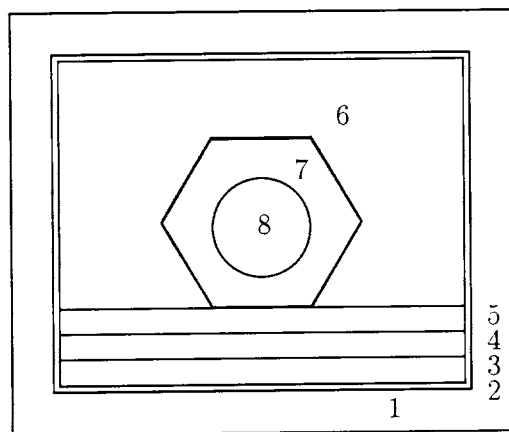


P2-2003-241

В. С. Барашенков, Х. Кумават, С. Г. Стеценко

О ВОЗМОЖНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ
ЭЛЕКТРОЯДЕРНОЙ U-РЬ УСТАНОВКИ
НА ПУЧКЕ НУКЛОТРОНА **ОИЯИ**

Экспериментальная установка "Энергия-Трансмутация"[1] (далее для краткости мы будем называть ее DSAD – Deep Subcritical Assambey in Dubna) в законченном виде должна состоять из девяти секций, каждая из которых содержит 210 урановых стержней длиной 10.4 см с 1.63 кг естественного урана и центральной 8-см свинцовой мишенью. Каждая секция имеет на своих торцах далеко выходящие за края уранового бланкета алюминиевые пластины толщиной 4.5 мм и стальную защитную оболочку. Секции разделены интервалами, размер которых может варьироваться в зависимости от типа размещаемых в них детекторов. Каждая секция имеет толстые боковые стальные пластины с ушками для ее транспортировки краном. Секции закреплены на толстом многослойном основании (см. рисунок). С боков установка окружена 1-мм слоем кадмия и толстым, в несколько десятков сантиметров слоем полиэтилена. Торцы установки остаются открытыми.



Поперечный разрез секции DSAD и ее окружения.

1 – радиационная защита с габаритами $\Delta X \times \Delta Y \times \Delta Z = 100 \times 110 \times 110$ см, 2 – 0.1-см слой кадмия, 3 – 3-см слой текстолита, 4 – 9-см деревянное основание, 5 – 1-см стальная плита, 6 – 0.1-см стальная оболочка бланкета, 7 – урановый бланкет, 8 – свинцовая мишень

Первоначально были выполнены эксперименты всего лишь с двумя секциями, с 30 урановыми стержнями (т. е. 51.6 кг урана) в каждой. В настоящее время на протонном пучке НУКЛОТРОНА ОИЯИ используется установка с четырьмя такими секциями.

Математические эксперименты показали [2], что при переходе от двух- к девятисекционной установке увеличение выхода нейтронов и изменение других параметров генерируемых частиц сравнительно невелико, в то время как стоимость установки возрастает весьма значительно. С этой точки зрения использование четырехсекционной установки представляется оптимальным [3].

Вместе с тем в ряде аспектов эта установка нуждается в модернизации. Прежде всего требуется новая радиационная защита, поскольку окружающие установку слои кадмия и полиэтилена не защищают экспериментальный зал от нейтронного и γ -излучений. Например, на каждый первичный протон с энергией $E = 2$ ГэВ в зале присутствует 37 нейтронов, в том числе 25 "холодных" с энергией $E_n < 2.5 \cdot 10^{-8}$ МэВ. Слой кадмия поглощает медленные нейтроны, образующиеся в столкновениях с легкими ядрами полиэтилена и вылетающие внутрь системы, но не задерживает нейтроны, вылетающие в экспериментальный зал¹. Излучают в зал незащищенные торцы установки.

Кроме низкоэнергетических квантов с энергией $E_\gamma \sim$ нескольких МэВ, рождающихся в (n, γ) -реакциях и при деэкситации возбужденных послекаскадных ядер, гамма-излучение в зале в значительном количестве содержит также высокоэнергетические кванты с $E_\gamma > 70$ МэВ от распадов π^0 -мезонов.

При интенсивности протонного пучка НУКЛОТРОНА с энергией $E_p \simeq 2$ ГэВ $N_p \simeq 5 \cdot 10^9$ в экспериментальном зале присутствует примерно 10^{11} нейтронов и 10^{10} γ -квантов. Значительная доля этих частиц поглощается находящимся в зале оборудованием и окружающими его бетонными блоками, однако часть нейтронов и γ -лучи создают радиационное поле вне здания.

¹Поскольку слой кадмия расположен вне основания DSAD, рождающиеся в нем "холодные" нейтроны попадают внутрь системы, но не вылетают в зал. По сравнению с рождающимися в полиэтилене доля этих нейтронов невелика.

