



ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»  
Факультет гірничо-металургійний  
Кафедра металургії, матеріалознавства та організації виробництва

«Допущено до захисту»  
Гарант ОПП Металургія сталі

Христина МАЛІЙ

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання  
освітньо-професійної програми  
«Металургія сталі»  
за спеціальністю 136 Металургія

на тему «Дослідження ефективності технології відсікання шлаку  
при випуску сталі з кисневого конвертера»

Керівник роботи

Костянтин НІЗЯЄВ

Консультант від  
бази практики

Євген БРАГІНЕЦЬ

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання  
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело*

Здобувач

Максим САВЕНОК

Підсумкова оцінка за атестацію			
--------------------------------	--	--	--

Голова ЕК

Євген БРАГІНЕЦЬ

Кам'янське 2024

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет	гірничо-металургійний
Кафедра	металургії, матеріалознавства та організації виробництва
Ступінь вищої освіти	магістр
Спеціальність	136 Металургія
ОПП	Металургія сталі

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОПП Металургія сталі

Христина МАЛІЙ

«05» грудня 2023 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Савенка Максима Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи Дослідження ефективності технології відсікання шлаку при випуску сталі з кисневого конвертера

керівник роботи Нізяєв Костянтин Георгійович, професор, докт. техн. наук,

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

затверджені наказом Університету від 29.08. 2023 р. №137.1/29.08.2023

2. Термін подання роботи 15.01.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Світовий та вітчизняний досвід технологічних рішень по відсіканню шлаку при випуску сталі з кисневого конвертера. Хімічний та фізичний склад кінцевого конверторного шлаку. Фізико-хімічні закономірності розкислення сталі, її забруднення неметалевими включеннями. Технологія виплавки та випуску сталі в ківш в конверторному цеху ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ».

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань) Зміст. Вступ. Розділ 1. Аналітичні дослідження ефективності технології відсікання шлаку при випуску сталі з кисневого конвертера. Розділ 2. Основна частина. Статистичний аналіз техніко-економічних показників роботи конвертера, розкислення сталі. Визначення взаємозв'язків між технологічними особливостями виплавки сталі та її випуску в ківш і витратами феросплавів. Розробка технічних по зниженню витрат феросплавів. Розділ 3. Охорона праці. Розділ 4. Розрахунки економічної доцільності запропонованих рішень. Висновки. Перелік використаних джерел.

5. Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): не менш 5-8 слайдів основної частини 1-2 слайд економічна частина.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта
Розділ 1	Нізяєв К.Г. професор
Розділ 2	Нізяєв К.Г. професор
Розділ 3	Нізяєв К.Г. професор
Розділ 4	Латишева О.В., доцент

7. Дата видачі завдання 05.12.2023

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Розділ 1. Аналітичні дослідження ефективності технології відсікання шлаку при випуску сталі з кисневого конвертера	25.12.2023 – 28.12.2023
2	Розділ 2. Основна частина. Статистичний аналіз техніко-економічних показників роботи конвертера, розкислення сталі. Визначення взаємозв'язків між технологічними особливостями виплавки сталі та її випуску в ківш і витратами феросплавів. Розробка технічних по зниженню витрат феросплавів.	25.12.2023 – 28.12.2023
3	Розділ 3. Охорона праці	28.12.2023 – 02.01.2024
4	Розділ 4. Розрахунки економічної доцільності запропонованих рішень.	03.01.2024 – 07.01.2024
5	Висновки, перелік посилань, вступ, зміст, реферат	07.01.2024 – 08.01.2024
6	Подання завершеної роботи. Перевірка на академічний плагіат	08.01.2024 – 10.01.2024
7	Остаточне оформлення роботи, презентаційного матеріалу, автореферату	10.01.2024 – 16.01.2024
8	Рецензування завершеної роботи. Захист	16.01.2024 – 24.01.2024

Здобувач

Максим САВЕНОК

Керівник роботи

Костянтин НІЗЯЄВ

## ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Аналітичні дослідження процесів відсікання шлаку при випуску сталі із конвертеру .....	6
1.1 Передумови розвитку методів відсікання шлаку з конвертеру .....	6
1.2 Огляд ефективності методів відсікання шлаку .....	9
1.3 Методи виявлення шлаку .....	13
Висновки по розділу.....	15
2 Аналіз техніко-економічних показників роботи конвертора і розкислення сталі.....	17
2.1 Огляд операцій випуску сталі з конвертора та розкислення і легування сталі на випуску.....	17
2.1 Статистичний аналіз техніко-економічних показників роботи конвертора та розкислення сталі .....	19
2.3 Рекомендації щодо підвищення ефективності відсікання сталі на випуску з конвертера .....	36
3 Охорона праці та захист навколишнього середовища .....	38
3.1 Охорона праці .....	38
3.1.1 Аналіз умов праці та пожежної профілактики.....	38
3.1.2 Заходи поліпшення умов праці.....	41
3.2 Захист навколишнього середовища.....	44
4 Економічна частина .....	47
4.1 Обґрунтування економічної частини .....	47
4.2 Розрахунок економічної ефективності .....	47
Висновки.....	51
Список використаних джерел.....	52

## ВСТУП

Основною задачею сталеплавильного виробництва є виробництво якісної сталі при мінімальних витратах. З цього погляду процес розкислення і легування є вкрай важливим, оскільки вірно підібрані параметри позапічної обробки сталі, починаючи від випуску з пічного агрегату і закінчуючи розливанням на машині безперервного лиття заготовок, водночас дозволяють отримати якісну сталь та заощадити витрати на коштовні феросплави.

Ефективність процесів позапічної обробки сталі при цьому залежить від початкових умов, зокрема й кількості пічного шлаку, який потрапляє разом зі сталлю в сталерозливний ківш під час випуску. Пічний шлак несе в собі велику кількість сірки, фосфору та оксидів заліза. Останні можуть суттєво знижувати ступінь засвоєння феросплавів при обробці сталі на установці ківш-піч або на установках комплексної доводки сталі. Тому запобігання потрапляння пічного шлаку в ківш є важливою технічною задачею, вирішення якої розпочалось практично з початком активного розвитку сучасного киснево-конвертерного процесу.

Не дивлячись на широке різноманіття відомих методів виявлення шлаку та запобігання його потраплянню в ківш, їх розробка і вдосконалення досі триває, маючи на меті підвищення їх ефективності та зменшення вартості задіяного устаткування. Це, а також наявність численних публікацій за даною тематикою у вітчизняних і закордонних виданнях, свідчить про актуальність розробки і вдосконалення методів відсікання шлаку при випуску сталі з конвертера в ківш і проведення досліджень у цьому напрямку.

# 1 АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВІДСІКАННЯ ШЛАКУ ПРИ ВИПУСКУ СТАЛІ ІЗ КОНВЕРТЕРУ

## 1.1 Передумови розвитку методів відсікання шлаку з конвертеру

Важливою складовою конвертерного процесу є відсікання шлаку під час випуску сталі з конвертера в ківш. Вона забезпечує зменшення витрат феросплавів і легуючих елементів, зниження забруднення сталі неметалевими включеннями, підвищення стійкості футерівки сталерозливних ковшів та підвищення ефективності позапічної обробки сталі [1]. Зокрема за даними тієї ж роботи при нахилі конвертера в початковий момент випуску в ківш потрапляє 10-15% від загальної кількості шлаку. При цьому збільшення діаметру льотки внаслідок її тривалої експлуатації погіршує цей показник.

