



Дипломная работа на тему:

# **ИЗМЕРЕНИЕ ПРОФИЛЯ ЭНЕРГОВЫДЕЛЕНИЯ ИЗВЛЕЧЁННОЙ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩЕЙ СБОРКИ МЕТОДОМ ГАММА-СКАНИРОВАНИЯ**

Группа: Б22-104

Студентка: Кангина Ю.А.

Научный руководитель: Кумпан А.В.

Научный консультант: Шашков Е.С.



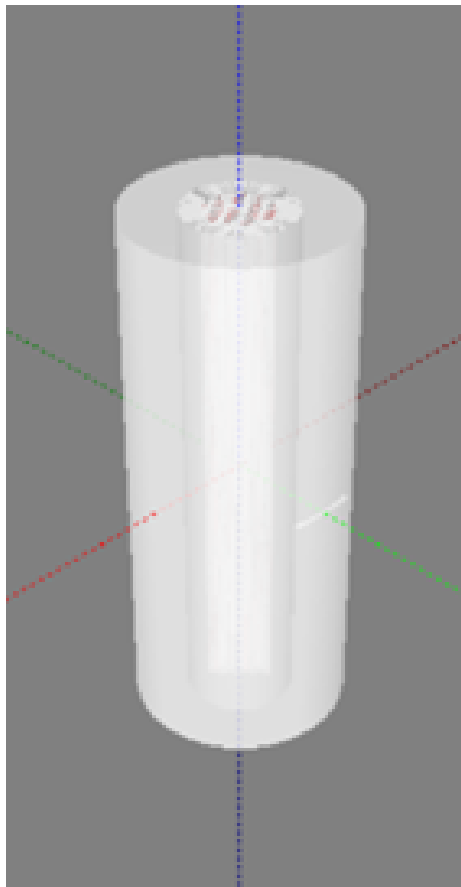
**Целью данной работы является теоретическое и расчётное обоснование энерговыделения от ТВС в перспективном реакторе БР-1200, которое позволит более точно подобрать внутренкорпусное устройства, обеспечить безопасности и предположить энерговыделение.**

Актуальность исследования обусловлена необходимостью обоснования проектных решений, в которых точность расчётно-экспериментального определения энерговыделения в ТВС напрямую влияет на достоверность оценок запасов до пределов безопасной эксплуатации и экологическую безопасность.

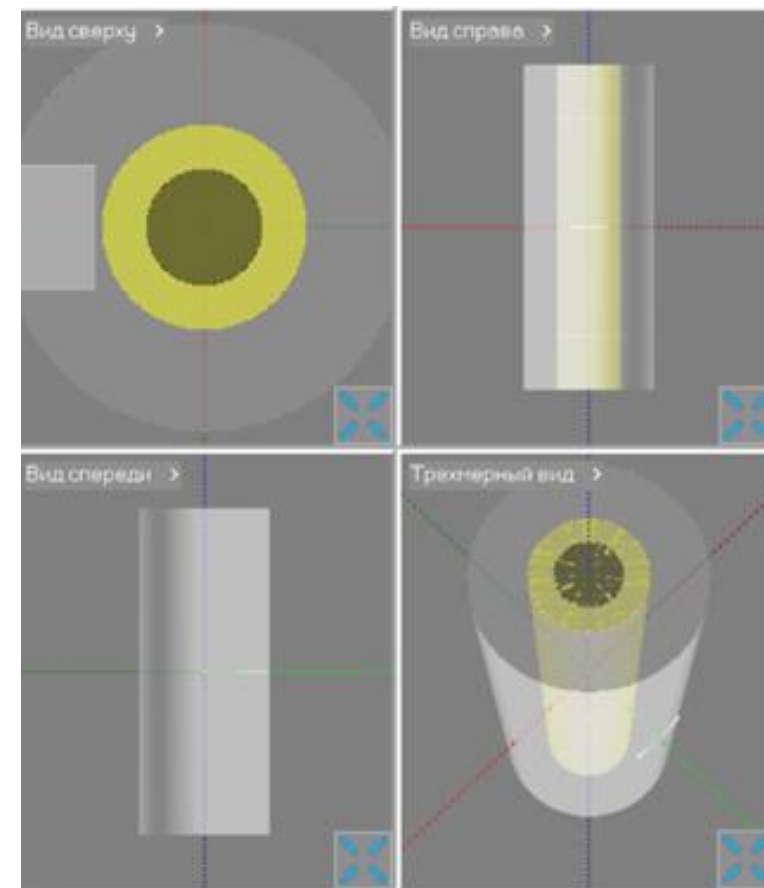
1. Моделирование объектов
2. Расчёт эффективностей регистраций
3. Расчёт теоретических активностей
4. Моделирование спектров
5. Выделение наиболее активных нуклидов
6. Расчёт смоделированных активностей
7. Расчёт относительного энерговыделения
8. Расчёт абсолютного энерговыделения

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ТВС

Модель ТВС представляет из себя сборку вида ТВС образца БРЕСТ-ОД-300, аналогичную БР-1200, с параметрами нашего образца.

