

## ВІДГУК

офіційного опонента, доктора фізико-математичних наук, професора **Костробія Петра Петровича** на дисертаційну роботу **Олійник Ірини Степанівни** на тему: **«Ідентифікація параметрів інтервальних моделей статичних систем методами оптимального планування насичених експериментів»**,

поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи

### Актуальність теми дисертації

Побудова та дослідження математичних моделей статичних систем, незважаючи на формальну простоту статичних систем, є надзвичайно складною задачею. При математичному моделюванні таких систем (в тому числі при наявності невизначеностей) слід розв'язувати дві задачі:

- задача структурної ідентифікації;
- задача параметричної ідентифікації.

В випадку невизначеностей інтервального типу для вхідних та вихідних змінних ці задачі ускладнюються в зв'язку з відсутністю на сьогодні строгих математичних методів повного опису так званих інтервальних змінних. Навіть для найпростіших (лінійних) структурних моделей статичних систем задача оцінювання параметрів моделі при інтервальному характері вхідних та вихідних даних на сьогодні нерозв'язана. Для ідентифікації параметрів інтервальних моделей статичних систем слід знайти множину розв'язків інтервальної системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Таких математичних методів знаходження такої множини на сьогодні немає. Існуючі методи (інтервальні, еліпсоїдальні з виділенням «насиченого» блоку) характеризуються високою обчислювальною складністю. Тому актуальною є задача зниження обчислювальної складності методів параметричної ідентифікації інтервальних моделей статичних систем за рахунок створення нових методів оцінювання множини значень параметрів з простішими обчислювальними схемами.

Робота складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, списку використаних джерел та двох додатків.

## Структура дисертаційної роботи

В *анотації* подано основний зміст роботи з короткою характеристикою кожного розділу. У *вступі* відзначено актуальність проблем, обґрунтовано мету та основні задачі досліджень. Описано зв'язок роботи з науковими програмами. Сформульовано наукову новизну і практичну цінність отриманих у роботі результатів та їх застосування. Зазначено дані про особистий внесок автора, апробацію результатів роботи та публікації. У *першому розділі* проаналізовано методи ідентифікації параметрів інтервальних моделей статичних систем та визначено, що основною обчислювальною задачею параметричної ідентифікації інтервальних моделей статичних систем є проблема складності форми представлення області розв'язку цієї системи. Аналіз переваг та недоліків методу з виділенням «насиченого» блоку показав, що актуальною є задача удосконалення методів параметричної ідентифікації інтервальних моделей статичних систем на основі створення нових методів локалізації із виділенням «насиченого» блоку інтервальної системи лінійних алгебричних рівнянь, з простішими обчислювальними схемами, націленими на оптимізацію прогностичних властивостей інтервальних моделей статичних систем. У *другому розділі* запропоновано та описано новий метод еліпсоїдного оцінювання множини значень параметрів інтервальних моделей статичних систем на основі ітераційної обчислювальної схеми оптимального насиченого планування експерименту, наведено блок-схему та алгоритм реалізації, а також досліджено збіжність методу. Встановлено, що незалежно від вибору початкових умов, обчислювальна процедура збігається до одного розв'язку. Також, у *другому розділі*, запропоновано та обґрунтовано новий метод оптимального насиченого планування експериментів, який ґрунтується на ітераційній обчислювальній процедурі оптимізації прогностичних властивостей інтервальних моделей. Показано, що його застосування забезпечує зниження обчислювальної складності процедур насиченого планування експериментів. У *третьому розділі* удосконалено метод параметричної ідентифікації інтервальних моделей статичних систем та запропоновано обчислювальну схему редукції інтервальної системи лінійних алгебричних рівнянь. У цьому розділі досліджено

також обчислювальну складність методу еліпсоїдного оцінювання множини значень параметрів інтервальних моделей статичних систем на тестових прикладах з одночасним порівнянням з відомими методами. Також, досліджено обчислювальну складність удосконаленого методу параметричної ідентифікації інтервальних моделей статичних систем на основі процедури редукції інтервальної системи лінійних алгебричних рівнянь. У *четвертому розділі* описано розроблену програмну систему для реалізації удосконаленого методу параметричної ідентифікації інтервальних моделей статичних систем, а також показано результати її апробації для задачі параметричної ідентифікації інтервальної моделі характеристик малої гідроелектростанції та задачі моделювання взаємозв'язку між інтенсивністю транспортних потоків та забрудненням приземистого шару атмосфери діоксидом азоту.

### **Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій**

Основні наукові результати дисертаційної роботи є достатньо обґрунтованими. Їх достовірність забезпечується використанням методів теоретико-множинного підходу та математичного аналізу інтервальних даних. Про достовірність результатів роботи свідчать також результати практичного використання.

