

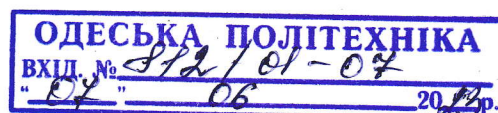
ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора
Дядюри Костянтина Олександровича на дисертацію
Хом'яка Едуарда Анатолійовича «**Метод оцінювання якості параметрів
тепловиділяючого елемента енергоблоку атомної електростанції**»,
поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю
152 Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка

Актуальність теми дисертації

Дисертаційна робота присвячена моделюванню фізичних процесів, на зовнішній та внутрішній поверхні оболонки тепловиділяючого елемента (ТВЕЛ), при яких відбувається ушкодження та руйнування її структури, що є актуальним завданням при проведенні до та після реакторного контролю ТВЕЛ. При моделюванні фізичних процесів, які протікають у структурі матеріалу ТВЕЛ, необхідно враховувати, геометричні параметри ТВЕЛ з урахуванням ушкоджуючих дефектів.

Надійність тепловиділяючих елементів, визначається їх здатністю утримувати продукти розподілу ядерного палива, всередині оболонки, не перевищуючи рівень геометричної формозміни, що призводить до важких аварій та катастроф на ядерних об'єктах. Розробка фактичного критерію оцінки ступеня розгерметизації оболонки елемента, є актуальним науково-практичним завданням, яке вирішується, шляхом впровадження методичного, математичного, метрологічно-інструментального та апаратно-програмного забезпечення, що в цілому представляє собою інформаційно вимірвальну систему контролю герметичності оболонки тепловиділяючого елемента



Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Результати дисертаційної роботи мають достатній рівень обґрунтованості та достовірності, що забезпечено застосуванням відомих та стандартизованих методів досліджень, математичний апарат фрактально-кластерної геометрії і основних положень матеріалознавства. У роботі наведено методики дослідження герметичності оболонки тепловиділяючого елемента, які враховують зміни структурно-фазового стану та фрактальні властивості матеріалу оболонки, а також на основі моделювання запропоновано неруйнівний метод контролю.

Наведені результати роботи, а саме наявність збігу експериментальних та розрахункових результатів дослідження у порівнянні із результатами праць інших авторів, коректність випробувань, проведених у роботі, зумовлених технологічними та експлуатаційними обмеженнями обладнання, повна відповідність висновків та результатів фізичній суті досліджуваних напрямків, є прямим доказом обґрунтованості і достовірності сформульованих наукових положень, висновків і рекомендацій.

Наукова новизна результатів дисертації

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у наступному.

Автором запропоновано новий підхід для вивчення структурно-фазових змін матеріалу оболонки ТВЕЛ, викликаних ушкоджуючими дефектами. Для розрахунку формозміни геометрії тепловиділяючого елемента запропоновано математичний апарат фрактально-кластерної теорії. Для фактичного визначення герметичності оболонки тепловиділяючого елемента на основі моделі фрактальної розмірності, запропоновано метод неруйнівного

контролю, який дозволяє визначити місце розташування та розміри дефекту на поверхні оболонки, без вилучення елемента з тепловиділяючої збірки шляхом вимірювання електричного опору та потужності залежно від прикладеної частоти при використанні скін-ефекту.

