

“Моделирование
измерительного модуля
детектора реакторных антинейтрино на
основе пластикового сцинтиллятора”

**Научный руководитель: Чмыхало Дмитрий
Александрович, НИЦ КИ**
Студент: Прокопов Дмитрий Сергеевич

Мотивация

На данный момент в России развивается малая атомная энергетика, в частности ведущую роль играет производство ПАЭБ. Однако, Россия должна соблюдать гарантии безопасности, выдвинутые МАГАТЭ. Поэтому развитие атомной промышленности потребовало введения средств мониторинга качества и количества ядерного материала в ядерных реакторах, независимых от оператора ПАЭБ.

Цель

Моделирование измерительного модуля детектора реакторных антинейтрино на основе пластикового сцинтиллятора

- Задачи:

1) Создание модели и проведение ее калибровки на основе экспериментальных данных

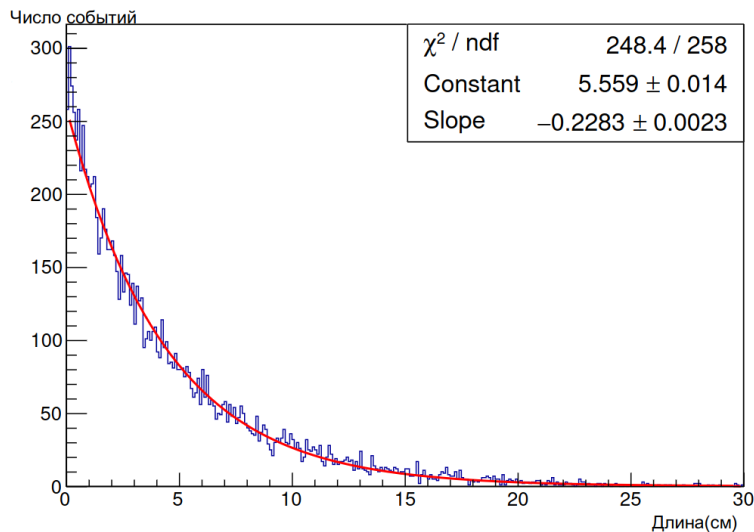
2) Исследование зависимости эффективности захвата нейтронов в борном поглотителе

3) Оптимизация конструкции модульного детектора

4) Оптимизация размеров пластикового сцинтиллятора

Калибровка модели

Расчет с помощью моделирования • Теоретический расчет



Распределение нейтронов по длине свободного пробега



$$\lambda = (4,38 \pm 0,17) \text{ см}$$

$$I(x) = I_0 \cdot e^{-\lambda x}$$



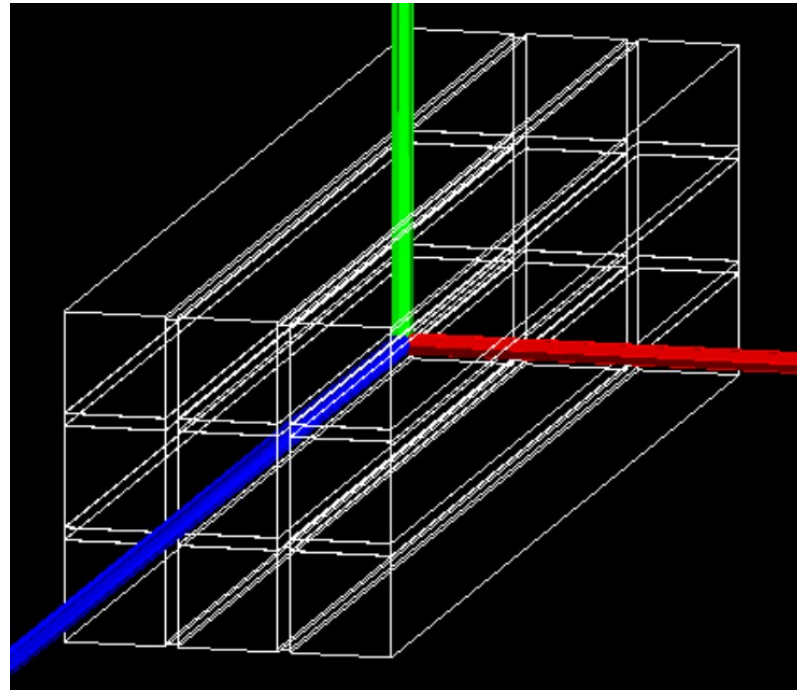
$$\lambda = \frac{1}{n_O \sigma_O + n_H \sigma_H}$$



