

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Нікуліної Олени Миколаївни

«Методи, моделі та інформаційна технологія оптимізації управління складними динамічними системами (на прикладі енергоблоку АЕС)»,
представлену на здобуття наукового ступеня **доктора технічних наук**
за спеціальністю **05.13.06 – інформаційні технології**

Актуальність теми.

У різних технічних галузях широко використовуються безперервні динамічні системи, які моделюються системами диференціальних рівнянь. Складні динамічні системи характеризуються великою кількістю параметрів та нелінійностей, високим порядком систем диференціальних рівнянь, великим обсягом необхідної для їх описання інформації.

Прикладами складних динамічних систем є енергоблоки атомних електростанцій, що складаються з багатьох динамічних підсистем і потребують модернізації для підвищення безпеки їх експлуатації та економічності. Управління енергоблоками атомних електростанцій виконується багатьма інформаційно-управляючими системами, для яких потрібно підвищувати показники стійкості та якості процесів управління енергоблоками, безпеку і надійність, а також маневрені характеристики енергоблоків під час їх експлуатації, що можна виконати шляхом оптимізації управління енергоблоками.

У різних технічних галузях для інших інформаційно-управляючих систем виникає аналогічна проблема оптимізації управління, особливості якої визначають велика кількість змінних параметрів, складність формалізації і визначення показників якості, суперечність вимог, що пред'являються до них, високий порядок моделей складних динамічних систем. Задачі оптимізації виникають також під час ідентифікації структури та багатьох параметрів моделей інформаційно-управляючих систем для складних динамічних систем. Існуючі інформаційні технології розробки інформаційно-управляючих систем засновані на істотному спрощенні моделей динамічних систем та на застосуванні наближених спрощених критеріїв якості. Відповідні інформаційні технології проектування інформаційно-управляючих систем недостатньо використовують особливості моделювання складних динамічних систем та числові методи оптимізації, що є їх суттєвим недоліком.

Розробка моделей, методів та інформаційної технології оптимізації управління складними динамічними системами на основі оптимізації інформаційно-управляючих систем для підвищення надійності, точності та якості автоматизації управління різними складними динамічними системами на прикладі

оптимізації інформаційно-управляючих систем енергоблоку атомної електростанції є актуальною науково-прикладною проблемою і визначає актуальність дисертаційної роботи.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі Нікуліної О.М. є достатньо високим й базується на детальному аналізі літературних джерел за обраною проблемою, накопиченому практичному досвіді оптимізації управління складними динамічними системами, статистичних даних в Україні та в світовій практиці, гармонійному поєднанні мети та задач дослідження, використанні сучасних методів дослідження, зіставленні та критичному аналізі отриманих результатів у порівнянні з результатами інших дослідників, якісному формулюванні отриманих висновків. Теоретичні дослідження виконано з використанням сучасного математичного апарату, класичних положень теорії автоматичного керування, теорії диференціальних рівнянь, імітаційного моделювання, фізичних явищ, які мають місце при управлінні енергетичними об'єктами.

Достовірність результатів досліджень.

Достовірність результатів дисертаційного дослідження забезпечується коректністю постановок математичних задач, застосуванням стандартних процедур математичного аналізу, теорії автоматичного управління, відповідністю змісту математичних конструкцій фізичній суті управління реальними динамічними об'єктами. Наукові результати здобувача успішно застосовані під час використання в організаціях України, які займаються дослідженням та управлінням складними динамічними системами.

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

– вперше розроблено функціональну модель процесу оптимізації управління складними динамічними системами на основі об'єднання програмних блоків моделей динамічних систем і методів оптимізації, блоку обчислення критеріїв якості систем, блоку подання інформації про динамічні процеси і процеси оптимізації, модулів методів інтегрування та модуля структур даних з формуванням структур даних задач та процесів оптимізації, що дозволяє записувати структури даних в файл з можливістю продовження процесу оптимізації складної динамічної системи та представлення його результатів в текстовій та графічній формах;

– вперше запропоновано загальні моделі динамічних систем з відносними змінними стану, на основі яких побудовані нелінійні математичні моделі для автоматизації процесів управління ядерним реактором ВВЕР-1000 серії В-320, парогенератором ПГВ-1000, паровою турбіною К-1000-60/1500-2 та енергоблоком АЕС, що відрізняються врахуванням багатьох параметрів і нелінійностей та завдяки мінімальній кількості обчислень дозволяють точніше і швидше виконувати імітаційне моделювання, ідентифікацію та оптимізацію параметрів систем управління цими об'єктами;