В роботі [2] за допомогою математичного моделювання спробували оцінити кількість пічного шлаку, що потрапляє в ківш зі сталлю на випуску. Також на відповідній псевдопотрійній діаграмі та за допомогою комерційного програмного забезпечення FactSage було проаналізовано взаємодію шлаку з розкислювачами та вапном під час процесу випуску. Склад кінцевий шлаку, визначений теоретичним дослідженням, узгоджується з заводським зразком. Нижча в'язкість конвертерного шлаку, вищий міжфазний натяг, домішки рідкої сталі (нижча S і вища C) і оптимальна температура випуску зменшують потрапляння шлаку під час випуску рідкої сталі.

На основі результатів цього дослідження, запропоновано дієві заходи контролю для мінімізації потрапляння шлаку під час випуску рідкої сталі. Для аналізу ефективності контролю властивостей шлаку під час процесу випуску було проведено спеціальну дослідну кампанію 35-тонного конвертерна, яка показала високу ефективність запропонованих заходів [2].

Наприкінці випуску сталі з конвертера відбувається утворення вихрової воронки, у яку з поверхні металу затягується шлак. Параметричне дослідження процесу випуску та його аналіз підтвердили, що на порогову висоту для утворення вихору сильно впливає діаметр сопла і незначно – залишкова інерція рідини [3]. Проведене комп'ютерне моделювання показало, що час утворення вихору та збурення у струмені металу, що витікає з льотки конвертера, залежать від кута нахилу конвертера. Зокрема при збільшенні кута конвертера до  $90^\circ$ ,  $95^\circ$ ,  $100^\circ$  і  $105^\circ$  час виникнення вихору становить 44 с, 66 с, 69 с та 72 с, а час стабілізації вихору 54 с, 70 с, 71 с і 74 с відповідно. Найбільш оптимальним для присадки феросплавів на їхню думку є кут нахилу конвертера у  $100$ - $105^\circ$  [4].

Мінімізувати утворення вихору можливо також шляхом застосування подвійної системи отворів замість однієї льотки (рисунок 1.1). Ідея була випробувана з використанням фізичного моделювання на водній моделі з подвійними отворами для випуску та перевірена чисельним моделюванням. Обидва експерименти показали схожі тенденції, що система подвійного випускного отвору є перспективною для запобігання утворенню вихору і затягування шлаку. Зокрема, утворення вихору на вільній поверхні дуже чутливе до форми та конфігурації сопла. За допомогою чисельного моделювання було отримано характеристики потоку та підтверджено пригнічення вихору між двома форсунками. Вплив подвійного отвору посилювався зі збільшенням відстані між двома отворами [5].

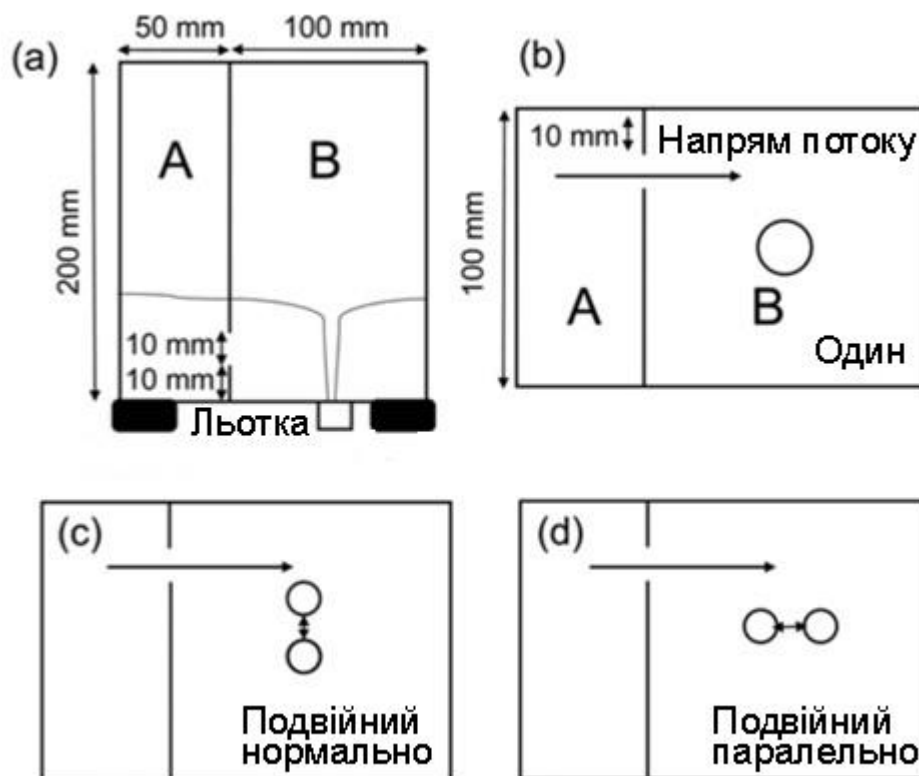


Рисунок 1.1 – Схема розміщення отворів для випуску сталі: (а) вид збоку, (b), (c) і (d) вид зверху одинарної, подвійної перпендикулярно до напрямку потоку та подвійної паралельно до напрямку потоку відповідно

Застосування сучасних методів відсікання шлаків при випуску сталі з конвертера ємністю 100-т зменшує кількість пічного шлаку, що потрапляє в ківш до 35-75 кг. Найменше значення при цьому відповідає випадку застосування технологій газодинамічного відсікання) [6].

Варто також відзначити, що використання навіть найновіших і найдосконаліших методів відсікання шлаку не здатне повністю запобігти окисненню сталі та її компонентів атмосферним киснем при контакті струменя сталі з атмосферою. Так за результатами обчислень із використанням математичної моделі розробленої на основі законів термодинаміки та матеріального балансу надлишок кисню, що надходить в ківш під час випуску сталі з печі може досягати 0,03 % залежно від типу розкислювачів, які застосовують на випуску сталі з конвертера в ківш [7].

## 1.2 Огляд ефективності методів відсікання шлаку

Методи відсікання шлаку при випуску сталі з конвертера почали розвиватися ще у другій половині ХХ ст. разом з активним розповсюдженням у світі киснево-конвертерного процесу. На сьогодні розроблено низку методів для відсікання як первинного шлаку, що потрапляє в ківш разом з першими порціями металу, так і вторинного, що витікає з конвертера наприкінці випуску сталі разом з останніми порціями металу. Сучасну класифікацію цих методів представлено в роботі [8] і схематично наведено на рисунку 1.2. Далі розглянемо приклади та ефективність застосування цього та деяких інших способів.

