

КОМЕНТАРІ
COMMENTS

УДК 621.039

<https://doi.org/10.15407/jnpae2020.02.213>В. І. Скалозубов^{1,*}, І. Л. Козлов¹, Ю. О. Комаров¹, В. Ю. Гриб¹, В. М. Ващенко²¹ Одеський національний політехнічний університет, Одеса, Україна² Центр ядерної безпеки, Одеський національний політехнічний університет, Одеса, Україна

*Відповідальний автор: vi.skalozubov@gmail.com

Відповідь на коментар В. І. Борисенка щодо статті:

АНАЛІЗ ЯДЕРНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ДИВЕРСИФІКАЦІЇ
ПАЛИВНИХ ЗБІРОК WESTINGHOUSE НА ВВЕР-1000Оригінальна стаття: *Ядерна фізика та енергетика* 21(2) (2020) 210.

Дякуємо Вам за представлені цікаві коментарі щодо нашої статті. Дозвольте і нам висловити свої коментарі з порушених питань.

1. Обґрунтованість прийнятого нами припущення про «плоский» механізм теплопровідності у ТВЕЛ засноване на відомій «класичній» умові «відношення радіус ТВЕЛ/висота ТВЕЛ багато менше 1» [1].

2. Викладений опонентом відомий підхід [2] з моделювання теплопереносу у ТВЕЛ по середній температурі палива в даному випадку необґрунтований з таких причин:

перепад температури по товщині паливної матриці навіть у нормальних умовах експлуатації становить ~ 1000 °C [3]. Тому середня температура не відображає реальні процеси теплопровідності, а є в цьому випадку відомим ефектом «середньої температури по лікарняній палаті». Крім того, у наведеному опонентом рівнянні теплопровідності (формула в коментарях до статті без номера на с. 2) для ТВЕЛ не враховуються неоднорідність структури і теплофізичних властивостей ТВЕЛ, істотна залежність

коефіцієнта теплопровідності палива від температури та інші ефекти;

максимально допустима температура для свіжого палива (для ВВЕР) 2840 °C є одним із критеріїв ядерної безпеки [4]. Тому запропонований нами підхід з моделювання процесів теплопровідності у ТВЕЛ по максимальній температурі палива з урахуванням неоднорідності структури представляється більш обґрунтованим. У рамках цього підходу нами прийняті також консервативні допущення щодо мінімального значення коефіцієнта теплопровідності палива, про максимальну температуру палива в центрі паливної матриці по всій висоті ТВЕЛ та ін.

3. Щодо відмінностей результатів моделювання максимальної проектної аварії (МПА) можна відзначити, що в аналізованій нами статті [5] представлено тільки один режим МПА з порушенням умов безпеки – при температурі води в теплообміннику системи аварійного охолодження активної зони 90 °C. У подальших роботах [6, 7] цей режим був або необґрунтовано виключений, або перерахований (у тому числі й іншими користувачами кодів).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. П.Л. Кириллов и др. *Справочник по теплогидравлическим расчетам в ядерной энергетике*. Т. 1. Теплогидравлические процессы в ЯЭУ (Москва, ИздАТ, 2010) 771 с.
2. И.А. Кузнецов, В.М. Поплавский. *Безопасность АЭС с реакторами на быстрых нейтронах* (Москва, ИздАТ, 2012) 632 с.
3. С.А. Андрущечко и др. *АЭС с реактором типа ВВЭР-1000. От физических основ эксплуатации до эволюции проекта* (Москва, Логос, 2010) 603 с.
4. В.Б. Крицкий та ін. Огляд загальних аспектів використання різних типів тепловидільних збірок у змішаних паливних завантаженнях ВВЕР-1000. *Ядерна та радіаційна безпека* 3(71) (2016) 28.
5. И.А. Шевченко, Ю.Ю. Воробьев. Проверка критериев безопасности смешанных загрузок ядерного топлива для реакторов типа ВВЭР-1000. *Ядерна та радіаційна безпека* 2(66) (2015) 3.
6. Ю.Ю. Воробйов та ін. Теплогидравлічний аналіз безпеки змішаних паливних завантажень для АЕС України з реакторами ВВЕР-1000. *Ядерна та радіаційна безпека* 2 (2016) 9.
7. Ю.Ю. Воробьев, О.И. Жабин, М.В. Франкова. Применение модели деформации оболочек твэлов расчетного кода RELAP5/MOD3.2 для топлива реакторов ВВЭР-1000 при анализе проектных аварий. *Ядерна та радіаційна безпека* 3 (2016) 19.

