



ФИЗИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

*В. А. ДУЛИН*

**ОБ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РАСХОЖДЕНИЯ НЕКОТОРЫХ  
ИЗМЕРЕННЫХ И РАССЧИТАННЫХ ФУНКЦИОНАЛОВ  
НА КРИТСБОРКАХ БФС и  $ZPR$**

ФЭИ - ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

В.А. Дулин

ОБ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РАСХОЖДЕНИЯ НЕКОТОРЫХ  
ИЗМЕРЕННЫХ И РАССЧИТАННЫХ ФУНКЦИОНАЛОВ  
НА КРИТСБОРКАХ БФС и  $ZPR$

## А Н Н О Т А Ц И Я

Сравниваются измеренные и рассчитанные отношения центральных коэффициентов реактивности некоторых элементов в ряде критсборок БЭС, **ZPR - III, ZPR - VI и ZEBRA** .

Расхождение между рассчитанными и измеренными отношениями центральных коэффициентов реактивности поглотителей ( бор - 10, тантал ) к урану - 235 и рассеивателей ( углерод, натрий ) имеет одну и ту же причину - погрешность в расчете функций ценности нейтронов и потока нейтронов.

1. В двух сборках БЭС ( БЭС-22 и БЭС-23 ) измерены центральные коэффициенты реактивности поглотителей (бор-10, тантал ) и центральные коэффициенты реактивности урана-235.

Критсборка БЭС-22 близка по составу к реактору БР-300. Критсборка БЭС-23 имела центральную плутониевую вставку.

Размеры вставки были достаточными для установления спектра. Конструкция сборок БЭС подробно описана в [ 1 ] .

Ядерные концентрации центральных частей критсборок БЭС-22 и БЭС-23 приведены в [ 2 ] .

В работе [ 2 ] было показано, что имеется систематическое расхождение между измеренными и рассчитанными с использованием системы констант БНАБ - 70 [ 3 ] отношениями центральных коэффициентов реактивности, и была дана вероятная оценка изменения макроконстант некоторых элементов, необходимая для согласования эксперимента и расчета.

Целью настоящей работы было:

а) Обработать и сравнить с расчетом отношения центральных коэффициентов реактивности (  $k_{eff}$  ) для тех же элементов в других критсборках : ZPR [ 5-8 ] , БЭС [ 10, 12 ] и КБР [ 9 ] .

б) Выводы о причинах расхождения, сделанные на основе такого сравнения, распространить и на коэффициенты реактивности рассеивателей.

2. Экспериментальные данные были по возможности приведены к условиям, адекватным расчету по теории возмущений первого порядка. Были учтены поправки, связанные с самопоглощением ( и размножением ) нейтронов в области депрессий потока вблизи образцов, устранением донатов .

гетерогенности и др.

Подробно методика и примеры введения этих поправок даны в работе [4].

Расчет проводился в диффузионном  $P_1$  приближении с использованием системы констант БНАБ-70 [3]. Для критсборки БЭС-22 расчет был проведен так же в  $S - I_6$  приближении с теми же константами и дал практически те же потоки и ценности в центре критсборок \*).

В таблице I приведено сравнение измеренных (экстраполированных к нулевой толщине образца) и рассчитанных отношений коэффициентов реактивности поглотителей к урану - 235:  $\rho_{В-10} / \rho_{U-235}$  и  $\rho_{Ta-181} / \rho_{U-235}$ .

Расхождения эксперимента и расчета для всех критсборок близки к расхождениям, полученным на критсборках БЭС-22 и БЭС-23.

Погрешности экспериментальных величин в 5 - 7 раз меньше величины расхождения между экспериментом и расчетом.

В работе [2] был сделан вывод, что подобное расхождение может быть связано с определенными неточностями расчета потока нейтронов и функции ценности нейтронов.

Если рассчитанная функция ценности  $\phi^+(E)$  занижена в области малых энергий и завышена в области больших, и поток в области малых энергий занижен, то расхождение между экспериментом и расчетом будет иметь характер, подобный приведенному в таблице I.

---

\* ) Расчет был проведен М.Я. Ярославцевой.