Найпростішим проте і найменш ефективним способом відсікання шлаку є зміна кута нахилу конвертера при випуску металу. Такий спосіб у виробничих умовах зазвичай не забезпечує необхідної якості сталі, що пояснюється здебільшого змінною конфігурацією сталевипускного отвору, який формує струмінь, що витікає. Істотним недоліком є також те, що момент "зворотного" нахилу конвертера визначають головним чином візуально, зокрема за виглядом і формою струменя. Точне регулювання нахилу конвертера у цьому випадку істотно ускладнено [1].

Доволі ефективним методом для відсікання первинного шлаку є використання вогнетривкої пробки певного складу та розмірів, якою перед випуском плавки закупорюється лютка конвертера [9]. При нахилі конвертера для випуску сталі первинний шлак, що давить на пробку, не має достатнього статичного тиску для її руйнування в лютці, на відміну від сталі, яка миттєвого видавлює її за рахунок майже в 3÷ 3,5 рази більшої за шлак густини і гідравлічного тиску.

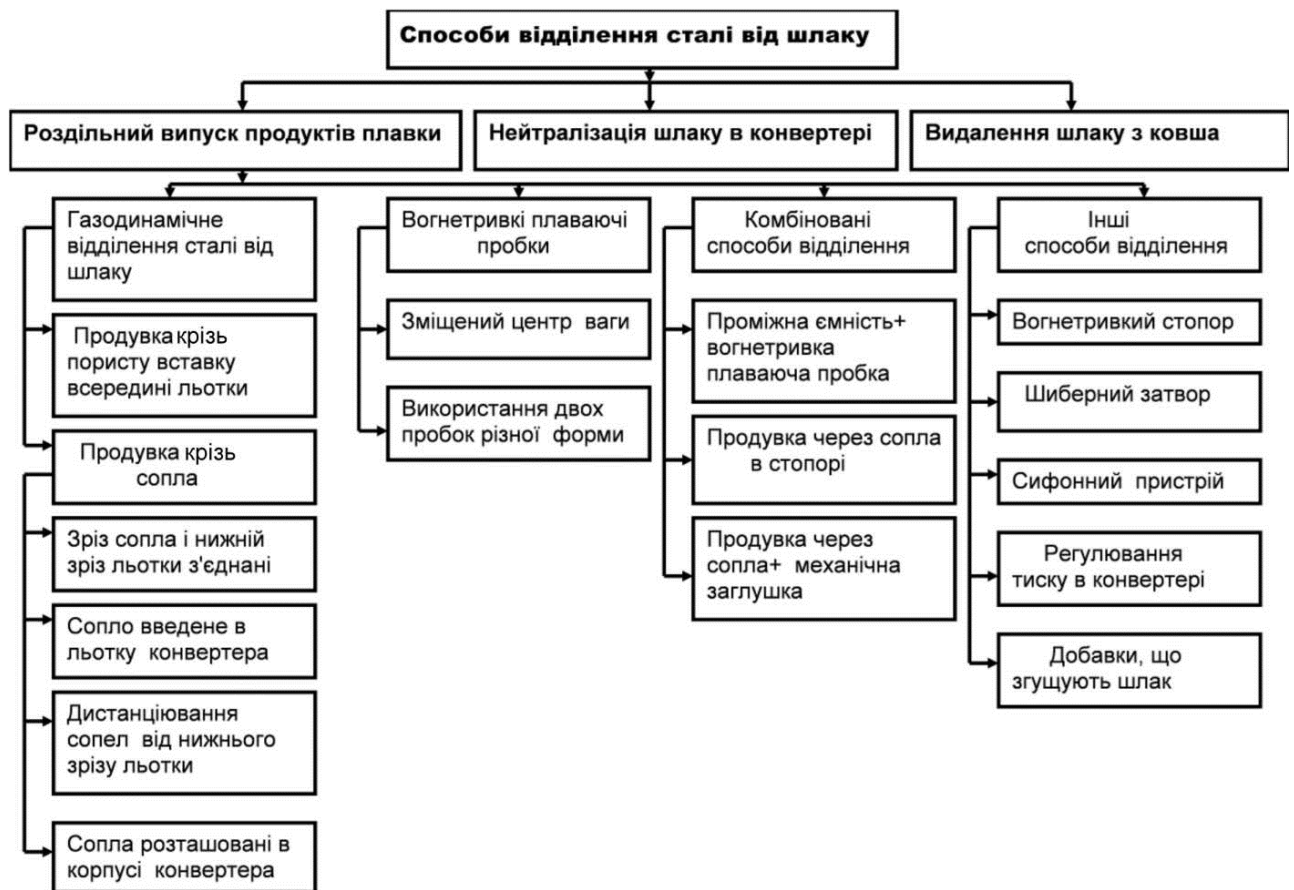


Рисунок 1.2 – Класифікація способів відсікання шлаку від сталі

Для оцінки ефективності цього способу відсікання первинного шлаку були проведені дослідження за допомогою низькотемпературного фізичного моделювання на моделі 160-тонного промислового конвертер з верхньої продувкою у масштабі 1:18. Моделювання показало, що пробка забезпечує утримання шлаку в об'ємі конвертера, що зменшує кількість шлаку, що надходить в ківш на початковій стадії випуску, і подовжує період випуску плавки на 4 -10%, збільшуючи кількість випущеного металу на 5-11%. При цьому кількість шлаку в ковші за наявності пробки відзначена на рівні 5-10% [10].

Дослідження з відсікання первинного шлаку за допомогою пробок, що руйнуються, були проведені на конвертерах ємністю 60 т в умовах ККЦ ПАТ «ДМЗ». Вони показали збільшення ступеню засвоєння Mn та Si феросплавів на 3,14% та 5,01% відповідно. Для досягнення таких

результатів було розроблено склад пробки та спосіб її введення в лютку конвертера [9].

Серед методів відсікання вторинного шлаку перспективним є газодинамічне відсікання шлаку на випуску сталі з конвертера в ківш [11]. Одну з таких систем було запропоновано авторами робіт [12, 13, 14]. Час спрацьовування такої системи для конвертерів ємністю 50-350 т не перевищує 1 с. Час замикання шлаку в лютці конвертера ємністю 350 т в залежності від вихідного діаметра перерізу сопла пристрою для відсікання становить 0,05-0,45 с. Питомі енерговитрати на стискання нейтрального газу, що замикає шлак, складають для системи відсікання шлаку 350-тонного конвертера в межах 450-950 кДж/м<sup>3</sup> в залежності від діаметра вихідного перерізу сопла. Використання спеціального маніпулятора дозволяє забезпечити стабільність процесу без прориву ванни металу в конвертері [15].

Дослідження теплового балансу газодинамічного відсікання шлаку на випуску сталі з конвертера в ківш показує, що контакт замикаючого газового струменя зі шлаком знижує температуру поверхні шлаку до 1525°C, а кількість теплоти, акумульованої газом, не перевищує 10-30 % теплоти фазового переходу шлаку, що виключає затвердіння шлаку в період відсікання та закупорку лютки [16].