### **Наукова новизна**

До основних наукових результатів можна віднести наступні:

1. Вперше розроблено метод еліпсоїдального оцінювання множини значень параметрів інтервальних моделей статичних систем. Метод базується на ітераційній обчислювальній схемі оптимального насиченого планування експерименту. На тестових прикладах у роботі доведено, що розроблений метод забезпечує зниження обчислювальної складності у порівнянні із відомими методами оцінювання.

2. Вперше розроблено метод оптимального насиченого планування експериментів у випадку інтервального представлення вихідних змінних моделей статичних систем. На відміну від існуючих, він ґрунтується на

ітераційній обчислювальній процедурі оптимізації прогностичних властивостей інтервальних моделей. На тестових прикладах у роботі доведено, що це забезпечило меншу обчислювальну складність його реалізації у порівнянні з відомими методами.

3. Удосконалено метод параметричної ідентифікації інтервальних моделей статичних систем, побудований на редукції інтервальної системи лінійних алгебричних рівнянь, у якому використано розроблений метод еліпсоїдального оцінювання множини значень параметрів. Це у сукупності забезпечило зниження обчислювальної складності методу параметричної ідентифікації.

4. У роботі набула подальшого розвитку система комп'ютерного моделювання статичних систем. Вона відрізняється структурною та алгоритмічною організацією програмної частини, оскільки використовує модулі ідентифікації параметрів моделей з гарантованими прогностичними властивостями. Це розширило функціональні можливості комп'ютерного моделювання запропонованої системи.

### **Повнота викладу наукових результатів в опублікованих працях**

За темою дисертаційної роботи опубліковано 17 наукових праць, зокрема, 5 статей у виданнях, що входять до переліку наукових фахових видань з технічних наук, одне з яких індексується міжнародною наукометричною базою Index Copernicus; 12 публікацій у матеріалах конференцій, 4 з яких входять до міжнародної наукометричної бази Scopus. У цих публікаціях достатньо повно викладено основні результати дисертаційних досліджень.

### **Практичне значення отриманих результатів та їх використання**

На основі розробленого методу еліпсоїдального оцінювання множини параметрів інтервальних моделей статичних систем із використанням обчислювальної схеми оптимального насиченого планування експериментів створено систему комп'ютерного моделювання, придатну для моделювання статичних систем на основі аналізу інтервальних даних. Наукові та практичні результати дисертаційної роботи використано у ТЗоВ «Топольки» та

Тернопільському міському відділі державної установи «Тернопільський обласний лабораторний центр МОЗ України» та у навчальному процесі Тернопільського національного економічного університету при викладанні дисциплін «Моделювання та аналіз програмного забезпечення», «Архітектура та проектування програмного забезпечення» та «Інтервальні обчислення». Це підтверджено актами про впровадження.

Автореферат адекватно відображає основні результати дисертаційної роботи.

Однак є ряд

### **Недоліків та зауважень по роботі**

1. У роботі описано алгоритм реалізації розробленого методу еліпсоїдного оцінювання множини значень параметрів інтервальних моделей статичних систем на основі ітераційної обчислювальної схеми оптимального насиченого планування експерименту, на першому кроці якого здійснюють довільний вибір «насиченого блоку». Із опису незрозуміло чи передбачено автором убезпечення від співпадіння рівнянь при формуванні «насиченого» блоку.

2. Доцільно було б порівняти результати оцінювання множини значень параметрів математичної моделі статичної системи з результатами, які дає «середня система», запропонована в роботах Шарія С.П.

3. У наведених в роботі прикладах моделей статичних систем, для дослідження яких використовується запропонована методика, не подано обґрунтування вибору кількості параметрів лінійної моделі статичної системи.

4. Дисертаційна робота Олійник І.С. містить ряд стилістичних недоліків, зокрема повтори тексту (розділи 2, 3), використання сленгу ІСЛАР для опису лінійних нерівностей, «алгебричний» замість «алгебраїчний». Ці неточності однак не приводять до складностей при читанні роботи.

Наведені зауваження в цілому не зменшують наукової цінності результатів, отриманих у дисертаційній роботі Олійник І.С.

## Висновок

Дисертаційна робота Олійник І.С. є завершеною науковою працею, в якій розв'язано актуальну науково-технічну задачу зниження обчислювальної складності методів параметричної ідентифікації інтервальних моделей статичних систем за рахунок створення нових методів еліпсоїдального оцінювання множини значень параметрів.

Дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 9, 11, 12-14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.03.2013 №567 щодо кандидатських дисертацій, а її автор Олійник Ірина Степанівна заслуговує на присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Офіційний опонент,

доктор фізико-математичних наук, професор,  
завідувач кафедри прикладної математики

НУ «Львівська політехніка»

П.П.Костробій

Підпис П.П.Костробія

Затверджую

Вчений секретар Національного університету  
«Львівська політехніка»

к.т.н., доцент



Р.Б. Брилинський