

**ПОДДЕРЖАНИЕ ГИБРИДНОЙ УСТАНОВКИ С ТОРИЙ-СОДЕРЖАЩИМ
ТОПЛИВОМ В ОКОЛОКРИТИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ ЗА СЧЁТ
УПРАВЛЯЕМОГО ИСТОЧНИКА ТЕРМОЯДЕРНЫХ НЕЙТРОНОВ**

С.Д. Полозков, И.В. Шаманин, С.В. Беденко

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: sdp2@tpu.ru

**MAINTAINING THE CLOSE-TO-CRITICAL STATE OF THORIUM FUEL
CORE OF HYBRID REACTOR OPERATED UNDER CONTROL BY D-T
FUSION NEUTRON FLUX**

S.D. Polozkov, I.V. Shamanin, S.V. Bedenko

National Research Tomsk Polytechnic University

***Annotation.** The results of full-scale numerical experiments of a hybrid thorium-containing fuel cell facility operating in a close-to-critical state due to a controlled source of fusion neutrons are discussed in this work. The facility under study was a complex consisting of two blocks. The calculated models of the blanket and the plasma generator of D-T neutrons created within the work allowed for research of the neutronic parameters of the facility in stationary and pulse-periodic operation modes. This research will make it possible to construct a safe facility and investigate the properties of thorium fuel, which can be continuously used in the epithermal spectrum of the considered hybrid fusion–fission reactor.*

В работе излагаются результаты исследования пространственной кинетики нейтронов и тепловыделения в активной зоне гибридной ядерной энергетической установки, в которой внутренняя область этой зоны замещена протяженным источником дополнительных нейтронов [1, 2]. Данная гибридная установка состоит из двух основных блоков. Первый блок – это генератор тепловой энергии, базирующийся на концепции активной зоны многоцелевого высокотемпературного газоохлаждаемого реактора малой мощности, в котором используется ториевое топливо [3, 4]. Активная зона этой реакторной установки представляет собой бланкет, в который загружено торий-содержащее топливо. В данное топливо добавлен в небольшом количестве делящийся изотоп, что обеспечивает протекание цепной реакции деления тяжёлых ядер. Второй блок комплекса представляет собой аксиально симметричный протяжённый плазменный генератор дополнительных нейтронов, размещённый в приосевой области blankets. Этот источник нейтронов необходим для компенсации эффектов, связанных с выгоранием ядерного топлива, шлакованием и отравлением blankets во время старта и в ходе длительной эксплуатации установки. В данном плазменном генераторе протекают D-D и D-T термоядерные реакции синтеза, которые сопровождаются выходом высокоэнергичных нейтронов [5–7].

Физика процессов в рассматриваемой нами конфигурации гибридной установки в условиях использования импульсного нейтронного потока, поступающего в бланкет из плазменного источника нейтронов, принципиально отличается от физики процессов в подкритической реакторной установке, управляемой квазистационарным потоком дополнительных нейтронов, который характерен в случае его генерации с помощью пучка ядер высоких энергий [8–13]. В случае предлагаемого нами варианта возникает необходимость исследовать процесс распространения «волны» делений и, соответственно, формирование распределения энерговыделения в blankets установки во время ее старта и в ходе её длительной эксплуатации. Таким образом, проектированию такой реакторной установки, должен предшествовать этап численного компьютерного моделирования работы составляющих её частей, а также этап моделирования протекающих в них нейтронно-физических процессов. Существующие на сегодняшний день методики расчета физики подкритических систем основаны на модификации

методов, разработанных ранее для расчета традиционных реакторов деления. В то же время, особенность конструкции blankets [1, 2], дисперсная гетерогенная структура топливной компоненты [3], специфическая конструкция пространственно-распределенного источника нейтронов [6] и режим его работы, требуют дополнительного использования целого комплекса расчетных программных кодов.

Результаты данной работы должны позволить перейти к проектированию реально-действующей конструкции гибридной ториевой реакторной установки с протяженным источником дополнительных нейтронов, способной работать безопасно в длительном рабочем цикле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Arzhannikov A.V., Shmakov V.M., Modestov D.G., et al. Facility to study neutronic properties of a hybrid thorium reactor with a source of thermonuclear neutrons based on a magnetic trap // Nucl. Eng. Tech. – 2020. –no.52(11). – P. 2460–2470.
2. Arzhannikov A., Bedenko S., Shmakov V., et al. Gas-cooled thorium reactor at various fuel loadings and its modification by a plasma source of extra neutrons // Nucl. Sci. Tech. – 2019. –no. 30(181). – P. 1–11
3. Shamanin I.V., Grachev V.M., Chertkov Yu.B., et al. Neutronic properties of high-temperature gas-cooled reactors with thorium fuel // Ann. Nucl. Energy. – 2018. –no.113. – P. 286–293.
4. Шаманин И.В., Беденко С.В., Чертков Ю.Б., и др. Газоохлаждаемый ядерный реактор с ториевым топливом на основе топливного блока унифицированной конструкции // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2015. –№. 3. – С. 124–134.
5. Gas-Dynamic Multiple-Mirror Trap, Budker Institute of Nuclear Physics of Siberian Branch Russian Academy of Sciences. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://inp.nsk.su> (дата обращения 20.08.2020).
6. Beklemishev A., Anikeev A., Astrelin V., et al. Novosibirsk Project of Gas-Dynamic Multiple-Mirror Trap // Fusion Sci. Technol. – 2013. –no. 63. – P. 46–51.
7. Anikeev A.V., Bagryansky P.A., Beklemishev A.D., et al. The GDT Experiment: Status and Recent Progress in Plasma Parameters // Fusion Sci. Technol. – 2015. –no.68(1). – P. 1–7.
8. Gandini A., Salvatores M. The Physics of Subcritical Multiplying Systems // Journal of Nuclear Science and Technology. – 2002. –no.39(6). – P. 673–686.
9. Shiroya S., Yamamoto A., Shina K., et al. Basic study on neutronics of future neutron source based on accelerator driven subcritical reactor concept in Kyoto University Research Reactor Institute (KURRI) // Prog. Nucl. Energy. – 2002. –no. 40(3-4). – P. 489–496.
10. Knastera J., Arbeiter F., Carac P., et al. IFMIF, the European-Japanese efforts under the Broader Approach agreement towards a Li(d,xn) neutron source: Current status and future options // Nucl. Materials Energ. – 2016. –no.9. – P. 46–54.
11. Wu Y. Design and R&D Progress of China Lead-Based Reactor for ADS Research Facility // Engineering. – 2016. –no.2(1). – P. 124–131.
12. Abderrahim H.A., Baeten P., Bruyn D.D., Fernandez R. MYRRHA – A multi-purpose fast spectrum research reactor // Energy Conversion and Management. – 2012. –no.63. – P. 4–10.
13. Yang L., Zhan W. A New concept for ADS spallation target: Gravity-driven dense granular flow target. // Sci. China Technol. Sci.– 2015.–vol. 58. – Pp. 1705–1711.