Трохи вдосконаливши метод газодинамічного відсікання шлаку на випуску з конвертера, в роботі [17] авторами було запропоновано використання енергетичного потенціалу лютки конвертера для розкислення залишковим вуглецем в процесі випуску плавки за рахунок обробки металу інертним газом в каналі сталевипускного отвору. За результатами досліджень була запропонована конструкція двокамерного сталевипускного каналу кисневого конвертера для реалізації обробки потоку розплаву аргонем на випуску. Очікуваний економічний ефект від впровадження запропонованої технології в умовах конвертерного цеху ПАТ «ДМК» складає понад 4,3 млн. грн. на рік або 2 грн./т сталі.

Принципово іншим методом відсікання вторинного шлаку при випуску сталі з конвертера є використання спеціальних поплавків-стопорів [11, 18, 19]. Такий пристрій складається з литої сталевий кулі діаметром 160...190 мм і навареними на неї шматками арматурного дроту, необхідного для утримання на поверхні кулі спеціальної вогнетривкої оболонки, що складається з магнезитового порошку, шлаку виробництва ферохрому і рідкого скла. Кулю вводять у нахилений для зливу металу конвертер за 0,5-1,0 хв. до закінчення зливу в район сталевипускного отвору. Густина кулі підібрана таким чином, що вона плаває на границі розподілу шлак-метал і по закінченні зливу затягується в сталевипускний отвір, перекриваючи тим самим доступ шлаку в сталерозливний ківш. Варіанти відсікання шлаку від металу наведені на рис. 1.3.

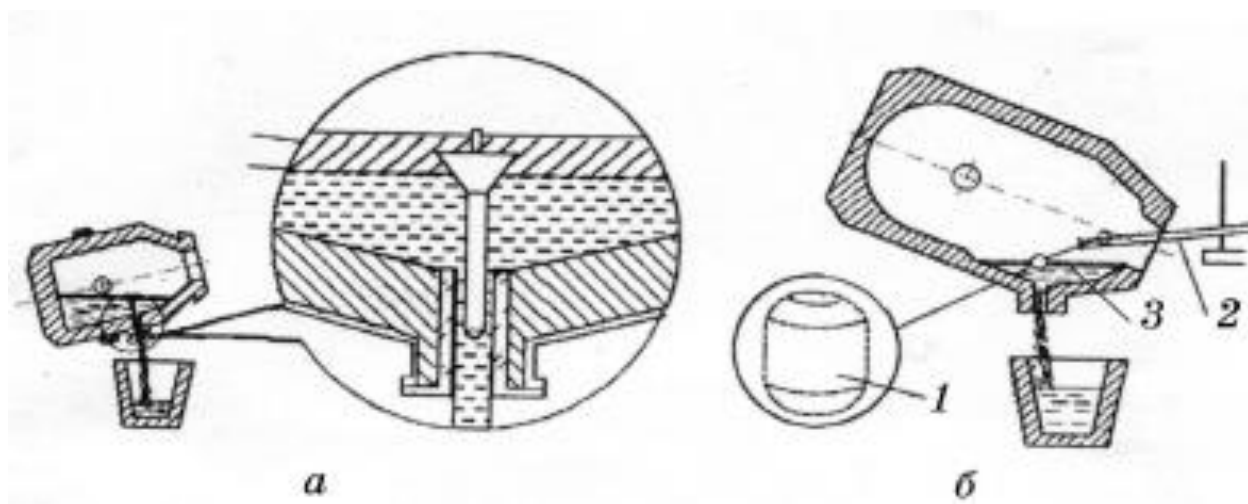


Рисунок 1.3 – Варіанти відсікання шлаку від металу при випуску плавки з конвертера: а і б – варіанти технології; 1 – плаваюча керамічна пробка; 2 – лоток для уведення пробки в конвертер; 3 – границя шлак-метал

Важливу роль при використанні поплавків відіграє точність їх введення в порожнину конвертера і позиціонування над каналом сталевипускного отвору. З цією метою використовують спеціальні маніпулятори, конструкцію яких було запропоновано в роботі [20, 21].

Ще одним ефективним технологічним прийомом для відсікання шлаку є використання на кисневому конвертері шибєрних затворів за аналогією з сталерозливними ковшами. Такі затвори використовуються також на електродугових печах. Тривалість експлуатації стопорів на кисневих конвертерах може коливатися від 30 до 50 плавок залежно від умов експлуатації та обслуговування [11, 18].

До пристроїв для відсікання шлаку, що розташовуються за межами конвертера, відносяться також зовнішні пробки, які також можуть встановлюватися як на кисневих конвертерах так і на дугових печах. По суті, це важільний механізм, на одному кінці якого розташована пробка, яка закриває отвір льотки ззовні, а на іншому кінці розташований привід пробки, що її рухає [11].

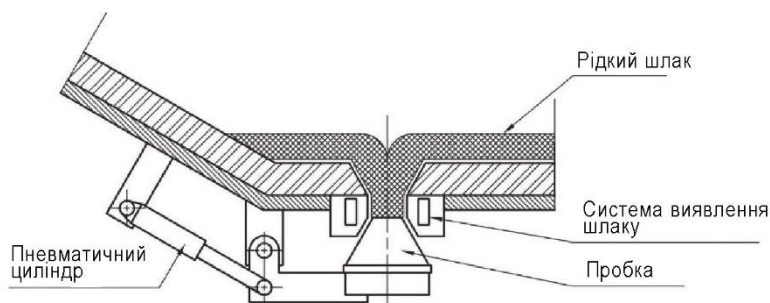


Рисунок 1.4 – Схема роботи пробкового стопора та його вигляд на льотці конвертера

### 1.3 Методи виявлення шлаку

Наразі на вітчизняних підприємствах чорної металургії досить поширеним є візуальний метод виявлення шлаку в потоці розплаву. При цьому методі результат виявлення шлаку визначається в основному кваліфікацією сталевара, а умови процесу ускладнюють визначення точного моменту потрапляння шлаку в розливний ківш навіть для досвідченого фахівця. Таким чином, непередбачувана кількість

високоокисленого шлаку може потрапити в ківш, що призведе до негативних наслідків для якості сталі та виробничого процесу загалом. Альтернативами цьому методу є більш технологічні електромагнітний, вібраційний та інфрачервоний методи [11].

Пристрій, що засновано на використанні принципу індуктивності, може працювати на основі електромагнітного поля, індукованого передавальною котушкою та прийнятою приймальною котушкою. Цей пристрій відомий під аббревіатурою *EMLI* та може працювати за температур понад 600°C без охолодження [11]. Принцип його роботи полягає в наступному. На датчик передавача подається струм вибраної частоти, який створює електромагнітне поле, яке, у свою чергу, індукує відповідну напругу тієї ж частоти в датчику приймача. Коли між передавачем і приймачем знаходиться потік сталі, на приймачі виникає індукована напруга, а щойно потік стає сумішшю сталі та шлаку, індукована напруга негайно зростає.

Метод, заснований на аналізі інтенсивності інфрачервоного випромінювання потоку розплаву, що випускається з кисневого конвертера, варто вважати найбільш перспективним і надійним методом виявлення шлаку в потоці розплаву в процесі випуску розплаву з конвертерів зокрема і великої ємності (понад 200 т) [11, 22, 23]. На відміну від використання електромагнітного та вібраційного методів, він є безконтактним і не потребує зміни конструкції конвертера та використання складного обладнання. Водночас, потік, що витікає з конвертера, має бути в межах видимості інфрачервоного детектора та слід брати до уваги забруднення димом або пилом повітря між детектором і потоком розплаву.

