

О. М. Пугач*, В. Л. Дем'яшин, В. М. Буканов, О. В. Гриценко, В. В. Ількович

*Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна**Відповідальний автор: o.m.pugach@gmail.com**ДОЗИМЕТРИЧНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ НА РЕАКТОРІ ТИПУ ВВЕР-1000
ЕНЕРГОБЛОКА № 3 РІВНЕНСЬКОЇ АЕС**

Представлено детальний опис дозиметричного експерименту щодо визначення характеристик поля нейтронів у місцях розташування зразків-свідків на енергоблоці № 3 Рівненської АЕС. За допомогою комплексного аналізу експериментальних даних виявлено загальні закономірності поведінки характеристик спектрів нейтронів, зокрема спектрального індексу в цих місцях. Проведено порівняння розрахункових даних з експериментальними та показано, що пакет програм MCSS можна використовувати для визначення умов опромінення зразків-свідків, зокрема при розробці модернізованої програми.

Ключові слова: ВВЕР-1000, зразки-свідки, модернізована програма, дозиметричний експеримент, розрахунок переносу нейтронів, нейтронно-активаційний метод.

1. Вступ

Здійснення контролю стану металу корпусу реактора (КР) протягом усього призначеного терміну служби, а також у період подовження терміну служби є однією з основних умов забезпечення надійної й безпечної експлуатації реактора і реакторної установки в цілому. Важливим джерелом інформації про стан металу КР є програма зразків-свідків (ЗС).

На більшості реакторів типу ВВЕР-1000 українських АЕС контроль металу КР здійснюється за штатною програмою ЗС [1], що забезпечує супровід експлуатації КР до закінчення проектного терміну. Для здійснення контролю стану металу корпусу в період продовженого терміну експлуатації після вивантаження та випробувань двоярусних комплектів 1Л, 2Л, 3Л штатної програми ЗС проводиться модернізація одноярусних опромінених комплектів 4Л, 5Л, 6Л [2], яка полягає у переміщенні контейнерів зі зразками з верхнього ярусу на нижній з поворотом збірки на 180° навколо власної осі [3].

Одним з найважливіших підготовчих етапів реалізації модернізованої програми є проведення дозиметричного експерименту з визначення характеристик поля нейтронів у місцях розташування ЗС [4].

2. Цілі дозиметричного експерименту

Дослідження показали, що умови опромінення зразків можуть суттєво відрізнятися у різних ВВЕР-1000. Зумовлено це, перш за все, особливостями конструкції відповідного реактора. При цьому, існуючої в конструкторській та здавальній документації інформації щодо таких особливостей

недостатньо для визначення умов опромінення ЗС з достатньою достовірністю [5].

При визначенні умов опромінення зразків, вивантажених з реактора для проведення досліджень, вплив зазначених особливостей враховується коригуванням розрахункових даних на підставі експериментальних даних, отриманих після розбирання контейнерних збірок (КЗ) [6]. Але модернізована програма вимагає врахування такого впливу до вивантаження ЗС з реактора.

Тому одним з перших етапів розробки модернізованої програми ЗС для конкретного ВВЕР-1000 має бути отримання у дозиметричному експерименті надійної інформації для можливості подальшого врахування впливу особливостей конструкції відповідного реактора на умови опромінення ЗС. Тобто головною ціллю дозиметричного експерименту є отримання експериментальних даних для коригування результатів розрахунків умов опромінення зразків у конкретній реакторній установці.

Розробка модернізованої програми спиралася на загальні закономірності поля нейтронів у місцях розташування ЗС [7 - 9]. Але всі ці закономірності було отримано розрахунковим шляхом за допомогою верифікованого пакета програм MCSS [6, 10]. Наявних експериментальних даних достатньо лише для того, щоб показати, що отримані за допомогою пакета програм MCSS розрахункові закономірності їм не протирічать.

Тому іншою ціллю дозиметричного експерименту є отримання загальних закономірностей поля нейтронів експериментально. Це стосується, перш за все, таких функціоналів нейтронного потоку, як флюенс або густина потоку нейтронів (ГПН), а також спектрального індексу.

