуну в умовах комбінату «Запоріжсталь» з використанням техногенних відходів.

В загальній частині розглянуто властивості та особливості переробки сталеплавильних шлаків.

В конструкційній частині наведена коротка характеристика доменної печі, продуктивність і режими роботи, основні проєктні рішення щодо технічного переозброєння.

В технологічній частині наведений розрахунок шихти з та без використання металоконцентрату, досліджений вплив вмісту металоконцентрату на показники доменної плавки.

У частині «Охорона праці та техногенна безпека» проведений аналіз потенційно шкідливих і небезпечних чинників виробничого середовища в умовах доменного цеху, розроблено заходи захисту від впливу небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища, а також проведений розрахунок теплопоглинаючого екрану.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	
ВЛАСТИВОСТІ ТА ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕРОБКИ	
СТАЛЕПЛАВИЛЬНИХ ШЛАКІВ.....	
	9
1.1 Властивості відвальних шлаків	9
1.2 Комплексна переробка мартенівських шлаків	13
2 КОНСТРУКЦІЙНА ЧАСТИНА	18
2.1 Коротка характеристика доменної печі	18
2.2 Продуктивність і режими роботи доменної печі	19
2.3 Основні проєктні рішення щодо технічного	
перезброєння доменної печі і її допоміжних споруд	20
2.3.1 Доменна піч з колошниковим пристроєм.	
Піддоменник і ливарний двір.....	20
2.3.2 Будівля скіпового підйомника і похилий міст.	
Бункерна естакада з конвеєрним шихтоподаванням.....	25
2.3.3 Пиловловлювач з газоходами. Аспірація	27
2.3.4 Блок повітрянагрівачів. Установка для підігріву	
повітря горіння і опалювального газу.....	28
2.3.5 Приміщення управління доменною піччю	29
2.3.6 Водопостачання, водовідведення та система	
випарного охолодження печі	30
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	32
3.1 Розрахунок шихти з використанням металоконцентрату.....	32
3.2 Розрахунок шихти без використання металоконцентрату	41
3.3 Вплив вмісту металоконцентрату в доменній шихті на	
показники доменної плавки	50
3.3.1 Якісні характеристики металоконцентрату.....	50
3.3.2 Вплив вмісту металоконцентрату в доменній шихті	

на вміст марганцю та хрому в чавуні з метою підвищення якості виливниць.....	51
3.3.3 Економія коксу та зміна виходу шлаку від введення в доменну шихту металоконцентрату.....	53
3.3.4 Основні показники доменної плавки	55
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....	59
4.1 Аналіз небезпечних виробничих факторів доменного цеху.....	59
4.2 Санітарно-технічні вимоги.....	61
4.2.1 Об'ємно-планувальні рішення будівель та споруд.....	61
4.2.2 Вимоги до мікроклімату.....	61
4.2.3 Вимоги до освітлення.....	65
4.2.4 Розрахунок штучного освітлення робочого місця горнового доменної печі.....	66
4.2.5 Вимоги до безпеки при влаштуванні та експлуатації комунікацій.....	68
4.3 Розробка заходів захисту від небезпечних шкідливих виробничих факторів	69
4.4 Безпека життєдіяльності у надзвичайних ситуаціях	70
4.4.1 Пожежо- та вибухобезпека	70
4.4.2 Токсична безпека	70
4.4.3 Спеціальні розробки щодо забезпечення безпеки (розрахунок теплопоглинаючого екрану).....	72
ВИСНОВКИ.....	75
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	76

ВСТУП

Важливість вдосконалення технології переробки шлаку обумовлена необхідністю поліпшення екологічної ситуації та економічними міркуваннями (високі штрафи за вивезення шлаку на звалище і зниження виробничих витрат).

З роками весь шлак вивозився на звалища, і його використання було скорочено до відвантаження відносно невеликих партій неврахованого щебеню для дорожнього будівництва. В даний час на заводському звалищі знаходиться понад 10 мільйонів тонн металургійного шлаку. Відвантаження здійснювалося на професійній установці цеху шлакопереробки (ЦШП).

Мартенівські шлаки надходять на шлаковий двір, де роблять первинне дроблення шлаку за допомогою кульового копра і витягують великі шматки скрапу та настилів, шлак вивозять у відвал. У ЦШП із шлаків витягують скрап, нефракціонований щебінь переробляють на шлакопереробній установці з отриманням фракцій 0-25, 25-80, 80-350 мм. Одержаний металопродукт (металоконцентрат) використовується в агломераційному, доменному та сталеплавильному виробництві відповідно.

У технологічних процесах ПАТ «Запоріжсталь» необхідний вміст марганцю в чавуні забезпечується за рахунок подачі марганцевих феросплавів до чавуновозних ковшей при випуску чавуну з доменної печі. Це несе значні матеріальні витрати на закупівлю феросплавів та збільшення їхньої витрати для отримання необхідного хімічного складу чавуну. Удосконалення стабільності чавуну для виготовлення виливниць та зниження витрат можливе за рахунок вживання дешевої місцевої сировини – металоконцентрату.

Розробка, запропонована в роботі, може бути використана при виробництві чавуну з підвищеним вмістом марганцю та хрому для виготовлення різних видів виливків або використання сталеплавильному виробництві. Дана технологія виробництва чавуну включає завантаження в піч через колошник залізородної частини шихти, коксу, нагрівання, відновлення

та плавлення шихти, випуск чавуну та шлаку, який відрізняється тим, що частка залізорудної шихти замінюється продуктом сухої магнітної сепарації металургійних шлаків з підвищеним вмістом марганцю (Mn) та хрому (Cr) (металоконцентрат). Завантаження в піч здійснюється разом із залізорудною частиною на подачу КРРК або РРКК другою вагою, КРМРК або РМРКК. За рахунок введення металоконцентрату в залізорудну частину шихти відбувається високе засвоєння (Mn) та (Cr) у чавуні порівняно з виробництвом синтетичного чавуну. Застосування металоконцентрату дозволяє підвищити масову частку Mn та Cr у чавуні для виробництва виливниць до 0,5-1,0 та 0,2-0,3 % відповідно.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

ВЛАСТИВОСТІ ТА ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕРОБКИ

СТАЛЕПЛАВИЛЬНИХ ШЛАКІВ

1.1 Властивості відвальних шлаків

За останні роки ПАТ "Запоріжсталь" значно зміцнило технічну базу з переробки шлаку. Це дозволило в 2015 році повністю припинити скидання поточного мартенівського шлаку в відвал і запустити сучасний завод з переробки шлаку.

За структурою сталеплавильний шлак якісно аналогічний доменному шлаку, але кількісне співвідношення самого шлаку та інших компонентів інше. Відвал містить в середньому 18% (до 25%) металевих включень, розмір частинок і якісний склад яких наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Гранулометричний та якісний склади відвальних шлаків

Скрап із зашлакованістю < 5 % крупністю, мм:	Вихід, % магнітного продукту
> 350	0,7
75 - 350	0,4
30-75	2,6
15-30	3,9
0-15	2,7
Сторонній металобрухт	1,6
Скрап із зашлакованістю до 65% (Середня зашлакованість 36,2%) крупністю, мм:	Вихід, % магнітного продукту
> 350	1,1
75 - 350	9,3
15-30	17,1
5-15	20,2
0-5	40,5

Тому при розробці відвалу велика частина утримуваних магнітних виробів виготовляється з дрібнодисперсного шлакового матеріалу. Вміст вогнетривкого брухту в відвальному сталеплавильному шлаку становить в середньому 0,5%, але в окремих шарах воно становить 8-10%, а кількість

сміття значно перевищує кількість доменного шлаку, а на деяких ділянках досягає 10-12%.

Вивчення гранулометричного складу відвального сталеплавильного шлаку засвідчило, що в порівнянні з доменним шлаком матеріал містить значно більшу кількість великих фракцій, наведених в таблиці 1.2 (>75 мм).

Таблиця 1.2 – Гранулометричний склад сталеплавильного шлаку

Величина класу, мм	Вихід класу, %
> 500	2
500-350	5
100-350	11
75-100	17
30-75	16
20-30	15
10-20	11
5-10	11
0-5	14

Тому для отримання продукту того ж класу, що і доменний шлак, необхідно ускладнити план, щоб знизити продуктивність дробильно-сортувальної системи або дробильно-сортувального обладнання.

Хімічний склад відвальних сталеплавильних шлаків (15,9 - 24,1% SiO₂, 31,0 - 40,3 CaO, 2,1 - 4,8% Al₂O₃, 8,8 – 10,0% MgO; 4,1-10,2% MnO, 15,8 - 18,5 % FeO, 0,05 - 0,07 %S) коливається в ширших межах, ніж хімічний склад доменних шлаків з двох причин:

- по-перше, у відвалі сталеплавильного шлаку протягом декількох років знаходяться відходи мартенівського цеху;
- сам процес виплавки сталі встановлює великі коливання хімічного складу шлаку.

Фізико-механічні атрибути щебеню, що одержують з сталеплавильного шлаку.

Абразивність щебеню має такі показники: I₃₀ = 335г/т; I₆₀ = 1045 г/т, категорія абразивності - 8. Щебінь характеризується стійкістю структури УС1 щільністю в шматках 3,5 г/см³, питомою щільністю 3,34 г/см³.

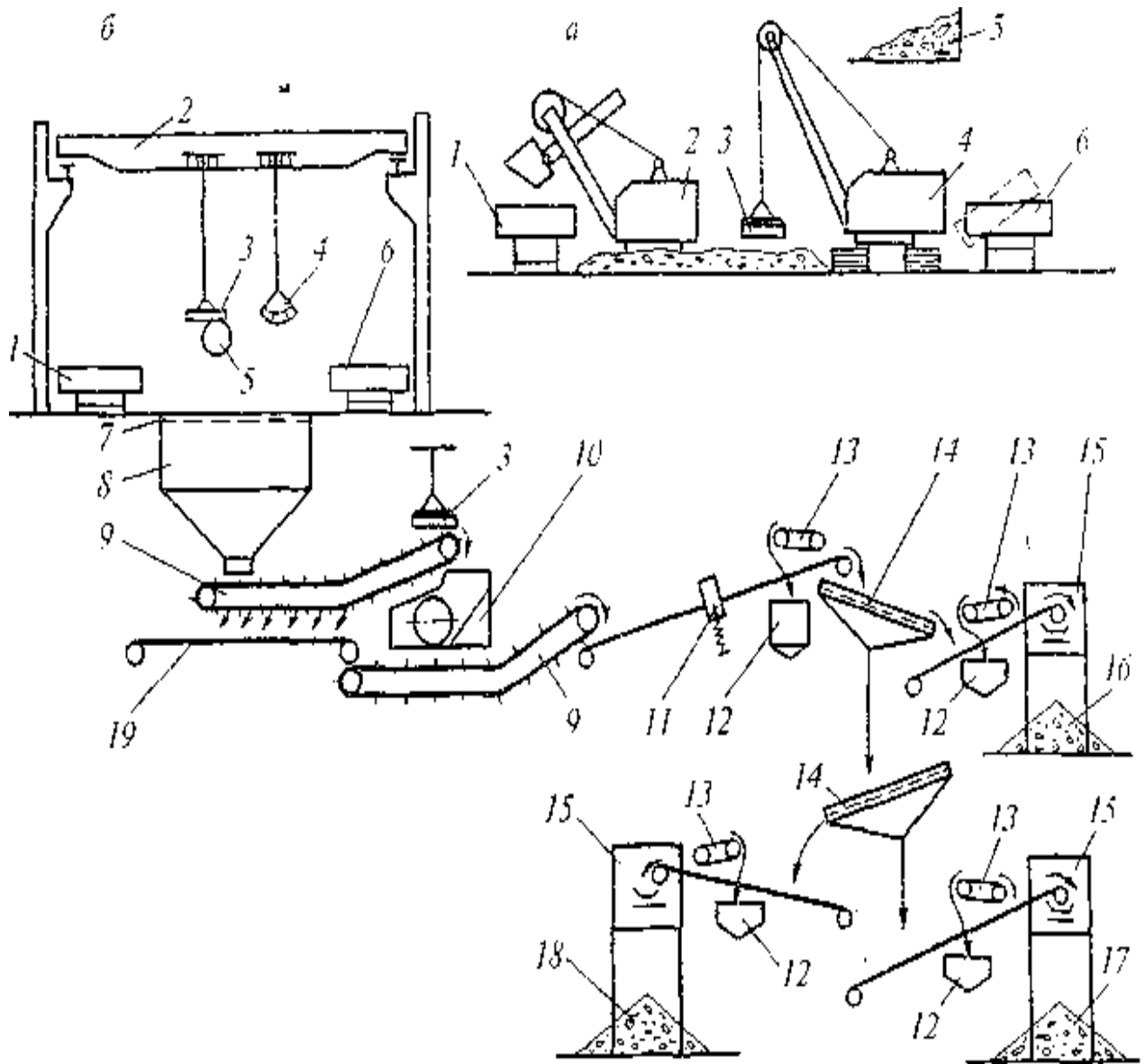
Як слідує з отриманих даних, сталеплавильний шлак має більшу міцність, щільність і абразивність в порівнянні з відвальним доменним шлаком. Інші властивості практично на тому ж рівні. Особливо багатообіцяючими є високі поліруючі характеристики сталеплавильного шлаку, які в подальшому дозволили організувати виготовлення абразивних матеріалів для обробки поверхонь в суднобудуванні (судноремонті), енергетиці та інших галузях. У зв'язку з цим цікавим буде співпраця із зарубіжними компаніями: поставка обладнання, необхідного для підготовки виробництва абразивних матеріалів, з подальшою оплатою поставки обладнання готовою продукцією.

Через збільшення міцності, щільності, абразивності, частки пилу і металевих включень (в порівнянні з доменним шлаком) переробка сталеплавильного шлаку значно ускладнюється. Для отримання аналогічного асортименту продукції потрібна більша кількість стадій подрібнення, ретельне очищення шлаку від металевих включень і потужна система відсмоктування. Це збільшить кількість одиниць відповідного обладнання та персоналу, що збільшить енергоспоживання в 1,5-2,0 рази.

За попередніми оцінками, з 1 млн. т сталеплавильного шлаку, переробленого на комплексі, можуть бути отримані з відвалів, тис. тонн: фракції 0-10 мм-460, 10-40 мм-220, у тому числі фракціонований щебінь 40-120 мм-150 800, вогнетривкий брукт 35; магнітні вироби 115; брукт кольорових металів і корозійностійкої сталі 15. Технічні втрати при переробці досягнуть 35 000 тонн.

Переробка відвалів сталеплавильного шлаку, розташованих в межах міста, дозволить поступово ліквідувати його, що поліпшить екологічну ситуацію. Робота комплексу також дозволить збільшити кількість робочих місць в місті і поліпшити його інфраструктуру, а також збільшити Виробництво дорожніх та інших будівельних матеріалів в регіоні.

На рисунку 1.1 показана схема шахтного дробильно-сортувального обладнання для переробки сталеплавильного шлаку.



а - вузол приймання шлаку (1-думпкар для відсепарування шлаку, 2 - экскаватор; 3 - вантажопідйомний електромагніт, 4 - електрокран, 5 - засіки для скрапу; про - думпкар вихідного шлаку); б - вузол дроблення і сортування шлаку (1 - думпкар для подачі шлаку; 2 - кран грейферний; 3 - вантажопідйомний електромагніт, 4 - грейфер; 5 - вантаж; 6 - думпкар для скрапу; 7 - колосникові ґрати з осередком 500 x 500 8 - бункер для вихідного шлаку, 9 - пластинчастий живильник; 11 - конвеєрні ваги; 17 - склад щебеню фракції 10 - 40 мм; 18 - склад щебенево - піщаної суміші фракцій 0 - 10 мм; 15 - склад щебеню фракції 10 - 40 мм; 16 - склад щебеню фракції 10 - 40 мм; 17 - склад щебеню фракції 10 - 40 мм; 18 - склад щебенево - піщаної суміші фракцій 0 - 10 мм; 19 - конвеєр);

Рисунок 1.1 – Схема ланцюга апаратів відділення подрібнення та сортування рудника для переробки сталеплавильних шлаків

1.2 Комплексна переробка мартенівських шлаків

Шлако - переробна установка (ШПУ) мартенівських шлаків є основою цеху шлакопереробки. ШПУ має у своєму складі:

- естакаду з ґратами та приймальними бункерами;
- мостовий магнітний кран 10 т;
- систему подачі конвеєрів із двома грохотами ГІТ-52;
- металовідділювачі ПС-120м, встановлені над конвеєрами №2, 4А;
- майданчик для відвантаження готової продукції.