Принцип роботи цього методу засновано на різній величині ступеня чорноти сталі і шлаку. Тобто поверхня рідкої сталі і рідкого шлаку при однаковій температурі випромінюють з різною інтенсивністю, що дозволяє розрізнити дві фази. Було доведено, що інфрачервоне випромінювання в

діапазоні довжин хвиль 8-12 мкм є найбільш сприятливим діапазоном для оптимального контрасту між шлаком і сталлю, і, крім того, цей діапазон довжин хвиль погано поглинається навколишнім середовищем [11].

У 2013 році на конвертері ВАР «ММК» було перевірено розроблений авторами роботи [22] алгоритм для виявлення шлаку із використанням інфрачервоних детекторів. Точність виявлення склала понад 95%. Загалом же застосування методу виявлення шлаку в потоці розплаву на випуску з конвертера дозволило вдвічі зменшити кількість пічного шлаку, у сталерозливному ковші за рахунок своєчасного припинення випуску розплаву з конвертеру.

Для виявлення шлаку останнім часом знаходять застосування і системи глибокого навчання (*deep learning*). Вони дозволяють спростити використовуване обладнання за рахунок більш детальної обробки вхідної інформації. Зокрема авторами роботи [24] запропонована система, яка може автоматично визначати результат надходження шлаку під час випуску, шляхом безпосереднього спостереження та відстеження поведінки розплавленої сталі, що виливається з сталевипускного отвору. Ними запропоновано алгоритм, який виявляє та відстежує об'єкти, а потім автоматично розраховує ширину потоку на основі зображень системи виявлення шлаку (SDS) зібраних у режимі реального часу. Далі модель часових рядів визначає чи правильно встановлено дротик для відсікання шлаку над люткою. Ця модель використовує послідовні дані про ширину та яскравість потоку розплаву. Ефективність цієї технології склала 94% плавок, на яких момент початку випуску було визначено точно. Схожий алгоритм запропоновано і в роботі [25].

## Висновки по розділу

Як видно з аналітичного огляду, потрапляння пічного шлаку в ківш зі сталлю впливає не лише на якість сталі, а й на показники подальшої її

обробки, зокрема собівартість сталі, витрати енергії та інших ресурсів. Методи відсікання первинного та вторинного шлаку у комплексі з методами його виявлення наприкінці випуску дозволяють доволі суттєво знизити кількість шлаку, яка потрапляє в ківш. Важливою задачею при цьому є визначення параметрів шлаку та випуску сталі з конвертера, які дозволять максимізувати ефективність відсікання шлаку. Як вже було наголошено напочатку цього розділу. Хімічний склад і температура шлаку через зміну фізико-хімічних параметрів шлаку можуть впливати на його густину, в'язкість поверхневий натяг та температуру плавлення. Важливу роль може відігравати також і режим випуску плавки, який за наявними паспортами плавки ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» можна охарактеризувати тривалістю випуску сталі з конвертера та питомою витратою сталі через лютку.

Таким чином у наступному розділі доцільно проаналізувати вплив на ступінь засвоєння феросплавів відсікання шлаку (його наявність та відсутність), а також для плавки з відсіканням шлаку проаналізувати вплив температури шлаку (за температурою сталі) перед випуском, його хімічного складу та тривалості випуску плавки на ступінь засвоєння феросплавів.

## 3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Державна політика в галузі охорони праці регулюється Законом України «Про охорону праці», КЗпП, санітарними, санітарно-гігієнічними та гігієнічними нормами [32, 33].

Згідно з темою випускної роботи: «Дослідження ефективності технології відсікання шлаку при випуску сталі з кисневого конвертера» в даній частині виконано аналіз умов праці в конвертерному цеху, розглянуті питання техніки безпеки та пожежної профілактики, а також захисту навколишнього середовища.

### 3.1 Охорона праці

#### 3.1.1 Аналіз умов праці та пожежної профілактики

Сталеливарне виробництво згідно з норм ДСП 173-96 [34] відноситься до підприємств I класу небезпеки виробництва тому розмір санітарно-захисної зони повинен бути не менш 1000 метрів.

У сталеливарному цеху проводяться роботи з витратою енергії більшою за 250 ккал/год., а це відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 [35], ГОСТ 12.1.005-88 [36] III категорія важкості робіт.

Основними шкідливими і небезпечними факторами в цеху (ГОСТ 12.0.003-74) [37] є:

- а) підвищена загазованість;
- б) підвищена вибухонебезпечність;
- в) підвищена запиленість;
- г) підвищений рівень шуму.

Оптимальні та припустимі параметри метеорологічних умов за [35, 36] зазначені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Параметри метеорологічних умов у робочій зоні цеху

Період року	Температура, °С			Відносна вологість, %			Швидкість руху повітря, м/с		
	Оптимальні значення	Допустимі значення	Фактичні значення	Оптимальні значення	Допустимі значення	Фактичні значення	Оптимальні значення	Допустимі значення	Фактичні значення
	18-20	≤ 26	20-26	40-60	75 (при 24°C)	60	0,4	0,2-0,6	0,3
Теплий	16-18	17-19	19-24	40-60	75	60	0,3	≤ 0,5	0,3
Холодний									

Підвищену загазованість в цеху створюють гази оксид азоту (NO і NO<sub>2</sub>) та монооксид вуглецю (CO). Гранично допустима концентрація шкідливих речовин у робочій зоні, згідно [36], становить для NO – 5,0 мг/м<sup>3</sup>, для NO<sub>2</sub> – 2,0 мг/м<sup>3</sup>, для CO – 20,0 мг/м<sup>3</sup>. До третього класу небезпеки відносяться NO і NO<sub>2</sub>, а CO до четвертого, згідно з ГОСТ 12.1.007-76 [39]. Фактична загазованість в цеху становить для NO – 4,8 мг/м<sup>3</sup>, для NO<sub>2</sub> – 1,6 мг/м<sup>3</sup>, для CO – 17,0 мг/м<sup>3</sup> і не перевищує гранично допустимі норми.

Шум впливає на центральну нервову систему і може призвести до «шумової хвороби». Рівень звуку і еквівалентний рівень звуку за ГОСТ 12.1.003-83 [40], СН 3223-85 [41] становить 80 дБ. Фактичний рівень шуму становить 115 дБ.

Освітлення в цеху здійснюється за допомогою природного денного світла і штучних джерел.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 [42], СНіП II-4-79/85 [43] у цеху VII розряд зорової роботи. Штучне освітлення при системі загального освітлення складає 200 лк, показник осліпленості 40% і коефіцієнт

пульсації 20%. При верхньому або комбінованому природному освітленні КПО – 3%, а при боковому природному освітленні – 1%. В той час коли при суміщеному верхньому або комбінованому освітленні КПО – 1,8%, а при боковому – 0,6%. Евакуаційне освітлення повинно забезпечувати найменшу освітленість на підлозі основних проходів (або на землі) і на сходах: у приміщеннях 0,5 лк, на відкритих територіях - 0,2 лк. Найменша охорона освітленість 5 %, яка нормується для робочого освітлення від загального, але не менше 2 лк в середині приміщення і не менше 1 лк – для територій підприємств, відповідно [44].

