

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ СУПРОВОДУ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ В ПРОКАТНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Анотація. В роботі описано структуру та функції інформаційної технології супроводу управлінських рішень в прокатному виробництві. Наголошено, що важливу роль при керуванні таким технологічним процесом грає розв'язання задач умовної багатовимірної багатокритеріальної оптимізації. Для вирішення цих задач запропоновано використовувати гібридний еволюційний метод на основі рою часток та моделювання імунної системи людини.

Запропонована інформаційна технологія дозволяє змінювати виробничі завдання в залежності від наявності матеріалів та зміни їх ринкової вартості. Практична цінність розв'язання такої задачі полягає у підтримці собівартості сталі на мінімальному рівні при коливаннях цін на матеріали, значній зміні властивостей чавуну або ж при заміні одних охолоджувачів іншими. Також практичну цінність має застосування інформаційної технології до синтезу і мінімізації двох моделей, а саме для відновлення залежностей механічних характеристик готової продукції від хімічного складу сталі до розкислення та для розрахунку потреби у феросплавах в процесі розкислення вуглецевої сталі при її конвертерному виробництві.

Ключові слова: інформаційна технологія, інформаційний супровід, підтримка прийняття рішень, еволюційний алгоритм, шихтування, прогнозування, оптимізація, діаграма діяльності.

Постановка проблеми. Металургійна промисловість – одна з базових галузей економіки України, основними галузями якої є чорна й кольорова металургія. Частка металургії у ВВП країни становить близько 38%, у промислового виробництва – 27,3%, експорті – 34,2%. Частка металургії в податкових надходженнях у бюджеті всіх рівнів становить 38% [1]. Одним з найбільш поширених способів виготовлення вуглецевої сталі в Україні і світі є конвертерний, згідно з яким спочатку зі збагаченої руди виплавляють чавун, а потім зменшують вміст у розплаві вуглецю та інших домішок до заданого рівня шляхом продувки через метал кисню під тиском [2]. Такий процес, з використанням конвертерів з верхньою продувкою, використовують на ВАТ «МК «Азов-

сталь», ПАТ «Арселор-Міттал Кривий Ріг», ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ», ПАТ «ДМЗ» (Дніпро) і на багатьох інших виробництвах [3].

Математичні моделі, що описують процеси рафінації сталі та її розкислення пов'язують початкові умови (хімічний та ваговий склад шихти, наявність та якість матеріалів тощо) та керуючі впливи (можливі дії оператора) з вимогами до готового продукту, серед яких відсотковий уміст вуглецю, сірки, фосфору, марганцю, та інших легуючих елементів, а також температури, яка має обмеження згори і знизу [4].

Враховуючи поточний стан конвертерного виробництва та вимірювального обладнання на підприємствах України, можна говорити, що процес плавки відбувається на базі складної динамічної недетермінованої системи. Ускладнюють управління процесом велика кількість параметрів, неможливість точної ідентифікації стану системи у кожний момент часу, а також складність прогнозування факторів збурень. Відповідно, актуальною науково-практичною проблемою є розробка інформаційних технологій супроводу управлінських рішень в процесах керування металургійним виробництвом з використанням моделей і методів оптимізації цих процесів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемам інформаційно-аналітичного супроводу прийняття рішень у металургійному виробництві присвячена значна кількість робіт, як вітчизняних дослідників [5,6], так і закордонних [7-12].

У [5] виконано достатньо докладний аналіз існуючих інформаційних систем, що застосовуються на металургійних підприємствах України, наголошено на необхідності реалізації в складі загальної інформаційної системи керування металургійним підприємством елементів реєстрації, систематизації та аналізу даних. Водночас, як і в [6], відзначається що всю діяльність щодо прийняття управлінських рішень має виконувати відповідальний фахівець: менеджер, технолог, оператор, тощо. При цьому наголошено на важливості саме інформаційного зв'язку між окремими системами та комплексами.

Автори [7] пропонують три керовані даними моделі, послідовних процесів рафінації, розкислення та розливки сталі. Згенеровані моделі дозволяють оптимізувати параметри процесу для досягнення оптимальних рівнів продуктивності та якості. Застосовано новий підхід, заснований на ансамблях для вибору ознак і побудови регресії. Найкращий результат забезпечує випадковий ліс, який робить прогнози більш стабільними і менш зміщеними.

