



ОКБ
ГИДРОПРЕСС
РОСАТОМ

ВАЛИДАЦИЯ ПРОГРАММЫ FRIGATE В ЧАСТИ РАСЧЕТОВ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКСПЕРИМЕНТОВ SINBAD

ОКБ «ГИДРОПРЕСС»
Нейтроника-2024

Юрин Владислав Андреевич
Инженер-конструктор 3 категории

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

ВАЛИДАЦИЯ FRIGATE В ОБЛАСТИ РАСЧЕТА РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ



ОКБ
ГИДРОПРЕСС
РОСАТОМ

ЗАДАЧИ РАБОТЫ

- 1** **ПРОАНАЛИЗИРОВАТЬ** ЭКСПЕРИМЕНТЫ
БАЗЫ ДАННЫХ **SINBAD**
- 2** **ПОСТРОИТЬ** РАСЧЕТНЫЕ МОДЕЛИ
ЭКСПЕРИМЕНТОВ **SINBAD**
- 3** **СОПОСТАВИТЬ** РЕЗУЛЬТАТЫ
РАСЧЕТА **С** РЕЗУЛЬТАТАМИ
ЭКСПЕРИМЕНТОВ **SINBAD**

ПРОГРАММА FRIGATE



DS_N

ЧИСЛЕННЫЕ
СХЕМЫ

КВАДРАТУРЫ
КАРЛСОНА

BOOSTTRAPPING

НЕОДНОРОДНЫЕ
СЕТКИ



Константы

УЧЕТ СПЕКТРА

V_j -ПОПРАВКИ

БЛОКИРОВКА

РЕЗОНАНСЫ



Модели

ГРАНИЧНЫЕ
УСЛОВИЯ

СУБМОДЕЛИ

ВНЕШНИЙ
ИСТОЧНИК



И многое другое

РАСЧЕТЫ ПОЛЕЙ
ФУНКЦИОНАЛОВ

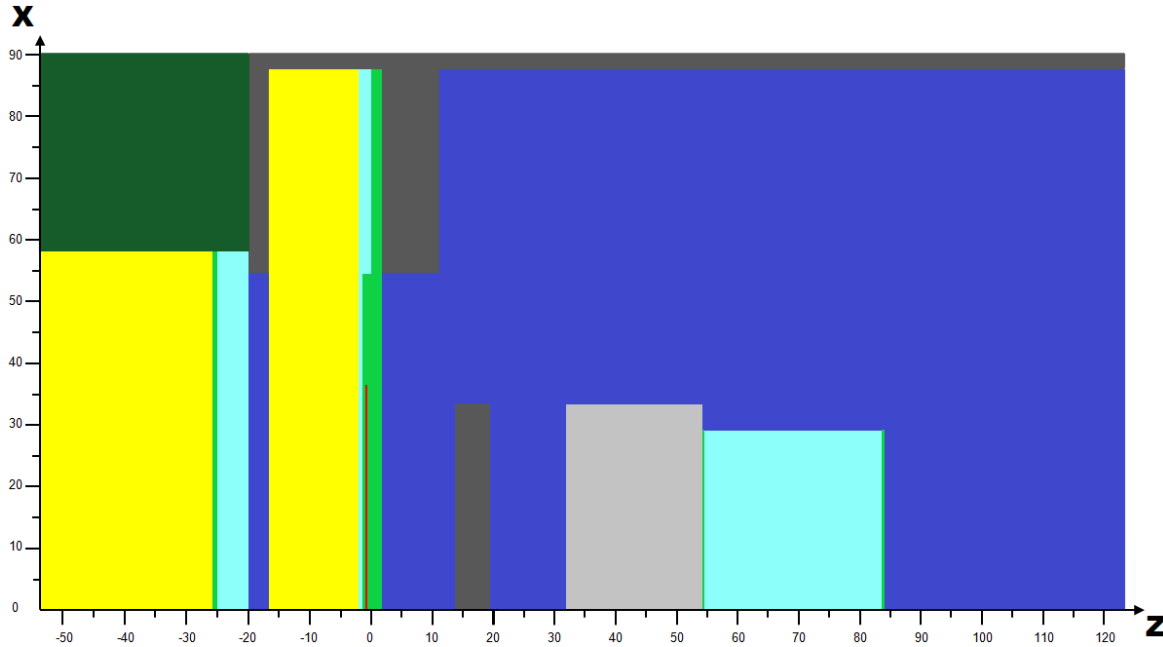
ИЗОТОПНАЯ
КИНЕТИКА

АВТОМАТИЗАЦИЯ

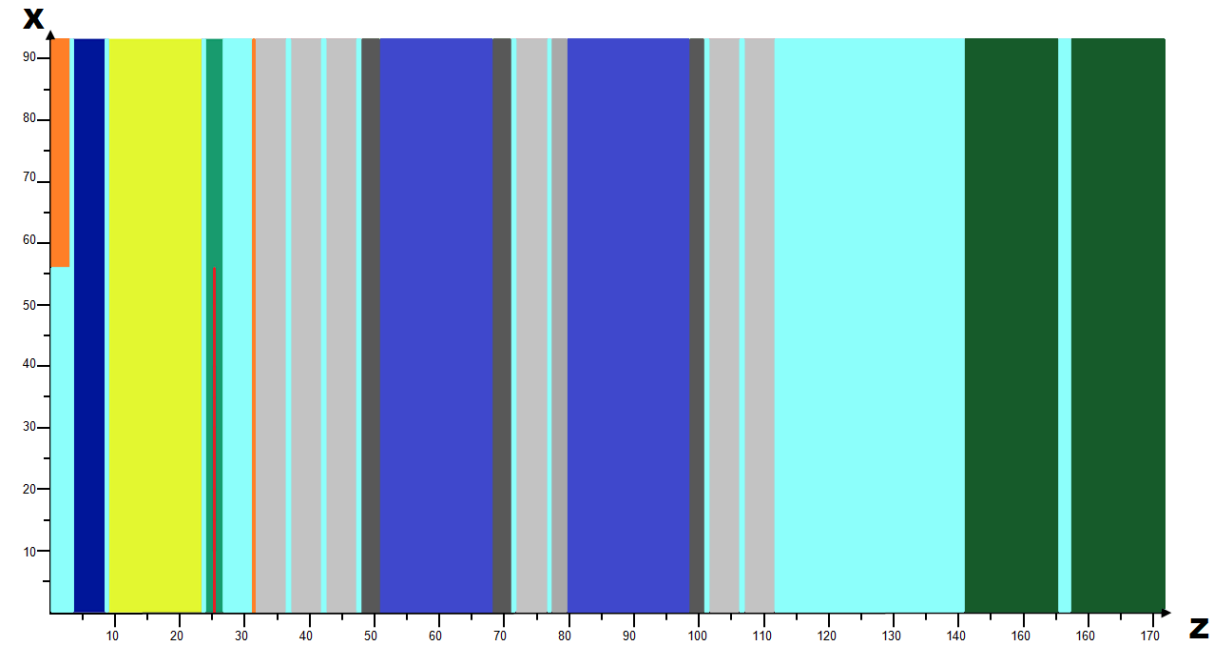
ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ



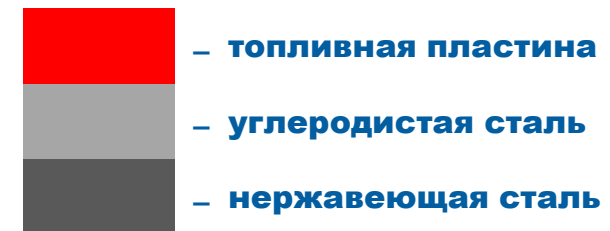
ОКБ
ГИДРОПРЕСС
РОСАТОМ



ASPIS PCA REPLICA



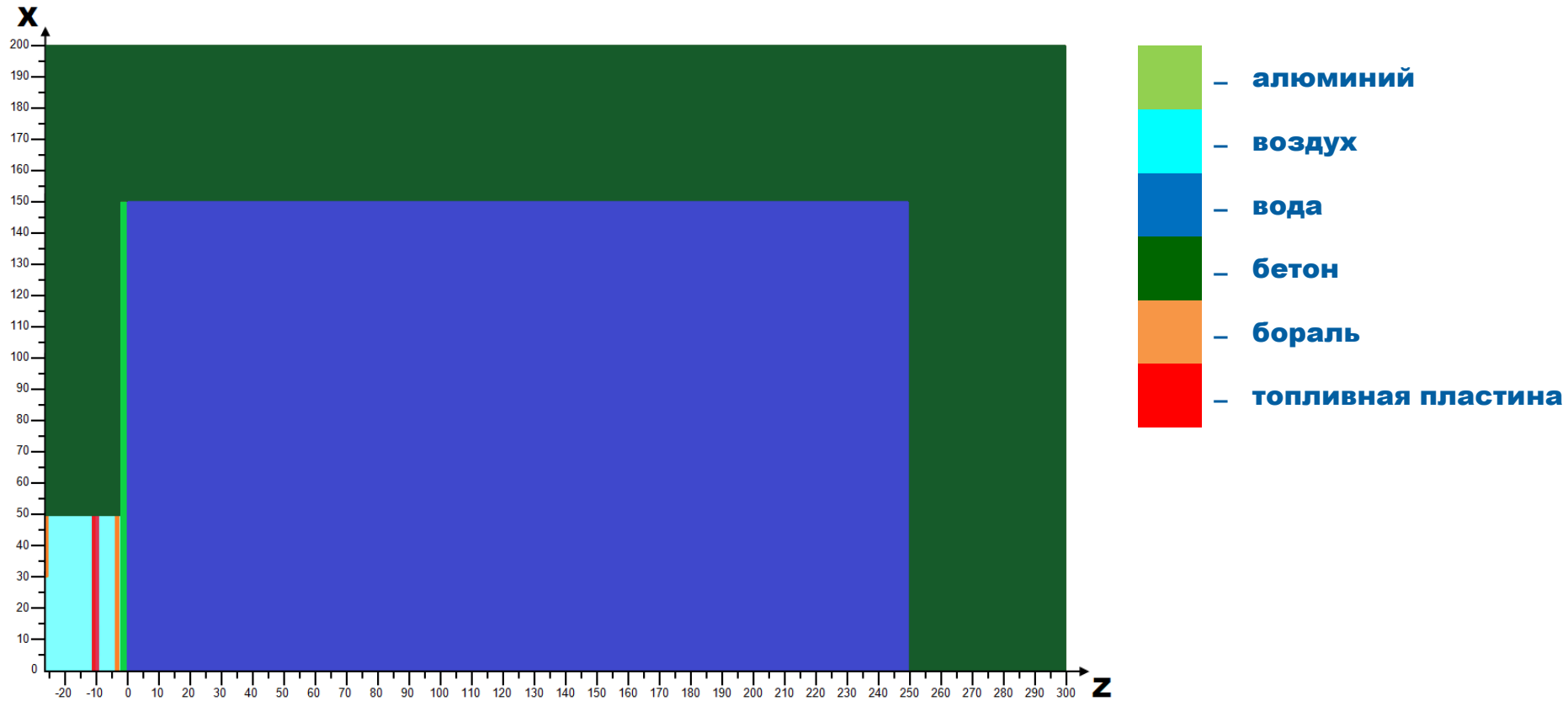
ASPIS NG TRASPORT



ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ



ОКБ
ГИДРОПРЕСС
РОСАТОМ



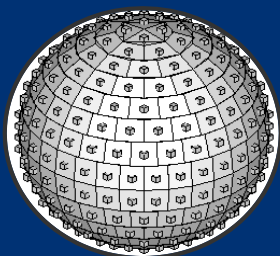
NAIADE LIGHT WATER

ПАРАМЕТРЫ

РАСЧЕТА



ОКБ
ГИДРОПРЕСС
РОСАТОМ



Расчет проводился в $S_{16}P_3$
приближении



Тетраэдрические сетки
LD-схема расчета третьего
порядка точности с нулевой
коррекцией отрицательных
потоков

N48

G20

Для расчета использовалось
48 групп нейтронов
(23 тепловые группы) и
20 групп фотонов на основе
оцененных ядерных данных
ENDF/B-VI.8

V_j

Расчет проводился в 2 этапа:

На первом было получено
распределение нейтронов, на
втором поля нейтронов были
уточнены вводом в сечения
замедления V_j -поправок

ASPIS PCA REPLICA



ОКБ
ГИДРОПРЕСС
РОСАТОМ

Точка, по оси Z, см	RH-103 детектор, Бк/атом			S-32 детектор, Бк/атом			IN-115 детектор, Бк/атом		
	Эксперимент	FRIGATE	C/E	Эксперимент	FRIGATE	C/E	Эксперимент	FRIGATE	C/E
1,91	1,69E-20	1,69E-20	1,00	-	-	-	-	-	-
7,41	3,78E-21	3,34E-21	0,88	-	-	-	-	-	-
12,41	1,40E-21	1,24E-21	0,89	-	-	-	-	-	-
