

Голові разової спеціалізованої
вченої ради в Національному
університеті «Одеська політехніка»,
завідувачу кафедри атомних
електростанцій, доктору технічних
наук, професору
Володимиру КРАВЧЕНКУ

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора фізико-математичних наук, професора,
провідного наукового співробітника відділу теоретичної фізики ,

Інституту ядерних досліджень НАН України

Павловича Володимира Миколайовича

на дисертаційну роботу Віталія ГРИБА «Удосконалення методів
аналізу безпеки при диверсифікації тепловиділяючих збірок ядерних
енергоустановок», подану до захисту в разову спеціалізовану вчену
раду Національного університету «Одеська політехніка» Міністерства
освіти і науки України на здобуття наукового ступеня доктора
філософії в галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю
143 Атомна енергетика

Актуальність теми дисертації

Весь розвиток сучасної економіки показує, що монополізація поставок сировини для будь якого виробництва рано чи пізно призводить до удорожчання продукції та погіршення її якості, а іноді і до можливості шантажу постачальника. Все це у повній мірі стосується ядерної енергетики України у питанні постачання ядерного палива для АЕС України. До 2005 року єдиним постачальником ядерного палива для українських реакторів була корпорація ТВЕЛ (Російська Федерація). Після прийняття відповідного

рішення урядом України та заключення договору з компанією Westinghouse (Сполучені Штати Америки) перші шість паливних збірок WFA були встановлені на 3 блоці ПУАЕС у 2006 році. З того часу цей досвід поширювався і на всі інші АЕС України.

Відповідно до законодавства України будь які зміни у конструкції та/або у нуклідному складі ядерного палива на АЕС потребують розрахункового обґрунтування та аналізу можливих аварійних ситуацій. Робота Гриба В.Ю. якраз і присвячена удосконаленню методів аналізу аварійних ситуацій при зміні паливних збірок традиційного постачальника на паливні збірки компанії Westinghouse. Актуальність цієї задачі не викликає ніякого сумніву оскільки у найближчому майбутньому Україні доведеться повністю змінити постачальника ядерного палива. Але, взагалі кажучи, цей процес не можна назвати диверсифікацією, оскільки ми не розширюємо коло постачальників, а змінюємо одного на іншого (diversus – різний, а не інший).

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

Розглянемо ступінь обґрунтованості висновків по розділах.

У першому розділі дисертації проведено аналітичний огляд досвіду використання паливних збірок компанії Westinghouse на Чеській (Темелін) та українських АЕС. Висновки, які зроблені на основі цього аналізу показують, що використання цих збірок після відповідних модернізацій не зменшує загальний рівень безпеки реакторів ВВЕР. Цей висновок обґрунтований всім досвідом використання альтернативного палива на АЕС Чехії та України.

Другий розділ дисертації є основним з точки зору обґрунтування необхідності розвитку нового експрес-методу оцінки теплових характеристик реактора з модифікованим паливом у випадку аварійних ситуацій. Автор провів досить ґрунтовний аналіз розрахунків, виконаних різними авторами для оцінки температури оболонки ТВЕЛів в основному з використанням коду RELAP5/Mod3.2 для різних проектних і запроектних аварій реакторів,

завантажених штатним (ТВЗА) і модифікованим (WFA) паливом, і прийшов до наступних висновків.

1. Проведений експлуатуючою та контролюючою організаціями аналіз безпеки аварійних ситуацій з модифікованим паливом є недостатнім і потребує суттєвих доповнень і уточнень.
2. Одним з таких суттєвих уточнень є необхідність обчислення максимальної температури палива поряд з максимальною температурою оболонки ТВЕЛів.
3. У зв'язку з численними модифікаціями паливних касет під час переходу до нового палива, аналіз безпеки при аваріях вимагає величезного обсягу розрахункових досліджень, що може привести (і приводить) до неврахування деяких суттєвих особливостей аварійних ситуацій (див.п.2). Тому можна вважати актуальним і обґрунтованим необхідність розвитку експрес-методу аналізу безпеки, який би дозволив робити оцінки критичних параметрів з суттєво меншою кількістю обчислень.

Такий експрес-метод описується у третьому основному розділі дисертації. Фактично автор пропонує замість детального чисельного розв'язку складної системи диференційних рівнянь у часткових похідних, що реалізується у більшості сучасних теплогідравлічних кодів, зокрема RELAP5/Mod3.2, робити оцінки за допомогою розв'язку одного рівняння першого порядку, що інтегрально описує теплообмін в одному ТВЕЛі. При цьому, теплообмін у ТВЕЛі описується обмеженою кількістю параметрів, зокрема тепловим опором ТВЕЛа і критерієм Нуссельта. Крім цього рівняння враховується інтегральний баланс витрат теплоносія і перепад тиску на активній зоні.

