

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора Трища Романа Михайловича на дисертацію Хом'яка Едуарда Анатолійовича «Метод оцінювання якості параметрів тепловиділяючого елемента енергоблоку атомної електростанції», поданої на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка.

Актуальність теми дисертації.

Дисертаційна робота Хом'яка Едуарда Анатолійовича містить в собі нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати, що у сукупності є досягненням у вирішенні важливого науково-практичного завдання, а саме розробці методу оцінюванні якості параметрів тепловиділяючого елемента шляхом застосування автоматизованого неруйнівного контролю. Тема відповідає основним цілям програми розвитку атомної енергетики в межах реалізації енергетичної стратегії України на період до 2035 року: «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність».

Одна з важливих задач для створення безпечних умов експлуатації енергетичних ядерних реакторів – забезпечення надійної роботи тепловиділяючих елементів тепловидільних збірок для стаціонарних та перехідних режимів в процесі експлуатації та в аварійних умовах. Основним параметром, що обмежує зростання ефективності експлуатації ядерного реактору типу ВВЕР-1000, є герметичність оболонок тепловиділяючих елементів. При досягнутому рівні розуміння процесу розгерметизації оболонок тепловиділяючих елементів, в нормальних умовах експлуатації ядерного реактора типу ВВЕР-1000, механізм розгерметизації оболонки, приблизно в 20% випадків невідомий.

Надійність тепловиділяючих елементів визначається їх здатністю утримувати продукти поділу ядерного палива всередині оболонки, не перевищуючи рівень геометричної формозміни (подовження, звуження, розтягування, опуклість та ін.).

Оцінювання якості параметрів тепловиділяючих елементів включає визначення ступіні пошкодження оболонки, як основного бар'єру, що перешкоджає виходу радіоактивних продуктів поділу в теплоносій та довкілля. Як показує практика, проведення модернізації конструкцій тепловиділяючих елементів та переведення активних зон ядерного реактора типу ВВЕР-1000 на підвищене вигорання таблеток ядерного палива призводять до зміни типового стану опромінених тепловиділяючих елементів. Для вирішення таких завдань потрібна інформація про дефекти оболонок тепловиділяючих елементів за рахунок удосконалення існуючих та розробки нових систем контролю герметичності оболонки та удосконалення методів контролю з метою їх ідентифікації.

Існуючі характеристики ушкоджуючих дефектів оболонки (місце розташування, тип, розміри), дозволяють з'ясувати ймовірну причину їх появи: порушення технології виготовлення тепловиділяючих елементів; недоліки конструкції тепловиділяючих збірок; відхилення від штатних режимів експлуатації тощо. Розробка критеріїв для оцінювання якості параметрів герметичності оболонки тепловиділяючого елемента є актуальною науково-практичною задачею, яка може бути вирішена шляхом впровадження інформаційно-вимірювальних систем оцінювання герметичності оболонок тепловиділяючих елементів.

Виявлення та ідентифікація пошкоджень оболонки тепловиділяючих елементів за час експлуатації – одне з важливих завдань післяреакторних досліджень тепловиділяючих елементів у захисних камерах дослідних центрів АЕС. На виконання цього проекту був створений договір про науково-технічне співробітництво з ТОВ «ЕК «ЕНЕРГО – ТАЙМ» «Проект підсистеми контролю герметичності оболонки ТВЕЛ ПТК АСУТП енергоблоку АЕС» (№ 21 – 39, від 01.06.2021 р.) державний реєстраційний номер №0122U200550, у рамках якого і виконана дисертаційна робота.

Отже, проблема оцінювання якості параметрів тепловиділяючого елемента енергоблоку атомної електростанції шляхом розробки методу автоматизованого

неруйнівного контролю, яка обрана Хом'яком Едуардом Анатолійовичем для дисертаційного дослідження, є актуальною та представляє значний інтерес для розвитку атомної енергетики.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Аналіз дисертації Хом'яка Едуарда Анатолійовича дозволяє робити висновок, що автор з належною повнотою охарактеризував досліджувану задачу, запропонував науковий апарат дослідження, сформулював концептуальні ідеї, які було послідовно реалізовано в процесі розв'язання поставлених завдань. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації підтверджується широким оглядом науково-технічних праць вітчизняних і зарубіжних дослідників з теми дисертації.

