

<https://doi.org/10.52676/1729-7885-2026-1-117-123>
УДК 519.245

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОБЛУЧЕНИЯ ОБРАЗЦОВ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ВОТК В ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ РЕАКТОРЕ ИВГ.1М

Р. Р. Сабитова*, И. В. Прозорова, Ю. А. Попов

Филиал «Институт атомной энергии» РГП НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

* E-mail для контактов: sabitovar@nnc.kz

В проекте исследовательского реактора ИВГ.1М предусмотрена возможность длительного облучения образцов небольшого размера (60/160 мм) в верхней части водоохлаждаемых технологических каналов. Размещение образцов в этих местах обеспечивает низкое тепловыделение и оказывает малое влияние на реактивность. Однако за время эксплуатации реактора данный функционал не был реализован. С учетом проведенной конверсии реактора на низкообогащенное урановое топливо и увеличения запаса реактивности использование дополнительных мест облучения представляет интерес для расширения возможностей реактора. Для обоснования такой возможности необходимо провести характеризацию нейтронно-физических параметров с использованием моделирования. Существующая модель реактора ограничена активной зоной и не включает конструкционные элементы, расположенные выше неё. Данная работа посвящена расширению расчетной модели реактора ИВГ.1М и оценке нейтронно-физических характеристик в дополнительных местах облучения.

Ключевые слова: реактор ИВГ.1М, нейтронно-физическое моделирование, MCNP, характеристика, плотность потока нейтронов.

ВВЕДЕНИЕ

Конверсия исследовательского реактора ИВГ.1М на низкообогащенное урановое (НОУ) топливо способствовала увеличению запаса реактивности, длительности эксплуатации реактора и расширению экспериментальных возможностей, например, позволила устанавливать в реактор экспериментальные устройства с большим поглощением нейтронов [1, 2]. Дополнительной возможностью увеличить функционал реактора является длительное облучение образцов небольшого размера (60/160 мм) в верхней части водоохлаждаемых технологических каналов (ВОТК), в месте расположения графитовых вкладышей. Размещение образцов в таких местах обеспечивает небольшое тепловыделение в них и не оказывает влияние на реактивность. Данное решение предусмотрено проектом реактора ИВГ.1М и до настоящего времени не использовалось.

Для обоснования использования дополнительных мест облучения необходимо провести расчетные исследования нейтронно-физических характеристик верхней части ВОТК. Существующая MCNP-модель реактора ограничена активной зоной и не включает в свою геометрию крышку, экраны и верхнюю часть ВОТК. Данная работа направлена на создание дополнительной расчетной модели реактора, путем расширения геометрии в исходной модели, что позволит провести характеризацию дополнительных мест облучения, в частности, рассчитать нейтронный спектр и скорость реакций на активационных индикаторах.

