

УДК 669.02/09.411:669.18.003.12

**В. Г. Кисляков**<sup>1,\*</sup>, к.т.н., зав. відділу, ORCID 0000-0002-1775-5050**Д. М. Тогобицкая**<sup>1</sup>, д.т.н., проф., пр.н.с., ORCID 0000-0001-6413-4823**В. П. Петруша**<sup>1</sup>, м.н.с. ORCID 0000-0002-1031-3241**Ю. М. Ліхачов**<sup>1</sup>, н.с. ORCID 0000-0003-3168-7813**Н. Є. Ходотова**<sup>1</sup>, м.н.с. ORCID 0000-0002-6958-4636<sup>1</sup> *Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України*\* *Автор для листування: [vovkadragon12@gmail.com](mailto:vovkadragon12@gmail.com)*

## **РОЗВИТОК І НАПОВНЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ "ПОЗАПІЧНА ОБРОБКА ЧАВУНУ" ПОКАЗНИКАМИ КОМПЛЕКСНОЇ ОБРОБКИ ЧАВУНУ**

**Анотація.** Метою роботи є продовження розвитку і поповнення інформаційної системи позапічної обробки чавуну "ПОЧ" показниками комплексної обробки чавуну. Сучасне виробництво сталі характеризується зростанням обсягів виплавки сталей з низьким вмістом неметалевих включень. Позапічне рафінування чавуну широко використовується для забезпечення конвертерного переробу чавуном заданої якості, що забезпечує суттєве зниження витрат на виробництво високоякісної металопродукції. Поповнення бази даних інформацією про технології не тільки десульфурації чавуну, а й комплексного видалення домішок дасть змогу одержати описові моделі для зазначених технологій і стати основою для алгоритмічного забезпечення аналітичного блоку експертної системи для обраної технології рафінування чавуну. База даних з позапічного оброблення чавуну "ПОЧ" є повнотекстовою формою організації документально-фактографічної бази даних і дає можливість забезпечити тематичний пошук за певною проблемою або певним питанням, що регламентується відповідним запитом, забезпеченим гнучким інтерфейсом. Набуло розвитку програмне забезпечення інформаційно-пошукової системи, зокрема було розроблено програмний модуль автоматизованої процедури поповнення форматизованих за спеціальним шаблоном машинних паспортів з архіву технологічної інформації Користувача в середовищі Excel. Аналітичний блок поповнено інтерфейсом доступу до підсистеми аналізу процесів міжатомної взаємодії в системі "метал-шлак" із застосуванням концепції спрямованого хімічного зв'язку, генерації комплексних показників, а також оцінки ролі окремих складових математичної моделі. Виконано аналіз залежностей ефективності видалення домішок (S, Si, P) як функції властивостей наведеного шлаку, основності

© В. Г. Кисляков, Д. М. Тогобицкая, В. П. Петруша, Ю. М. Ліхачов, Н. Є. Ходотова, 2006



Це стаття відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND 4.0  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode.uk>

шлаку, вмісту компонентів у шлаку, а також інтенсивності обробки. Опрацьовано архітектуру модельної системи для експертної оцінки технології комплексного рафінування чавуну.

**Ключові слова:** чавун, комплексне рафінування, ефективність, інформаційна система, база даних, параметри, інтегральні показники.

**Посилання для цитування:** Розвиток і наповнення інформаційної системи "Позапічна обробка чавуну" показниками комплексної обробки чавуну / В. Г. Кисляков, Д. М. Тогобицкая, В. П. Петруша, Ю. М. Ліхачов, Н. Є. Ходотова // *Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії*. 2026. Вип. 40. С. 375-385. <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2026-40-024>

**Стан питання.** Сучасне виробництво сталі характеризується зростанням обсягів виплавки сталей з низьким вмістом неметалевих включень. Позапічне рафінування чавуну широко використовується для забезпечення конвертерного переробу чавуном заданої якості, що забезпечує суттєве зниження витрат на виробництво високоякісної металопродукції.

