

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»  
Гірничо-металургійний факультет  
Кафедра металургії та організації виробництва

**АВТОРЕФЕРАТ  
кваліфікаційної роботи**

на здобуття освітнього ступеня магістра

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

**на тему «Вплив зміни теплових втрат конвертера впродовж  
його кампанії на техніко-економічні показники конвертерної  
плавки»**

Здобувач



Сергій ВОЛОХ

Запоріжжя 2025

Кваліфікаційною магістерською роботою є рукопис.  
Робота виконана у Технічному університеті «МЕТІНВЕСТ  
ПОЛІТЕХНІКА» на кафедрі металургії та організації виробництва.

Керівник: Олександр СТОЯНОВ,  
канд. техн. наук, доцент

Захист відбудеться 18 лютого 2025 р. о 11:00 год на засіданні  
екзаменаційної комісії у Microsoft Teams  
([https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3ameeting\\_YjJkMzk0MDYtM2I3NC00Yzg4LWJmMTMtYmlzODVINGU0MjY0%40thread.v2/0?context=%7b%22Tid%22%3a%221f6a60da-12a6-4028-9d77-a98fa5c6b40f%22%2c%22Oid%22%3a%22b7d753f3-b1bf-41eb-a80b-cab4005c5acb%22%7d](https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3ameeting_YjJkMzk0MDYtM2I3NC00Yzg4LWJmMTMtYmlzODVINGU0MjY0%40thread.v2/0?context=%7b%22Tid%22%3a%221f6a60da-12a6-4028-9d77-a98fa5c6b40f%22%2c%22Oid%22%3a%22b7d753f3-b1bf-41eb-a80b-cab4005c5acb%22%7d)).

Електронна версія автореферату розміщена в Інституційному  
репозитарії ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ  
ПОЛІТЕХНІКА» 15 лютого 2025 р.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

**Актуальність теми роботи.** Технологічне устаткування в конвертерному цеху функціонує в екстремальних режимах (висока температура і тиск, велика швидкість руху робочого тіла), з одного боку, і малих запасах стійкості (робота поблизу критичних меж з можливістю виникнення викидів металу і шлаку) – з іншого. Висока продуктивність конвертерів повинна узгоджуватися із роботою всіх відділень цеху (міксерного, підготовки шихти, розливання та ін.). Тому керування плавкою ефективно тільки в умовах стабільної технології і доброго стану устаткування.

У кисневих конвертерах, як правило, не використовуються зовнішні джерела теплоти, тому для них істотно значення має рівень теплових втрат. На температурний режим продувки дуже впливає тепла робота футерівки конвертера, що активно бере участь у теплообміні з продуктами рафінування.

**Постановка проблеми.** За результатами літературного огляду та зробивши аналіз різноманітних джерел прийшли до висновку, що футерівка має істотний вплив на теплову роботу конвертера. В процесі роботи відбувається поступове руйнування шару футеровки та зменшення її товщини. Умови ведення плавки у зв'язку з цим змінюються як і технологічні показники процесу. Тому розглянемо паспорти плавок на протязі компанії футеровки конвертера і визначмо як впливає стан футеровки на основні технологічні показники процесу та якість металу.

**Мета дослідження.** полягає в удосконаленні технології виготовлення сталі у кисневому конвертері на основі визначення та дослідження впливу на тепловий режим роботи конвертеру стану його футерівки, визначення напрямків підвищення стійкості футерівки для зменшення теплових втрат в процесі виробництва сталі та збільшення тривалості кампанії футерівки конвертера.

### **Задачі дослідження:**

- здійснити аналіз теплової роботи конвертеру та особливості експлуатації футеровки в ході його кампанії;
- проаналізувати дані роботи конвертера на конвертера на різних етапах експлуатації футерівки агрегату;
- визначити взаємозв'язок впливу ступеню зношення вогнетривів конвертера та основних технологічних показників конвертування металу;
- розробити пропозиції по покращенню теплової роботи конвертера;
- виконати оцінку планового економічного ефекту від впровадження запропонованих рекомендацій у виробничий процес.