Всебічний аналіз цілей експерименту, розрахункових загальних закономірностей поля нейтронів і наявних можливостей привів до схеми

розташування нейтронно-активаційних детекторів (НАД) з ^{93}Nb , ^{54}Fe і ^{63}Cu в КЗ, зображеної на рис. 1 і 2.

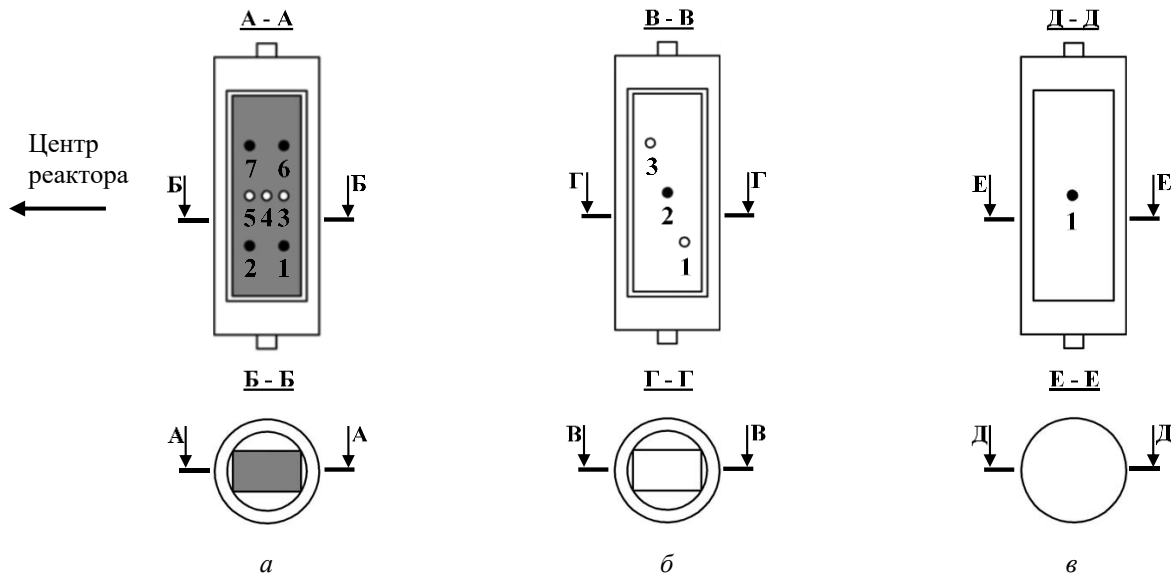


Рис. 1. Схема розміщення НАД в контейнері I-го (а) і II-го (б) типу з імітатором зразків Шарпі та в контейнері III-го типу (в) з імітатором зразків "Р" (центральный контейнер): ○ – НАД із заліза; ● – комплект НАД із ніобію, заліза і міді.