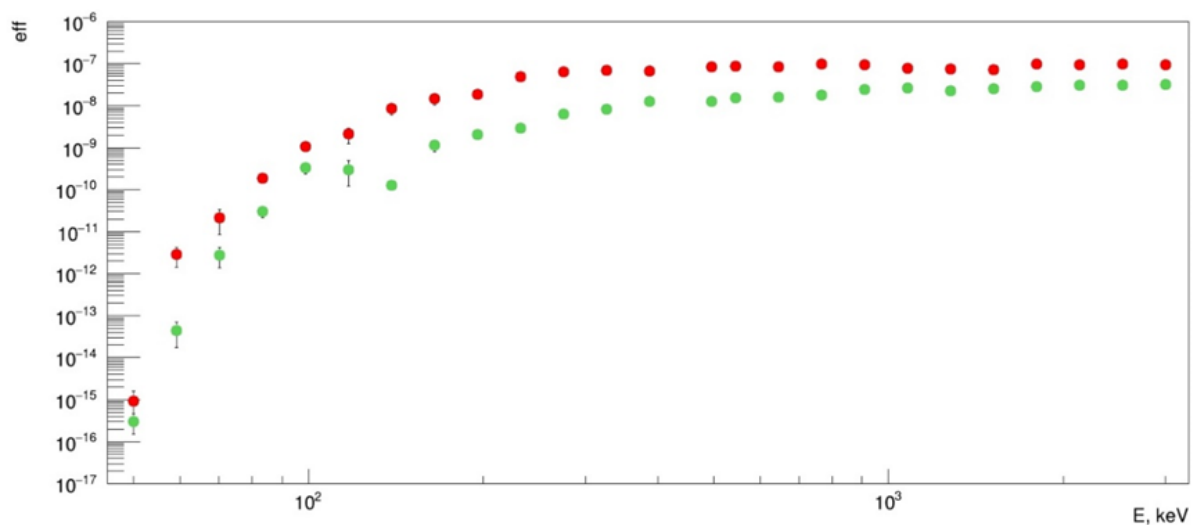


Цилиндр представляет из себя объект, в котором стержень ТВС пересчитывался как цилиндр с активностью распределённой по всему его объёму.