Під час вирішення завдань позадоменної обробки чавуну розробка моделей посідає важливе місце. Це пов'язано з тим, що проведення реальних експериментів з дослідження поведінки параметрів процесу рафінування розплаву є складним, економічно витратним, а також бувають випадки, коли їх проведення просто неможливе. Математичні моделі, призначені для прогнозування параметрів процесу, відрізняються великою складністю з огляду на ту обставину, що здебільшого мають місце фізико-хімічно складні та багатостадійні процеси, які залежать від безлічі різноманітних чинників, що змінюються з плином часу і впливають на формування кінцевого продукту.

В Інституті чорної металургії (ІЧМ) створено банк даних "Металургія", що містить бази даних "Залізородні матеріали", "Шлак", "ШУС", "Шлак-Метал-Газ" для оперативної оцінки металургійних властивостей залізородної сировини та продуктів виплавки металу. Результати експериментальних досліджень, накопичених у базах, використовують для розроблення прогнозних моделей властивостей залізородних матеріалів та одержуваних із них розплавів з метою вдосконалення методів управління виробництвом високоякісної сировини та отримання з них якісних продуктів плавки [1–3]. Спільними зусиллями відділів ПОЧ і ФХП у рамках виконання фундаментальних проектів проведено роботу зі створення інтегрованої бази даних, що узагальнює інформацію про параметри технології десульфурзації чавуну зернистим магнієм, розроблено експертну систему "Позапічна обробка чавуну" ("ПОЧ"), яка дає змогу на основі

розробленої моделі для прогнозування питомої витрати магнію під час обробки чавуну здійснювати підтримку ухвалення рішень для забезпечення раціонального перебігу процесу рафінування [4].

Поповнення бази даних інформацією про технології не тільки десульфурації чавуну, а й комплексного видалення домішок дасть змогу отримати описові моделі для зазначених технологій і стати основою для алгоритмічного забезпечення аналітичного блоку експертної системи для обраної технології рафінування чавуну.

**Мета роботи.** Продовження роботи щодо розвитку та наповнення інформаційної системи "ПОЧ" показниками комплексної обробки чавуну та аналітичного модуля прогнозних моделей.

**Основні результати дослідження.** Основою інформаційної технології є дані, що враховують характеристики ковшів, хімічний склад і температуру чавуну, реагенти, а також склад чавуну і шлаку після закінчення обробки. Інформація, організована в базу даних (БД), відображає реальні параметри технологій позапічного рафінування чавуну. База даних (БД) являє собою сукупність взаємопов'язаних файлів даних певної організації, регламентованої відповідним машинним паспортом у суворій відповідності до паспортизації, прийнятої при створенні галузевого банку даних "Металургія" [5].

Інформаційна система (ІС) призначена для збирання та накопичення інформації, що характеризує технологію рафінування чавуну. Для роботи з базою даних використано Інформаційну пошукову систему (ІПС) розробки ІЧМ, що була створена з метою мобільності зміни засобів ІПС та її швидкої адаптації як до реалій технології металургії чавуну і сталі, так і до потреб Користувачів. Основні компоненти ІПС - це програмні засоби, пошуковий масив документів, засоби підтримки інформаційної мови системи, що забезпечує організацію та управління даними (введення, зберігання, захист, пошук і видача) відповідної інформації. Він являє собою набір посилань на документи (або їхніх описів), що зберігає основну інформацію про них і організований так, щоб забезпечити оперативний пошук. Створена БД орієнтована на Користувача, який не має досвіду роботи з інформаційними технологіями баз даних.

База даних з позапічного оброблення чавуну "ПОЧ" є повнотекстовою формою організації документальної БД і дає змогу забезпечити тематичний пошук за певною проблемою або певним питанням, що регламентується певним запитом, забезпеченим гнучким інтерфейсом.

Адаптована ІПС дає можливість:

- ввести документ, відредагувати його, здійснити пошук і сформувати звітні документи за результатами пошуку у форматі

Користувача;

- зберігати в БД документи різного типу (форматів);
- використовувати для запису даних поля змінної (нефіксованої) довжини;
- забезпечити зберігання і роботу з декількома значеннями однієї характеристики в одному полі;
- реалізувати гнучкі пошукові функції (під час роботи з текстом).