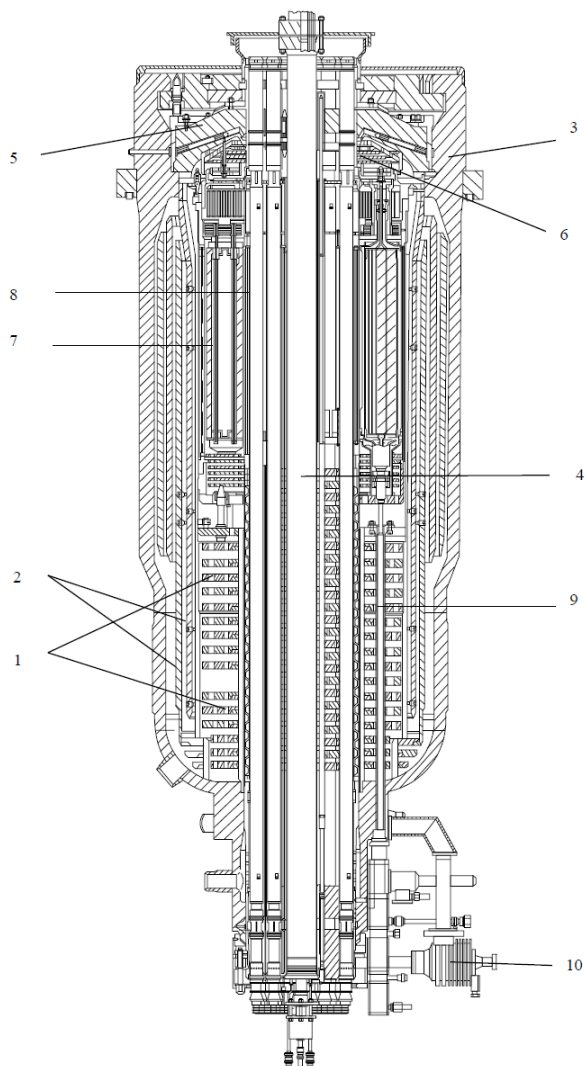
МЕТОДЫ

Реактор ИВГ.1М является исследовательским реактором канального типа на тепловых нейтронах с легководными замедлителем и теплоносителем, бериллиевым отражателем нейтронов. Активная зона реактора состоит из 30 ВОТК с 1 ТВС в каждой. ВОТК загружены в ячейки, расположенные по трем концентрическим окружностям [3]. Схематические изображения реактора и ВОТК приведены на рисунках 1–3.

Крышка реактора представляет собой сварную конструкцию из двух плит из стали 08X18H10T. В центральной части крышки имеются 30 вертикальных отверстий для прохода ВОТК, одно отверстие петлевого канала и 42 отверстия, для прохода охлаждающей крышку воды. Под крышкой расположены экраны, предназначенные для уменьшения потока излучений, действующих на крышку [4]. Корпус ВОТК-НОУ выполнен из сплава Э110; верхняя часть ВОТК, компенсационная пружина – из стали 08X18H10T [5].

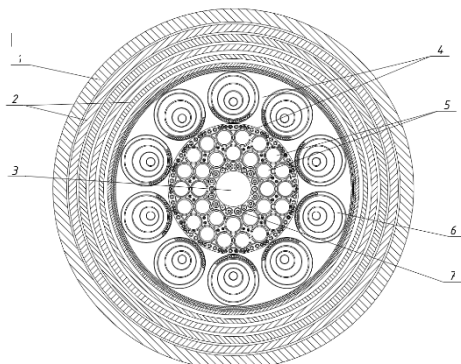
Для дополнительного места облучения малогабаритных образцов предлагается использовать полость в головке ВОТК-НОУ, в которой размещены графитовые блоки (вкладыши). Существующая расчетная MCNP-модель реактора [6, 7] ограничивается активной зоной и не включает в себя конструктивные элементы ВОТК, расположенные выше ТВС. Для расширения геометрии модели была изучена доступная конструкторская документация по реактору ИВГ.1М [8–10].

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОБЛУЧЕНИЯ ОБРАЗЦОВ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ВОТК
В ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ РЕАКТОРЕ ИВГ.1М**



- 1 – нижние тепловые экраны; 2 – боковые тепловые экраны; 3 – корпус; 4 – центральный канал;
5 – крышка; 6 – верхние тепловые экраны; 7 – регулирующий барабан; 8 – ВОТК;
9 – вал исполнительного механизма; 10 – шаговый двигатель исполнительного механизма

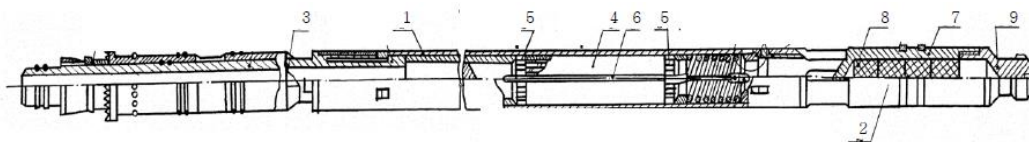
Рисунок 1. Продольный разрез реактора ИВГ.1М



- 1 – корпус; 2 – боковые экраны; 3 – петлевой канал; 4 – отражатель; 5 – ВОТК;
6 – регулирующие барабаны; 7 – стержни компенсации реактивности

Рисунок 2. Поперечный разрез реактора ИВГ.1М

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОБЛУЧЕНИЯ ОБРАЗЦОВ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ВОТК В ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ РЕАКТОРЕ ИВГ.1М