В ряді джерел запропоновано використання в металургійних і зокрема прокатних виробництвах технології експертних систем. У [8] йдеться про комплексну експертну систему, що охоплює своїми порадами всі дії оператора плавильного цеху від завантаження шихти до розливки готової сталі, впроваджену на одному з підприємств у Нідерландах. Втім, описана система не охоплює попередні операції і орієнтована на хімічні й механічні властивості рідкої сталі, а не готової продукції. Її доповненням може служити запропонована в [9] експертна система отримання готової продукції у виготовленні титану, якщо її адаптувати до умов виготовлення сталі. Багатоагентна експертна система, описана в [10], вирішує одну з головних економічних задач технологічного процесу виплавки сталі в конвертері – мінімізації собівартості використаних розкислювачів для виведення газових домішок після рафінації. Побудована на навчанні нечіткої нейронної мережі ANFIS, дана система має характерний недолік – неможливість ідентифікації та інтерпретації випадків, які не зустрічалися в навчальній вибірці.

Автори [11] пропонують застосування технологій машинного навчання у складі експертних систем для прогнозування якості готової сталі. Аналогічний підхід, але для прогнозування механічних властивостей готової продукції прокатного виробництва, пропонується в [12]. В обох випадках інформаційна технологія охоплює лише дві послідовні технологічні операції.

Резюмуючи викладене, слід відзначити, що основним недоліком підходу більшості виконавців є обмеження кола розв'язуваних задач рівнем керування однією (іноді двома) технологічними операціями.

Також слід зробити висновок про необхідність застосування методу розв'язання задач оптимізації окремих технологічних операцій. Зокрема, застосування методу багатокритеріальної багатовимірної умовної оптимізації вбачається ефективним для задач шихтування, раціонального використання феросплавів при розкисленні готової сталі, а також при прогнозуванні механічних властивостей готової продукції. Варіантом такого методу може бути викладений у [13] гібридний метод глобальної оптимізації на основі штучної імунної системи та методу рою часток.

Мета дослідження: розробка інформаційної технології супроводу управлінських рішень в процесах шихтування, розкислення та прогнозування механічних властивостей готової продукції прокатного металургійного виробництва на основі гібридного еволюційного методу багатокритеріальної оптимізації.

Викладення основного матеріалу дослідження. Основою інформаційної технології супроводу управлінських рішень в прокатному виробництві є інтегрована система підтримки прийняття рішень (СППР) керування багатоетапним прокатним виробництвом, підходи до створення якої докладно описані в [14]. До кола задач, які має вирішувати пропонується інформаційна технологія входять оптимізація шихти, оптимізація використання феросплавів та задача прогнозування механічних властивостей готової продукції, яка вирішується як оптимізаційна. У всіх згаданих задачах оптимальні рішення – вектори дійсних чисел, що описують параметри у відповідності до математичної моделі задачі – розраховує згаданий метод HPSO. До функцій інформаційної технології відповідно слід віднести формування, зберігання та передачу математичних моделей задач, а також знаходження, обробку і зберігання даних, що є висхідними для відповідних оптимізаційних задач або ж результатами рішення.

Зокрема, найбільше даних, що описують параметри задачі, обмеження та коефіцієнти цільових функцій, потребує задача оптимізації шихти. Структуру інформаційної технології, що описує розв’язання цієї задачі в складі СППР прокатного виробництва, описує рис. 1.