Для змістовної інтерпретації складно-структурованої фактографічної інформації комплексного рафінування чавуну інтерфейс Експерта бази "Voch" поповнено модулем кластерного представлення фізико-хімічної та технологічної складових за принципом "Вхід-Технологія-Вихід" у вигляді окремих таблиць. Документ бази даних складається з декількох полів, які об'єднуються в групи. Група 1 описує документальну частину бази (Рис.1). Фактографічну частину описує Таблиця 1. Для пошуку інформації використовуються поля "Ключові слова", "Автори" тощо.

! Документ 1:															
кс=Дефосфорация, кисень, фосфор;															
автори=Shin-ya Kitamura, Yoshimasa Mizukami, Toshiyuki Kaneko, Eiji Aida , Shuhei Onoyama ;															
Назва=Створення ефективного процесу масового виробництва сталі з попередньою обробкою гарячого металу;															
Видання=TETSU-TO-HAGANE 1990-VOL 76№0 11. С.1804-1808;															
Реферат=Використовуючи модель сполучених реакцій, оснований на рівноважному співвідношенні на границі розділу кожного елемента, були проаналізовані характеристики процесів одночасної дефосфорации та десульфурации;															
Референт=Петруша В.П.;															
Експерт=Кисляков В.Г.;															
Підприємство=YAWATA;															
#S1Хімісклад чавуну до обробки, мас.%					#S1Хімісклад чавуну після обробки, мас.%					#S1Видалення компонентів чавуну, мас.%			#S1Видалення компонентів чавуну, відносні %		
C=	Mn=	Si=	S=	P=	C=	Mn=	Si=	S=	P=	Si=	S=	P=	Si=	S=	P=
4.22	0.25	0.38	0.035	0.111	0	0	0.04	0.015	0.0006	0.376	0.02	0.105	64.74	57.14	94.59
4.32	0.25	0.35	0.043	0.107	0	0	0.006	0.03	0.006	0.344	0.013	0.101	69.71	3.23	94.39
4.3	0.25	0.51	0.034	0.1	0	0	0.008	0.014	0.0007	0.502	0.02	0.093	47.45	58.82	93
#S1Витрата матеріалів, кг;			#S1 Вміст суміші, мас %;				#S1 Тчав., К;								
CaO=	CaF2=	FeO=	CaO=	CaF2=	FeO=	Час=	інтенсивність, кг/хв	До прод=	після прод=	ΔТ=					
141	30	200	38	8	54	7	53.4	1390	1310	80					
112	24	160	38	8	54	17	17	1335	1328	7					
153	32	217	38	8	54	22	18.2	1320	1320	0					
#S1Хімічний склад шлаку,				Основність шлаку CaO/SiO2=											
CaO=	SiO2=	FeO=	CaF2=												
25.9	10.6	57.4	6.1	2.44											
16.2	8.1	71.9	3.8	2											
24.3	8.9	60.1	6.7	2.73											

Рисунок 1 - Документально-фактографічна частина бази (фрагмент підсистеми "Експерт"

Продовження розробок інформаційно-математичного забезпечення зі створення Експертної системи щодо комплексного оброблення чавуну велися в кількох напрямках.

**Перший** пов'язаний з розвитком підсистеми інформаційного забезпечення. Було розроблено програмний модуль автоматизованої

процедури поповнення форматизованих за спеціальним шаблоном машинних паспортів з архіву технологічної інформації Користувача в середовищі Excel. Для актуалізації бази даних і багатопланового пошуку за пошуковими образами (ключові слова, автори, підприємство, показники технології тощо) розроблено програму, що дає змогу конвертувати інформацію з Excel-файлів у структуру ІПС з метою її поповнення та формувати адекватні індексні й пошукові образи.

**Другий** напрямок пов'язаний з аналізом вихідних даних і моделюванням фізико-хімічних систем, що взаємодіють, на рівні міжатомної взаємодії, а також оцінкою ролі окремих складових математичної моделі.