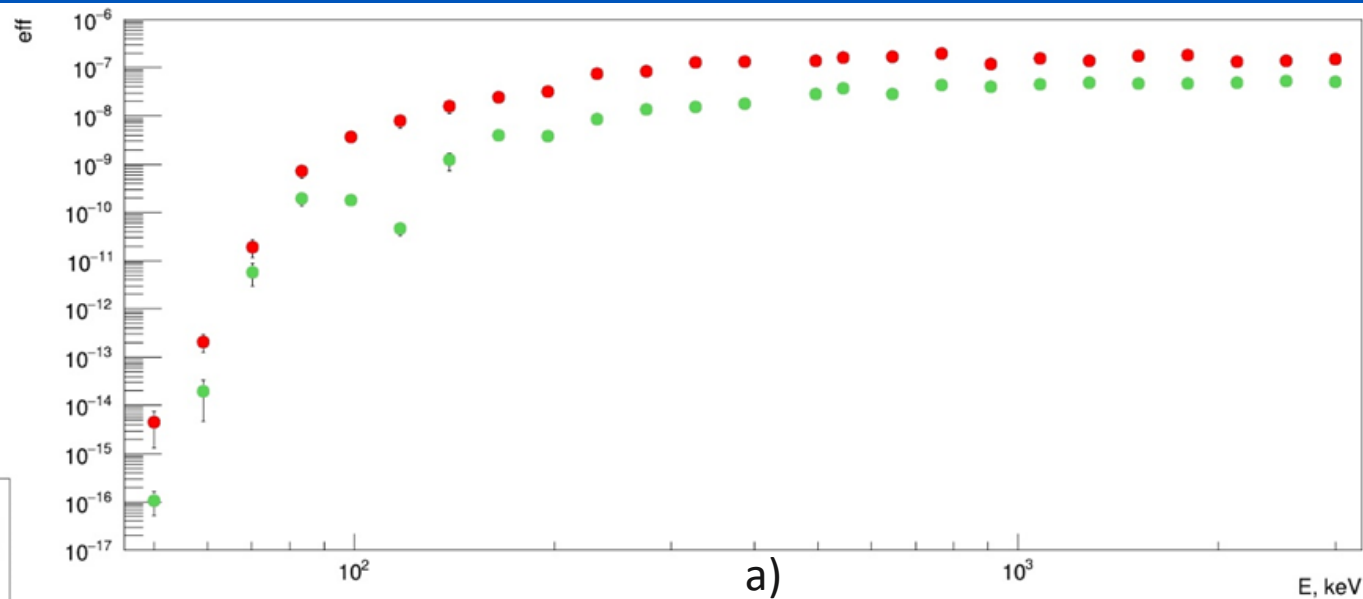
# Эффективности ТВС и цилиндр

Ранее уже проводились схожие работы, но в связи с развитием программного комплекса ЛСРМ, а именно из-за добавления в программу стандартной модели ТВС, появилась необходимость в утончении данных. Для подтверждения необходимости было произведено сравнение модели цилиндр и модели ТВС ЦЗ.

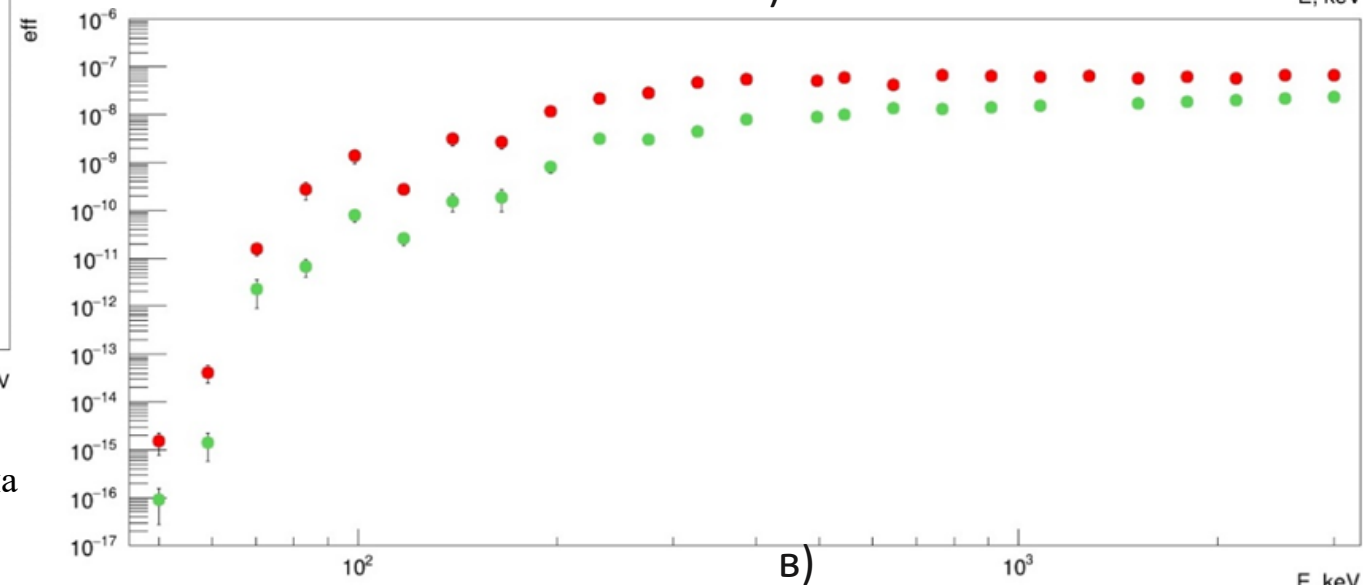


б)

Рисунок 1 – Сравнение эффективностей Цилиндра ● и ТВС ● на расстояниях 30 (а), 50 (б), 70 (в) см.



а)



в)

Далее в ПО MSU-BR моделировался реактора БР-1200, а именно процесса активации топлива в реакторе на мощности 1 процент от номинальной, равной 29,3 МВт, были получены данные теоретических активностей. При этом мощность ТВС на номинале распределялись: для ЦЗ 8,98 МВт, СЗ – 7,64 МВт, ПЗ – 5,55 МВт.

Загрузка спектрометра превышала максимальное значение в  $2 \cdot 10^5$

Таблица 2 – Список нуклидов, подходящий для идентификации любого типа ТВС.

Нуклид	Рассчитанная активность, $A_p$ , Бк		
	ТВС ЦЗ	ТВС СЗ	ТВС ПЗ
Np-239	8,0E+10	6,7E+10	4,7E+10
I-133	7,5E+09	6,4E+09	4,7E+09
La-140	2,1E+09	1,8E+09	1,3E+09

$$\eta = \left(1 - \frac{A_m}{A_p}\right) \cdot 100 \% \quad (1)$$

Таблица 1 – Список выбранных нуклидов для идентификации.