Відвантаження щебеню фракції 70-250 мм роблять екскаватором ЕКГ-5А, фракції 0-15 мм, 15-30 мм, 30-75 мм - фронтальним навантажувачем або екскаватором ЕКГ-5 в залізничні думпкари, агловози, напіввагони або в автотранспорт.

Виробництво щебеню та відділення металевго концентрата, керування трактами ШПУ здійснюється оператором з пульта керування, що розташований зверху приймальних бункерів. Автосамоскиди розвантажують шлак у приймальні бункера №1,2 над конвеєром № 1. Шлак у приймальні бункера надходить з об'ємною часткою вологи до 7%, з розмірами шматків шлаку не більше 350 мм. Шматки шлаку понад 350 мм надходять на склад для наступної переробки. Зволоження шлаку роблять на естакаді кантування шлаків за допомогою форсунок, далі шлак завантажують в автосамоскиди.

З приймальних бункерів №1,2 шлак прибуває на транспортер №1, а з транспортера №1 на транспортер №2. З транспортера №2 шлак приходить на верхню решітку грохоту ГІТ-52 №1, де відбувається поділ фракцій: 0-40 мм на нижні ґрати грохоту, а фракції 30-350 мм за транспортером № 3 надходить на грохот і далі на ГІТ-52 № 2. З-під ґрат грохоту №2 фракція 30-75 мм за транспортером №6 надходить на склад готової продукції, а фракція 75-350 мм з ґрати грохоту № 1 на транспортер № 8, і далі склад готової продукції.

З нижньої решітки грохоту ГІТ-52 №1 шлак фракції 15-30 мм по транспортеру №5 надходить на склад готової продукції. Фракція 0-15 мм з-під

грохоту ГТТ-52 №1 та транспортеру №4 на транспортер №4А і далі на склад готової продукції. Негабаритні шматки (у разі їх потрапляння) з ґрат бункерів видаляють трактором, обладнаним зворотним скребком, загрузають в автосамоскиди і вивозять на шлаковий склад для наступної переробки.

З майданчика готової продукції фракціонований щебінь екскаватором ЕКГ-5 або фронтальними навантажувачами (К-701, К-702, МоА3) відвантажують у залізничні думпкари, агловози, напіввагони або автотранспорт. Підтягування залізничних вагонів на залізничних коліях №1 проводять за допомогою електроштовхача №2.

Для відмагнічування металевго концентрату (МК) над приймальними решітками встановлено магнітний мостовий кран, що грузить МК в автотранспорт. Для вторинного відмагнічування металевго концентрату (МК) над транспортером № 2 встановлено металовідділювач, який відмагнічує МК фракція 15-350 мм, а металовідділювач, встановлений над конвеєром №4А, відмагнічує МК фракції 0-15 мм (металостружка).

Управління металовідділювачами виробляє оператор з пульта управління. МК з металовідділювачів скидається в бункери, а з бункерів грузлять фронтальним навантажувачем в автотранспорт і вивозять: фракцію 0-15 мм - в аглоцех; 15-160 мм – у доменний цех. У разі несправності якогось агрегату або сортування може бути випущений рядовий щебінь, тобто без розподілу на фракції, що складається на окремий склад. Складування та зберігання шлакового щебеню роблять строго за фракціями.

Фракційний склад щебеню 0-15 мм, 15-30 мм, 30-75 мм, 75-350 мм визначає контроль у виготовленні чорних металів. Інші якісні показники, передбачені ДСТУ або ТУ, визначають у спеціалізованих лабораторіях будівельних організацій або в лабораторіях споживача за домовленістю з ним.

Відвантаження фракціонованого щебеню - партіями. Партією вважається кількість щебеню, що відвантажується одному споживачеві протягом однієї доби та супроводжується документом, у якому вказується:

- найменування підприємства - постачальника та його адресу;

- вид щебеню фракціонованого;
- кількість щебеню фракціонованого;
- номер партії;
- номер вагона та накладних;
- щільність насипна, зерновий склад;
- номер технічних умов.

Кількісно-якісна схема шлако-переробної установки ЦШП представлена рисунку 1.2.

Структура штучного шару залежить від типу і умов зберігання відходів. На великих металургійних підприємствах відвали діляться за типом виробництва: доменний і сталеплавильний шлак і промислові відходи зберігаються окремо. На невеликих заводах зазвичай розміщують загальні відвали, і часто шлак і сміття перемішують. У процесі зберігання відходів відбувається процес зміни таких властивостей, як первісна маса відвалу, хімічний, мінеральний і гранульований склад, міцність, щільність і т. д.

Згідно з фізичними і технічними оцінками, компоненти штучних шарів можуть бути віднесені до штучно модифікованим породам, придатним для буріння, навантаження і транспортування. З точки зору зв'язності вони ближче один до одного, ніж когезивно пухкі зруйновані породи. Грануляційний склад технологічного формування залежить від виду шлаку, способу очищення, первинної обробки, умов утримання і терміну зберігання відвальної маси. У відвалах, де зберігається шлак, краще використовувати шлак екстремального класу, минаючи первинну переробку, >120 і <10 мм, у них міститься велика кількість металу і великогабаритних включень шлаку.

Процес розробки штучних пластів на всіх етапах пов'язаний з обробкою і переміщенням великих відвальних мас, тому його ефективність і економічна доцільність обґрунтовуються максимальною механізацією всіх трудомістких завдань. З точки зору складних операцій, задіяних у виробничому процесі розробки штучних родовищ, вони вважаються аналогічними видобутку корисних копалин відкритим способом. Тому при організації розробки

відвалів рекомендується використовувати сучасні технології і технологічні процеси відкритого видобутку корисних копалин.

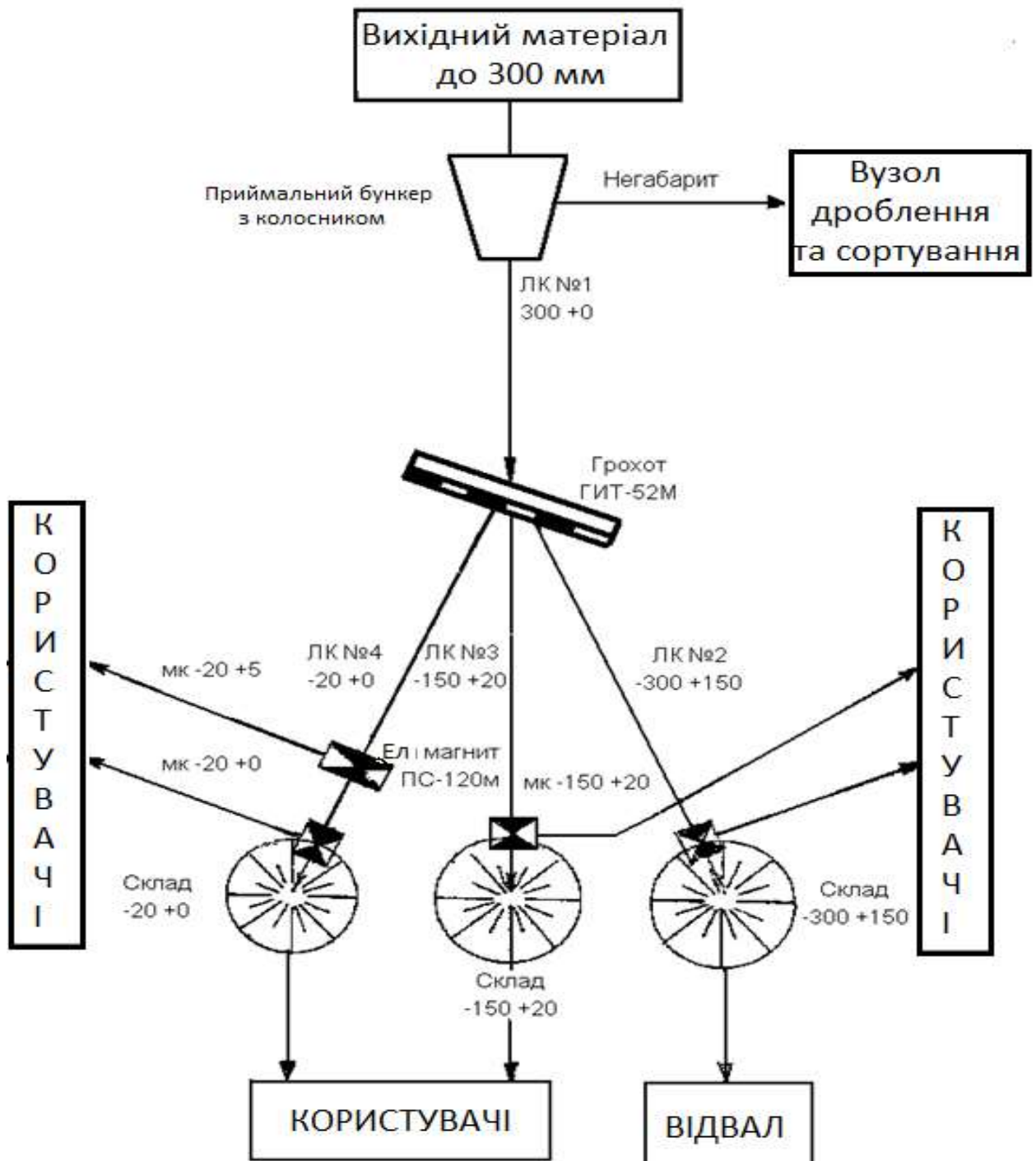


Рисунок 1.2 – Кількісно – якісна схема шлако-переробної установки

Практично всі види продуктів переробки відпрацьованих шлаків використовуються в різних галузях промисловості і успішно конкурують з натуральними матеріалами. До масових видів відносяться щебінь, пісок і

щебенево-піщані суміші для дорожнього будівництва, вторинні і магнітні продукти і концентрати металів для доменних печей, сталеплавильної і ливарної промисловості, абразиви для добрив і обробки поверхонь, гранульовані матеріали для фільтрів і захисних покриттів м'яких покрівельних матеріалів, наповнювачі і пігменти для шпаклівок, фарб, таку мастику і лінолеум в менших кількостях виробляють з відвального шлаку.

2 КОНСТРУКЦІЙНА ЧАСТИНА

2.1 Коротка характеристика доменної печі

Доменна піч ДП-2 була створена в 1934 р з корисним об'ємом 930 м³. При капремонтах її обсяг був доведений до 960 м³.

У 1959р. при черговому капремонті за проектом Укрдіпромету ДП-2 була реконструйована зі збільшенням корисного об'єму до 1513 м³. У процесі реконструкції були зроблені роботи:

- встановленням трьохконусного завантажувального пристрою;
- пиловловлювача;
- похилого мосту;
- блоку повітрянагрівачів;
- ливарного двору з установкою одноноскового розливання чавуну і шлаку;
- другої чавунної льотки;
- приміщення управління піччю.

Система завантаження печі з використанням вагон-ваг була збережена. До теперішнього моменту конструкції, футерування та обладнання ДП-2 фізично застаріли і потребують повної заміни.

Доменна піч до теперішнього часу працює з наступними показниками:

Продуктивність, тис.т/рік	621,2;
тис. т / добу	1726;
питома продуктивність, т/м ³ на добу	1,15;
температура дуття, °С	1045;
вміст кисню, %	21;
тиск газу на колошнику, МПа	0,093 (0,93 атм.).

2.2 Продуктивність і режими роботи доменної печі

Після капітального ремонту планується запустити доменну піч на матеріалах власної агломераційної установки, окатишах з додаванням залізної руди і металевих концентратів з шлакових відходів.

В якості флюсових добавок планується використовувати звичайний вапняк і доломітизований вапняк, мартенівський шлак. Металургійний кокс використовується як тверде паливо.

Для економії коксу в доменній печі планується подавати пиловугільне паливо.

Режим роботи і продуктивність доменної печі при виплавці чавуну в реальних умовах експлуатації доменного цеху наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Режим роботи і продуктивність доменної печі

Показники	до ремонту	після ремонту
Продуктивність, тис. т/рік	621,2	1150
т / доб	1726	3221
Питома продуктивність, т/м ³ на добу	1,15	2,13
Дуття: температура, °С	1045	1200
вміст кисню, %	21	23,5
вологість	природня	природня
Тиск газу на колошнику, атм.	0,93	до 1,5
Витрата природного газу, нм ³ /т чавуну	88	129
Витрата коксу сухого скіпового, кг/т чавуну	506	477

Після здійснення капремонту при 357 діб фонду робочого часу і новій сировині, що відповідає технічним умовам з впровадженням АСУ ТП, вдосконаленням профілю печі, заміною вагон-вагів на транспортерну шихтоподачу, установкою безконусного завантажувального пристрою, підвищенням тиску газу на колошнику, спорудою безкамерних

високотемпературних повітрянагрівачів, удосконаленням сучасної конструкції ливарного двору, встановленням нової повітродувної машини К-3250-41-2 максимальна проектна потужність доменної печі складе 1150 тис.т передільного чавуну на рік.

Залежно від призначення передбачена виплавка мартенівського, конвертерного, ливарного або високоякісного чавуну відповідно до заданого хімічного складу.

Склад чавуну:

кремній, % - 0,80

марганець, % - 0,25

сірка, % - 0,021-0,023

фосфор, % - 0,05

Основність шлаку, одиниць - 1,21-1,23

2.3 Основні проектні рішення щодо технічного переозброєння доменної печі і її допоміжних споруд

2.3.1 Доменна піч з колошниковим пристроєм. Піддоменник і ливарний двір

Профіль доменної печі виконаний з урахуванням конструкції ПАТ "Азовсталь" і установки аналогічного безконусного завантажувального пристрою.

Висота печі і відстань між віссю чавунних заслінок і повітряними фурмами збільшені до 3,7-3,8 м.

Якщо підняти висоту печі до заданих параметрів, то це виглядає приблизно так:

- краща десульфурація чавуну;
- найкращі умови для відновлення оксидів (до 30-50% всього чавуну);
- запобігання переміщення коксу з печі вгору при накопиченні чавуну і шлаку;

- збільшує накопичення і акумулювання тепла в печі у вигляді розпеченого коксу;
 - виплавка чавуну зі зниженим вмістом кремнію;
 - поліпшується розподіл чавуну і шлаку в печі за рахунок нахилу воронки при обробці продуктів плавки летючим чавуном;
 - стабільність режиму дуття, за рахунок зниження ймовірності деформації вогнищ фурми при скупченні чавуну і шлаку в печі;;
 - зниження тепловтрат на лещадь за рахунок віддалення від гарячої зони;
- В ході реконструкції планується збільшити товщину кожуха печі з 40 до 50 мм.

За рахунок організації охолодження за рахунок зовнішнього зрошення кожух печі розташований похило

Профіль печі з "теплим" розпаром, що підтримує футеровку, забезпечує мораторне кільце

Існуючі опори для кування і видобутку корисних копалин були демонтовані і побудована 4-рядна система підтримки.

4-рядна система складається з 3 опор.

Нижня вежа складається з 4 широко розставлених колон і в плані (на рівні над кільцевою трубою гарячого дуття) закрита балками у вигляді прямокутників.

Центральна вежа також розташована близько до печі на відстані, достатній для організації кільцевої площадки шахти печі з вільним проходом і хорошим доступом до корпусу печі і системі охолодження.

Колосникова решітка розташована на стійці центральної вежі, а кільцева платформа шахти печі підвішена.

На майданчику колосникових ґрат розташовані майданчик насоса і накопичувальної станції СЗУ, привід лоткового розподільника і резервуар-сепаратор системи випарного охолодження самої печі.

Конструкція нижньої і верхньої веж передбачає можливість заміни кожуха на 4-рядну систему при ремонті печі.

Верхня вежа розташована на решітчастій платформі, на її конструкції розташовані платформа, пристрій завантажувального пристрою і монтажна балка.

Охолодження доменної печі здійснюється за допомогою пластинчастої Системи охолодження.

На шахті, починаючи з 3-го ряду, в шаховому порядку розташований холодильник з полицею, а на останньому верхньому ряду встановлений тільки холодильник з полицею.

Труба водяного охолодження розташована під металевим днищем печі.

