

UDC 621.039.624

**SHIELDING DESIGN AND NEUTRONICS CALCULATION OF THE GDL
BASED FUSION NEUTRON SOURCE ALIANCE***(short message)**W. Yang^{1,2}, Q. Zeng¹, Ch. Chen¹, Zhibin Chen¹, Jun Song¹, Zhen Wang¹, Jie Yu¹, Dmitry Yakovlev³,
Vadim Prikhodko^{3,4}*¹*Institute of Nuclear Energy Safety Technology, Hefei Institutes of Physical Science, Chinese Academy of Sciences, Hefei, Anhui, 230031, China*²*University of Science and Technology of China, Hefei, Anhui, 230027, China*³*Budker Institute of Nuclear Physics of Siberian Branch Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, 630090, Russia*⁴*Novosibirsk State University, Novosibirsk, 630090, Russia*

The Axisymmetric Linear Advanced Neutron source (ALIANCE) is a GDT based fusion neutron source, aiming to produce 10^{18} of D—T-neutrons per second and to provide a large testing volume required for fusion materials and components testing. A similar neutron source could also be valuable in the long run for medical isotopes production and as a driver of sub-critical fission reactor. This presentation presents the high flux neutron shielding design and extensive neutronics calculations of GDT based fusion neutron source ALIANCE. Neutron distribution of ALIANCE is strongly inhomogeneous along the axis: significant portion of the neutron flux is generated near the two mirrors, while the rest of it is spread over the remaining central volume of plasma. The shielding design includes 40 cm stainless steel as the main shielding layer and an additional tungsten shielding layer at mirror plugs to protect superconducting coils from neutron damage and reduce nuclear heating. The simulations have been carried out by using Monte-Carlo transport code Super MC with nuclear data library FENDL 3.1. Results show that the nuclear heating on the mirror coils can be reduced by more than two thirds with additional tungsten shield, and fast neutron fluence by 30%. The highest nuclear heating and the highest fast neutron fluence zones are located at the mirror coils, and the values are about 300 W/m^3 and $9 \times 10^{18} \text{ n/cm}^2$ respectively, which meets the threshold of ITER superconducting coils. The specific activities of shielding layers are on the order of 10^{12} Bq/kg . Ten years after shutdown, specific activities of structural materials will decrease by more than 98% to meet the safety requirements. The modeling and calculations reported in this paper will be beneficial for the pre-conceptual engineering design of ALIANCE.

Key words: gas dynamic trap, fusion neutron source, shielding optimization, specific activity.

DOI: 10.21517/0202-3822-2021-44-2-164-166

**РАСЧЁТЫ И ПРОЕКТ НЕЙТРОННОЙ ЗАЩИТЫ ИСТОЧНИКА ТЕРМОЯДЕРНЫХ НЕЙТРОНОВ
ALIANCE НА ОСНОВЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЙ ЛОВУШКИ***(краткое сообщение)**В. Ян^{1,2}, Ц. Цзэн¹, Ч. Чэнь¹, Чж. Чэнь¹, Ц. Сон¹, Чж. Ван¹, Ц. Юй¹, Д. Яковлев³, В. Приходько^{3,4}*¹*Институт технологии безопасности ядерной энергии, Хэфэйские институты физических наук, Китайская академия наук, Хэфэй, Аньхой, 230031, Китай*²*Научно-технический университет Китая, Хэфэй, Аньхой, 230027, Китай*³*Институт ядерной физики им. Г.А. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, 630090, Россия*⁴*Новосибирский государственный университет, Новосибирск, 630090, Россия*

Осесимметричный линейный усовершенствованный источник нейтронов (ALIANCE) — это проект источника термоядерных нейтронов на основе газодинамической ловушки, производящего 10^{18} нейтронов в секунду в реакции DT и обладающего тестовой зоной большого объёма, необходимой для испытаний термоядерных материалов и компонентов. Подобный источник нейтронов также может быть полезен в долгосрочной перспективе для производства медицинских изотопов и в качестве «драйвера» подкритического реактора деления. В докладе представлены конструкция системы защиты от потока нейтронов высокой интенсивности и подробные результаты нейтронных расчётов источника ALIANCE на основе газодинамической ловушки. Распределение потока нейтронов в ALIANCE сильно неоднородно вдоль оси установки: значительная часть полного потока нейтронов генерируется вблизи магнитных пробок, а оставшаяся его часть распределена по центральному объёму плазмы. Нейтронная защита

включает в себя слой нержавеющей стали толщиной 40 см в качестве основного экранирующего слоя и дополнительный вольфрамовый экранирующий слой в области магнитных пробок для защиты сверхпроводящих катушек от повреждения нейтронами и уменьшения ядерного нагрева. Моделирование проводилось с использованием транспортного кода Монте-Карло Super MC с библиотекой ядерных данных FENDL 3.1. Результаты показывают, что ядерный нагрев магнитных пробок может быть уменьшен более чем на две трети при помощи дополнительного вольфрамового экрана, а флюенс быстрых нейтронов на 30%. Наибольший ядерный нагрев и зоны с наибольшим флюенсом быстрых нейтронов находятся в магнитных пробках, и их значения составляют около 300 Вт/м³ и 9×10^{18} н./см² соответственно, что соответствует порогу облучения сверхпроводящих катушек ИТЭР. Удельная активность слоёв нейтронной защиты составляет порядка 10^{12} Бк/кг. Через десять лет после прекращения работы установки удельная активность конструкционных материалов снизится более чем на 98%, что позволит удовлетворить требованиям безопасности. Моделирование и расчёты, представленные в этой статье, могут быть использованы для подготовки концептуального и инженерного проекта установки ALIANCE.

Ключевые слова: газодинамическая ловушка, источник термоядерных нейтронов, оптимизация нейтронной защиты, удельная активность.

v.v.prikhodko@inp.nsk.su