

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора

Дядюра Костянтина Олександровича

на дисертаційну роботу Скіррова Володимира Васильовича

«Розвиток методів вимірювань характеристик складних механічних і теплофізичних систем на основі комп'ютерного моделювання»,

поданої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальність 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне
забезпечення

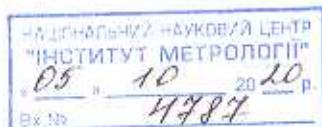
Актуальність теми дисертаційної роботи

Сучасною проблемою промислового розвитку України є оновлення інфраструктурної бази. Існуючі в Україні потужні промислові енергоспоживачі об'єкти поступово відирають свій ресурс. На перший план виходить проблема подовження життєвого циклу та вдосконалення складних систем. Основні експлуатаційні властивості цих складних систем описуються механічними і теплофізичними характеристиками, вимірювання яких дозволяє досліджувати та виконувати діагностику їх стану, а також здійснювати прогнозування термінів їх безвідмової роботи. Добре відомі ті межі, в яких можна отримати аналітичний результат.

Основні експлуатаційні властивості складних систем описуються механічними і теплофізичними характеристиками, вимірювання яких дозволяє виконувати діагностику їх стану і здійснювати прогнозування термінів їх безвідмової роботи. Суттєвою проблемою при визначені характеристик складних механічних і теплофізичних систем є низька точність результатів дослідження технічного стану за результатами експертної оцінки окремих характеристик механічних і теплофізичних систем.

У всіх цих випадках дуже ефективним є комп'ютерне моделювання.

Таким чином, науково-практична проблема підвищення точності результатів дослідження механічних і теплофізичних характеристик складних систем на основі



синтезу вимірювань, аналітичних розрахунків і комп'ютерного моделювання є актуальними.

Дослідження, що склали основу дисертацій, виконані за тематикою Національного наукового центру «Інститут метрології», затвердженим у Порядні про науковий метрологічний центр – ІНІЦ «Інститут метрології» наказом Міністерства економічного розвитку і торгівлі України від 10.05.2016 р. № 792.

Аналіз змісту дисертацій, новинота викладу в опублікованих працях

Дисертаційна робота складається із вступу, шести розділів, висновку, додатків і списку використаних джерел в якості окремого додатку. Новий обсяг дисертації становить 383 сторінки, з них основний текст – 297 сторінок; 178 рисунків за текстом, 90 таблиць за текстом, 4 таблиці на 4 сторінках; список використаних джерел із 292 найменувань на 33 сторінках; 9 додатків на 22 сторінках.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, визначено мету роботи: розробка науково-технічних засад методології підвищення точності результатів досліджень характеристик складних механічних і теплофізичних систем на основі синтезу вимірювань, аналітичних розрахунків і комп'ютерного моделювання. Сформульовані задачі дослідження, визначений об'єкт та предмет дослідження, наукова новизна, практична цінність та особистий високий здобувач в одержаних результатах, подано відомості про їх публікацію, апробацію та впровадження.

У першому розділі автором здійснено аналіз складних систем, які неможливо дослідити аналітичними методами розрахунку. Як складні системи, розглядається сукупність взаємодіючих, функціонально самостійних підсистем, призначених для безпечної працевлаштності промислового об'єкта, в тому числі технічних пристрій з вимірювальними функціями, що експлуатуються на енергогенеруючих об'єктах або входять до складу національних стандартів України.

Виконано аналіз чисельних методів комп'ютерного моделювання, які використовуються в різних галузях промисловості. Проведено дослідження основних сфер застосування чисельно-аналітичних методів розв'язування та рішення сучасних інженерних проблем, які базуються на використанні широкого спектра диференційних рівнянь, відповідно до конкретної задачі.

Наголошено на науково-технічну проблему розвитку методів вимірювання механічних та геодиф'язических характеристик складних систем з використанням розрахункових комплексів моделювання.

У другому розділі приведено результати дослідження точності модельних рішень, які отримано з використанням сучасних програмних комплексів та достовірність отриманих результатів, а саме:

- досліджено густину сітки скінчених елементів, видів різних типів та розмірів скінчених елементів на розрахунки систем складної геометрії, виконано порівняльний розрахунок модельного рішення з аналітичним результатом;

- доведено, що при збільшенні розміру скінчених елементів, використовуваних для побудови скінченості-елементної моделі, незалежно від типу використовуваного скінченого елемента, спостерігається збільшення похибки отриманих результатів при зміненні часу комп'ютерного розрахунку;

- визначено, що зменшення розміру скінченого елемента також призводить до збільшення похибки результату моделювання, оскільки мас місце накопичення похибки округлення результатів розрахунку;

показано, що значення вузлових температур багаточарової стінки, отримані методами Гаусса та методом комп'ютерного моделювання, співпадають, а застосування розрахункових комплексів забезпечує необхідну точність розрахунків.

