

с ростом числа итераций; 3) для всех рассмотренных случаев МНФ оказался эффективнее МПН на первых 5—10 итерациях; 4) МНФ менее чувствителен к спектральным свойствам оператора A , чем МПН; 5) применение схемы (5) дает увеличение асимптотической скорости сходимости МНФ с диагональной компенсацией. Отметим, правда, что матрица \hat{D} в МНФ с диагональной компенсацией отличалась от таковой в МНФ с периферийной компенсацией.

Из анализа результатов видны пути дальнейшего усовершенствования МНФ: оптимизация выбора вида матриц \hat{S}_1, \hat{S}_2 и \hat{H} и введение различных методов ускорения. Например, скорость сходимости в начале итерационного процесса и на асимптотике значительно увеличивается в случае применения, по предложению В. И. Лебедева, в МНФ с диагональной компенсацией ускорения (по Чебышеву) с перестановкой ускоряющих параметров; при расчете модели 4 — по такой схеме число итераций, необходимое для уменьшения погрешности начального приближения в 10^3 раз, сокращается в 2—3 раза по сравнению с МНФ с периферийной компенсацией. Может

оказаться перспективным комбинирование различных методов, например при проведении многогрупповых расчетов, когда на первых 5—7 внешних итерациях одnogрупповые уравнения решаются при помощи МНФ, а затем — МПН.

Список литературы

1. Алексеев П. Н., Болобов П. А., Зарицкий С. М., Шинков Л. К. Доклады по программам и методам физического расчета быстрых реакторов. СЭВ, Димитровград, 1975, с. 15.
2. Булеев Н. И. В кн.: Численные методы механики сплошной среды. Изд. СО АН СССР, 1975, т. 6, № 3, с. 18.
3. Булеев Н. И. В кн.: Численные методы механики сплошной среды. Изд. СО АН СССР, 1978, т. 9, № 1, с. 5.
4. Уилкинсон, Райнш. Справочник алгоритмов на языке АЛГОЛ. Линейная алгебра. М., «Машиностроение», 1976, с. 20.
5. Woznicki Z. In: Reactortagung, Dusseldorf, Bonn, 1976, p. 83.

Поступило в Редакцию 16.08.78

УДК 621.039.512.2

Экспериментальное исследование влияния свинцовой и висмутовой зон размножения на нейтронные параметры модели жидкосолевого blankets термоядерного реактора

НОВИКОВ В. М., ШИХОВ С. Б., РОМОДАНОВ В. Л., ЗАГРЯДСКИЙ В. А., ЧУВИЛИН Д. Ю.

Основное назначение blanketных зон термоядерных реакторов (ТЯР) состоит в утилизации энергии термоядерных нейтронов, а также в наработке трития для «чистых» ТЯР или трития и делящихся нуклидов для гибридных и симбиозных схем ТЯР. Выбор теплоносителя и конструкционных материалов blankets ТЯР определяет их нейтронно-физические параметры. Одним из перспективных рабочих тел blankets считаются расплавы фтористых солей лития, бериллия и тяжелых элементов. Такие жидкосолевые blankets рассматриваются как для «чистых» [1], так и для гибридных ТЯР [2, 3].

Однако для жидкосолевых blankets вклад реакции ${}^7\text{Li}(n, n')\text{T}$ в общий баланс нейтронов мал. Это связано с существенным «смягчением» спектра нейтронов в результате неупругих рассеяний на ядрах фтора. Поэтому для чистого ТЯР с жидкосолевым blanketом коэффициент наработки трития на один термоядерный нейтрон K_T может лишь незначительно превышать единицу [2]. Чтобы компенсировать этот эффект, а также для дополнительной наработки в гибридных ТЯР делящихся нуклидов можно предусмотреть введение в blanket зоны размножения нейтронов. Такая зона размещается за вакуумной стенкой ТЯР, что дает возможность использовать деление ${}^{232}\text{Th}$ и ${}^{238}\text{U}$ в спектре термоядерных нейтронов или эффективное размножение нейтронов в реакции $(n, 2n)$ на таких элементах, как бериллий и свинец [4].