Облицювання виконане з цільного карбону з муліткорундовою цеглою в 3 ряди вище.

Для підвищення ефективності охолодження нижньої частини подини перші 2 ряди графітованих блоків і 1 ряд вуглецевих блоків укладаються горизонтально (в залежності від умов виготовлення теплопровідність по довжині блоку на 20-30% вище, ніж в поперечному напрямку).

Для заповнення простору між металевим днищем печі і трубою системи водяного охолодження використовується вуглецьвмісний бетон.

Зазор між холодильником і периферійним блоком заповнюється холодною заповнює масою з підвищеною теплопровідністю.

Периферійні кільця радіальних вугільних блоків викладені з блоків з високою теплопровідністю.

Розподіл вогнетриву по висоті футеровки фурменної зони, латки і шахти здійснюється відповідно до інструкцій з футеровки доменної печі. Конструкція шахтного оброблення тонкостінна.

У печі встановлено завантажувальний пристрій лоткового типу, що не містить зерна, а його приймальна воронка оснащена відсмоктуванням. Профілювальник встановлений в куполі печі.

Для вимірювання температури по радіусу печі над рівнем затоплення встановлені 4 термозонди.

Під захисною пластиною колосникових ґрат по радіусу печі встановлені

2 пристрої для відбору проб газу. Управління пристроєм здійснюється локально.

Була передбачена система відновлення азоту для вивантаження з бункера завантажувального пристрою. Для обслуговування завантажувального обладнання передбачені складальні візки вантажопідйомністю до 100 тонн.

Доменна піч оснащена фурменним пристроєм звичайної конструкції. Фланець фурменного пристрою приварений неохолоджуванним способом.

Кількість повітряних фурм-20.

Доменна піч оснащена 45 чавунними заслінками, розташованими під кутом 2°.

Для полегшення розширення печі передбачається спорудити шлаковідвід без установки шлакових пробок. Закриття заслінки забезпечується стопором, який закріплений в пазу.

У доменній печі ДП-2 створюється сучасний ливарний цех з плоскою робочою зоною без перепадів і ухилів, пристосованої для роботи підлогових механізмів. Таке робоче місце в ливарному цеху побудовано за допомогою системи сталевих балок і стійок, підтримуваних залізобетонною конструкцією існуючого ливарного цеху.

Охолоджуваний основний жолоб встановлений на бетонному фундаменті, транспортний жолоб встановлений на металевій основі. Основний і транспортувальний жолоби мають високу міцність і пристосовані для облицювання вогнетривкими набивними масами і бетоном. Зварні основні жолоби закриті знімною об'ємною кришкою, облицьованої вогнетривким бетоном.

Кришка пристосована для підключення повітропроводу системи аспірації. Всі транспортні жолоби закриті плоскою кришкою на рівні робочої площадки і облицьовані шарами вогнетривкого бетону.

Основний жолоб і жолоб для зливу чавуну з прилеглої робочої зони закриті горизонтальною решіткою без підкладки.

Вібропривід для чавуну і шлаку оснащений аспіраційним укриттям з відсмоктувальним пристроєм. Щілина відсмоктувального пристрою закрита плоскою кришкою, облицьованої шаром вогнетривкого бетону. Стінки внутрішніх отворів захищені металевими екранами.

У стінці відсмоктувального пристрою є отвори для подачі хитних жолобів, заповнення ковша чавуном або шлаком і контролю за рухом візка для перевезення чавуну або шлаку.

Ливарний двір ДП-2 оснащений новим однобалочним мостовим краном вантажопідйомністю 20/10 тонн з гідрогрейферами. Монтажні знаки електромостового крана обрані з урахуванням максимальної близькості візка до ДП-2. Висота ливарного двору ДП-2 збільшується за рахунок збільшення рівня кран-балки поставляється електричного мостового крана. Для технічного обслуговування насосного жолоба, зняття кришки з навісу аспірації місця вивантаження чавуну і шлаку, чавунних і шлакових шкарпеток жолоба, транспортного жолоба; з боку чавуну і шлаку ливарного двору - 10-тонний кран балка встановлена. Для відкриття і закривання чавунних ступок планується встановити гідравлічний пневматичний екскаватор з перфоратором і гідравлічною гарматою. Для переміщення кришки основного жолоба встановлений 1 гідроманіпулятор. Конструктивне рішення ливарного цеху ДП-2 було покращено за рахунок перенесення поворотних жолобів для чавуну на 1 ступінь колони.

Для розливання чавуну і шлаку в ковші передбачена установка 4 поворотних жолобів з гідравлічними приводами.

Аспіраційні системи всмоктування передбачені в чавунних фритюрницях, скімерах і укриттях в жолобах односхилих зливних насосів.

Територія пічного піддоменику розділена на 2 рівня. Нижня майданчик є продовженням робочої зони ливарного двору, з такою ж розміткою. Майданчик 2-го рівня призначена для обслуговування фурменних пристроїв.

При проведенні ремонтних робіт в області чавунних ступок знімна частина фурменої платформи встановлюється за допомогою електричного

мостового крана на ливарному дворі.

У ливарних цехах і на допоміжних робочих майданчиках є вбудовані приміщення для панелей управління чавунними заслінками, гідравлічних механізмів для ремонту датчиків контрольно-вимірювальних приладів.

Пульт дистанційного керування водяним охолодженням печі встановлений на робочій платформі і фурменій платформі допоміжного цеху.

Природний газ, кисень і стиснене повітря подаються на ливарні майданчики, в основні канавки, на робочі місця для одноступінчатого лиття, в допоміжні приміщення і кільцеві станції печі для проведення ремонтних робіт.

2.3.2 Будівля скіпового підйомника і похилий міст. Бункерна естакада з конвеєрним шихтоподаванням

Для розміщення електроустановок і завантажувальних камер будівля скіпового підйомника розширено в бік доменної печі № 3.

У машинному залі проведена заміна технічного обладнання для заміни скіпової лебідки на нову - СК-1-22,5-210

Передбачені механізовані засоби для проведення ремонтних робіт.

Наявний похилий міст буде змінений на новий зі збереженням кута нахилу.

Необхідність зміни вагових візків на завантажуванні конвеєром матеріали під час реконструкції бункерної естакади визначається наступним чином:

- можливість сортування дрібних частинок агломератів (0-5 мм);
- об'єктивність при зважуванні компонентів шихти;
- поліпшити умови праці обслуговуючого персоналу за рахунок підвищення ефективності системи аспірації (за рахунок надійного укриття квітучих місць, цілеспрямованого відсмоктування запиленого повітря, механізації ремонтних робіт на ділянці і заміни обладнання (установки підйомного обладнання та шляхів евакуації обладнання).

Він оснащений конвеєрної автоматичною системою для відсіву дрібних

заповнювачів і коксу перед завантаженням в бункер ваг і подачею шихтового матеріалу з бункера в скіп.

Автоматична система завантаження складається з бункера і набору механізмів, які встановлюють дозу по вазі і завантажують кокс, заповнювачі, окатиші і добавки для розпалювання, просіювання і зважування коксу з дрібними заповнювачами і подають його в невеликий змінний бункер для відправки в залізничні вагони. Всі механізми АСШ працюють в автоматичному режимі (за винятком видачі невеликих змін в залізничні вагони) і оснащені технічними та аварійними замками.

Прийнята наступна схема розташування обладнання бункерного естакадного переходу:

- 4 бункера для гарячого агломерату (500°C) розташовані в центрі над скіповою ямою;

- збоку від нього розташований бункер для холодного завантаження матеріалу, а саме: коксу - 2 бункера справа і 3 бункера зліва (бункер коксу - це кількість коксових решіток).;

- окатиші-2 бункера справа і 6 бункерів зліва.

Тензодатчик оснащений бункером для спеченого і коксового порошку, який дозволяє визначати кількість просіяних порошоків і контролювати фактичну ефективність просіювання в порівнянні зі спеченим і коксовим порошком, що завантажуються в піч.

При такому розташуванні бункерів і обладнання забезпечується наступний запас матеріалів:

- агломерати-4 бункера: $2 \times 120 = 240 \text{ м}^3$ і $2 \times 80 = 160 \text{ м}^3$, Загальна місткість 400 м^3 , запас на 3,0 години;

- кокс - 5 бункерів: $4 \times 120 = 480 \text{ м}^3$ і $1 \times 80 = 80 \text{ м}^3$, Загальна місткість 560 м^3 , запас 4,4 години;

- окатиші - по 40 м^3 , 8 бункерів, загальна місткість 320 м^3 , запас 8,8 годин;

- добавки - по 40 м^3 , 8 бункерів, загальна місткість 320 м^3 ;

- відсів коксу, % - 6; по 40 м³, 2 бункера, запас на 8,5 годин;
- відсів дрібниці агломерату, % - 18; 2 бункера по 60 м³, запас на 6 годин.

Встановлене обладнання працює на 2 сторони і забезпечує 1 подачу за 15,5 годин при годуванні за програмою АА-КК. При використанні Програм годування з двох сторін і АК-АК це становить 1 подачу за 11,6 годин.

При роботі з одного боку (відмовило сито або маса коксу) і програмі подачі АА-КК - 7,1 подачі на годину.

При роботі з одного боку і програмі завантаження АК-АК це становить 1 подачу за 8,5 годин.

Для механізації ремонтних робіт зарядженого транспортного пристрою планується установка підйомного пристрою і ремонт механізованого пристрою.

Передбачені регульовані проходи і доступ до всього встановленого обладнання. Всі пиловловлюючі станції закриті, а запилене повітря видаляється з укриття за допомогою механічної витяжної вентиляції. Прибирання вологих полів організована на рівні нижче бункерної естакади. Верхні поверхи виконані ґратчастими.

2.3.3 Пиловловлювач з газоходами. Аспірація

В даній роботі пиловловлювач може бути замінений на димохід. Роботою також передбачена заміна пиловловлювального обладнання та організація безпилового розвантаження і конвеєрної подачі колосникового пилу в Приймальні бункери агломераційної установки.

Передбачена місцева витяжна вентиляція з укриттів технічних пристроїв для видалення пилу і газів, що утворюються в ливарному цеху при випуску і транспортуванні вогнезахисних рідких розплавлених виробів, а також з скіпових ям і воронок завантажувального пристрою.

Для захисту атмосфери від пилу аспіраційний повітря випускається в атмосферу перед імпульсною продувкою рукавного фільтра Ф-11500

всмоктуючим повітрям за допомогою 4 димовідвідних отворів ДН-26.

З метою економії енергоспоживання під час виробництва і випуску розплавленого продукту регулюється продуктивність тягової машини.

Реалізація всього запланованого комплексу заходів дозволить поліпшити техніко-економічні показники доменної печі № 2 і всього цеху в цілому: за рахунок зниження витрати коксу і незапланованих простоїв; підвищити температуру дуття; поліпшити умови праці обслуговуючого персоналу; покращують екологічну обстановку на місцях за рахунок скорочення викидів шкідливих речовин в атмосферу; вторинні продукти отримують шляхом рециркуляції тепла, що виділяється випарною системою охолодження.

2.3.4 Блок повітрянагрівачів. Установка для підігріву повітря горіння і опалювального газу

Роботою передбачено будівництво блоків з 3-х безшахтних повітрянагрівачів з купольною системою обігріву на існуючому фундаменті. Передбачено місце для можливості будівництва 4-го повітрянагрівача.

Замість демонтованих будуються нові димоходи і труби, які виводять піч "на тягу". Передбачена високоефективна блокова насадка з діаметром каналу 30 мм. Предкамера зі струменево-вихровою подачею газу і повітря встановлена на верхньому куполі і має незалежну опору від кам'яної кладки корпусу. Діаметр самого купола трохи збільшений за рахунок незалежної опори кам'яної кладки на корпус, і повітрянагрівач такої конструкції добре вписується в існуючі розміри блоку.

Розміщення обладнання на високому рівні з боку тракту високотемпературного дуття дозволило розмістити ділянку станції: гідропневматичні механізми, електрообладнання, вимірювальні датчики і т.д. на одному рівні з робочим майданчиком печі.

Блок повітрянагрівача оснащений крановою естакадою, виготовленої з

кранової стійки вагою 10 тонн, а зверху на ній розташована система охолодження клапана гарячого дуття повітрянагрівача.

Система подачі повітря горіння використовується при будівництві централізованої установки подачі повітря для спалювання. Передбачається, що повітрянагрівач працює на суміші доменного і природного газу.

Ця робота забезпечує нагрівання повітря і нагрівального газу для повітрянагрівачів до температури 180-200°C.

Для рециркуляції тепла в димоході повітрянагрівача перед димоходом встановлений теплообмінник, в якому нагрівається органічний теплоносіє. Теплоносіє нагрівається до температури 190-260°C і надходить в окремий теплообмінник, через який проходять доменний газ і повітря. Для доменних газів передбачені індивідуальні теплообмінники для кожного повітрянагрівача. Повітря нагрівається за допомогою теплообмінника, спільного з повітрянагрівачем. Теплообмінник виконаний з оребрених труб.

Температура кипіння становить понад 300°C, в якості теплоносія була обрана кремнійорганічна поліметилоксанова рідина ПМС-600 з 60 °C виробником є ПАТ "Кремнійполімер", м. Запоріжжя. Циркуляція здійснюється насосом НК210 / 80 (1 робочий, 2 резервних).

2.3.5 Приміщення управління доменною піччю

Роботою планується збудування нової будови управління доменною піччю на заміну існуючої.

Будівля керування піччю розміщується над пиловою залізничною колією поруч з пиловловлювачем з боку доменної печі № 3.

У будівлі управління піччю розміщуються такі приміщення:

- ЦПУ майстра печі;
- мережевого обладнання;
- електрощитів;
- газоаналізаторів;

- кондиціонерів;
- апаратної зв'язку;
- сантехнічне;
- лебідок.

2.3.6 Водопостачання, водовідведення та система випарного охолодження печі

Водопостачання доменної печі № 2 здійснюється за рахунок ТЕЦ-ПВС доменної печі і циклу оборотного водопостачання мартенівського цеху, що дозволяє отримувати умовно чисту воду без скидання стічних вод в резервуар.

- охолодження плит поду, горна і фурменої зони;
- охолодження фурмених і шлакових приладів;
- охолодження дослідних машин;
- охолодження накладних холодильників горна;
- охолодження фурм відбору статичного тиску;
- резервування системи випарного охолодження (СВО);
- зовнішній полив кожуха;
- підведення води до аспіраційної установки ливарного двору;
- подача води на заливку в піч;
- підведення води до підстанцій №№ 9, 10;
- підведення води до скомшувача.

Охолодження печі і шахти печі переведено з водяного на випарне охолодження.

Вода $P = 0,95$ МПа подається з фільтрувального відділення через 2 водяні трубки для заповнення печі і подається в піч діаметром 500 мм.

Постійна витрата води з тиском 0,5 МПа на відповідну доменну піч становить 1500 м³/год. Максимальне споживання води з урахуванням звичайних витрат (резерв СЮ, зовнішній полив корпусу) становить 2293 м³/год.

Охолодження печі здійснюється з 10 контрольних точок.

Забезпечення споживачів водою ДП-2 залишається на існуючому рівні.

Для подачі води в піч проектом МК "Запоріжсталь" буде передбачена насосна станція високого тиску з установкою 2-х типів насосів:

а) Насос ЦВК 2/125 продуктивністю $Q=125$ м/год, $H=125$ м, $P=48$ кВт (1 робочий, 2-й резервний).

б) Насос Д200-3 продуктивністю $Q=90$ м/год, $H=90$ м, $P=90$ кВт (1 робочий, 2-й резервний).

Насос використовується в якості протипожежного насоса і подає воду для продувки печі під колосниковим пристроєм під час гасіння пожежі і ремонту печі.

Вихід для подачі води в камеру гідроприводу теплоізолюваний напівциліндром з мінеральної вати товщиною 40 мм.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

В останні роки, у зв'язку зі зростанням вартості шихтових матеріалів і транспортних витрат, пошук альтернатив компонентам залізорудної шихти стає все більш актуальним.

Особливо багатобічними є високі абразивні властивості сталеплавильного шлаку, які в подальшому дозволили організувати Виробництво абразивних матеріалів для обробки поверхонь в суднобудуванні (судноремонті), енергетиці та інших галузях промисловості. У зв'язку з цим цікавим буде співпраця із зарубіжними компаніями: поставка обладнання, необхідного для підготовки виробництва абразивних матеріалів, з подальшою оплатою поставки обладнання готовою продукцією.

