

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Філонової Юлії Сергіївни

**на тему «Обґрунтування надійності тепловідводу від металу вигородки РУ
типу ВВЕР-1000 при деградації її геометрії»**

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 14 «Електрична інженерія»

за спеціальністю 143 «Атомна енергетика»

Актуальність теми дисертації.

Робота присвячена актуальній темі оцінки ресурсу роботи елементів ядерних енергетичних установок, зокрема внутрішньо-реакторних пристроїв в умовах закінчення проектного ресурсу обладнання та подальшою його сертифікацією з метою продовження терміну експлуатації. З огляду на це, тема набуває особливого значення для Держави в рамках забезпечення її енергонезалежності та безпеки. Особливо важливими та актуальними є проведені в дисертаційній роботі дослідження щодо оцінки характеристик металу внаслідок дії іонізуючого випромінювання, зокрема явищ радіаційного розпухання, зміни геометричних розмірів елементів та ін., оскільки отримані результати дають можливість оцінити стан та надійність роботи обладнання в довготривалій перспективі.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Запропоновані в роботі методи оцінки характеристик роботи обладнання відповідають сучасним тенденціям розвитку розрахункових методів з використанням чисельного CFD-моделювання, базуються на передовому світовому досвіді проведення наукових досліджень та забезпечують високу точність проведених досліджень та отриманих результатів.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- Розглянута задача зміни умов охолодження внутрішньокорпусних пристроїв внаслідок радіаційного розпухання з застосуванням методів чисельної гідродинаміки з врахуванням просторових особливостей та процесів теплообміну та течії теплоносія.

- Створено методологію розв'язання контактної задачі зміни характеристик внутрішньо-реакторних елементів, яка базується на аналізі міцності, нейтронно-

фізичних розрахунках і теплогідравлічному аналізі починаючи від проектної геометрії і закінчуючи формозміненою.

- Запропоновано підходи з аналізу умов теплообміну, який дозволяє виявити можливі межі порушення умов омивання/охолодження внутрішньо-реакторних елементів як для проектних так і не проектних конфігурацій вигородки в т.ч. в умовах появи радіальних перетоків і їх впливу на зміну умов охолодження вигородки.

- Запропонований в дисертації підхід враховує взаємний вплив нейтронно-фізичних, теплогідравлічних процесів та розрахунку міцності на характеристики роботи внутрішньо-реакторних елементів та надійність роботи обладнання.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання оцінки надійності роботи внутрішньо-реакторних пристроїв в умовах дії іонізуючого випромінювання для проектних та понад проектних термінів експлуатації виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Філонової Ю.С. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 143 Атомна енергетика та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми Атомна енергетика.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям атомної енергетики, зокрема в задачах оцінки та підвищення надійності об'єктів атомної енергетики.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Філонової Юлії Сергіївни є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Дисертація підготовлена на високому науковому та методичному рівні, рукопис має належну редакторську якість та відповідає встановленим вимогам до оформлення та подання друкованих робіт наукового характеру, мова та стиль роботи відповідають прийнятій інженерній методології.

Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 163 сторінки.

У вступі обґрунтовано вибір тематики дисертаційної роботи, сформульовано мету та задачі дослідження, наведено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, охарактеризовано особистий внесок здобувача.

У першому розділі виконано літературний огляд робіт, що пов'язані з темою дисертації. Наведені процеси які відбуваються з металом внутрішньо-реакторних пристроїв під дією іонізуючого випромінення та процеси зміни геометрії елементів ядерного реактора. Також наведені сучасні методи оцінки зміни характеристик геометрії вигородки які застосовують як експериментальні так і чисельні дослідження. Аналіз першого розділу роботи доводить актуальність та практичну значимість роботи.

У другому розділі проведено дослідження зміни умов охолодження вигородки при деградації її геометрії, при контакті із внутрішньокорпусною шахтою та розкритті кілець вигородки. Запропоновано методологію розв'язання задачі визначення зміни умов охолодження, що базується на CFD моделюванні та запропоновано відповідну чисельну модель. За запропонованою методологією проведено серію розрахунків для різних паливних кампаній енергоблоку АЕС України та обґрунтовано вибір представницької кампанії для подальшого аналізу деградації геометрії. Виконано оцінку радіаційного розпухання на основі аналізу цільових функцій радіаційної повзучості – еквівалентних напружень, об'ємних деформацій розпухання та еквівалентних деформацій повзучості. Проведено оцінку інтенсивності радіальних перетоків за допомогою аналітичної оцінки, та із застосуванням розробленої CFD – моделі.

В третьому розділі представлено опис нейтронно-фізичного модулю, який є частиною мультифізичного коду для аналізу впливу наявності зворотніх зв'язків при деградації геометрії вигородки на зміну умов її охолодження. Створена транспортна модель випромінювання, що базується на використанні коду Монте-Карло MCNPX 5 та дозволяє виконати задання нерівномірності температури та матеріального складу. За допомогою транспортної моделі а також розробленої під-програми постобробки реалізовано синтез тривимірних (r - Θ - z) миттєвих та накопичених характеристик випромінення, які можуть передаватися в теплогідравлічний модуль та модуль розрахунків на міцність.