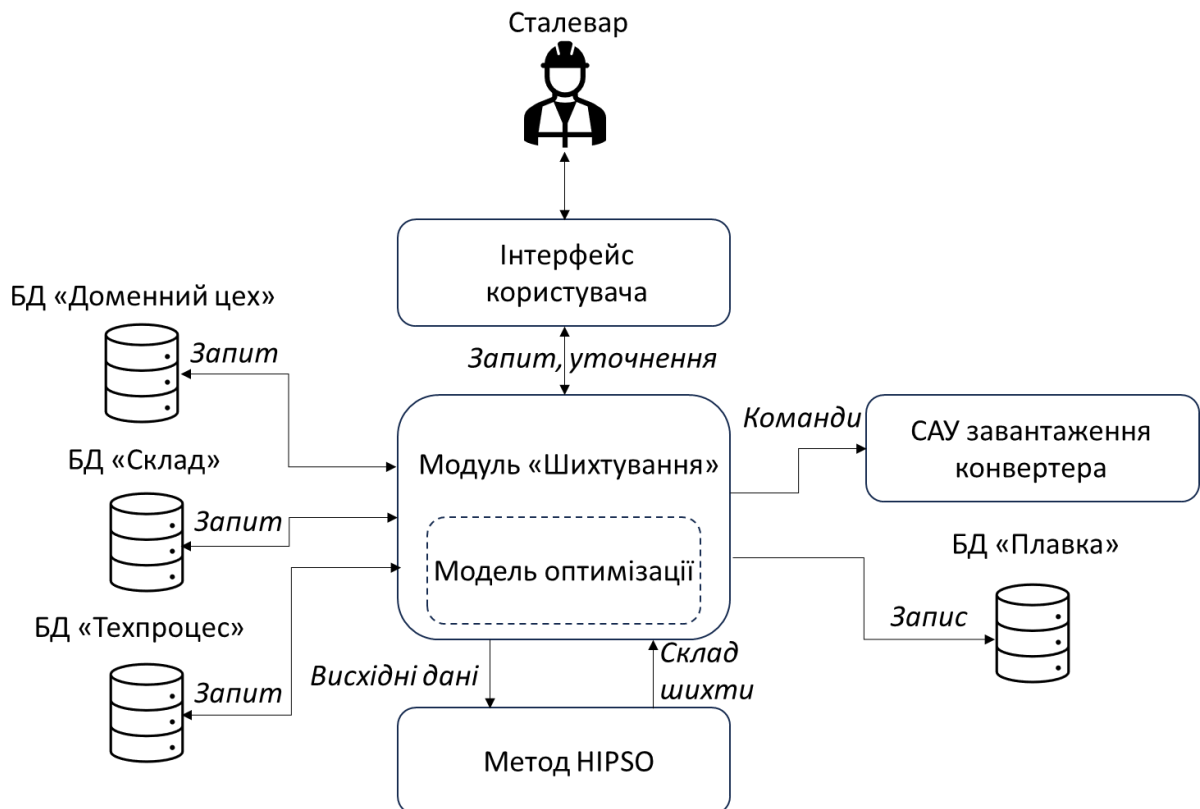


Рисунок 1 - Структура інформаційної технології супроводу управлінських рішень при шихтуванні сталі

Відповідно до наведеної структури, оператор конвертерного цеху, отримує дані про хімічний склад, кількість і температуру чавуну від бази даних (БД) «Доменний цех», про кількість, хімічний склад та вартість всіх складових шихти – від БД «Склад», а також інформацію про поточне замовлення, марку сталі, обсяг металу на виході та багато інших параметрів, необхідних для розв'язання оптимізаційної задачі шихтування – від БД «Техпроцес». Ввівши свої дані, обставини плавки та параметри її ведення, оператор, отримує перелічену інформацію через відповідний інтерфейс.

Запуск розрахунку оптимального складу і обсягу шихти виконується за допомогою гібридного еволюційного методу NIPSO, що отримує на вхід модель оптимізації, основану на трьох критеріях:

- Мінімальної собівартості готової сталі;
- Тепловому балансу плавки;
- Масовому балансу плавки.

Одночасне виконання всіх критеріїв (мінімум собівартості за умови дотримання теплового та енергетичного балансу) є ознакою отримання оптимального шихтування для заданої маси і марки сталі.

Це рішення може бути прийняте оператором або скореговане, виходячи з його досвіду та певних технічних міркувань. Після ухвалення остаточного рішення воно стає завданням для систем автоматичного управління (САУ), які відповідають за завантаження відповідних речовин в конвертер. Водночас, незалежно від того, прийняв оператор рішення, запропоноване методом оптимізації або ні, це рішення зберігається в БД «Плавка» у вигляді набору таблиць, що описують всі дані, відомі й прийняті на момент початку плавки. До бази даних «Плавка» модулем «Шихтування» зберігаються наступні числові дані:

1) Склад шихти (маси рідкого чавуну, брухту чавуну, чавуну в злитках, брухту сталевий і забрудненого, скрапу чавунного і сталевий, шлакометалевої частини, залізовмісних брикетів, вапна, окатишів, вапняку, магнезійних брикетів, плавикового шпату та доломіту).

