

РЕЦЕНЗІЯ

доктора технічних наук, доцента Руднева Євгена Сергійовича
на дисертаційну роботу Гуріна Олександра Миколайовича
на тему: «**Розробка та дослідження системи керування з моделлю колони синтезу аміаку у виробництві аміаку**»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю **151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології**

Актуальність обраної теми дослідження та зв'язок дисертації з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота Гуріна О.М. присвячена вирішенню актуальної науково-технічної проблеми — підвищенню ефективності та енергоощадності процесу синтезу аміаку шляхом розробки комп'ютерно-інтегрованої системи керування з математичною моделлю колони синтезу аміаку. Актуальність обраного напрямку визначається тим, що виробництво аміаку належить до найбільш енергоємних процесів хімічної технології, а стадія синтезу характеризується значною чутливістю до змін температури, тиску, витрат циркуляційного газу, складу сировини та стану каталізатора.

У промислових умовах забезпечення стабільного та водночас близького до оптимального режиму у колоні синтезу ускладнюється такими факторами:

- 1 нелінійністю та багатозв'язністю об'єкта керування (внутрішні теплові та масообмінні зв'язки між зонами реактора);
- 2 наявністю неконтрольованих збурень (коливання складу синтез-газу, зміна активності каталізатора, гідродинамічні ефекти, зміни теплообміну);
- 3 обмеженістю прямих вимірювань (не всі технологічно важливі параметри вимірюються безпосередньо по висоті колони);
- 4 необхідністю дотримання жорстких технологічних обмежень (допустимі температурні рівні в зонах каталізатора, граничні перепади тиску тощо).

За цих умов просте підсилення традиційних контурів регулювання або заміна локальних регуляторів на засоби АСУ ТП без глибокої модельної підтримки не гарантує досягнення найкращих показників процесу. Саме тому підхід, який реалізує автор — керування з використанням математичної моделі (з можливістю адаптації до реального об'єкта та розв'язання оптимізаційних задач) — є своєчасним, науково обґрунтованим та перспективним.

Робота виконана відповідно до наукових напрямів у сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій і логічно узгоджується з тематикою досліджень, спрямованих на підвищення ефективності функціонування хіміко-технологічних виробництв. Це підтверджує практичну значущість дисертації та її зв'язок з актуальними запитами промисловості.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, їх достовірність

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертації, є обґрунтованими та логічно впливають із поставленої мети і завдань роботи. Достовірність отриманих результатів забезпечується:

- 1 використанням загальноновизнаних підходів до математичного моделювання тепломасообмінних та реакційних процесів;
- 2 застосуванням методів ідентифікації та адаптації параметрів моделі за вимірювальною інформацією;
- 3 виконанням імітаційних досліджень та аналізом отриманих залежностей для різних режимів навантаження;
- 4 узгодженістю результатів моделювання з характеристиками реального процесу, що демонструє адекватність моделі та можливість її застосування як бази для оптимального керування.

Важливим є те, що автор розглядає процес синтезу аміаку як складний об'єкт керування, де температура та концентрація цільового продукту визначаються розподілом потоків та тепловим режимом по зонах колони. Запропонована модельно-орієнтована стратегія керування дозволяє узгодити вимоги до технологічної ефективності з обмеженнями безпечної експлуатації обладнання.

Структура, обсяг і зміст дисертації, їх відповідність установленим вимогам

Дисертація має завершений характер, логічно вибудовану структуру та послідовне викладення матеріалу. Зміст роботи відповідає заявленій темі, меті та завданням дослідження. Дисертаційна робота включає вступ, розділи основної частини, висновки та список використаних джерел.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету і завдання, визначено об'єкт і предмет дослідження, наведено методи та охарактеризовано практичне значення одержаних результатів.

Перший розділ містить аналітичний огляд сучасного стану автоматизації виробництва аміаку, узагальнення існуючих підходів до керування та моделювання процесів синтезу, а також виділення науково-технічних проблем, які потребують подальшого розвитку.

У другому розділі наведено математичний опис процесів, що відбуваються в колоні синтезу аміаку. Автор запропонував модель, що враховує тепломасообмін, реакційну кінетику, вплив холодних байпасів та рекуперацію тепла. Такий підхід є важливим, оскільки дозволяє описувати не лише статичні співвідношення, а й формувати основу для аналізу динаміки та обмежень процесу.

У третьому розділі розроблено алгоритмічне забезпечення керування з моделлю: процедура адаптації, формування критерію оптимальності, пошук оптимальних режимів та уточнення оптимуму пошуковими методами. Розділ є ключовим для обґрунтування саме модельно-орієнтованої стратегії керування.

У четвертому розділі представлено реалізацію комп'ютерно-інтегрованої системи керування на базі промислового контролера Siemens SIMATIC S7-400 та SCADA-системи TRACE MODE 6, а також результати імітаційного моделювання, що підтверджують ефективність запропонованих рішень (зокрема, підвищення концентрації аміаку на виході та зменшення тривалості перехідних процесів).

У цілому робота характеризується належним рівнем наукової культури: послідовністю викладу, коректністю термінології, логічною побудовою доказів і висновків.

Наукова новизна одержаних результатів

Наукова новизна дисертації полягає у розвитку методів моделювання та оптимального керування процесом синтезу аміаку в умовах складної багатозонної колони та істотних збурень.

До результатів, що характеризуються науковою новизною, слід віднести:

1. Розроблення математичної моделі колони синтезу аміаку, яка описує процес з урахуванням тепло- та масообмінних взаємодій між зонами реактора, впливу байпасних потоків і рекуперативного теплообміну. Це забезпечує можливість аналізувати розподіл параметрів процесу та оцінювати вплив керуючих дій на вихідні координати.