1 – корпус (Э110); 2 – головка (12Х18Н10Т); 3 – хвостовик; 4 – ТВС; 5 – торцевая решетка (12Х18Н10Т);
6 – стержень (Э110); 7 – пенал (12Х18Н10Т); 8 – блок (графит 30ПГ); 9 – наконечник (12Х18Н10Т)

Рисунок 3. Конструкция ВОТК

Детальное описание элементов моделей значительно увеличивает расчетное время, что особенно критично в полномасштабных моделях реактора – время единичного расчета может занимать от нескольких дней до нескольких недель. Следовательно, при моделировании геометрии реактора следует оценивать целесообразность подробного описания деталей, которые оказывают незначительное влияние на нейтронный транспорт.

При построении крышки; верхних, горизонтальных и вертикальных экранов были сделаны следующие допущения и изменения (рисунок 4):

- упрощена геометрия наконечника головки ВОТК (1);

- над ТВС отсутствует пружина из стали;

- упрощена крышка реактора (2), отсутствуют закругления;

- гомогенизированы вертикальные (3), горизонтальные экраны (отсутствуют на рисунке, расположены ниже вертикальных экранов), другие конструктивные элементы (4);

- верхние экраны (5) построены с возможной ошибкой их расположения $\pm 2,5$ мм;

- материальный состав ячейки сталь + вода заменен на воду (6): при добавлении стальных элементов необходимость в гомогенизации железоводной защиты отсутствует.

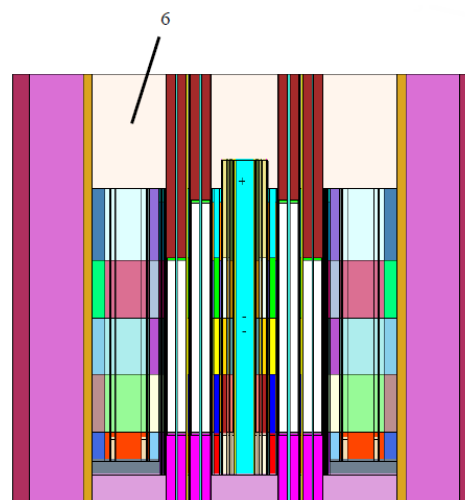
Состав гомогенизированных ячеек приведен в таблице 1. Плотность материала в таких ячейках рассчитывалась по следующей формуле:

$$\rho = \frac{\sum m_i}{\sum V_i} = \frac{\sum \rho_i V_i}{\sum V_i}, \quad (1)$$

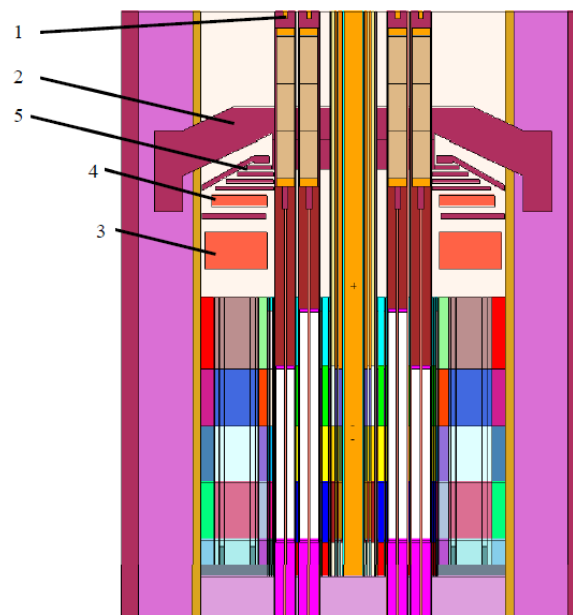
где m_i – масса i -го материала в составе гомогенизированной ячейки, г; V_i – объем i -го материала в составе гомогенизированной ячейки; см^3 ; ρ_i – плотность i -го материала, $\text{г}/\text{см}^3$.