Таблиця 1 - Фактографічна частина бази

№	Маса чавуну, т	Витрата матеріалів, кг			Вміст суміші, мас%			Час обробки, хв.	Інтенсивність, кг/хв	T <sub>чав.</sub> , °C		Хімісклад чавуну до обробки /після обробки, %		
		Ca	C	CaF <sub>2</sub>	FeO	Ca	C			CaF <sub>2</sub>	FeO	до	після	Si
1	5	141	30	200	38	8	54	7	53,4	1390	1310	<u>0.380</u> 0,004	<u>0.035</u> 0,015	<u>0.111</u> 0,006
2	5	112	24	160	38	8	54	17	17	1335	1328	<u>0.350</u> 0,006	<u>0.043</u> 0,030	<u>0.107</u> 0,006
3	5	153	32	217	38	8	54	22	18,2	1320	1320	<u>0.510</u> 0,008	<u>0.034</u> 0,014	<u>0.100</u> 0,007

У таблицях 2 і 3 наведено результати розрахунку інтегральних параметрів розплаву чавуну ( $Z_u$  – параметр зарядового стану системи,  $d$  – середньостатистична між'ядерна відстань між катіоном і аніоном,  $tg \alpha$  – середньостатистичний параметр, що характеризує індивідуальність катіонної підриштітки,  $d_{Z_u}$  – відстань між атомами у напрямленій хімічній зв'язці,  $d_d$  – середня міжатомна відстань між атомами одного типу,  $R_{ol}$  – радіус спрямованого зв'язку між атомами,  $R_l$  – радіус зв'язку атома,  $Z_c$  – ефективний заряд атома) [3] для вихідного і кінцевого хіміскладу чавуну при обробці сумішшю CaO-CaF<sub>2</sub>-FeO.

За наявними даними хіманалізу було виконано розрахунок інтегральних параметрів кінцевого шлаку (Табл. 4).  $D$  – середньозважена між'ядерна відстань,  $E_c$  – енергія зв'язку в точці рівноважної відстані між атомами,  $tg \alpha$  – середньозважений градієнт залежності зміни радіусу від заряду в зв'язку катіон-аніон  $\gamma$  – середньозважений показник стехіометрії,  $D_{zm}$  – показник

нерівноважності катіонної підрешітки,  $M$  – середньозважена молекулярна мас [3].

Таблиця 2 - Інтегральні параметри, розраховані за даними хіманалізу вихідного чавуну

№	Z <sub>γ</sub>	d	tg α	d_Z <sub>γ</sub>	d_a	Rol
1	1,385963	2,3635	0,093104	0,299141	-0,17338	3,992633
2	1,388674	2,3572	0,093209	0,302856	-0,17418	3,999623
3	1,392105	2,3573	0,093188	0,306099	-0,17366	4,000128

Продовження таблиці 2

№	RI^C	RI^Mn	RI^Si	RI^S	RI^P	RI^Fe
1	3,552445	4,2356224	4,014151	3,832545	3,929189	4,082974
2	3,56014	4,2451633	4,023096	3,841002	3,937906	4,092048
3	3,560294	4,2452723	4,023218	3,841133	3,938032	4,09221
№	Zc^C	Zc^Mn	Zc^Si	Zc^S	Zc^P	Zc^Fe
1	-2,61222	0,243953	-1,17516	0,098303	-0,51604	0,202176
2	-2,60436	0,255765	-1,16464	0,107771	-0,50601	0,213028
3	-2,60417	0,255931	-1,16447	0,107949	-0,50584	0,213253

Таблиця 3 - Інтегральні параметри, розраховані за даними хіманалізу кінцевого чавуну

№	Z <sub>γ</sub>	d	tg α	d_Z <sub>γ</sub>	d_a	Rol
1	1,136828	2,827	0,088004	0,000875	-0,00023	3,488936
2	1,137711	2,8269	0,088007	0,001796	-0,00024	3,488946
3	1,137154	2,8269	0,088004	0,001204	-0,00027	3,489053
№	RI^C	RI^Mn	RI^Si	RI^S	RI^P	RI^Fe
1	3,6166092	3,43145	3,27962	3,360418	3,489009	3,6166092
2	3,6167808	3,43161	3,27977	3,360574	3,489076	3,6167808
3	3,6167884	3,43162	3,279782	3,360585	3,48913	3,6167884
№	Zc^C	Zc^Mn	Zc^Si	Zc^S	Zc^P	Zc^Fe
1	-3,17278	-0,58662	-1,91745	-0,57209	-1,22463	-0,56744
2	-3,17262	-0,58638	-1,91723	-0,57189	-1,22442	-0,56735
3	-3,1726	-0,58636	-1,91721	-0,57187	-1,2244	-0,56727

