

**В. В. Гальченко<sup>1</sup>, В. І. Гулік<sup>2</sup>, І. І. Шлапак<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Інститут підтримки експлуатації АЕС, Київ*

<sup>2</sup> *Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, Київ*

### **ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ SERPENT НА ОСНОВІ МЕТОДУ МОНТЕ-КАРЛО ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОВИДІЛЯЮЧОЇ ЗБІРКИ РЕАКТОРА ВВЕР-1000**

Описано розрахункову схему тепловиділяючої збірки для підготовки малогрупових характеристик для програмного продукту Serpent, що використовує метод Монте-Карло та безперервну за енергією бібліотеку мікроскопічних констант. Serpent розроблено для розрахунку характеристик тепловиділяючої збірки, включно з розрахунком вигорання і підготовкою малогрупових гомогенізованих макроскопічних перерізів взаємодії, для розрахунку активної зони. Наведено результати верифікаційних розрахунків в порівнянні з іншими програмними продуктами, що використовуються для аналізу нейтронно-фізичних характеристик систем із паливом для реакторів ВВЕР, такими як WIMS, HELIOS, NESSEL та ін.

*Ключові слова:* тепловиділяюча збірка, ВВЕР-1000, метод Монте-Карло, розрахунок реактора, Serpent, MCNP, SCALE, WIMSD5B.

**В. В. Гальченко<sup>1</sup>, В. І. Гулік<sup>2</sup>, І. І. Шлапак<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Інститут підтримки експлуатації АЕС, Київ*

<sup>2</sup> *Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, Київ*

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА SERPENT НА ОСНОВЕ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО ДЛЯ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩЕЙ СБОРКИ РЕАКТОРА ВВЭР-1000**

Представлено описание расчетной схемы тепловыделяющей сборки для подготовки мало групповых характеристик с помощью программного продукта Serpent, который использует метод Монте-Карло и непрерывную по энергии библиотеку микроскопических констант. Этот код разработан для расчета характеристик тепловыделяющей сборки, включая модуль выгорания и подготовку мало групповых гомогенизированных макроскопических сечений для расчета активной зоны. Приведены результаты верификационных расчетов в сравнении с другими программными продуктами, которые используются для анализа нейтронно-физических характеристик топлива реакторов ВВЭР, такими как WIMS, HELIOS, NESSEL и др.

*Ключевые слова:* тепловыделяющая сборка, ВВЭР-1000, метод Монте-Карло, расчет реактора, Serpent, MCNP, SCALE, WIMSD5B.

**V. V. Galchenko<sup>1</sup>, V. I. Gulik<sup>2</sup>, I. I. Shlapak<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *NPP Operational Support Institute, Kyiv*

<sup>2</sup> *Institute for Safety Problems of NPP, Kyiv*

### **USING OF THE SERPENT CODE BASED ON THE MONTE-CARLO METHOD FOR CALCULATION OF THE VVER-1000 FUEL ASSEMBLY CHARACTERISTICS**

The description of calculation scheme of fuel assembly for preparation of few-group characteristics is considered with help of Serpent code. This code uses the Monte-Carlo method and energy continuous microscopic data libraries. Serpent code is devoted for calculation of fuel assembly characteristics, burnup calculations and preparation of few-group homogenized macroscopic cross-sections. The results of verification simulations in comparison with other codes (WIMS, HELIOS, NESSEL etc.), which are used for neutron-physical analysis of VVER type fuel, are presented.

*Keywords:* fuel assembly, VVER-1000, Monte Carlo method, reactor calculation, Serpent, MCNP, SCALE, WIMSD5B.

#### **REFERENCES**

1. *Kostal M., Rypar V., Juricek V.* The criticality of VVER-1000 mock-up with different H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> concentration // *Annals of Nuclear Energy.* - 2013. - Vol. 60. - P. 1 - 7.
2. *Askew J.R., Fayes F.J., Kemshell P.B.* A general Description of the lattice Code WIMS // *Journal of British Nuclear Energy Society.* - 1966. - Vol. 5(1). - P. 564 - 584.
3. *Galchenko V.V.* Data preparation comparison analysis using difference computer codes. Part 2 // *Yaderni ta radiatsiini tehnologiyi (Nuclear and Radiation Safety).* - 2007. - Vol. 7, No. 3-4. - P. 29 - 42. (Rus)

4. Babenko V.O., Gulik V.I., Pavlovykh V.M. Modeling of Two-zone Accelerator-Driven Systems // *Yaderna fizyka ta enerhytyka (Nucl. Phys. At. Energy)*. - 2012. - Vol. 13, No. 3. - P. 266 - 275.
5. Gulik V.I., Tkaczyk A.H. Cost optimization of ADS design: Comparative study of externally driven heterogeneous and homogeneous two-zone subcritical reactor systems // *Nuclear Engineering and Design*. - 2014. - Vol. 270. - P. 133 - 142.
6. Gulik V.I., Pavlovykh V.M., Tkaczyk A.H. Using SERPENT Monte Carlo and Burnup code to model Traveling Wave Reactors (TWR) // *Proc. of Joint Int. Conf. on Supercomputing in Nuclear Applications & Monte Carlo (SNA&MC2013)* (Paris, France, 27 - 31 Oct., 2013).
7. Khotyayintsev V.M., Aksonov A.V., Khotyayintseva O.M. et al. Velocity Characteristic and Stability of Wave Solutions for a CANDLE Reactor with Thermal Feedback // *Annals of Nuclear Energy*. - 2015. - Vol. 85. - P. 337 - 345.
8. Wagner J.C., Peplow D.E., Mosher S.W., Evans T.M. Review of Hybrid (Deterministic/Monte Carlo) Radiation Transport Methods, Codes, and Applications at Oak Ridge National Laboratory // *Progress in Nuclear Science and Technology*. - 2011. - Vol. 2. - P. 808 - 814.
9. Martin W.R. Challenges and prospects for whole-core Monte Carlo analysis // *Nuclear Engineering and Technology*. - 2012. - Vol. 44 (2). - P. 151 - 160.
10. Briesmeister J. MCNP General Monte Carlo Code N-Particle Transport Code Version 4C, LA-13709-M. - 1993.
11. Forster R.A., Godfray T.N. MCNP - a general Monte Carlo code for neutron and photon transport. *Lecture Notes in Physics // Monte Carlo Methods and Applications in Neutronics*. - 1985. - Vol. 240. - P. 33 - 55.
12. Leppanen J. Development of a new Monte Carlo reactor physics code, Helsinki University of Technology: D. Sc. thesis. - VTT Publications, 2007. - P. 640
13. Leppänen J., Pusa M., Viitanen T. et al. The Serpent Monte Carlo code: Status, development and applications in 2013 // *Annals of Nuclear Energy*. - 2015. - Vol. 82. - P. 142 - 150.
14. Fridman E., Shwageraus E. Modeling of SFR cores with Serpent-DYN3D codes sequence // *Annals of Nuclear Energy*. - 2013. - Vol. 53. - P. 354 - 363.
15. Fridman E., Leppänen J. On the use of the Serpent Monte Carlo code for few-group cross section generation // *Annals of Nuclear Energy*. - 2011. - Vol. 38. - P. 1399 - 1405.
16. URL: <http://montecarlo.vtt.fi/> (accessed 18.05.16).
17. Benchmark calculations for VVER-1000 fuel assemblies using uranium or MOX fuel / Validation report for FY 1997 (Final report). // ORNL/SUB/00-85B99398V-9. - 2000. - 114 p.
18. Galchenko V.V., Solovyov V.V., Gorodnycha O.S. Nuclear Fuel Burn-Up Credit for Criticality Safety Justification of Spent Nuclear Fuel Storage Systems // *Yaderni ta radiatsiini tekhnologiyi (Nuclear and Radiation Safety)*. - 2012. - Iss. 2 (54). - P. 45 - 50. (Ukr)
19. Galchenko V.V., Mishyn A.A. Comparative analysis of reactor cycle neutron characteristics using different WIMSD5B nuclear data libraries // *Yaderni ta radiatsiini tekhnologiyi (Nuclear and Radiation Safety)*. - 2015. - Iss. 3(67). - P. 8 - 12. (Ukr)

Надійшла 24.05.2016

Received 24.05.2016