Поскольку в модель были внесены значительные изменения, потребовалась ее верификация. Верификация проводилась по сравнению рассчитанных значений эффективного коэффициента размножения и скорости реакций на золотом активационном индикаторе в центре активной зоны для моделей до и после внесения изменений. Предполагалось, что добавление в модель элементов конструкции верхней части реактора не окажет существенного влияния на нейтронный баланс в центральной области активной зоны.

Моделирование выполнено с параметрами: 500 неактивных циклов, 2500 активных циклов, 2000000 нейтронов на цикл, mode N, P. Обычно, рекомендуется задавать не менее 10^6 историй, чтобы точность результатов моделирования поддерживалась ниже 0,2% при доверительной вероятности 95%.



а) до внесения изменений



б) после внесения изменений

Рисунок 4. Геометрия реактора ИВГ.1М, продольное осевое сечение

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОБЛУЧЕНИЯ ОБРАЗЦОВ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ВОТК
В ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ РЕАКТОРЕ ИВГ.1М**

Таблица 1. Массовое отношение элементов в гомогенизированных ячейках, состоящих из стали и воды

Элемент / номер в библиотеке MCNP	Горизонтальные экраны (1 шт.)	Вертикальные экраны	Ячейка (4) под верхними экранами на рис. 4
	сталь/вода =55/45 об. %	сталь/вода =50/50 об. %	сталь/вода =58/42 об. %
	$\rho=3,46 \text{ г/см}^3, V=2295 \text{ см}^3$	$\rho=4,51 \text{ г/см}^3, V=73786 \text{ см}^3$	$\rho=5,00 \text{ г/см}^3, V=19767 \text{ см}^3$
C / 6000.70с	0,00648	0,00713	0,00713
Cr / 24000.50с	0,1458	0,16042	0,16042
Ni / 28000.50с	0,081	0,08912	0,08912
Ti / 22000.66с	0,00567	0,00624	0,00624
Si / 14000.60с	0,00648	0,00713	0,00713
Mn / 25055.70с	0,01215	0,01337	0,01337
P / 15031.70с	0,00028	0,00031	0,00031
Cu / 29000.50с	0,00243	0,00267	0,00267
Fe / 26000.55с	0,54971	0,60482	0,60482
H / 1001	0,0228	0,01305	0,01305
O / 8016	0,1672	0,09573	0,09573

Расчет скоростей реакций был выполнен функционалом MCNP – Tally F4:N с использованием FM card, тип реакции – 102 (n,γ).

Скорость реакции R_i для $^{197}\text{Au}(n, \gamma)$ определялась как

$$R_i(E) = \int \sigma(E) \cdot f(E) dE, \quad (2)$$

где $\sigma(E)$ – микросечение реакции, см^2 ; $f(E)$ – поток нейтронов в образце, $\text{н/см}^2 \cdot \text{с}^{-1}$.

Результаты расчета коэффициента размножения и скорости реакции $^{97}\text{Au}(n, \gamma)$ для тепловых нейтронов в центре активной зоны реактора представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты расчета

Параметр	Для исходной модели	Для расширенной модели
Коэффициент размножения нейтронов k_{eff}	1,00401±0,00095	1,00386±0,00091
Скорость реакции R, $\text{с}^{-1}/\text{ядро}$	$(1,98 \pm 0,05) \cdot 10^{-9}$	$(1,94 \pm 0,05) \cdot 10^{-9}$

Результаты показывают соответствие рассчитываемых параметров для обеих моделей. Влияние на поглощение нейтронного потока добавлением элементов из стали в верхней части модели оказалось не существенным.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Размещение образцов в верхней части ВОТК будет определяться характеристиками нейтронного потока в области расположения трех графитовых вкладышей размером $\text{Ø}64/160$ мм. Для этого было рассмотрено три варианта расположения образцов:

- 1) в месте расположения верхнего вкладыша,
- 2) в месте расположения среднего вкладыша,
- 3) в месте расположения нижнего вкладыша.

С помощью расширенной модели были рассчитаны плотность потока и нейтронный спектр в графитовых вкладышах для ВОТК трех рядов. Результаты расчета интегральной плотности потока приведены в

таблице 3 для работы реактора на номинальном уровне мощности 1 МВт. Согласно полученным результатам, с учетом максимальной величины плотности потока в качестве мест дополнительного облучения в дальнейшем исследовании рассматривались нижние вкладыши, в частности – вкладыши первого ряда.

