https://doi.org/10.52676/1729-7885-2024-3-49-55
УДК 621.039

РАСЧЕТ НЕЙТРОННЫХ И ГАММА ПОЛЕЙ В НИШЕ ТЕПЛОВОЙ КОЛОННЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО РЕАКТОРА ВВР-К, РАССМАТРИВАЕМОЙ В КАЧЕСТВЕ МЕСТА РАЗМЕЩЕНИЯ ИСТОЧНИКА УЛЬТРАХОЛОДНЫХ НЕЙТРОНОВ

К. Турлыбекулы[1,2*], А. А. Шаймерденов[1], Д. С. Сайранбаев[1], Д. Шапиро[1], Б. Мухаметулы [2], О. Баяхметов[1], С. К. Сахиев[1]

[1] РГП «Институт ядерной физики» МЭ РК, Алматы, Казахстан
[2] Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

** E-mail для контактов: k.turlybekuly@inp.kz*

ВВР-К (Водо-Водяной Реактор - Казахстанский) был перезапущен после капитальной модернизации, связанной с его конверсией на низкообогащенное урановое (НОУ) топливо, и с сентября 2016 года работает на НОУ топливе. Реактор, построенный в 1967 году, был значительно модернизирован в соответствии с современными требованиями безопасности. Этот важный источник нейтронов в Казахстане служит различным целям, таким как фундаментальные и прикладные исследования в области физики, химии, биологии, материаловедения, а также для радиационной обработки материалов и производства радиоизотопов. Он также применяется для подготовки кадров. На базе реактора ВВР-К планируется запустить проекты по приборостроению, которые позволят установить базовый набор экспериментальных станций. Значительные усилия будут прилагаться для создания источника ультрахолодных нейтронов (УХН), что позволит расширить исследовательские возможности. Для этого предлагается использовать нишу тепловой колонны – горизонтальный канал большого диаметра, позволяющий облучать объекты с размерами до 1000 мм. Кроме того, в нише тепловой колонны имеются четыре радиальных канала, которые могут быть использованы для вывода холодных (10^{-6}–10^{-3} эВ) и очень холодных (10^{-7}–10^{-6} эВ) нейтронов. В статье приведены расчеты пространственного и энергетического распределений нейтронного и гамма-полей для текущей и для содержащей дополнительный замедлитель конфигураций ниши тепловой колонны реактора ВВР-К. Показано, что конфигурация с дополнительным замедлителем не приводит к увеличению полей медленных нейтронов (<1 эВ), и имеющаяся толщина замедлителя является оптимальной.

***Ключевые слова**: ВВР-К реактор, нейтроны, гамма кванты, ниша тепловой колонны, нейтронный замедлитель, MCNP.*

Введение

ВВР-К – это исследовательский реактор бакового типа. Номинальная мощность реактора составляет 6 МВт. Теплоносителем и замедлителем служит обессоленная вода. Отражателем нейтронов является обессоленная вода и бериллий. Максимальная плотность потока тепловых нейтронов в центральных облучательных каналах активной зоны составляет $2 \cdot 10^{14}$ см$^{-2}$ с$^{-1}$ [1, 2].

Реактор предназначен для исследования в области фундаментальной и прикладной физики, радиационной химии и изучения свойств материалов и изделий, облучаемых в реакторе и др.:

− реактор ВВР-К служит инструментом научных исследований и разработок в области энергетического исследования, как в энергосбережении, так и в производстве (например, разработка новых материалов для производства и хранения энергии, исследование материалов и структурных компонентов для термоядерной энергетики или реакторов нового поколения, разработка новых энергосберегающих технологий) [3–8].

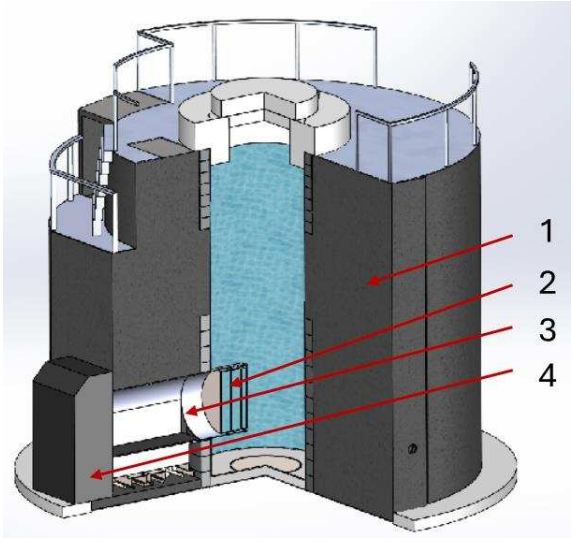
− реактор также является комплексным источником облучения для испытаний и модификации материалов, инженерии, здравоохранении и т. д. Производство радиоизотопов с использованием вертикальных каналов облучения активной зоны имеет решающее значение для общества [9, 10].