3.1 Розрахунок шихти з використанням металоконцентрату

Хімічний склад чавуну, що приймається на підставі дослідних даних, представлений у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Склад чавуну

Вміст елементів, %					
Si	Mn	P	S	C	Fe
0,56	0,58	0,07	0,07	3,06	95,73

Витрата сухого коксу без винесення становить 434 кг.

Вихідні дані для розрахунку наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Хімічний склад шихтових матеріалів доменної плавки з металоконцентратом

Найменування матеріалу	Хімічний склад, %												
	Fe	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	P	S	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	W
металоконцентрат	55,00	0,00	13,10	1,50	17,50	5,40	5,630	0,120	0,100	1,23	0,400	0,00	2,00
агломерат	54,76	14,10	9,16	1,12	10,51	1,62	0,247	0,022	0,042	0,00	0,00	63,22	0,00
котуни	65,90	2,50	6,00	0,08	0,27	0,44	0,046	0,017	0,005	0,00	0,014	90,6	0,00
кокс (зола)	8,51	0,00	46,20	17,20	7,40	3,11	0,710	0,327	1,370	0,00	0,00	23,68	2,70

Визначається маса елементів у чавуні:

$$M_i = M_{\text{чавуну}} [i], \quad (3.1)$$

де [i] - вміст у чавуні елементів (тут і далі в частках одиниці).

$$M_{\text{Fe чавуну}} = 1000 \cdot 0,957 = 943,6 \text{ кг};$$

$$M_{\text{Mn чавуну}} = 1000 \cdot 0,0057 = 5,7 \text{ кг};$$

$$M_{\text{Si чавуну}} = 1000 \cdot 0,0055 = 5,5 \text{ кг}.$$

Витрата рудної суміші:

а) маса золи коксу:

$$M_{\text{з. к.}} = M_{\text{кокса}} \cdot [A]_{\text{кокса}}, \quad (3.2)$$

де [A] коксу – вміст у коксі золи, кг

$$M_{\text{з. к.}} = 434 \cdot 0,104 = 45,10 \text{ кг};$$

б) вноситься заліза золюю коксу:

$$M_{\text{Fe з.к.}} = M_{\text{з. к.}} \cdot [\text{Fe}]_{\text{з.к.}}, \quad (3.3)$$

де [Fe]_{з.к.} - вміст заліза в золі коксу, кг.

$$M_{\text{Fe з.к.}} = 45,1 \cdot 0,0851 = 3,08 \text{ кг},$$

де 0,0851 - вміст заліза у золі коксу, частки од.;

в) відповідно до складу шихтових матеріалів та дослідних даних вихід шлаку становить 378 кг/т, із вмістом FeO 0,37%;

г) переходить заліза в шлак:

$$M_{\text{Fe шлака}} = M_{\text{шлака}} \cdot (\text{FeO}) \cdot \frac{M_{\text{Fe}}}{M_{\text{FeO}}}, \quad (3.4)$$

$$M_{\text{Fe шлаку}} = 378 \cdot 0,0037 \cdot 56/72 = 1,09 \text{ кг},$$

де 56 - атомна маса заліза; 72 - молекулярна маса FeO;

д) має бути внесено залізо рудною сумішшю:

$$M_{\text{Fe р.с.}} = M_{\text{Fe чавуну}} + M_{\text{Fe шлаку}} - M_{\text{Fe з.к.}}, \quad (3.5)$$

$$M_{\text{Fe р.с.}} = 957,0 + 1,09 - 3,8 = 957,3 \text{ кг};$$

е) витрата рудної суміші:

$$M_{\text{р.с.}} = \frac{M_{\text{Fe р.с.}}}{[\text{Fe}]_{\text{р.с.}}}, \quad (3.6)$$

$$M_{\text{р.с.}} = \frac{957,3}{0,5855} = 1635,0 \text{ кг};$$

ж) затрата рудної суміші з урахуванням виносу в колошник (приймаємо рівним 2%, він визначається якістю шихтових матеріалів, технологією доменної плавки та змінюється від 1 до 10%) становить:

$$M_{\Sigma \text{ р.с.}} = \frac{M_{\text{р.с.}}}{1 - \text{частка}_\text{ виноса}}, \quad (3.7)$$

$$M_{\Sigma \text{ р.с.}} = \frac{1635,0}{0,98} = 1668,38 \text{ кг}.$$

Розрахунок кількості шлакоутворюючих наведено у таблиці 3.3.

$$M_{i \text{ р.с.}} = M_{\text{р.с.}} \cdot [i]_{\text{р.с.}}, \quad (3.8)$$

$$M_{i \text{ з.к.}} = M_{\text{з.к.}} \cdot [i]_{\text{з.к.}}; \quad (3.9)$$

$$M_{i \text{шлакообр.}} = M_{i \text{р.с.}} + M_{i \text{з.к.}} \quad (3.10)$$

Таблиця 3.3 - Кількість шлакоутворюючих

Матеріал	Кількість, кг	SiO ₂		Al ₂ O ₃		CaO		MgO	
		%	кг	%	кг	%	кг	%	кг
Руд. суміш	1668,39	28,27	160,4	2,72	19,4	28,29	175,8	7,47	38,60
Зола коксу	45,11	46,10	20,82	17,21	7,76	7,41	3,34	3,12	1,41
Разом	-	-	180,1		27,2		179,1		40,1

Витрачено кремнезему на Si, що переходить у чавун (за реакцією SiO₂ + 2C = Si + 2CO):

$$M_{\text{SiO}_2} = M_{\text{Si чугуна}} \cdot \frac{Mr_{\text{SiO}_2}}{Mr_{\text{Si}}} \quad (3.11)$$

$$M_{\text{SiO}_2} = 5,5 \cdot \frac{60}{28} = 11,79 \text{ кг.}$$

У шлак переходить кремнезем:

$$M_{\text{SiO}_2 \text{шлака}} = M_{\text{SiO}_2 \text{шлакообр.}} - M_{\text{SiO}_2} \quad (3.12)$$

$$M_{\text{SiO}_2 \text{шлака}} = 180,0 - 11,79 = 168,21 \text{ кг.}$$

Основність шлаку:

$$B = \frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2} \quad (3.13)$$

$$B = \frac{179,1}{180,0} = 1,00.$$

Кількість сірки у шлаку:

а) вноситься сірки матеріалами шихти:

$$M_{S \text{ шихти}} = M_{\text{р.с.}} \cdot [S]_{\text{шихти}} + M_{\text{кокса}} \cdot [S]_{\text{кокса}}, \quad (3.14)$$

$$M_{S \text{ шихти}} = 1635,0 \cdot 0,0002 + 434,0 \cdot 0,0176 = 7,96 \text{ кг};$$

б) приймаємо, що у шлак переходить 85% сірки, тобто:

$$M_{S \text{ шлака}} = M_{S \text{ шихты}} \cdot 0,85, \quad (3.15)$$

$$M_{S \text{ шлака}} = 7,96 \cdot 0,85 = 6,77 \text{ кг.}$$

Кількість MnO в шлаку:

а) надходить у піч марганцю:

$$M_{\text{Mn}} = M_{\text{р.с.}} \cdot [\text{Mn}]_{\text{р.с.}} + M_{\text{з.к.}} \cdot [\text{Mn}]_{\text{з.к.}}, \quad (3.16)$$

$$M_{\text{Mn}} = 1154 \cdot 0,00247 + 231 \cdot 0,00046 + 311 \cdot 0,0563 + 45,1 \cdot 0,0071 = 12,67 \text{ кг};$$

б) ступінь відновлення марганцю, залежно від хімічного складу чавуну, становить 45–78%.

Ступінь відновлення марганцю становить:

$$\eta_{\text{Mn}} = \frac{M_{\text{Mn чугуна}}}{M_{\text{Mn р.с.}}}, \quad (3.17)$$

$$\eta_{\text{Mn}} = \frac{5,7}{12,67} = 0,45;$$

в) у шлак (у вигляді MnO) переводиться марганцю шихтових матеріалів:

$$M_{\text{Mn в шлак}} = M_{\text{Mn}} - M_{\text{Mn чавуна}} - M_{\text{Mn в газ}}, \quad (3.18)$$

$$M_{\text{Mn в шлак}} = 12,67 - 5,7 = 6,97 \text{ кг};$$

г) кількість MnO у шлаку:

$$M_{\text{MnO шлага}} = M_{\text{Mn в шлаг}} \cdot \frac{Mr_{\text{MnO}}}{Mr_{\text{Mn}}}, \quad (3.19)$$

$$M_{\text{MnO шлага}} = 6,97 \cdot \frac{71}{55} = 8,99 \text{ кг};$$

Кількість FeO у шлаку:

$$M_{\text{FeO шлага}} = M_{\text{Fe шлага}} \cdot \frac{Mr_{\text{FeO}}}{Mr_{\text{Fe}}}, \quad (3.20)$$

$$M_{\text{FeO шлага}} = 1,09 \cdot \frac{72}{56} = 1,40 \text{ кг}.$$

Хімічний склад шлаку надано у таблиці 3.4.

Вичислюємо отриманий склад шлаку на три компоненти (CaO, SiO₂ та Al₂O₃), маркуємо цей склад шлаку на відповідні діаграми (плавкості, в'язкості та температур плавлення) та перевіряємо фізичні властивості шлаку.

Перевірка вмісту сірки у чавуні:

$$M_{\text{S в чугун}} = M_{\text{S шихты}} \cdot \eta_{\text{S в чугун}}, \quad (3.21)$$

$$M_{\text{S в чугун}} = 7,96 \cdot 0,09 = 0,720 \text{ кг или } 0,045\%.$$

Вміст сірки не виходить за допустимі межі (в чавуні 0,05%).

Таблиця 3.4 - Характеристика шлаку

Компоненти шлаку	Кількість	
	кг	%
SiO ₂	168,22	40,21
Al ₂ O ₃	27,12	7,14
CaO	179,12	40,19
MgO	40,01	9,71
MnO	6,97	1,63
FeO	1,41	0,38
S	6,78	0,74
Разом	429,65	100,00

Перевірка вмісту фосфору в чавуні:

$$M_{P \text{ в чавуні}} = M_{p.c.} \cdot [P]_{p.c.} + M_{з.к.} \cdot [P]_{з.к.}, \quad (3.22)$$

$$M_{P \text{ в чав.}} = 1155 \cdot 0,00022 + 310 \cdot 0,0012 + 232 \cdot 0,00017 + 45,2 \cdot 0,00327 = 0,8 \text{ кг або } 0,07\%.$$

Вміст фосфору - в межі допустимих (в чавуні 0,08%).

Остаточний склад чавуну наведено у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Хімічний склад отриманого чавуну

Вміст елемента, %					
Si	Mn	P	C	S	Fe
0,56	0,58	0,08	3,05	0,044	95,71

Витрата вологого коксу(2% H₂O) складе з урахуванням виносу:

$$M_{\text{кокса с виносом}} = \frac{M_{\text{кокса}}}{1 - (\%_{H_2O} + \%_{\text{виноса}})}, \quad (3.23)$$

$$M_{\text{кокса с виносом}} = \frac{434}{1 - (0,01 + 0,027)} = 451 \text{ кг.}$$

Витрата шихтових матеріалів наведено у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 - Витрата шихтових матеріалів

Матеріали	Без виносу та вологи	З виносом вологих
Кокс	434,1	451,1
Рудна суміш	1635,1	1668,38
Разом	2069,2	2119,48

Волога шихтових матеріалів та пилу, що виносяться з доменної печі, дорівнює:

$$M_{\text{виносу}} = 2119,48 - 2069,2 = 50,28 \text{ кг.} \quad (3.24)$$

Розрахунковий склад доменної шихти чавуну та шлаку з використанням металоконцентрату на 1 тону чавуну надано у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Розрахунковий склад доменної шихти чавуну та шлаку із застосуванням металоконцентрату на 1 тону чавуну

Найменування матеріалу		Вносить шихта, т										
		Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	TiO ₂	P	Cr ₂ O ₃	S	
агломерат		0,631	0,11	0,013	0,12	0,019	0,003	0,00	0,0003	0,00	0,000	
котуни		0,15	0,014	0,001	0,00	0,001	0,000	0,000	0,0000	0,00	0,000	
металоконцентрат		0,17	0,041	0,005	0,054	0,02	0,009	0,0003	0,0004	0,020	0,000	
кокс (зола)		0,004	0,02	0,008	0,003	0,00	0,00	0,00	0,0001	0,00	0,008	
СУМА		0,957	0,18	0,027	0,177	0,04	0,012	0,0003	0,0008	0,020	0,008	
Склад чавуну, %:	Si			0,55	Витрата						кг/т	т
	Mn			0,57	матеріалів						чавуну	всього
	S			0,05	агломерат						1154	1,154
	P			0,08								
	Cr			0,23	котуни						231	0,231
Вихід чавуну з подачі, т				1,0	металоконцентрат						311	0,311
Витрата SiO ₂ в чавун, т				0,01	вапняк						0	0,0
Переходить SiO ₂ в шлак, т				0,15	кокс (зола)						451	0,451
Сума оксидів шлаку, т				0,37								
Вихід шлаку з подачі, т				0,38	Показники роботи доменної печі							
Вихід шлаку, кг/т чавуну				378	Вміст заліза в металошихті, %						56,32	
Склад шлаку, %:	SiO ₂			40,2	Винос колошникового пилу, кг/т чавуну						31	
	Al ₂ O ₃			7,13	Дуття: витрата, м ³ /хв						1950	
	CaO			40,2	тиск, ати						1,9	
	MgO			9,72	температура, °С						1050	
	FeO			0,37	Вміст кисню у дутті, %						22,5	
	MnO			1,62	Колошниковий газ: тиск, ати						1,05	
	S			0,76	температура, °С						180	
Основність шихти,	CaO/SiO ₂			0,93	КВКО						0,575	
Основність шлаку:	CaO/SiO ₂			1,00	Продуктивність, т/добу						1751	
Температура плавлення шлаку, °С				1340	Рудне навантаження, т/т						3,38	

Таблиця 3.8 – Розрахунковий склад доменної шихти чавуну та шлаку із застосуванням металоконцентрату на подачу

Найменування матеріалу		Вносить шихта, т										
		Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	TiO ₂	P	Cr ₂ O ₃	S	
агломерат		8,21	1,43	0,169	1,56	0,247	0,039	0,00	0,0039	0,00	0,002	
котуни		1,98	0,182	0,013	0,01	0,013	0,001	0,001	0,0002	0,013	0,00	
металоконцентрат		2,20	0,533	0,065	0,702	0,26	0,116	0,00	0,0052	0,25	0,002	
кокс (зола)		0,06	0,26	0,104	0,039	0,02	0,00	0,00	0,0013	0,00	0,100	
СУМА		12,45	2,34	0,351	2,301	0,52	0,156	0,01	0,01	0,26	0,104	
Склад чавуну, %:	Si			0,55	Витрата						кг/т	т
	Mn			0,57	матеріалів						чавуну	всього
	S			0,05	агломерат						1154	15,0
	P			0,08								
	Cr			0,23	котуни						231	3,0
Вихід чавуну з подачі, т				13,0	металоконцентрат						311	4,0
Витрата SiO ₂ в чавун, т				0,15	кокс (зола)						451	5,9
Переходить SiO ₂ в шлак, т				1,94								
Сума оксидів шлаку, т				4,81								
Вихід шлаку з подачі, т				4,91	Показники роботи доменної печі:							
Вихід шлаку, кг/т чавуну				378	Вміст заліза в металошихті, %						56,32	
Склад шлаку, %:	SiO ₂			40,2	Винос колошникового пилу, кг/т чавуну						31	
	Al ₂ O ₃			7,13	Дугтя: витрата, м ³ /хв						1950	
	CaO			40,2	тиск, ати						1,9	
	MgO			9,72	температура, °C						1050	
	FeO			0,37	Вміст кисню у дугті, %						22,5	
	MnO			1,62	Колошниковий газ: тиск, ати						1,05	
	S			0,76	температура, °C						180	
Основність шихти,	CaO/SiO ₂			0,93	КВКО						0,575	
Основність шлаку:	CaO/SiO ₂			1,00	Продуктивність, т/добу						1751	
Температура плавлення шлаку, °C				1340	Рудне навантаження, т/т						3,38	

3.2 Розрахунок шихти без використання металоконцентрату

Хімічний склад чавуну, що приймається на підставі дослідних даних, представлений у таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 - Склад чавуну

Вміст елементів, %					
Si	Mn	P	S	C	Fe
0,56	0,13	0,04	0,04	2,89	96,40

Витрата без винесення сухого коксу становить 450 кг.

