

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

ВІДГУК

офіційного опонента **Борисенка Володимира Івановича**, доктора технічних наук, завідуючого відділенням атомної енергетики Інституту проблем безпеки АЕС НАН України, доцента кафедри ядерної фізики та високих енергій фізичного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка на дисертаційну роботу **Филонича Юрія Володимировича** на тему:
«Удосконалення технології діагностики течі з першого контуру в другий за допомогою детекторів іонізуючого випромінювання для реакторних установок з ВВЕР-1000», яку подано на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 143 – «Атомна енергетика»

1. Актуальність теми дослідження

Дисертацію присвячено вирішенню актуальної науково-технічної задачі, що полягає в удосконаленні технології діагностики течі теплоносія з першого контуру ВВЕР-1000 в другий контур за допомогою детекторів іонізуючого випромінювання, розробленні способів та підходів щодо визначення аварійного парогенератора в умовах, які не завжди дозволяють однозначно визначити аварійний парогенератор за допомогою існуючих систем контролю.

Мета дисертаційної роботи: розробка комплексного методу визначення аварійного парогенератора при міжконтурній течі за допомогою детекторів реєстрації іонізуючого випромінювання, які розташовані на паропроводах гострої пари парогенераторів, – відповідає обраному напрямку дослідження, отримані результати мають наукову новизну та, практичну цінність.

Дисертаційна роботи спрямована на виконання «Комплексної (зведеної) програми підвищення рівня безпеки енергоблоків атомних електростанцій, а саме заходів № 12401, 22401 «Розробка та реалізація організаційно-технічних заходів з управління аварією: теча з першого контуру в другій еквівалентним перерізом DN100», тому є актуальною та спрямована на забезпечення експлуатації ВВЕР-1000.

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

Наукові положення, висновки і рекомендації дисертаційної роботи Филонича Ю. В. достатньо обґрунтовані коректним використанням математичного апарату, програмних засобів та розрахункових моделей енергоблоків з ВВЕР-1000.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій є достатньою і базується на широкому аналізі джерел за даним питанням, постановці мети й завдань дослідження, використанні сучасних методів дослідження та програмних засобів, аргументованому формулюванні висновків. Достовірність та обґрунтованість запропонованих способів і підходів підтверджується результатами експериментальних досліджень та коректним застосуванням методів математичного та комп'ютерного моделювання, які були використані під час виконання роботи. Достовірність отриманих результатів забезпечено коректною постановкою завдань дослідження, використанням загальновизнаних методів досліджень, теоретичним обґрунтуванням запропонованих та розвинутих методів та моделей. Результати дисертаційної роботи можуть бути рекомендовані до використання в ядерній галузі.

Відповідно до поставленої мети дослідження були поставлені і вирішені ряд завдань, а саме:

- аналіз існуючих методів та підходів визначення міжконтурної течії;
- розробка нейтронно-фізичних моделей реактора в програмному засобі MCNP6.2 задля визначення активності теплоносія за ^{16}N з урахуванням вигоряння ядерного палива;

- розробка математичних моделей транспорту реперних нуклідів, зокрема ^{16}N , до точки детектування;
- інтеграція математичної моделі транспорту реперних нуклідів в модель реакторної установки в теплогідравлічному програмному засобі RELAP5/MOD3.2;
- розробка рекомендацій щодо вдосконалення компоновок систем контролю або моніторингу течії теплоносія з першого контуру у другий контур ВВЕР-1000.

Для досягнення поставленої мети та визначених завдань дослідження автор використав:

- детерміністичний метод (теплогідравлічні розрахунки в програмному засобі RELAP5/MOD3.2 та розрахунок ізотопного складу палива в процесі його вигорання під час паливної кампанії в програмному засобі ORIGEN-ARP);
- імовірісно-статистичний метод Монте-Карло (розрахунки транспорту та взаємодії елементарних частинок з речовиною в програмному засобі MCNP6.2);
- аналітичний метод розрахунку транспорту радіонуклідів в першому і другому контурах та активності теплоносія в місці детектування;

Таким чином, висунуті наукові положення, висновки та рекомендації мають достатнє обґрунтування.