− наиболее широкое применение реактора ВВР-К может быть в исследованиях с использованием выведенного нейтронного пучка. Для направления и выведения нейтронов в реакторный зал реактор оснащен пятью горизонтальными каналами, горизонтальным тангенциальным и горизонтальным каналом большого диаметра – тепловой колонной. Для исследований по физике твердого тела и ядерной физике были начаты работы по оснащению физическим оборудованием реактора и размещению установок на горизонтальных каналах реактора. Одной из первых современных созданных установок является инструмент по нейтронной радиографии и томографии TITAN, который размещен на первом горизонтальном канале [11]. В продолжение оснащения физическим оборудованием реактора в настоящее время начались работы по созданию установки нейтронной рефлектометрии на четвертом горизонтальном канале. Таким образом, программа разработки и создания приборов продолжается, и в настоящее время в эксплуатации находится полноценно одна экспериментальная станция, а другая находится в процессе проектирования и создания.

Одной из следующих работ по программе разработки и создания приборов на базе реактора ВВР-К является возможность производства ультрахолодных нейтронов (УХН) с высокой объемной плотностью, которая предполагает размещение установки большого размера. Для этой цели на реакторе существует подходящий канал – ниша тепловой колонны. В работе [12] были приведены радиационные характеристики ниши. Однако, полученных данных недостаточно для разработки концепции источника УХН, так как для этого требуется подробное знание пространственного и энергетического распределений нейтронов и гамма-квантов. В настоящей работе приведены результаты подробного расчетного моделирования ниши тепловой колонны исследовательского реактора ВВР-К и определены радиационные характеристики ниши, которые являются основой для принятия решения о возможности использования ниши тепловой колонны для размещения источника УХН.

Исследовательский реактор ВВР-К и ниша тепловой колонны

Ниша тепловой колонны реактора ВВР-К представляет собой цилиндр диаметром 1080 мм (рисунок 1). В бетонной защите ниша продолжается чугунным полукруглым тоннелем. Ниша заполнена воздухом. Доступ к нише есть через два вертикальных канала диаметром 100 мм в баке реактора и через вертикальный колодец размерами 580×235 мм в бетонной защите реактора, а также с наружной стороны через откатную защиту из чугуна. Следует отметить, что в нише имеется система экранов, заполненных водой, которая предназначена для изменения соотношения гамма и нейтронной компонент поля реакторного излучения. Система водяных экранов представляет собой три бака, которые могут дистанционно заполняться или опорожняться [12].



1 – бетонная защита реактора; 2 – водяные экраны; 3 – ниша тепловой колонны; 4 – откатная защита.

Рисунок 1. 3D модель реактора ВВР-К

Как показано на рисунке 1, начальная часть ниши тепловой колонны, примыкающая к активной зоне реактора ВВР-К, со всех сторон окружена водой, и глубина погружения в воду составляет около ~600 мм. Слой воды между передней стенкой ниши тепловой колонны и внешними поверхностями бериллиевых отражателей активной зоны составляет ~5 см. От ниши также отходят 4 горизонтальных радиальных канала, которые потенциально могут быть использованы для вывода холодных (10^{-6}–10^{-3} эВ) и очень холодных (10^{-7}–10^{-6} эВ) нейтронов.

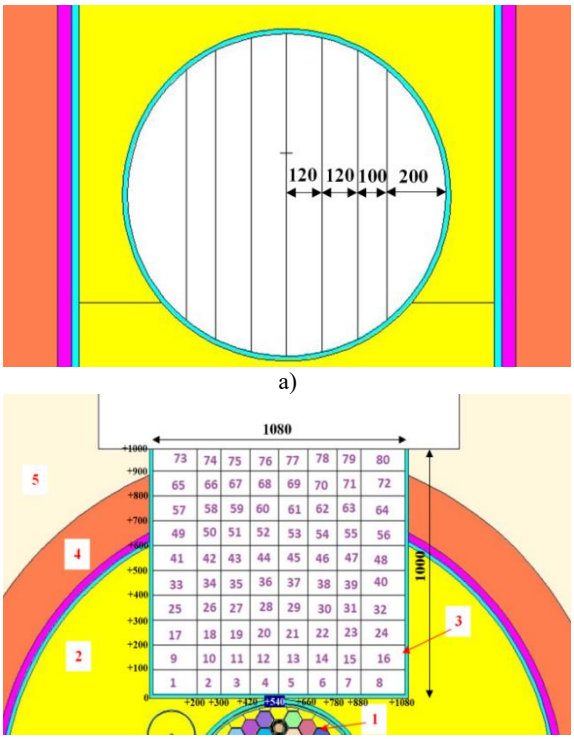
Расчёт распределения нейтронов и гамма-квантов в нише тепловой колонны с вакуумной средой

В работе [12] были определены радиационные характеристики для текущей конфигурации ниши тепловой колонны, в которой экранирующие баки заполнены водой, а сама ниша тепловой колонны – воздухом. Полученные характеристики при такой конфигурации оказались недостаточными для производства УХН с высокой объемной плотностью.