Вихідні дані для розрахунку наведено у таблиці 3.10.

Визначається маса елементів у чавуні:

$$M_i = M_{\text{чавуну}} [I], \quad (3.25)$$

де [I] - вміст елементів у чавуні (в частках одиниці);

$$M_{\text{Fe чавуну}} = 1000 \cdot 0,964 = 964,0 \text{ кг};$$

$$M_{\text{Mn чавуну}} = 1000 \cdot 0,0013 = 1,3 \text{ кг};$$

$$M_{\text{Si чавуну}} = 1000 \cdot 0,0056 = 5,6 \text{ кг}.$$

Витрата рудної суміші:

а) маса золи коксу:

$$M_{\text{з. к.}} = M_{\text{кокса}} \cdot [A]_{\text{кокса}}, \quad (3.26)$$

де [A] коксу - вміст у коксі золи;

$$M_{\text{з. к.}} = 450 \cdot 0,104 = 46,80 \text{ кг};$$

б) вноситься заліза золюю коксу:

$$M_{\text{Fe з.к.}} = M_{\text{з. к.}} \cdot [\text{Fe}]_{\text{з.к.}}, \quad (3.27)$$

де [Fe]_{з.к.} – вміст заліза у золі коксу;

$$M_{\text{Fe з.к.}} = 46,8 \cdot 0,0851 = 3,98 \text{ кг,}$$

де 0,0851 - вміст заліза в золі коксу, частки од.;

в) вихід шлаку відповідно до складу шихтових матеріалів та дослідних даними становить 346 кг/т, із вмістом FeO 0,41%;

г) переходить заліза в шлак:

$$M_{\text{Fe шлака}} = M_{\text{шлака}} \cdot (\text{FeO}) \cdot \frac{M_{\text{r}_{\text{Fe}}}}{M_{\text{r}_{\text{FeO}}}}, \quad (3.28)$$

$$M_{\text{Fe шлаку}} = 346 \cdot 0,0041 \cdot 56/72 = 1,42 \text{ кг,}$$

де 56 – атомна маса заліза; 72 – молекулярна маса FeO;

д) має бути внесено залізо рудною сумішшю:

$$M_{\text{Fe р.с.}} = M_{\text{Fe чавуну}} + M_{\text{Fe шлака}} - M_{\text{Fe з.к.}}, \quad (3.29)$$

$$M_{\text{Fe р.с.}} = 964,0 + 1,42 - 3,98 = 961,44 \text{ кг;}$$

е) витрата рудної суміші:

$$M_{\text{р.с.}} = \frac{M_{\text{Fe р.с.}}}{[\text{Fe}]_{\text{р.с.}}}, \quad (3.30)$$

$$M_{\text{р.с.}} = \frac{961,44}{0,5741} = 1674,69 \text{ кг;}$$

ж) витрата рудної суміші з урахуванням виносу в колошник (приймаємо винос 2%, він визначається якістю шихтових матеріалів, технологією доменної плавки та змінюється від 1 до 10%) становить:

$$M_{\Sigma \text{ р.с.}} = \frac{M_{\text{р.с.}}}{1 - \text{частка}_\text{ виносу}}, \quad (3.31)$$

$$M_{\Sigma \text{ п.с.}} = \frac{1674,69}{0,98} = 1708,87 \text{ кг.}$$

Хімічний склад шихтових матеріалів доменної плавки без використання металоконцентрату надано у таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Хімічний склад шихтових матеріалів доменної плавки без металоконцентрату

Найменування матеріалу	Хімічний склад, %												
	Fe	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	P	S	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	W
агломерат	53,41	13,21	8,98	1,11	12,5	1,61	0,242	0,022	0,041	0,00	0,00	62,	0,00
когуни	65,91	2,51	6,01	0,07	0,278	0,45	0,047	0,018	0,005	0,00	0,015	90,67	0,00
кокс (зола)	8,51	0,00	46,21	17,21	7,41	3,12	0,711	0,327	1,371	0,00	0,00	23,68	2,70

Розрахунок кількості шлакоутворюючих наведено у таблиці 3.11.

$$M_{i \text{ п.с.}} = M_{\text{п.с.}} \cdot [I]_{\text{п.с.}}; \quad (3.32)$$

$$M_{i \text{ з.к.}} = M_{\text{з.к.}} \cdot [I]_{\text{з.к.}}; \quad (3.33)$$

$$M_{i \text{ шлакоутв.}} = M_{i \text{ п.с.}} + M_{i \text{ з.к.}} \quad (3.34)$$

Таблиця 3.11 – Кількість шлакоутворюючих

Матеріал	Кількість, кг	SiO ₂		Al ₂ O ₃		CaO		MgO	
		%	кг	%	кг	%	кг	%	кг
Руд. Суміш	1708,88	14,96	136,0	1,19	13,1	12,8	146,5	2,05	20,84
Зола коксу	46,7	46,21	20,83	17,21	7,75	7,41	3,34	3,12	1,40
Разом	-	-	156,8		20,8		149,94		22,24

Витрачено SiO₂ на Si, що переходить у чавун (за реакцією SiO₂ + 2C = Si + 2CO):

$$M_{\text{SiO}_2} = M_{\text{Si чавуну}} \cdot \frac{Mr_{\text{SiO}_2}}{Mr_{\text{Si}}}, \quad (3.35)$$

$$M_{\text{SiO}_2} = 5,5 \cdot \frac{60}{28} = 11,79 \text{ кг.}$$

У шлак переходить кремнезем:

$$M_{\text{SiO}_2 \text{ шлага}} = M_{\text{SiO}_2 \text{ шлагоутв.}} - M_{\text{SiO}_2}, \quad (3.36)$$

$$M_{\text{SiO}_2 \text{ шлага}} = 156,86 - 11,79 = 145,07 \text{ кг.}$$

Основність шлаку:

$$B = \frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2}, \quad (3.37)$$

$$B = \frac{149,73}{145,07} = 1,01.$$

Кількість сірки у шлаку:

а) вноситься сірки матеріалами шихти:

$$M_{\text{S шихти}} = M_{\text{р.с.}} \cdot [\text{S}]_{\text{шихти}} + M_{\text{кокса}} \cdot [\text{S}]_{\text{кокса}}, \quad (3.38)$$

$$M_{\text{S шихти}} = 1708,89 \cdot 0,00046 + 450,0 \cdot 0,0137 = 6,95 \text{ кг};$$

б) приймаємо, що у шлак переходить 85% сірки:

$$M_{\text{S шлага}} = M_{\text{S шихти}} \cdot 0,85, \quad (3.39)$$

$$M_{\text{S шлага}} = 6,95 \cdot 0,85 = 5,91 \text{ кг.}$$

Кількість MnO в шлаку:

а) надходить у піч марганцю:

$$M_{\text{Mn}} = M_{\text{р.с.}} \cdot [\text{Mn}]_{\text{р.с.}} + M_{\text{з.к.}} \cdot [\text{Mn}]_{\text{з.к.}}, \quad (3.40)$$

$$M_{\text{Mn}} = 1154 \cdot 0,00241 + 542 \cdot 0,00046 + 46,8 \cdot 0,0071 = 3,06 \text{ кг.}$$

б) ступінь відновлення марганцю, залежно від хімічного складу чавуну, становить 45–78%.

Ступінь відновлення марганцю становить:

$$\eta_{\text{Mn}} = \frac{M_{\text{Mn чавуну}}}{M_{\text{Mn р.с.}}}, \quad (3.41)$$

$$\eta_{\text{Mn}} = \frac{1,4}{3,06} = 0,46;$$

в) у шлак (у вигляді MnO) переходить марганцю шихтових матеріалів:

$$M_{\text{Mn в шлак}} = M_{\text{Mn}} - M_{\text{Mn чавуна}} - M_{\text{Mn в газ}}, \quad (3.42)$$

$$M_{\text{Mn в шлак}} = 3,06 - 1,4 = 1,66 \text{ кг};$$

$$M_{\text{Mn у шлак}} = 3,06 - 1,4 = 1,66 \text{ кг};$$

г) кількість MnO у шлаку:

$$M_{\text{MnO шлака}} = M_{\text{Mn в шлак}} \cdot \frac{Mr_{\text{MnO}}}{Mr_{\text{Mn}}}, \quad (3.43)$$

$$M_{\text{MnO шлака}} = 1,66 \cdot \frac{71}{55} = 2,14 \text{ кг}.$$

Кількість FeO у шлаку:

$$M_{\text{FeO шлака}} = M_{\text{Fe шлака}} \cdot \frac{Mr_{\text{FeO}}}{Mr_{\text{Fe}}}, \quad (3.44)$$

$$M_{\text{FeO шлака}} = 1,42 \cdot \frac{72}{56} = 1,83 \text{ кг}.$$

Хімічний склад шлаку надано у таблиці 3.12.

Таблиця 3.12 – Хімічний склад шлаку

Компоненти шлаку	Кількість	
	кг	%
SiO ₂	145,08	43,00
Al ₂ O ₃	20,86	6,48
CaO	149,74	43,61
MgO	22,25	5,44
MnO	2,15	0,41
FeO	1,84	0,42
S	5,92	0,68
Разом	347,78	100,00

Отриманий склад шлаку перераховуємо на три компоненти (CaO, SiO₂ та Al₂O₃), маркуємо цей склад шлаку на відповідні діаграми (плавкості, в'язкості та температур плавлення) та звіряємо фізичні властивості шлаку.

Перевірка вмісту сірки у чавуні:

$$M_{S \text{ в чавуні}} = M_{S \text{ шихти}} \cdot \eta_{S \text{ в чавуні}} \quad (3.45)$$

$$M_{S \text{ в чавуні}} = 6,95 \cdot 0,09 = 0,620 \text{ кг або } 0,03\%.$$

Вміст сірки за допустимі межі не виходить (в чавуні 0,03%).

Перевірка в чавуні вмісту фосфору:

$$M_{P \text{ в чавуні}} = M_{p.c.} \cdot [P]_{p.c.} + M_{з.к.} \cdot [P]_{з.к.}, \quad (3.46)$$

$$M_{P \text{ в чавуні}} = 1154 \cdot 0,00022 + 542 \cdot 0,00017 + 46,8 \cdot 0,00327 = 0,4 \text{ кг або } 0,03\%.$$

Вміст фосфору не виходить за допустимі межі (в чавуні 0,04%).

Остаточний склад чавуну наведено у таблиці 3.13.

Таблиця 3.13 – Хімічний склад отриманого чавуну

Вміст елемента, %					
Si	Mn	P	C	S	Fe
0,55	0,14	0,03	2,85	0,03	96,40

Витрата вологого коксу (2% H₂O) з урахуванням виносу складе:

$$M_{\text{кокса с виносом}} = \frac{M_{\text{кокса}}}{1 - (\%_{\text{H}_2\text{O}} + \%_{\text{виноса}})}, \quad (3.47)$$

$$M_{\text{кокса с виносом}} = \frac{450}{1 - (0,01 + 0,027)} = 468 \text{ кг.}$$

Витрата шихтових матеріалів надано у таблиці 3.14.

Таблиця 3.14 - Витрата шихтових матеріалів

Матеріали	Без виносу та вологи	З виносом вологих
Кокс	450,1	468,1
Рудна суміш	1674,68	1708,88
Разом	2124,78	2176,98

Кількість вологи шихтових матеріалів та пилу, що виносяться з доменної печі:

$$M_{\text{виносу}} = 2176,98 - 2124,78 = 52,2 \text{ кг.} \quad (3.48)$$

Розрахунковий склад доменної шихти, чавуну та шлаку без використання металоконцентрату надано у таблиці 3.15.

Таблиця 3.15 – Розрахунковий склад доменної шихти, чавуну та шлаку без металоконцентрату на 1 тону чавуну

Найменування матеріалу	Вносять шихта, т											
		Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	TiO ₂	P	Cr ₂ O ₃	S	
агломерат		0,610	0,10	0,013	0,136	0,021	0,003	0,00	0,0003	0,00	0,00	
котуни		0,330	0,036	0,00	0,01	0,00	0,000	0,001	0,000	0,0003	0,000	
кокс (зола)		0,00	0,02	0,007	0,003	0,001	0,000	0,00	0,0001	0,00	0,006	
СУМА		0,964	0,156	0,02	0,149	0,022	0,003	0,001	0,0004	0,0003	0,006	
Склад чавуну, %:	Si			0,55	Витрата						кг/т	т
	Mn			0,14	матеріалів						чавуну	всього
	S			0,03	агломерат						1154	1,154
	P			0,04								
	Cr			0,03	котуни						542	0,542
Вихід чавуну з подачі, т				1,0	кокс (зола)						468	0,468
Витрата SiO ₂ в чавун, т				0,01								
Переходить SiO ₂ в шлак, т				0,15								
Сума оксидів шлаку, т				0,34								
Вихід шлаку з подачі, т				0,32	Показники роботи доменної печі:							
Вихід шлаку, кг/т чавуну				318	Вміст заліза в металошихті, %							57,40
Склад шлаку, %:	SiO ₂			43,0	Винос колошникового пилу, кг/т							31
	Al ₂ O ₃			6,47	Дуття: витрата, м ³ /хв							1950
	FeO			0,41	тиск, ати							1,9
	CaO			43,6	температура, °C							1050
	MgO			5,43	Вміст кисню у дутті, %							22,5
	MnO			0,40	Колошниковий газ: тиск, ати							1,05
	S			0,69	температура, °C							180
Основність шихти,	CaO/SiO ₂			0,94	КВКО							0,564
Основність шлаку:	CaO/SiO ₂			1,01	Продуктивність, т/добу							1785
Температура плавлення шлаку, °C				1340	Рудне навантаження, т/т							3,22

Таблиця 3.16 - Розрахунковий склад доменної шихти, чавуну та шлаку без металоконцентрату на подачу

Найменування матеріалу	Вносить шихта, т										
		Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	TiO ₂	P	Cr ₂ O ₃	S
агломерат		8,01	1,32	0,172	1,795	0,277	0,04	0,00	0,0004	0,00	0,00
котуни		4,61	0,475	0,01	0,132	0,03	0,003	0,013	0,000	0,004	0,001
кокс (зола)		0,06	0,264	0,092	0,04	0,013	0,00	0,00	0,0001	0,00	0,079
СУМА		12,69	2,059	0,264	1,967	0,293	0,043	0,013	0,005	0,004	0,079
Склад чавуну, %:	Si			0,55	Витрата					кг/т	т
	Mn			0,14	матеріалів					чавуну	всього
	S			0,03	агломерат					1154	13,0
	P			0,04							
	Cr			0,03	котуни					542	7,0
Вихід чавуну з подачі, т				13,2	кокс (зола)					468	6,2
Витрата SiO ₂ в чавун, т				0,16							
Переходить SiO ₂ в шлак, т				1,93							
Сума оксидів шлаку, т				4,49							
Вихід шлаку з подачі, т				4,58	Показники роботи доменної печі:						
Вихід шлаку, кг/т чавуну				346	Вміст заліза в металошихті, %					57,40	
Склад шлаку, %:	SiO ₂			43,0	Винос колошникового пилю, кг/т					31	
	Al ₂ O ₃			6,47	Дуття: витрата, м ³ /хв					1950	
	CaO			43,6	тиск, ати					1,9	
	MgO			6,52	температура, °С					1050	
	FeO			0,44	Вміст кисню у дутті, %					22,5	
	MnO			0,40	Колошниковий газ: тиск, ати					1,05	
	S			0,61	температура, °С					180	
Основність шихти,	CaO/SiO ₂			0,94	КВКО					0,564	
Основність шлаку:	CaO/SiO ₂			1,01	Продуктивність, т/добу					1785	
Температура плавлення шлаку, °С				1340	Рудне навантаження, т/т					3,22	

3.3 Вплив вмісту металоконцентрату в доменній шихті на показники доменної плавки

Економія коштів може бути досягнута за рахунок використання дешевої місцевої сировини - металевих концентратів - для підвищення стабільності чавуну і поліпшення якості виливків. Пропонований спосіб використання металевих концентратів в доменній шихті призводить до зменшення собівартості чавуну, зменшення витрати коксу і збільшення вмісту марганцю і хрому в чавуні. Вплив вмісту металевого концентрату в доменній шихті на параметри доменної плавки показано в таблиці 3.17.