3. Наукова новизна одержаних результатів

В дисертації автором отримано нові, науково обґрунтовані результати, що, в сукупності, розв'язують важливу науково-технічну задачу – удосконалення технології діагностики течії з першого контуру в другий за допомогою детекторів іонізуючого випромінювання для підвищення ефективності управління такими аваріями. Розрахунковий аналіз взаємозв'язку між витратою в міжконтурну течу та радіаційною обстановкою біля паропроводів аварійного парогенератора проведений з використанням сучасних програмних засобів, що дозволило детально дослідити ефекти впливу на реєстрацію випромінювання від паропроводів суміжного розташування паропроводів. Отримані результати вказали на можливі режими роботи, при яких неаварійні парогенератори можуть ідентифікуватися як аварійні.

Наукова новизна положень, висновків і рекомендацій полягає в наступному:

1. На основі розробленої розрахункової моделі реактора ВВЕР-1000 з деталізацією водовмісних об'ємів в MCNP6.2 виконано уточнення розрахункової залежності швидкості напрацювання ^{16}N від глибини вигорання ядерного палива.
2. Дістали подальший розвиток математичні моделі для розрахунку транспорту летючих радіонуклідів в другому контурі, в яких, також моделюється розпад та дисперсія атомів ^{16}N протягом транспорту від місця течії до місця розташування апаратури реєстрації випромінювання.
3. Вдосконалено розрахункову модель лічильника Гейгера-Мюллера БДМГ-04-02, що забезпечило прогнозування залежності відгуку лічильника від активності джерела іонізуючого випромінювання в широкому енергетичному діапазоні, що виходить за межі експлуатаційних характеристик лічильника.
4. Вперше поєднано комплекс сучасних нейтронно-фізичних та, теплогідравлічних розрахунків для визначення витрати в течу за допомогою газорозрядних лічильників іонізуючого випромінювання, що дозволило детально дослідити ефект взаємного впливу суміжних паропроводів, та усунути можливість хибної ідентифікації аварійного парогенератора при аварії з міжконтурними течами.

4. Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях

Основні результати дисертаційної роботи викладено в 8 публікаціях, з них: 4 статті у наукових фахових виданнях України з технічних наук за профілем спеціальності, які проіндексовано в міжнародній наукометричній базі Scopus, 4 публікації у працях і матеріалах наукових конференцій, з яких 2 публікації у матеріалах однієї конференції.

Публікації охоплюють всі розділи дисертації та досить повно відображають зміст і результати досліджень, наведених в роботі.

Всі статті здобувача опубліковані у співавторстві.

5. Значення роботи для науки та практики

Результати наукових досліджень здобувача є практично значимими і полягають у тому, що удосконалений комплексний метод дозволив уточнити величину витрати в міжконтурну течу за допомогою детекторів іонізуючого випромінювання. Крім того, зважаючи на широке застосування лічильників Гейгера-Мюллера на АЕС з реакторами ВВЕР, значущими також є результати щодо можливості визначення радіаційного стану в місцях установки приладів для реєстрації іонізуючого випромінювання від технологічного обладнання.

Результати дисертаційної роботи впроваджені у діяльність ВП «Науково-технічний центр» та ДП «НАЕК» Енергоатом» в рамках реалізації Комплексної (зведеної) програми підвищення рівня безпеки енергоблоків атомних електростанцій, а саме заходу «Розробка та реалізація організаційно-технічних заходів з управління аварією: течя з першого контуру в другий еквівалентним перерізом DN100».

6. Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

Дисертація містить результати власних досліджень автора, окрім розробки математичних моделей транспорту летючих та нелетючих радіонуклідів в другому контурі, аналізу ефективності системи управління аварією течя з першого контуру в другий, розрахунків ізотопного складу палива в програмному засобі SCALE, які проводились у співавторстві.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело. Фактів порушення академічної доброчесності в дисертації здобувача не виявлено.

7. Дискусійні положення та зауваження щодо змісту дисертації

У цілому, дисертація Ю.В. Филонича є актуальною і завершеною науково-дослідницькою роботою, що містить нові результати досліджень з використання радіаційних технологій в різних галузях. Разом з цим, під час опрацювання дисертаційної роботи сформулювалися наступні зауваження.

Технічні зауваження до змісту дисертації:

1. С.25. *Об'єкт дослідження – системи безпеки щодо управління ТПКД.*
Об'єкт дослідження – це процес або явище, що породжує проблемну ситуацію й обране для дослідження.
2. С.28. В п. «Зв'язок роботи з науковими програмами . . .» бажано вказати статус дисертанта при виконанні НДР: виконавець, відповідальний виконавець, науковий керівник,
В п.1. «Зв'язок роботи з науковими програмами . . .» і в Анотації Дисертації - не нормативна назва «Комплексної (зведеної) програми підвищення рівня безпеки енергоблоків атомних електростанцій».
3. С.50. *Переріз утворення ^{16}N повільно зменшується зі збільшенням енергії нейтронів.*
Переріз порогової ядерної реакції має спочатку збільшитися. Наприклад, для згаданої ядерної реакції, переріз збільшується з $1\text{E}-5$ барн, при пороговій енергії $10,4\text{ MeV}$ до $1\text{E}-1$ барн при $11,6\text{ MeV}$, потім спад до $2\text{E}-2$ барн при 20 MeV .
4. С.54. *Зауважимо, що в проведених розрахунках враховується вклад від нейтронів, що запізнюються на розмножуючі властивості АкЗ.*
Кількість ні миттєвих, ні запізнілих нейтронів не впливає на розмножуючі властивості АкЗ
5. С.57-60. *Початкове збагачення свіжих ТВЗА за ^{235}U становить 4.38 %.*
Пускова концентрація борної кислоти у теплоносії 1-го контуру становить $26,2\text{ г/кг}$, див. Табл. 2.2. В той же час відомо, що фактична концентрація борної кислоти протягом паливної кампанії змінюється від $\sim 8\text{ г/кг}$ до 0 г/кг . Як можна оцінити вплив наведеного факту на результати досліджень враховуючі, що присутність потужного поглинача в активній зоні впливає на спектр нейтронів у реакторі?
6. С.61. В Табл. 2.3. – *Розрахункові значення швидкості напрацювання ^{16}N у водовмісних об'ємах на початок кампанії реактора, наприклад, вказано: «Вода в комірках центральної труби $5.93 \cdot 10^4\text{ см}^3$ ».*
Не враховано розташування в центральній труби 64 ТВЗ каналів нейтронних

вимірів (КНВ). Наскільки є важливим і обґрунтованим включати в розрахунок напрацювання ^{16}N у водовмісних об'ємах внесок яких набагато менше похибки визначення напрацювання ^{16}N ?

«Вода в комірках направляючих каналів $1.13 \cdot 10^6 \text{ см}^3$ »

В перехідних режимах роботи ВВЕР-1000 в активній зоні (в направляючих каналах ТВЗ) можуть бути розташовані ОР СУЗ робочих груп №№ X, IX, VIII.

Наскільки зміниться об'єм води в направляючих каналах і як це вплине на результати моделювання?

7. С.62. *Така компоновка дозволяє моделювати незалежне переміщення ТПК в межах однієї петлі і, як наслідок, правильно розподілити потоки при частковій роботі ГЦН.*

Як вплине реальне закручування потоку теплоносія, яке є індивідуальною характеристикою для кожного ВВЕР-1000? Як враховано перемішування теплоносія в нижній камері змішування?

