

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U001166

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 24-04-2026

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Щербачов Вадим Родіонович

2. Vadym R. Shcherbachov

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-6734-0451

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 136

Назва наукової спеціальності: Металургія

Галузь / галузі знань: механічна інженерія

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Металургія

Дата захисту:

Спеціальність за освітою: Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Місце роботи здобувача: Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 00190294

Місцезнаходження: пл. Академіка Стародубова, Дніпро, Дніпровський р-н., 49050, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 12812

Повне найменування юридичної особи: Український державний університет науки і технологій

Код за ЄДРПОУ: 44165850

Місцезнаходження: вул. Лазаряна, Дніпро, Дніпровський р-н., 49010, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Український державний університет науки і технологій

Код за ЄДРПОУ: 44165850

Місцезнаходження: вул. Лазаряна, Дніпро, Дніпровський р-н., 49010, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 53.31.18, 53.31.18.13, 53.01.11, 53.01.77, 53.01.77.05, 53.01.77.07, 53.03.03, 53.03.03.43, 53.03.03.07, 53.03.05.31, 53.07.03.07

Тема дисертації:

1. Вдосконалення управління завантаженням доменної печі багатокомпонентною шихтою на основі інформації про параметри пластичної зони.
2. Improvement of control of loading of a blast furnace with a multicomponent burden based on information about the parameters of the cohesive zone.

Реферат:

1. Щербачов В.Р. Вдосконалення управління завантаженням доменної печі багатокомпонентною шихтою на основі інформації про параметри пластичної зони. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 136 – «Металургія». Дніпровський металургійний інститут Українського державного університету науки і технологій, м. Дніпро, 2026. Метою роботи є підвищення ресурсо- та енергоефективності доменної плавки шляхом наукового обґрунтування управляючих впливів на хід печі за рахунок вибору та коригування параметрів режиму завантаження шихтових матеріалів, що забезпечують формування раціональної структури стовпа шихти у доменній печі. У роботі виконано аналіз сучасних методів та математичних моделей визначення параметрів пластичної (когезійної) зони доменної печі. Розглянуто еволюцію підходів від прямих експериментальних

вимірювань до чисельного моделювання (CFD, DEM, SVM). Показано, що через відсутність прямих інструментальних методів основним джерелом інформації є контроль пов'язаних технологічних параметрів у поєднанні з математичним моделюванням. Встановлено, що існуючі моделі часто описують межі пластичної зони у вигляді ізотерм, що базується на припущенні рівномірного розподілу шихти, що знижує точність визначення її реальної конфігурації. Обґрунтовано необхідність врахування багатокомпонентності шихти та її високотемпературних властивостей. Розроблено удосконалену математичну модель визначення площі поверхні плавлення, яка враховує розрахункове визначення тепловиділення у нижній зоні печі.

Запропоновано метод визначення форми, товщини та положення пластичної зони на основі системи математичних моделей процесів завантаження, розподілу шихти та високотемпературних перетворень. Встановлено залежності між параметрами пластичної зони та режимом завантаження шихти, зокрема розподілом рудного навантаження по радіусу колошника. Показано суттєвий вплив структури завантаження на положення ліній розм'якшення і плавлення. На основі моделювання визначено температурні інтервали плавлення залізовмісних компонентів та виконано розрахунок теплового стану нижньої частини печі.

Побудовано конфігурацію пластичної зони для різних технологічних режимів. Для підтвердження адекватності виконано факторний аналіз впливу технологічних параметрів. Встановлено статистично значущі зв'язки між розподілом температур, рудним навантаженням та положенням пластичної зони. Розроблено критерій оцінки форми та положення пластичної зони, який дозволяє здійснювати її аналіз без прямого вимірювання технологічних параметрів. Показано можливість використання критерію в системах оперативного контролю. Встановлено, що співвідношення агломерат/окатиші суттєво впливає на температури плавлення та геометрію пластичної зони. Отримані залежності характеризуються високими коефіцієнтами апроксимації та можуть бути використані для керування режимом завантаження.