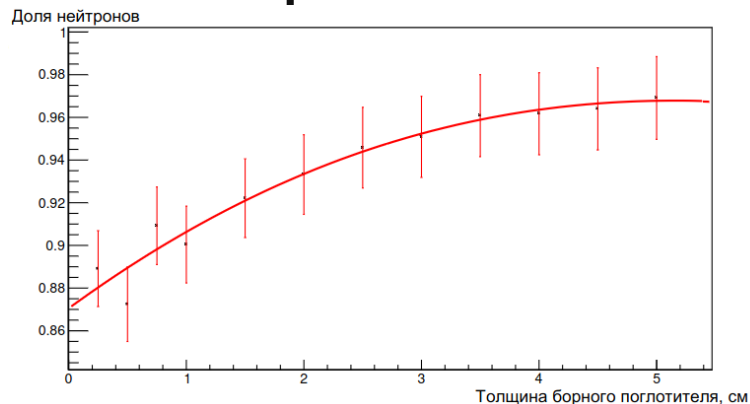
$$\lambda = 4,36 \text{ см}$$

Оптимизации конструкции модульного детектора

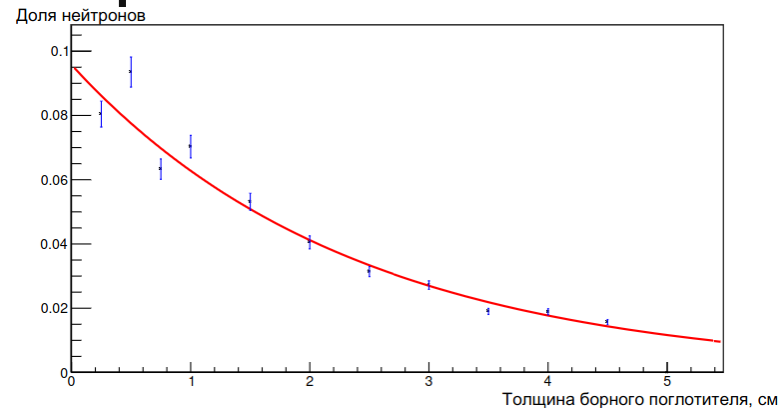
Модель установки



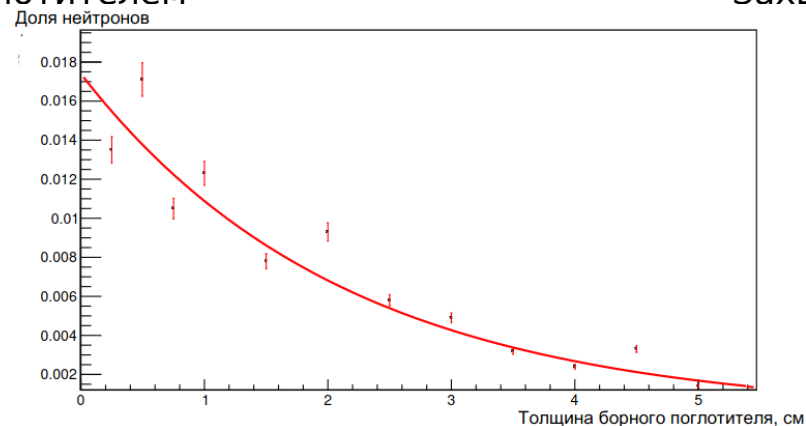
Исследование эффективности захвата нейтронов от толщины борного поглотителя