Отже, підтверджено достовірність модельних рішень у порівнянні з аналітичними розрахунками.

У третьому розділі наведені результати роботи з дослідженням методології застосування розрахункових комплексів моделювання в галузі твердомеханіки, а саме:

- отримано результати важливі для оцінки проектного терміну експлуатації обладнання енергоблоків. Точність вимірювань та міжнародне визнання вимірювань твердості забезпечуються простежуваністю результату вимірювань до національного стадона України;

- проведено дослідження та виконано оцінювання величини коефіцієнтів чутливості на розширену невизначеність результату вимірювань. На

основі цього визначено найбільш впливові коефіцієнти чутливості бюджету невизначеності за показами Роквелла та СуперРоквелла;

– на підставі виконаних досліжень будо встановлено, що глибина вдавлення сталевого сферичного індентора не більше ніж на 2,5 мкм менша, ніж глибина вдавлення карбід-вольфрамового сферичного індентора за тих самих умов виконання вимірювань (для різних металів). Значення твердості відрізняються не більше ніж на 0,3 НВ, що знаходиться в межах розширеної невизначеності для Роквелла НВ. Результати моделювання підтверджуються експериментальними дослідженнями;

– виконано дослідження поширеніх полімерних матеріалів, які застосовуються в адитивному виробництві.

Отже, отримано важливі дані для застосування при розрахунку міцності виробів аналітичними методами і методом скінченних елементів у різних розрахункових комплексах комп'ютерного моделювання.

У четвертому розділі досліджено еталонні теплофізичні вимірювання з використанням сучасних методів моделювання, а саме:

– на прикладі калібратора температури та з використанням модельних рішень отримано температурні залежності нагріву оболонки калібратора при розміщенні навколо різних типів температурних датчиків;

– проведено розрахунки з використанням реальних температур експлуатації при різних коефіцієнтах конвекції на поверхні кориусу калібратора;

– досліджено температурні розподіли та енергетичні параметри газової лазерної метрології;

– отримано рішення, які дозволили розширити діапазон відтворювання потужності лазерного випромінення до 3 Вт та енергії лазерного випромінення до 3 Дж, враховуючи нелинейність коефіцієнта нееквівалентності заміщення потужності лазерного випромінювання електричною потужністю.

У п'ятому розділі запропонована та впроваджена методологія застосування розрахунково-експериментального методу подовження проектного терміну експлуатації енергоблоків АЕС України, а саме:

- запропоновано застосування методу вільних та вимушених коливань при оцінці кваліфікації обладнання енергоблоків на стійкість до сейсмічного впливу;
- запропоновано та впроваджено методи кваліфікації електротехнічного обладнання шляхом експериментального дослідження критичних компонентів (контактні пари, перемикачі, пускові реле) обладнання;
- досліджено та впроваджено комплекс антисейсмічних заходів при подовженні проектного терміну експлуатації енергоблоків ЛЕС, які дозволяють підвищити стійкість обладнання енергоблоків на стійкість до сейсмічного впливу.

На підставі отриманих результатів, прийнято рішення про стійкість обладнання до сейсмічних впливів. Визначено антисейсмічні кіходи (додаткове закріплення, застосування гасять вібрацію демпферів) для обладнання, яке не пройшло лімітрування.

Шостий розділ присвячено дослідженню ступеня еквівалентності національного еталона твердості за шкалами Роквелла та СуперРоквелла з урахуванням результатів модельних рішень, отриманих при дослідженні еталонних індикаторів, що впроваджено при проведенні міжнародних зірень за програмами СООМЕГМІSS та СООМЕГМІSS3.

За результатами міжнародних зірень, національний еталон України у галузі твердометрії за шкалами Роквелла та СуперРоквелла підтвердив свої метрологічні характеристики.

Висновки дисертаційної роботи обґрунтовані, результати ґрунтуються на базових принципах вимірювань, комплексному аналізі принципів комп'ютерного моделювання, основних положеннях термометрії та визначені механічних величин, положеннях концепції невизначеності, чисельних методах вирішення рівнянь, економічних методах аналізу.

У додатках наведено:

- розрахункові листини для комп'ютерного моделювання у галузі твердометрії та температурних вимірювань;
- подано акти впровадження на науково-виробничих підприємствах результатів дисертаційного дослідження.

– приведено регуляторні документи НАЕК Енергоатом України щодо прийняття до застосування результатів дисертації при кваліфікації обладнання енергоблоків Рівненської АЕС.

Зміст дисертації належним чином відображає мету роботи, основні завдання та отримані науково-технічні результати прикладного характеру.