Таблиця 3.17 – Показники доменної плавки від вмісту металоконцентрату в доменній шихті

Показники доменної плавки	Вміст металоконцентрату, кг/т чавуну							
	0	50	100	150	200	250	300	311
Продуктивність, т/доб	1785	1779	1774	1768	1763	1757	1752	1751
КВКО	0,565	0,56	0,5687	0,571	0,570	0,572	0,574	0,575
Кокс, кг/т	467	467	465	462	459	456	455	452
Вихід шлаку, кг/т	319	329	338	348	358	368	378	377
Основність	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
[Mn], %	0,08	0,16	0,2	0,33	0,41	0,44	0,5	0,54
[Cr], %	0,04	0,07	0,11	0,12	0,15	0,18	0,23	0,24
Fe _{заг} , %	57,40	57,23	57,05	56,89	56,71	56,53	56,36	56,32

3.3.1 Якісні характеристики металоконцентрату

Металоконцентрат, висовуваний для використання в доменному виробництві для створення чавуну має насипну вагу 3,0-3,2 т/м³, крупність фракції 5-20 мм, Fe_{заг} не менше 70,0% показаний в таблиці 3.18, крупність фракції 20-150 мм Fe_{заг} не менше 50% представлений у таблиці 3.19.

Таблиця 3.18 – Якісна характеристика металевого концентрату фракції 5-20 мм

Фізико-механічні властивості	Потрібно	Дані аналізу
1 Вміст Fe _{заг.} не менше, %	70	71
2 Вміст Fe _{мет.} , не менше, %	45	45,5
3 Вміст фракції 0-3мм, не більше, %	2	2,9
4 Вміст не магнітних домішок, не більше, %	9	7,6
5 Зміст стружки, шматків металу, прутків діаметром понад 20 мм. і довжиною до 100 мм., трохи більше %	5	4,5
6 Вологість, не більше %	3	2,8

Таблиця 3.19 – Якісна характеристика металевого концентрату фракції 20-150 мм

Фізико-механічні властивості	Потрібно	Дані аналізу
1 Вміст Fe _{заг.} не менше, %	50	50,2
2 Частка фракції менше 10 мм, %	10	6,2
3 Частка фракції більше 150 мм, %	10	4,9
4 Вологість, не більше %	4-5	4,9

3.3.2 Вплив вмісту металоконцентрату в доменній шихті на вміст марганцю та хрому в чавуні з метою підвищення якості виливниць

Відповідно до робочої програми по зниженню витрати виливниць були відлиті промислові партії виливниць з використанням металевих концентратів в шихті доменної печі. При витраті металевих концентратів 100-300 кг/т чавуну виходить, що вміст [Cr] в готовому чавуні перевищує 0,17%, Середня масова частка становить 0,3%, [Mn] – 0,5–1,0%, а хімічний склад чавуну відповідає клас 1. В цьому випадку стабільність листових виливків склала 27,9

наповнення, але для порівняння (без металевго концентрату) -25,0 наповнення, для різновидів -60,9 і 49,8 наповнення, результати наведені в таблиці 3.20.

Таблиця 3.20 – Стійкість виливниць від використання металоконцентрату у шихті доменних печей

Середня стійкість виливниць, наливни	Базовий період (без використання металоконцентрату)	Дослідний період (з використанням металоконцентрату)
Сортові типу С-6	25,0	27,9
Листові типу Л-8	49,8	60,9

Згідно з отриманими позитивними результатами, рекомендована доза металевго концентрату в чавуні забезпечує середню масову частку [Cr] до 0,3% і [Mn] – 0,5–1,0%, знижуючи витрату листових виливниць на 4,0 кг/т сталі і марку сталі на 3,4 кг/т. Залежність вмісту марганцю та хрому в чавуні від кількості вмісту металоконцентрату в доменній шихті надана рисунку 3.1.

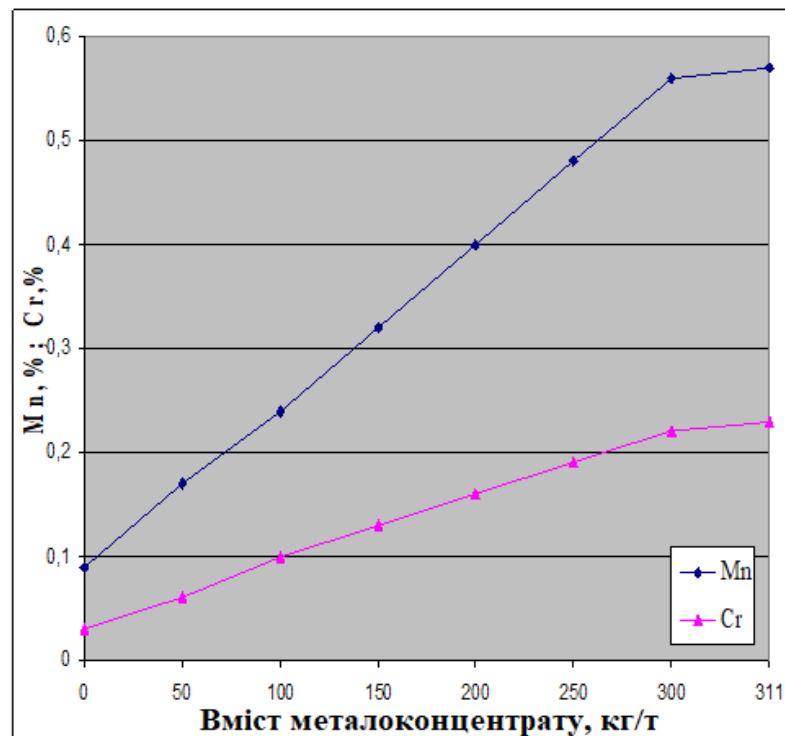


Рисунок 3.1 – Вплив вмісту металоконцентрату в доменній шихті на вміст марганцю та хрому в чавуні

3.3.3 Економія коксу та зміна виходу шлаку від введення в доменну шихту металоконцентрату

Розрахуємо $Fe_{\text{заг}}$ із введенням у доменну шихту металоконцентрату і без нього:

$$Fe_{\text{заг.без МК}} = \frac{Fe_{\text{АГЛ}} \cdot P_{\text{АГЛ}} + Fe_{\text{ОКАТ}} \cdot P_{\text{ОКАТ}}}{P_{\text{АГЛ}} + P_{\text{ОКАТ}}}, \quad (3.49)$$

$$Fe_{\text{заг.без МК}} = \frac{53,42 \cdot 1154 + 65,90 \cdot 542}{1154 + 542} = 57,40\%;$$

$$Fe_{\text{заг.з МК}} = \frac{Fe_{\text{АГЛ}} \cdot P_{\text{АГЛ}} + Fe_{\text{ОКАТ}} \cdot P_{\text{ОКАТ}} + Fe_{\text{МК}} \cdot P_{\text{МК}}}{P_{\text{АГЛ}} + P_{\text{ОКАТ}} + P_{\text{МК}}}, \quad (3.50)$$

$$Fe_{\text{заг.з МК}} = \frac{54,76 \cdot 1154 + 65,90 \cdot 231 + 55,00 \cdot 311}{1154 + 231 + 311} = 56,32\%.$$

З дослідних даних відомо, що металевого заліза в металоконцентраті дорівнює 30%, тоді ступінь металізації розрахуємо за формулою:

$$\text{Ст.мет.} = \frac{30 \cdot P_{\text{МК}}}{P_{\text{АГЛ}} \cdot Fe_{\text{АГЛ}} + P_{\text{ОКАТ}} \cdot Fe_{\text{ОКАТ}} + P_{\text{МК}} \cdot Fe_{\text{МК}}} \cdot 100\%, \quad (3.51)$$

$$\text{Ст.мет.} = \frac{30 \cdot 311}{54,76 \cdot 1154 + 65,90 \cdot 231 + 55,00 \cdot 311} \cdot 100 = 9,7\%.$$

Тому що з 1% металевого заліза економиться коксу 2,3 кг/т чавуну, але відбувається перевитрата коксу за рахунок зменшення $Fe_{\text{заг}}$, то економія:

$$E_k = 9,7 \cdot 2,3 = 22,3 \text{ кг/т.} \quad (3.52)$$

Перевитрата коксу за рахунок зменшення $Fe_{\text{заг}}$ розрахуємо за формулою:

$$\text{Пер.коксу} = (\text{Fe}_{\text{заг.без МК}} - \text{Fe}_{\text{заг.с МК}}) \cdot P_{\text{кокса}} / 100, \quad (3.53)$$

$$\text{Пер.коксу} = (57,4 - 56,32) \cdot 451/100 = 4,9 \text{ кг/т.}$$

Економія загальна коксу на 1 т чавуну становитиме:

$$E = 22,3 - 4,9 = 17,4 \text{ кг/т.} \quad (3.54)$$

Вплив вмісту металоконцентрату в доменній шихті на витрату коксу та вихід шлаку подано на рисунку 3.2.

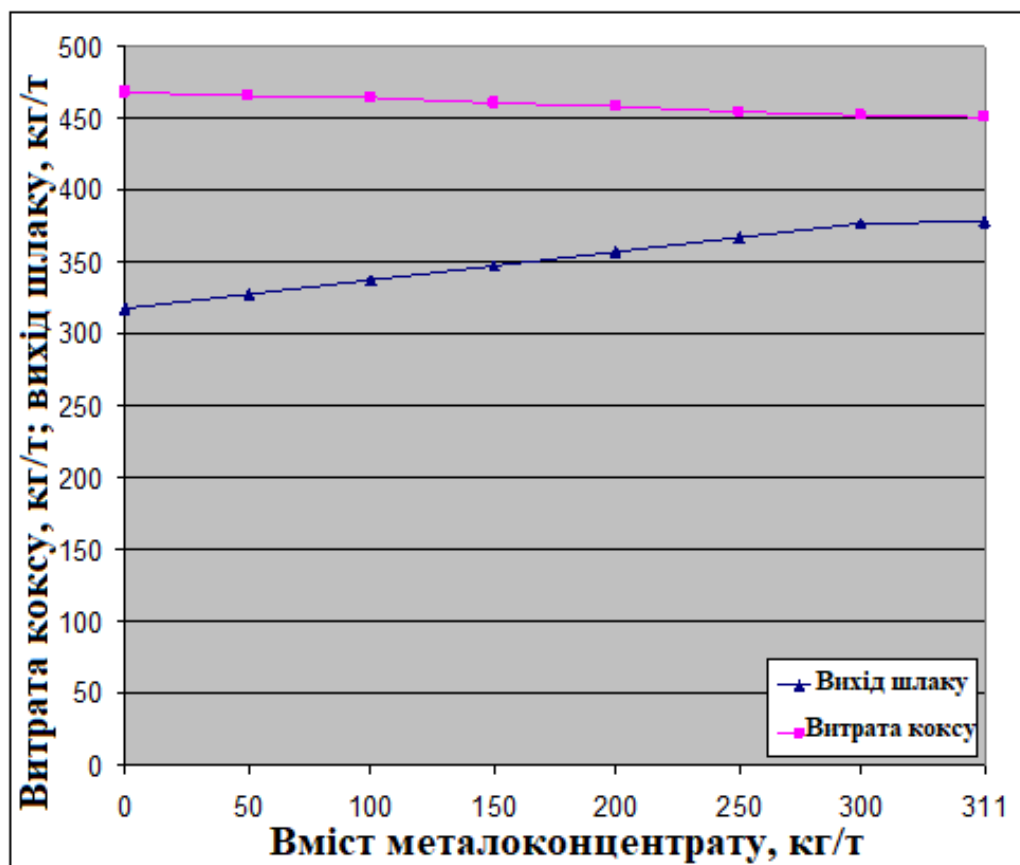


Рисунок 3.2 – Вплив вмісту металоконцентрату в доменній шихті на витрату коксу та вихід шлаку

У доменних печах в результаті плавлення порожньої породи і флюсу залізовмісних матеріалів під впливом високих температур утворюється шлак, а в піч додається зола від спалювання коксу.

При використанні металевих концентратів в якості доменної шихти вихід шлаку незначно збільшується, а на рівні ходу доменної печі це практично не впливає на якість і тип чавуну.

3.3.4 Основні показники доменної плавки

Найважливіші показники роботи доменної печі:

- 1) коефіцієнт використання корисного обсягу печі КВКО;
- 2) собівартість чавуну;
- 3) обсяг виплавки чавуну;
- 4) основність шлаку і т.д.

Вплив вмісту металоконцентрату в доменній шихті на продуктивність доменної печі та КВКО показано на рис. 3.3.

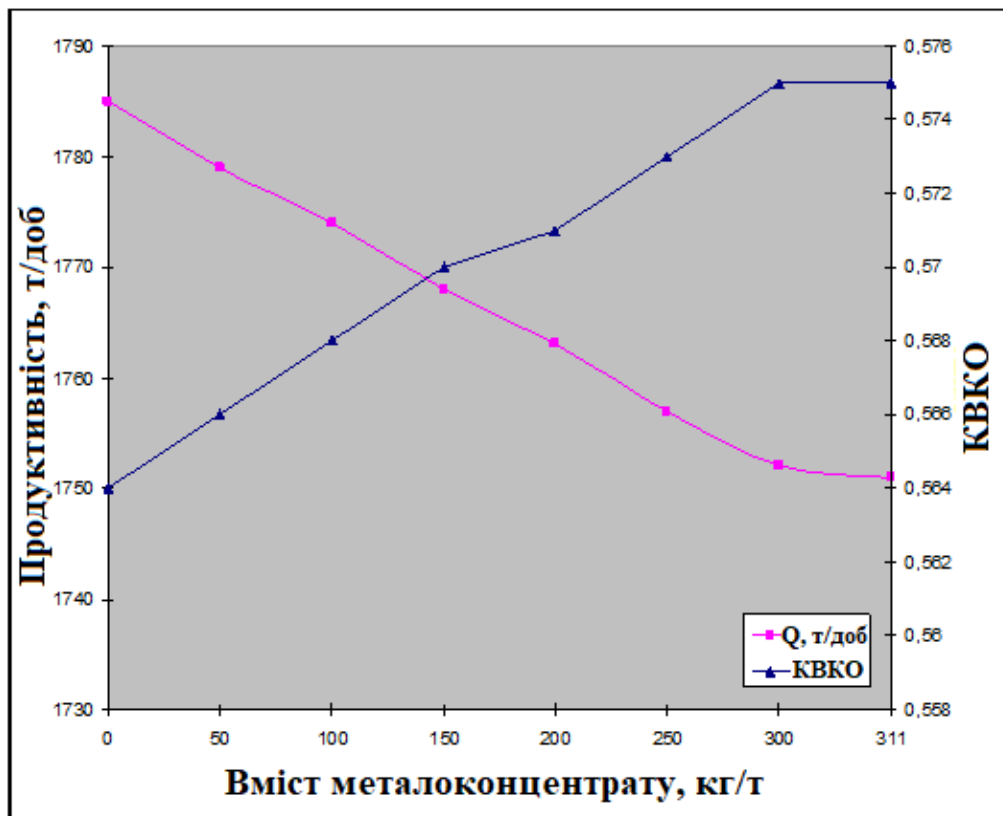


Рисунок 3.3 – Вплив вмісту металоконцентрату на обсяг виробництва чавуну та КВКО

Коефіцієнт використання корисного об'єму (КВКО) є відношення

корисного об'єму печі до її продуктивності:

$$\text{КВКО} = \frac{V}{Q_{\text{доб}}}, \quad (3.55)$$

де V - корисний обсяг доменної печі, м^3 ;

$Q_{\text{доб}}$ - добове виробництво чавуну, т.

Чим краще робить доменна піч, тим нижче абсолютне значення КВКО. Значення КВКО дозволяють нам судити про досягнуту середньодобову продуктивність печі. У зв'язку з тим, що значення добової продуктивності печі коливається, визначаю КВКО шляхом розподілу місячної продуктивності по календарних днях з урахуванням, наприклад, незапланованих простоїв.

В останні роки, завдяки вдосконаленню машин і технологій для виробництва чавуну, використання корисних кількостей було значно покращено.