Таблица 3. Результаты расчета плотности потока нейтронов в графитовых вкладышах, мощность реактора 1 МВт

Ряд ВОТК	Плотность потока нейтронов, $\text{нейтрон} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$		
	1 ряд	2 ряд	3 ряд
Верхний вкладыш	$6,19 \cdot 10^7$	$4,50 \cdot 10^7$	$6,91 \cdot 10^6$
Средний вкладыш	$1,73 \cdot 10^8$	$1,53 \cdot 10^8$	$6,93 \cdot 10^7$
Нижний вкладыш	$5,53 \cdot 10^8$	$4,77 \cdot 10^8$	$2,38 \cdot 10^8$

На рисунке 5 представлен спектр плотности потока нейтронов для нижних графитовых вкладышей каждого ряда ВОТК. Можно отметить видимую утечку быстрых нейтронов с энергией 6–8 МэВ в третьем ряду ВОТК.

Далее нейтронная плотность потока была рассчитана в случае замещения одного из графитовых вкладышей для размещения облучаемых образцов в первом ряду ВОТК при работе реактора на мощности 1 МВт. Из таблицы 4 видно, что при облучении тепловыми и промежуточными нейтронами в нижнем пустом вкладыше плотность потока нейтронов составляет приблизительно $2 \cdot 10^8$ $\text{нейтрон} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ каждая. В сравнении с характеристиками центрального петлевого канала реактора ($\Phi_r = 2,1 \cdot 10^{13}$ $\text{нейтрон} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$; $\Phi_6 = 8 \cdot 10^9$ $\text{нейтрон} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$) [11], максимальная величина плотности потока быстрых нейтронов ($E > 0,1$ МэВ) для дополнительных мест облучения на порядок ниже, чем в центральном канале.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОБЛУЧЕНИЯ ОБРАЗЦОВ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ВОТК
В ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ РЕАКТОРЕ ИВГ.1М**

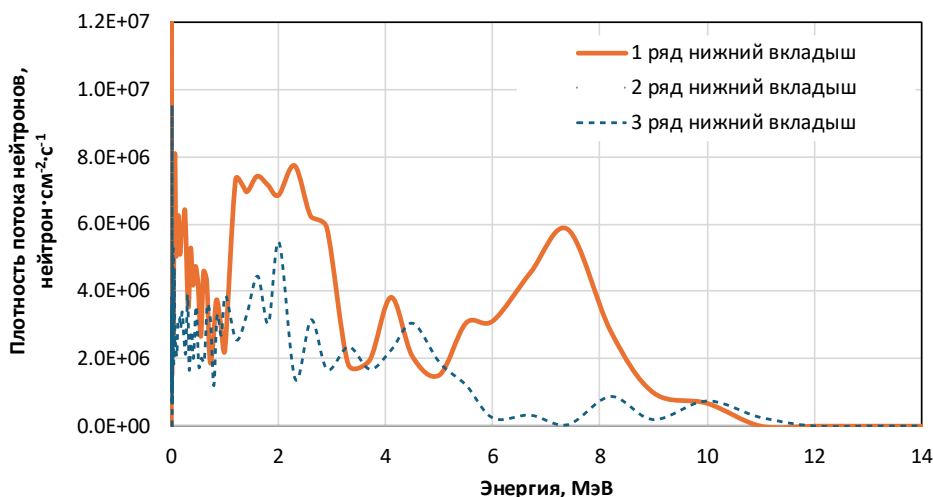


Рисунок 5. Спектр плотности потока нейтронов в нижних графитовых вкладышах каждого ряда ВОТК

Таблица 4. Результаты расчета плотности потока нейтронов для трех энергетических групп в месте дополнительного облучения (первый ряд ВОТК)

