

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу
Маріяша Юрія Ігоровича

на тему «**Модельно-прогнозуюче автоматичне керування режимом дуття кисневого конвертера з енергоефективним засвоєнням тепла**»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань Автоматизація та приладобудування
за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньо-наукова програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Актуальність теми дисертації.

Згідно із даними *Worldsteel* загальне виробництво сталі у світі за підсумками 2021 року склало 1950,5 млн. т, що на 3,7% більше, ніж у 2020 році. Лідерами у цьому списку є Китай, Індія та Японія. Українські підприємства виробили 21,4 млн. т сталі, що на 3,6% більше, ніж у 2020 році. За цим показником Україна посіла 14-те місце у глобальному рейтингу виробників сталі.

Проблема ресурсозбереження в металургії стоїть досить гостро як в Україні, так і за її межами. Підприємства цієї галузі працюють в умовах жорсткої конкуренції і повинні рішуче переходити до нових технологій і енергоощадних алгоритмів та систем автоматизації.

У виробництві сталі киснево-конвертерний процес (ККП) займає провідне місце завдяки відсутності витрат палива. Для виплавлення сталі в ККП в агрегат завантажують металевий брухт та рідкий чавун. З точки зору заощадження ресурсів важливою стає задача підвищення частки металобрухту у металевій шихті. Допалювання CO до CO₂ в ККП дозволяє розв'язати цю задачу за умов зміни конструкцій фурм і застосування відповідних способів керування процесом дуття.

Багато досліджень спрямовані на синтез моделей та системи керування кисневого конвертерного процесу. Існуючі наукові школи використовують різноманітні підходи: застосування статичних і динамічних прогнозованих моделей, динамічне оптимальне керування продувкою, аналіз виробництва та керування ним з метою забезпечення оптимальних техніко-економічних показників процесу. Саме тому актуальною є задача розробки моделей і систем керування режимом дуття конвертерної плавки з енергоефективним засвоєнням тепла. Сьогодні Україна зіткнулася із майже повністю знищеним металургійним сектором, зокрема за 10 місяців 2022 року українські металурги виробили 5,844 млн. т сталі, що становить тільки 32,6% відносно 2021 року. Тому тематика підвищення ефективності виробництва стає ще більш важливою.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Дисертаційна робота Маріяша Ю. І. містить нові обґрунтовані результати, зокрема автор за допомогою властивостей ККП як технологічного об'єкту керування визначив можливі шляхи підвищення ефективності його функціонування, на основі аналізу об'єкта дослідив тісноту та типи зв'язків між факторами впливу на процес і реакціями процесу, визначив керувальні впливи, порівняв альтернативні закони керування, структури автоматичних систем керування, на основі комп'ютерних експериментів автор обґрунтував вибір структури системи керування, модель об'єкта та спосіб керування.

Комп'ютерні експерименти підтверджують достовірність досягнутих результатів дисертації щодо отриманих моделей та систем керування киснево-конвертерним процесом.

Наукову новизну результатів дисертаційного дослідження можна виокремити в наступних напрямках:

- створено математичну модель дуттьового режиму киснево-конвертерної плавки, призначену для безпосереднього використання у контурі керування параметрами дуттьового режиму, в якій вперше враховано вплив інтенсивності дуття кисню на процес знеуглецювання металу у ванні, що дозволило підвищити точність та якість керування дуттям в умовах зміни витрати кисню під час продувки;
- вперше синтезовано систему оптимального керування параметрами дуттьового режиму киснево-конвертерної плавки за принципом зворотного зв'язку при використанні лінійно-квадратичного критерію оптимальності, яка дозволила одночасно керувати інтенсивністю дуття та положенням фурми при програмній зміні завдання на витрату кисню та вмісту CO_2 , що дозволяє підвищити якість керування та енергозбереження при плавлі за рахунок збільшення ступеня допалювання CO до CO_2 , що є наслідком підвищення частки металобрухту;
- вперше створено систему керування ступенем допалювання CO до CO_2 шляхом синтезу модельно-прогнозуючого регулятора (МНР) з урахуванням технологічних обмежень швидкості переміщення регулюючих органів, що дозволило підвищити якість керування процесом за наявності обмежень.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі автоматизації енергетичних процесів КПП ім. Ігоря Сікорського в рамках наукової тематики: «Розроблення техніко-технологічних схем та систем керування теплозабезпечення населених пунктів на основі термодинамічних підходів» – державний реєстраційний номер 0120U102168 та «Ексергетичне обґрунтування нестационарних режимів та характеристик комбінованого тепло- та холодозабезпечення енергоефективних будівель на основі теплонасосних систем» – державний реєстраційний номер 0120U001750 під керівництвом

доцента кафедри автоматизації енергетичних процесів, к.т.н., доцента Степанця Олександра Васильовича.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання синтезу модельно-прогнозуючого контролера виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Маріяша Ю.І. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Дисертація складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел (80) та 10 додатків. Повний обсяг дисертації складає 161 сторінку, з них основний зміст роботи викладено на 113 сторінках друкованого тексту, у тому числі 63 рисунків, 9 таблиць та 79 формул.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, відображено зв'язок роботи з науковими програмами, названо предмет та об'єкт, мету і завдання дослідження, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено відомості про апробацію результатів та публікації.

Перший розділ присвячений аналітичному огляду систем керування параметрами режиму дуття киснево-конвертерного процесу. Автор навів огляд технологічних особливостей об'єкта керування, сучасних підходів побудови автоматизованих системи регулювання. У кінці розділу наведені висновки, відповідно до висновків сформульовано мету та задачі дослідження.

