

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Черьопкіна Євгенія Сергійовича “Автоматизація процесів керування прогріванням паперового полотна у сушильній частині папероробної машини” на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування

Дисертаційна робота, відгук на яку подається нижче, включає 143 сторінки основного тексту та додатки на 18 сторінках. Автореферат дисертації викладено на 20 сторінках.

**Актуальність теми** обумовлена потребою підвищення енерго- та ресурсоефективності технологічних процесів виробництва паперу на папероробних машинах. Найбільш затратним серед них є сушіння, витрати на яке складають більше 30% від загальної вартості. У зв'язку з цим постає актуальна наукова задача розробки системи керування сушінням паперового полотна, що забезпечить його функціонування у режимі енерго- та ресурсозбереження. Дисертаційна робота виконувалась у відповідності з планами та науковими програмами кафедри автоматизації хімічних виробництв Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”.

У *вступі* обґрунтована актуальність дисертаційної роботи, визначені мета, об'єкт та предмет проведеного дослідження. Сформульовано задачі дослідження та наведено основні наукові та практичні результати. Також у вступі зазначені особистий внесок здобувача, апробація результатів дисертаційної роботи на конференціях, наведено відомості про публікації.

У *першому розділі* дисертації проведено параметричний аналіз технологічних процесів на папероробній машині як об'єктів автоматичного керування. Розглянуто особливості виробництва паперового полотна як багатостадійного процесу та проаналізовано особливості кожного з технологічних процесів. Проведено аналіз існуючих рішень в напрямках математичного моделювання і синтезу систем керування процесом сушіння паперового полотна та зроблено висновок про необхідність проведення дослідження та розробки нової математичної моделі, системи керування для першого етапу сушіння – процесу прогрівання паперового полотна.

У *другому розділі* на основі рівнянь тепло- та масопереносу, розроблена математична модель процесу прогрівання. Сформовано математичну модель контактного та конвективного сушіння для розрахунку температури та вологості паперового полотна. Для моделювання об'єкта керування розглянуто взаємозв'язки між параметрами паперового полотна, сушильних

циліндрів та повітря на ділянках вільного руху. Проведено перевірку на адекватність розробленої математичної моделі експериментальним даним за статистичними критеріями Стюдента і Фішера.

У *третьому розділі* проведено вибір критерію оптимального керування процесом прогрівання паперового полотна з урахуванням обмежень на параметри якості та керувальні впливи. Розроблено алгоритм розрахунку оптимального температурного графіка прогрівання паперового полотна. Створено прикладне програмне забезпечення для його перерахунку в режимі реального часу.

*Четвертий розділ* присвячений розробці системи керування прогріванням паперового полотна із застосуванням методу динамічного програмування та з використанням різної конфігурації блоків з ПД-регуляторами. Виконано перевірку ефективності розробленого рішення на математичній моделі прогрівання паперового полотна при різних рівнях збурювальних впливів, що діють на об'єкт керування.

**Наукова новизна** результатів, отриманих Черьопкіним Євгенієм Сергійовичем полягає у:

1) розробленій математичній моделі процесу прогрівання паперового полотна в сушильній частині папероробної машини, що дозволяє проводити експериментальні дослідження без втручання у реальний технологічний процес з високою точністю відтворення результатів;

2) створеному програмному рішенні для розрахунку оптимального температурного графіка прогрівання паперового полотна у режимі реального часу, що дозволяє отримувати оперативні дані про якість поточного керування даним технологічним процесом;

3) створенні системи керування на основі методу динамічного програмування з використанням ПД-регуляторів, що дозволяє вирішити задачу керування процесом прогрівання паперового полотна за мінімізації вибраного критерію якості за різних оцінок збурювальних впливів у системі.

Наукові положення дисертації, висновки та рекомендації щодо застосування результатів дослідження **достатньо обґрунтовані**.

**Достовірність результатів** роботи забезпечується коректним використанням математичного апарату, підтверджується рядом проведених експериментальних досліджень, впровадженням результатів дисертаційної роботи у виробництво.