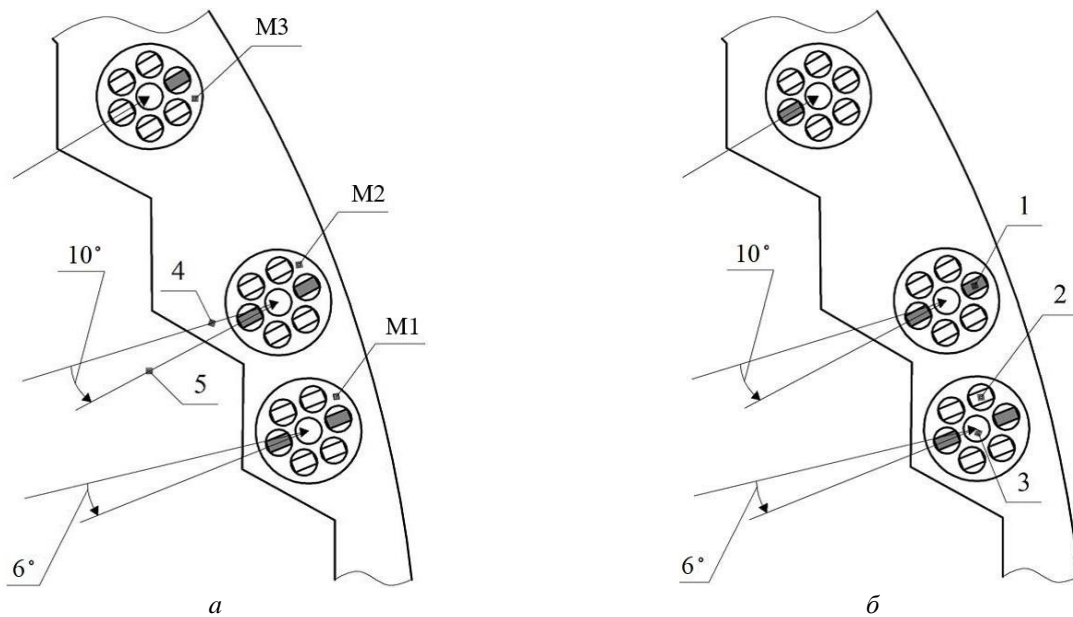


Рис. 2. Схема розміщення контейнерів з імітаторами ЗС в КЗ М1, М2 та М3 на нижньому ярусі (а) і верхньому ярусі (б) метрологічної КЗ: 1 - контейнер I-го типу з імітатором зразків Шарпі; 2 - контейнер II-го типу з імітатором зразків Шарпі; 3 - контейнер III-го типу з імітатором зразків "Р" (центральный контейнер); 4 - радіус реактора; 5 - напрямок максимального градієнта нейтронного потоку.

Таке розташування дає обґрунтовану впевненість у тому, що навіть при деяких неточностях або невідповідностях у прогнозованих закономірностях чи при реалізації експерименту (починаючи від встановлення капсул з НАД у імітатори ЗС і закінчуючи спектрометричними вимірюваннями) поставлені цілі будуть досягнуті.

Перший дозиметричний експеримент було виконано на енергоблоці № 3 Рівненської АЕС,

де перед початком 24-ї паливної кампанії три метрологічні КЗ М1, М2, М3 було встановлено на вільні місця штатних збірок 1Л5, 1Л4, 1Л3 відповідно.

З метою забезпечення однакових умов опромінення штатних і метрологічних КЗ їхні конструкційні відмінності було зведено до мінімуму. Враховуючи недоліки штатної програми ЗС [5], у метрологічні КЗ були внесені незначні зміни, головна

з яких – жорстка фіксація контейнерів, що унеможливило їхнє обертання під час опромінення. Крім того, в імітаторах ЗС було зроблено невеликі отвори для розташування капсул з НАД. Загальна кількість капсул з детекторами при виконанні дозиметричного експерименту на енергоблоці № 3 Рівненської АЕС становила 154 шт.

3. Орієнтування метрологічних КЗ відносно активної зони реактора

Розташування імітаторів ЗС по градієнту нейтронного потоку (див. рис. 2), напрямком якого визначається для конкретного паливного завантаження розрахунками за допомогою пакета програм MCSS, є обов'язковою складовою успішного проведення дозиметричного експерименту.

На практиці це реалізується орієнтуванням КЗ відносно пазів у трубах для розміщення збірок за умови, що орієнтація цих пазів відносно радіуса реактора заздалегідь відома.

Для визначення орієнтації симетричних пазів у трубах було розроблено спеціальну методику [3]. Вона базується на використанні системи автоматизованого проектування. За її допомогою тривимірна цифрова модель вигородки з трубами накладається на зроблену фотографію і проводиться налаштування віртуальної камери. Після цього модель труби повертається навколо своєї центральної осі до повного збігу пазів на фотографії та моделі (рис. 3).

