

## **ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА**

доктора технічних наук, професора Сафоника Андрія Петровича  
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**

Основним способом виробництва сталі як у світі, так і в Україні є конвертерне виробництво (більше ніж 70% від усього виробництва сталі) частка якого з кожним роком збільшується в силу нерентабельності та використання дефіцитного природного газу. У сучасних умовах розвитку металургійного виробництва актуальними являються задачі по розробці ресурсозберігаючих технологічних режимів виплавки сталі, теоретичних і практичних аспектів нових енергозберігаючих способів продувки ванни та підвищення ефективності теплової роботи печей.

Недоліком киснево-конвертерного виробництва сталі є обмеження на переробку металобрухту. Близько 90% газу, що відходять з конвертера, складає вуглекислий газ. Збільшення частки металобрухту можливе за рахунок підвищення ступеня допалювання монооксиду вуглецю в порожнині конвертера, оскільки тепловий ефект допалювання CO до CO<sub>2</sub> становить близько 21000 кДж/кг. Керування режимом дуття конвертерного процесу дозволяє вирішити дану проблему. Розробка регуляторів параметрів дуттьового режиму потребує застосування сучасних методів теорії автоматичного керування. В публікаціях вчених і практиків з'являються нові підходи до побудови автоматичних систем керування, пропонуються різні методи дослідження метою яких є підвищення ефективності конвертерного виробництва.

Вищесказане підтверджує актуальність розробки моделей і систем керування режимом дуття киснево-конвертерного процесу з використанням сучасних підходів теорії автоматичного керування.

### **Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни**

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному: вперше розроблено систему оптимального керування параметрами

дутьового режиму киснево-конвертерного процесу, що використовує модельно-прогнозуюче керування при використанні лінійно-квадратичного підходу; вдосконалено математичну модель дутьового режиму, за рахунок врахування впливу інтенсивності дуття на швидкість зневуглюювання металу, що дозволило підвищити точність та якість керування в умовах зміни витрати кисню під час продувки, ввівши запропоновану модель безпосередньо до контуру керування параметрами дутьового режиму; подальший розвиток отримало використання замкнутих систем керування ступенем допалювання монооксиду вуглецю до вуглекислого газу шляхом розробки модельно-прогнозуючого підходу з урахуванням технологічних обмежень (швидкості зміни керуючих дій).

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі автоматизації енергетичних процесів КПІ 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.

Достовірність одержаних в дисертації результатів і висновків забезпечується математичною строгістю поставлених задач.

### **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».

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 співпадиння, 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, складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та десяти додатків. Загальний обсяг дисертації складає 161 сторінку з них основний зміст роботи викладено на 113 сторінках друкованого тексту.

У вступі автор наводить актуальність дисертаційного дослідження, формулює мету та завдання, описує наукову новизну одержаних результатів. Описано особистий внесок та апробацію результатів здобувача. Перший розділ «Аналітичний огляд систем керування параметрами режиму продувки киснево-конвертерного процесу» автор присвятив характеристиці технологічного процесу киснево-конвертерного виробництва, аналітичному огляду та аналізу методів керування дуттєвим режимом. Також розглядається ідеологія модельно-прогнозуючого керування. Розділ другий «Дослідження об'єкта керування» висвітлює проблему керування режимом дуття. Описано математичну модель режиму продувки киснево-конвертерного процесу у вигляді керованої канонічної форми дискретної моделі в просторі станів. У третьому розділі «Розробка і реалізація системи автоматичного регулювання» автор описує ідеологію запропонованого модельно-прогнозуючого підходу, виконує синтез комбінованої системи керування та модельно-прогнозуючого регулятора. Четвертий розділ «Дослідження системи автоматичного регулювання» автор присвятив реалізації запропонованої системи керування та аналізу якості роботи системи. Було розглянуто перехідні процеси системи автоматичного регулювання режиму дуття киснево-конвертерної плавки з використанням модельно-прогнозуючого регулятора та комбінованої системи автоматичного регулювання, а також наведено загальні висновки та список використаних джерел.

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

## **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 у виданні, віднесеному до третього квартиля (Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank.

Також результати дисертації були апробовані на 12 наукових фахових конференціях.

Публікації здобувача описують наукові результати дисертаційної роботи, автор використовує методи теорії автоматичного керування, апарат передавальних функцій, модель в просторі станів, імітаційне комп'ютерне моделювання, метод оптимального параметричного синтезу, чисельні методи розв'язання диференціальних рівнянь. В опублікованих статтях автору належать такі внески: аналітичний огляд; практична реалізація ПІД-регулятора; розробка системи модельно-прогнозуючої системи керування ступенем допалювання монооксиду вуглецю до вуглекислого газу і витрати кисню; моделювання перехідних процесів. Результати роботи використовуються в навчальному процесі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» на кафедрі автоматизації енергетичних процесів.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

### **Зауваження до дисертаційної роботи**

1. Вибір програмно-технічного комплексу системи автоматизації носить декларативний характер, а не обґрунтований аналіз.
2. У пункті 1.2 «Огляд і аналіз методів керування параметрами дуттєвого режиму» більше уваги приділяється технологічним особливостям, а не власне, методам динамічного керування.
3. У багатьох рівняннях наведених у роботі (див. напр. (2.10)-(2.15), (3.30)-(3.31) тощо) коефіцієнти наводяться у вигляді констант, що мають конкретне значення, без пояснення з яких міркувань вибираються значення відповідних констант.
4. У пункті 3.1 «Ідеологія модельно-прогнозуючого керування» присутні повторення з пункту 1.3 «Застосування модельно-прогнозуючого керування».
5. У розділі 4 «Дослідження системи автоматичного регулювання» декларуються лише методи розв'язування рівнянь, але не наводяться конкретні моделі, які взяті за основу і значення коефіцієнтів відповідних моделей.
6. Автор не вказав методологію налаштування реально-диференційованого компенсатора комбінованої системи керування.
7. Відсутнє порівняння (наведення переваг) методу Хука-Дживса з іншими методами оптимізації нульового порядку.
8. Назва змінної функціонального блоку коду методу оптимізації Хука-Дживса у додатку 2 не наведена повністю.
9. Код реалізації (додатки 2-9) модельно-прогнозуючого регулятора в основному не містить коментарів, що утруднює його сприйняття і аналіз.



10. У роботі недостатньо уваги приділяється можливості поширення розробленої системи автоматичного керування на інші подібні об'єкти промисловості.

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».

### **Офіційний опонент:**

професор кафедри  
автоматизації, електротехнічних  
та комп'ютерно-інтегрованих  
технологій, д.т.н., проф.,  
Національний університет водного  
господарства та природокористування

Андрій САФОНІК

М.П.

« 6 » 02 2023 року