Поэтому в данной работе нами был проведен расчет плотностей потоков нейтронов и гамма-квантов в пустой нише тепловой колонны с вакуумной средой. При построении энергетического распределения использовалось разбиение нейтронов на 4 группы: <1 эВ, 1 эВ÷100 кэВ, 100 кэВ÷1 МэВ, >1 МэВ, а также разбиение гамма-квантов на 3 группы: <1,5 МэВ, 1,5 МэВ÷4 МэВ, >4 МэВ. Для получения пространственного распределения регистрационная зона в нише тепловой колонны была разделена на 10 поперечных и 8 продольных областей, образующих 80 ячеек (см. рисунок 2)

Расчетное моделирование физических процессов в реакторе ВВР-К с целью определения его радиационных характеристик проводилось методом Монте-Карло с помощью MCNP6 [13]. Транспортный код MCNP6 предназначен для решения задач в области физики ядерных реакторов, радиационной защиты, дозиметрии, радиографии, радиационной медицины и ядерной безопасности. Пользователь имеет возможность моделировать геометрические трехмерные конфигурации, задавая математические уравнения ограничивающих их поверхностей первой, второй и четвертой степени, и их заполнение произвольным материалом, задавая концентрации ядер элементов, входящих в состав вещества. При моделировании в транспортном коде MCNP6 использовалась библиотека сечений взаимодействия нейтронов с веществом ENDF/B-VII.1 [14]. В MCNP6 была смоделирована текущая конфигурация активной зоны и ниши тепловой колонны реактора ВВР-К с реальным материальным составом. При моделировании использовалась расчетная модель реактора ВВР-К, которая ранее была валидирована по многочисленным экспериментам [15–21], где было показано, что гетерогенное описание всех элементов и компонентов реактора, а также использование реального материального состава ак-

тивной зоны (фактическое выгорание в каждой ТВС, учет «отравления» блоков бериллия) позволили получить хорошее согласие результатов расчетов с экспериментальными данными. Начальными условиями в расчетной модели были приняты: температура теплоносителя, конструктивных элементов, топлива – 293,6 K, плотность воды – 0.998 г/см^3, k_{eff} = 1. Входной расчетный файл включал 500 циклов, составленных из 50 неактивных и 450 активных циклов с 50000 историй на цикл. Температура всех изотопов, данные о сечениях которых использовались в расчетах, составляла 293,6 K. Статистическая относительная погрешность расчетов для эффективного коэффициента размножения нейтронов не превышала 0,02%; для потока нейтронов не превышала 3%.



1 – активная зона, 2 – вода, 3 – ниша тепловой колонны, 4 – чугунная защита, 5 – тяжелый бетон.

Рисунок 2. Вертикальный (а) и горизонтальный (б) разрезы математической модели реактора ВВР-К

Полученные энергетические и пространственные распределения нейтронов и гамма-квантов в вакуумированной нише тепловой колонны реактора ВВР-К представлены на рисунках 3 и 4 соответственно. Наибольшая плотность потока нейтронов составляет ~10^{12} см$^{-2}$ с$^{-1}$. Плотность потока гамма-квантов достигает ~$8 \cdot 10^{12}$ см$^{-2}$ с$^{-1}$. Максимумы плотности находятся напротив активной зоны вблизи передней стенки ниши тепловой колонны для всех диапазонов энергий нейтронов и гамма-квантов. Это означает, что нейтроны и гамма-кванты попадают в нишу преимущественно через ее переднюю стенку.