2) Розрахункові параметри сталі (марка, температура, маса, вміст вуглецю та решти домішок, лужність).

3) Використані й утворені гази (витрата кисню, маса та об'єм утворених CO , CO_2 , N_2 та залишок кисню).

4) Допуски (кількість міксерного шлаку, забрудненість брухту, відсоток окалини, відсоток допалювання CO до CO_2 , розрахункові втрати заліза, втрати заліза з газами, втрати тепла, вигорання футеровки, втрати тепла через стінки конвертера).

5) Розрахунок шлаку (маса шлаку, його хімічний склад, а також вміст в шлаку FeO та Fe_2O_3).

Після завантаження складових шихти в системі підтримки прийняття рішень можлива корекція виданого завдання, пов'язана із неточністю завантаження тих чи інших складових шихти, а також реальної температури чавуну. Уточнене рішення є остаточним і має сенс сигналу до початку наступної технологічної операції виготовлення сталі – продувки киснем у ванні конвертера.

Описані етапи застосування інформаційної технології при розв'язанні задачі шихтування описує рисунок 2, де наведено діаграму діяльності модулю «Шихтування».

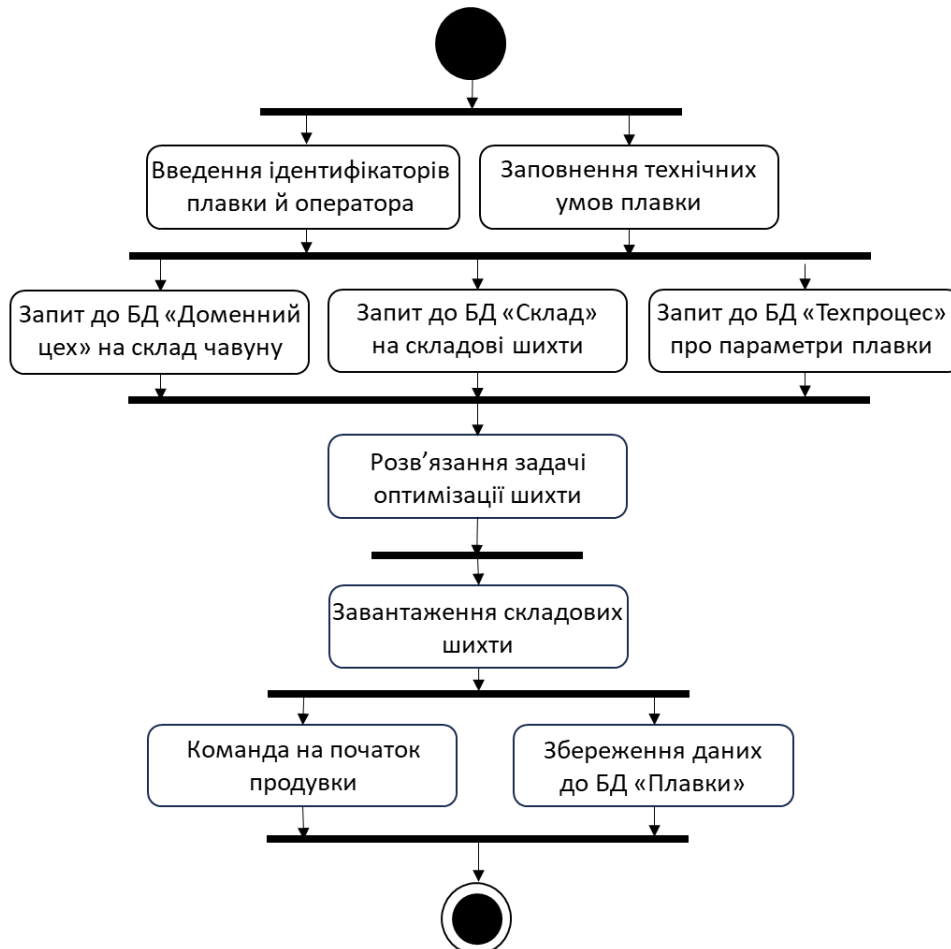


Рисунок 2 - Діаграма діяльності модуля «Шихтування» інформаційної технології супроводу управлінських рішень