8. С.68. с.91. Табл. 2.5. – *Розрахунок транспортного часу в ТПК при роботі 3-х ГЦН, с*

В Табл.2.4. при роботі 4-х ГЦН – монотонне збільшення транспортного часу ТПК при зменшенні потужності реактора

В Табл. 2.5. при роботі 3-х ГЦН – «коливання» транспортного часу ТПК: збільшення, - зменшення.

Наскільки є чутливою модель «транспорту» до зміни потужності реактора?

9. С.91. *Відповідно, функцію $f(t)$ необхідно обмежити до моменту часу $t_{\text{АкЗ}} + t_{\text{тр}}$ ($t_{\text{АкЗ}}$ – час спрацювання АЗ; $t_{\text{тр}}$ – транспортний час від АкЗ до місця течі);*
Як впливає на значення функції $f(t)$ той факт, що АЗ спрацьовує не миттєво, і час падіння АЗ складає $\sim 1,5 - 4$ с.

10. С.187. ВИСНОВКИ

- *визначення теплової потужності АкЗ та залишкових енерговиділень палива в басейні витримки за рахунок коректної оцінки ППД біля корпусу реактора та над басейном витримки.*

Щодо ППД над басейном витримки не наведено обґрунтувань.

11. с.247. Форма Акту впровадження у Додатку Г.

Формулювання

С.6, 26. . . .достовірніше корелює з експериментальними даними.

С.54. . . . бібліотеки оцінених перерізів активації нейтронів

С.56. Потік реактора залежить від багатьох параметрів, в тому числі від часу та енергії.

Орфографія

- Обсяг - об'єм
- Щільність – густина.
- летючих радіонуклід
- ініціалізує запуск цієї системи.
- можуть швидко збільшуваться в розмірах
- 28. R. Sharafutdinov, O. Kavun, N. Kharitonova and N. Repnikov, “Calculation. . . – стаття на російській мові, а в посилання на англійський мові.
- порогу чутливості датчича (с.42)
- Інтегрувати математичної моделі транспорту
- щільність потоку, що залежить від енергії (частинок/см²);
- повтор абзацу с стор.66 (с.75)
- що для молекул ¹⁶N існує дисперсія (с.79)
- Радіактивному – радіоактивному (с.113)
- Табл.3.13, Табл.3.14 – необхідно . Табл.3.3, Табл.3.4 (с.129)
- реєстрації розсіяного спектру від ¹⁶N (с.185)
- Додаток В, частина Рис.С
- 29.“Регламентом радиационного контролю Ривненской АЭС

Вказані вище зауваження не знижують загальної позитивної оцінки досліджень, що отримані в дисертаційній роботі Филонича Ю.В., та не ставлять під сумнів наукові та практичні результати цієї роботи для розвитку ядерних технологій.

8. Загальний висновок про відповідність роботи встановленим вимогам

Дисертаційна робота Филонича Юрія Володимировича «Удосконалення технології діагностики течії з першого контуру в другий за допомогою детекторів іонізуючого випромінювання для реакторних установок з ВВЕР-1000» є цілісним, самостійним, завершеним науковим дослідженням, що вирішує важливе науково-прикладне завдання, має теоретичну і практичну цінність у галузі електричної інженерії. На підставі вищезазначеного можна констатувати, що дисертаційна робота Филонича Ю. В. відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженому Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а її автор – Филонич Юрій Володимирович – заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 143 «Атомна енергетика».

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, завідуючий відділенням
атомної енергетики Інституту проблем безпеки
АЕС НАН України, доцент кафедри ядерної фізики
та високих енергій фізичного факультету
Київського національного університету
імені Тараса Шевченка

Володимир БОРИСЕНКО

Підпис Борисенка Володимира Івановича засвідчую

Вчений секретар

ІПБ АЕС НАН України

Хвалін Д. І.