

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

¹ *Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ*

² *Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ*

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРНОГО ЗВОРОТНОГО ЗВ'ЯЗКУ НА СТАЦІОНАРНУ ХВИЛЮ ЯДЕРНИХ ПОДІЛІВ

Досліджується хвиля сталої форми в реакторі на хвилі ядерних поділів (РХЯП). Рівняння вигорання розв'язуються спільно з одновимірним дифузійним рівнянням в одношвидкісному наближенні, що враховує зворотний зв'язок за температурою у найпростішій формі. Уведена до розгляду й описана аналітично швидкісна характеристика РХЯП. Для розв'язків у вигляді стаціонарної хвилі це залежність швидкості від ефективної концентрації поглинача. Аналітичні й чисельні розрахунки доводять, що в реакторі з урановим циклом швидкісна характеристика є двозначною, причому розв'язки нижньої гілки є нестійкими, тобто існує мінімальна швидкість стаціонарної хвилі. Швидкісна характеристика РХЯП формується за рахунок дії трьох різних механізмів зворотного зв'язку, температурного і двох кінетичних, за концентраціями нестабільних нуклідів ²³⁹Np і ²⁴¹Pu. Залежно від швидкості вплив плутонієвого механізму конкурує з впливами температурного й непуторієвого механізмів, які є однотипними й адитивними. Показано, що за типових значень параметрів усі три механізми є важливими. Сильний від'ємний температурний зворотний зв'язок сповільнює хвилю ядерних поділів і звужує область її існування за концентрацією поглинача.

Ключові слова: хвиля ядерних поділів, швидкий реактор, одногрупове наближення, хвильовий реактор.

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

¹ *Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев*

² *Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев*

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ НА СТАЦИОНАРНУЮ ВОЛНУ ЯДЕРНЫХ ДЕЛЕНИЙ

Исследуется волна установившейся формы в реакторе на волне ядерных делений (РВЯД). Уравнения выгорания решаются совместно с одномерным уравнением диффузии в односкоростном приближении с учетом обратной связи по температуре в простейшей форме. В работе введена и аналитически описана скоростная характеристика РВЯД. Для решений в виде стационарной волны это зависимость скорости от эффективной концентрации поглотителя. Аналитические и численные расчеты доказывают, что в реакторе с урановым циклом скоростная характеристика является двузначной, причем решения нижней ветки неустойчивы, т. е. существует минимальная скорость стационарной волны. Скоростная характеристика РВЯД формируется за счет действия трех различных механизмов обратной связи, температурного и двух кинетических, по концентрациям нестабильных нуклидов ²³⁹Np и ²⁴¹Pu. В зависимости от скорости влияние плутониевого механизма конкурирует с влиянием температурного и непуторієвого механизмов, которые являются однотипными и аддитивными. Показано, что при типичных значениях параметров все три механизма являются важными. Сильная отрицательная температурная обратная связь замедляет волну ядерных делений и сужает область ее существования по концентрации поглотителя.

Ключевые слова: волна ядерных делений, быстрый реактор, одногруповое приближение, волновой реактор.

TEMPERATURE FEEDBACK EFFECT TO STATIONARY WAVE OF NUCLEAR FUSION

Nuclear fission wave (NFW) of steady shape in the travelling wave reactor (TWR) was investigated. In this work burnup equations together with one-dimensional diffusion equation in the one-velocity approximation, taking into account temperature feedback in the simplest form was solved. Velocity characteristics of TWR, which is dependence of velocity on the effective absorber density for the stationary wave solutions were analytically introduced and described. Both analytical and numerical results indicate that the velocity characteristics in case of the U-Pu cycle are double-valued, with the solutions of the lower branch, being unstable. This implies that the minimum possible velocity of the stationary wave exists. It was shown that the velocity characteristics of TWR are formed by the three distinct mechanisms related to: feedback to power, and kinetics of unstable nuclides ²³⁹Np and ²⁴¹Pu. Effects of the intermediate nuclide ²³⁹Np kinetics and of the feedback to power are additive and compete to that of ²⁴¹Pu kinetics, with the result depending on the velocity of the wave. At typical parameters of TWR all three mechanisms contribute significantly to the velocity characteristics. Strong negative feedback to power makes the region of the absorber concentration, where the NFW may exist smaller, and slows down the NFW.

Keywords: nuclear fission wave, travelling wave reactor, fast reactor, CANDLE, reactivity feedback, one-group diffusion model.

REFERENCES

1. Feoktistov L.P. // Dokl. Akad. nauk SSSR. - 1989. - Vol. 309. - P. 864 - 867. (Rus)
2. Ukraintsev V.F. Reactivity effects in power reactors: Tutorial. - Obninsk: IATE, 2000. - 60 p. (Rus)
3. Pavlovich V.N., Khotyayintsev V.N., Khotyayintseva E.N. // Yaderna fizyka ta energetyka (Nucl. Phys. At. Energy). - 2008. - No. 2(24). - P. 39 - 49. (Rus)
4. Pavlovich V.N., Khotyayintsev V.N., Khotyayintseva E.N. // Yaderna fizyka ta energetyka (Nucl. Phys. At. Energy). - 2008. - No. 3(25). - P. 62 - 70. (Rus)
5. Pavlovich V.M., Khotyayintsev V.M., Khotyayintseva O.M. // Nuclear Technology & Radiation Protection. - 2008. - No. 23(2). - P. 3 - 15.
6. Pavlovich V.M., Khotyayintsev V.M., Khotyayintseva O.M. // Yaderna fizyka ta energetyka (Nucl. Phys. At. Energy). - 2010. - No. 11(1). - C. 49 - 56. (Rus)
7. Khotyayintsev V.M., Pavlovich V.M., Khotyayintseva O.M. Travelling-wave reactor: velocity formation mechanisms // PHYSOR 2010, CD.
8. H. van Dam. // Annals of Nuclear Energy. - 2000. - Vol. 27. - P. 1505 - 1521.
9. H. van Dam. // Nucl. Sci. Eng. - 2008. - Vol. 158. - P. 284 - 288.
10. Bell D., Glesston S. Theory of Nuclear Reactors / Translation from Eng. - Moskva: Atomizdat, 1974. (Rus)
11. Fomin S., Mel'nik Yu., Pilipenko V., Shul'ga N. // Progress in Nuclear Energy. - 2008. - Vol. 50. - P. 163 - 169.
12. Walter A.E., Reynolds A.B. Fast Breeder Reactors. - New York: Pergamon Press, 1981.
13. Voropaev A.E., Vozyakov V.V., Zinin A.I., Tsikunov A.G. // Atomnaya energiya. - 1983. - Vol. 54, No. 3. - P. 214 - 215. (Rus)
14. Sekimoto H., Ryu K., Yoshimura Y. // Nuclear Science and Engineering. - 2001. - Vol. 139. - P. 306 - 317.
15. Chen X.-N., Kiefhaber E., Maschek W. // Proc. of ICENES'2005. (Brussels, Belgium, August 21 - 26, 2005).
16. Khotyayintsev V.M., Aks'onov A.V., Khotyayintseva O.M., Pavlovich V.M. // Shchorichnyk-2012 (Annual Report-2012) / Institute for Nuclear Research NAS of Ukraine. - Kyiv, 2013. (Ukr)

Надійшла 25.12.2013

Received 25.12.2013