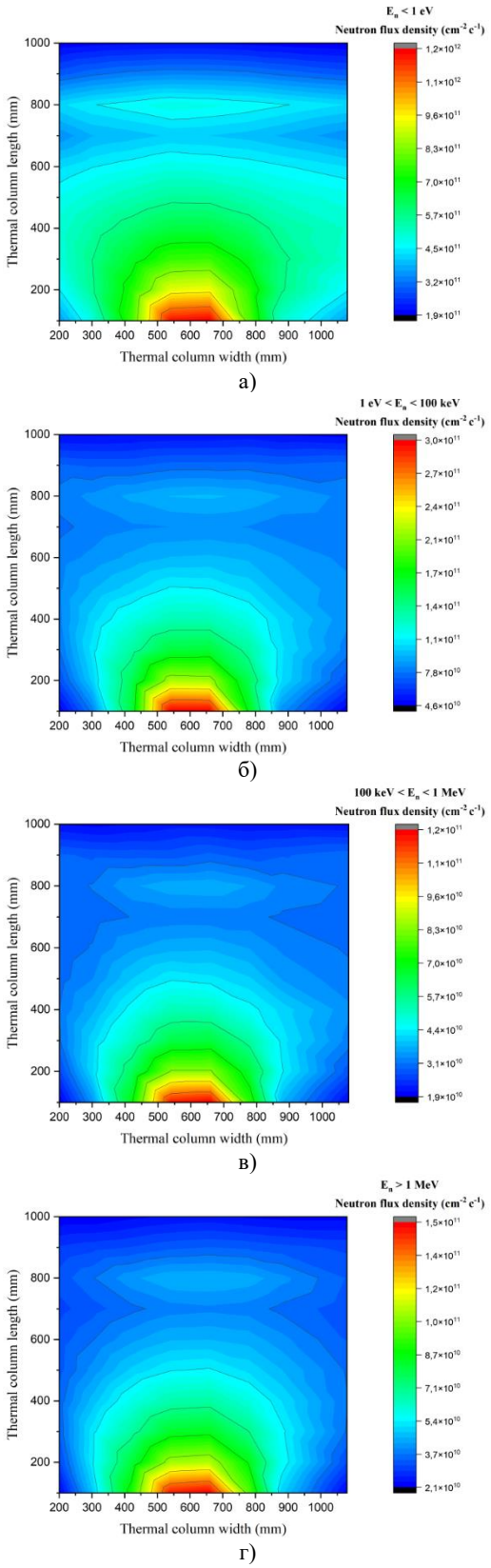


Рисунок 3. Пространственное и энергетическое распределение нейтронов в нише тепловой колонны реактора ВВР-К: (а) нейтроны с энергией <1 эВ; (б) нейтроны с энергией 1 эВ÷100 кэВ; (в) нейтроны с энергией 100 кэВ÷1 МэВ; (г) нейтроны с энергией >4 МэВ

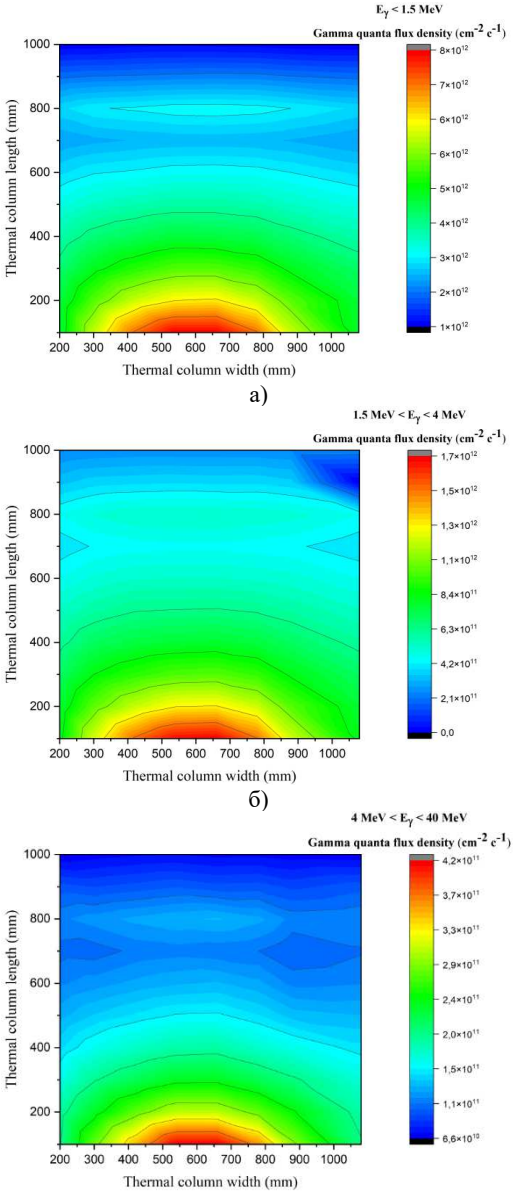


Рисунок 4. Пространственное и энергетическое распределение гамма-квантов в нише тепловой колонны реактора ВВР-К: (а) гамма-кванты с энергией <1,5 МэВ; (б) гамма-кванты с энергией 1,5 МэВ÷4 МэВ; (в) гамма-кванты с энергией >4 МэВ

РАСЧЁТ ПЛОТНОСТИ ПОТОКА МЕДЛЕННЫХ НЕЙТРОНОВ В НИШЕ ТЕПЛОВОЙ КОЛОННЫ С ВАКУУМНОЙ СРЕДОЙ, СОДЕРЖАЩЕЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ЗАМЕДЛИТЕЛЬ

Одним из параметров, определяющих мощность источника УХН, является плотность потока медленных (<1 эВ) нейтронов, попадающих в источник из замедлителя реактора. Таким образом, предварительным условием для расчета источника является оптимизация этого параметра.