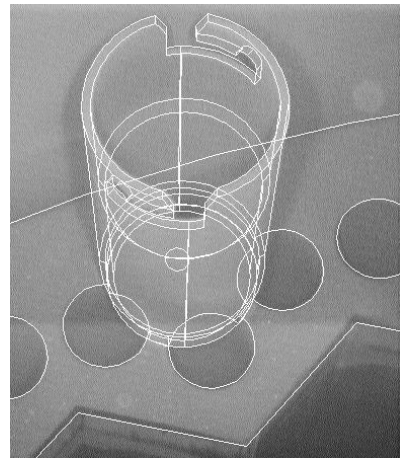


Рис. 3. Фотографія, отримана за допомогою телевізійної системи на перевантажувальній машині МП-1000 та накладення на неї контуру тривимірної моделі.

Перевірку даної методики було виконано на енергоблоці № 4 Рівненської АЕС, де орієнтація пазів кожної труби відома з високою точністю [11]. Результати показали, що похибка визначення кута орієнтації, тобто кута між напрямками з центральної осі КЗ на центральну вісь реактора і на центральну вісь контейнера, найближчого до активної зони (див. рис. 2), становить $\pm 3^\circ$.

Кути орієнтації метрологічних КЗ відносно активної зони реактора у дозиметричному експерименті на енергоблоці № 3 Рівненської АЕС після його проведення було обчислено за допомогою стандартної методики визначення орієнтації КЗ на основі розрахункових і експериментальних даних [6]. Результати наведено у табл. 1.

Таблиця 1. Кути орієнтації метрологічних КЗ, що опромінювалися в рамках дозиметричного експерименту на енергоблоці № 3 Рівненської АЕС, град.

Індекс КЗ	Ярус	Кути при встановленні КЗ в реактор	Кути, отримані за допомогою методики визначення орієнтації КЗ [5]		
			НАД		Зразки зрізів із середніх шайб
			Реакція активації		
			$^{54}\text{Fe}(n, p)^{54}\text{Mn}$	$^{63}\text{Cu}(n, a)^{60}\text{Co}$	$^{54}\text{Fe}(n, p)^{54}\text{Mn}$
М1	Нижній	6,0	5,5	2,3	6,6
	Верхній		7,0	7,7	
М2	Нижній	10,0	11,0	9,7	8,8
	Верхній		8,9	10,0	
М3	Нижній	0,0	-2,1	-5,6	-4,2
	Верхній		-3,3	-4,1	

Маємо зазначити, що розбіжності між кутами для збірки М3, ймовірно, пов'язані не лише з об'єктивною неточністю при її встановленні, а також і з несиметричністю реального поля енерговиділення, тобто відмінністю його від розрахункового.

Враховуючи, що похибки визначення орієнтації КЗ та їх установки становлять декілька градусів, слід визнати дуже хорошу збіжність отриманих

результатів. Це дає змогу оцінити власну похибку розробленої раніше методики визначення орієнтації КЗ відносно активної зони реактора у $1,5^\circ$.

4. Результати дозиметричного експерименту на енергоблоці № 3 Рівненської АЕС

Експериментальними даними, які отримуються в дозиметричному експерименті, є питомі актив-

ності продуктів реакцій активації $^{93}\text{Nb}(n, n')^{93\text{m}}\text{Nb}$, $^{54}\text{Fe}(n, p)^{54}\text{Mn}$ і $^{63}\text{Cu}(n, a)^{60}\text{Co}$ у місцях розташування відповідних НАД.

Порівняння з ними значень питомих активностей, отриманих у результаті транспортних розрахунків, є одночасно як валідацією програми

розрахунку MCSS, так і верифікацією розрахунку [12]. Попередній аналіз отриманих співвідношень не виявив жодних явних залежностей у межах будь-якого ярусу окремої КЗ. Тому в табл. 2 наведено узагальнені результати порівняння.