Захвачено борным поглотителем



Захвачено сцинтилляторами



Не захвачено

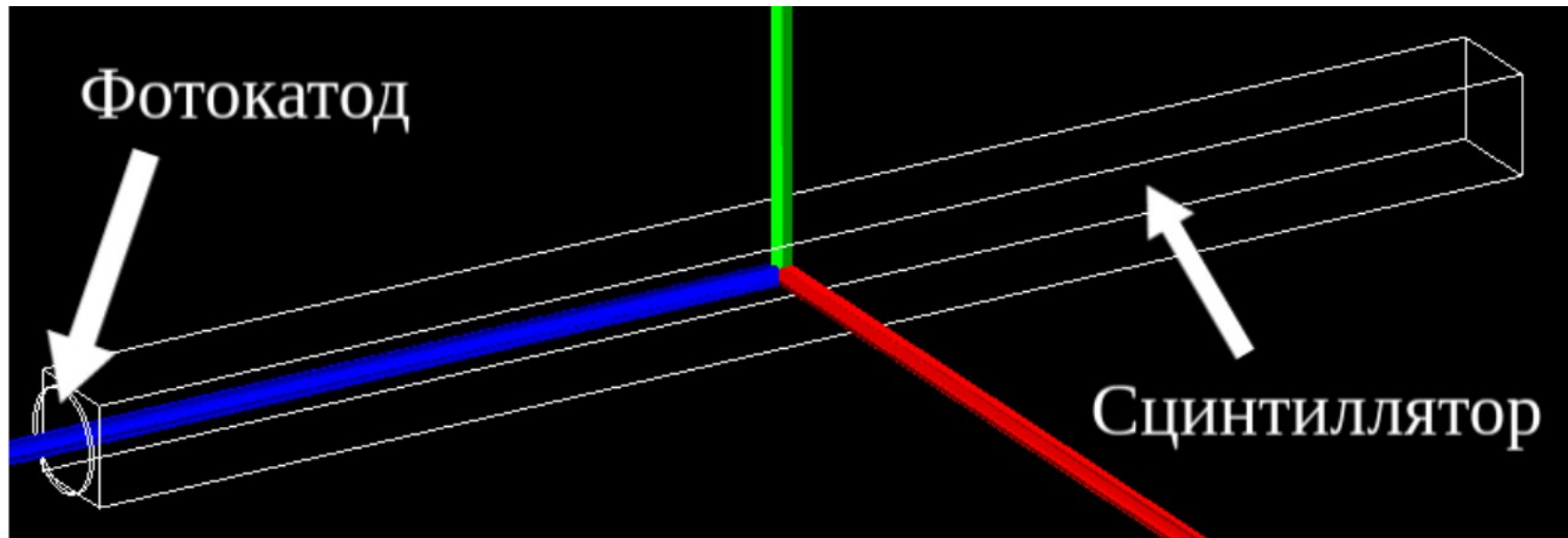
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАХВАТА НЕЙТРОНОВ ОТ КОНСТРУКЦИИ СБОРКИ

Количество сцинтилляторов	Толщина борного поглотителя, мм	Захвачено борным поглотителем	Захвачено сцинтилляторами	Не захвачено
3 · 3	2,5	8891	305	804
5 · 5	2,5	9665	310	25
7 · 7	2,5	9678	322	0
	1	9694	306	0

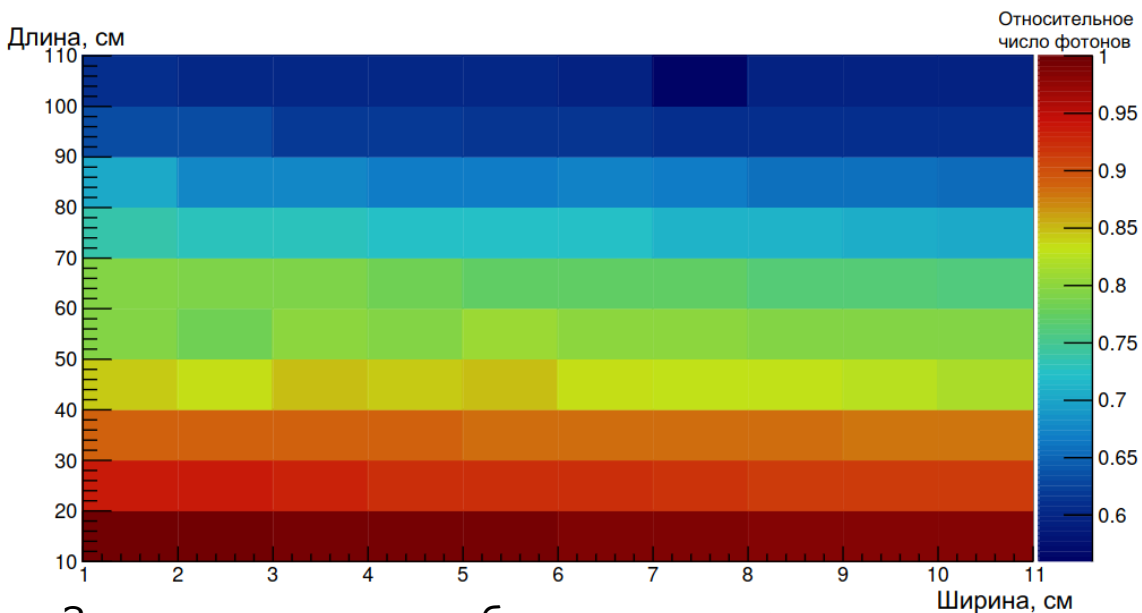
Таким образом, конструкцией модульного детектора, которая захватывает 100% нейтронов, разыгранных в центральном сцинтиляторе, является сборка из 7 · 7 сцинтилляторов с нанесением слоя борного поглотителя толщиной 1 мм между ними.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕРОВ ПЛАСТИКОВОГО СЦИНТИЛЛЯТОРА

