

В. І. Скалозубов, І. Л. Козлов, Ю. О. Комаров, О. О. Чулкін, О. І. Піонтковський

Одеський національний політехнічний університет, Одеса, Україна

*Відповідальний автор: kozlov_i.l_@ukr.net

АНАЛІЗ ЯДЕРНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ДИВЕРСИФІКАЦІЇ ПАЛИВНИХ ЗБІРОК WESTINGHOUSE НА ВВЕР-1000

Представлено аналіз відомих результатів моделювання максимальної проектної аварії (МПА) кодом RELAP5/V3.2 при диверсифікації паливних збірок Westinghouse (WFA) в реакторах типу ВВЕР-1000. Відповідно до відомих результатів розрахункового моделювання МПА кодом RELAP5/V3.2 при максимально допустимій температурі води в теплообміннику системи аварійного охолодження ВВЕР (90 °С) температура оболонки тепловиділяючих елементів досягає 1320 °С і перевищує допустиму межу ядерної безпеки (1200 °С). Таким чином, згідно з відомими результатами МПА з WFA переходить зі статусу «проектної» аварії в статус «важкої» аварії і означає зниження безпеки по відношенню до проектних паливних збірок ТВЗ-А. Наведений у роботі альтернативний аналіз МПА з WFA показав, що на відміну від відомих розрахунків межа ядерної безпеки по максимально допустимій температурі оболонки тепловиділяючих елементів не порушується і не знижує загальний рівень безпеки при диверсифікації ВВЕР паливними збірками WFA.

Ключові слова: безпека, диверсифікація паливних збірок.

В. И. Скалозубов, И. Л. Козлов, Ю. А. Комаров, О. А. Чулкин, А. И. Пионтковский

Одесский национальный политехнический университет, Одесса, Украина

*Ответственный автор: kozlov_i.l_@ukr.net

АНАЛИЗ ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ДИВЕРСИФИКАЦИИ ТОПЛИВНЫХ СБОРОК WESTINGHOUSE НА ВВЭР-1000

Представлен анализ известных результатов моделирования максимальной проектной аварии (МПА) кодом RELAP5/V3.2 при диверсификации топливных сборок Westinghouse (WFA) в реакторах типа ВВЭР-1000. Согласно известным результатам расчетного моделирования МПА кодом RELAP5/V3.2 при максимально допустимой температуре воды в теплообменнике системы аварийного охлаждения ВВЭР (90 °С) температура оболочек тепловыделяющих элементов достигает 1320 °С и превышает допустимый предел ядерной безопасности (1200 °С). Таким образом, согласно известным результатам МПА с WFA переходит из статуса «проектной» аварии в статус «тяжелой» аварии и означает снижение безопасности по отношению к проектным топливным сборкам ТВС-А. Приведенный в работе альтернативный анализ МПА с WFA показал, что в отличие от известных расчетов предел ядерной безопасности по максимально допустимой температуре оболочек тепловыделяющих элементов не нарушается и не снижает общий уровень безопасности при диверсификации ВВЭР топливными сборками WFA.

Ключевые слова: безопасность, диверсификация топливных сборок.

V. I. Skalozubov, I. L. Kozlov*, Yu. A. Komarov, O. A. Chulkin, O. I. Piontkovkyi

Odessa National Polytechnic University, Odesa, Ukraine

*Corresponding author: kozlov_i.l_@ukr.net

ANALYSIS OF NUCLEAR SAFETY IN DIVERSIFICATION OF WESTINGHOUSE FUEL ASSEMBLIES AT WWER-1000

The research presents an analysis of the known results in modeling the maximum design accident (MDA) using the code RELAP5/V3.2 with Westinghouse fuel assemblies' (WFA) diversification in WWER-1000 reactors. According to the known results of MDA calculated model simulation with RELAP5/V3.2 code at the maximum allowable water temperature in the heat WWER emergency cooling system exchanger (90 °C), the fuel elements' claddings temperature reaches 1320 °C and exceeds the admissible nuclear safety limit (1200 °C). Thus, according to known results, these MDA with WFA engaged pass from the "design" accident status to the "severe" accident status and means a decrease in safety in relation to the FA-A fuel assemblies. The alternative MDA analysis for WFA-equipped plants showed that, unlike the known calculations, the nuclear safety limit on the maximum permissible fuel cladding temperature is not violated and never reduces the overall safety level in WWER diversification with WFA fuel assemblies.

Keywords: security, diversification of fuel assemblies.

REFERENCES

1. M. Kirst, U. Benjaminsson, C. Önneby. Diversification of the VVER Fuel Market in Eastern Europe and Ukraine. [ATW 60\(3\) \(2015\) 171](#).
2. D. Ernst, L. Milisdörfer. 10 years of experience with Westinghouse fuel at NPP Temelín. In: *Int. Topical Meeting VVER-2010 Experience and Perspectives*, Prague, Nov. 1 - 3, 2010. 30 p.
3. J. Höglund et al. Performance of the Westinghouse WWER-1000 fuel design. In: *Int. Conf. on WWER Fuel Performance, Modelling and Experimental Support*, Bulgaria, Helena Resort, Sept. 17 - 24, 2011.
4. S. Kaichao. MCNP modelling of hexagon VVER fuel. Master of Science thesis (Stockholm: Royal Institute of Technology, 2008) 75 p.
5. V.I. Skalozubov et al. *Scientific and Technical Bases for Measures to Improve the Safety of NPPs with VVER* (Chernobyl: Institute for Safety Problems of NPPs, NAS of Ukraine, 2010) 200 p. (Rus)
6. I.A. Shevchenko, Yu.Yu. Vorobyev. Verification of safety criteria for mixed fuel loadings for VVER-1000 type reactors. [Yaderna ta Radiatsiyana Bezpeka 2\(66\) \(2015\) 3](#). (Rus)
7. A.A. Klyuchnikov et al. *Thermophysics of Nuclear Power Plants Safety* (Chernobyl: Institute for Safety Problems of NPPs, NAS of Ukraine, 2010) 484 p. (Rus)
8. P.L. Kirillov, Yu.S. Yuriev, V.P. Bobkov. *Handbook of Thermal Calculations* (Moskva: Energoatomizdat, 1990) 360 p. (Rus)
9. V.N. Vasilchenko et al. *Simulation of Accidents at Nuclear Power Plants* (Odessa: Rezon, 2002) 466 p. (Rus)
10. V.I. Skalozubov, A.A. Klyuchnikov, V.N. Kolykhanov. *Management Basics of Severe Accidents with Loss of Coolant at VVER Nuclear Power Plants* (Chernobyl: Institute of Safety Problems of NPPs, NAS of Ukraine, 2010) 400 p. (Rus)
11. Analysis of differences in fuel safety criteria for WWER and western PWR nuclear power plants. [IAEA-TECDOC-1381 \(IAEA, 2003\) 53 p](#).
12. V.V. Ivanov. Reactor core monitoring in terms of mixed fuel loading. In: *Symposium during International Youth Nuclear festival Dysnai*. Technical section (Lithuania, Visaginas, 2002).

Надійшла 01.06.2018
Received 01.06.2018