

Гірничо-металургійний факультет  
Кафедра металургії та організації виробництва

## **АВТОРЕФЕРАТ кваліфікаційної роботи**

на здобуття освітнього ступеня бакалавра  
за підсумками виконання освітньо-професійної програми  
«Металургія чорних металів»  
за спеціальністю 136 Металургія

**на тему «Оцінка ефективності процесу розкислення під час  
випуску і обробки на установці «ківш-піч»**

Здобувач



Роман ФЕДОРОВ

Запоріжжя, 2025

Кваліфікаційною роботою бакалавра є рукопис.

Робота виконана у Технічному університеті «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» на кафедрі металургії та організації виробництва.

Керівник:



Стоянов Олександр Миколайович,  
к.т.н., доцент, доцент кафедри  
металургії та організації  
виробництва

Захист відбудеться 01 липня 2025 р. о 13:00 годин на засіданні  
екзаменаційної комісії ([https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3ameeting\\_YzQ1OWQ0N2EtM2IxMC00YTc1LTg4OGUtZjE2NzYyMTgyNjMw%40thread.v2/0?context=%7b%22Tid%22%3a%221f6a60da-12a6-4028-9d77-a98fa5c6b40f%22%2c%22Oid%22%3a%22eb92811e-4d0d-439b-8d82-cd787f265dd9%22%7d](https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3ameeting_YzQ1OWQ0N2EtM2IxMC00YTc1LTg4OGUtZjE2NzYyMTgyNjMw%40thread.v2/0?context=%7b%22Tid%22%3a%221f6a60da-12a6-4028-9d77-a98fa5c6b40f%22%2c%22Oid%22%3a%22eb92811e-4d0d-439b-8d82-cd787f265dd9%22%7d)).

Електронна версія автореферату розміщена в Інституційному  
репозитарії ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ  
ПОЛІТЕХНІКА» 26 червня 2025 р.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Актуальність теми роботи обумовлена важливою роллю процесу розкислення у забезпеченні якості сталі, її хімічного складу та властивостей. Удосконалення технологічних параметрів цього процесу сприяє зниженню залишкового вмісту кисню, поліпшенню структурних характеристик та економічності виробництва.

Незважаючи на широке використання традиційних методів розкислення, результати є нестабільними через відхилення від технології виробництва. Відсутність системного підходу до параметрів плавки обумовлює необхідність проведення дослідження їх впливу на ефективність розкислення.

Метою дослідження є встановлення закономірності впливу технологічних параметрів на ефективність процесу розкислення сталі та розробити рекомендації вдосконалення.

Задачі дослідження:

- здійснити аналітичний огляд сучасних технологій розкислення сталі;
- проаналізувати процес розкислення напівспокійних марок сталі в конвертерному виробництві;
- розробити рекомендації підвищення ефективності процесу;
- удосконалити технологічні параметри на основі статистичних даних.

Об'єкт дослідження – процес розкислення сталі у киснево-конвертерному виробництві.

Предмет дослідження – технологічні параметри, що впливають на ефективність розкислення та мінімізацію втрат легуючих елементів у сталеплавильному виробництві.

У роботі визначено основні чинники, що впливають на ефективність розкислення сталі такі як: активність кисню, температуру випуску сталі з конвертера, кількість та тип феросплавів. Запропоновано шлях зменшення втрат кремнію та марганцю, а також підвищення вмісту вуглецю у сталі.

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 45 сторінок, робота містить 21 рисуноків, 2 таблиць. Список використаних джерел складається з 16 джерел.

## ОСНОВНА ЧАСТИНА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

У результаті дослідження проаналізовано сучасні методи та класифікацію розкислення сталі з застосуванням феромарганцю, феросиліцію та алюмінію. Досліджено особливості розкислення напівспокійних марок сталі у киснево-конвертерному цеху. Встановлено вплив окремих параметрів (температури випуску, вмісту FeO у шлаку, активності кисню) на втрати легуючих елементів. Проведено статистичну обробку даних з реального виробництва та побудовано графіки, що ілюструють нестабільність процесу. Запропоновано практичні рекомендації зменшення втрат кремнію та марганцю, зниження ступеню передування, коригування моменту введення розкислювачів. Обґрунтовано економічну доцільність впровадження запропонованих заходів на основі питомих втрат та ефективності витрати матеріалів. Розглянуто заходи з охорони праці на дільниці позапічної обробки сталі, що забезпечують безпечне виконання технологічних операцій.