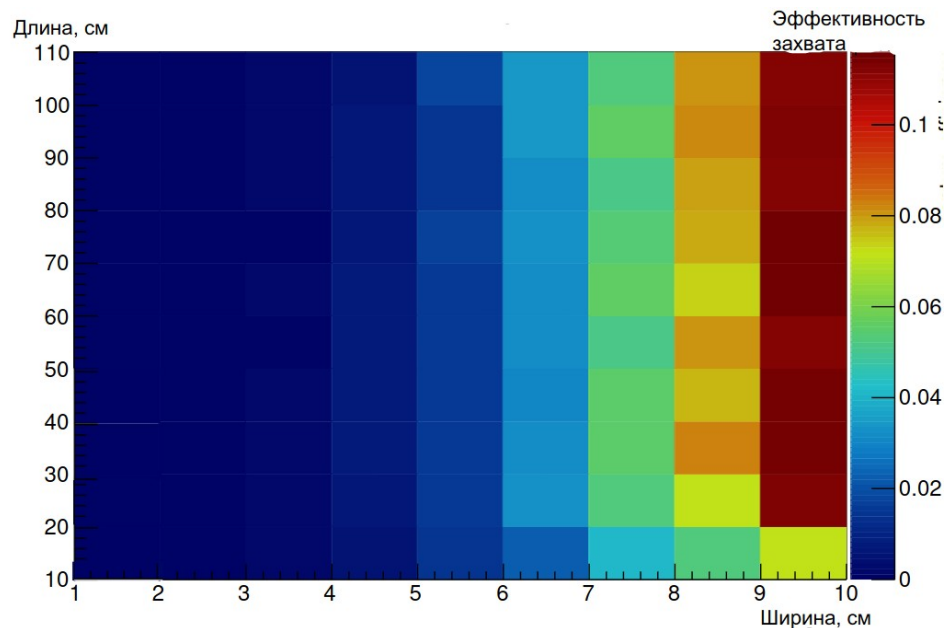
Модель установки



СНЯТИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОЛИЧЕСТВА РЕГИСТРИРУЕМЫХ ФОТОНОВ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАХВАТА НЕЙТРОНОВ ОТ РАЗМЕРОВ СЦИНТИЛЛЯТОРА