2. Запропонування алгоритму адаптивного керування з моделлю, що передбачає коригування параметрів моделі за вимірюваними даними та підтримує адекватність моделі при зміні стану каталізатора і режимів роботи. Практично це означає, що система керування може зберігати працездатність і точність при дрейфі параметрів об'єкта.

3. Побудова структури комп'ютерно-інтегрованої системи керування, яка поєднує промислові засоби нижнього та середнього рівнів (контролер, модулі введення-виведення) з верхнім рівнем візуалізації та підтримки прийняття рішень, що є необхідним для реалізації складних оптимізаційних процедур у реальному часі.

Отримані результати мають не лише методичну новизну, а й прикладну спрямованість, що підсилює цінність дисертаційного дослідження.

Теоретичне та практичне значення результатів дослідження

Теоретичне значення роботи полягає у розвитку підходів до математичного моделювання багатозонних хіміко-технологічних об'єктів, а також у застосуванні модельно-орієнтованих принципів керування для складних нелінійних процесів з істотними обмеженнями на параметри.

Практичне значення визначається тим, що запропоновані моделі та алгоритми можуть бути використані при створенні або модернізації АСУ ТП виробництва аміаку, зокрема для:

1. підвищення концентрації аміаку на виході колони та стабільності технологічного режиму;

2. зниження питомих витрат енергії за рахунок наближення режиму до оптимального;

3. підтримання безпечного температурного профілю в каталізаторних зонах;

4. підвищення оперативності прийняття рішень персоналом за рахунок надання розширеної діагностичної інформації.

Підтвердженням практичної значущості є результати імітаційних досліджень, які демонструють потенціал підвищення технологічних показників (зокрема, приріст концентрації аміаку на виході близько 1% у різних режимах).

Окремо слід відзначити можливість використання розроблених моделей у навчальному процесі (імітаційні тренажери, лабораторні практикуми з моделювання та оптимального керування), що є важливим для підготовки фахівців зі спеціальності 151.

Повнота викладення результатів дослідження в опублікованих працях

Основні результати дисертаційної роботи пройшли апробацію на наукових заходах і відображені у публікаціях автора. Наявність апробації та опублікованих матеріалів свідчить про наукову зрілість отриманих результатів і їх відповідність профілю спеціальності 151 — «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Разом з тим, позитивним є те, що представлені результати охоплюють як теоретичну частину (моделі, алгоритми), так і прикладну (структура КІСУ, засоби реалізації на промисловій платформі), що відповідає сучасним вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

Відсутність (наявність) порушень принципів академічної доброчесності

Під час ознайомлення з матеріалами дисертації та автореферату не виявлено ознак порушення принципів академічної доброчесності. Використані положення, методи та результати інших авторів супроводжуються посиланнями на відповідні джерела, що відповідає вимогам академічної етики та наукової коректності.

Зауваження та недоліки дисертації щодо її оформлення і змісту

Загалом дисертаційна робота справляє позитивне враження, а результати є змістовними та прикладно орієнтованими. Водночас слід відзначити окремі зауваження, які мають переважно рекомендаційний характер і не знижують загальної цінності роботи:

1. Експериментальна перевірка. Доцільним було б розширити підтвердження ефективності запропонованої системи керування даними з реального промислового об'єкта (включно з оцінкою стійкості та надійності при довготривалій експлуатації), оскільки саме виробничі збурення є одним з ключових факторів процесу.

2. Оцінка чутливості. Перспективним є більш детальний аналіз чутливості критеріїв оптимізації до варіацій складу синтез-газу, активності каталізатора та параметрів теплообміну, що дозволить уточнити робочі області застосування моделі та алгоритмів.

3. Формалізація обмежень. Бажано більш явно подати в дисертації систему технологічних обмежень (температурних, витратних, перепадів тиску) у вигляді узагальненої постановки оптимізаційної задачі, щоб підсилити строгість математичного формулювання.

4. Порівняння з альтернативами. У подальших роботах доцільно додати порівняльний аналіз із альтернативними методами оптимізації (наприклад, градієнтні/еволюційні методи, МРС-підходи), що підсилить аргументацію вибору конкретного пошукового алгоритму та схем адаптації.

5. Розширення функціоналу КІСУ. Перспективним напрямом є інтеграція діагностичних модулів (оцінювання деградації каталізатора, виявлення відхилень теплообмінних характеристик), що перетворить систему з оптимізаційно-керуючої на комплексну інтелектуальну систему підтримки експлуатації.

Наведені зауваження не мають принципового характеру, не впливають на основні наукові результати та можуть бути враховані автором у подальших дослідженнях.

Загальний висновок

Дисертаційна робота Гуріна Олександра Миколайовича на тему «Розробка та дослідження системи керування з моделлю колони синтезу аміаку у виробництві аміаку» є завершеною науковою працею, що містить обґрунтовані наукові положення, має наукову новизну та практичну цінність.

За змістом, структурою, рівнем наукового опрацювання та обґрунтованістю висновків дисертація відповідає чинним вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії, а її автор заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

Рецензент

доктор технічних наук, доцент,
професор кафедри електричної
інженерії

Східноукраїнського національного
університету ім. В.Даля
Міністерство освіти і науки України
(м. Київ)



Євген РУДНЄВ

Підпис професора кафедри
електричної інженерії,
доктора технічних наук, доцента
Руднева Є.С.
ЗАСВІДЧУЮ:
Начальник відділу кадрів



Ольга КУРТОВА