## ВИСНОВКИ

1. Розкислення сталі є критичним етапом виробництва сталі, який визначає її хімічний склад та якість.
2. Встановлено, що ефективність розкислення залежить від дотримання температурного режиму, своєчасного введення розкислювачів, контролю вмісту FeO у шлаку та режиму дуття.
3. Запропоновано методи вдосконалення технології, які дозволяють знизити втрати кремнію і марганцю та підвищити ефективність використання легуючих елементів.
4. Економічний аналіз показав доцільність впровадження рекомендацій, які дозволяють оптимізувати витрати та покращити якість продукції.
5. Дотримання заходів безпеки праці на дільниці позапічної обробки сталі є необхідною умовою стабільного технологічного процесу.

## ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Ягольник М.В., Федоров Р.Ф. Оцінка ефективності використання відходів металургійних підприємств з метою ресурсо- та енергозбереження. International scientific conference “MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education” : conference proceedings (November 29–30, 2023. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2023. Vol. 1. PP 129-131.  
<http://baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/view/384/10477/21901-1>
2. Федоров Р.Ф., Стоянов О.М. Аналіз технологій глибокого розкислення сталі алюмінієм. International scientific conference “MININGMETALTECH 2024 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education” : conference proceedings (November 28–29, 2024. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2024. Vol. 1. PP 104-108.  
<http://www.baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/view/542/14419/30354-1>
3. Нізяєв К. Г., Федоров Р. Ф., Малій Х. В., Рубан В. О. Особливості розкислення сталі при використанні ферохрому. Литво. Металургія. 2025: Матеріали XXI Міжнародної науково-практичної конференції (27-29 травня 2025 р., м. Харків-м. Київ) / Під заг. ред. д.т.н., проф. Пономаренко О.І. – Харків, НТУ «ХПІ». С. 423-425. ISBN 978-617-05-0544-6  
<http://baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/view/384/10477/21901->

### АНОТАЦІЯ

ФЕДОРОВ РОМАН ФЕДОРОВИЧ. Оцінка ефективності процесу розкислення під час випуску і обробки на установці «ківш-піч». - Кваліфікаційна праця на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра за спеціальністю 136 Металургія, ОПП «Металургія чорних металів» – ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Запоріжжя, 2025.

У кваліфікаційній роботі розглянуто сучасні технології розкислення сталі в киснево-конвертерному виробництві. У першому розділі проаналізовано хімічні процеси розкислення, втрати марганцю, кремнію та вуглецю, а також обґрунтовано необхідність оптимізації режимів. У другому розділі досліджено вплив температури, складу шлаку, вмісту вуглецю та розкислювачів на стабільність процесу. Визначено критичні параметри та запропоновано оптимізацію передування і складу добавок.

У третьому розділі представлено заходи з охорони праці на дільниці позапічної обробки сталі відповідно до нормативних документів та описано вимоги до обладнання й дій у надзвичайних ситуаціях. Четвертий розділ містить економічне обґрунтування запропонованих змін, що дозволяють зменшити втрати легуючих елементів, покращити якість сталі та ефективність виробництва. У висновках підтверджено ефективність технічних рішень і наведено практичні рекомендації щодо їх впровадження.

РОЗКИСЛЕННЯ СТАЛІ, УГАР, МАРГАНЕЦЬ, КРЕМНІЙ, ВТРАТА, ПАРАМЕТРИ, ОПТИМІЗУВАННЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, ПРОЦЕСИ.

### ABSTRACT

FEDOROV ROMAN FEDOROVYCH. Evaluation of the efficiency of the deoxidation process during production and processing in a ladle-furnace installation.

The qualification work considers modern technologies of steel deoxidation in oxygen-converter production. The first section analyzes the chemical processes of deoxidation, losses of manganese, silicon and carbon, and also justifies the need for optimization of modes. The second section studies the influence of temperature, slag composition, carbon content and deoxidizers on the stability of the process. Critical parameters are determined and optimization of the lead and composition of additives is proposed. The third section presents labor protection measures at the site of out-of-furnace steel processing in accordance with regulatory documents and describes the requirements for equipment and actions in emergency situations. The fourth section contains an economic justification of the proposed changes that allow reducing losses of alloying elements, improving steel quality and production efficiency. The conclusions confirm the effectiveness of technical solutions and provide practical recommendations for their implementation.

STEEL DEOXIDATION, CARBON, MANGANESE, SILICON, LOSS, PARAMETERS, OPTIMIZATION, EFFICIENCY, PROCESSES.