Таблиця 4 - Інтегральні параметри, розраховані  
за даними хіманалізу кінцевого шлаку

CaO	SiO <sub>2</sub>	FeO	CaF <sub>2</sub>	D	De	tg α	r	Dzm	M
25,90	10,60	57,40	6,10	3,4459	-3,7323	0,1108	0,8562	0,049	63,2564
16,2	8,1	71,9	3,8	3,5452	-4,2091	0,1027	0,8892	0,044	65,8834
24,3	8,9	60,1	6,7	3,4763	-3,786	0,1101	0,8654	0,0492	63,9627

На основі отриманого розрахунку інтегральних параметрів, а також технологічних параметрів обробок було виконано аналіз залежностей ефективності видалення домішок (S, Si, P) як функція інтегральних параметрів чавуну і шлаку, основності шлаку, вмісту компонентів у шлаку, а також інтенсивності обробки.

На рисунку 2, як приклад ,наведено залежності видалення домішок від основності вихідного шлаку.

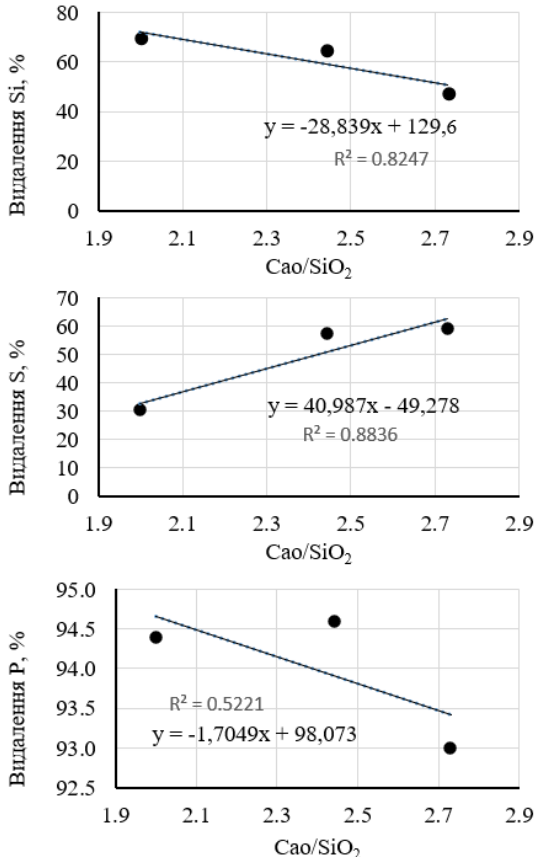


Рисунок 2 - Залежність видалення домішок від основності вихідного шлаку

**Третій** напрямок досліджень пов'язаний із розробленням архітектури модельної підсистеми для експертної оцінки комплексного рафінування чавуну, макросхему якої представлено на рис. 3.

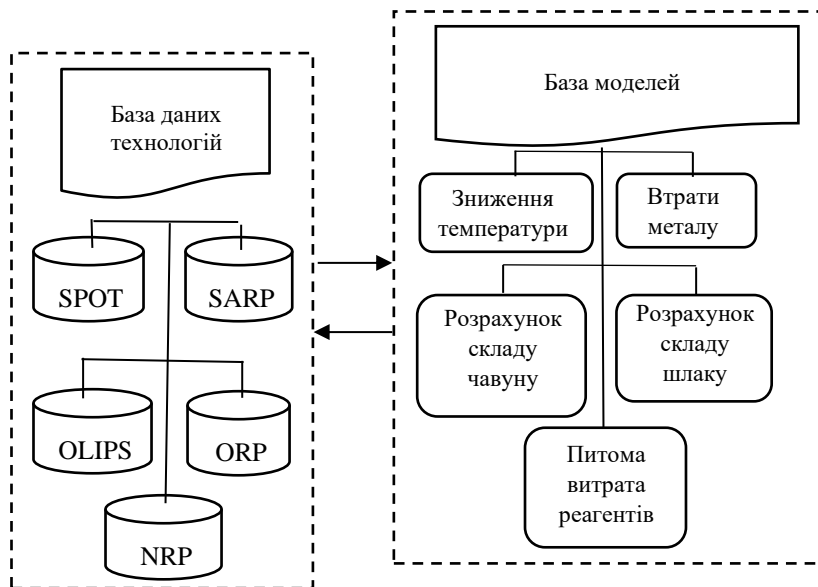


Рисунок 3 - Схема інформаційно-математичного забезпечення алгоритму системи комплексної обробки чавуну

