

УДК 004.42

СТРУКТУРА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ СУПРОВОДУ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ ПРИ ШИХТУВАННІ ПЛАВКИ

Зіборов І.К., аспірант, ziborov.il.k@nmu.one, НТУ «ДП»

Сучасною світовою тенденцією розвитку металургійних підприємств є застосування інформаційних технологій, які на даний момент підрозділяються на чотири умовні рівні [1]:

- інформаційні системи керування на рівні усього бізнесу;
- інформаційні керуючі системи виробництва;
- системи автоматизованого чи автоматичного керування;
- системи безпосередніх вимірювань і датчиків.

В ході аналізу виробничої діяльності ряду підприємств Придніпровського регіону, що працюють за технологією кількох послідовних переділів, з'ясовано, існуючі інформаційні технології не виходять за рівень автоматизованого керування і використовують технологічні критерії прийняття рішень (максимальна кількість металу, мінімальний час плавки, мінімальна кількість обрізків тощо). Як наслідок – при виконанні кожною окремою ділянкою чи навіть цехом плану (змінного, добового, місячного), тим не менше, загальноекономічні показники діяльності підприємства залишаються на достатньо низькому рівні.

Як показує практика, в силу наявності декількох критеріїв (економічних та технологічних) у процесі виконання замовлень на товарну продукцію на металургійних підприємствах часто виникають ситуації, у яких неможливо прийняти однозначне рішення, яке було б оптимальним за багатьма критеріями одночасно [2].

З огляду на це, а також на суттєві протиріччя між технологічними та економічними критеріями оптимальності в процесах керування окремими процесами, актуальною бачиться проблема побудови інформаційної технології, яка б інтегрувала роботу окремих систем прийняття рішень, що використовуються на окремих ділянках прокатного виробництва із загальною економічною системою роботи підприємства. Очевидно, така інтеграція має носити інформаційний характер і враховувати “людський фактор”, як один із визначальних у досягненні кінцевої мети діяльності підприємства.

Одним з найбільш розповсюджених способів виготовлення вуглецевої сталі в Україні є двопередільний, 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. Такий процес, з використанням конвертерів з верхньою продувкою, використовуються на ВАТ «Металургійний комбінат «Азовсталь» (Маріуполь), ПАТ «Арселор-Міттал Кривий Ріг», ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» (Кам'янське),

Єнакіївському металургійному комбінаті, 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].

Сучасний підхід до інтегрованого автоматизованого керування технологічним процесом плавки передбачає виділення як мінімум трьох задач керування, кожна з яких описується окремою моделлю й оптимізується за окремим критерієм якості. До початку плавки виконується статичний розрахунок плавки, в ході окислення розплаву (рафінування сталі) застосовується динамічна корегуюча модель, і, нарешті, після хімічного аналізу й контролю температури може здійснюватися додаткова коригуюча продувка із додаванням тих чи інших речовин [3].

Статична модель керування плавкою дозволяє розрахувати металеву частину шихти, оцінити кількість охолоджувачів та загальну кількість кисню для продувки плавки [5]. При цьому за доволі короткий термін (2-5 хвилин) після зливу попередньої плавки з конвертера у ківш, оператор конвертерного виробництва має сформулювати шихтову суміш для виконання наступної плавки.

Керування процесом конвертерної плавки – складна задача, що передбачає оптимізацію та прийняття рішень. Актуальність оптимізації складу шихти, а саме масової частки чавуну, металобрухту, скрапу, вапна, руди та інших матеріалів обумовлена високим ступенем конкуренції на ринку металопродукції. При цьому, як наголошено у [6], недостатньо забезпечити мінімальну собівартість шихти для поточної плавки. Важливо також врахувати досягнення теплового та матеріального балансу плавки, адже їх порушення може призвести до суттєвих додаткових втрат на охолодження чи підігрів готової сталі, на додаткове розкислення та вирівнювання рівню вуглецю. Як показали дослідження, додаткові витрати від перелічених факторів становлять від 1 до 3% собівартості розливої сталі.

Оператор конвертера виконує шихтування плавки та рафінацією сталі виключно базуючись на власному досвіді. Після завантаження шихти в конвертер він може керувати лише двома параметрами: висотою фурми, через яку подається кисень, та швидкістю подачі кисню. Задача прийняття рішень оператором передбачає виконання одразу кількох критеріїв: зробивши шихту максимально дешевою, максимально швидко (з метою економії кисню) отримати розчин, кількість домішок у якому не вища за припустиму, а температура не виходить за межі рекомендованої для розливки.

Розв'язанням описаної проблеми є застосування інформаційної технології супроводу управлінських рішень, яка передбачає використання даних про наявні сипучі та рідкі матеріали та ухвалення рішення щодо складу шихти на основі

одночасного зваженого виконання економічного критерію, а також критеріїв матеріального та теплового балансу [7]. Пропонована інформаційна технологія спирається на чотири бази даних (БД) і передбачає розробку модуля, який містить в собі математичну модель, що описує оптимізаційну задачу та згадані вище критерії. Структуру інформаційної технології описує рисунок 1.