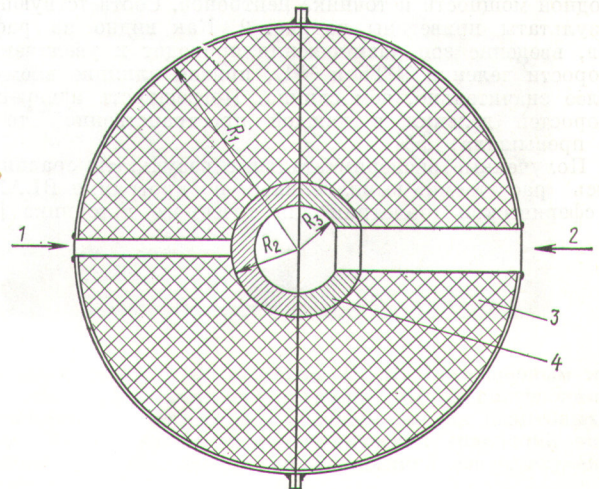
Настоящая работа является первой из серии работ, намеченных в обоснование программы исследований модулей жидкосолевого blankets ТЯР на установке Т-20 [5].

Экспериментальная модель жидкосолевого blankets (рис. 1) представляла собой сферу диаметром 400 мм, заполненную флайблом (эвтектическая смесь фтористых солей лития и бериллия — LiF, BeF_2 — в соотношении 50 на 50 мол.%). В эксперименте исследовалось влияние свинцовой и висмутовой зоны размножения на нейтронно-физические параметры модели blankets. Зоны размножения из свинца и висмута устанавливались во внутренней области модели. Источником нейтронов энергией 14 МэВ

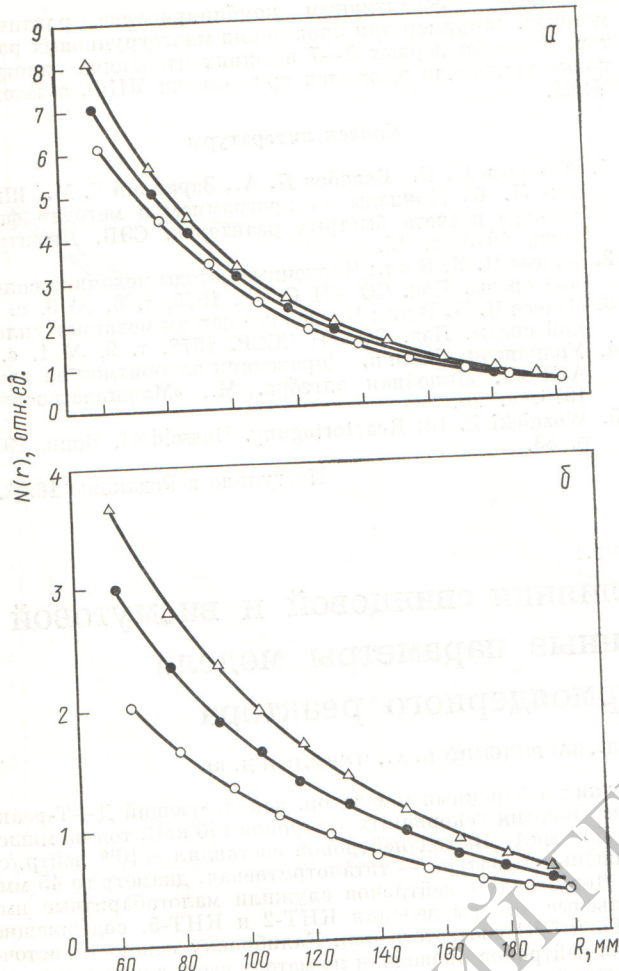
служил нейтронный генератор, использующий Д—Т-реакцию. Энергия ускоряемых дейтронов 140 кэВ, ток на мишени 500 мкА. Выход нейтронов составлял $\sim 10^{10}$ нейтр./с. Мишень генератора — титанотригидная, диаметр ее 45 мм.

Детекторами нейтронов служили малогабаритные импульсные камеры деления КНТ-2 и КНТ-5, содержащие ${}^{232}\text{Th}$ и ${}^{235}\text{U}$ соответственно. Калибровку мощности источника нейтронов проводили по методу счета сопутствующих α -частиц, что позволило сравнить результаты экспериментов в гомогенном шаре и в шаре с зонами размножения.

Методика исследования модели blankets заключалась в измерении скоростей деления ${}^{232}\text{Th}$ и ${}^{235}\text{U}$, приведенных



Р и с. 1. Конструкция модели жидкосолевого blankets ТЯР: 1 — экспериментальный канал; 2 — канал источника; 3 — флайб; 4 — вставка из свинца или висмута; R_1, R_2, R_3, R_4 — 200, 60 и 37 мм соответственно



Р и с. 2. Пространственное распределение скорости деления ^{232}Th (а) и ^{235}U (б): \circ — соль; \bullet — соль — свинец; Δ — соль — висмут

к одной мощности источника нейтронов. Соответствующие результаты приведены на рис. 2. Как видно из графиков, введение зон размножения приводит к увеличению скорости деления ^{232}Th и ^{235}U , причем влияние висмута более значительно, чем свинца. Погрешность измерений скоростей деления в каждой пространственной точке не превышала 1,5%.

Полученные экспериментальные результаты сравнивались с расчетами, выполненными по программе BLANK в сферической геометрии для точечного источника [6].

Анализировалось пространственное распределение скоростей деления для гомогенного солевого замедлителя и для системы соль — свинец. Нормировку скоростей деления проводили на соответствующее значение скорости деления в точке, находящейся в центре солевого слоя. Нормировочная точка наименее подвержена влиянию возмущений, вызванных границами солевого слоя, а ее удаленность от источника нейтронов уменьшает влияние его неточности.

Сравнение расчета и эксперимента показало, что в точках, достаточно удаленных от источника нейтронов, наблюдается удовлетворительное согласие результатов. Однако на расстоянии меньше 100 мм от источника нейтронов результаты заметно отличаются. Вероятной причиной этого расхождения является неточность источника нейтронов и камер деления.

С помощью метода, описанного в работе [7], была проведена корректировка результатов эксперимента на неточность источника нейтронов. Хотя откорректированные результаты находятся значительно ближе к расчетным значениям, тем не менее скомпенсировать полностью расхождение не удалось.

Кроме пространственного распределения сравнивали относительный вклад свинцовой зоны размножения в скорость деления ^{232}Th и ^{235}U . Вклад свинцовой зоны размножения определяли как отношение скоростей деления тория и урана в системе соль — свинец к соответствующим скоростям деления в гомогенной модели. Сравнение пространственных зависимостей этих отношений, измеренных в эксперименте и рассчитанных по программе BLANK, показывает близость результатов. Однако абсолютные значения этих отношений отличаются. Для ^{235}U экспериментальные значения ниже расчетных в среднем на 10%, а для ^{232}Th в среднем выше на 15%. Возможной причиной расхождения является неточность используемых констант. Для окончательного вывода следует провести серию экспериментов с детекторами нейтронов, дающими более детальную информацию о спектре нейтронов. В качестве таких детекторов могут быть использованы активационные индикаторы.

Список литературы

1. Fusion Power Technology at ORNL. Report ORNL, 1974.
2. Blinkin V. L., Novikov V. M. «Nucl. Fusion», 1978, v. 18, p. 893.
3. Lidsky L. M. Ibid., 1975, v. 15, p. 151.
4. Rozhkov S. S., Shatalov G. E. In: Proc. Symp. on Fusion — Fission Reactore. Livermore, 1976, p. 143.
5. Глухих В. А., Моносзон И. А., Чураков Т. Ф. Препринт НИИЭФА Б-0319. Л., 1976.
6. Марин С. В., Шаталов Г. Е., Марковский Д. В. Препринт ИАЭ-2832. М., 1977.
7. Wade J. «Nucl. Sci. Engng», 1958, v. 4, p. 12.

Поступило в Редакцию 01.09.78
В окончательной редакции 27.12.78