До бази даних технологій віднесено відомі технології комплексної обробки чавуну – SPOT, SARP, OLIPS, ORP, NRP, які були реалізовані в умовах японських меткомбінатів. База моделей, що описують технологію комплексної обробки чавуну, охоплює моделі зниження температури, розрахунку складу чавуну після рафінування, розрахунку складу шлаку після обробки, питомої витрати реагентів для отримання заданого хімічного складу чавуну після обробки, а також втрат металу в результаті обробки.

У рамках продовження досліджень даної тематики продовжуються роботи по наповненню бази даних власними показниками комплексної обробки чавуну у лабораторних умовах. Поєднання отриманих даних з можливостями експертної системи дозволить виконати пошук раціональних параметрів процесу обробки.

### **Висновки**

1. Одержали розвиток напрямки розробок програмного забезпечення і поповнення інформаційної системи позапічної обробки

чавуну "ПОЧ" показниками комплексної обробки чавуну (видалення домішок сірки, кремнію та фосфору) як власними лабораторними експериментальними даними, так і даними зарубіжних технологій.

2. До бази даних технологій віднесено відомі технології комплексної обробки чавуну – SPOT, SARP, OLIPS, ORP, NRP, які були реалізовані в умовах японських меткомбінатів.

3. Виконана обробка фактичних даних, що характеризують процес комплексної обробки чавуну сумішшю реагентів CaO-CaF<sub>2</sub>-FeO, дала можливість розширити концепцію існуючої експертної системи «Позапічна обробка чавуну». Модельний модуль аналітичної системи повинен в якості складових мати інтелектуальне ядро генерації комплексних показників хімічного складу системи шлак-метал-газ та технологічних параметрів обробок.

4. Доцільно по мірі розширення скомпанованого банку фактичних даних, продовжити їх математико-статистичну обробку з метою одержати описові моделі для різних реагентів, які слугуватимуть основою для алгоритмічного забезпечення аналітичного блоку Експертної системи.

#### **Перелік посилань**

1. Тогобицька Д. М., Степаненко Д. О., Белькова А. І., Петров О. П., Ліхачов Ю. М. Банк даних «Металургія» - інформаційна основа прогнозування властивостей фізико-хімічних систем та їх розплавів. *Сучасні проблеми металургії. Наукові вісті*. 2021. №24. С. 140-148.

2. Приходько Э. В., Тогобицкая Д. Н., Хамхотько А. Ф., Степаненко Д. А. Прогнозирование физико-химических свойств окисных систем. Монография. Днепропетровск : Пороги. 2013. 344 с.

3. Togobitska D., Belkova A. New approach to evaluating the thermodynamic consistency of melts in the "Metal-Slag" system based on interatomic interaction parameters. *Lithuanian Journal of Physics*. 2023.

4. Тогобицкая Д. Н., Вергун А. С., Молчанов Л. С., Кисляков В. Г., Лихачев Ю. М., Ходотова Н. Е. Подсистема «Внепечная обработка чугуна» в решении задач выбора рациональной технологии получения качественной металлопродукции в сложившихся сырьевых и технологических условиях. *Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії*. 2019. Вип. 33. С. 106-115. <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2019-33-105-115>

5. Жмойдин Г. И., Приходько Э. В., Тогобицкая Д. Н., Хамхотько А. Ф., Лихачев Ю. М. О паспортизации экспериментальных материалов для банка данных «Металлургия». *Изв. ВУЗов. Черная металлургия*. 1988. №8. С. 136-139.