Основні результати роботи, їх наукова новизна

Серед описаних в дисертації результатів, як науково нові, слід відмітити наступні:

– вперше запропоновано комплексний розрахунково-експериментальний метод, що засновується на поєднанні сучасних комп'ютерних програм та результатів експериментальних досліджень складних систем, на відміну від існуючих наближених методів експертної оцінки, що дозволяє підвищити достовірність оцінки та прогнозування їхнього стану;

– вперше досліджено критерій якості побудови скінченоелементної моделі складної системи сучасними розрахунковими комплексами, на відміну від існуючих методів з недостатнім ступенем деталізації об'єкта дослідження, що дозволяє підвищити точність результатів моделювання;

– вперше запропоновано та обґрутовано метод вимірювань характеристик складних механічних та теплофізичних систем на основі поєднання моделювання та вимірювань, що підвищило, зокрема, точність оцінювання ступеня еквівалентності національного еталона одиниць твердості за шкалою Роквелла та СуперРоквелла при проведенні міжнародних звірень, завдяки додаванню додаткових чинників у рівняння вимірювання та бюджет невизначеності результату вимірювання.

Не менш цікливими є наступні наукові результати:

– уточнено метод розрахунку калориметричного перетворювача лазерного випромінення завдяки врахуванню в модельному рішенні температурного поля нелінійності коефіцієнта нееквівалентності заміщення, що підвишило точність вимірювання потужності та енергії лазерного випромінення;

– уточнено методологію прогнозування механічних властивостей матеріалів з використанням моделювання та експериментального дослідження

методів вимірювання твердості зразків матеріалу, яка, на відміну від існуючого методу отримання обладнання АЕС, передбачає прогноз старіння та дослідження критичних компонентів обладнання, що дозволяє підвищити достовірність оцінки стану темперомеханічного обладнання АЕС;

набули по дальшого розвитку модельні рішення при дослідженії властивостей сучасних полімерних матеріалів, отриманих із застосуванням аддитивних технологій та отримано властивості нових полімерних матеріалів, що дас можливість моделювати поведінку полімерних матеріалів залежно від впливу механічних факторів.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій

Наукові положення, висновки і рекомендації, які сформульовані в дисертаційній роботі, обґрунтовано теоретичним аналізом та прикладними експериментальними дослідженнями.

Вірогідність результатів забезпечується коректністю постановки задач, використанням методів комп'ютерного моделювання вимірювальних процесів із застосуванням базових принципів вимірювань, засадах термометрії та визначенії механічних величин, положеннях концепції невизначеності.

Практична цінність роботи

Результати дисертаційної роботи впроваджено в метрологічну практику та методологію комп'ютерного моделювання при побудові модельних рішень, які використовуються для виробничих потреб ТОВ «НВІП «Укрінтех», НІФ «ХарківІрилл», НВІП «ЕЛІВА», для оптимізації технології виробництва механічних елементів ультразвукових дільниць газу на ПрАТ «Енергообслі» та для розробки проекту Програми розвитку сталютої бази на 2018–2020 рр.

Результати дисертаційної роботи використовуються у практиці кваліфікованого обладнання на сейсмічні виливи енергоблоків Рівненської АЕС.

Все це підтверджує оригінальність та практичну цінність роботи.

Зauważення до дисертації та автореферату

1. При наданий тлумачення «складій системи», приведено спрощене визначення, яке не повно пояснює суть терміну.

2. При вирішенні завдання щодо обґрунтування методології аналізу існуючих методів кваліфікації обладнання енергоблоків АЕС з урахуванням подовження проектного терміну експлуатації не наведено, яким чином вирішувалась задача працевлаштності енергоблоку впродовж проектного терміну експлуатації.

3. З аналізу експертного методу оцінювання обладнання не наведено інформацію, чи застосовуються комп'ютерні методи в методі ГІР.

4. Необхідно було б чітко визначити, які саме вимірювальні метрологічні методи застосовуються для розв'язання завдань складних механічних та теплофізичних систем.

5. Необхідно було б чітко визначити, як запропоновані у дисертаційному дослідженні методології застосовуються для АЕС, як для національних стандартів?

6. Яка точність вимірювань для контролю складних систем була до дослідження і після?

7. У чому саме полягає системний аналіз та комплексний підхід при вирішенні завдань енергетики та національних стандартів?

8. Навіть параграф 3.2.2? Параграф описує міри твердості первого розриву, які брали участь у міжнародних зіреннях.

9. Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень та термінів містить дуже детальний перелік, але відсутній символ δ , яким на сторінках 143-146 у таблицях 2.6, 2.7 та 2.9 позначене відносну похибку, а на сторінці 280, тим же символом визначено логарифмічний декремент кодування.

10. Розділ 2 «Дослідження точності результатів комп'ютерного моделювання» містить дуже детальну інформацію по розрахункам елемента складної системи. Доцільно було б скоротити розділ, а рисунки внести у додаток.