Таблиця 2. Усереднені відношення розрахункових і експериментально отриманих питомих активностей продуктів реакцій активації НАД, що опромінювалися в рамках дозиметричного експерименту на енергоблоці № 3 Рівненської АЕС

Індекс КЗ	Нижній ярус метрологічної КЗ			Верхній ярус метрологічної КЗ		
	Реакція активації			Реакція активації		
	$^{93}\text{Nb}(n, n')^{93\text{m}}\text{Nb}$	$^{54}\text{Fe}(n, p)^{54}\text{Mn}$	$^{63}\text{Cu}(n, a)^{60}\text{Co}$	$^{93}\text{Nb}(n, n')^{93\text{m}}\text{Nb}$	$^{54}\text{Fe}(n, p)^{54}\text{Mn}$	$^{63}\text{Cu}(n, a)^{60}\text{Co}$
M1	$0,93 \pm 0,04$	$1,05 \pm 0,03$	$1,01 \pm 0,03$	$0,93 \pm 0,06$	$1,10 \pm 0,02$	$1,04 \pm 0,02$
M2	$0,90 \pm 0,07$	$1,04 \pm 0,02$	$0,99 \pm 0,03$	$0,97 \pm 0,03$	$1,07 \pm 0,03$	$1,00 \pm 0,03$
M3	$0,88 \pm 0,04$	$0,94 \pm 0,04$	$0,90 \pm 0,01$	$0,94 \pm 0,05$	$1,01 \pm 0,04$	$0,95 \pm 0,05$

З таблиці видно, що всі відношення відрізняються від 1 менше, ніж на 20 %. Така розбіжність між розрахунковими та експериментальними даними вважається в реакторній дозиметрії прийнятною [13]. Отже, можна зробити висновок про те, що пакет програм MCSS у цілому достовірно розраховує характеристики поля нейтронів у місцях розташування штатних комплектів ЗС реакторної установки енергоблока № 3 Рівненської АЕС, а дані, отримані за його допомогою, можуть бути використані при розробці модернізованої програми з метою забезпечення випереджаючого опромінення ЗС, що залишилися в реакторі.

Крім того, отримані розрахунково-експериментальні відношення можна використати для коригування розрахункових значень флюенсів на ЗС енергоблока № 3 Рівненської АЕС і для оцінки їхніх похибок за розробленою нами методикою [14].

Аналіз самих експериментальних даних з метою отримання певної загальної інформації щодо поля нейтронів у місцях розташування ЗС, як відзначалося у Розділі 2, є другою ціллю дозиметричного експерименту.

Як відомо, питомі активності є хорошою мірою ГПН вище ефективних порогів [15]. А тому їхнє відношення, своєю чергою, є хорошою мірою відповідного спектрального індексу [16].

Для початку було проаналізовано поведінку відношень питомої активності продукту реакції $^{93}\text{Nb}(n, n')^{93\text{m}}\text{Nb}$ (A^{Nb}) до питомих активностей продуктів реакцій $^{54}\text{Fe}(n, p)^{54}\text{Mn}$ і $^{63}\text{Cu}(n, a)^{60}\text{Co}$ (A^{Fe} і A^{Cu} відповідно) у межах окремого контейнера І-го типу (див. рис. 1). Для виявлення загальних закономірностей ці відношення нормувалися на середнє значення для кожного контейнера, після чого отримані нормовані відношення усереднювалися для кожної відповідної просто-

рової точки контейнерів І-го типу. Результати представлено у табл. 3. Для наочності наведено більшу кількість знаків, ніж це зазвичай робиться.

Таблиця 3. Усереднені значення нормованих відношень питомих активностей продуктів реакцій активації НАД з ніобію, заліза і міді, що опромінювалися в контейнерах І-го типу

Номер просторової точки, де розташовувалася капсула з НАД (див. рис. 1, а)	$A^{\text{Nb}} / A^{\text{Fe}}$, відн. од.	$A^{\text{Nb}} / A^{\text{Cu}}$, відн. од.
1	$0,997 \pm 0,056$	$1,026 \pm 0,065$
2	$0,996 \pm 0,043$	$1,008 \pm 0,030$
6	$1,001 \pm 0,052$	$0,983 \pm 0,045$
7	$1,005 \pm 0,046$	$0,983 \pm 0,049$

Як видно з таблиці, всі відношення фактично дорівнюють 1, а значення похибок приблизно дорівнюють несистематичній складовій відношення питомих активностей реакцій активації. Фактично це означає, що форму спектра нейтронів можна вважати однаковою в межах кожного контейнера.