– вперше запропоновано загальні моделі інформаційно-управляючих систем динамічних об'єктів, на основі яких розроблені моделі для оцінювання якості та підвищення функціональної безпеки інформаційно-управляючих систем ядерного реактора ВВЕР-1000 серії В-320, парогенератора ПГВ-1000, парової турбіни К-1000-60/1500-2 та енергоблоку АЕС для створення гарантоздатних автоматизованих систем управління складними динамічними системами критичного застосування;

– вперше розроблено комплексний критерій оцінювання якості математичних моделей складних динамічних систем, що враховує обмеження значень параметрів моделей, умови стійкості процесів та показник відхилення теоретичних і експериментальних процесів, що дозволяє виконати методами оптимізації ідентифікацію параметрів моделей в елементах енергоблоку АЕС за даними натурних експериментів;

– вперше обґрунтовано стійкість інформаційних управляючих систем другого контуру енергоблоків АЕС з реакторами ВВЕР-1000 при зміні параметрів ПІ регуляторів на основі аналізу ступеня стійкості та меж області стійкості для моделей цих систем;

– вперше розроблено інформаційну технологію оптимізації управління складними динамічними системами шляхом програмної реалізації розроблених методів та моделей, що дозволяє виконати оптимізацію інформаційних управляючих систем енергоблоку АЕС і наочно представити процес обробки інформації у вигляді таблиць та графіків для прийняття рішень при створенні автоматизованих систем управління;

– вдосконалено методи аналізу математичних моделей динамічних систем з використанням матричних методів інтегрування систем диференціальних рівнянь, на основі яких виконаний аналіз процесів в моделях складних динамічних систем, зокрема в нелінійних моделях основних елементів енергоблоку АЕС – ядерного реактора ВВЕР-1000, парогенератора ПГВ-1000, парової турбіни К-1000-60/1500-2, що дозволяє оцінити точність цих моделей;

– отримала подальший розвиток методологія оптимізації параметрів регуляторів інформаційних управляючих систем енергоблоку АЕС на основі не-

лінійних моделей ядерного реактора ВВЕР-1000, парогенератора ПГВ-1000, парової турбіни К-1000-60/1500-2.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.

Розроблено та доведено до практичної реалізації у вигляді інформаційної технології методи та моделі оптимізації управління складними динамічними системами, що забезпечує покращення показників якості процесів управління і сприяє підвищенню надійності систем. Інформаційна технологія оптимізації управління складними динамічними системами, математичні моделі систем автоматичного управління для систем управління другого контуру енергоблоків АЕС з реакторами ВВЕР-1000, обґрунтування стійкості систем управління на основі аналізу ступеня стійкості та меж області стійкості при зміні параметрів ПІ регуляторів, результати оптимізації параметрів ПІ регуляторів систем управління другого контуру енергоблоків впроваджені в ТОВ «НВП Моноліт Енерго». Нелінійні математичні моделі парової турбіни К-1000-60/1500-2 та її автоматизованої системи управління у відносних змінних стану, методи, моделі та інформаційна технологія оптимізації управління складними динамічними системами, що містить моделі реактора ВВЕР-1000 серії В-320, парогенератора ПГВ-1000, різних парових турбін та всього енергоблоку АЕС, рекомендації з оптимізації параметрів регулятора частоти обертання ротора парової турбіни К-1000-60/1500-2 з використанням інформаційної технології оптимізації управління складними динамічними системами використовуються в АТ «ТУРБОАТОМ». Модуль методів інтегрування для розв'язання систем диференціальних рівнянь різними методами інтегрування, критерії ідентифікації з модулю критеріїв систем для теоретичної постановки задачі ідентифікації параметрів моделей динамічних процесів за експериментальними даними з врахуванням усіх необхідних умов задачі ідентифікації, блок методів оптимізації, що містить різні методи одновимірного пошуку та методи багатовимірної оптимізації для практичного розв'язання задачі ідентифікації параметрів моделей динамічних процесів використовуються в Інституті іоносфери НАН і МОН України. Використання вказаних результатів дозволяє підвищити якість проектування систем управління складними динамічними об'єктами, підвищити ступінь наукової обґрунтованості технічних проектів з удосконалення систем управління енергоблоків АЕС. Матеріали дисертації використовуються в навчальних заняттях з дисциплін «Алгоритми та структури даних», «Методи обчислень» та «Чисельні методи» на кафедрі радіоелектроніки, а також «Методи оптимізації систем та процесів керування», «Методи оптимізації та дослідження операцій», «Теорія прийняття рішень» на

кафедрі системного аналізу та інформаційно-аналітичних технологій НТУ «ХП».