© В. І. Скалозубов, І. Л. Козлов, Ю. О. Комаров, В. Ю. Гриб, В. М. Ващенко, 2020

В. І. Скалозубов^{1,*}, І. Л. Козлов¹, Ю. А. Комаров¹, В. Ю. Гриб¹, В. Н. Ващенко²

¹ Одеський національний політехнічний університет, Одеса, Україна

² Центр ядерної безпеки, Одеський національний політехнічний університет, Одеса, Україна

*Ответственный автор: vi.skalozubov@gmail.com

Ответ на коментарий В. И. Борисенко к статье:

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

Оригинальная статья: [Ядерна фізика та енергетика 21\(2\) \(2020\) 210.](#)

V. I. Skalozubov^{1,*}, I. L. Kozlov¹, Yu. A. Komarov¹, V. Yu. Gryb¹, V. M. Vashchenko²

¹ Odesa National Polytechnic University, Odesa, Ukraine

² Nuclear Safety Center, Odesa National Polytechnic University, Odesa, Ukraine

*Corresponding author: vi.skalozubov@gmail.com

Reply to V. I. Borysenko's comment on the article:

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

Original article: [Yaderna Fyzyka ta Energetyka \(Nucl. Phys. At. Energy\) 21\(2\) \(2020\) 210.](#)

REFERENCES

1. P.L. Kirillov et al. *Handbook of Thermohydraulic Calculations in Nuclear Power*. Vol. 1. *Thermal-Hydraulic Processes in Nuclear Power Plants* (Moskva, Izdat, 2010) 771 p. (Rus)
2. I.A. Kuznetsov, V.M. Poplavsky. *Safety of Nuclear Power Plants with Fast Neutron Reactors* (Moskva, Izdat, 2012) 632 p. (Rus)
3. S.A. Andrushechko et al. *NPP with a VVER-1000 Reactor. From the Physical Foundations of Operation to the Evolution of the Project* (Moskva, Logos, 2010) 603 p. (Rus)
4. V.B. Kritsky et al. An overview of general aspects of the use of different types of fuel assemblies in WWER-1000 mixed fuel loads. *Yaderna ta Radiatsiyina Bezpeka (Nuclear and Radiation Safety)* 3(71) (2016) 28. (Ukr)
5. I.A. Shevchenko, Yu. Vorobiev. Verification of safety criteria for mixed loads of nuclear fuel for VVER-1000 reactors. *Yaderna ta Radiatsiyina Bezpeka (Nuclear and Radiation Safety)* 2(66) (2015) 3. (Rus)
6. Yu.Yu. Vorobyov et al. Thermohydraulic safety analysis of mixed fuel loads for Ukrainian NPPs with WWER-1000 reactors. *Yaderna ta Radiatsiyina Bezpeka (Nuclear and Radiation Safety)* 2 (2016) 9. (Ukr)
7. Yu.Yu. Vorobiev, O.I. Zhabin, M.V. Frankova. Application of the deformation model of the cladding of fuel elements of the RELAP5/MOD3.2 design code for the fuel of VVER-1000 reactors in the analysis of design basis accidents. *Yaderna ta Radiatsiyina Bezpeka (Nuclear and Radiation Safety)* 3 (2016) 19. (Rus)

Надійшла/Received 26.06.2020