**Об'єкт дослідження** – технологія технологія виробництва сталі в кисневому конвертері в умовах конвертерного цеху.

**Предмет дослідження** – теплова робота кисневого конвертеру в умовах конвертерного цеху.

**Результати та обґрунтування їх новизни / інноваційності.** За результатами статистичного аналізу паспортів плавок виробництва сталі в кисневому конверторі на різних етапах експлуатації його футерівки, визначено взаємозв'язки впливу ступеню зношення вогнетривів конвертера на основні технологічні показники конвертування металу. Отримані результати є корисними для вибору раціональної технології ведення плавки у кисневому конверторі та продовження терміну кампанії футерівки конвертера.

**Структура та обсяг роботи.** Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 73 сторінок, робота містить 31 рисунок, 6 таблиць. Список використаних джерел складається з 34 джерела.

## ОСНОВНА ЧАСТИНА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

За результатами виконання досліджень в рамках випускної кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня магістр отримано наступне:

- результатам аналізу літературних джерел є визначення, що одним з чинників, які впливають на теплову роботу конвертору є стан його футеровки. Під час його експлуатації футерівка зазнає неперервного впливу та зношується що викликає зміни в тепловому балансі конвертерної плавки;
- для дослідження впливу стану футерівки конвертора на параметри його роботи розглянуто результати плавок сталі в конвертері ємністю 250 тон при різному ступеню зносу футерівки;
- при проведенні дослідження у якості основного метода було застосовано статистичний аналіз;
- в ході аналізу по-перше провели оцінювання параметрів закону розподілу Гауса для кожного значення технологічних величин. Після того провели кореляційний аналіз між станом футерування конвертору (періодами його кампанії) та обраними технологічними параметрами. Використовуючи регресійний аналіз побудували статистичні залежності для тих технологічних параметрів, для яких була кореляція зі станом футеровки конвертора.
- визначено, що основними факторами, які виявили кореляційну залежність до зміни стану футеровки конвертера на протязі її кампанії є температура повалки, температура випуску, вміст FeO в шлаку, вихід придатного;
- базуючись на результатах статистичного аналізу запропоновано регресійні рівняння впливу стану футеровки

конвертера на температуру повалки, температуру випуску, вміст FeO в шлаку та вихід придатного;

- проведено аналіз зміни швидкості зносу футерівки конвертера та залишкової її товщини в ході кампанії;

- проведено розрахунки теплових втрат при зміні параметрів футерівки в ході кампанії;

- встановлено, що в наслідок зносу футеровки порушується теплова робота конвертера, а саме збільшуються втрати тепла крізь футеровку та на її нагрів що потребує додаткових витрат для розігріву сталі перед випуском. Це, в свою чергу, викликає збільшення вмісту FeO в шлаку, погіршення умов десульфурації сталі та зниження виходу придатного;

- для захисту футеровки та сповільнення її зносу рекомендується використовувати нанесення захисного шлакового гарнісажу з підвищеним вмістом MgO в ньому.

## ВИСНОВКИ

У першому розділі випускної кваліфікаційної роботи магістра за літературними даними дана коротка характеристика футеровки конвертера та її призначення.

У другому розділі проведено аналіз роботи конвертера ємністю 250 т в різні періоди кампанії футерівка.

Встановлена залежність між станом футеровки та вмістом FeO в шлаку, температурою сталі під час повалки та виходом придатної сталі.

Аналіз показав, що в кінцевий період зі зносом футеровки збільшується вміст FeO в кінцевому шлаку з у порівняння з в початковим періодом кампанії. Середня температура повалки відповідно також знижується, як і вихід придатного.

Проведено розрахунки зміни теплового балансу конвертеру при зміні товщини шару футеровки.