Энергетический диапазон	Плотность потока нейтронов, нейтрон·см ⁻² ·с ⁻¹			Суммарная плотность потока
	E < 0,625 эВ	0,625 эВ < E < 0,1 МэВ	E > 0,1 МэВ	
Верхний пустой вкладыш	4,31·10 ⁷	1,61·10 ⁷	1,04·10 ⁷	6,96·10 ⁷
Средний пустой вкладыш	4,80·10 ⁷	6,98·10 ⁷	5,00·10 ⁷	1,68·10 ⁸
Нижний пустой вкладыш	2,00·10 ⁸	1,59·10 ⁸	1,94·10 ⁸	5,53·10 ⁸
Нижний графитовый вкладыш	2,07·10 ⁸	1,76·10 ⁸	1,69·10 ⁸	5,53·10 ⁸

При максимальной плотности потока быстрых нейтронов порядка $2 \cdot 10^8$ н/см²·с для набора флюенса быстрых нейтронов $\sim 10^{16}$ нейтрон/см² требуется 10^4 – 10^5 часов непрерывной работы реактора. С учётом того, что повреждающая доза в материалах определяется преимущественно флюенсом быстрых нейтронов, использование верхней части ВОТК ограничено для экспериментов, ориентированных на набор дпа. Вместе с тем, полученные нейтронно-физические характеристики допускают проведение активационных и радиационных исследований, не требующих высоких значений повреждающей дозы.

Согласно формулам (3–4), помимо плотности нейтронного потока, активность гамма-излучения облучаемого образца так же зависит от массы, сечения активации и периода полураспада радионуклидов образца. При нерегулярном облучении и длительном нахождении образцов в реакторе, короткоживущие радионуклиды успеют практически полностью распасться в период между пусками. В условиях прерывистого облучения накопление активности возможно преимущественно для долгоживущих радионуклидов с высокой активацией, например Co-60, Sc-46, Fe-55.

Активность образца после единичного облучения:

$$A = N_0 \bar{\sigma} \phi (1 - e^{-\lambda_{irr}}), \quad (3)$$

где N_0 – число ядер мишени в образце, $N_0 = \frac{m}{M} \cdot N_A$ (N_A – число Авогадро, m – масса, M – молярная масса); $\bar{\sigma}$ – среднее макроскопическое сечение захвата, см²; ϕ – плотность потока нейтронов, нейтрон·см⁻²·с⁻¹); $\lambda = \ln 2 / T_{1/2}$ – постоянная распада продукта активации; t_{irr} – время облучения.

Активность образца после n -го цикла облучения:

$$A_1 = A_{sat} (1 - e^{-\lambda_{irr}^1})$$

$$A_n = A_{sat} (1 - e^{-\lambda_{irr}^n}) + A_{n-1} e^{-\lambda_{cool}^{n-1}} \quad (4)$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе на основе исходной модели реактора ИВГ.1М создана дополнительная MCNP-модель, учитывающая часть реактора, находящуюся выше активной зоны: крышка реактора; верхние, горизонтальные и вертикальные экраны, верхняя часть ВОТК. Верификация модифицированной по критическому состоянию и скорости реакции на золотом индикаторе показала, что добавление верхней части конструкции реактора в модель не оказало влияния на нейтронный баланс в центральной области активной зоны.

С помощью полученной модели проведено расчетное исследование нейтронно-физических характеристик мест дополнительного облучения в

реакторе ИВГ.1М с НОУ-топливом. В нижних вкладышах графита – в предполагаемом дополнительном месте облучения образцов, для всех энергетических групп плотность потока нейтронов составила приблизительно $2 \cdot 10^8$ нейтрон·см⁻²·с⁻¹. Вследствие низкой величины плотности потока нейтронов проведение облучательных экспериментов в предложенном месте оказывается затруднительным, за исключением долгоживущих радионуклидов с высоким сечением активации.

Разработанная модель может быть использована для радиационной оценки конструкции крышки реактора в последующих исследованиях.

Финансирование

Исследование выполнено при финансовой поддержке Агентства Республики Казахстан по атомной энергии в рамках научно-технической программы «Развитие атомной энергетики в Республике Казахстан» (ИРН – BR24792713).