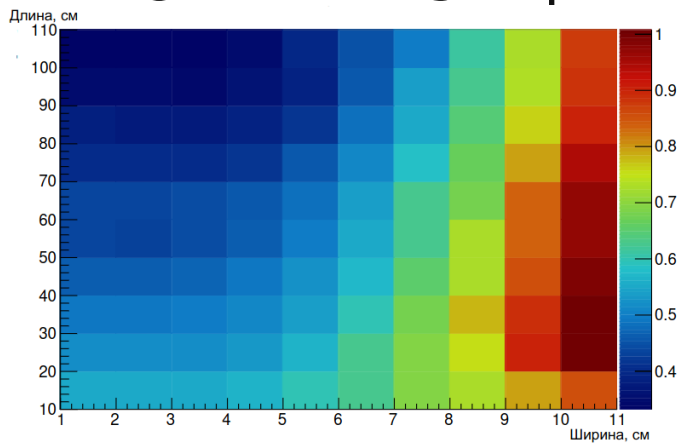


Зависимость светособирания от размеров сцинтиллятора

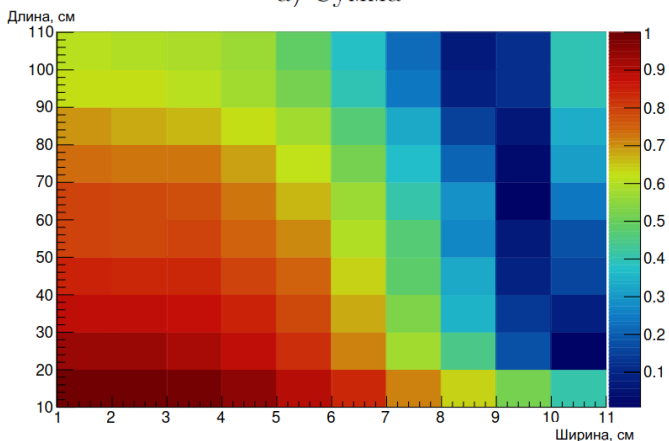


Зависимость эффективности захвата от размеров сцинтиллятора

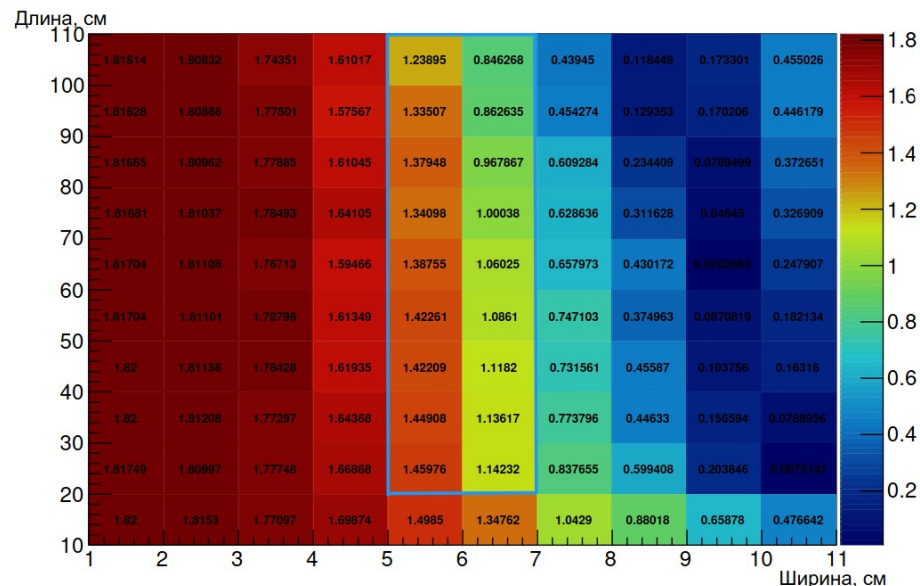
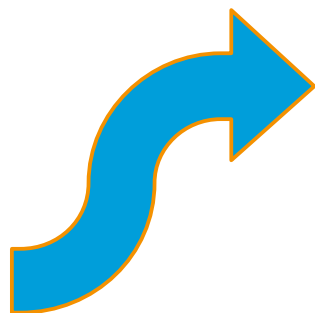
ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕРОВ СЦИНТИЛЛЯТОРА



а) Сумма



б) Разность



Получено, что максимальные значения количества регистрируемых фотонов и эффективности замедления нейтронов, минимальная эффективность захвата достигаются при размерах сечения пластикового сцинтиллятора 5 · 5 - 6 · 6 см.