Запропоновано спосіб коригування параметрів завантаження шихти на основі моделювання розподілу компонентів по радіусу колошника та прогнозування їх високотемпературної поведінки. Результати роботи можуть бути використані в системах автоматизованого керування доменною плавкою та експертних системах підтримки прийняття рішень. Ключові слова: доменна піч, розподіл компонентів шихти, суміш, хімічний склад, температура, відновлення оксидів заліза, математична модель, структура стовпа шихти, когезія, пластична зона, пиловугільне паливо, корегування характеристик, термовимірювальні зонди, режим завантаження.

2. Shcherbachov V.R. Improvement of burden charging control in a blast furnace with multi-component charge based on information about cohesive zone parameters. – Qualifying scientific work in manuscript form. Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 136 – “Metallurgy”. Dnipro Metallurgical Institute of the Ukrainian State University of Science and Technologies, Dnipro, 2026. The aim of the study is to improve the resource and energy efficiency of blast furnace ironmaking by providing a scientific justification for control actions on furnace operation through the selection and adjustment of burden charging parameters that ensure the formation of a rational structure of the burden column in the blast furnace. The study presents an analysis of modern methods and mathematical models used for determining the parameters of the plastic (cohesive) zone in a blast furnace. The evolution of approaches is considered, from direct experimental measurements to numerical modeling (CFD, DEM, SVM). It is shown that, due to the absence of direct instrumental methods, the main source of information is the monitoring of related process parameters in combination with mathematical modeling. It is established that existing models often represent the boundaries of the plastic zone in the form of isotherms, based on the assumption of uniform radial distribution of burden materials, which reduces the accuracy of determining the real configuration of the zone. The necessity of accounting for the multi-component nature of the burden and its high-temperature properties is substantiated. An improved mathematical model for determining the melting surface area has been developed, which includes a calculated estimation of heat generation in the lower part of the furnace instead of constant values. A method for determining the shape, thickness, and position of the plastic zone is proposed, based on a system of mathematical models describing burden charging, burden distribution, and high-temperature transformations. Dependencies between the parameters of the plastic zone and the burden charging regime have been established, in particular the distribution of ore load along the furnace radius (throat).

A significant influence of the charging structure on the position of the softening and melting lines has been demonstrated. Based on modeling, temperature intervals of melting of iron-bearing components have been determined, and the thermal state of the lower furnace zone has been calculated. The configuration of the plastic zone under different technological operating conditions has been constructed. To validate the proposed approach, a factor analysis of the influence of process parameters has been performed. Statistically significant relationships between gas temperature distribution, ore load, and the position of the plastic zone have been established. A criterion for evaluating the shape and position of the plastic zone has been developed, enabling its analysis without direct measurement of process parameters. The applicability of the criterion in real-time monitoring systems has been demonstrated. It has been found that the sinter-to-pellet ratio significantly affects melting temperatures and the geometry of the plastic zone. The obtained dependencies are characterized by high approximation coefficients and can be used for burden charging control. A method for adjusting burden charging parameters is proposed, based on modeling the distribution of components along the furnace radius and predicting their high-temperature behavior. The results of the study can be applied in automated blast furnace control systems and decision-support expert systems. Keywords: blast furnace, burden distribution, mixture, chemical composition, temperature, iron oxide reduction, mathematical model, burden column structure, cohesion, plastic zone, pulverized coal injection, parameter adjustment, thermal probes, charging regime.