У четвертому розділі виконано мультифізичну процедури оцінки зміни умов охолодження елементів ВКП при деградації їх геометрії з урахуванням наявності зворотніх зв'язків типу «розкриття кілець вигородки – поява радіальних перетоків – локальна зміна умов охолодження металу вигородки – зміна інтенсивності розкриття». В результаті оцінки уточнено значення розкриття кілець на момент 60 кампанії, Отримані величини зазорів між кільцями мають менші значення, які в середньому на 22% нижчі за результати консервативного послідовного аналізу.

У висновках стисло наведено наукові та практичні результати, одержані в дисертаційній роботі. Представлено дані та рекомендації щодо впровадження запропонованих в роботі утилізаторів теплоти

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлені у 13 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 2 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 1 стаття у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, з яких 1 стаття у виданнях, віднесених до першого — третього квартилів (Q1–Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports; Також результати дисертації були апробовані на 10 наукових фахових конференціях.

Високий рівень наукових публікацій зокрема підтверджується публікацією у журналі б.д. Scopus, Q2 (*ASME Journal of Nuclear Radiation Science*), двох фахових виданнях України (Вісник Одеського політехнічного інституту та Науковий журнал «Енергетика: економіка, технології, екологія» (КПІ ім. Ігоря Сікорського), а також 10 наукових конференціях, в т.ч. 3 високо рейтингових закордоном (США, Велика Британія, Чехія).

В наведених публікаціях в достатньо повній мірі відображено науковий зміст та основні результати дисертаційної роботи. Особистий внесок здобувачки до всіх публікацій, опублікованих у співавторстві та зарахованих за темою дисертації є вагомим, що підтверджується особистою участю у проведенні виконаних робіт. В усіх публікаціях дотримуються принципи академічної доброчесності.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

Зазначимо, що не зважаючи на високий науковий рівень дисертації, її практичну значущість та актуальність по роботі є зауваження, а її окремі положення потребують пояснень:

1) На рисунку 2.2 показані фотографії реальної вигородки, на якій видно присутність точок приварки кілець вигородки. Чи враховані вони в розрахунковій моделі, в особливості при оцінці розкриття?

2) Не зрозуміло чим обумовлені вказані в роботі варіанти контакту вигородки та шахти внутрішньокорпусної, які представлені в дисертації? Базуючись на якому підґрунті вони були обрані?

3) В роботі не вказано чи суттєвою є деформація (зміна поперечного перерізу охолоджуючих каналів) у контексті обґрунтування надійності охолодження вигородки при деградації геометрії?

4) В дисертації не наведені відомості щодо валідації розрахункових CFD моделей щодо зміни деградації геометрії вигородки та реальних даних розпухання в умовах іонізуючого випромінення. Чи проводилися порівняння хоча б на тестовій задачі з відомими експериментальними даними?

5) В роботі в якості прикладів наведена оцінка для типу палива ТВЗ-М/ТВЗ-2М/ТВЗ-А. Чи може бути застосована запропонована інженерна методика і для інших видів паливного завантаження (ТВЗ-WR, ТВЗ-WR)?

6) В роботі не вказано чи проводилися порівняння розрахунків радіаційних полів з іншими оцінками за допомогою альтернативних підходів?

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

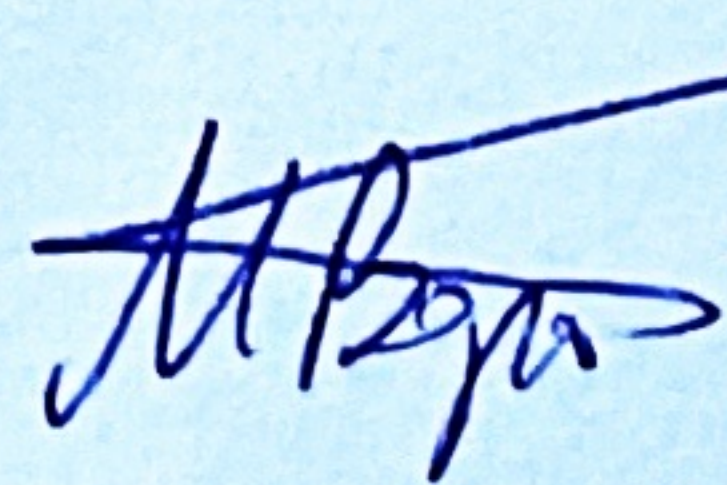
Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Філонової Юлії Сергіївни на тему «Обґрунтування надійності тепловідводу від металу вигородки РУ типу ВВЕР-1000 при деградації її геометрії» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для Атомної енергетики. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Філонова Юлія Сергіївна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 143 «Атомна енергетика»

Рецензент:

Доцент кафедри атомної енергетики
НН ІАТЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського,
к.т.н., доцент



Микита ВОРОБІЙОВ



«27» квітня 2023 року

Підпис доц. Воробійова
Засвідчує, перший
Заступник директора
НН ІАТЕ Євген ШЕВЕЛЬ