Як видно з діаграми діяльності, на початковому інтерфейсі оператор вносить відомості про ідентифікатор плавки (дата, час, ідентифікатори оператора та конвертера) та водночас технічні умови плавки (марка сталі, номер замовлення, розрахункова кількість). На другому етапі виконуються запити до відповідних баз даних, наведених на рис. 1, з метою отримати опис поточних умов і параметрів ведення плавки. Згадані параметри є складовими математичної моделі багатовимірної умовної оптимізації, яка також описана в модулі «Шихтування» і разом з висхідними даними передається методу оптимізації для пошуку найкращого рішення.

Метод оптимізації на основі моделювання рою часток та штучної імунної системи людини NIPSO [13] є універсальним методом оптимізації в межах даної технології в тому сенсі, що використовується для рішення кількох задач оптимізації функцій багатьох змінних в дійсному просторі. Відтак, він реалізований у вигляді окремого програмного модуля, який активується при передачі йому математичної моделі задачі, що розв'язується, та числових параметрів, що в якості констант входять до цільових функцій або обмежень цієї математичної моделі.

Аналогічно до розв'язання задачі шихтування інформаційна технологія супроводу управлінських рішень в прокатному виробництві відпрацьовує ще дві оптимізаційні задачі – мінімізацію витрат на розкислення сталі в ковші та побудови максимально точної прогностичної моделі для прогнозування механічних властивостей готової продукції за параметрами ведення плавки. Відповідні модулі, названі «Розкислення» та «Сертифікація» також містять в собі математичні моделі задач умовної багатовимірної оптимізації та звертаються до методу NIPSO задля отримання певного набору числових значень, що описують оптимальне для даної задачі рішення.

Критерієм оптимальності рішення для задачі раціонального використання розкислювачів є мінімальна вартість використаних феросплавів, а обмеженнями – обов'язкові хімічні процеси, які мають бути забезпечені. При цьому параметрами, що передаються до математичної моделі оптимізації є марка сталі (точніше - очікуваний хімічний склад), хімічний склад та температура сталі на повалці конвертера, а також собівартість, хімічний склад та наявність феросплавів.

Критеріями оптимальності рішення щодо прогнозування механічних властивостей готової продукції є мінімальна очікувана помилка та мінімальна кількість коефіцієнтів обраних математичних моделей прогнозування

механічних властивостей. Останній критерій пов'язаний з мінімізацією чутливості моделі до випадкових помилок у результатах вимірювання (так званої надійності моделей). В якості прогнозуючої приймається невідомована модель, обрана виходячи з умови, що перший критерій є головним, а на розмірність прогнозуючого поліному накладається штрафна функція.

Для інформаційної технології супроводу управлінських рішень щодо визначення оптимальної кількості феросплавів, а також прогнозування механічних властивостей готової продукції були розроблені структури та діаграми діяльності, аналогічні рис. 1 та 2.

Робота інформаційної технології була досліджена на прикладі рішень, прийнятих оператором конвертерного цеху ПАТ «ДМЗ» м. Дніпро) в період з 2018 по 2019 року (загалом 12039 плавов) з виробництва шести марок сталі. Отримані результати свідчать, що застосування інформаційної технології супроводу управлінських рішень на основі гібридного еволюційного методу оптимізації дозволяє підвищити ряд показників ефективності цього виробництва, зокрема зменшити собівартість сталі.

На розглянутих плавках собівартість сталі, отримана з використанням інформаційної технології, була меншою, ніж при розрахунку шихтування за традиційною методикою, на 2,4-2,5% при виконанні великих замовлень та на 3-4% - при виконанні малих замовлень. Економічний ефект від впровадження інформаційної технології лише на етапі шихтування може становити від 904 до 1 413 тис. грн. за місяць при двозмінній роботі.