14,01	1,27E-21	1,03E-21	0,81	-	-	-	-	-	-
19,91	4,23E-22	4,19E-22	0,99	-	-	-	-	-	-
25,41	1,15E-22	1,08E-22	0,94	-	-	-	-	-	-
30,41	4,73E-23	4,16E-23	0,88	-	-	-	-	-	-
39,01	2,07E-23	1,87E-23	0,91	1,08E-24	9,46E-25	0,88	3,93E-24	3,67E-24	0,93
49,61	5,53E-24	5,30E-24	0,96	1,46E-25	1,37E-25	0,94	8,23E-25	7,91E-25	0,96
58,61	1,80E-24	1,70E-24	0,95	3,73E-26	3,77E-26	1,01	2,31E-25	2,36E-25	1,02

ASPISNG TRASPORT



ОКБ
ГИДРОПРЕСС
РОСАТОМ

Радиус от оси Z, см	Скорость реакции (n,p) на S-32, Бк/атом			Скорость реакции (n,p) на RH-103, Бк/атом		
	Эксперимент	FRIGATE	C/E	Эксперимент	FRIGATE	C/E
28,5	3,67E-22	3,03E-22	0,82	-	-	-
33,26	2,92E-22	2,21E-22	0,76	5,30E-21	4,33E-21	0,82
38,69	6,82E-23	5,91E-23	0,87	2,34E-21	2,05E-21	0,87
44,47	2,34E-23	2,03E-23	0,87	1,25E-21	1,08E-21	0,87
50,25	8,32E-24	7,29E-24	0,88	6,74E-22	5,77E-22	0,86
53,6	-	-	-	3,53E-22	3,01E-22	0,85
58,1	1,78E-24	1,42E-24	0,80	-	-	-
61,1	-	-	-	2,76E-23	2,27E-23	0,82
62,6	8,14E-25	6,43E-25	0,79	-	-	-
68,2	-	-	-	5,42E-24	4,28E-24	0,79
75,26	1,10E-25	1,02E-25	0,92	2,56E-24	2,04E-24	0,80
81,04	4,50E-26	4,06E-26	0,90	1,35E-24	1,04E-24	0,77

