

В. І. Борисенко*, В. В. Горанчук

Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, Київ, Україна

*Відповідальний автор: vborysenko@isnpp.kiev.ua

ВАЛІДАЦІЯ MCNP-МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ СТРУМУ ФОНОВОЇ ЖИЛИ ДЕТЕКТОРА ПРЯМОГО ЗАРЯДУ У ВВЕР-1000

Наведено результати числового моделювання в коді MCNP процесу формування сигналу фонових жил (ФЖ) детекторів прямого заряду (ДПЗ) під дією гамма-випромінювання в активній зоні ВВЕР-1000. Проведено валідацію моделі MCNP на результатах експериментального визначення струму ФЖ ДПЗ, отриманих на трьох різних енергоблоках з ВВЕР-1000 протягом паливної кампанії. У статті також запропоновано новий гамма-спосіб визначення теплової потужності реактора (ТПР) ВВЕР-1000 на основі сигналів ФЖ ДПЗ. ТПР є важливим параметром безпеки ВВЕР-1000, тому підвищення точності визначення ТПР при впровадженні додаткового гамма-способу її визначення є актуальною задачею, враховуючи плани по підвищенню ТПР ВВЕР-1000. Наведено результати експериментального визначення ТПР ВВЕР-1000 традиційним нейтронним способом за сигналами ДПЗ, вказано на проблемні питання щодо похибки визначення ТПР нейтронним способом. Наведено результати моделювання з дослідження впливу основних факторів на зміну коефіцієнта пропорційності $K_{ФЖ}$ між фактичною ТПР і ТПР, визначеною за гамма-способом. Для підвищення точності визначення ТПР за гамма-способом запропоновано модель корекції $K_{ФЖ}$, яка враховує вплив вигорання ядерного палива на зміну сигналу ФЖ ДПЗ. Враховуючи, що сигнал ФЖ ДПЗ є безінерційним по відношенню до зміни нейтронної потужності реактора, впровадження способу визначення ТПР за гамма-методом є перспективним для реалізації додаткового альтернативного каналу формування сигналу аварійного захисту як за потужністю, так і за періодом реактора.

Ключові слова: теплова потужність реактора, середньозважена теплова потужність, детектор прямого заряду, фонові жили детектора прямого заряду, MCNP-модель детектора прямого заряду, комптон-ефект, фото-ефект, утворення пар, формування сигналу аварійного захисту.

V. I. Borysenko*, V. V. Goranchuk

*Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants,
National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

*Corresponding author: vborysenko@isnpp.kiev.ua

VALIDATION OF THE MCNP MODEL OF FORMATION OF THE BACKGROUND WIRES CURRENT OF THE SELF-POWERED NEUTRON DETECTORS OF VVER-1000

The article presents the results of the numerical simulation of the signal formation process of the background wires of self-powered neutron detectors (SPND) under the action of gamma radiation in the VVER-1000 core using MCNP code. The validation of the MCNP model was carried out on the results of experimental determination of the current of the background wires of the SPND, obtained at three different power units with VVER-1000 during the fuel campaign. The article also proposes a new gamma-ray method for determining the thermal power of the VVER-1000 reactor (TPR) based on the signals from the background wires of the SPND. TPR is an important safety parameter of VVER-1000, therefore, increasing the accuracy of determining TPR with the introduction of an additional gamma method for its determination is an urgent task, given the plans to increase the TPR of VVER-1000. The results of the experimental determination of the VVER-1000 TPR by the traditional neutron method based on the SPND signals are presented, and problematic issues regarding the error in determining the TPR by the neutron method are pointed out. The article presents the results of modeling to study the influence of the main factors affecting the change in the proportionality coefficient K_{gm} between the actual TPR and the TPR determined by the gamma method. To improve the accuracy of determining the TPR by the gamma method, a correction model for K_{gm} is proposed, which takes into account the effect of nuclear fuel burnup on the change in the signal of the background wires of the SPND. Taking into account that the signal of the background wires of the SPND is inertialess with respect to the change in the neutron power of the reactor, the introduction of the method for determining the TPR by the gamma method is promising for the implementation of an additional alternative channel for generating an emergency protection signal in terms of both power and the period of the reactor.

Keywords: reactor thermal power, weighted average thermal power, self-powered neutron detector, SPND background wire, MCNP model of SPND, Compton effect, photoelectric effect, pair formation, emergency protection formation.

REFERENCES

1. V.A. Bragin et al. In-core Monitoring System of NPP with VVER (Moskva: Energoatomisdat, 1987) 128 p. (Rus)
2. V.I. Borysenko, D.V. Budyk, V.V. Goranchuk. Improving the accuracy of thermal power determination of VVER. *Yaderna Fizyka ta Energetyka (Nucl. Phys. At. Energy)* 20(4) (2019) 381.
3. V.I. Borysenko, D.V. Budyk, V.V. Goranchuk. Determination of VVER-1000 thermal power based on background signals of self-powered neutron detectors. *Yaderna ta Radiatsiyna Bezpeka (Nuclear and Radiation Safety)* 4(84) (2019) 25.
4. Yu. Komarov, A. Arvaninov, A. Smychok. Improvement of the algorithm for the calculation of the average weighted thermal power of the VVER-1000 core and the estimation of its error. *Proc. of Odessa Polytechnic University* 1(57) (2019) 73.
5. V.I. Borysenko, D.V. Budyk, V.V. Goranchuk. VVER-1000 Power Monitoring Based on Neutron Detector Signals. *Yaderna Enerhetyka ta Dovkillya (Nuclear Power and the Environment)* 14(2) (2019) 3. (Ukr)
6. *MCNPTM – A General Monte Carlo N-Particle Transport Code*. Version 4C. Manual. J. F. Briesmeister (Ed.). LA-13709-M (2000) 790 p.
7. *SCALE: A Modular Code System for Performing Standardized Computer Analyses for Licensing Evaluation*. ORNL/TM-2005/39. Version 6 (Oak Ridge National Laboratory, 2009).
8. S.A. Tsimbalov. Characteristics of the rhodium neutron detector DPZ-1M. Preprint IAE-3899/4 (Moskva, 1984) 16 p. (Rus)

Надійшла/Received 30.01.2023