Державний реєстраційний номер ДіР: 0120U101188

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Освоєння нових технологій транспортування енергії, впровадження енергоефективних, ресурсозберігаючих технологій, освоєння альтернативних джерел енергії

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Публікації в зарубіжних фахових виданнях або виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз даних 1. Increasing the Energy Efficiency of Blast-Furnace Smelting by Choosing Rational Parameters for Loading a Multicomponent Charge / Muraviova I.G., Ivancha N.G., Vishniakov V.I., Shcherbachov V.R., Ermolina K.P. // Проблемы региональной энергетики. – 2022. – N2 (54). – P. 53-62. DOI: 7 <https://doi.org/10.52254/1857-0070.2022.2-54.05>, <https://journal.ie.asm.md/ru/contents/electronni-jurnal-254-2022> 2. Improvement of the Burden Column Structure by Controlling the Multicomponent Burden Loading Mode into the Blast Furnace / Ivancha N.G., Murav'yova I.G., Vishnyakov V.I., Shcherbachov V.R., Ermolina E.P. // PROBLEMELE ENERGETICII REGIONALE (Moldova). – 2023. – V.2 (58). – P. 138-149. DOI: <https://doi.org/10.52254/1857-0070.2022.2-54.05>, <https://journal.ie.asm.md/ru/contents/electronni-jurnal-258-2023> Публікації у наукових фахових виданнях України 3. Метод визначення положення і форми пластичної зони доменної печі з використанням показників розподілу температури газового потоку / Muravyova I.H., Ivancha M.H., Shcherbachov V.R., Vishnyakov V.I., Ermolina K.P., Biloshapka O.O., Khodotova N.Ye. // Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії. – 2022. – № 36. – P. 95-107. https://jrn.isi.gov.ua/wp-content/uploads/2023/02/sb36_2022.pdf?, DOI: <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2022-36-95-108> 4. Удосконалення технологічних вимог до розподілу шихтових матеріалів та газового потоку при роботі доменних печей з низьким вмістом кремнію у чавуні та оцінка можливості їх реалізації на сучасних доменних печах / Ivancha M.H., Nesterov O.S., Muravyova I.H., Garmash L.I., Vishnyakov V.I., Shcherbachov V.R., Ermolina K.P. // Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії. – 2023. – № 37. – P. 76- 103. <https://jrn.isi.gov.ua/wp->

