

## Список літератури

1. Iron and Steel Technology Roadmap. *www.iea.org*. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/iron-and-steel-technology-roadmap>. [Дорожня карта технологій чорної металургії. *International Energy Agency*: Веб-сайт: URL: <https://www.iea.org/reports/iron-and-steel-technology-roadmap>].
2. Carbon Border Adjustment Mechanism. *EC.EUROPA.EU*. Retrieved from [https://ec.europa.eu/taxation\\_customs/green-taxation-0/carbon-border-adjustment-mechanism\\_en](https://ec.europa.eu/taxation_customs/green-taxation-0/carbon-border-adjustment-mechanism_en). [Механізм регулювання вуглецевих кордонів. *European Commission*]. Веб-сайт: [https://ec.europa.eu/taxation\\_customs/green-taxation-0/carbon-border-adjustment-mechanism\\_en](https://ec.europa.eu/taxation_customs/green-taxation-0/carbon-border-adjustment-mechanism_en)].
3. Thermodynamic analysis of iron oxide reduction processes with hydrogen and carbon monoxide. Retrieved from [https://dspace.susu.ru/xmlui/bitstream/handle/0001.74/11112/2016\\_441\\_ivochkindv.pdf?sequence=1](https://dspace.susu.ru/xmlui/bitstream/handle/0001.74/11112/2016_441_ivochkindv.pdf?sequence=1). [Термодинамический анализ процессов восстановления оксидов железа водородом и оксидом углерода. Веб-сайт: [https://dspace.susu.ru/xmlui/bitstream/handle/0001.74/11112/2016\\_441\\_ivochkindv.pdf?sequence=1](https://dspace.susu.ru/xmlui/bitstream/handle/0001.74/11112/2016_441_ivochkindv.pdf?sequence=1)].
4. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Iron and Steel Production. (2010). Industrial Emissions Directive 2010/75/EU Integrated Pollution Prevention and Control. 2013. Retrieved from <http://eippcb.jrc.es>

УДК 303.669.1:33(477)

**Л. Г. Тубольцев<sup>1</sup>, В. О. Петренко<sup>2</sup>, Т. А. Фонарьова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Інститут чорної металургії ім. З.І. Некрасова Національної академії наук України,  
м. Дніпро

<sup>2</sup>Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро

## **СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ В КОМПЛАЄНСІ МЕТАЛУРГІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА**

Застосування принципів комплаєнсу все більше розповсюджується на різні сфери промислового виробництва. Сучасним інноваційним підходом в металургійному виробництві є розробка комплаєнс-програми. Металургійне виробництво включає в себе процеси, де необхідно враховувати та дотримуватися багатьох вимог, які фіксуються як у внутрішньо-корпоративних та/або державних, так й у міжнародних документах, настановах, інструкціях, стандартах тощо. Відповідно, керівники всіх рівнів та

працівники металургійних підприємств, які діють на принципах комплаєнсу, приймають рішення та виконують свої обов'язки так, щоб унеможливити, або мінімізувати порушення, це призводить до забезпечення використання якісної сировини, відповідного дотримання протікання технологічних процесів, що, у свою чергу, дає можливість випускати стандартизовану, якісну металопродукцію та забезпечувати належні умови праці та захист навколишнього середовища. Таким чином утворюються умови для підвищення конкурентоздатності українського металургійного виробництва.

Для прийняття ефективних рішень на принципах комплаєнсу доцільно застосувати системний аналіз в металургійному виробництві. Чому це важливо та в чому переваги системного аналізу. Системний аналіз – сукупність методологічних засобів, які використовуються для підготовки та обґрунтування рішень зі складних проблем політичного, соціального, економічного, технічного та наукового характеру. Основою є системний підхід та ряд методів, математичних дисциплін і сучасної теорії управління.

[1]

Отже, цінність системного підходу, та системного аналізу як його прикладного напрямку, полягає в тому, що він створює основу для логічного і послідовного прийняття рішень на принципах комплаєнсу. Одним з різновидів системного підходу є інваріантне моделювання, засноване на теорії гіперкомплексних динамічних систем (ГДС) [2]. У загальному вигляді гіперкомплексну динамічну систему  $S$  символічно можна представити у вигляді:

$$S = \sum \sum^i (S_i)^j, \quad (1)$$

де  $S_i$  – системні інваріанти (складові системи);

$i$  – індекс складової системи;

$j$  – індекс, що визначає вид відображення системних інваріант, наприклад  $j = 1$  відповідає математичному опису інваріант,  $j = 2$  – фізичному,  $j = 3$  – хімічному,  $j = 4$  – атомному.

Так, створюючи математичну модель металургійного виробництва для дослідження на ЕВМ, достатньо задати  $i = 3$ , а  $j = 1$ . Для дослідження технологічних процесів металургійного достатньо  $i = 3$ , а  $j = 2$ .

Процес формалізації ГДС можливо представити у вигляді послідовності ітераційних циклів, кожен з яких налічує 4 етапи: 1) визначення; 2) символічне означення та розшифрування символу; 3) графічна інтерпретація; 4) оцінка результатів. Слід зазначити, що здійснення 1-3 етапів, не дає уявлення щодо ієрархічних властивостей системи, тому необхідно продовжувати ітераційний цикл визначення системи, зокрема за рахунок введення поняття «гіперкомплексної матриці» (подальшому - «матриця»). Для

визначення «матриці» необхідно здійснити декілька операцій: визначити число ієрархічних рівней системи; визначити гіперкомплексність (число різнорідних елементів) системи; встановити наявність та напрямок взаємозв'язків між елементами системи. Гіперкомплексні матриці мають високу узагальнюючу властивість порівняно з матрицями інших системних методів, що свідчить про високу інформаційну насиченість її символіки. Це дає можливість використовувати ГДС для аналізу поведінки великих промислових систем, зокрема і металургійного виробництва.

Напрямок подальших досліджень полягає в застосуванні теорії ГДС у розробці комп'ютерних програм металургійного виробництва.

### Перелік посилань

1 Прокопенко Т. О. Теорія систем і системний аналіз: навч. посібник. Черкаси : ЧДТУ, 2019. 139 с.

2 Тубольцев Л. Г. Бабаченко О.І., Меркулов О.Є. Концепція сталого розвитку чорної металургії України в сучасних умовах. *Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії*. Вип 36. 2022. С.4-21.

УДК 669.788

**О. Ю. Худяков<sup>1</sup>, С. В. Ващенко<sup>1</sup>, К. В. Баюл<sup>1</sup>, М. М. Бойко<sup>2</sup>, Н. В. Полякова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Інститут чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАНУ (ІЧМ), Дніпро

<sup>2</sup>Український державний університет науки і технологій, Дніпро

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОМПОНЕНТНОГО ТА ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ ШИХТ НА УЩІЛЬНЮВАНІСТЬ ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВИХ БРИКЕТІВ**

Актуальним завданням сучасної чорної металургії є підвищення ступеня декарбонізації основних технологічних переділів. Для зменшення вуглецевого сліду при підготовці металургійної сировини необхідно розвивати безвипалювальні методи окусування, зокрема брикетування. Від щільності пресовки залежить комплекс технологічних характеристик кінцевого продукту, насамперед «холодна» та «гаряча» міцність.

В лабораторних умовах досліджено залежність ущільнюваності металургійних шихт від компонентного та гранулометричного складу. Для кількісної оцінки та порів-