11. На сторінці 270, рис. 5.1 доцільно зробити більш детальне текстове пояснення усіх процедур РЕМ. А, на основі цього опису, створити нормативно-правовий документ для робіт з подальшого подовження терміну експлуатації енергоблоків.

12. У тексті дисертації є пояснення та опис процесу з деяким ускладненням для розумінні. Вочевидь, приймаючи велику кількість англомовних публікацій

злюбувача, можна зробити висновок про переклад з англійської та українську. Про це свідчить її країна у визначеній дрібної частині чисел (стор. 165, таблиця 3.2).

13. Рівняння вимірювання твердості (стор. 206, формула (3.14) у певному випадку містить параметр h – глибина індентування, проте у відповідних таблицях бюджетів невизначеності глибина індентування визначається символом l (стор. 334, табл. 6.6 і далі).

14. Великі таблиці, які містять результати міжнародних звірень доцільно було внести у додатки. Обсяг основної частини дисертації залишився б у межах вимог до обсягу, а таблиці не мали б різний кейль у написанні.

15. Рис. 6.17 та рис. 6.24 доцільно зробити монохромним з штриховими лініями, оскільки при чорно-білому друї вони не репрезентативні.

Висновок про відповідність дисертації вимогам

Результати досліджень за темою дисертації викладено у 54 наукових працях, з яких 17 односібні, у тому числі: 22 наукові статті у фахових виданнях, з яких 6 у виданнях, що входять до міжнародних наукометрических баз. Подано 30 доповідей на 18 науково-технічних міжнародних конференціях і семінарах, у тому числі на 10 закордонних. Опубліковано 5 наукових праць у виданнях, що включені до категорії «А» Переліку наукових фахових видань України, та у закордонних видавництвах, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та Scopus. Розміщено 13 тез доповідей у базі даних Scopus.

Основні результати дисертації, що виносяться на захист, отримані злюбувачем самостійно. Перелік публікацій, їх місця та обсяг відповідають темі дисертації, повністю відображають основні положення виконаних досліджень і не суперечать висновкам роботи.

Стиль викладення матеріалу дисертації і автореферату – науковий, послідовний, чіткий та лаконічний. Використана у роботі наукова термінологія з загальновизнаною. Мова викладення результатів теоретичних і практичних досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій практично завжди забезпечує доступність їх сприйняття. Висновки до кожного розділу, і дисертації в

цілому, відображають суть виконаних досліджень. Структура роботи і стиль викладення матеріалу відповідають вимогам до докторських дисертацій.

Зміст та об'єм автореферату повністю ідентичний до змісту й основних положень дисертації та відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України до авторефератів.

Таким чином, дисертантна робота В.В. Склярова є завершеною працею і містить нове вирішення актуальної науково-прикладної проблеми в сфері забезпечення одностійкості вимірювань та проблеми підвищення точності результатів досліджень механічних і теплофізичних характеристик складних систем на основі аналізу вимірювань, аналітичних розрахунків і комп'ютерного моделювання. Теоретичні положення дисертації можуть бути основою для вдосконалення національної еталонної бази України. Практичне використання результатів роботи підтвердило цінність отриманих автором результатів.

Мета роботи, поставлені та розв'язані в цій завдання досліджень, викладені основні наукові результати дають можливість зробити висновок про те, що дисертантна робота відповідає насправду спеціальності 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення.

Робота вносить суттєвий вклад у науку і має практичне значення. Зміст дисертації євдінить про високий рівень кваліфікації автора, як науковця. Відмінні методики та зауваження не впливають на вагомість результатів та їх практичну значимість.

На підставі проведеного аналізу дисертації «Розвиток методів вимірювань параметрів складних механічних і теплофізичних систем на основі комп'ютерного моделювання» можна зробити висновок про те, що за актуальністю, науковим рівнем, отриманими науковими результатами та практичною цінністю робота відповідає вимогам п. 9, 10, 12 – 14 Постанови КМУ «Порядок присудження наукових ступенів» від 24.07.2013 № 567 (з змінами), які ставляться до докторських дисертацій. Наказу Міністерства освіти і науки «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій» від 12.01.2017 № 40, чинним пунктам Наказів Міністерства освіти і науки України «Про опублікування результатів дисертацій на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук» від 23.09.2019 р. №1220 та Листу МОН

України від 04.12.2015 р. № 1/9586 «Про опублікування результатів дисертацій у періодичних виданнях», а її автор Володимир Васильович Скляров заезувовує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення.

Офіційний опонент,

професор кафедри «Технологія
машинобудування, верстаті та інструменті»
Сумського державного університету,
доктор технічних наук,
професор

К.О. Дядора

Підпись Дядори К.О.

ЗАСВІДЧУЮ: *прот. засвідч. від 07 листопада 2015 р. № 1/9586*



Декан факультету ТeСЕТ

О.Г. Гусак