Потенційно небезпечні чинники властиві даним умовам праці:

- а) вантажопідйомні машини і пристрої, робота на висоті;
- б) розжарений і розплавлений метал, гарячі матеріали та поверхні обладнання, установок, відкрите полум'я, іскри.

Можливі також фізичні та нервово-психічні перевантаження, які згубно впливають на здоров'я людини.

Згідно НАПБ Б.03.002-2007 [45], ДБН В.1.1-7-2002 [14] цех має категорію пожежовибухонебезпеки Г і II ступінь вогнестійкості будинку, П – III клас пожежонебезпеки приміщення за ПУЕ-9000 (правила улаштування електроустановок).

Небезпека виникнення пожеж зменшується використанням системи керування електроустаткуванням, які оснащені тепловими реле, плавкими запобіжниками, автоматами струмового захисту, що розмикають електричний ланцюг у випадку їхнього спрацьовування.

Для гасіння пожеж водою використовується пожежний водопровід. У його мережі встановлені пожежні крани із брезентові рукава. Для доступу на дах будинку, стіни обладнані пожежними сходами. Ззовні будинку, по його периметру, у підземних колодязях розміщені пожежні гідранти.

З метою попередження пожеж пропонуються наступні профілактичні заходи:

а) своєчасні профілактичні огляди електроустаткування й електромережі й своєчасне усунення всіх порушень;

б) пожежні крани не рідше ніж кожні 7 місяців піддавати технічному обслуговуванню.

При виникненні пожежі, застосовуються засоби первинного пожежогасіння. Необхідна кількість вогнегасників відповідно до НАПБ Б.03.001-2004 [47] наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Необхідна кількість вогнегасників

Гранична площа, що захищається, кв. м	Клас можливої пожежі	Мінімальна кількість вогнегасників									
		Переносний вогнегасник (з газом-витискачем у балоні або закачний) із зарядом вогнетушачої речовини, кг					Пересувний вогнегасник (з газом-витискачем у балоні або закачний) із зарядом вогнетушачої речовини, кг				
		5	6	8	9	12	20	50	100	150	
Порошкові вогнегасники											
більше 500 до 1000 включно	A, B, C, (E)	16	16	12	12	8	4	3	2	1	
Вуглекислотні вогнегасники											
більше 500 до 1000 включно	A, B, C, (E)	-	-	-	-	4	3	2	-	-	

### 3.1.2 Заходи поліпшення умов праці

Під час праці людина перебуває під дією низки факторів, які можуть викликати небажані наслідки. Для зменшення впливу таких факторів і забезпечення сталості значень характеристик життєдіяльності організму включаються механізми адаптації, що дає змогу людині пристосуватися до несприятливого впливу санітарно-гігієнічних факторів (звичайно, якщо вони не виходять за певні межі). Це досягається за допомогою додаткових

витрат мускульної та нервово-психічної енергії, що в свою чергу призводить до відволікання внутрішніх ресурсів працюючого від основного трудового процесу, несприятливо впливає на психофізіологічний стан людини, її працездатність і, як наслідок, відбивається на техніко-економічних показниках підприємства.

Для запобігання ураження робітників електричним струмом, конструкцією ПК передбачене спеціальне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих частин корпусу, що можуть опинитися під напругою. Для цього в ПК застосовується спеціальна мережна вилка з трьома контактами (два контакти служать для підключення живлення, а третій для підключення до занулюючого проводу). Корпуси дисплеїв виготовляються з не струмопровідних матеріалів, а живлення здійснюється спеціальним кабелем, що підключається до ПК так, щоб виключити ураження людини електричним струмом. Тому ураження струмом при дотику людиною до корпусу дисплея неможливо. Крім того, сучасні ПК розробляються відповідно до вимоги по електробезпеці для побутових приладів, тому які-небудь додаткові засоби захисту від поразки електричним струмом не вимагаються.

Витрати на заходи з охорони праці.

Визначимо річну економію заробітної праці за рахунок збільшення продуктивності праці в наслідок проведення заходів з покращення умов праці (витрати –  $B = 100$  тис. грн.), а також економічну ефективність цих заходів. Кількість працівників – 80 чол., середня річна заробітна плата одного робітника –  $Z_p = 4000$  грн., інтегральна оцінка важкості праці знизилась з  $I_{T1} = 30\%$  до  $I_{T2} = 20\%$ .

Річна економія заробітної плати за рахунок підвищення продуктивності праці визначається:

$$E_{\text{річ}} = \frac{\Delta W \cdot Z_p}{100} \cdot P_{\text{ср}}, \quad (3.1)$$

де  $P_{\text{ср}}$  – середньоспискова кількість персоналу,  
 $Z_p$  – середньорічна заробітна плата одного робітника,  
 $\Delta W$  – підвищення продуктивності праці, % за рахунок збільшення  
працевдатності:

$$\Delta W = \left( \frac{R_2}{R_1} - 1 \right) \cdot 100 \cdot 0,2, \quad (3.2)$$

де  $R_1$  та  $R_2$  – працевдатність до і після введення заходів з охорони  
праці, які знизили важкість праці, ум.од.

Працевдатність  $R$  і ступінь втоми  $Y$  розраховується за формулою:

$$R_i = 100 - Y_i = 100 - \frac{I_{Ti} - 15,6}{0,64}, \quad (3.3)$$

де  $I_{Ti}$  – інтегральна оцінка важкості праці.

$$R_1 = 100 - \frac{30 - 15,6}{0,64} = 77,5 \quad \%$$

$$R_2 = 100 - \frac{20 - 15,6}{0,64} = 93,1 \quad \%;$$

$$\Delta W = \left( \frac{93,1}{77,5} - 1 \right) \cdot 100 \cdot 0,2 = 20 \quad \%;$$

$$E_{\text{річ}} = \frac{20 \cdot 4000}{100} \cdot 80 = 64000 \quad \text{тис. грн.}$$

Ефективність витрат на заходи з охорони праці визначаються за формулою:

$$E_{\phi} = \frac{E_{\text{річ}}}{B}, \quad (3.4)$$

де  $E_{\text{річ}}$  – річна економія від покращення умов праці,

$B$  – витрати підприємства на заходи з охорони праці.

$$E_{\phi} = \frac{64000}{100} = 640 \text{ тис. грн.}$$

### 3.2 Захист навколишнього середовища

Охорона навколишнього природного середовища, раціональне використання природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки життєдіяльності людини – невід’ємна умова сталого економічного та соціального розвитку України.

З цією метою Україна здійснює на своїй території екологічну політику, спрямовану на збереження безпечного для існування живої і неживої природи навколишнього середовища, захисту життя і здоров’я населення від негативного впливу, зумовленого забрудненням навколишнього природного середовища, досягнення гармонійної взаємодії суспільства і природи, охорону, раціональне використання і відтворення природних ресурсів.