У другому розділі досліджується вплив параметрів дуття на проходження плавки киснево-конвертерного процесу. Отримана модель режиму продувки киснево-конвертерного процесу у вигляді керованої канонічної форми дискретної моделі в просторі станів в залежності від зміни відстані фурми до рівня спокійної ванни та інтенсивності дуття, яка використана в якості прогнозуючої моделі МПР. Наведені чисельні значення динамічних властивостей отриманої моделі.

Третій розділ присвячений розробці та реалізації систем автоматичного регулювання. Досліджено модель режиму дуття на спостережливість та керованість згідно критерія Калмана. Було розроблено систему автоматичного регулювання параметрами режиму дуття ККП і виконано її аналіз.

У четвертому розділі було виконано імітаційне моделювання систем автоматичного регулювання режиму дуття киснево-конвертерного процесу. Здійснено порівняльну характеристику якості роботи двох різних систем керування – з використанням модельно-прогнозуючого регулятора та комбінованої САР. Наведено загальні висновки до дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям «Математичне моделювання та оптимальне керування технологічними процесами».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Маріяша Юрія Ігоровича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою, має структуру закінченої науково-дослідної роботи. Вона вміщує в себе обґрунтовану постановку задачі на основі достатньо повного аналізу літературних джерел, дослідження об'єкта, викладення результатів синтезу системи керування. Дисертаційна робота написана на хорошому стилістичному рівні. Використана в роботі наукова термінологія є загальноприйнятою, стиль викладення результатів нових наукових положень, висновків та рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття та використання.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Практичне значення наукових результатів.

Запропоновані алгоритми та система оптимального керування параметрами дуттьового режиму з використанням модельно-прогнозуючого керування дозволять забезпечити підвищення якості керування ККП, покращити екологічність продукції за рахунок підвищення ступеня допалювання CO до CO_2 , зменшити собівартість киснево-конвертерної сталі.

Впровадження замкнутих систем керування ступенем допалювання CO до CO_2 і окиснення заліза шляхом врахування технологічних обмежень на частку окисів заліза в шлаку з використанням лінійно-квадратичного функціоналу, при керуванні вмісту CO_2 у конвертерних газах дозволить підвищити якість керування параметрами дуттьового режиму.

На основі комплексного підходу до розв'язання задачі інтелектуального керування процесом продукції синтезовано модельно-прогнозуючу систему керування режимом дуття ККП, що дозволить інтенсифікувати виробництво сталі та знизити її собівартість. У масштабах країни це сприятиме виконанню стратегічної державної програми по енергозбереженню. Алгоритмічне забезпечення прогнозуючих регуляторів може бути передано у відділ АСКТП виробництва. Розроблені методи, структури та алгоритми керування можуть дати поштовх для подальшого розвитку теорії автоматичного керування та її прикладного застосування.

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлені у 17 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 4 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України (з них 3 відносяться до категорії Б, 1 до категорії А); 1 стаття у періодичному науковому виданні, проіндексованому у базі даних Scopus, що відноситься до третього квартилю (Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank.

Також результати дисертації були апробовані на 12 наукових фахових конференціях.

Основні наукові результати представлені у чотирьох працях, де автор самостійно сформував завдання і мету дослідження, отримані результати повністю відображені в дисертаційній роботі. В опублікованих наукових працях, що написані у співавторстві, особисто здобувачу належать такі внески: врахування впливу інтенсивності дуття на процес знеутлецювання ванни під час киснево-конвертерної плавки для побудови модельно-прогнозуючого керування параметрами дуттьового режиму, розробка структури системи керування параметрами дуттьового режиму, створення моделей замкнутих систем керування ступенем допалювання CO до CO₂ і витрати кисню, шляхом врахування технологічних обмежень.

Таким чином, наукові результати, описані в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача та відповідають вимогам, що висуваються до здобувача ступеня доктора філософії.

Зауваження до дисертаційної роботи.

1. Не достатньо чітко обґрунтовано використання інтегрально-квадратичної помилки як критерію якості функціонування системи керування.
2. Вибір методу оптимізації Хука-Дживса не повністю висвітлений, чи розглядались інші методи нульового порядку?
3. У підписі рисунку 2.13 позначення m_l , m_c , m_d необхідно розшифрувати, оскільки з контексту тексту не зрозуміло за що відповідають ці позначення.
4. Не досліджено можливість використання й інших, а не тільки лінійно-квадратичного функціоналу (формула 3.13) в модельно-прогнозуючому регуляторі.
5. Неповністю розкрито методологію налаштування матриць R та Q лінійно-квадратичного функціоналу регулятора.
6. Не дуже детально розкрито обґрунтованість дослідження чутливості системи керування з модельно-прогнозуючим регулятором.
7. У висновках до четвертого розділу є тавтологія з текстом дисертації, а не власне висновки.
8. У деяких місцях тексту зустрічається використання одиниці вимірювання часу «хв».

9. На стор.47 при посиланні на літературу замість [20, 45] вказано [45].
10. У розділі 2 доцільно було б навести структурно-параметричну схему технологічного об'єкту керування.
11. У розділах 3 та 4 доцільно було б навести схеми запропонованих автоматичних систем керування саме для ККП.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Маріяша Юрія Ігоровича на тему «Модельно-прогнозуюче автоматичне керування режимом дуття кисневого конвертера з енергоефективним засвоєнням тепла» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань «Автоматизація та приладобудування».

Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Маріяш Юрій Ігорович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань «Автоматизація та приладобудування» за спеціальністю 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Рецензент:

доц. каф. ТПЗА, к.т.н., доц.,
КПІ ім. Ігоря Сікорського

М.П.

« 15 » 02

2023 року