Серед іншого, цей висновок дає змогу при наступних дослідженнях співвідношень питомих активностей використовувати результати вимірювання НАД, розташованих у контейнерах різних типів. Наприклад, це дає змогу за аналогічною процедурою нормування в межах окремого ярусу КЗ та усереднення по всіх ярусах усіх КЗ отримати узагальнений розподіл відношень активностей для будь-якого ярусу будь-якої КЗ. Для прикладу на рис. 4 наведено такий розподіл для відношення $A^{\text{Nb}} / A^{\text{Fe}}$ разом з двома варіантами апроксимації косинус-рядом Фур'є: з ненульовою амплітудою до 1-го і до 2-го гармонійного коливання включно.

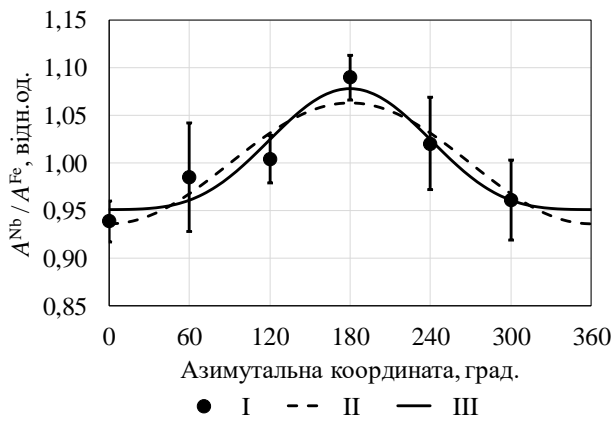


Рис. 4. Усереднені значення нормованих відношень питомих активностей продуктів реакцій активації $^{93}\text{Nb}(n, n')^{93\text{m}}\text{Nb}$ і $^{54}\text{Fe}(n, p)^{54}\text{Mn}$ по периметру будь-якого ярусу будь-якої КЗ (I) та їхня апроксимація косинус-рядом Фур'є з ненульовою амплітудою до 1-го (II) і 2-го (III) гармонійного коливання включно.

Розраховані значення χ^2 становлять 2,69 і 1,42 для 4 і 3 ступенів свободи відповідно. Тобто, хоча формально перевагу маємо віддати використанню апроксимації з ненульовою амплітудою 2-го гармонійного коливання, але різниця в дійсності несуттєва і простіший варіант досить адекватно описує поведінку спектрального індексу по периметру будь-якого ярусу будь-якої КЗ.

Усереднені значення відношень $A^{\text{Nb}} / A^{\text{Fe}}$ для кожного ярусу кожної КЗ наведено у табл. 4.

Таблиця 4. Усереднені значення відношень питомих активностей продуктів реакцій активації $^{93}\text{Nb}(n, n')^{93\text{m}}\text{Nb}$ і $^{54}\text{Fe}(n, p)^{54}\text{Mn}$ для кожного ярусу кожної КЗ

Ярус	M1	M2	M3
Верхній	$1,45 \pm 0,05$	$1,35 \pm 0,05$	$1,32 \pm 0,06$
Нижній	$1,48 \pm 0,04$	$1,56 \pm 0,06$	$1,49 \pm 0,04$