Нуклид
Np-239
Ce-143
Rh-105
I-133
I-132
Nb-97
Ba-140
I-131
Pm-151
La-140

Расчёт энерговыделения производился по методике измерения профиля энерговыделения. Данная методика предполагает два расчёта. Относительное и абсолютное.

Для относительного энерговыделения, ТВС ПЗ и СЗ по площадям под пиком нуклида La-140, а именно энергией 1596,21 кэВ, сравнивались с площадью для ТВС ЦЗ. а выбранных расстояниях, чтобы понять, является ли новая модель точнее для дальнейших целей.

$$K_j = \frac{\varepsilon_j}{\varepsilon_{ЦЗ}} \quad (2)$$

$$S_{j \text{ уч}} = \frac{S_j}{K_j} \quad (3)$$

Таблица 2 – Значения для площадей под пиком с учётом коэффициента.

	Площадь, S	Коэффициент, K	Площадь с учётом K, S <sub>уч</sub>
ТВС ЦЗ, 60 см	2,86E+04	1,000	2,86E+04
ТВС ЦЗ, 80 см	1,77E+04	1,000	1,77E+04
ТВС СЗ, 60 см	2,00E+04	0,998	2,00E+04
ТВС СЗ, 80 см	1,61E+04	0,963	1,67E+04
ТВС ПЗ, 60 см	1,63E+04	0,997	1,63E+04
ТВС ПЗ, 80 см	9,9E+03	0,957	1,03E+04

Абсолютное энерговыделение определяется по всем реперным нуклидам.

Расчет энерговыделения по значениям, полученным для  $i$ -ого нуклида, активность которого моделируются, рассчитывается как прямая зависимость от задаваемой мощности  $P_p$  и от рассчитанных в ПО MCU-BR активностей  $A_p$

$$P_i = P_p \cdot \frac{A_M}{A_p} \quad (4)$$

Далее определяется относительная стандартная неопределенность энерговыделения  $u_{rel}(P_i)$  определяется как:

$$u_{rel}(P_i) = \sqrt{(u_{rel}(A_M))^2 + (u_{rel}(A_p))^2} \quad (5)$$

Далее по полученный значения рассчитывается средневзвешенное значений энерговыделения

$$\bar{P}_Э = \frac{\sum \frac{P_i}{(u_{rel}(P_i))^2}}{\sum \frac{1}{(u_{rel}(P_i))^2}} \quad (6)$$

Относительная суммарная стандартная неопределённость для всех  $i$ -ых нуклидов вычисляется по соотношению:

$$u_{rel}(P_Э) = \frac{1}{\sqrt{\sum \frac{1}{(u_{rel}(P_i))^2}}} \quad (7)$$

# РАСЧЁТ АБСОЛЮТНОГО ЭНЕРГОВЫДЕЛЕНИЯ

Таблица 3 – Расчетные значения средневзвешенной мощности фрагмента ТВС ЦЗ

Вид ТВС	Расчитанная мощность, $P_{исх}$ , Вт	Средневзвешенная мощность, $\overline{P_Э}$ , Вт	Неопределённость, $U_{rel}(P_Э)$ , %	Отклонение, $\eta$
ЦЗ 60 см	898	918,00	11,96	2,22
ЦЗ 80 см	898	916,67	12,72	2,08
СЗ 60 см	764	766,52	13,28	0,33
СЗ 80 см	764	769,34	13,35	0,70
ПЗ 60 см	555	577,70	13,15	4,09
ПЗ 80 см	555	545,97	12,21	1,62

Были достигнуты результаты:

1. С помощью моделирования были получены данные для эффективностей регистраций, в которых неопределённость для измерения энергий более 300 кэВ не превышает 5%.
2. Были рассчитаны активности всех нуклидов в программном комплексе MCU-BR, которые образуются после 8 часов облучения в реакторе и 100 часов выдержки. Из этих данных были отобраны нуклиды, которые составляют профиль энерговыделения. При измерении их активностей стандартная неопределённость и отклонение не превышает 15%.
3. Из результатов моделирования были выделены данные площади под пиком и активности линий с энергией 1596,210 кэВ нуклида La-140, неопределённость измерения площади которой не превышало 6%. По полученным данным были рассчитаны радиальные коэффициенты, с помощью которых учитывались различия в эффективностях регистраций для разных видов ТВС.
4. По данным активностей выбранных нуклидов, были рассчитаны значения абсолютного энерговыделения, которыми являются значения средневзвешенного значения мощности получаемых от всех погрешностей. Полученные результаты имеют неопределённость менее 15%.

**Спасибо за  
внимание!**