Из рисунков 3 и 4 видно, что в нишу тепловой колонны попадает достаточно большое (10^{10}–10^{11} см$^{-2}$ с$^{-1}$) количество быстрых нейтронов с энергией >1 эВ. Для проверки возможности их замедления в модель вакуумированной ниши тепловой колонны был добавлен дополнительный замедлитель (см. рисунок 5), представляющий собой диск диаметром 1000 мм, толщина которого варьировалась. В качестве материалов замедлителя были рассмотрены вода, тяжелая вода и графит. Расчет плотности потока тепловых нейтронов с энергиями <1 эВ проводился в поперечной области шириной 540–660 мм (область, содержащая ячейки 5, 13, 21…, см. рисунок 2) и на расстоянии от торца ниши, равном толщине замедлителя (т.е. на выходе дополнительного замедлителя).

Результаты расчетов в зависимости от толщины замедлителя представлены на рисунке 6. Цветным линиям соответствуют различные материалы замедлителя: красный – вода, синий – тяжелая вода, фиолетовый – графит. Черной линией обозначена плотность потока, полученная без дополнительного замедлителя в аналогичной области. На рисунке 6 видно, что черная линия находится выше цветных, т.е. присутствие дополнительного замедлителя не приводит к увеличению плотности потока медленных нейтронов. Это связано с тем, что между передней стенкой ниши тепловой колонны и активной зоной находится слой воды, который, по-видимому, уже является оптимальным для получения наибольшей плотности потока медленных нейтронов в нише.

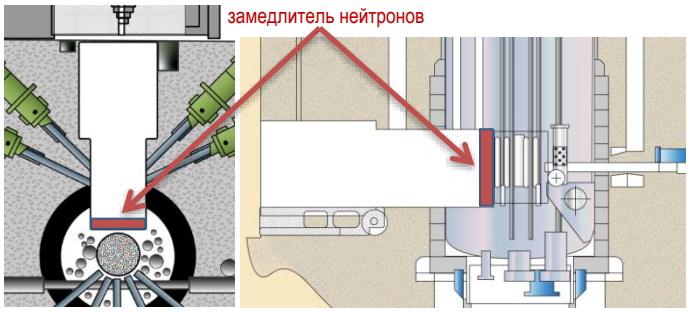


Рисунок 5. Схема расположения дополнительного замедлителя нейтронов в нише тепловой колонны: вид сверху (а) и сбоку (б)

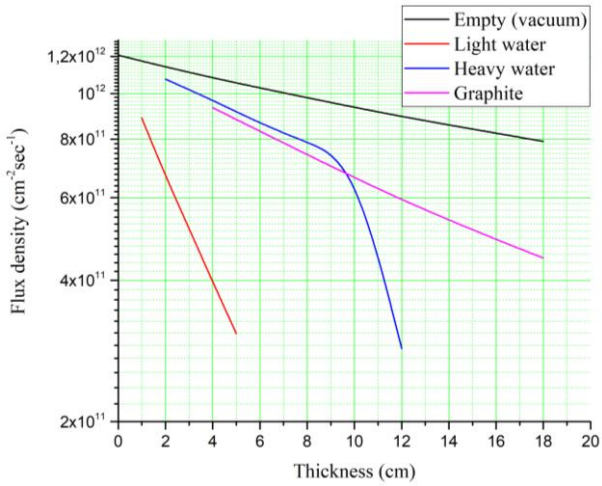


Рисунок 6. Плотность потока медленных нейтронов с энергией <1 эВ в зависимости от толщины замедлителя

Выводы

Ниша тепловой колонны реактора ВВР-К является перспективным местом для размещения высокоинтенсивного источника УХН. Для проектирования источника необходима информация о пространственном и энергетическом распределении нейтронного и гамма-полей в нише. В данной работе нами был проведен соответствующий расчёт. Показано, что максимумы плотностей потоков нейтронов и гамма-квантов располагаются вблизи передней стенки ниши тепловой колонны и по порядку величины достигают ~10^{12} см$^{-2}$ с$^{-1}$. При этом плотность потока быстрых нейтронов (>1 эВ) составляет 10^{10}–10^{11} см$^{-2}$ с$^{-1}$. Для исследования возможности замедления таких нейтронов нами был проведен расчет плотности потока медленных нейтронов в нише тепловой колонны, содержащей дополнительный модератор. Показано, что его наличие не способствует увеличению плотности потока, что объясняется оптимальной толщиной слоя воды, находящегося между передней стенкой ниши тепловой колонны и активной зоной.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках грантового финансирования молодых ученых по научным и научно-техническим проектам № AP19579042.