content/uploads/2024/02/Sb2023_37-2.pdf?, DOI: <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2023-37-76-104> 5. Узагальнення результатів досліджень впливу збільшення вмісту водню в дутті та його розподілу по радіусу доменної печі на технологічний режим доменної плавки / Muravyova I.H., Chaika O.L., Ivancha M.H., Kornilov B.V., Merkulov O.Ye., Nesterov O.S., Garmash L.I., Vishnyakov V.I., Shcherbachov V.R., Ermolina K.P. // Фундаментальні та прикладні 8 проблеми чорної металургії. – 2024. – № 38. – Р. 59-102. https://jrn.isi.gov.ua/sb/sb38/Sb2024_38.pdf?, DOI: <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2024-38-59-102> 6. Удосконалення методів розрахунку розподілу компонентів шихти в об'ємі доменної печі / Ivancha M.H., Vishnyakov V.I., Muravyova I.H., Biloshapka O.O., Shcherbachov V.R., Ermolina K.P. // Теорія і практика металургії. – 2025 – № 2. <https://tpm.ust.edu.ua/article/view/343325/335140> ?, DOI: <https://doi.org/10.15802/tpm.2.2025.14> 7. Методи розрахунку та математичні моделі розподілу шихтових матеріалів на колошнику доменної печі, що застосовуються у технологічній та дослідній практиці / Ivancha M.H., Vishnyakov V.I., Muravyova I.H., Garmash L.I., Shcherbachov V.R., Biloshapka O.O., Ermolina K.P. // Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії. – 2026. – № 40. Публікації, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації 8. Метод визначення положення і форми пластичної зони доменної печі з урахуванням показників розподілу температур газового потоку по радіусу колошника / Muravyova I.G., Ivancha M.G., Shcherbachov V.R., Vishnyakov V.I. // XIX Міжнародна науково-практична конференція «Литво. Металургія 2023». – Харків, НТУ «ХПІ», 2023 р. <https://repository.kpi.kharkov.ua/items/a95db2dd-b6ab-40e4-8115-98daf58d2d33> 9. Комплексна математична модель процесу завантаження багатокомпонентної шихти в доменну піч / Ivancha M.G., Vishnyakov V.I., Muravyova I.G., Shcherbachov V.R. // Міжнародна науково-технічна конференція «Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні 2024». – Дніпро, Інститут промислових та бізнес технологій Українського державного університету науки і технологій. <https://journals.nmetau.edu.ua/index.php/itmm/article/view/1768> 10. Експертна система вибору оптимального складу багатокомпонентної шихти на основі закономірностей фізико-хімічних перетворень з урахуванням розподілу компонентів в доменній печі / Muravyova I.G., Togobytska D.M., Byelkova A.I., Ivancha M.G., Vishnyakov V.I., Stepanenko D.A., Shcherbachov V.R. // XX Міжнародна науковопрактична конференція «Литво. Металургія. 2024». – Харків, НТУ «ХПІ», 2024 р. <https://repository.kpi.kharkov.ua/items/98cbea2e-ee53-43a5-b2bd-f8d2b9b471a5> 11. Аналіз відомих методів визначення форми та положення пластичної зони в доменній печі / Muravyova I.G., Ivancha M.G., Vishnyakov V.I., Shcherbachov V.R. // XX Міжнародна науково-практична конференція «Литво. Металургія. 2024». – Харків, НТУ «ХПІ», 2023 р. 12. Технологія завантаження багатокомпонентної шихти в сучасні доменні печі з безконусними завантажувальними пристроями / Ivancha M.G., Muravyova I.G., Vishnyakov V.I., Shcherbachov V.R., Ermolina K.P. // Міжнародна науково-технічна конференція «Розвиток промисловості та суспільства», 2024 р. – Кривий Ріг, Криворізький національний університет. <https://www.knu.edu.ua/konferencii/mizhнародna-naukovo-tehnichna-konferenciya-rozvytok-promyslovostita-suspilstva-2024-r>

Наукова (науково-технічна) продукція: методи, теорії, гіпотези; методичні документи; аналітичні матеріали

Соціально-економічна спрямованість: збільшення обсягів виробництва; економія енергоресурсів; зменшення зносу обладнання

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Муравйова Ірина Геннадіївна
2. Irina G. Muravyova

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.16.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-5926-7787

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 00190294

Місцезнаходження: пл. Академіка Стародубова, Дніпро, Дніпровський р-н., 49050, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кассім Дар'я Олександрівна
2. Dar'ia O. Kassim

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.16.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-1750-1237

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Державний університет економіки і технологій

Код за ЄДРПОУ: 43684645

Місцезнаходження: вул. Медична, Кривий Ріг, Криворізький р-н., 50005, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Крячко Геннадій Юрійович
2. Gennadiy Y. Kryachko

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.16.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8773-508X

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Дніпровський державний технічний університет

Код за ЄДРПОУ: 02070737

Місцезнаходження: вул. Дніпробудівська, Кам'янське, 51918, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Іващенко Валерій Петрович

2. Valeriy P. Ivashchenko

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.16.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0007-3674-0181

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Український державний університет науки і технологій

Код за ЄДРПОУ: 44165850

Місцезнаходження: вул. Лазаряна, Дніпро, Дніпровський р-н., 49010, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Бочка Володимир Васильович

2. Volodymyr V. Bochka

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.16.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-4935-0779

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Український державний університет науки і технологій

Код за ЄДРПОУ: 44165850

Місцезнаходження: вул. Лазаряна, Дніпро, Дніпровський р-н., 49010, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Камкіна Людмила Володимирівна

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Камкіна Людмила Володимирівна

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Щербачов Вадим Родіонович

Реєстратор

Юрченко Тетяна Анатоліївна

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна