

О. М. Хотяїнцева¹, В. М. Хотяїнцев², В. М. Павлович¹

¹ *Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ*

² *Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ*

РЕАКТИВНІСТЬ У ТЕОРІЇ СТАЦІОНАРНОЇ ХВИЛІ ЯДЕРНИХ ПОДІЛІВ

Досліджується аксіальне поширення стаціонарної хвилі ядерних поділів в активній зоні хвильового реактора циліндричної форми, відомого також як CANDLE. Використовується ефективна одновимірна модель швидкого реактора з паливом на основі ^{238}U . Одногрупове рівняння дифузії нейтронів розв'язується спільно з рівняннями вигорання нуклідів. У попередніх роботах була отримана в аналітичному вигляді залежність швидкості хвилі від ефективної концентрації поглиначя, так звана швидкісна характеристика. За рахунок нестабільності ^{241}Pu швидкісна характеристика реактора є двозначною, причому розв'язки нижньої гілки є нестійкими. У даній роботі в рівняння дифузії введено реактивність як додатковий параметр моделі. У результаті отримано узагальнене рівняння швидкісної характеристики, що визначає залежність швидкості хвилі від ефективної концентрації поглиначя й реактивності. Показано, що ефективна концентрація поглиначя й реактивність входять до рівняння швидкісної характеристики лінійно та адитивно, а, отже, залежність швидкості хвилі від обох цих параметрів є однаковою з точністю до масштабного множника. Результати роботи відкривають можливість досліджувати швидкісну характеристику реактора на хвилі ядерних поділів за допомогою потужних сучасних реакторних кодів, поза межами одногрупового дифузійного наближення, розраховуючи ефективний коефіцієнт розмноження нейтронів у режимі стаціонарної хвилі для ряду заданих значень потужності реактора.

Ключові слова: хвиля ядерних поділів, швидкий реактор, реактор на хвилі ядерних поділів, одногрупове наближення, реактивність.

Е. Н. Хотяинцева¹, В. Н. Хотяинцев², В. Н. Павлович¹

¹ *Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ*

² *Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев*

РЕАКТИВНОСТЬ В ТЕОРИИ СТАЦИОНАРНОЙ ВОЛНЫ ЯДЕРНЫХ ДЕЛЕНИЙ

Исследуется аксиальное распространение стационарной волны ядерных делений в активной зоне волнового реактора цилиндрической формы, известного также как CANDLE. Используется эффективная одномерная модель быстрого реактора с уран-плутониевым топливом. Одногруповое уравнение диффузии нейтронов решается совместно с уравнениями выгорания нуклидов. В предыдущих работах была получена аналитическая зависимость скорости волны от эффективной концентрации поглотителя, так называемая скоростная характеристика. За счет нестабильности ^{241}Pu скоростная характеристика реактора оказывается двужаночной, причем решения нижней ветки являются неустойчивыми. В данной работе в уравнение диффузии введена реактивность как дополнительный параметр. В результате получено обобщенное уравнение скоростной характеристики, которое определяет зависимость скорости волны от эффективной концентрации поглотителя и реактивности. Показано, что эффективная концентрация поглотителя и реактивность входят в уравнение скоростной характеристики линейно; это значит, что их изменения являются равнозначными с точностью до множителя. Это открывает возможность исследовать скоростную характеристику реактора на волне ядерных делений при помощи современных компьютерных кодов для ядерных реакторов, рассчитывая реактивность для ряда значений мощности.

Ключевые слова: волна ядерных делений, быстрый реактор, реактор на волне ядерных делений, одногруповое приближение, реактивность.

О. М. Khotyayintseva¹, V. M. Khotyayintsev², V. M. Pavlovych¹

¹ *Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv*

² *Taras Shevchenko National University, Kyiv*

REACTIVITY IN THE THEORY OF THE STATIONARY NUCLEAR FISSION WAVE

Axial motion of the stationary nuclear fission wave in the cylindrical core of the traveling wave reactor (known also as CANDLE) using an effective one-dimensional model of the fast spectrum reactor with uranium-plutonium fuel we studied. The model includes one-group diffusion equation for the neutron flux and kinetic equations for nuclear densities. The so-called velocity characteristic has been studied in our previous works. It is the dependence of the wave velocity on the effective concentration of the absorber. Due to instability of long-living ^{241}Pu it is two-valued, and the solutions of the lower branch are unstable. In this paper, reactivity into the diffusion equation as an additional parameter

of the model and obtain the generalized equation of the velocity characteristic connecting the wave velocity with the effective concentration of the absorber and reactivity was introduced. Since the equation includes both parameters linearly and additively, their variations are interchangeable, in the appropriate scale. Obtained results open the way to study the velocity characteristic of the reactor with powerful reactor codes (outside one-group diffusion approximation), calculating the effective multiplication factor in the stationary wave mode for a series of fixed values of the reactor power.

Keywords: nuclear fission wave, CANDLE, fast reactor, one-group approximation, reactivity.

REFERENCES

1. *Khotyayintsev V.M., Pavlovych V.M., Khotyayintseva O.M.* Travelling-wave reactor: velocity formation mechanisms // PHYSOR 2010, on CD-ROM.
2. *Khotyayintseva E.N., Khotyayintsev V.N., Pavlovich V.N.* // *Yaderna fizyka ta energetyka (Nucl. Phys. At. Energy)*. - 2014. - Vol. 15, No. 1. - P. 26 - 34. (Rus)
3. *Khotyayintseva E.N., Khotyayintsev V.N., Aksenov A.V., Pavlovich V.N.* // *Yaderna fizyka ta energetyka (Nucl. Phys. At. Energy)*. - 2014. - T. 15, No. 3. - P. 253 - 258. (Rus)
4. *Khotyayintsev V.M., Khotyayintseva O.M., Aksonov A.V. et al.* Velocity characteristic and stability of wave solutions for a CANDLE reactor with thermal feedback // *Annals of Nuclear Energy*. - 2015. - Vol. 85C. - P. 337 - 345.
5. *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.
6. *Kheradmand Saadi M., Abbaspour A., Pazirandeh A.* Startup of “CANDLE” burnup in a Gas-cooled Fast Reactor using Monte Carlo method // *Annals of Nuclear Energy*. - 2012. - Vol. 50. - P. 44 - 49.
7. *Feoktistov L.P.* // *Dokl. Akad. nauk SSSR*. - 1989. - Vol. 309. - P. 864 - 867. (Rus)
8. *Fomin S., Mel'nik Yu., Pilipenko V., Shul'ga N.* Initiation and propagation of nuclear burning wave in fast reactor // *Progress in Nuclear Energy*. - 2008. - Vol. 50. - P. 163 - 169.
9. *Sekimoto H., Ryu K., Yoshimura Y.* CANDLE: The New Burnup Strategy // *Nuclear Science and Engineering*. - 2001. - Vol. 139. - P. 306 - 317.
10. *Chen X.-N., Maschek W.* Transverse buckling effects on solitary burn-up waves // *Annals of Nuclear Energy*. - 2005. - Vol. 32. - P. 1377 - 1390.
11. *Walter A.E., Reynolds A.B.* *Fast Breeder Reactors*. - New York: Pergamon Press, 1981.
12. *Van Dam H.* Self-stabilizing criticality waves // *Annals of Nuclear Energy*. - 2000. - Vol. 27. - P. 1505 - 1521.

Надійшла 05.04.2016

Received 05.04.2016