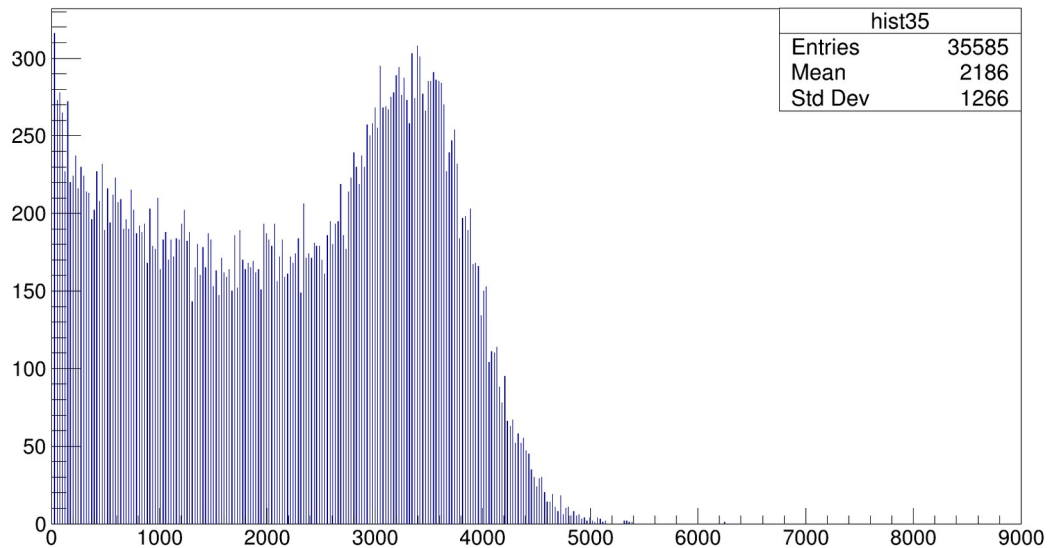
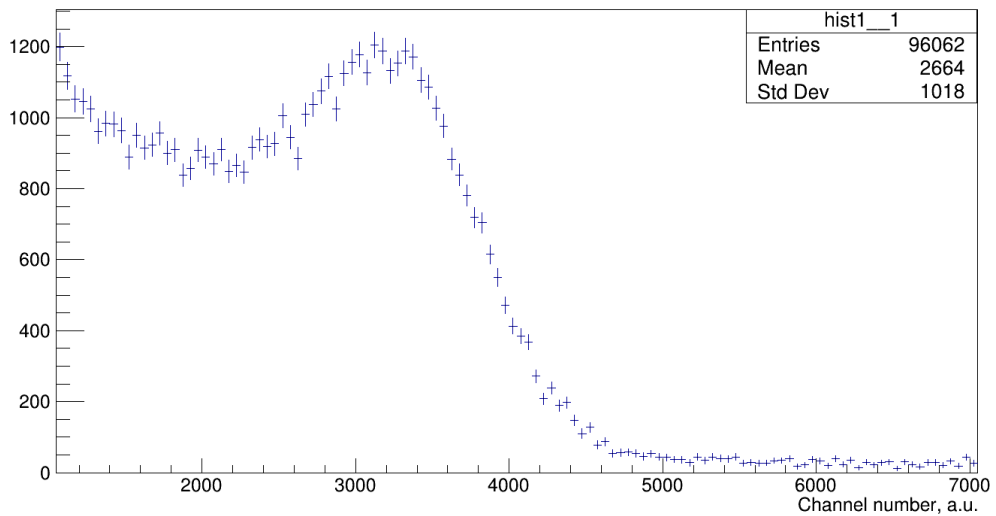
Заключение

- Была проведена калибровка модели
- Проведено исследование для определения оптимальных размеров сцинтиллятора. Полученные размеры лежат в области сечений $5 \cdot 5 - 6 \cdot 6$ см.
- Проведено исследование зависимости эффективности захвата нейтронов в зависимости от толщины борного поглотителя
- Проведена оптимизация конструкции модульного детектора, в результате которой определено, что детектор, состоящий из $7 \cdot 7$ сцинтилляторов с нанесением 1-миллиметрового слоя борного поглотителя поглощает 100% нейтронов, запущенных из центрального сцинтиллятора.

Спасибо за внимание!

Дополнительные слайды

Калибровка модели



Методика оптимизации конструкции модульного детектора

Бор вокруг одной палки		Толщина 1,5см	Бор в пазах между палками	
Бор	7679		Бор	9221
Сцинтилляторъ	220		Сцинтилляторы	78
Центр. палка	170		Центр. Палка	170
Улетело	1931		Улетело	531

Исследование зависимости эффективности захвата нейтронов в сборке 3*3 сцинтиллятора

9palok	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	28	19	23	23	25	22	23	19	25	26
2	228	294	356	335	309	282	304	342	290	285
3	722	1022	1113	1192	1117	1188	1175	1184	1149	1175
4	1357	2166	2335	2400	2356	2382	2386	2379	2369	2375
5	1810	3284	3653	3796	3711	3830	3659	3784	3737	3731
6	2286	4321	4871	4985	4996	5048	5161	5049	5022	5076
7	2528	5156	5951	6022	6146	6151	6153	6089	6126	6125
8	2755	5717	6715	6984	7022	7088	7023	7027	7050	7047
9	2808	6232	7485	7699	7712	7704	7725	7731	7712	7717
10	2920	6514	7826	8152	8274	8375	8299	8333	8346	8351

Neutron capture efficiency(for 9 scintillators)