Практичне значення результатів дисертаційної роботи

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що експериментально розроблений метод оцінювання якості, може бути застосований у штатних системах КГО ядерного реактора АЕС, при проведенні реакторного та післяреакторного КГО ТВЕЛ, для виявлення місцезнаходження, типу та розміру пошкоджуючого дефекту в структурі оболонки ТВЕЛ, без вилучення ТВЕЛ з ТВЗ, що дозволяє проводити контроль герметичності ТВЕЛ, на ранній стадії у порівнянні зі штатною методикою, що застосовується в системах КГО, а також скоротити час на вантажно-розвантажувальні роботи для ТВЗ з негерметичними ТВЕЛ, приблизно в 3÷5 разів, що дає економічний ефект і скорочує кількість неоперативного персоналу АЕС, що залучається. Крім того, практичну цінність представляє інформаційно вимірювальний блок виявлення та вимірювання дефектів оболонки ТВЕЛ, який дозволяє реалізувати обчислювальний (вимірювальний) алгоритм методу контролю, а також обробляти інформацію про ступінь герметичності оболонки ТВЕЛ, в режимі реального часу та передавати її в програмно-обчислювальний комплекс автоматизованої системи управління (АСУ ТП) енергоблоку АЕС на пульт автоматизованого робочого місця оператора (АРМо), для прийняття рішення, щодо експлуатації негерметичних ТВЕЛ та ТВЗ ядерного реактора АЕС. При цьому, помилка вимірювань, знижена не менше ніж у 1,25 рази в порівнянні з існуючими методами вимірювання системи КГО ТВЕЛ ядерного реактора АЕС.

Повнота викладення наукових положень в опублікованих працях

Результати досліджень, що наведені в дисертаційній роботі, у повному обсязі опубліковані у 21 науковій праці, а саме: 5 статей у фахових виданнях, з яких 1 включена до міжнародних баз даних Scopus, 1 – стаття (розділ монографії) в країні ЄС; 3 статі у наукових фахових виданнях України; опубліковано 1 патент на винахід; опубліковано 10 тез доповідей в збірниках наукових конференцій.

Внесок здобувача у роботах відображено у дисертації та списку наукових публікацій. Підтверджено ідентичність змісту та основних положень дисертаційної роботи.

Рекомендації щодо використання результатів дисертації на практиці

У дисертаційному дослідженні вирішується важлива науково-практична задача підвищення точності та надійності критерію визначення стану структури оболонки для визначення ступеня герметичності (розгерметизації) ТВЕЛ, шляхом впровадження методичного, математичного, метрологічно-інструментального та апаратно-програмного забезпечення, що в цілому є дистанційною, інформаційно-вимірювальною системою контролю герметичності оболонки ТВЕЛ ТВЗ ядерного реактора типу ВВЕР-1000, як підсистеми у складі АСУ ТП енергоблоку АЕС. Результати теоретичних та експериментальних досліджень, алгоритм інформаційно-вимірювального модуля виявлення дефектів, системи контролю герметичності оболонки ТВЕЛ, а також розроблене методичне, математичне, метрологічно-інструментальне та апаратно-програмне забезпечення, можуть знайти практичну апробацію у випробувальних стендах та науково-дослідних

лабораторіях АЕС України. Основні положення дисертації, можуть бути використані у навчальному процесі.

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.

Вступ висвітлює актуальність теми, 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.

У **першому розділі** проведено аналіз штатних систем контролю герметичності оболонки елемента, що застосовуються на всіх водно-водяних енергетичних реакторах, а також проаналізовано основні моделі та методи для штатних систем контролю герметичності оболонки тепловідділяючого елемента. Показано, що методи контролю, не дозволяють визначати місцезнаходження, тип та розміри дефектів пошкодження та руйнування на поверхні оболонки, а також обмежені відсутністю засобів автоматизації та інформатизації. Встановлені основні умови, яким має відповідати інформаційно-вимірювальна система контролю герметичності оболонки елемента. Проаналізовано найбільш використовувані методи та програмно-апаратні засоби математичного моделювання поведінки та динаміки розвитку

ушкодженості та руйнування оболонки елемента, визначені їх переваги та недоліки.