Застосування запропонованої інформаційної технології для супроводу управлінських рішень в ході розкислення сталі та встановлення залежностей механічних властивостей готової продукції від хімічного складу розпеченої сталі в кисневому конвертері дозволяє значно підвищити фізичну відповідність моделей сутності процесів. Водночас застосування штрафної функції на розмірність апроксимаційного поліному дозволило отримувати моделі оптимальної складності шляхом самоорганізації. Економічний ефект від економії феросплавів (в цінах 2021 року) на 4013 плавках тестової вибірки становив 4,626 млн. грн., що, в свою чергу, забезпечує місячну економію на рівні 578,18 тис. грн., річну – близько 6,938 млн. грн.

Висновки. В роботі описано структуру та функції інформаційної технології супроводу управлінських рішень в прокатному виробництві. Наголошено, що важливу роль при керуванні таким технологічним процесом грає розв'язання задач умовної багатовимірної багатокритеріальної оптимізації.

Для вирішення цих задач запропоновано використовувати гібридний еволюційний метод на основі рою часток та моделювання імунної системи людини. Запропонована інформаційна технологія дозволяє змінювати виробничі завдання в залежності від наявності матеріалів та зміни їх ринкової вартості. Практична цінність розв'язання такої задачі полягає у підтримці собівартості сталі на мінімальному рівні при коливаннях цін на матеріали, значній зміні властивостей чавуну або ж при заміні одних охолоджувачів іншими. Також практичну цінність має застосування інформаційної технології до синтезу і мінімізації двох моделей, а саме для відновлення залежностей механічних характеристик готової продукції від хімічного складу сталі до розкислення та для розрахунку потреби у феросплавах в процесі розкислення вуглецевої сталі при її конвертерному виробництві.

ЛІТЕРАТУРА

1. Украинская металлургия: современные вызовы и перспективы развития / А. И. Амоша, В. И. Большаков, А. А. Минаев, Ю. С. Залознова, Л. А. Збаразская, Ю. В. Макогон и др.; НАН Украины, Ин-т экономики пром-сти. — Донецк, 2013. https://web.archive.org/web/20140517161925/http://ier.donetsk.ua/akadem_sl/sluhannya_po_met/akadem_sluh_met.pdf
2. Основи металургійного виробництва металів і сплавів / Чернега Д. Ф., Богушевський В. С., Готвянський Ю. Я. та ін. ; за ред. Д. Ф. Чернеги, Ю. Я. Готвянського. — К. : Вища школа, 2006. — 503 с.
3. Panteikov, S.P., Upper blowing devices of oxygen converters in Ukraine: State, problems, development prospects, Sbornik nauchnykh trudov DGTU (tekhnicheskie nauki) (Transactions of DSTU (Technical Sciences)), Dneprodzerzhinsk: Dneprodzerzhinskii Gos. Tekh. Univ., 2005, pp. 22–32.
4. Kolesnikov, Yu.A., Bigeev, V.A., and Sergeev, D.S., Modeling of steelmaking in BOF based on physical, chemical and thermal processes, *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Chern. Metall.*, 2017, vol. 60, no. 9, pp. 698–705. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2017-9-698-705>
5. Різніченко Л.В. Досвід упровадження корпоративних інформаційних систем управління на вітчизняних підприємствах. Вісник КДПУ ім. М. Остроградського. 2009. Вип. 4(57). Ч.2. С.184-189.
6. Гейзер Г. К. Проблемы повышения эффективности внутризаводского планирования / Г. К. Гейзер // Проблемы економіки та управління у промислових регіонах : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції. – Маріуполь, 2009. – С. 111–112.