ЛИТЕРАТУРА

1. Zhanbolatov O. M. [et al.] Development of scenarios for controlling the fuel campaign of the IVG. 1M reactor with LEU-fuel // Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2022. – Vol. 2155. – No. 1. – P. 012017.
2. Sabitova R. [et al.] Results of Experiments under the Physical Start-Up Program of the IVG. 1M Reactor // Energies. – 2023. – Vol. 16. – No. 17. – P. 6263.
3. Описание реактора ИВГ.1М: отчет (Deliverable 2.1 under Contract 0J-30461-0001A) / ДГП ИАЭ РГП НЯЦ РК; рук. А.Д. Вурим, А.Н. Колбаенков, В.С. Гныря.– Курчатov, 2010.– 42 с.
4. Реактор ИВГ.1М.00.000ТО: техническое описание № П 37897 / НИКИЭТ. – Москва, 1989.
5. Водоохлаждаемый технологический с низкообогащенным топливом (ВОТК-НОУ): пояснительная записка к техническому проекту. ВШКЛ.5064 13.002ПЗ / АО НИИ НПО «Луч»; разраб. А.В. Базюк.– 2021. Подольск.
6. «Компьютерная модель реактора ИВГ.1М для стационарных нейтронно-физических расчетов»: Свидетельство о государственной регистрации прав на объект авторского права. – № 2757 Иркимбеков Р. А., Жагипарова Л.К., Вурим А.Д., Котов В.М., Прозорова И.В.; заявл. 03.08.17; опубл. 24.08.18, ИС 4006. – 1 с.
7. Иркимбеков, Р. А. и др. Нейтронно-физическая модель реактора ИВГ.1М: разработка и верификация по критическому состоянию / Жагипарова Л. К., Котов В. М., Вурим А. Д., Гныря В. С. // Атомная энергия. — 2019. – Т. 127. – №. 2. – С. 63–69.
8. Корпус в сборе ИВГ.1: паспорт 1013.00.000П / ПО «Ижорский завод». –Инд. № 3299.– 1971.
9. Экран верхний ИВГ.1 19.070 ПЧ, инв. № 11.129-4644., 56 л.
10. ВШКЛ.506 143 002 ТП. Канал водоохлаждаемый технологический с низкообогащенным топливом (ВОТК-НОУ).
11. Ponkratov Yu., Gordienko Yu., Baklanov V., Tulubayev Ye., Koyanbayev Ye., Bochkov V., Saparbek E. Investigation of tritium and helium generation and release from tin-lithium alloy under neutron irradiation // Journal of Nuclear Materials. – 2025. Art. 615155995. – <https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2025.155995>

REFERENCES

1. Zhanbolatov O. M. [et al.] Development of scenarios for controlling the fuel campaign of the IVG. 1M reactor with LEU-fuel // Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2022. – Vol. 2155. – No. 1. – P. 012017.
2. Sabitova R. [et al.] Results of Experiments under the Physical Start-Up Program of the IVG. 1M Reactor // Energies. – 2023. – Vol. 16. – No. 17. – P. 6263.
3. Opisanie reaktora IVG.1M: otchet (Deliverable 2.1 under Contract 0J-30461-0001A) / DGP IAE RGP NYaTs RK; ruk. A.D. Vurim, A.N. Kolbaenkov, V.S. Gnyrya. – Kurchatov, 2010.– 42 p.
4. Реактор ИВГ.1М.00.000ТО: tekhnicheskoe opisanie No. P 37897 / NIKIET. – Moscow, 1989.
5. Vodookhlazhdaemyy tekhnologicheskii s nizkoobogashchennym toplivom (VOTK-NOU): poynasnitel'naya zapiska k tekhnicheskomu proektu. VShKL.5064 13.002PZ / AO NII NPO «Luch»; razrab. A.V. Bazyuk.– 2021. Podol'sk.
6. «Komp'yuternaya model' reaktora IVG.1M dlya statsionarnykh neytronno-fizicheskikh raschetov»: Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii prav na ob'ekt avtorskogo prava. – No. 2757 Irkimbekov R. A., Zhagiparova L.K., Vurim A.D. Kotov V.M., Prozorova I.V.; zayavl. 03.08.17; opubl. 24.08.18, IS 4006. – 1 p.
7. Irkimbekov, R. A. i dr. Neytronno-fizicheskaya model' reaktora IVG.1M: razrabotka i verifikatsiya po kriticheskomu sostoyaniyu / Zhagiparova L. K., Kotov V. M., Vurim A. D., Gnyrya V. S. // Atomnaya energiya. — 2019. – Vol. 127. – No. 2. – P. 63–69.
8. Korpus v sbore IVG.1: pasport 1013.00.000P / PO «Izhorskiy zavod». –Inv. No. 3299.– 1971.
9. Ekran verkhniy IVG.1 19.070 PCh, inv. No. 11.129-4644., 56 p.
10. VShKL.506 143 002 TP. Kanal vodookhlazhdaemyy tekhnologicheskii s nizkoobogashchennym toplivom (VOTK-NOU).
11. Ponkratov Yu., Gordienko Yu., Baklanov V., Tulubayev Ye., Koyanbayev Ye., Bochkov V., Saparbek E. Investigation of tritium and helium generation and release from tin-lithium alloy under neutron irradiation // Journal of Nuclear Materials. – 2025. Art. 615155995. – <https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2025.155995>