ASPIRING TRANSPORT



ОКБ
ГИДРОПРЕСС
РОСАТОМ

Точка, по оси Z, см	Скорость реакции (n,g) на Mn-55, Бк/атом			Скорость реакции (n,g) на Mn-55 с чехлом из Cd, Бк/атом		
	Эксперимент	FRIGATE	C/E	Эксперимент	FRIGATE	C/E
33,26	4,04E-21	2,10E-21	0,52	3,63E-21	2,09E-21	0,58
38,69	2,35E-21	3,24E-21	1,38	2,15E-21	3,03E-21	1,41
44,47	1,68E-21	2,93E-21	1,75	1,52E-21	2,65E-21	1,75
50,25	2,36E-21	3,17E-21	1,34	1,10E-21	1,89E-21	1,72
53,6	1,42E-20	1,20E-20	0,85	1,32E-21	1,60E-21	1,21
55,6	3,92E-20	3,86E-20	0,98	1,22E-21	1,31E-21	1,07
57,6	3,93E-20	3,82E-20	0,97	6,69E-22	7,50E-22	1,12
58,1	3,71E-20	3,61E-20	0,97	5,54E-22	6,45E-22	1,16
62,6	1,74E-20	1,52E-20	0,87	1,22E-22	1,25E-22	1,03
67,1	4,94E-21	4,47E-21	0,91	2,64E-23	2,58E-23	0,98
68,2	3,49E-21	3,18E-21	0,91	1,80E-23	1,84E-23	1,02
71,6	8,05E-22	5,76E-22	0,71	7,91E-24	8,53E-24	1,08
75,26	4,00E-23	3,87E-23	0,97	3,64E-24	4,81E-24	1,32
81,04	5,46E-24	5,72E-24	1,05	1,80E-24	2,25E-24	1,25
83,89	1,70E-23	1,47E-23	0,87	1,55E-24	1,78E-24	1,15
85,49	4,11E-23	4,41E-23	1,07	1,35E-24	1,58E-24	1,17
87,89	4,40E-23	4,66E-23	1,06	7,76E-25	9,02E-25	1,16
91,89	2,53E-23	2,58E-23	1,02	2,53E-25	2,80E-25	1,11
93,99	1,61E-23	1,66E-23	1,04	1,33E-25	1,52E-25	1,15
99,59	4,39E-24	4,28E-24	0,98	3,60E-26	3,70E-26	1,03
102,7	1,48E-24	1,43E-24	0,96	2,75E-26	2,34E-26	0,85



Измерение на различных радиусах при Z=57,6 см						
Радиус от оси Z, см	Скорость реакции (n,g) на Mn-55, Бк/атом			Скорость реакции (n,g) на Mn-55 с чехлом из Cd, Бк/атом		
	Эксперимент	FRIGATE	C/E	Эксперимент	FRIGATE	C/E
0	3,83E-20	3,82E-20	1,00	7,60E-22	7,50E-22	0,99
25	3,14E-20	3,15E-20	1,00	6,20E-22	6,25E-22	1,01
50	1,61E-20	1,59E-20	0,99	3,10E-22	3,12E-22	1,00
75	5,04E-21	4,25E-21	0,84	9,64E-23	7,94E-23	0,82