7. Boto, F.; Murua, M.; Gutierrez, T.; Casado, S.; Carrillo, A.; Arteaga, A. Data Driven Performance Prediction in Steel Making. *Metals* 2022, 12(2), 172; <https://doi.org/10.3390/met12020172>
8. Van De Putte, L.; Haers, F.; Haers, L.; Vansteenkiste H. Expert system for the control of liquid steel production at Sidmar / *Rev. Met. Paris*, Vol. 96, Issue 6, (1999), pages 721-728, <https://doi.org/10.1051/metal/199996060721>
9. Stein, E. W.; Pauster, M. C. and May, D. A knowledge-based system to improve the quality and efficiency of titanium melting / *Expert Systems with Applications*. Vol. 24. Issue 2, 239 p. (2003) [https://doi.org/10.1016/S0957-4174\(02\)00152-5](https://doi.org/10.1016/S0957-4174(02)00152-5)
10. Zarandi, M.H.F.; Avazbeigi, M.; Anssari M.H. and Ganji B. (2010) A Multi-Agent Expert System for Steel Grade Classification Using Adaptive Neuro-fuzzy Systems, *Expert Systems, InTech*, URL: <http://www.intechopen.com/books/expert-systems/a-multi-agent-expert-system-for-steel-grade-classification-using-adaptive-neuro-fuzzy-systems> (дата доступу 18.06.2023).
11. Laha, D.; Ren, Y.; Suganthan, P.N. Modeling of steelmaking process with effective machine learning techniques, *Expert Systems with Applications*, Volume 42, Issue 10, 2015, Pages 4687-4696, <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.01.030>
12. Xie, Q.; Suvarna, M.; Li, J.; Zhu, X.; Cai, J.; Wang, X. Online prediction of mechanical properties of hot rolled steel plate using machine learning, *Materials & Design*, Volume 197, 2021, 109201, <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2020.109201>
13. Зіборов, І., Желдак, Т. Еволюційний метод пошукової оптимізації на основі рою часток та моделювання штучних імунних систем. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, 2023, вип. 4, с. 3–12
14. Зіборов І.К., Желдак Т.А. Розробка інтелектуальної систем підтримки прийняття рішень з самонавчанням для керування технологічними процесами виробництва сталі / І.К. Зіборов, Т.А. Желдак // «Системні технології». 3 (140) 2022. – С. 35-46.

REFERENCES

1. *Ukrainskaia metallurhiya: sovremennyje vyzovy i perspektivy razvitiia* / A. Y. Amosha, V. Y. Bolshakov, A. A. Mynaev, Yu. S. Zaloznova, L. A. Zbarazskaia, Yu. V. Makohon y dr.; NAN Ukrainy, Yn-t ekonomiky promyslovosti. — Donetsk, 2013. https://web.archive.org/web/20140517161925/http://iep.donetsk.ua/akadem_sl/sluhannya_po_met/akadem_sluh_met.pdf

2. Osnovy metalurhiinoho vyrobnytstva metaliv i splaviv / Cherneha D. F., Bohushevskiy V. S., Hotvianskyi Yu. Ya. ta in. ; za red. D. F. Chernehy, Yu. Ya. Hotvianskoho. — K. : Vyshcha shkola, 2006. — 503 s.
3. Panteikov, S.P., Upper blowing devices of oxygen converters in Ukraine: State, problems, development prospects, Sbornik nauchnykh trudov DGTU (tekhnicheskie nauki) (Transactions of DSTU (Technical Sciences)), Dneprodzerzhinsk: Dneprodzerzhinskii Gos. Tekh. Univ., 2005, pp. 22–32.
4. Kolesnikov, Yu.A., Bigeev, V.A., and Sergeev, D.S., Modeling of steelmaking in BOF based on physical, chemical and thermal processes, *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Chern. Metall.*, 2017, vol. 60, no. 9, pp. 698–705. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2017-9-698-705>
5. Riznichenko L.V. Dosvid uprovdzhennia korporatyvnykh informatsiinykh system upravlinnia na vitchyznianskykh pidpriemstvakh. *Visnyk KDPU im. M. Ostrohradskoho*. 2009. Vyp. 4(57). Ch.2. S.184-189.
6. Heizer H. K. Problemy povysheniia effektivnosti vnutrizavodskoho planirovaniia / H. K. Heizer // *Problemy ekonomiki ta upravlinnia u promyslovykh rehionakh: materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii*. – Mariupol, 2009. – S. 111–112.
7. Boto, F.; Murua, M.; Gutierrez, T.; Casado, S.; Carrillo, A.; Arteaga, A. Data Driven Performance Prediction in Steel Making. *Metals* 2022, 12(2), 172; <https://doi.org/10.3390/met12020172>
8. Van De Putte, L.; Haers, F.; Haers, L.; Vansteenkiste H. Expert system for the control of liquid steel production at Sidmar / *Rev. Met. Paris*, Vol. 96, Issue 6, (1999), pages 721-728, <https://doi.org/10.1051/metal/199996060721>
9. Stein, E. W.; Pauster, M. C. and May, D. A knowledge-based system to improve the quality and efficiency of titanium melting / *Expert Systems with Applications*. Vol. 24. Issue 2, 239 p. (2003) [https://doi.org/10.1016/S0957-4174\(02\)00152-5](https://doi.org/10.1016/S0957-4174(02)00152-5)
10. Zarandi, M.H.F.; Avazbeigi, M.; Anssari M.H. and Ganji B. (2010) A Multi-Agent Expert System for Steel Grade Classification Using Adaptive Neuro-fuzzy Systems, *Expert Systems, InTech*, URL: <http://www.intechopen.com/books/expert-systems/a-multi-agent-expert-system-for-steel-grade-classification-using-adaptive-neuro-fuzzy-systems>.
11. Laha, D.; Ren, Y.; Suganthan, P.N. Modeling of steelmaking process with effective machine learning techniques, *Expert Systems with Applications*, Volume 42, Issue 10, 2015, Pages 4687-4696, <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.01.030>