Результати впровадження підтверджують коректність запропонованих підходів.

**Практична цінність** одержаних результатів полягає у тому, що на основі теоретичних і практичних досліджень розроблена селективна система керування процесом прогрівання паперового полотна в сушильній частині папероробної машини. Розроблена система сприятиме підвищенню ресурсо- та енергоефективності процесу прогрівання паперового полотна. В дисертаційній роботі наведено матеріали щодо впровадження результатів дослідження у виробництво та у навчальний процес.

#### **Апробація результатів та публікації.**

Результати роботи пройшли апробацію на 10 науково-практичних конференціях. За результатами дослідження опубліковано 17 праць, в тому числі 6 статей у фахових виданнях (3 у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз), 1 патент на корисну модель, 10 робіт опубліковано в збірках матеріалів конференцій. Основні публікації достатньо повно відображають зміст роботи.

**Автореферат дисертації** ідентичний змісту і основним положенням дисертаційної роботи та достатньо повно їх відображає.

Оформлення дисертаційної роботи відповідає вимогам, хоча у тексті є деякі неточності.

#### **Зауваження за змістом дисертації.**

1. При формуванні наукової новизни недостатньо чітко і надто лаконічно декларується вдосконалення математичної моделі сушіння паперового полотна без розкриття «...особливостей процесів тепло- та масо переносу на різних його етапах».

2. Не варто було вважати науковою новизною результат «...доведено необхідність розробки системи керування процесом прогрівання паперового полотна».

3. Не зрозуміле твердження автора «...визначено, що сушильна частина потребує вдосконалення» (це відноситься до об'єкта чи до процесу і системи керування?), с. 49, п. 2.

3. П. 2.1 «Обґрунтування необхідності та постановка завдання математичного моделювання...» більше відноситься до першого розділу (фактично виконано аналітичний огляд спеціальної літератури). П. 2.2.1 не має самостійного значення і його можна об'єднати з іншими матеріалами.

4. Математичні моделі, наведені в розділі 2, не включають в явному вигляді керувальні дії, тому вони мало пристосовані для використання в процесі керування об'єктом. Крім того недостатньо відображена нестационарність тепло-масообміну при розробці системи керування.

5. Графічний матеріал (рис. 2.3-2.17, стор. 75-82) доцільно було розмістити у додатках. Висновки до розділу 2 фактично відображають результати досліджень без достатніх коментарів та пояснень.

6. На рис. 4.1 позначено:  $g(t)$  – задана вхідна величина та  $n(t)$  – вхідні збурення, які подаються на пристрій порівняння, а на рис. 4.2 сигнал  $n(t)$  виділено окремо (він подається на блок 4).

7. В роботі для певного визначення використовуються різні терміни, наприклад: критерій якості, критерій оптимальності, критерій керування... Другий приклад: система керування, раціональна система, оптимальна тощо.

8. Не зрозуміло, що означає термін «рівень збурення», який використовується автором при аналізі результатів моделювання.

9. Для досліджуваного об'єкта характерні як нелінійність, так і нестационарність, що потребує уточнення (стор. 125).

10. В науковій новизні відзначається (останній пункт «що ...розроблено і досліджено селективну систему...»), але в загальних висновках цей термін не використовується.

### ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Черьопкіна Євгенія Сергійовича є завершеною науковою працею, в якій отримано нові науково обґрунтовані результати з розробки системи керування процесом прогрівання паперового полотна в сушильній частині папероробної машини.

Вцілому, кандидатська дисертація Черьопкіна Євгенія Сергійовича за актуальністю теми, ступенем обґрунтованості наукових положень, рівнем апробації та публікацій, достовірності та науковою новизною відповідає вимогам п. п 9, 11 “Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника”, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 576 щодо кандидатських дисертацій, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування.

Завідувач кафедри автоматизації  
та інтелектуальних систем керування  
Національного університету харчових технологій,  
доктор технічних наук, професор,  
заслужений діяч науки і техніки України

А.П. Ладанюк