Наукова новизна результатів дисертації

Наукова новизна результатів дисертації що виносяться на захист, полягає у наступному:

– вперше розроблено математичну модель розрахунку формозміни геометрії тепловідляючого елемента, яка дозволяє враховувати структурно – фазові зміни та фрактальні властивості в об'ємі матеріалу оболонки, при впливі руйнівних чинників на її зовнішню та внутрішню поверхню, на основі застосування теорії фрактальної геометрії, що дає можливість розрахувати геометричні параметри по всій його висоті;

– вперше розроблено фрактальну модель ушкодженої оболонки тепловідляючого елемента із застосуванням обчислювального апарату фрактально - кластерної геометрії, яка дозволяє визначити момент появи та динаміку зростання наскрізної тріщини у структурі її матеріалу;

– вперше, розроблений експериментальний метод неруйнівного автоматизованого контролю герметичності оболонки тепловідляючого елемента, використовуючи запропоновані моделі, який дозволяє визначити

місце розташування, тип та розміри дефекту на зовнішній та внутрішній поверхні оболонки, без вилучення тепловиділяючого елемента з тепловиділяючої збірки.

Достовірність, обґрунтованість, новизна висновків та рекомендацій.

Достовірність наукових результатів забезпечується їх теоретичною обґрунтованістю з опорою на нормативні документи, науково-технічні праці, сучасні методи і засоби дослідження, поєднанням теоретичних та експериментальних досліджень. Основні наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертації, мають теоретичну та експериментальну обґрунтованість.

Дослідження наукових результатів, висновків і рекомендації підтверджуються результатами експериментальних досліджень, високою збіжністю аналітичних та експериментальних даних, даними і висновками які не заперечують відомим науковим фактам.

Під час дослідження здобувачем було розв'язано всі поставлені завдання, наукова новизна, теоретичні та практичне значення переконливо аргументовані і не викликають сумнівів.

Повнота викладення наукових положень в опублікованих працях.

Вивчення дисертаційної роботи та опублікованих наукових праць Хом'яка Едуарда Анатолійовича можна зробити висновок, що публікації автора у повній мірі відображають основний зміст і положення дисертації, наукову новизну виконаного дослідження, рівень апробації наукових результатів. Результати досліджень, що подані в дисертації, опубліковані у 21 наукових працях, які включають: 1 стаття у науковому виданні, яке входить до наукометричної бази Scopus; 1 стаття (розділ монографії) в країні ЄС; 3 статті у наукових фахових виданнях України; 1 патент на винахід; 5 статей апробаційного характеру; 10 тез доповідей на конференціях.

Значущість результатів дослідження для науки та практики, рекомендації щодо їх використання.

У дослідженні Хом'яка Едуарда Анатолійовича отримано нові науково обгрунтовані результати в галузі інформаційно-виміральної техніки, які в сукупності вирішують актуальне наукове завдання щодо розробки методу оцінювання якості параметрів тепловиділяючого елемента.

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що експериментально розроблений метод оцінювання якості може бути застосований у системах контролю герметичності оболонки ядерного реактора АЕС при проведенні реакторного та післяреакторного контролю герметичності оболонки тепловиділяючого елемента. Це дозволяє скоротити час на вантажно-розвантажувальні роботи для тепловиділяючої збірки з негерметичними тепловиділяючими елементами, що дає економічний ефект і скорочує кількість неоперативного персоналу АЕС.

Крім того, практичну цінність представляє інформаційно-вимірвальний блок виявлення та вимірювання дефектів оболонки тепловиділяючого елемента, який дозволяє реалізувати обчислювальний (вимірвальний) алгоритм методу контролю, а також обробляти інформацію про ступінь герметичності оболонки тепловиділяючого елемента в режимі реального часу та передавати її в програмно-обчислювальний комплекс автоматизованої системи управління енергоблоку АЕС на пульт автоматизованого робочого місця оператора, з метою прийняття рішення щодо експлуатації негерметичних тепловиділяючих елементів та тепловиділяючих збірок ядерного реактора АЕС.

У дисертаційному дослідженні вирішується поставлені науково-практичні задачі шляхом впровадження методичного, математичного, метрологічно-інструментального та апаратно-програмного забезпечення, що в цілому є дистанційною, інформаційно-виміральною системою контролю герметичності оболонки тепловиділяючого елемента тепловиділяючої збірки ядерного реактора типу ВВЕР-1000, як підсистеми у складі автоматизованої системи управління технічними процесами енергоблоку АЕС.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність у цілому.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний об'єм дисертаційної роботи становить 189 сторінок, з них обсяг основного тексту – 143 сторінок: 14 ілюстрацій на 7-ох окремих сторінках, 23 ілюстрація по тексту, 3 таблиці на 2-ох окремих сторінках, 2 таблиці по тексту, 2 додатки на 8-ти сторінках, список використаних джерел із 275 найменувань на 29-ти сторінках.

У вступі наведено загальну характеристику дисертаційних досліджень, їх актуальність, відповідність науковим темам; визначено наукову новизну та практичне значення результатів дисертації, а також предмет та об'єкт дослідження, сформульовано мету та задачі наукового дослідження, показано зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, наведено дані про апробацію результатів та публікації.