ИВГ.1М ЗЕРТТЕУ РЕАКТОРЫНДАҒЫ ССТК-НІҢ ЖОҒАРҒЫ БӨЛІГІНДЕ
ҮЛГІЛЕРДІҢ СӘУЛЕЛЕНУ МҮМКІНДІГІН ЗЕРТТЕУ

Р. Р. Сабитова*, И. В. Прозорова, Ю. А. Попов

ҚР ҰАО РМК «Атом энергиясы институты» филиалы, Курчатов, Қазақстан

** Байланыс үшін E-mail: sabitovar@nnc.kz*

ИВГ.1М зерттеу реакторының жобасында сумен салқындалатын технологиялық каналдардың жоғарғы бөлігінде шағын көлемдегі (60/160 мм) үлгілерді ұзақ уақыт сәулелендіру мүмкіндігі көзделген. Бұл жерлерде үлгілерді орналастыру төмен жылу бөлуді қамтамасыз етеді және реактивтілікке әсер етпейді. Алайда реакторды пайдалану уақытында бұл функционал іске асырылмаған. Реактордың төмен байытылған уран отынына конверсиялау және реактивтілік қорының ұлғаюын ескере отырып, қосымша сәулелену орындарын пайдалану реактордың мүмкіндіктерін кеңейту үшін қызығушылық тудырады. Мұндай мүмкіндікті негіздеу үшін үлгілеуді пайдалана отырып, нейтрондық-физикалық параметрлерді сипаттауды жүргізу қажет. Реактордың қолданыстағы моделі белсенді аймақпен шектеледі және одан жоғары орналасқан конструкциялық элементтерді қамтымайды. Бұл жұмыс ИВГ.1М реакторының есептік моделін кеңейтуге және қосымша сәулелену орындарында нейтрондық-физикалық сипаттамаларды бағалауға арналған.

Түйін сөздер: *ИВГ.1М реакторы, нейтрондық-физикалық моделдеу, MCNP, сипаттау, нейтрондар ағынының тығыздығы.*

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF IRRADIATING SAMPLES IN THE UPPER PART
OF THE TECHNOLOGICAL CHANNELS OF THE IVG.1M RESEARCH REACTOR

R. R. Sabitova*, I. V. Prozorova, Yu. A. Popov

Branch "Institute of Atomic Energy" RSE NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

** E-mail for contacts: sabitovar@nnc.kz*

The design of the IVG.1M research reactor provides the possibility for long-term irradiation of small samples (60/160 mm) in the upper part of the water-cooled technological channels. The placement of samples in these positions ensures low heat generation and does not affect significantly the reactor's reactivity. However, this capability has not been utilized. The conversion of the reactor to low-enriched uranium fuel resulted in an increased reactivity margin, making the use of additional irradiation positions of interest for expanding the reactor's experimental capabilities. To justify this possibility, neutron-physical characterization of these positions must be performed using computational modeling. The existing reactor model is limited to the core and does not include structural components located above it. This work is devoted to extending the computational model of the IVG.1M reactor and evaluating the neutron-physical characteristics of the additional irradiation positions.

Keywords: *IVG.1M reactor, neutronic simulation, MCNP, characterization, neutron flux density.*