

## **РЕЦЕНЗІЯ**

на дисертаційну роботу

**Жученко Людмили Костянтинівни**

на тему «Автоматизація процесів керування термічною обробкою вуглецевих матеріалів»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 15 - Автоматизація та приладобудування

за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

### **Актуальність теми дисертації.**

Актуальність теми дисертації полягає у тому, що підприємства галузей промисловості, які залежать від електротермічних процесів, не можуть функціонувати без продукції вуглеграфітового виробництва. Світові тенденції розвитку цих галузей промисловості показують постійне збільшення обсягів виробництва графітованих вуглецевих виробів, які широко використовуються у футеруванні печей, в атомній промисловості та інших галузях. Однак, виробництво вуглецевих виробів потребує значних ресурсних та енергетичних затрат, що ставить завдання підвищення ефективності цих процесів. У цьому контексті виникає потреба в розробці та удосконаленні систем керування технологічними процесами формування та випалювання вуглецевих виробів, оскільки існуючі системи не відповідають поставленим завданням.

Також, з урахуванням зростання вартості енергоносіїв, ефективне керування технологічними процесами стає ще більш актуальним, оскільки це може сприяти зниженню енергетичних витрат у виробництві вуглецевих виробів. Тому, розробка нових або удосконалення існуючих систем керування є актуальним науково-практичним завданням, яке може сприяти підвищенню ефективності виробництва графітованих вуглецевих виробів і забезпечити стабільний розвиток вищезгаданих галузей промисловості.

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

Достовірність наукових результатів підтверджується коректним застосуванням сучасних методів дослідження та представленими у роботі їх результатами.

Наукова новизна даного дослідження полягає у наступному:

- Вперше розроблена відмовостійка система керування технологічним процесом формування вуглецевих виробів вуглеграфітової промисловості. Ця система враховує циклічний характер процесу, використовуючи ітераційний контроль навчання. Визначено оптимальні налаштування параметрів системи.

- Вперше створено програмну систему керування процесом випалювання вуглецевих виробів вуглеграфітової промисловості на основі лінійно-квадратичного регулятора. Досліджено вплив тривалості процесу на його техніко-економічні показники, а також налаштування регулятора на якість кінцевої продукції.

- Вперше створено систему контролю в режимі реального часу на основі вимірювань температури шихти для визначення температур заготовок у характерних точках.

Крім того, подальшого розвитку набули:

- Дослідження теплових режимів у процесі випалу вуглецевих виробів вуглеграфітової промисловості з використанням камери «під вогнем». Результати дозволили проаналізувати закономірності розподілу температури всередині камери, визначити розташування та характерні особливості температурних зон. Ця інформація була використана при проектуванні системи керування.

- Дослідження впливу витрати палива, як основної керуючої дії, на хід процесу випалювання, зокрема на розподіл температури всередині заготовок, що суттєво впливає на якість кінцевого виробу.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі автоматизації енергетичних процесів та кафедрі технічних та програмних засобів автоматизації КПІ ім. Ігоря Сікорського в рамках наукової теми «Створення

комп'ютерно-інтегрованих систем керування технологічними процесами та виробництвами для забезпечення якості продукції та ресурсозбереження» – державний реєстраційний номер 0121U114712 в Національному технічному університеті України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”.

Таким чином, поставлене в дисертаційній роботі наукове завдання розроблення автоматизованої системи керування термічним процесом вуглеграфітового виробництва виконано повністю, здобувачка повною мірою оволоділа методологією наукової діяльності.

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Жученко Людмили Костянтинівни 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 впровадження енергоефективних, ресурсозберігаючих комп'ютерних технологій.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадиння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Жученко Людмили Костянтинівни 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.

Дисертація оформлена згідно з нормативними вимогами і стандартами з дотриманням системного викладення матеріалу. Стиль викладення матеріалу –

науковий, літературний. Текст дисертації позбавлений граматичних та орфографічних помилок, а також технічних недоліків. Основні положення, висновки, пропозиції та рекомендації дисертації в цілому характеризуються послідовністю, аргументованістю і завершеністю.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 164 сторінки.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, наведено зв'язок дисертації із науковою тематикою: «Створення комп'ютерно-інтегрованих систем керування технологічними процесами та виробництвами для забезпечення якості продукції та ресурсозбереження» – державний реєстраційний номер 0121U114712 в Національному технічному університеті України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”.

Вказана мета роботи, яка полягає у підвищенні ефективності технологічних процесів формування та випалювання вуглецевих виробів вуглеграфітового виробництва шляхом створення комп'ютерних систем оптимального керування ними, які б забезпечували функціонування їх у режимі ресурсо- і енергозбереження.

Наведено об'єкт і методи дослідження.

Приділена увага висвітленню наукової новизни а також практичних значень результатів дослідження. Вказані основні публікації здобувача.