Встановлено, що при зносі футеровки збільшуються втрати тепла крізь футеровку та на її нагрів. Також збільшуються загальні теплові втрати.

За умови роботи конвертера з максимальною витратою лому збільшення втрат тепла потребує додаткових витрат для розігріву сталі перед випуском. Це, в свою чергу, викликає збільшення вмісту FeO в шлаку, погіршення умов десульфурації сталі та зниження виходу придатного.

Аналізу теплової роботи конвертеру в різні періоди кампанії футеровки показав, що в наслідок зносу футеровки порушується теплова робота конвертера та погіршуються показники процесу виплавки сталі. Запропоновано для захисту футеровки та сповільнення її зносу рекомендується використовувати нанесення захисного шлакового гарнісажу з підвищеним вмістом MgO в ньому.

Згідно з розрахунками економічної ефективності запропонованих технологічних заходів (заходи з захисту футеровки від зносу шляхом нанесення на її поверхню шлаку з підвищеним вмістом MgO) відбудеться зниження собівартості сталі.

В розділі «Охорона праці та захист навколишнього середовища» розглянуті основні і небезпечні виробничі чинники, а також розроблені заходи щодо їх усунення або зменшення в умовах конвертерного цеху.

## ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Волох С.В., Стоянов О.М. Розчинення азоту в сталі: 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. p.33-35.

### АНОТАЦІЯ

Волох Сергій Вікторович. Вплив зміни теплових втрат конвертера впродовж його кампанії на техніко-економічні показники конвертерної плавки.

Кваліфікаційна робота присвячена актуальній науково-технічній проблемі удосконалення технології виробництва сталі в кисневому конвертері, а саме впливу стану футеровки на технологічні показники виплавки сталі.

Проаналізовано умови роботи кисневих конвертерів. Приведено аналіз теплової роботи конвертеру та особливості експлуатації футеровки в ході його кампанії. Проведено статистичний аналіз даних роботи конвертера на різних етапах експлуатації футеровки агрегату. Визначено взаємозв'язків впливу ступеню зношення вогнетривів конвертера на основні технологічні показники конвертування металу. Запропоновано пропозицій по покращенню теплової роботи конвертера. Розглянуті особливості охорони праці в конвертерному відділенні. Проведено розрахунок економічної ефективності від застосування запропонованих пропозицій по покращенню теплової роботи конвертера.

Результати аналізу отримані при виконанні кваліфікаційної роботи магістра можуть бути застосовані для оптимізації технології виробництва сталі в кисневому конвертері, що забезпечує поліпшення техніко-економічних показників конвертерного процесу.

КИСНЕВИЙ КОНВЕРТЕР, ФУТЕРОВКА, ВТРАТИ ТЕПЛА, ЗНОС,  
ВИХІД ПРИДАТНОГО

## ABSTRACT

Volokh Serhii Viktorovych. Impact of changes in heat losses in a basic oxygen furnace during the campaign on its technical and economic performance.

The qualification work is focused on the actual scientific and technical problem of improving the technology of steel production in an oxygen converter, namely the influence of the lining condition on the technological indicators of steelmaking.

The paper analyses the operating conditions of oxygen converters. An analysis of the thermal operation of the converter and the peculiarities of lining operation during its campaign is presented. A statistical analysis of the converter operation data at different stages of the unit lining operation is carried out. The interrelationships of the influence of the degree of wear of the converter refractories on the main technological indicators of metal conversion are determined. Proposals for improving the thermal performance of the converter are made. The features of labour protection in the converter department are considered. The economic efficiency of the application of the proposed proposals for improving the thermal operation of the converter is calculated.

The results of the analysis obtained in the course of the master's thesis can be used to optimise the technology of steel production in an oxygen converter, which ensures the improvement of technical and economic indicators of the converter process.

OXYGEN CONVERTER, LINING, HEAT LOSSES, WEAR, PRODUCT YIELD