Литература / References

1. A. A. Shaimerdenov, D. A. Nakipov, F. M. Arinkin, et al. The 50th Anniversary of the WWR-K Research Reactor // Physics of Atomic Nuclei. – 2018. − Vol. 81. − No. 10. − P. 1408–1411.
2. Shaimerdenov A., Gizatulin S., Dyussambayev D., Askerbekov S., Kenzhina I. The WWR-K reactor experimental base for studies of the tritium release from materials under irradiation // Fusion Science and Technology. – 2020. − Vol. 76(3). − P. 304–313.
3. P. Blynskiy, Ye. Chikhray, T. Kulsartov et al. Experiments on tritium generation and yield from lithium ceramics during neutron irradiation // International Journal of Hydrogen Energy. – 2021. − Vol. 46. − No. 13. − P. 9186–9192.
4. Timur Kulsartov, Asset Shaimerdenov, Zhanna Zaurbekova et al. Features of the in-situ experiments on studying of tritium release from lithium ceramic Li2TiO3 using vacuum extraction method // Fusion Engineering and Design. – 2021. − Vol. 172. − P. 112703.
5. Timur Kulsartov, Yergazy Kenzhin, Regina Knitter et al. Investigation of hydrogen and deuterium impact on the release of tritium from two-phase lithium ceramics under reactor irradiation // Nuclear Materials and Energy. – 2022. − Vol. 30. − P. 101115.
6. V.S. Gnyrya, Yu.I. Tyurin, P.F. Kashaykin et al. A technique for conducting of reactor in-situ tests of optical fibres and FBG-sensors intended for in-vessel applications in thermonuclear facilities // Fusion Engineering and Design. – 2023. − Vol. 191, − P. 113787.
7. Timur Kulsartov, Zhanna Zaurbekova, Yevgen Chikhray Features of Helium and Tritium Release from Li2TiO3 Ceramic Pebbles under Neutron Irradiation // Materials. – 2023. – Vol. 16(17). – P. 5903.
8. Timur Kulsartov, Inesh Kenzhina, Regina Knitter Influence of various gases and water vapors on the processes of tritium release from two-phase lithium ceramics // Fusion Engineering and Design. – 2024. − Vol. 202. − P. 114302.
9. D.S. Sairanbayev, Sh. Kh. Gizatulin, A.N. Gurin et al. Optimizing irradiation conditions for natural molybdenum in WWR-K reactor // Nuclear Engineering and Technology, In Press, Corrected Proof.
10. D. Sairanbayev, S. Koltochnik, A. Shaimerdenov et al. Analysis of lutetium-177 production at the WWR-K research reactor // Applied Radiation and Isotopes. – 2021. − Vol. 169. − P. 109561.
11. D.S. Dyussambayev, M.T. Aitkulov, A.A. Shaimerdenov, et al. TITAN neutron imaging facility performance // Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A. – 2022. – 167078.
12. N. K. Romanova, Sh. Kh. Gizatulin, D. S. Sairanbayev et al. Computational study of radiation characteristics in the niche of the experimental devices of the WWR-K reactor // NNC RK Bulletin. – 2022. Issue 3. – P. 88–93. https://doi.org/10.52676/1729-7885-2022-3-88-93
13. Goorley J.T., et al., 2013. Initial MCNP6 Release Overview - MCNP6 version 1.0, LA-UR-13-22934.
14. Brown D. A., Chadwick M. B., Capote R., Kahler A. C., Trkov A., Herman M.W. end et. al., 2011. ENDF/B-VII.1 Nuclear Data for Science and Technology: Cross Sections, Covariances, Fission Product Yields and Decay Data. Nuclear Data Sheets. 112, 2887-2996.
15. Д.С. Сайранбаев, С.Н. Колточник, А.А. Шаймерденов, М.Ш. Тулегенов, Е.А. Кенжин, К. Цучия Динамика изменения эксплуатационных параметров реактора ВВР-К при постепенной замене водяного отражателя на бериллиевый // Известия вузов. Физика. – 2020. – № 12. – Т. 63. – С. 102–113. https://doi.org/10.17223/00213411/63/12/102 [D.S. Sayranbaev, S.N. Koltochnik, A.A. Shaymerdenov, M.Sh. Tulegenov, E.A. Kenzhin, K. Tsuchiya Dinamika izmeneniya ekspluatatsionnykh parametrov reaktora VVR-K pri postepennoy zamene vodyanogo otrazhatelya na