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. Образцы-свидетели. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. 1152.75.00.000 ТО. 60 с. / Surveillance specimens. Technical description and operating instructions. 1152.75.00.00.000 ТО. 60 p. (Rus)
2. Типова програма контролю властивостей металу корпусів реакторів ВВЕР-1000 за зразками-свідками ПМ-Т.0.03.120-23. (ДП «НАЕК «Енергоатом». 2023) 39 с. / Standard Program for monitoring the metal properties of VVER-1000 reactor pressure vessels using surveillance specimens PM-T.0.03.120-23 (SE "NNEGC "Energoatom", 2023) 39 p. (Ukr)
3. А.В. Гриценко и др. Некоторые этапы разработки дополнительной программы образцов-свидетелей для реактора ВВЭР-1000. *Ядерная радиационная безопасность* 2(50) (2011) 29. / A.V. Gritsenko et al. Some stages of development of additional surveillance specimens program for VVER-1000 reactor. *Nuclear and Radiation Safety* 2(50) (2011) 29. (Rus)
4. Рабочая программа контроля свойств металла КР блока № 3 Ровенской АЭС с применением модернизации 4-6 комплектов ОС. Инв. № 180-16/158 (Москва: РНЦ «Курчатовский институт», 2008). / Working program for monitoring the properties of the metal of the reactor pressure vessel of unit No. 3 of Rivne NPP with the application of modernization of 4-6 OS sets. Inventory No. 180-16/158 (Moskva: NRC "Kurchatov Institute", 2008). (Rus)
5. В.Н. Буканов и др. Проблемы дозиметрии образцов-свидетелей, облученных в реакторе ВВЭР-1000. *Ядерная и радиационная безопасность* 2 (2000) 35. / V.N. Bukanov et al. Problems of dosimetry of surveillance specimens irradiated in the VVER-1000 reactor. *Nuclear and Radiation Safety* 2 (2000) 35. (Rus)
6. СОУ 73.1-23724640-002-2022. Система якості. Дозиметрія зразків-свідків металу корпусу реактора ВВЕР-1000 (Київ, Ін-т ядерних дослідж. НАН України, 2022) 47 с. / Standard of organi-

На жаль, із цієї таблиці неможливо зробити жодних однозначних висновків. Перш за все, це пов'язано з неможливістю порівняння цих результатів з будь-якими іншими, тобто отриманими при іншому паливному завантаженні. Тому питання наявності будь-якої закономірності розподілу спектрального індексу між різними ярусами різних КЗ залишається відкритим.

5. Висновки

Необхідним етапом реалізації модернізованої програми ЗС реакторів типу ВВЕР-1000 є проведення дозиметричного експерименту з метою визначення характеристик поля нейтронів у місцях розташування ЗС. Такий експеримент було виконано на енергоблоці № 3 Рівненської АЕС.

Комплексний аналіз експериментальних даних дав можливість виявити ряд загальних закономірностей поведінки спектрального індексу в місцях розташування ЗС. У той же час, вирішення деяких питань вимагає проведення дозиметричних експериментів на інших енергоблоках.

Результати порівняння даних, отриманих завдяки розрахункам пакету програм MCSS, з даними, отриманими в дозиметричному експерименті, показали, що пакет в цілому достовірно розраховує характеристики поля нейтронів у місцях розташування ЗС цього енергоблока, а дані, отримані за його допомогою, можуть бути використані при розробці модернізованої програми ЗС для енергоблока № 3 Рівненської АЕС.