ASPISNG TRASPORT



ОКБ
ГИДРОПРЕСС
РОСАТОМ

Измерения ионизационной камерой с Cs-137						
Точка, по оси Z, см	Эксперимент, P			FRIGATE, P		C/E
38,69	4,51E+01			2,17E+01		0,48
44,47	2,28E+01			1,76E+01		0,77
50,25	3,17E+01			2,52E+01		0,79
51	4,50E+01			2,74E+01		0,61
55,6	3,77E+01			4,00E+01		1,06
59,9	2,70E+01			3,32E+01		1,23
64,3	1,94E+01			2,40E+01		1,24
68,6	1,40E+01			1,72E+01		1,23
75,26	5,62E+00			4,63E+00		0,82
81,04	1,16E+00			9,88E-01		0,85
84,99	5,70E-01			5,01E-01		0,88
93,69	3,60E-01			3,49E-01		0,97
Измерения ионизационной камерой с Co-60						
Точка, по оси Z, см	Эксперимент, P			FRIGATE, P		C/E
57,6	4,13E+01			3,77E+01		0,91
67,9	1,98E+01			1,81E+01		0,91
87,89	5,00E-01			4,50E-01		0,90
99,69	3,00E-01			2,64E-01		0,88
Измерение на различных радиусах ионизационной камерой с Cs-137						
Радиус от оси Z, см	при Z=50,25 см			при Z=67,9 см		
	Эксперимент, P	FRIGATE, P	C/E	Эксперимент, P	FRIGATE, P	C/E
0	3,17E+01	2,52E+01	0,79	1,95E+01	1,81E+01	0,93
25	2,50E+01	2,10E+01	0,84	1,58E+01	1,52E+01	0,96
50	1,29E+01	1,09E+01	0,84	9,00E+00	8,60E+00	0,96
75	4,70E+00	3,10E+00	0,66	3,40E+00	3,07E+00	0,90

NAIADELIGHT WATER



ОКБ
ГИДРОПРЕСС
РОСАТОМ

Эквивалентный тепловой поток, измеренный с использованием камеры ВФЗ, нейтрон/(см ² ·с)							
Точка на оси Z, см	Эксперимент	FRIGATE	С/Е	Точка на оси Z, см	Эксперимент	FRIGATE	С/Е
0	8,87E+06	7,08E+06	0,80	70	6,43E+02	5,66E+02	0,88
1	2,42E+07	2,94E+07	1,21	72	4,88E+02	4,04E+02	0,83
2	3,30E+07	3,70E+07	1,12	77	1,95E+02	1,27E+02	0,65
4	3,46E+07	3,22E+07	0,93	80	1,06E+02	5,90E+01	0,56
5	3,55E+07	3,41E+07	0,96	85	6,65E+01	4,46E+01	0,67
7,5	2,66E+07	2,46E+07	0,92	90	4,00E+01	3,06E+01	0,76
10	1,50E+07	1,12E+07	0,75	97	1,55E+01	1,05E+01	0,68
15	7,10E+06	7,28E+06	1,03	100	1,31E+01	1,15E+01	0,87
20	2,44E+06	2,47E+06	1,01	107	5,32E+00	4,23E+00	0,80
23	1,29E+06	1,10E+06	0,85	110	4,03E+00	3,65E+00	0,90
27	5,76E+05	4,80E+05	0,83	112	2,84E+00	2,20E+00	0,77
30	3,10E+05	2,72E+05	0,88	117	1,33E+00	8,72E-01	0,66
37	1,15E+05	1,15E+05	1,00	120	1,46E+00	1,56E+00	1,07
40	7,27E+04	8,29E+04	1,14	130	4,31E-01	4,31E-01	1,00
43	4,70E+04	5,17E+04	1,10	132	3,10E-01	2,69E-01	0,87
45	3,28E+04	3,77E+04	1,15	140	2,13E-01	3,26E-01	1,53
50	1,33E+04	1,35E+04	1,01	147	7,18E-02	7,78E-02	1,08
55	4,43E+03	3,17E+03	0,72	150	5,72E-02	7,14E-02	1,25
60	2,75E+03	2,54E+03	0,92	-	-	-	-