berillievyy // Izvestiya vuzov. Fizika. – 2020. – No. 12. – Vol. 63. – P. 102–113.] (In Russ.)
16. D. Sairanbayev, S. Koltochnik, A. Shaimerdenov, Y. Chakrova, A. Gurin, Y. Kenzhin Analysis of lutetium-177 production at the WWR-K research reactor // Applied radiation and isotopes. – Vol. 169. – 2021. – P. 109561. https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2020.109561
17. Чекушина Л.В., Колточник С.Н., Сайранбаев Д.С., Гизатулин Ш.Х., Шаймерденов А.А., Накипов Д.А., Кенжин Е.А. Опыт эксплуатации ВВР-К с бериллиевым отражателем и низкообогащенным урановым топливом // Атомная энергия. – 2021. – Т. 130. – № 5. – С. 295–298. [Chekushina L.V., Koltochnik S.N., Sayranbaev D.S., Gizatulin Sh.Kh., Shaymerdenov A.A., Nakipov D.A., Kenzhin E.A. Opyt ekspluatatsii VVR-K s berillievym otrazhatelem i nizkoobogashchennym uranovym toplivom // Atomnaya energiya. – 2021. – Vol. 130. – No. 5. – P. 295–298.] (In Russ.)
18. Айткулов М.Т., Дюсамбаев Д.С., Аханов А.М., Киселев К.С., Бұғыбай Ж.Т., Романова Н.К., Гизатулин Ш.Х., Шаймерденов А.А., Накипов Д.А. Анализ возможности радиационного окрашивания топазов в реакторе ВВР-К // Вестник КазНУ. Серия Физическая (ВКФ). – 2021. – Вып 4 (79). – С. 42–48. https://doi.org/10.26577/RCPh.2021.v79.i4.06 [Aytkulov M.T., Dyusambaev D.S., Akhanov A.M., Kiselev K.S., Bұғybay Zh.T., Romanova N.K., Gizatulin Sh.Kh., Shaymerdenov A.A., Nakipov D.A. Analiz vozmozhnosti radiatsionnogo okrashivaniya topazov v reaktore VVR-K // Recent Contributions to Physics. – 2021. – Issue 4 (79). – P. 42–48.] (In Russ.)
19. A. Shaimerdenov, D. Sairanbayev, D. Dyussambayev, S. Gizatulin, D. Nakipov, Z. Bugubay Computational analysis of a neutron trap in the center of the WWR-K reactor core for irradiation tests of large-sized objects // Eurasian Journal of Physics and Functional Materials. – Vol. 6. – 2022. – p.38-46. https://doi.org/10.32523/ejpfm.2022060104
20. А.А. Шаймерденов, А.М. Аханов, Д.С. Сайранбаев, М.Т. Айткулов, К.С. Киселев, Ж.Т. Буғыбай, М.С. Мережко, А.Т. Мухамеджанова Расчетное обоснование экспериментов по облучению литиевой керамики в реакторе ВВР-К // Вестник КазНУ. Серия Физическая (ВКФ). – 2022. – Вып. 3 (82). – С. 27–36. https://doi.org/10.26577/RCPh.2022.v82.i3.05 [Shaimerdenov, A., Akhanov, A., Sairanbayev, D., Aitkulov, M., Kisselyov, K., Bugybay, Z., Merezhko, M., & Mukhamejanova, A. (2022). Raschetnoe obosnovanie eksperimentov po oblucheniyu litievoy keramiki v reaktore VVR-K // Recent Contributions to Physics. – 2022. – Issue 3 (82). P. 27–36.] (In Russ.)
21. A.M. Akhanov, M.T. Aitkulov, D.S. Sairanbayev, Sh.Kh Gizatulin, N.K. Romanova, A.A. Shaimerdenov, Y.V. Chikhray, Zh Ualzhanov, T.K. Zholdybayev Irradiation capsule design for neutron coloration of topaz in a WWR-K reactor // Applied Radiation and Isotopes. – 2022. – Vol. 190. – P. 110472. https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2022.110472

УЛЬТРА СУЫҚ НЕЙТРОНДАР КӨЗІН ОРНАЛАСТЫРУ ОРНЫ РЕТІНДЕ ҚАРАСТЫРЫЛАТЫН ССР-Қ ЗЕРТТЕУ РЕАКТОРЫНЫҢ ЖЫЛУ БАҒАНЫНЫҢ ТЕКШЕСІНДЕГІ НЕЙТРОНДЫҚ ЖӘНЕ ГАММА ӨРІСТЕРІН ЕСЕПТЕУ