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Основні положення та результати дисертаційної роботи достатньо повно опубліковані в 50 наукових працях, у тому числі 22 публікації у наукових фахових виданнях України (2 публікації в міжнародній наукометричній базі SCOPUS), зроблено 25 доповідей на наукових конференціях. У цілому, рівень і кількість публікацій та апробації матеріалів дисертації на конференціях повністю відповідають вимогам МОН України.

Автореферат ідентичний за змістом з основними положеннями дисертації і достатньо повно відображає основні її наукові результати.

По дисертаційній роботі та автореферату є наступні зауваження:

1. До формулювань, наведених у Вступі:

- 1.1. У роботі вказано, що досягнення мети «... дозволить підвищити ступінь наукової обґрунтованості технічних проектів ...». Мабуть автор мала на увазі «надати наукову обґрунтованість» взагалі, тому що не зрозуміло, як можна виміряти її ступінь.
- 1.2. У п. 2 наукової новизни вказано, що «... запропоновано загальні моделі ..., що відрізняються врахуванням багатьох параметрів і нелінійностей ...». Вважаю більш коректним термін «множина параметрів».
- 1.3. У формулюванні п. 6 наукової новизни про те, що «розроблено інформаційну технологію ...», бажано уточнити, до якого з елементів «розроблено», «оптимізації» чи «управління» відноситься рішення «... шляхом програмної реалізації розроблених методів та моделей ...».

2. У другому розділі:

- 2.1. Дуже ретельно описано всі бази даних інформаційної технології, проте у роботі наглядно не представлена взаємодія різних баз даних.
- 2.2. Структуру інформаційної технології та функціональну модель процесу оптимізації слід було б представити більш детальними схемами та рисунками, зокрема зі зв'язків, показаних на рис. 2.1 (рис. 1 автореферату) не зрозуміло, яка інформація чи дані та за яких умов передаються між елементами технології, або в якій послідовності використовуються ці елементи.

3. У шостому розділі:

- 3.1. З матеріалу дисертації не зрозуміло, як методи оптимізації, представлені для розв'язання задач ідентифікації параметрів моделей динамічних систем, відрізняються загально відомих методів.

- 3.2. При ідентифікації параметрів моделей використана так звана векторна цільова функція, але не пояснено чому неможна було б розв'язати цю задачу ідентифікації шляхом мінімізації середньоквадратичного відхилення.
- 3.3. На мій погляд недостатньо чітко показана відповідність елементів моделей ідентифікації, описаних у цьому розділі, певним елементам та етапам ІТ, представленим у другому розділі.

Наведені зауваження ніяким чином **не знижують** високий науковий рівень роботи та її наукову і практичну цінність.

Висновок

Дисертаційна робота Нікуліної Олени Миколаївни «Методи, моделі та інформаційна технологія оптимізації управління складними динамічними системами (на прикладі енергоблоку АЕС)», за своїм змістом **відповідає** паспорту спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв'язує важливу науково-прикладну проблему розробки методів, моделей та інформаційної технології оптимізації управління складними динамічними системами, які характеризуються високим порядком моделей і великою кількістю параметрів та нелінійностей, на основі об'єднання програмних блоків моделей систем і методів оптимізації, критеріїв систем, подання інформації про динамічні процеси і процеси оптимізації, модулів методів інтегрування та структур даних на прикладі оптимізації систем управління енергоблоку АЕС з реактором ВВЕР-1000. Дисертаційна робота **відповідає** вимогам пп. 9, 10 і 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013 р. (зі змінами, внесеними згідно з постановою КМУ № 567 від 27.07.2016), щодо докторських дисертацій, а здобувач Нікуліна Олена Миколаївна **заслуговує** присудження наукового ступеня **доктора технічних наук** за спеціальністю **05.13.06 – інформаційні технології**.

Офіційний опонент,

доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри математичного
забезпечення комп'ютерних систем
Одеського національного університету
імені І.І. Мечникова, м. Одеса



Є.В. Малахов