Для оцінки та аналізу економічних показників печі проводиться розрахунок собівартості чавуну. Собівартість чавуну складається з:

1) вартість залізорудної сировини, флюсу і палива за вирахуванням відходів виробництва (лом, колошниковий пил);

2) витрати на переробку (витрати на електроенергію, амортизацію основних засобів, заробітну плату виробничих працівників, вартість заміни обладнання, витрати на безперервний ремонт, технічне обслуговування основних засобів і т.д.);

3) загальнозаводські витрати (управлінські витрати, обслуговування цеху).

Важливим резервом зниження собівартості чавуну є підвищення продуктивності праці. Продуктивність праці вимірюється виробництвом чавуну в тоннах на одного працівника бухгалтерського персоналу цеху. Чим вище продуктивність печі і чим менше працівників вона обслуговує, тим вона продуктивніше.

Збільшення продуктивності доменних печей, вдосконалення обладнання і технології виробництва, впровадження комплексної автоматизації виробництва, підвищення кваліфікації працівників і поширення передових методів роботи привели до підвищення продуктивності печей і скорочення чисельності працівників. Її наукова організація, що включає в себе не тільки власне організацію праці в доменній печі, а й наукову організацію виробництва, має велике значення для подальшого підвищення продуктивності праці.

Важливою технічною характеристикою власне доменного шлаку є його основність, виражена в співвідношенні суми основних оксидів до суми кислотних оксидів. При виплавці обробленого чавуну основність CaO/SiO_2 в цьому доменному шлаку зазвичай знаходиться в межах 0,9-1,2.

При введенні в доменну шихту металевих концентратів основність шлаку практично не змінюється. Вплив вмісту металевого концентрату на основність шлаку і вміст заліза в металевій шихті показано на рисунку 3.4.

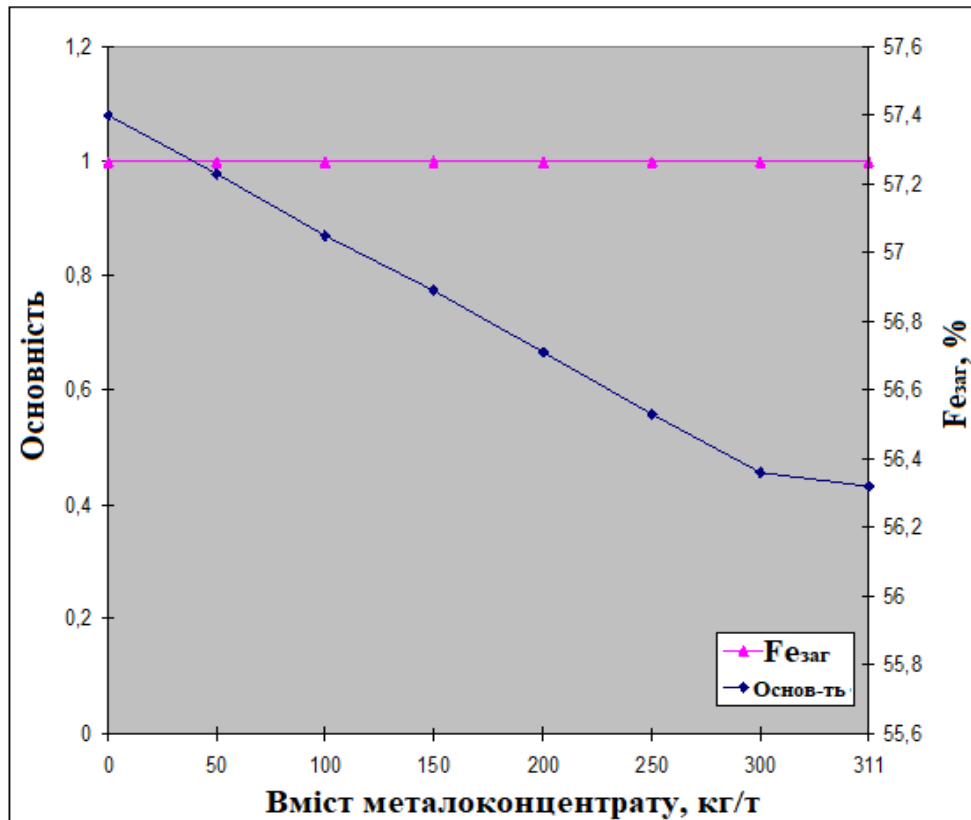


Рисунок 3.4 – Вплив вмісту металоконцентрату в доменній шихті на основність шлаку та вміст заліза у металошихті

Спосіб часткової заміни змійовика в доменній шихті на металевий концентрат призводить до зниження собівартості чавуну, зменшення витрати коксу, збільшення виходу шлаку і збільшення ступеня використання корисних обсягів, збільшення вмісту марганцю і хрому в чавуні. Також підвищується стабільність хімічного складу чавуну, що підвищує якість виливків, відлитих з цього чавуну. Обробка шлакових відвалів поліпшила екологічну ситуацію в усьому регіоні.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Аналіз небезпечних виробничих факторів доменного цеху

Виробництво чавуну являє собою складний комплекс основного і допоміжного обладнання, систем управління і диспетчеризації технологічних процесів.

При виробництві чавуну плавлення сипучих матеріалів (руди, коксу, агломерату, котонів, флюсу) відбувається при високих температурах, що може привести до виникнення небезпечних і шкідливих виробничих факторів на промислових об'єктах.

Потенційно небезпечні і шкідливі виробничі фактори на доменних цехах узагальнені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1– Потенційно небезпечні та шкідливі виробничі фактори у доменному цеху

Операція технологічного процесу	Агрегат, обладнання, на яких виконується операція	Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів	Нормативне значення факторів
Завантаження шихтових матеріалів у піч	Бункерні приміщення	Недостатня освітленість робочої зони	Нормоване значення дорівнює 75 лк
		Підвищений рівень вібрації	Нормоване значення дорівнює 93 дБ, $f = 8,0$ Гц
		Підвищений рівень шуму	Нормоване значення дорівнює 80 дБА
Випуск чавуну та шлаку; збирання продуктів плавки; передача чавуну в подальший переділ	Ливарний двір доменної печі	Підвищена температура у робочій зоні	Нормоване значення дорівнює 18-22 °С
		Підвищений рівень шуму	Нормоване значення дорівнює 80 дБА
		Підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони	Для СО ГДК повітря становить 20 мг/м ³ (стан - газ) речовина з гостроспрямованою дією, що вимагає автоматичного контролю за його вмістом у повітрі
	Центральний пульт управління доменної печі	Підвищена температура повітря	Зимовий період 21-24°С, літній період 22-24°С
Підвищений рівень шуму на робочому місці		Нормоване значення дорівнює 65 дБ	

Потужна конвекція повітря, що виникає при викиді чавуну і шлаку, піднімає пил. Тому при виробництві чавуну спостерігається максимальна запиленість повітря, що досягає десятків і сотень мг/м³. Ливарний пил має високу дисперсність (частинки діаметром до 2 мікрон складають 70%).

Хімічний склад колошникового пилу залежить від складу шихти. Пил колошниковий містить 8... 12% оксиду кремнію, 16..20% вуглецю і до 50... 60% оксиду заліза.

Викид пилу з пиловловлювача зазвичай супроводжується засміченням навколишнього простору гратчастої пилом, яка добре поширюється в повітрі і має склад, вказаний в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Фракційний склад колошникового пилу з пиловловлювача, мкм

Фракційний склад колошникового пилу	+500	500... 200	200... 90	90... 40	40. ..10	-10
Розмір частинок, мкм						
Вміст, %	1,2	21,0	40,5	30,2	3,9	3,2

Дрібнодисперсний пил (більше 10 мікрон) в легені не потрапляє, в легені потрапляють частинки розміром менше 10 мікрон.

Наявність в повітрі пилу, що містить оксиди кремнію, заліза та інші мінеральні компоненти, може викликати серйозне захворювання, зване пневмоконіозом.

У ливарному цеху відбувається пиловловлювання. Конденсаційні аерозолі на поверхні розплавленого чавуну містять оксид заліза, марганець і графіт. Аерозолі утворюються при очищенні і ремонті канавок, при переміщенні сипучих матеріалів.

Компоненти доменного газу по-різному впливають на організм людини і можуть викликати задуху і отруєння. Доменні газу можуть легко поширюватися в повітрі і осідати в нижніх шарах атмосфери, створюючи

загазованість на робочих місцях в сиру і холодну погоду.

У повітрі ливарного цеху присутній чадний газ. Залежно від якості чавуну, доменний газ має наступний склад: 10...18% CO₂, 23...27%, 1,6...7,6% H₂, 0,2...0,4% CH₄ і 50...58% N₂.

При наявності джерела з певною концентрацією газів в повітрі і температурою, що перевищує температуру займання газу, може статися вибух. Таким джерелом може бути відкритий вогонь, іскра, електрична дуга, нагріте тіло.

4.2 Санітарно-технічні вимоги

4.2.1 Об'ємно-планувальні рішення будівель та споруд

ПАТ "Запоріжсталь" відноситься до першого класу виробництва. Ширина санітарної зони для таких підприємств повинна становити не менше 2 км.

Розташування заводу щодо житлового району вдале, оскільки роза вітрів переважає на північному заході і сприяє видаленню шкідливих речовин з міста.

Доменний цех розташований з підвітряного боку від будівлі управління. Таке планування дозволяє знизити шкідливі викиди і шум.

Всі робочі майданчики розташовані на висоті не більше 0,7 м (код) і огорожені зварними конструкціями висотою не більше 0,5 м (код).

Центральний пульт управління доменної печі знаходиться в приміщенні загальною площею 30 м² і висотою 2,5 м, а обсяг приміщення становить 75 м³. Є 3 основні робочі місця. Таким чином, фактична площа 1 робітника становить 10 м² або 25 м³.

4.2.2 Вимоги до мікроклімату

Норми праці важких категорій (доменне виробництво) на постійних робочих місцях встановлюють оптимальні параметри повітряного

середовища. Температура 17...21°C, відносна вологість 42...62 % та швидкість руху повітря трохи більше 3,5 м/с. Теплове навантаження на робоче місце не повинна перевищувати 350 ккал/м²·год.

У приміщеннях, де теплове навантаження перевищує 0,35 Вт/см², слід встановлювати вентилятори, повітряні душі, високодисперсне розпилення води, холодильні екрани і кімнати відпочинку, а також підтримувати температуру на рівні 22°C. Використовуйте обладнання для охолодження і кондиціонування повітря. Температура і швидкість повітря: 18 при використанні повітряного душа в доменній печі влітку...22°C і 2,3 м/сек, 16 взимку... 18°C і 1,3 м/с.

За зміну працівники доменного цеху втрачають від 6 до 10 літрів води у вигляді поту. Підтримання вологості тіла здійснюється зазвичай за допомогою газованої води. У доменному цеху встановлена автоматична сатураційна установка з централізованим водопостачанням на робочому місці. Труба для подачі газованої води термоізольована. Крім газованої води, на робочому місці встановлені фонтанчики зі звичайною питною водою. Пункт подачі питної води розташований трохи більше ніж в 75 метрах від робочого місця.

Необхідний повітрообмін забезпечується механічною вентиляцією. Кратність повітрообміну становить більше 5, а швидкість повітря поглинається в межах допустимого значення 0,1 м/с.

Для зниження шуму і вібрації прилади, пристосування і девайси встановлюються на амортизуючі прокладки.

Параметри повітряного середовища відповідають вимогам ГОСТ12.1.005-88. Отже, мікроклімат розглянутого приміщення відповідає критеріям.

Кількість припливного повітря, необхідне для засвоєння припливного тепла, визначається за такою формулою:

$$L_{np} = \frac{Q_{изб}}{C_p \cdot \rho_H \cdot (t_{vx} - t_H)}, \quad (4.1)$$

де $Q_{\text{изб}}$ - теплові надлишки, Дж/год;

C_p - питома теплоємність, Дж/кг·К;

ρ_n - щільність повітря, кг/м³;

$t_{\text{ух}}, t_n$ - температури повітря, що йде і зовнішнього, К.

$$L_{\text{пр}} = \frac{6270000}{1,2006 \cdot 1 \cdot (30 - 21)} = 580260,6 \text{ м}^3 / \text{ч.}$$

Об'єм повітря, що видаляється з цеху, $L_{\text{уд}}$ визначається за формулою:

$$L_{\text{уд}} = \frac{Q_{\text{изб}}}{C_p \cdot \rho_{\text{ух}} \cdot (t_{\text{ух}} - t_n)}, \quad (4.2)$$

де $\rho_{\text{ух}}$ - щільність повітря, що йде, кг/м³.

$$L_{\text{уд}} = \frac{6270000}{1,1656 \cdot 1 \cdot (30 - 21)} = 597689,3 \text{ м}^3 / \text{ч.}$$

Завдяки нагріванню у приміщенні, обсяг повітря збільшується на 2,9 %.

Величина теплового напору H_m відзначається за такою формулою:

$$H_m = h \cdot (\rho_n - \rho_n), \quad (4.3)$$

де h - відстань між осями верхніх та нижніх отворів, м;

ρ_n - щільність повітря за середньої температури ($\rho_n = 1,177 \text{ кг/м}^3$);

ρ_n - щільність повітря при 21 °С ($\rho_n = 1,2006 \text{ кг/м}^3$).

Середня температура повітря рівняється $t_{\text{ср}} = (24+30) / 2 = 27$ °С. Після підстановки значень перебуває H_m :

$$H_m = 10 \cdot (1,2006 - 1,177) = 0,24 \text{ кг} / \text{м}^2.$$

Приймаючи різницю тиску на нижніх і верхніх отворах однаковою, знаходиться H_1 :

$$H_1 = H_2 = H = H_T / 2 = 0,24 / 2 = 0,12 \text{ кг} / \text{кг}^2 \quad (4.4)$$

Швидкість повітря в припливних отворах $V_{\text{пр}}$, при отриманій різниці

тисків визначається за формулою:

$$V_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot H}{\rho_{\text{н}}}}, \quad (4.5)$$

де g – прискорення вільного падіння, м/с²;

H - різниця тиску повітря в приміщенні та поза ним, Па;

$\rho_{\text{н}}$ – щільність зовнішнього повітря, кг/м³.

$$V_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 0,12}{1,2006}} = 1,4 \text{ м/с.}$$

Швидкість у витяжних отворах відзначається за формулою:

$$V_{\text{yx}} = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot H}{\rho_{\text{yx}}}}, \quad (5.6)$$

де ρ_{yx} - щільність повітря, що йде, кг/м³.

$$V_{\text{yx}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 0,12}{1,1656}} = 1,42 \text{ м/с.}$$

Площа припливних отворів $F_{\text{пр}}$ (зі стулками, відкритими на 90°) розраховується за такою формулою:

$$F_{\text{пр}} = \frac{L_{\text{пр}}}{\mu \cdot V_{\text{пр}} \cdot 3600}, \quad (5.7)$$

де $L_{\text{пр}}$ – обсяг припливного повітря, м³/год;

μ - коефіцієнт витрати;

$V_{\text{пр}}$ - розрахункова швидкість повітря в отворі, м/с.

$$F_{\text{пр}} = \frac{580260,6}{0,65 \cdot 1,4 \cdot 3600} = 179 \text{ м}^3.$$

Площа витяжних отворів у ліхтарі F_{yx} (зі стулками, відкритими на 90°) визначається за такою формулою:

$$F_{yx} = \frac{L_{yx}}{\mu \cdot V_{yx} \cdot 3600}, \quad (5.8)$$

де L_{yx} -об'єм повітря, що йде, м³/год;

μ - коефіцієнт витрати;

V_{yx} - швидкість повітря на виході з отвору, м/с.

$$F_{yx} = \frac{580260,6}{0,65 \cdot 1,42 \cdot 3600} = 177 \text{ м}^2.$$

Для вентиляції в цеху в вертикальних стінах будівлі просвердлені отвори, нижній ряд (для припливу повітря в теплу пору року) - 2 м, верхній ряд (для припливу повітря в холодну пору року) - 8 м, висота отвору - 1,2 м, зліва і праворуч від ливарного двору. На даху будівлі встановлені вентиляційні світильники з вітрозахисними панелями. Відкриття стулки ліхтаря механізовано.

4.2.3 Вимоги до освітлення

Вимоги до штучного освітлення визначаються "будівельними нормами і правилами" і "санітарними нормами проектування промислових підприємств".

