

В. М. Хотяїнцев, О. М. Хотяїнцева, А. В. Аксьонов, В. М. Павлович

Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ НА СТІЙКІСТЬ СТАЦІОНАРНОЇ ХВИЛІ ЯДЕРНИХ ПОДІЛІВ

Стаціонарна хвиля ядерних поділів у швидкому реакторі з уран-плутонієвим циклом досліджується на стійкість по відношенню до повільної еволюції розподілів концентрацій ядер. При цьому використовується математична модель реактора, що включає одновимірне дифузійне рівняння в одноруповому наближенні для густини нейтронного потоку і диференціальні рівняння кінетики концентрацій ядер. У наближенні малої швидкості хвилі отримано аналітично залежність швидкості хвилі від концентрації поглинача (так звану швидкісну характеристику) і проаналізовано вплив β -розпаду ^{241}Pu на її вигляд. Показано, що з урахуванням нестабільності ^{241}Pu на графіку швидкісної характеристики з'являється точка повороту і нижня гілка стаціонарних розв'язків. Чисельне розв'язання нестаціонарної задачі доводить, що розв'язки на нижній гілці є нестійкими, а точка повороту є найменшою можливою швидкістю поширення стаціонарної хвилі. У той же час розв'язки на верхній гілці є стійкими відносно повільної зміни розподілів концентрацій ядер.

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

В. Н. Хотяинцев¹, Е. Н. Хотяинцева², А. В. Аксенов¹, В. Н. Павлович²

¹ *Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ*

² *Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ*

ИССЛЕДОВАНИЕ НА УСТОЙЧИВОСТЬ СТАЦИОНАРНОЙ ВОЛНЫ ЯДЕРНЫХ ДЕЛЕНИЙ

Стаціонарна волна ядерних делений в быстром реакторе с уран-плутониевым топливным циклом исследуется на устойчивость по отношению к медленной эволюции распределений концентраций ядер. Волна распространяется в активной зоне реактора цилиндрической формы в направлении его оси. Утечка нейтронов в радиальном направлении учитывается в приближении поперечного баклинга. Используется модель реактора, которая включает одномерное диффузионное уравнение в одноруповом приближении для плотности нейтронного потока и дифференциальные уравнения кинетики концентраций ядер. Ранее в приближении малой скорости волны была получена аналитически зависимость скорости волны стационарной формы от концентрации поглотителя, так называемая скоростная характеристика, причем за счет нестабильности нуклида ^{241}Pu скоростная характеристика является двузначной, на ней существует точка поворота и нижняя ветвь стационарных решений. В настоящей работе путем численного решения нестаціонарної задачі показано, что устойчивость решения определяется его принадлежностью к верхней или нижней ветви скоростной характеристики. Решения нижней ветви являются неустойчивыми, а точка поворота скоростной характеристики отвечает наименьшей возможной скорости распространения стационарной волны ядерных делений. Относительно медленного изменения распределений концентраций ядер решения верхней ветви являются устойчивыми.

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

V. M. Khotyayintsev, O. M. Khotyayintseva, A. V. Aksonov, V. M. Pavlovich

Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences, Kyiv

STUDY OF THE STABILITY OF THE STATIONARY WAVE OF NUCLEAR FISSIONS

Stability of the stationary wave of nuclear burning in fast reactor with uranium-plutonium fuel chain is investigated. The reactor model including 1-D diffusion equation in one-group approximation for neutron flux density and kinetic equations for nuclear densities describes slow evolution of nuclear densities

followed by neutron flux. New analytical approach was proposed, which is based on the approximation of small wave velocity of the stationary wave. We obtain so-called wave velocity characteristic of the reactor which is the dependence of wave velocity to the effective absorber concentration. We show that due to instability of long-living ^{241}Pu a turning point and lower branch of stationary solutions appear. Numerical solution of the time dependent problem proves that the solutions of the lower branch are unstable. Thus, the turning point of the velocity characteristic corresponds to the lower margin of possible wave velocities of nuclear fission waves of the steady shape. At the same time the solutions of the upper branch are stable with respect to slow evolution of nuclear densities.

Keywords: nuclear burning wave, inner safety, fast reactor, one-group approximation.

REFERENCES

1. *Feoktistov L.P.* // Dokl. Akad. nauk SSSR. - 1989. - Vol. 309. - P. 864 - 867. (Rus)
2. *Sekimoto H., Ryu K., Yoshimura Y.* CANDLE: The New Burnup Strategy // Nuclear Science and Engineering. - 2001. - Vol. 139. - P. 306 - 317.
3. *Hyde R., Ishikawa M., Myhrvold N. et al.* Nuclear fission power for 21st century needs: Enabling technologies for large-scale, low-risk, affordable nuclear electricity // Progress in Nuclear Energy. - 2008. - Vol. 50. - P. 82 - 91.
4. *Pavlovich V.N., Khotyaintsev V.N., Khotyaintseva E.N.* // Nucl. Phys. At. Energy. - 2008. - No. 2. - P. 39 - 49. (Rus)
5. *Pavlovich V.N., Khotyaintsev V.N., Khotyaintseva E.N.* // Nucl. Phys. At. Energy. - 2008. - No. 3. - P. 62 - 70. (Rus)
6. *Khotyaintsev V.M., Pavlovich V.M., Khotyaintseva O.M.* Travelling-wave reactor: velocity formation mechanisms // PHYSOR 2010, on CD-ROM.
7. *Khotyaintseva E.N., Khotyaintsev V.N., Pavlovich V.N.* // Nucl. Phys. At. Energy. - 2014. - Vol. 15, No. 1. - P. 26 - 34. (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. *Walter A.E., Reynolds A.B.* Fast Breeder Reactors. - New York: Pergamon Press, 1981.
10. *Voropaev A.E., Vozyakov V.V., Zinin A.I., Tsikunov A.G.* // Atomnaya energiya. - 1983. - Vol. 54, No. 3. - P. 214 - 215. (Rus)

Надійшла 12.03.2014

Received 12.03.2014