- zation of Ukraine (SOU) 73.1-23724640-002-2022. Quality system. Dosimetry of surveillance specimens of the VVER-1000 reactor vessel metal (Kyiv, Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine, 2022) 47 p. (Ukr)
7. А.В. Гриценко. Определение функционалов нейтронного потока на образцах-свидетелях металла корпуса реактора ВВЭР-1000. Дис. ... канд. техн. наук (Киев, 2003) 170 с. / A.V. Gritsenko. Determination of neutron flux functionals on surveillance specimens of VVER-1000 reactor vessel metal. PhD Dissertation in technical sciences (Kyiv, 2003) 170 p. (Rus)
 8. V.N. Bukanov et al. Comparison of irradiation conditions of VVER-1000 reactor pressure vessel and surveillance specimens for various core loadings. In: *Reactor Dosimetry State of the Art 2008. Proc. of the 13th Intern. Symp. on Reactor Dosimetry, Akersloot, The Netherlands, 25 - 30 May 2008 (World Scientific, 2009) p. 318.*
 9. В.Л. Демехин, В.В. Илькович, В.Н. Буканов. Оценка разброса флюенсов нейтронов на образцы-свидетели металла корпуса ВВЭР-1000 дополнительной программы. *Ядерна та радіаційна безпека 2(54) (2012) 21.* / V.L. Diemokhin, V.V. Ilkovich, V.N. Bukanov. Evaluation of neutron flux scatter on surveillance specimens of VVER-1000 reactor vessel metal in the additional program. *Nuclear and Radiation Safety 2(54) (2012) 21.* (Rus)
 10. Пакет программ MCSS: Верификационный отчет. Ин-т ядерных исслед. НАН Украины. Инв. № 340/38-89 (Киев, 2012) 22 с. / MCSS software package: Verification report. Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine. Inventory No. 340/38 89 (Kyiv, 2012) 22 p. (Rus)
 11. В.В. Илькович. Разработка научно-технических основ дополнительной программы контроля металла корпуса ВВЭР-1000 с помощью образцов-свидетелей. Дис. ... канд. тех. наук (Киев, 2015) 156 с. / V.V. Ilkovych. Development of scientific and technical foundations for the additional program of monitoring the VVER-1000 reactor vessel metal using surveillance specimens. PhD Dissertation in technical sciences (Kyiv, 2015) 156 p. (Rus)
 12. В.Л. Демехин, В.В. Илькович, В.Н. Буканов. Верификация и валидация: процесс vs процедура. *Ядерна фізика та енергетика 14(2) (2013) 150.* / V.L. Diemokhin, V.V. Ilkovych, V.N. Bukanov. Verification and validation: process vs procedure. *Nucl. Phys. At. Energy 14(2) (2013) 150.* (Rus)
 13. *Regulatory Guide 1.190. Computational and dosimetry methods for determining pressure vessel neutron fluence (US Nuclear Research Commission, 2001) 53 p.*
 14. О.М. Пугач та ін. Похибка визначення флюенсу швидких нейтронів на зразки-свідки металу корпусу реактора ВВЕР. *Ядерна фізика та енергетика 22(1) (2021) 42.* / O.M. Pugach et al. Uncertainty determination of fast neutron fluence onto the WVER pressure vessel metal surveillance specimens. *Nucl. Phys. At. Energy 22(1) (2021) 42.* (Ukr)
 15. В.Л. Демехин, В.Н. Буканов, Е.Г. Васильева. Эффективные сечения, рассчитанные по спектру нейтронов у внешней поверхности корпуса реактора ВВЭР-1000. *Зб. наук. праць Ін-ту ядерних дослідж. (Київ, 1999) с. 164.* / V.L. Demekhin, V.N. Bukanov, E.G. Vasilieva. Effective cross-sections calculated from the neutron spectrum at the outer surface of the VVER-1000 reactor vessel. *Scientific Papers of the Institute for Nuclear Research (Kyiv, 1999) p. 164.* (Rus)
 16. В.Л. Демехин и др. Исследования пространственной зависимости формы спектра быстрых нейтронов у внешней поверхности корпуса ВВЭР-1000. *Ядерна фізика та атомна енергетика 2 (15) (2005) 90.* / V.L. Dyemokhin et al. Researches of spatial dependence of fast neutron spectrum form at the outer surface of WVER-1000 pressure vessel. *Nucl. Phys. At. Energy 2 (15) (2005) 90.* (Rus)

O. M. Pugach*, V. L. Diemokhin, V. N. Bukanov, O. V. Grytsenko, V. V. Ilkovych

Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

*Corresponding author: o.m.pugach@gmail.com

DOSIMETRIC EXPERIMENT AT THE VVER-1000 REACTOR OF RIVNE NPP UNIT No. 3

A detailed description of the dosimetric experiment to determine the characteristics of the neutron field at the locations of surveillance specimens at Rivne NPP Unit No. 3 is presented. Through the complex analysis of the experimental data, the presence of general regularities in the behavior of neutron spectrum characteristics, such as the spectral index, at these locations was identified. A comparison of the calculated and experimental data was carried out, demonstrating that the MCSS code package is suitable for determining the irradiation conditions of surveillance specimens, particularly when developing an upgraded program.

Keywords: VVER-1000, surveillance specimens, upgraded program, dosimetric experiment, neutron transport calculation, neutron-activation method.

Надійшла / Received 03.12.2024