При штучному освітленні (згідно СНП05/23/95) при роботі з люмінесцентними матеріалами і виробами в гарячих цехах освітленість становить 200 люкс. 50 люкс на робочому майданчику ливарного двору; 100 люкс в будівлі машинного відділення і диспетчерської печі; 50 люкс в бункері та інших приміщеннях; 20 люксів в проході для транспортування.

У цеху необхідно забезпечити робоче і аварійне освітлення. Для аварійного освітлення потрібне окреме джерело живлення від акумулятора або окремий генератор. Відсутність освітлення вимагає відключення доменної печі. У цьому випадку існує ризик отримання травм, вибуху та нещасного

випадку. Складено графік чищення та ремонту освітлювальних приладів, ліхтарів і вікон. Розумна фарбування пристрою покращує умови освітлення.

Освітлення вибрано відповідно до СНиП23-05-95.

Центральна панель управління і її параметри нормалізовані. Стандарти освітлення для центральних процесорів доменної печі наведені в таблиці 4.3.

Центральний процесор доменної печі потребує штучного освітлення, а приміщення розташоване в центрі доменного цеху на ділянці без достатнього природного освітлення, тому центральний процесор доменної печі потребує штучного освітлення.

Таблиця 4.3 – Норми освітлення для ЦПУ доменної печі

Показники	Норма
Характеристика зорових робіт	Висока точність
Розряд зорової роботи	3
Підрозряд зорової роботи	У
Відносна тривалість зорової роботи, %	Менш 70,0
Освітленість на робочій поверхні від системи загального штучного освітлення, лк	300,0
Коефіцієнт пульсації освітленості, %	10
Коефіцієнт природної освітленості при верхньому освітленні, %	3,5
Коефіцієнт природної освітленості при бічному освітленні, %	1,2

4.2.4 Розрахунок штучного освітлення робочого місця горнового доменної печі

Робочим місцем доменного цеху є ливарний двір. Найбільш поширеним в проектування є розрахунок освітлення з застосуванням методу коефіцієнта світлового потоку. Цей метод дозволяє розрахувати світловий потік джерела світла, який потрібний для створення нормальної освітленості розрахункової горизонтальній площині.

$$\Phi = (E_{\min} \cdot K_3 \cdot S \cdot Z) / N \cdot n \cdot g, \quad (4.9)$$

де Φ - світловий потік кожної лампи, лк;

E_{\min} - мінімальна нормована освітленість, лк;

K_3 – коефіцієнт запасу;

S – площа приміщення, м²;

Z - відношення середньої освітленості до мінімальної, цей коефіцієнт необхідно впроваджувати у зв'язку з тим, що нормується не середня, а E_{\min} зазвичай застосовується 1,1... 1,5 (в середньому 1,2);

N – вибране число світильників, шт;

g – коефіцієнт затемнення робочому місці можна брати рівним 0,8... 0,9;

n - коефіцієнт використання світлового потоку ламп, що залежить від типу світильника, коефіцієнтів відображення стелі (P_n), стін (P_c), висоти підвісу світильника (h) та показника приміщення (i).

$$i = (A \cdot B) / h \cdot (A + B), \quad (4.10)$$

де A і B - два характерні розміри приміщення, м;

h – розрахункова висота підвіски світильника, м.

Для умов ливарного двору доменного цеху беремо: $E_{\min} = 200$ лк; $K_3 = 1,7$; $Z = 1,2$; $N = 4$ прим; $g = 0,9$; $n = 15,2$. Висота приміщення 25 метрів, ширина прольоту 25 метрів, довжина 34 метри.

$$i = (25 \cdot 34) / 25 \cdot (25 + 34) = 0,58 \text{ м.}$$

Тоді,

$$\Phi = (200 \cdot 1,7 \cdot 850 \cdot 1,2) / 4 \cdot 15,2 \cdot 0,9 = 6338 \text{ лк.}$$

У роботі застосовуються ртутні лампи типу ДРЛ-125, у яких висока світлова віддача і великий термін служби. Напруга у лампі 220 В, потужність 125 Вт.

4.2.5 Параметри безпеки при влаштуванні та експлуатації комунікацій

Приміщення центрального пункту управління доменної печі відноситься до класу приміщень з підвищеною небезпекою, оскільки не виключена можливість контакту людини одночасно з огорожами заземлених металевих конструкцій і електрообладнанням.

Використання електричного струму надає великого значення питанням безпеки, оскільки вплив електричного струму може спричинити електричні опіки, фібриляцію передсердь, втрату свідомості та навіть смерть. І навіть при розробленій системі захисних заходів не слід припускати, що вони створюють абсолютний рівень безпеки. У всіх випадках необхідно виконувати Електромонтажні роботи високої якості і здійснювати їх регулярний моніторинг, підтримувати високу якість ізоляції, підтримувати високу дисципліну персоналу і дотримуватися правил техніки безпеки.

Для задоволення санітарних і побутових потреб працівників цеху планується будівництво спеціальних приміщень. Склад санітарно-технічних приміщень визначається виходячи з гігієнічних характеристик виробничого процесу в цеху. Для задоволення санітарно-побутових потреб працівників передбачені спеціальні приміщення. У доменних цехах вони відносяться до II групи В.

Таблиця 4.4 – Розрахункові дані спеціальних площ для центрального пульта управління доменною піччю

Найменування розрахункової площі	Найменування та кількість побутових пристроїв	Норми площі на одну особу, м ²	Кількість осіб	Усього площі, м ²
Гардеробні	Шафа 0,5x0,4x1,65	1,2	3	3,6
Умивальні	Один кран	1,75	3	5,25
Вбиральні	Один унітаз	1,08	3	3,24
Влаштування питного водопостачання	Один пристрій	2,0	3	6
Приміщення для громадського харчування	Столи, стільці	1,47	3	4,41
Приміщення для відпочинку		2	3	6

Аналогічні умови є й у горнових доменної печі № 3,4,5.

4.3 Заходи захисту від небезпечних шкідливих виробничих факторів

Технічні заходи захисту наведено у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 - Технічні заходи захисту від шкідливих та небезпечних виробничих факторів доменного цеху

Операція технологічного процесу	Агрегат, обладнання, на яких виконується операція	Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів	Захисне пристрій
Завантаження шихтових матеріалів у піч	Бункерні приміщення	Недостатня освітленість робочої зони	Лами розжарювання та люмінесцентні лампи
		Підвищений рівень вібрації	Віброізолятор типу гумових прокладок
		Підвищений рівень шуму	Звукопоглинаючий екран
Випуск чавуну та шлаку. Прибирання продуктів плавки Передача чавуну в подальший переділ	Ливарний двір доменної печі	Підвищена температура у робочій зоні	Тепловідвідний екран
		Підвищений рівень шуму	Звукоізолюючий кожух
		Підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони	Витяжна парасолька
	Центральний пульт управління доменної печі	Підвищена температура повітря	Вентилятори, повітряне душення
		Підвищений рівень шуму на робочому місці	Звукопоглинаючий екран

4.4 Безпека життєдіяльності у надзвичайних ситуаціях

4.4.1 Пожежо- та вибухобезпека

Відповідно до НПБ105 - 95 Про вибухонебезпечність і пожежонебезпеку приміщення центрального пульта управління відноситься до категорії "В4".

Відповідно до СНиП2.01.02-85 приміщення диспетчерської має третю ступінь вогнестійкості. Для гасіння використовуються вогнегасники типу ОУ-5.

Можливість евакуації людей з будівлі в разі пожежі забезпечується коридором шириною 2 м. Відстань від найдалшого робочого місця до виходу або від крила сходів до виходу не повинно переважати мінімум 15 метрів.

Щоб запобігти загорянню і звузити поширення вогню в приміщенні, необхідно усунути всі можливі джерела загоряння, створити правила експлуатації агрегату і налаштувати систему пожежної сигналізації.

4.4.2 Токсична безпека

У доменних цехах можуть відбуватися різні види аварій:

- Зупинка вентилятора для подачі повітря в доменну піч;
- Розрив кожуха шахти печі;
- Перегорання фурми або холодильника;
- Припинення подачі газу на газорозподільну станцію;
- Розливання чавуну в печі і лиття чавуну по виплавлюваних моделях;
- Попадання розплавлених і розпечених матеріалів на ливарні майданчики і залізничні колії;
- Викид або витік газу і т. д.

Типи аварій і методи їх усунення наведені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Види можливих аварій у доменному цеху

Види аварій та їх виникнення	Заходи щодо порятунку людей та ліквідації аварії
1 Зупинка повітродувної машини	1) Повідомити про аварію диспетчерам доменного та газового цехів, повідомити ГСС. 2) Зупинити піч: а) вимкнути завантаження піч відкрити дроселя дросельної групи; б) припинити подачу природного газу в піч; в) припинити нагрівання повітронагрівачів; г) відкрити повністю клапан "снорт"; д) закрити клапан гарячого дуття, змішувальну засувку та шибер холодного дуття; е) відкрити атмосферні свічки та закрити відокремлювальний клапан. 3) Викликати необхідний персонал ліквідації аварії. 4) Почати ліквідацію наслідків аварії.
2 Розрив кожуха шахти печі	1) Взяти піч на «снорт». 2) Викликати газорятувальників, виставити оточення небезпечної зони та видалити людей із майданчиків шахти та колошника. 3) Повідомити диспетчера про аварію. 4) За потреби зупинити піч. 5) Повідомити начальника цеху про аварію та за необхідності викликати необхідний персонал. 6) Приступити до ліквідації аварії та її наслідків.
3 Припинення подачі газу на газорозподільчу станцію	1) Поінформувати начальника доменного цеху. 2) Закрити вентиля природного газу. 3) За командою начальника цеху вжити заходів щодо збереження теплового стану печі. 4) З метою забезпечення котлів ЦЕС та ПЗЕЗ доменним газом кількість повітронагрівачів на нагріванні тримати за командою диспетчера газового цеху. 5) Закрити коксовий газ на повітронагрівачі.

4.4.3 Спеціальні розробки щодо забезпечення безпеки (розрахунок теплопоглинаючого екрану)

Тепловідбиваючий екран являє собою зварену пластину із сталевого листа, облицьовану зсередини вогнетривкою цеглою. Вода циркулює між киплячими пластинами, поглинаючи тепло і відводячи його.

Кількість тепла, що передається від 1 м² стінки гарячої води, визначається за формулою:

$$E_{II} = C_0 \cdot A_{np} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right], \quad (4.11)$$

де C_0 -коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла;

A_{np} -наведена ступінь чорноти;

T_1 -температура гарячої стінки, $T_1=1673$;

T_2 - температура стінки екрану, $T_2 = 323$ К.

У свою чергу, наведений ступінь чорноти визначається за формулою:

$$A_{np} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1}, \quad (4.12)$$

Де ε_1 - ступінь чорноти гарячої стінки, $\varepsilon_1=0,75$;

ε_2 - ступінь чорноти сталевого листа екрану, $\varepsilon_2=0,9$.

$$A_{np} = \frac{1}{\frac{1}{0,75} + \frac{1}{0,9} - 1} = 0,7;$$

$$E_I = 5,67 \cdot 0,7 \cdot \left[\left(\frac{1673}{100} \right)^4 - \left(\frac{323}{100} \right)^4 \right] = 310450 \text{ Вт.}$$

Необхідна кількість води для охолодження екрану відзначається за такою формулою:

$$G = \frac{a \cdot E_n \cdot F}{c(t_{yx} - t_n)}, \quad (4.13)$$

де a - коефіцієнт поглинання інфрачервоних променів матеріалом екрану та водою,

$$a = 0,9;$$

$$F - \text{площа стінки екрану, } F=4 \text{ м}^2;$$

$$c - \text{теплоємність води, } c = 4,19 \cdot 10^3;$$

$$t_{yx} - \text{температура води, що йде, } t_{yx} = 33^\circ\text{C};$$

$$t_n - \text{температура води, що надходить, } t_n = 18^\circ\text{C}.$$

$$G = \frac{0,9 \cdot 310450 \cdot 4}{4190 \cdot (33 - 18)} = 64027 \text{ кг/год.}$$

Кількість води, необхідне для установки радіаторного екрану, становить 64027 кг/год. Забезпечити таку кількість води дуже складно, що ускладнює їх використання у великих масштабах.

Проблема забезпечення безпеки співробітників підприємства в основному пов'язана з тим, що в останні роки в галузі посилилася несприятлива ситуація з охороною праці, це середовище, що володіє природною якістю. Збільшується кількість і масштаби надзвичайних ситуацій техногенного характеру. У промисловості зростає рівень нещасних випадків на виробництві та захворюваності на виробництві. Масштаби забруднення повітря також збільшуються.

Щоб повністю забезпечити безпеку персоналу в надзвичайній ситуації,

на підприємстві повинні бути вжиті заходи. Існує потреба в засобах оповіщення про небезпеку в результаті аварії, а також необхідна наявність спеціально навченого персоналу, щоб не було необхідності залучати персонал Міністерства з надзвичайних ситуацій (масштаб аварії невеликий). Згідно із затвердженим графіком, на підприємствах необхідно провести імітаційні навчання, наближені до реальних дій. Промисловим підприємствам слід чітко розробити план евакуації персоналу об'єкта (і, при необхідності, членів їх сімей) в чисті зони. Персонал повинен чітко знати, що в разі нещасного випадку він може евакуюватися із зони зараження строго проти вітру і використовувати засоби індивідуального захисту, наявні на робочому місці. Ці заходи повинні знизити ймовірність основних наслідків аварії через викид шкідливих речовин, а також кількість загиблих і травмованих (і, як наслідок, інвалідність), і, відповідно, знизять відсоток економічного збитку підприємству в разі аварії на підприємстві.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання щодо застосування металоконцентрату у доменній шихті з метою покращення стабільності чавуну для виробництва виливниць.

Зроблений порівняльний аналіз розрахунку доменної шихти з використанням металоконцентрату і без нього, переконливо доводить, що застосування місцевої сировини вигідне, оскільки:

- відбувається найкраще засвоєння марганцю та хрому в чавуні, порівняно з виробництвом синтетичного чавуну;
- поліпшується екологічна обстановка, за рахунок переробки шлакових відвалів;
- зменшилася витрата виливниць;
- зменшується витрата коксу.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Основи металургійного виробництва металів і сплавів : підручник для металург. спец. вищ. навч. закл. / Д. Ф. Чернега, В. С. Богушевський, Ю. Я. Готвянський [та ін.] ; за ред. Д. Ф. Чернеги, Ю. Я. Готвянського. Київ : Вища шк., 2006. 503 с.
2. Смірнов О. М., Зборщик О. М. Позапічне рафінування чавуну і сталі : навчальний посібник. Донецьк : Ноулідж, 2013. 179 с.
3. Ефименко Е.Ф., Гиммельфарб А.А., Левченко В.Е. Металлургия чугуна. Киев: Высшая школа, 1981. 595 с.
4. Мовчан В.П., Бережний М.М. Основи металургії. Дніпропетровськ : Пороги, 2001. 334 с.
5. Атаманюк В.В. Технологія конструкційних матеріалів. Київ : Кондор, 2006. 528 с.
6. Готвянський Ю.Я. Фізико-хімічні та металургійні основи виробництва металів: Навч. посібник. Київ : ІЗМН, 1996. 392 с.
7. Харлашин П.С. Методичні вказівки до самостійної роботи студентів з дисципліни «Фізико-хімічні основи виробництва чистих металів». Маріуполь : ДВНЗ «ПДТУ», 2009. 14 с.
8. Харлашин П.С., Єршов Г.С., Тарасов В.П., Скребцов О.М., Роянов В.А., Сударєв В.П. Металургія (проблеми, теорія, технологія, якість): Підручник. Донецьк : ТОВ «Норд-комп'ютер», 2005. 724 с.
9. Наказ МОЗ від 14.07.2020 № 1596 «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони».
10. ДНАОП 1.1.10-1.01-97 (НПАОП 40.1-1.01-97) ПРАВИЛА безпечної експлуатації електроустановок.
11. СНиП 2.01.02-85*. Протипожежні норми (Діє ДБН В 1.1-7-2002) (2.01.02-85*) (СНиП 2.01.02-85*. Противопожарные нормы (Действует ДБН В 1.1-7-2002)).

12. ДБН В.2.5-28-2006 Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення.
13. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
14. ДСТУ 2867-94 Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. Загальні вимоги.