12. Xie, Q.; Suvarna, M.; Li, J.; Zhu, X.; Cai, J.; Wang, Kh. Online prediction of mechanical properties of hot rolled steel plate using machine learning, *Materials & Design*, Volume 197, 2021, 109201, <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2020.109201>
13. Ziborov, I., Zheldak, T. Evoliutsiinyj metod poshukovoi optymizatsii na osnovi roiu chastok ta modeliuvannia shtuchnykh imunnykh system. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, 2023, vyp. 4, s. 3–12
14. Ziborov I.K., Zheldak T.A. Rozrobka intelektualnoi system pidtrymky pryiniattia rishen z samonavchanniam dlia keruvannia tekhnolohichnymy protsesamy vyrobnytstva stali / I.K. Ziborov, T.A. Zheldak // «Systemni tekhnolohii». 3 (140) 2022. – S. 35-46.

Received 08.04.2024.
Accepted 11.04.2024.

Information technologies of management decisions supporting in the rolled metal manufacturing

The purpose of the study is the development of information technology to support management decisions in the processes of charging, deoxidation and mechanical properties forecasting of rolled metallurgy finished products, based on the hybrid evolutionary method of multi-criteria optimization.

The information technology basis for management decisions supporting in rolling production is the integrated decision support system (DSS) for the management of multi-stage rolling production. The DSS approaches are described in detail in [14]. The proposed information technology includes range of tasks to optimize charge, ferroalloys usage, and the mechanical properties of finished products forecasting model. The optimal solutions of defined problems are considered to be real number vectors in the result of the HPSO method applying, which describe parameters in accordance with the mathematical model of the problem. The functions of information technology, respectively, should consist of the determination, storage, and transfer of mathematical models of problems, as well as receiving, processing and storage of data being the output of appropriate optimization problem or solution result.

The information technology was validated on the example of decisions made by the operator of the converter shop of PLC "DMZ" in Dnipro during 2018 - 2019 (12,039 melting) to produce six steel grades.

At the considered meltings, the cost of steel, obtained by applying information technology, decreased in comparison to calculated charging according to the traditional method, by 2.4-2.5% while performing large orders; by 3-4% - while producing small ones. The economic effect at least at the stage of charging of the information technology

implementation could be at least at the stage of charging from 904 to 1,413 thousand UAH per month for two-shift work.

The implementation of the proposed information technology to support management decisions during the deoxidation of steel and establish the dependence between mechanical properties and finished products on the chemical composition of the heated steel in the oxygen converter allows to significantly increase the physical correspondence of the models to the processes. At the same time, the applied penalty function on the dimension of the approximation polynomial enabled to obtain the models of optimal complexity through self-organization. The economic effect of saving ferroalloys (in 2021 prices) on 4,013 melting of the test sample amounted to UAH 4.626 million, which provides monthly savings at the level of UAH 578.18 thousand, annual savings of about UAH 6.938 million.

Key words: information technology, information support, decision support, evolutionary algorithm, classification, forecasting, optimization, activity diagram.

Зіборов Ілля Кирилович – аспірант, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Україна.

Ziborov Illia Kyrylovych – post graduate student, Dnipro University of Technology, Ukraine.