У першому розділі акцентовано увагу на важливості процесів формування та випалювання вуглецевих виробів. Ці процеси є найбільш енергозатратними, тобто вимагають значних витрат енергії. Крім того, вони мають вирішальний вплив на якість готової продукції. Таким чином, ці процеси є ключовими в технології виробництва вуглецевих виробів.

Наведено короткий огляд технологічних особливостей процесів формування та випалювання, а також конструктивних особливостей обладнання, на якому вони здійснюються. Ці відомості необхідні для розуміння основ технології виробництва вуглецевих виробів.

Обґрунтовано неможливість використання відомих на сьогодні показників якості готової продукції для безпосереднього керування процесом

випалювання. Ці показники не можуть забезпечити точний контроль процесу випалювання. Натомість, ентропія може бути використана як показник, за допомогою якого можна визначити оптимальну тривалість технологічного процесу.

Сформульовано завдання дослідження. Метою дослідження є розроблення методу керування процесом випалювання вуглецевих виробів, використовуючи показник ентропії. Для оцінки ефективності розробленого методу проведені експериментальні дослідження.

У другому розділі акцентовано увагу на актуальності питання відмовостійкості систем керування процесом формування вуглецевих виробів. Це питання є важливим, оскільки несправності регулювальних органів можуть призвести до проблем у виробництві. У зв'язку з цим було сформульовано математичну постановку задачі створення відмовостійкої системи керування.

Наведено основні характеристики розробленої системи керування. Система враховує як циклічний характер процесу, так і можливі несправності регулювальних органів. Це забезпечує надійну роботу об'єкту керування у нештатних умовах.

Описано метод синтезу системи керування. Синтез здійснюється шляхом розв'язання системи лінійних матричних нерівностей програмними засобами MATLAB.

Наведено формулювання задачі налаштування оптимальних значень параметрів системи керування. Для розв'язання цієї задачі було представлено алгоритм.

Представлено результати дослідження ефективності системи керування. Дослідження показало, що система забезпечує покращення якості керування не тільки у часі, а й від циклу до циклу.

У третьому розділі підкреслюється актуальність дослідження розподілення температурних полів у печі випалювання. Це дослідження є необхідним для синтезу ефективної системи керування процесом випалювання.

Наводиться важливий результат дослідження, який вказує на те, що зміна витрати палива суттєво впливає на температуру заготовок у «гарячій зоні» печі. Цей факт слід враховувати для запобігання браку продукції.

Розглянуто методику, котра дозволяє спростити синтез системи керування. У цьому випадку можна орієнтуватися на найбільш важливу зону печі, яка не залежить від витрати палива та видів заготовок.

В результаті дослідження було визначено потрібну тривалість процесу випалювання. Для цього була використана температура заготовок у «холодній зоні» печі.

Наводиться результат роботи, який дозволяє використовувати температуру пересипки для контролю температури заготовок. Цей метод контролю є простим і ефективним.

У четвертому розділі отримані наступні результати:

Існуючі системи керування процесом випалювання вуглецевих виробів не дозволяють забезпечити оптимальне управління процесом та запобігти браку готової продукції.

Запропонована система програмного керування дозволяє вирішити ці проблеми. Система дозволяє розраховувати оптимальний температурний графік, який забезпечує рівномірне нагрівання заготовок та зменшує перепад температур.

Збільшення тривалості процесу випалювання сприяє запобіганню браку готової продукції, але може призвести до зниження загальної продуктивності виробництва.

Дослідження показало, що параметри налаштування ЛК-регулятора системи програмного керування мають значний вплив на динаміку температур у заготовках та витрати палива.

Синтезована система керування дозволяє враховувати поточні збурення, діючі в процесі випалювання, та продовжувати оптимальне керування після відключення електроживлення.

Визначений допустимий перепад температур фактично визначає тривалість процесу випалювання, а, значить, і загальну продуктивність виробництва.

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 9 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 4 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України;

Також результати дисертації були апробовані на 5 наукових фахових конференціях.

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

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

До недоліків та зауважень по дисертаційній роботі можна віднести:

1. Недостатньо висвітлена ідея відмовостійкості створеної системи керування.
2. Не наведені математичні моделі, на базі яких створено імітаційні моделі температурного розподілу.
3. Незрозуміло який вигляд має програмне забезпечення комп'ютерних систем оптимального керування процесами формування та випалювання вуглецевих виробів.

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 Жученко Людмили Костянтинівни на тему «Автоматизація процесів керування термічною обробкою вуглецевих матеріалів» 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 в області автоматизації 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 Жученко Людмили Костянтинівни заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 15 - Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

**Рецензент:**

доцент кафедри технічних  
та програмних засобів автоматизації

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського,

канд.техн. наук, доцент



Віталій ЦАПАР



М.П.

«24» січня 2024р.