Другий розділ присвячений розробці методу контролю герметичності оболонки тепловиділяючого елемента, який заснован на врахуванні зміни структурно-фазового стану та фрактальних властивостей матеріалу оболонки. Отримано удосконалені аналітичні вирази моделей пошкодженості та деформації оболонки тепловиділяючого елемента, на основі врахування фрактальних прирощень геометричних параметрів оболонки (площі, висоти, товщини тощо), які дозволяють, точніше, визначати фактичний критерій оцінки ступеня герметичності (розгерметизації) елемента

У **третьому розділі** експериментально обґрунтовано вибір величини фрактальної розмірності, для практичного використання, в якості ефективного критерію оцінки ступеня розгерметизації оболонки. Наведено алгоритм вимірювань величини фрактальної розмірності, яка відповідає різним типам дефектів ушкодження за місцезнаходженням та розмірами, на поверхні оболонки по всій висоті елемента. Підтверджено адекватність одержаних теоретичних досліджень щодо вдосконалення моделей ушкодженості та деформації оболонки, на основі проведення експерименту на фізичній моделі оболонки тепловиділяючого елемента у вигляді циліндроподібної трубки з використанням скін-ефекту.

У **четвертому розділі** викладено практичне застосування удосконаленої методики виявлення дефектів на поверхні оболонки негерметичного тепловиділяючого елемента, заснованої на алгоритмі обчислення утворення та формування контурів дефектів у структурі матеріалу оболонки та визначенні місцезнаходження, типу та розміру дефекту ушкодження на аксіальному сегменті по всій висоті елемента. Запропоновано методику вимірювання

геометричних параметрів елемента, із застосуванням вимірювальних датчиків обчислювального модуля виявлення дефектів, на основі удосконалення структурно-функціональної схеми обчислення геометрії елемента.

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

Аналіз показав наявність послідовності, доступності, чітких та завершених фраз і інформативність рисунків у дисертаційній роботі. Показано доступність читання формул у роботі. Текст дисертаційної роботи викладений літературною мовою, хоча наявні певні стилістичні та орфографічні помилки.

Об'єм висновків у достатньому об'ємі, наявна тісна пов'язаність із науковою новизною, поставленими задачами та метою дослідження, що є неопосередкованим доказом цілісності та поетапності під час виконання роботи.

Більша частина джерел, використаних для написання дисертаційної роботи є сучасними, оформлення списку літератури зроблено згідно із існуючими вимогами.

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. Процес утворення ушкоджуючого дефекту оболонки ТВЕЛ, показаний на рисунках 1.1 та 1.2 характерний тільки для аварійних ситуацій, що не відображає причин і послідовності формозміни геометрії тепловиділяючого елемента.

2. В пункті наукової новизни вказано, що «вперше, розроблений експериментальний метод неруйнівного автоматизованого контролю герметичності оболонки тепловиділяючого елемента, який на відміну від відомих...» є протиріччя. Вказано, що метод розроблено вперше і разом з тим вказується, що такі методи розроблялося раніше.

3. Рисунок 1.7 і 2.3 однакові. Зауваження один і той самий рисунок у роботі наведено два рази.

4. Не співпадає інформація у розділі «Апробація результатів дисертації» – 7 доповідей на наукових конференціях з інформацією у розділі «Публікації результатів дисертації» – 10 тез доповідей в збірниках конференцій.

5. У дисертаційній роботі виявлено відсутність докладних пояснень щодо графіків, а також недостатньо обґрунтовані висновки щодо результатів моделювання, особливо в розділі 2. Наприклад, в поясненні до графіків на рисунках 3.5 та 3.6 зазначено, що можна візуально визначити дві області: зону пошкодження та зону герметичності, проте це пояснення не є наочним достатньо.

6. У четвертому розділі не наведено методику застосування розробленого методу для системи контролю герметичності оболонки тепловиділяючого елемента під час експлуатації ядерного реактору.

7. У висновках дисертації не було вказано, наскільки було забезпечено підвищення оцінювання якості критерію розгерметизації оболонки та ефективності запропонованого методу для системи контролю герметичності оболонки на основі отриманих результатів.

8. У роботі зустрічаються граматичні помилки.

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,

професор кафедри біомедичної інженерії

Національного університету «Одеська політехніка»

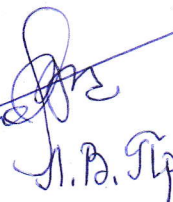


К.О. Дядюра

Підпис проф. К.О. Дядюра
заверю.

Вчений секретар
вченої ради Національного
університету «Одеська
політехніка»




І.В. Прокопенко