NAIADELIGHT WATER



ОКБ
ГИДРОПРЕСС
РОСАТОМ

Эквивалентный тепловой поток, измеренный с использованием Mn-55, нейтрон/(см²·с)			
Точка на оси Z, см	Эксперимент	FRIGATE	C/E
0	7,70E+05	6,70E+05	0,87
1	1,00E+06	1,03E+06	1,03
2,4	1,02E+06	1,08E+06	1,06
3,5	8,50E+05	9,77E+05	1,15
4	7,88E+05	9,10E+05	1,15
5	6,98E+05	7,56E+05	1,08
10	2,46E+05	2,19E+05	0,89
15	7,50E+04	6,78E+04	0,90
20	3,05E+04	2,47E+04	0,81
25	9,73E+03	9,68E+03	0,99
30	4,12E+03	4,00E+03	0,97
35	1,44E+03	1,72E+03	1,20
40	7,02E+02	7,64E+02	1,09
45	3,23E+02	3,49E+02	1,08
50	1,37E+02	1,63E+02	1,19

NAIADELIGHT WATER



ОКБ
ГИДРОПРЕСС
РОСАТОМ

Эквивалентный поток, измеренный с использованием S-32, нейтрон/(см ² ·с)				Эквивалентный поток, измеренный с использованием P-31, нейтрон/(см ² ·с)			
Точка на оси Z, см	Эксперимент	FRIGATE	C/E	Точка на оси Z, см	Эксперимент	FRIGATE	C/E
0	2,10E+07	1,92E+07	0,91	0	2,22E+07	1,81E+07	0,82
5	7,51E+06	6,11E+06	0,81	1,5	1,50E+07	1,22E+07	0,81
10	3,20E+06	2,28E+06	0,71	2,25	1,37E+07	1,02E+07	0,75
15	1,36E+06	9,82E+05	0,72	6	6,50E+06	4,76E+06	0,73
20	6,22E+05	4,37E+05	0,70	10	3,22E+06	2,13E+06	0,66
25	2,63E+05	2,01E+05	0,76	15	1,35E+06	9,15E+05	0,68
30	1,20E+05	9,50E+04	0,79	20,5	6,05E+05	3,78E+05	0,62
34,7	6,00E+04	4,61E+04	0,77	25,5	2,56E+05	1,74E+05	0,68
40	2,71E+04	2,25E+04	0,83	30,5	1,25E+05	8,19E+04	0,66
44,8	1,38E+04	1,11E+04	0,81				
53	4,26E+03	3,92E+03	0,92				

NAIADELIGHT WATER



ОКБ
ГИДРОПРЕСС
РОСАТОМ

Точка на оси Z, см	Эксперимент, мР/ч	FRIGATE, мР/ч	C/E
0	1,49E+06	2,44E+06	1,64
10	2,10E+05	2,48E+05	1,18
15,5	6,91E+04	9,00E+04	1,30
20	3,71E+04	3,93E+04	1,06
30	7,90E+03	7,53E+03	0,95
35,55	3,32E+03	3,23E+03	0,97
40	1,80E+03	1,64E+03	0,91
50	4,77E+02	3,91E+02	0,82
58,75	1,28E+02	1,20E+02	0,94
70	3,44E+01	2,73E+01	0,79
80	9,14E+00	7,76E+00	0,85
90	3,05E+00	2,29E+00	0,75

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ



ОКБ
ГИДРОПРЕСС
РОСАТОМ



12%

ПОГРЕШНОСТЬ¹

**СКОРОСТЕЙ
РЕАКЦИИ (N,G)**

14%

ПОГРЕШНОСТЬ¹

**СКОРОСТЕЙ
РЕАКЦИИ (N,P)**

9%

ПОГРЕШНОСТЬ¹

**СКОРОСТЕЙ
РЕАКЦИИ (N, α)**

16%

ПОГРЕШНОСТЬ¹

**РАСЧЕТА
ДОЗОВЫХ ПОЛЕЙ**

¹ Расчет погрешности проведен по среднеквадратичному отклонению, точки расположенные вблизи источника нейтронов и точки, в которых поле нейтронов было возбуждено резонансными детекторами не учитывались.

Спасибо за внимание

Юрин Владислав Андреевич
Инженер-конструктор 3 категории

Тел.: +7 (495) 502 79 10, доб. 17-86
www.gidropress.podolsk.ru