Безопасная работа с установкой DSAD требует значительно более совершенной защиты.

Далее, следует удалить излишний металл из установки, в частности, заменить на более тонкие и меньших размеров алюминиевые пластины на торцах секций, устранить стальную плиту в основании установки и сделать его более простым с хорошо известным химическим составом. Желательно заменить стальную защитную оболочку пластиковыми жгутами или прочными пластиковыми лентами и т. д.

Наконец, используя имеющиеся в запасе урановые стержни, можно увеличить выход нейтронов, добавив по крайней мере еще один слой в бланкет.

В таблице приведены расчетные параметры для трех вариантов DSAD:

1. для ныне используемой 4-секционной установки,
2. для установки с 3-см деревянным основанием, 1-мм алюминиевыми пластинами на торцах секций, без стальной защитной оболочки и 3-мм расстояниями между секциями (в варианте I это расстояние составляет 8 мм),
3. такая же конструкция, как в предыдущем варианте, но вместо 30 используются 54 урановых стержня.

Радиационная защита во всех трех вариантах оставалась неизменной – такой, как в ныне действующей DSAD. Конструирование надежной и компактной защиты – отдельная задача, которую мы сейчас не рассматриваем.

Как видно, переход к варианту 2 увеличивает выход нейтронов на 10%, а вариант 3 повышает его до 30%. При существующей интенсивности протонного пучка НУКЛОТРОНА за сутки непрерывного облучения в бланкете должно накопиться около 1 мкг плутония.

Параметры трех вариантов DSAD
(в расчете на один первичный протон с энергией 3 ГэВ)

Вариант DSAD	1	2	3
Нейтроны утечки			
$E_n > 2.5 \cdot 10^{-8}$ МэВ	12	10	13
$E_n < 2.5 \cdot 10^{-8}$ МэВ	25	29	31
Поглощено в			
n, γ -реакциях	4.5	6	8
Суммарный выход	41	45	52
Энергия деления (МэВ)	796	945	1297
Суммарная энергия			
γ -лучей (МэВ)	203	222	234
Энергия γ -квантов			
от распада π^0 -мезонов (МэВ)	124	128	126
Энергия нейтронов утечки (МэВ)	274	253	227
Энергия протонов утечки (МэВ)	221	183	160
Суммарное тепловыделение (МэВ)	2120	2287	2676

Однако более важным обстоятельством является то, что более простая, без излишних деталей, конструкция модернизированной DSAD позволяет надежнее интерпретировать результаты измерений и сравнивать их с данными для других ADS. Модернизация не требует больших затрат и может быть осуществлена в короткие сроки.

Кроме экспериментов с протонным пучком представляется интересным использовать пучки дейтронов и более тяжелых ионов. Это позволит уточнить каскадную модель и проверить вывод о меньшей энергетической стоимости генерации нейтронов дейтронами по сравнению с протонным пучком.

Литература

- [1] M.I. Krivopustov et al. Kerntechnik, 2003, v. 68, p. 48.
- [2] V.S. Barashenkov, V. Kumar, H. Kumawat, V. A. Lobanova. JINR Preprint E9-2003-55, Dubna, 2003, Nucl. Instr. and Math. B 1 (В печати).
- [3] V. S. Barashenkov, H. Kumawat. Kerntechnik (submitted)

Получено 26 декабря 2003 г.

Барашенков В. С., Кумават Х., Стеценко С. Г.
О возможной реконструкции электроядерной U–Pb установки
на пучке нуклотрона ОИЯИ

P2-2003-241

Предложена модернизация установки «Энергия–Трансмутация», которая существенно улучшает радиационную защиту экспериментального зала, на треть увеличивает выход нейтронов и делает ее более простой для теоретической интерпретации результатов измерений и сравнения с другими ADS.

Работа выполнена в Лаборатории информационных технологий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2003

Перевод авторов

Barashenkov V. S., Kumawat H., Stetzenko S. G.
On a Possible Reconstruction of U–Pb ADS
on the JINR Nuclotron Beam

P2-2003-241

Modernization of the set-up «Energy–Transmutation» is proposed, which essentially improves the radiation shielding of the experimental room and increases a neutron yield by approximately 30 %. The theoretical interpretation of experimental results and comparison with other electronuclear set-ups become simpler.

The investigation has been performed at the Laboratory of Information Technologies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2003

Редактор *О. Г. Андреева*
Макет *Е. В. Сабанеевой*

Подписано в печать 30.01.2004.

Формат 60 × 90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 0,44. Уч.-изд. л. 0,37. Тираж 415 экз. Заказ № 54288.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.

E-mail: publish@pds.jinr.ru
www.jinr.ru/publish/