Оцінка безпеки, тобто обчислення максимальної температури оболонки ТВЕЛа і максимальної температури палива, при заміні паливних збірок відбувається з припущенням, що зміна касет веде до зміни гідравлічного опору і коефіцієнтів тепловіддачі. Показано, що при частковій і повній заміні збірок

ТВЗА на збірки WFA критерії безпеки виконуються, і максимальна температура оболонки ТВЕЛів не перевищує 40°C.

Останній висновок є обґрунтований коректним використанням математичного апарату, але математичне обґрунтування самого підходу до оцінки безпеки, коли система диференційних рівнянь замінюється на проінтегровані балансні співвідношення, на жаль у дисертації відсутнє.

Наукова новизна та практичне значення одержаних результатів

Наукова новизна роботи полягає у розробці нового інтегрального методу оцінки безпеки ядерних реакторів під час аварій при заміні штатних паливних збірок на альтернативні. На основі цього методу зроблено оцінку гранично припустимих температур оболонки ТВЕЛів при максимальній проектній аварії за умови повної або часткової заміни паливних касет на збірки компанії Westinghouse.

Результати роботи мають важливе практичне значення для експлуатаційних оцінок аварійних ситуацій при модернізаціях активної зони ядерних реакторів. Також метод може бути корисним для навчального процесу фахівців з ядерної енергетики.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

В дисертації, а також в опублікованих роботах автора фактів порушення академічної доброчесності не виявлено.

Застосування результатів інших авторів мають посилання на першоджерела.

Повнота викладення результатів дисертації в опублікованих працях

Результати дисертації повністю представлені в 10 наукових роботах, з них 4 – у фахових періодичних виданнях України, 1 – у закордонному журналі. Три публікації представлені у періодичних виданнях (журналах), які проіндексовані у базах даних Scopus та WoS. Дві публікації – колективні

монографії за темою дисертаційного дослідження. Матеріали дисертації було представлено на двох міжнародних конференціях та на міжнародному науково-практичному семінарі.

Мова та стиль викладення результатів дисертаційної роботи

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

В цілому робота викладена зрозумілою технічною мовою, яка показує непогане володіння автором досліджуваною тематикою. Разом з тим, я би порадив автору більш прискіпливо ставитися до використання різних термінів і, взагалі, не нехтувати граматику. Наприклад, термін «диверсифікація WFA» взагалі є некоректним, зважаючи на значення слова «диверсифікація», термін «теча» - це русифікований жаргон, термін «фреттінг» взагалі не визначено в роботі.

Графічний матеріал (рисунки, таблиці) в цілому є корисним і добре ілюструють поданий матеріал. Але є винятки, наприклад, Рис.3.1 здається зовсім не редагувався, не визначено, яка величина відкладена на осі абсцис, не всі криві є підписаними.

Взагалі, складається враження, що автор не відредагував свій текст.

Основні зауваження до дисертаційної роботи

Основним недоліком поданої роботи є недостатня математична обґрунтованість запропонованого методу експрес аналізу. Це стосується як основних рівнянь, так і деталей розрахунків, проведених у розділі 3. Наприклад, не вказано, як враховується різне збагачення ТВЕЛів у штатних збірках та WFA, та ін.

Існують також дрібніші недоліки, наприклад, формули (3.2.4) і (3.2.5) є абсолютно однаковими, після формули (3.1.1) написано «за початкових граничних умов» - слово «граничних» є зайвим, після формули (3.1.6) –

«показник теплопровідності газу...») – такого поняття, як «показник теплопровідності» не існує.

Загальний висновок про відповідність роботи встановленим вимогам

Вказані вище зауваження не впливають на загальну оцінку дисертаційної роботи Гриба В.Ю. «Удосконалення методів аналізу безпеки при диверсифікації тепловиділяючих збірок ядерних енергоустановок», і можна вважати, що ця робота відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені п.п. 5, 6, 7, 8 та 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», згідно з постановою КМ України № 44 від 12.01.2022, із змінами, внесеними відповідно до постанови КМ України № 341 від 21.03.2022. Наведені в дисертаційній роботі наукові результати у сукупності вирішують актуальну наукову задачу – оцінку впливу можливих модернізацій палива на ядерну безпеку реакторів ВВЕР-1000 в умовах аварій, а їх автор Гриб Віталій Юрійович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 143 «Атомна енергетика».

Офіційний опонент:

доктор фізико-математичних наук, професор,

провідний науковий співробітник

відділу теоретичної фізики

Інституту ядерних досліджень НАН України

В.М.Павлович