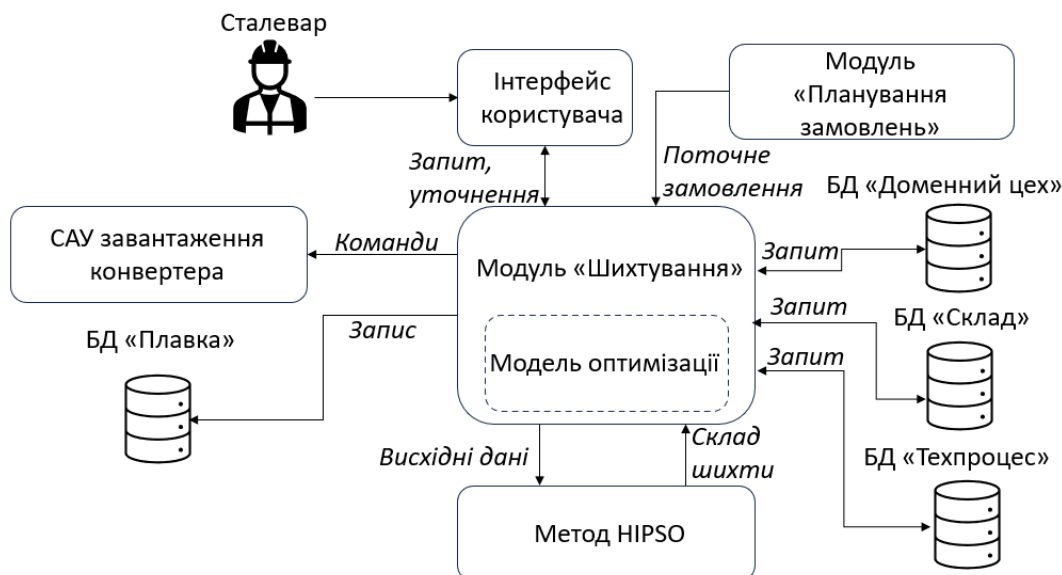


Рисунок 1 – Структура інформаційної технології супроводу управлінських рішень при шихтуванні сталі

Згідно з пропонованою технологією, сталевар, при плануванні нового замовлення отримує його деталі від іншого модуля «Планування замовлень», що також є частиною інтегрованої системи підтримки прийняття рішень рівня підприємства. На інтерфейс користувача виводяться дані про поточне замовлення, а також, після ініціалізації нової плавки, результати запитів до баз даних «Доменний цех», «Склад» та «Техпроцес».

База даних «Доменний цех» містить дані про процес виготовлення чавуну, його хімічний склад і температуру. Для математичної моделі використовуються дані про готовий чавун, який може бути використаний у наступній плавці.

База даних «Склад» містить відомості про перелік всіх витратних матеріалів, які використовуються у виробничому процесі, а також технічних характеристик цих матеріалів та економічних показників (.

База даних «Техпроцес» використовує стандарти на виготовлення готової продукції та марочник сталі й містить технологічні інструкції на кожну з операцій, включно з видом обладнання, яке застосовується, його налаштуваннями залежно від виду продукції, а також діями операторів ділянок технологічних процесів. Це основна база даних відділу головного інженера разом з БД «Плавки».

Отримавши всі необхідні дані для моделі оптимізації, модуль «Шихтування» звертається до розробленого раніше методу умовної багатовимірної багатокритеріальної оптимізації NIPSO, що виконує в даній технології роль пошуку екстремуму заданих критеріїв. Оскільки запропонована автором інформаційна технологія передбачає розв'язання кількох різних оптимізаційних задач на різних етапах металургійного виробництва, оптимізаційний метод не є частиною модуля «Шихтування», а отримує висхідні дані від різних модулів та повертає значення оптимальних параметрів у відповідності до математичної моделі, що лежить в основі процесу оптимізації.

Результат розв'язання оптимізаційної задачі є водночас керуючим завданням для ряду систем автоматичного управління (САУ), які відповідають за формування шихти з визначеним співвідношенням матеріалів, та підсумковими результатами шихтування, що заносяться в базу даних «Плавки» для наступного використання.

База даних «Плавки» містить відомості про весь хід виготовлення сталі в конвертерному цеху і отримує від модуля «Шихтування» відомості про складові шихтування, використані матеріали, час, параметри дуття, масові, хімічні та фізичні показники готової продукції.

Висновок. Запропоновано та описано структуру інформаційної технології супроводу управлінських рішень при шихтуванні сталі. Обґрунтована необхідність впровадження подібної інформаційної технології. Описані інформаційні взаємодії модулю, що відповідає за супровід прийняття рішення щодо оптимального складу шихти з іншими базами даних та модулями загальнозаводської системи підтримки прийняття рішень.

Список використаних джерел

1. Scherbina, T.V. (2014) Automated Information System for Metallurgical Plants. – Metallurgist v. 58, 346–352. <https://doi.org/10.1007/s11015-014-9914-2>
2. Амоша О.І., Нікіфорова В.А. Розвиток металургійної смарт-промисловості в Україні: передумови, проблеми, особливості, наслідки: науково-аналітична доповідь; НАН України, Ін-т економіки пром-сті. Київ, 2019. 67 с.
3. Тогобицкая Д.Н. База данных и модели для экспертной оценки эффективности использования ферросплавов при производстве стали / Д.Н. Тогобицкая, В.П. Пиптюк, А.Ф. Петров, С. В. Греков, И.Р. Снигура, Ю.М. Лихачев, Л. А. Головки // Сб.н.тр. ИЧМ «Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии». –Днепропетровск. –2017. –Вып. 31. –С.150-165
4. Kumari, V., Mathematical modelling of basic oxygen steel making process, Master's Thesis, Rourkela, 2015. <https://core.ac.uk/download/pdf/80148601.pdf> . Cited March 1, 2023.
5. Gao, C., Shen, M., Wang, L., and Chu, M., End-point static control of basic oxygen furnace (BOF) steelmaking based on wavelet transform weighted twin support vector regression, Complexity, 2019, vol. 2019, p. 7408725. <https://doi.org/10.1155/2019/7408725>
6. Слесарев В.В. Математична модель матеріально-теплового балансу плавки в кисневому конвертері та критерій її оптимізації / В.В. Слесарев, Т.А. Желдак // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2013. - №1 – с. 97–102.