Қ. Тұрлыбекұлы[1,2*], А. А. Шаймерденов[1], Д. С. Сайранбаев[1], Д. Шапиро[1], Б. Мұхаметұлы[2], О. Баяхметов[1], С.К. Сахиев[1]

[1] ҚР ЭМ «Ядролық физика институты» РМК, Алматы, Қазақстан
[2] Біріккен ядролық зерттеулер институты, Дубна, Ресей

** Байланыс үшін E-mail: k.turlybekuly@inp.kz*

ССР-Қ (Су-Су Реакторы-Қазақстан) төмен байытылған уран (ТБУ) отынына өтуіне байланысты күрделі жаңғыртудан кейін қайта іске қосылды және 2016 жылғы қыркүйектен бастап (ТБУ) отынымен жұмыс істейді. 1967 жылы салынған реактор заманауи қауіпсіздік талаптарына сәйкес айтарлықтай жаңартылды. Қазақстандағы нейтрондардың бұл маңызды көзі физика, химия, биология, материалтану саласындағы іргелі және қолданбалы зерттеулер, сондай-ақ материалдарды радиациялық өңдеу және радиоизотоптар өндіру сияқты әртүрлі мақсаттарға қызмет етеді. Ол кадрларды даярлау үшін де қолданылады. ССР-Қ реакторының базасында эксперименттік станциялардың базалық жиынтығын орнатуға мүмкіндік беретін қондырғы жасау жобаларын іске қосу жоспарлануда. Зерттеу мүмкіндіктерін кеңейтетін ультра суық нейтрондардың (УСН) көзін құру үшін айтарлықтай күш жұмсалады. Ол үшін жылу бағанының текшесін – 1000 мм-ге дейінгі объектілерді сәулелендіруге мүмкіндік беретін үлкен диаметрлі көлденең арнаны пайдалану ұсынылады. Сонымен қатар, жылу бағанының текшесінде төрт радиалды канал бар, оларды суық (10^{-6}–10^{-3} эВ) және өте суық (10^{-7}–10^{-6} эВ) нейтрондарды шығару үшін пайдалануға болады. Мақалада ССР-Қ реакторының жылу бағанының текшесінде ағымдағы және қосымша модераторы бар конфигурациялары үшін нейтрондық және гамма өрістерінің кеңістіктік және энергетикалық таралуының есептеулері келтірілген. Қосымша модераторы бар конфигурация баяу (<1 эВ) нейтрондық өрістердің ұлғаюына әкелмейтіні көрсетілген және ағымдағы модератордың қалыңдығы оңтайлы болып есептеледі.

***Түйін сөздер**: ССР-Қ реактор*, *нейтрондар, гамма кванттар, жылу бағанының текшесі, нейтрондық модератор, MCNP.*

CALCULATION OF NEUTRON AND GAMMA FIELDS IN THE NICHE OF THE THERMAL COLUMN OF THE WWR-K RESEARCH REACTOR, CONSIDERED AS THE LOCATION OF THE ULTRACOLD NEUTRON SOURCE

K. Turlybekuly[1,2*], A. A. Shaimerdenov[1], D. S. Sairanbayev[1], D. Shapiro[1], B. Mukhametuly[2], O. Bayakhmetov[1], S. K. Sakhiyev[1]

[1] RSE "Institute of Nuclear Physics" ME RK, Almaty, Kazakhstan
[2] Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia

** E-mail for contacts: k.turlybekuly@inp.kz*

WWR-K (Water-Water Reactor - Kazakhstan) was restarted after a major modernization related to its conversion to low enriched uranium (LEU) fuel and has been operating on LEU fuel since September 2016. The reactor, built in 1967, has been significantly modernized to meet modern safety requirements. This important neutron source in Kazakhstan serves various purposes, such as basic and applied research in physics, chemistry, biology, materials science, as well as for radiation treatment of materials and production of radioisotopes. It is also used for training. Instrumentation projects are planned to be launched on the basis of the WWR-K reactor to install a basic set of experimental stations. Significant efforts will be made to develop an ultracold neutron (UCN) source, which will expand research capabilities. For this purpose, it is proposed to use the niche of thermal column, a large diameter horizontal channel that allows irradiation of objects up to 1000 mm in size. In addition, the niche of thermal column has four radial channels that can be used to extract cold (10^{-6}–10^{-3} eV) and very cold (10^{-7}–10^{-6} eV) neutrons. The paper presents calculations of spatial and energy distributions of neutron and gamma fields for the current and for the additional moderator configuration of the niche of thermal column of the WWR-K reactor. It is shown that the configuration with additional moderator does not lead to an increase in the slow neutron fields (<1 eV), and the existing moderator thickness is optimal.

***Keywords**: WWR-K reactor, neutrons, gamma quanta, niche of thermal column, neutron moderator, MCNP.*