Перший розділ роботи присвячений аналізу систем контролю герметичності оболонки елемента, що застосовуються на всіх водно-водяних енергетичних реакторах, а також проаналізовано основні моделі та методи для зазначених систем.

Другий розділ присвячений розробці методу контролю герметичності оболонки тепловиділяючого елемента, який заснований на врахуванні зміни структурно-фазового стану та фрактальних властивостей матеріалу оболонки.

У третьому розділі експериментально підтверджено неруйнівний метод оцінювання якості герметичності оболонки елемента, який дозволяє визначити місце розташування та розміри дефекту на поверхні оболонки, без вилучення елемента з тепловиділяючої збірки, на основі визначення величини фрактальної розмірності на аксіальних сегментах за висотою елемента, шляхом вимірювання електричного опору та потужності залежно від прикладеної частоти при використанні скін-ефекту. Запропоновано алгоритм застосування методу контролю, який пропонується покласти в основу інформаційно-вимірювального модуля виявлення дефектів системи контролю герметичності оболонки.

Четвертий розділ присвячений практичному впровадженню неруйнівного методу системи контролю герметичності оболонки для виявлення розгерметизованих елементів у складі тепловиділяючих збірок реактора.

Анотація відображає основний зміст дисертації та достатньо повно розкриває наукові результати та практичну цінність роботи.

Дисертаційна робота Хом'яка Едуарда Анатолійовича за своїм змістом та формою є завершеним дисертаційним дослідженням.

Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації.

У цілому позитивно оцінюючи наукове і практичне значення отриманих дисертантом результатів, слід відмітити ряд дискусійних положень та зауважень до змісту роботи:

1. У першому розділі дисертаційної роботи достатньо уваги приділено опису таких чинників впливу на стан внутрішньої поверхні оболонки ТВЕЛ, як температури, тиску та радіації, проте не зрозуміло, які фактори враховувалися під час оцінювання якості її зовнішньої поверхні.

2. Не чітко обґрунтовано переваги обраного методу дослідження на основі обчислювального апарату фрактально-кластерної геометрії для оцінювання якості критерію ступеня розгерметизації оболонки тепловиділяючого елемента, порівняно з іншими існуючими методами.

3. З тексту дисертації не зрозуміло, з якою метою в роботі використовували такий показник якості, як час утворення кластерних агрегацій з молекул газу гелію в наскрізній тріщині оболонки тепловиділяючого елемента, згідно з формулами (2.77) і (2.79).

4. Формули (2.27) та (2.28) доцільно було б об'єднати в єдину інтегровану модель, що дало би змогу провести якісну оцінку структури всього об'єму матеріалу оболонки тепловиділяючого елемента, а не тільки з урахуванням змін за висотою та площею внутрішньої й зовнішньої поверхні оболонки.

5. З тексту дисертації не зрозумілими залишаються питання: «Чи можуть бути використані отримані рівняння (2.39) при визначенні оцінки якості такого чинника, як ступінь розгерметизації в режимі реального часу?».

6. У таблиці 3.1 та 3.2 наведено результати фактичних експериментальних досліджень, проте залишається незрозумілим, як було отримано ці дані та чому для оцінювання критерію ступеня розгерметизації використано тільки діапазон величини фрактальної розмірності від 1.45 до 1.68 за висотою та від 2.45 до 2.68 для площі поверхні.

7. В п.4.2. наведено алгоритм побудови визначення величини фрактальної розмірності як основного критерію для оцінювання якості поверхні на основі даних з аксіальних сегментів на прикладі 8 контрольних точок вимірювання (рис. 4.3), проте не зазначено рекомендації чи обмежень щодо вибору відстані між контрольними точками, а також не наведено обґрунтування (чи якогось логічного пояснення),

8. В п.4.5. наведено методику розрахунку похибок вимірювання, проте залишилося не зрозумілим, яка методична похибка закладена під час вимірювання.

9. В роботі зустрічаються стилістичні і орфографічні помилки, деякі неточності при оформленні списку використаних джерел.

Вищезазначені зауваження не знижують наукової новизни та практичної цінності дослідження, а також не впливають на загальну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок

Дисертація Хом'яка Едуарда Анатолійовича «Метод оцінювання якості параметрів тепловиділяючого елемента енергоблоку атомної електростанції» є самостійною науковою працею, яка за своїм змістом, рівнем новизни й практичними значеннями одержаних результатів відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової

спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою КМУ від 12.01.2022 № 44, та «Вимогам до оформлення дисертації» затвердженими наказом МОН України № 40 від 12.01.2017, а її автор - Хом'як Едуард Анатолійович - заслуговує на присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
завідувача кафедри мехатроніки
та електротехніки (№ 305)
Національного аерокосмічного
університету ім. М. Є. Жуковського
"Харківський авіаційний інститут"



Трищ Р.М.