#### **References**

1 Tohobytska, D. M., Stepanenko, D. O., Bielkova, A. I., Petrov, O. P., & Likhachov, Y. M. (2021). Bank danykh "Metalurhiia" - informatsiina osnova prohnzuvannia vlastyvostei fizyko-khimichnykh system ta yikh rozplaviv. *Suchasni problemy metalurhii. Naukovi visti*, 24, 140-148

2. Prykhodko, E. V., Tohobytskaia, D. N., Khamkhotko, A. F., & Stepanenko, D. A. (2013). Prohnozyrovanye fizyko-khymycheskykh svoystv oksydneykh system. Porohy

3. Togobitska, D., & Belkova, A. (2023). New approach to evaluating the thermodynamic consistency of melts in the "Metal-Slag" system based on interatomic interaction parameters. *Lithuanian Journal of Physics*

4. Togobitskaya, D. N., Vergun, A. S., Molchanov, L. S., Kislakov, V. G., Likhachev, Yu. M., & Khodotova, N. E. (2019). Podsystema "Vnepechnaya obrabotka chuguna" v reshenii zadach vybora racionalnoj tehnologii polucheniya kachestvennoj metalloprodukcii v slozhivshihsy syrevykh i tehnologicheskikh usloviyah. *Fundamentalni ta prykladni problemy chornoj metalurhii*, 33, 106-115. <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2019-33-105-115>

5. Zhmojdin, G. I., Prihodko, E. V., Togobitskaya, D. N., & Hamhotko, A. F., Lihachev, Yu. M. (1988). O pasportizacii eksperimentalnykh materialov dlya banka dannykh "Metallurgiya". *Izv. VUZov. Chernaya metallurgiya*, (8), 136-139

**V. G. Kislyakov**<sup>1,\*</sup>, Ph. D., Head of Department, ORCID 0000-0002-1775-5050

**D. M. Togobytska**<sup>1</sup>, D. Sc. (Tech.), Professor, ORCID 0000-0001-6413-4823

**V. P. Petrusha**<sup>1</sup>, Junior Researcher ORCID 0000-0002-1031-3241

**Y. M. Likhachov**<sup>1</sup>, Researcher, ORCID 0000-0003-3168-7813

**N. E. Khodotova**<sup>1</sup>, Junior Researcher, ORCID 0000-0002-6958-4636

<sup>1</sup>*Iron and Steel Institute of Z. I. Nekrasov National Academy of Sciences of Ukraine*

\**Corresponding author: vovkadragon12@gmail.com*

## **DEVELOPMENT AND FILLING OF THE INFORMATION SYSTEM "OUT-OF-FURNACE IRON PROCESSING" WITH INDICATORS OF COMPLEX IRON PROCESSING**

**Abstract.** The aim of this work is to continue the development and updating of the information system for out-of-furnace cast iron treatment "POCH" with indicators of complex cast iron treatment. Modern steel production is characterized by an increase in the production of steels with a low content of non-metallic inclusions. Out-of-furnace pig iron refining is widely used to provide BOF processors with pig iron of a given quality, which significantly reduces the cost of producing high-quality steel products. Updating the database with information on technologies for not only pig iron desulphurization, but also complex impurity removal will allow us to obtain descriptive models for these technologies and become the basis for algorithmic support of the expert system's analytical block for the selected pig iron refining technology. The Out-of-Furnace Iron Processing Database "POCH" is a full-text form of documentary database organization and makes it possible to provide a thematic search for a particular problem or a certain issue, which is regulated by a corresponding query provided with a flexible interface. The information support subsystem was developed, in particular, a software module for the automated procedure of replenishing machine passports formatted according to a special template from the User's technological information archive in Excel was developed. The analytical unit was supplemented with a subsystem for analyzing the processes

of interatomic interaction in the metal-slag system using the concept of directed chemical bonding, generating complex indicators, and assessing the role of individual components of the mathematical model. The dependences of the efficiency of impurity removal (S, Si, P) as a function of the properties of the injected slag, slag basicity, component content in the slag, and treatment intensity were analyzed. The architecture of the model system for expert evaluation of the technology of complex cast iron refining was developed.

**Key words:** cast iron, complex refining, efficiency, information system, database, parameters, integral indicators.

**For citation:** Kislyakov, V. G., Togobytska, D. M., Petrusha, V. P., Likhachov, Y. M., & Khodotova, N. E. (2026). Development and filling of the information system "Out-of-Furnace Iron Processing" with indicators of complex iron processing. *Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy*, 40, 375-385. <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2026-40-024>

*Рукопис надійшов до редакції / Received 05.01.2026*

*Рекомендовано до друку / Accepted 28.05.2026*

*Опубліковано / Published 30.05.2026*