Відповідно до Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» [48] завданням законодавства є регулювання відносин у галузі охорони, використання і відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки, запобігання і ліквідації негативного впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє природне

середовище, збереження природних ресурсів, генетичного фонду живої природи, ландшафтів та інших природних комплексів, унікальних територій та природних об'єктів, пов'язаних з історико-культурною спадщиною.

Основними принципами охорони навколишнього природного середовища є:

а) пріоритетність вимог екологічної безпеки, обов'язковість додержання екологічних стандартів, нормативів та лімітів використання природних ресурсів при здійсненні господарської, управлінської та іншої діяльності;

б) гарантування екологічно безпечного середовища для життя і здоров'я людей;

в) запобіжний характер заходів щодо охорони навколишнього природного середовища;

г) екологізація матеріального виробництва на основі комплексності рішень у питаннях охорони навколишнього природного середовища, використання та відтворення відновлюваних природних ресурсів, широкого впровадження новітніх технологій;

д) збереження просторової та видової різноманітності і цілісності природних об'єктів і комплексів;

е) науково обґрунтоване узгодження екологічних, економічних та соціальних інтересів суспільства на основі поєднання міждисциплінарних знань екологічних, соціальних, природничих і технічних наук та прогнозування стану навколишнього природного середовища;

є) обов'язковість надання висновків державної екологічної експертизи;

ж) гласність і демократизм при прийнятті рішень, реалізація яких впливає на стан навколишнього природного середовища, формування у населення екологічного світогляду;

- з) науково обґрунтоване нормування впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє природне середовище;
- и) безоплатність загального та платність спеціального використання природних ресурсів для господарської діяльності;
- і) компенсація шкоди, заподіяної порушенням законодавства про охорону навколишнього природного середовища;
- ї) вирішення питань охорони навколишнього природного середовища та використання природних ресурсів з урахуванням ступеня антропогенної змінності територій, сукупної дії факторів, що негативно впливають на екологічну обстановку;
- й) поєднання заходів стимулювання і відповідальності у справі охорони навколишнього природного середовища;
- к) вирішення проблем охорони навколишнього природного середовища на основі широкого міждержавного співробітництва;
- л) встановлення екологічного податку, рентної плати за спеціальне використання води, рентної плати за спеціальне використання лісових ресурсів, рентної плати за користування надрами відповідно до Податкового кодексу України.

## ВИСНОВКИ

Потрапляння пічного шлаку в ківш на випуску суттєво впливає на якість сталі та на показники позапічної обробки. В ході аналізу літературних джерел встановлено, що комплексне застосування методів виявлення та відсікання шлаку дозволяють суттєво знизити кількість пічного шлаку в ковші. Максимізація ефекту відсікання шлаку можлива за рахунок визначення раціональних параметрів шлаку та режиму випуску сталі з конвертера.

За результатами виконаного статистичного аналізу паспортів плавки марки ЗСП перспективними до впровадження у виробництво є: скорочення частки передутих плавки та дотримання вмісту вуглецю в сталі на випуску не нижче .....%; використання відсікання вторинного шлаку на всіх плавках; введення в конвертер перед випуском плавки матеріалів для загушення шлаку.

Виконаний статистичний аналіз є підґрунтям для подальших досліджень процесу відсікання шлаку методами математичного, комп'ютерного, фізичного моделювання, а також у напів-промислових та промислових умовах.

Впровадження запропонованих заходів не матиме негативного ефекту на навколишнє середовище та не порушує діючих норм з охорони праці.

Плановий річний економічний ефект від впровадження запропонованих заходів складає ..... млн. грн. / т сталі ЗСП.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. К вопросу о целесообразности отсечки первичного шлака при выпуске стали из конвертера / Б.М. Бойченко, К.Г. Низяев, А.Н. Стоянов, Л.С. Молчанов, Е.В. Синегин и др.– Теория и практика металлургии.– 2011.– №5-6(2).– С.51-54.
2. Quantification and analysis of slag carryover during liquid steel tapping from BOF vessel / Ashok Kamaraj [et al.] // Canadian Metallurgical Quarterly. – 2022. – Vol. 61, no. 2. – P. 202–215. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1080/00084433.2022.2044688> (дата доступа: 22.12.2023).
3. Kamaraj A. Control of Slag Carryover from the BOF Vessel During Tapping: BOF Cold Model Studies / Ashok Kamaraj, G. K. Mandal, G. G. Roy // Metallurgical and Materials Transactions B. – 2018. – Vol. 50, no. 1. – P. 438–458. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1007/s11663-018-1432-3> (дата доступа: 22.12.2023).
4. Numerical Simulation of Slag Entrainment by Vortex Flux during Tapping at Converter [Electronic resource] / Chengyong Huang [et al.] // Materials. – 2023. – Vol. 16, no. 8. – P. 3209. – Режим доступа: <https://doi.org/10.3390/ma16083209> (дата доступа: 22.12.2023)
5. Lee S.-J. New idea of suppressing free surface vortex during tapping liquid steel from converter [Electronic resource] / Seung-Jin Lee, Sang-Joon Kim, Hae-Geon Lee // Metals and Materials International. – 2016. – Vol. 22, no. 1. – P. 136–142. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1007/s12540-015-5428-0> (дата доступа: 22.12.2023)
6. Лантух О.С. Аналіз основних джерел забруднення сталі неметалевими включеннями / О.С. Лантух, Л.С. Молчанов, Є.В. Синегін // Актуальные научные исследования в современном мире. Сборник

научных трудов. – Переяслав-Хмельницкий, 2018. – № 2(34), ч. 6 – С. 137-142.

7. Estimation and Analysis of Excess Oxygen Input into Ladle During Liquid Steel Tapping / Ashok Kamaraj [et al.] // Transactions of the Indian Institute of Metals. – 2017. – Vol. 70, no. 9. – P. 2465–2476. – Mode of access: <https://doi.org/10.1007/s12666-017-1108-8> (дата доступу: 22.12.2023)

8. ПОХВАЛІТИЙ А. А. Удосконалення випуску сталі з конвертера з одночасним розкисненням шляхом використання вуглецевого потенціалу розплаву : дис. ... канд. техн. наук : 05.16.02 / ПОХВАЛІТИЙ АРТЕМ АНАТОЛІЙОВИЧ. – Кам'янське, 2018. – 188 с.

9. Результаты отсечки первичного шлака в условиях конвертерного цеха ПАО «ЕВРАЗ-ДМЗ им. Петровского» / Бойченко Б.М., Низяев К.Г., Стоянов А.Н., Синегин Е.В., Молчанов Л.С. и др.– Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2012.– №7.– С. 71-73.

10. Study on a two-phase low-temperature model of the features of metal tapping in basic oxygen furnace / Tetiana Golub [et al.] // Acta Metallurgica Slovaca. – 2022. – Vol. 28, no. 3. – P. 151–156. – Режим доступу: <https://doi.org/10.36547/ams.28.3.1566> (дата доступу: 22.12.2023)

11. Machinery for opening and closing of steelmaking furnaces tap holes / L. Kovar, P. Novak // Metal 2018 : Brno, Czech Republic, May 23<sup>rd</sup>-25<sup>th</sup> 2018.– Brno, 2018. – P. 143-148.