Т а б л и ц а 1

Отношение экспериментальных величин  $\rho_{В-10}/\rho_{V-235}$   
и  $\rho_{Ta-181}/\rho_{V-235}$  к рассчитанным.

Критсборка	$\rho_{В-10}/\rho_{V-235}$		$\rho_{Ta-181}/\rho_{V-235}$	
	экспер	расчет	экспер	расчет
БСС-22	1,23	( 1,18)	1,29	( 1,23 )
БСС-16	1,33		1,35	
БСС-26	1,20		1,27	
ZPR-VI-2	1,30		-	
-"- -5	1,25	( 1,19)	1,37	( 1,29 )
-"- -6	1,18		-	
<hr/>				
БСС-23	1,45		1,46	
ZPR - II-48	1,36		1,37	
-"- -49	1,40		1,40	
-"- -50	1,52		1,50	
ZEBRA-6A	1,51		1,41	

3. Но отсюда следует, что такого рода погрешности в расчете должны приводить к совершенно определенным погрешностям в расчете реактивности рассеивателей, зависящих в основном от градиента ценности:

А именно: экспериментально измеренные реактивности рассеивателей должны быть всегда большими по величине ( в алгебраическом смысле):

а) Если рассчитанная и измеренная реактивности рассеивателя отрицательны, то отношение эксперимента к расчету должно быть меньше единицы.

б) При малых реактивностях возможно, что расчет дает

отрицательную реактивность, а на эксперименте реактивность положительная.

в) Если рассчитанная реактивность рассеивателя положительна, то отношение эксперимента к расчету должно быть больше единицы.

В таблице II приведены результаты для отношения коэффициента реактивности углерода-12 к коэффициенту реактивности урана-235.

Углерод выбран в качестве типичного упругого рассеивателя, поскольку остальные процессы (неупругое рассеяние, захват) малосущественны. Сечение рассеяния углерода известно с хорошей точностью (  $\pm 2\%$  ).

При расчете учитывалась разлокировка образцом углерода макросечений захвата и деления критсборки. Разлокировка рассчитывалась по методике, описанной в [10].

Из рассмотрения данных таблицы II следует, что предположения а, б, в выполняются.

Т а б л и ц а II

Экспериментальные и расчетные величины

$\rho_{с-12} / \rho_{u-235}$

Критсборка	Эксперимент	Расчет	Отношение экспер./расчет
БЭС-26	0.0239	0.0199	1.2
БЭС-16	0.0069	- 0.0010	другой знак
КБР-1	0.0031	- 0.0024	-
ZPR - VI - 2	0.0086	0.0010	8.6
- " - 5	0.0020	- 0.0041	другой знак
- " - 6	0.0042	- 0.0002	другой знак

Критсборка	Эксперимент	Расчет	Отношение экспер./расчет
БФС-23	-	-	-
ZPR - III-48	- 0,0006	- 0,0062	0,1
"- -49	- 0,0024	- 0,0077	0,31
"- -50	-	- 0,0030	-
"- -53	0,0101	0,0042	2,5
ZEBRA 6A	0,0021	- 0,0032	Другой знак

4. При сравнении эксперимента и расчета для такой знакопеременной величины, как  $\rho_{C-12}/\rho_{U-235}$  удобнее использовать не отношение эксперимент/расчет, а разность между измеренным и рассчитанным отношениями. В таблице III ( I-я колонна ) и приведена такая разность. Она отличается мало для разных критсборок. Это свидетельствует об одной причине расхождения. Действительно, если существует некоторая подобная погрешность в расчете потока и ценности для критсборок, то поскольку критсборки имеют не слишком различающиеся спектры, ошибка в отношении  $\rho_{C-12}/\rho_{U-235}$  будет не слишком отличаться.

В таблице IV приведены аналогичные величины для натрия. Здесь так же имеется отчетливо выраженное постоянное смещение между экспериментом и расчетом. Смещение это приблизительно в два раза меньше, чем для графита, и связано с меньшим, чем у графита, ( так же примерно в два раза ) сечением замедления натрия.

Отметим, что незнание параметров основного резонанса натрия ( 2,85 кэВ ) не может быть ответственно за наличие такой разницы . Изменение параметров резонанса в 2 раза

( например, использование в расчете ЦСФ для образцов заблокированных констант натрия ) изменяет величину  $\Delta$  не более чем на 10%.

Влияние гетерогенности критсборок на поток и функцию ценности критсборок оценивалось нами для критсборок БС-22 и ZPR - VI-5.

Т а б л и ц а III.

Разница  $\Delta = (\rho_{c-12} / \rho_{v-235})$  эксп. --  
--  $(\rho_{c-12} / \rho_{v-235})$  расчет.

Критсборка	:	$\Delta$
БС-26		0,0040
БС-13		0,0079
КБР-1		0,0055
ZPR - VI - 2		0,0076
" - 5		0,0056
" - 6		0,0044
БС-23		-
ZPR - III - 48		0,0056
" - 49		0,0053
" - 50		-
" - 53		0,0059
ZEBRA - 6A		0,0053

Т а б л и ц а I V

Критсборка	$\rho_{Na} / \rho_U - 235$		$\Delta$ Экспер.-расчет
	Эксперимент	расчет	
БЭС-22	- 0,0007	- 0,0031	0,0024(0,0001)
- VI - 2	+ 0,0016	- 0,0012	0,0024
"	5 - 0,0017	- 0,0045	0,0028(0,0004)
"	6 + 0,0006	- 0,0016	0,0022

Т а б л и ц а V

Интервал энергии:	Изменение (в %) пото-		Изменение потока	
	ка и ценности нейтро-		и ценности при	
	нов из-за объекта ге-		изменении матр.	
	: терогенности в БЭС-22		: сечений (табл. I)	
	ПОТОК	ЦЕННОСТЬ	ПОТОК	ЦЕННОСТЬ
10,5-4 МэВ	- 2	- 0,5	0	- 1,1
4 - 1,4 "	- 1,5	- 0,3	0	- 1,1
1,4 - 0,4 "	- 1	0	- 5	2,1
0,4 - 0,1 "	0	0,3	- 4,7	3,1
0,1 - 0,0215 "	0,5	0,9	2	1,1
27,5 - II изв	2	1	11	1,1
10 - 4,65 "	4	0,9	24	10,1
4,65 - 2,15 "	6	0,7	32	8,1
2,15 - 1,0 "	10	0,5	47	6,1
1 - 0,465 "	17	- 0,6	65	5,1
415-100 $\approx 6$	32	- 0,8	88	3,1
100-21,5 "	140	- 0,9	112	4,1
ниже 21,5 "	300	- 1,3	127	6,1

В таблицах I, II и IV в скобках приведены для этих критсборок величины, полученные с учетом гетерогенных поправок. Заметим, что в БЭС-26 измерения проведены в гомогенной вставке. В таблице V приведено расчетное изменение потока и ценности из-за гетерогенности для крит-

критборки БЭС-22.

Предложенные в работе [2] ориентировочные изменения констант ( в % ):

Т а б л и ц а У I

Группы энергии (БНАБ)	$\sigma_f(238, 235)$	$\sigma_c(238, 235)$	за- медле- ние
I - 8	- 10	0	+ 20
II - 13	+ 5	0	+ 20
III - 17	0	- 10	+ 20

Заметно улучшают согласие эксперимента и расчета не только для бора-10 и тантала, но и для графита и натрия.

В таблице VI приведены эти изменения, в таблице VII - оценивают их воздействия на отношение ЭПР, а в таблице VIII - на групповые потоки и ценности критборки БЭС-22.

Т а б л и ц а У II

	эксперимент/расчет :			
	$P_{10}/P_{235}$	$P_{181}/P_{235}$	$\Delta$ графит	$\Delta$ натрий
БЭС-22	0,96	1,01	-	- 0,0006
ЭПР - VI - 5	1,00	1,02	0,0036	0,0014

Это изменение констант, безусловно, не является наилучшим и единственным. Оно лишь демонстрирует порядок и направленность величины смещения констант.

Тщательный анализ с использованием индивидуальных функций чувствительности каждой критборки и учетом влияния гетерогенности на поток и групповые ценности нейтронов в настоящее время проводится.

и, кроме [8], анализировать те же плутониевые крит-борки (кроме ПР-1-53 и БЭС-23), не смогли прийти к однозначному определенному выводу. Они не экстраполированы на нулевые размеры ядра по танталу, а поэтому не учитывали эмиссия расхождения для поглотителей (бор-10 и тантал) с расчетом. Связь между расхождениями поглотителей и рассеивателей так же не была или установлена. Между тем для усовершенствованной системы констант AIENDE, использовавшейся ими [8], такая связь также имеется (хотя она и не столь отчетливо выражена, как для системы БНАБ-70).

В таблице VI приведено сравнение измеренных (экспериментированных и нулевой толщине) и рассчитанных [8] соотношений коэффициентов реактивности  $\rho_{B-10} / \rho_{U-235}$ ,  $\rho_{Ta-181} / \rho_{U-235}$  и  $\Delta = (\rho_{C-12} / \rho_{U-235})_{\text{эксп.}} - (\rho_{C-12} / \rho_{U-235})_{\text{расчет}}$ .

Т а б л и ц а VI

Сравнение эксперимента и расчета по системе (модифицированной)

Критборка	$\rho_{B-10} / \rho_{U-235}$ эксп./расчет	$\rho_{Ta-181} / \rho_{U-235}$ эксп./расчет	$\Delta$
ЭДР -E-48	1,13	1,28	0,001
" -49	1,06	1,26	0,001
" -50	1,35	1,33	-
ЭБРА 6A	1,28	1,28	0,001

В среднем здесь расхождение по бору-10 и танталу  $\approx 2$  раза меньше, а по углероду в 3 раза меньше, чем для системы БНАБ-70.

На основе вышеприведенных рассмотрений можно утверждать, что модифицированная система констант БНАБ-70,

помощью которой хорошо описывается  $k_{\text{эфф}}$  для критоборок, близких по составу к энергетическим реакторам с урановым и плутониевым горючим [4, II], дает достаточно расхождение в описании тех экспериментальных величин, где важно детальное знание функций ценности нейтронов и потока нейтронов.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А :

1. А.И. Лейпунский и др. Доклад на совещании по физике реакторов СЭВ. Обнинск 1966 г.
2. В.А. Дулин и др. Препринт ФЭИ № 313, 1972 г.
3. И.П. Абагян и др. Групповые константы для расчета черных реакторов. Атомиздат, 1964 г.
4. И.В. Антонова и др. Доклад на советско-бельгийско-голландском симпозиуме по физике быстрых реакторов. Мелекесс I - 7 марта 1970 г.
5. В.А. Дулин, В.Ф. Мамонтов Препринт ФЭИ № 392, 1973г.
6. Philip F. Palmedo Complication of Fast Reactor Experiments BNL 1 June 1971.
7. R.A. Karam et al Nucl. Scient. Eng. 40 N 3 (1970) 414 p.
8. C.E. Till et al Proc. BNES Conf The Physics of Fast Reactor Operation and Design London 1969 Report 1/3.
9. F.L. Fillmore et al. Proc. BNES Conf. The Physics of Fast Reactor Operation and Design London 1969 Report 1/12.

9. Р.М. Гончаров и др. Известие АН БССР. Сер. физико-математические науки. № 1 стр. 12. Минск 1971 г.
10. Ю.Н.Е. Горбатов и др. Доклад на Советско-Бельгийско-голландском симпозиуме по физике быстрых реакторов. Мелекесс 1-7 марта 1970 г.
11. W.W. Little Transaction ANS у 13 (1970) 304 p.
12. В.А. Дулин и др. Доклад на Советско-индийском симпозиуме по физике быстрых реакторов. Калпаккам 6-8 декабря 1972 г.



Препринт ФЭИ-402 Т-07376 от 25/У-73 г. Заказ №361 Тираж 100 экз.  
Объем 0,6 уч.-изд.л. Цена 6 коп.

---

Отпечатано на ротапринте ФЭИ. июль 1973 г.