12. Исследование эксплуатационных характеристик системы газодинамической отсечки шлака / Ю.А. Гичёв, А.И. Бершадский, К.А. Израелян, В.А. Перцевой // Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика. – 2012. – № 4. – С. 68-80.

13. Гичёв Ю.А. Результаты экспериментального исследования запирающих свойств газовой струи при газодинамической отсечке шлака

/ Ю.А. Гичёв, В.А.Перцевой // Metallurgical and Mining Industry. – 2006. – №7. – С. 208-211.

14. Гичёв Ю.А. Математическое моделирование запирающих свойств турбулентной газовой струи / Ю.А. Гичёв, В.А.Перцевой // Metallurgical and Mining Industry. – 2007. – №4. – С. 84-87.

15. Tochilkin V. V. Pneumatic manipulators for interrupting converter-slag flow / V. V. Tochilkin // Russian Engineering Research. – 2007. – Vol. 27, no. 10. – P. 686–688. – Режим доступа: <https://doi.org/10.3103/s1068798x07100073> (дата доступа: 22.12.2023)

16. Теплообмен при натекании газовой струи на летку сталеплавильного конвертера / Ю.А. Гичёв, А.И. Бершадский, К.А. Израелян В.А. Перцевой // Metallurgical and Mining Industry. – 2011. – №3(18). – С. 44-54.

17. Випуск плавки з конвертера з обробкою розплаву аргонном в робочому просторі сталевипускного каналу / А. А. Похвалітій, Є. М. Сігарьов, В. П. Полетаєв, О. В. Похваліта // Литво. Металургія-2019: Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції. Запоріжжя, 21-23 травня 2019 р.– Запоріжжя, 2019. – С. 330-332.

18. Величко О. Г., Стоянов О.М., Бойченко Б.М., Нізяєв К.Г. Технології підвищення якості сталі : Підручник. – Дніпропетровськ: Середняк Т.К., 2016. – 196 с.

19. PURMETALL | KV slag stoppers [Електроний ресурс] // PURMETALL | Home. – Режим доступа: <https://www.purmetall.com/subsite/en/2430> (Дата доступа: 22.12.2023).

20. Исследование и разработка эффективной системы отсечки конвертерного шлака / С.П. Еронько, С.А. Бедарев, С.В. Мечик, С.С. Пожидаев // Донецький національний технічний університет. Наукові праці. «Металургія». – 2007. – № 9(122). – С. 121-129.

21. Пристрій для відсікання шлаку від металу при випуску плавки з конвертера : пат. 19881 Україна : С21С 5/46 , F27D 3/15 / В. В. Івко, А. І. Сливченко, О. Г. Родь, С. І. Гринюк, В. М. Гусак [та ін.]. – № u200601085 ; заявл. 06.02.2006 ; опубл. 15.01.2007, Бюл. № 1. – 3 с.

22. Survey of melt stream infrared radiation parameters at various stages of steel tapping from basic oxygen furnace / Sergey Ivanovich Luk'yanov [et al.] // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2016. – Vol. 88, no. 1-4. – P. 595–602. – Mode of access: <https://doi.org/10.1007/s00170-016-8818-7>

23. Thermographic Slag Detection - SLAG-DETECT from InfraTec [Electronic resource] // Thermography and sensor technology specialist InfraTec. – Режим доступу: <https://www.infratec.eu/thermography/steel-production/slag-detect/> (дата доступу: 22.12.2023).

24. Hong D.-G. Tapping stream tracking model using computer vision and deep learning to minimize slag carry-over in basic oxygen furnace / Dae-Geun Hong, Woong-Hee Han, Chang-Hee Yim // Electronic Research Archive. – 2022. – Vol. 30, no. 11. – P. 4015–4037. – Режим доступу: <https://doi.org/10.3934/era.2022204> (дата доступу: 22.12.2023)

25. Patra P. Infrared-based slag monitoring and detection system based on computer vision for basic oxygen furnace / Prabal Patra, Anindya Sarkar, Ashish Tiwari // Ironmaking & Steelmaking. – 2018. – Vol. 46, no. 7. – P. 692–697. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1080/03019233.2018.1460909> (дата доступу: 22.12.2023)

26. Пристрій для відділення металу і шлаку: патент 36516 Україна: С21С 5/46, F27D 3/15 / Ю.О. Гічов, С.В. Бичков., О.О. Малик, Ю.І. Жаворонков, В.О. Перцевий. – №u200807519; заявл. 02.06.2008 ; опубл. 27.10.2008, Бюл. № 20. – 5 с.

27. Выплавка конвертерной стали. Технологическая инструкция: ТИ-230-С320-12 /замість ТИ-230-С320-02; Затв. Тех. директор 31.07.2012;

Термін дії з 31.07.2012 до 31.07.2017 / Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. – Дніпродзержинськ, 2012.– 53 с.

28. Обработка стали на установке «печь-ковш». Технологическая инструкция: ТИ-230-С456-19; Затв. Директор з якості-начальник управління якості продукції 26.04.2019; Термін дії з 15.05.2019 до 15.05.2024 / Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. – Кам'янське, 2019.– 79 с.

29. Охотский В.Б. Модели металлургических систем / В.Б. Охотский. – Дніпропетровськ: «Системные технологии», 2006. – 287 с.

30. Баптизманский В.И. Организация эксперимента / В.И. Баптизманский, Ю.Н. Яковлев, Ю.С. Паниотов. – Київ: УМК ВО, 1992. – 244 с.

31. Бойченко Б.М. Конверторне виробництво сталі: теорія, технологія, якість сталі, конструкції агрегатів, рециркуляція матеріалів і екологія / Б.М. Бойченко, В.Б. Охотський, П.С. Харлашин. – Дніпропетровськ: РВА «Дніпро-Вал», 2004. – 454 с.

32. Закон України від 28.06.1996 № 254к/96-ВР «Конституція України» зі змін. та доп. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi>.

33. Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 614 від 13.12.2004 «Про затвердження Порядку складання та вимоги до санітарно-гігієнічних характеристик умов праці». [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/z0569-11>.

34. ДСП 173-96. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. № 379/1404.

35. ДСН 3.36.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – К.: Держстандарт, 1999.

36. ГОСТ 12.1.005-88. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. – М.: Изд-во стандартов, 1990.

37. ГОСТ 12.0.003-74. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (СТ СЭВ 790-77). – М.: Изд-во стандартов, 1979.
38. ДСН 3.36.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – К.: Держстандарт, 1999. – 31 с.
39. ГОСТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности, 1999.
40. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности. Изменения 1989.
41. Санитарные нормы допустимых уровней шума на рабочих местах. –
42. СН №3223-85. – М.: Минздрав СССР, 1986.
43. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення, 2006.
44. СНиП II-4-79/85. Естественное и искусственное освещение
45. НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. – К.: Укр. НДІПБ, 2007.
46. ДБН В.1.1.7-2002. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К.: Держбуд України, 2003.
47. НАПБ Б.03.001-2004. Правила експлуатації та типові норми належності вогнегасників. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0554-04>.
48. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». – К.: Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1991. – №41. – ст.546.