



ФЭИ  
РОСАТОМ

*Научно-техническая конференция*  
*«Нейтронно-физические проблемы атомной энергетики*  
*(Нейтроника-2024)»*

**Оценка методической составляющей погрешности  
расчета нейтронно-физических характеристик  
активных зон БН-600 и БН-800**

**Пастухова Полина Валерьевна**

Инженер-исследователь лаб. № 11, ОЯЭ

Соавторы: Зарапина Э.М., Мишин В.А., Перегудов А.А., Семенов М.Ю.

Обнинск, 2024

# Актуальность работы

Расчеты РУ БН базируются на использовании как инженерных трехмерных диффузионных кодов – это TRIGEX, так и прецизионных кодов, основанных на методе Монте-Карло – MMKKENO.

Для проведения качественного анализа и расчетного сопровождения эксплуатации РУ, выполнения нормативных требований, подтверждения или корректировки проектных характеристик необходимо провести работу по анализу методической составляющей погрешности расчета нейтронно-физических характеристик.

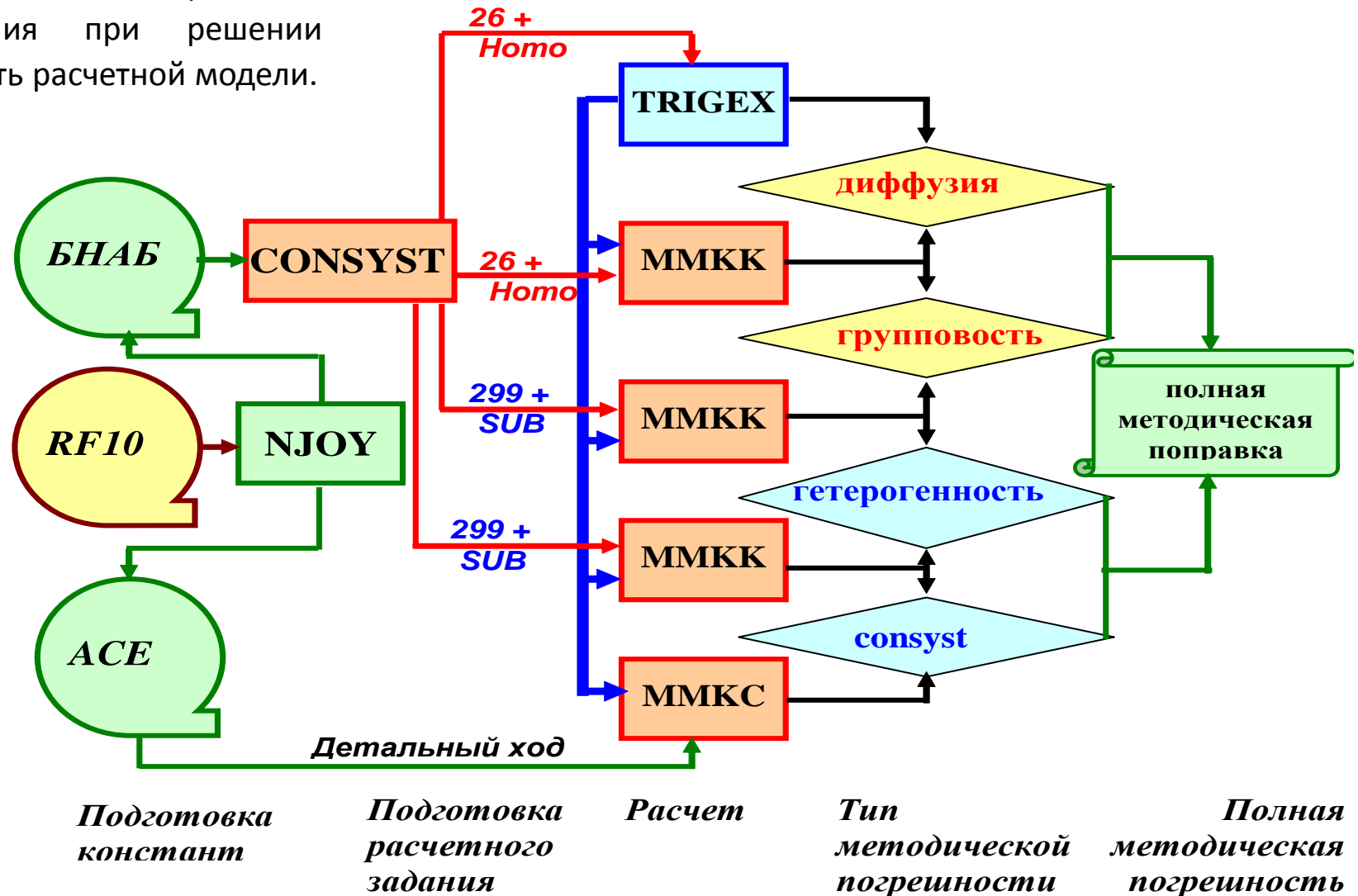
Важность проделанной работы также связана со следующими изменениями состава активных зон РУ:

- полная загрузка МОКС-топливом активной зоны реактора БН-800;
- переходом на оболочки ТВЭЛ из стали ЭК164-ИД в реакторе БН-600.

# Расчет методической погрешности

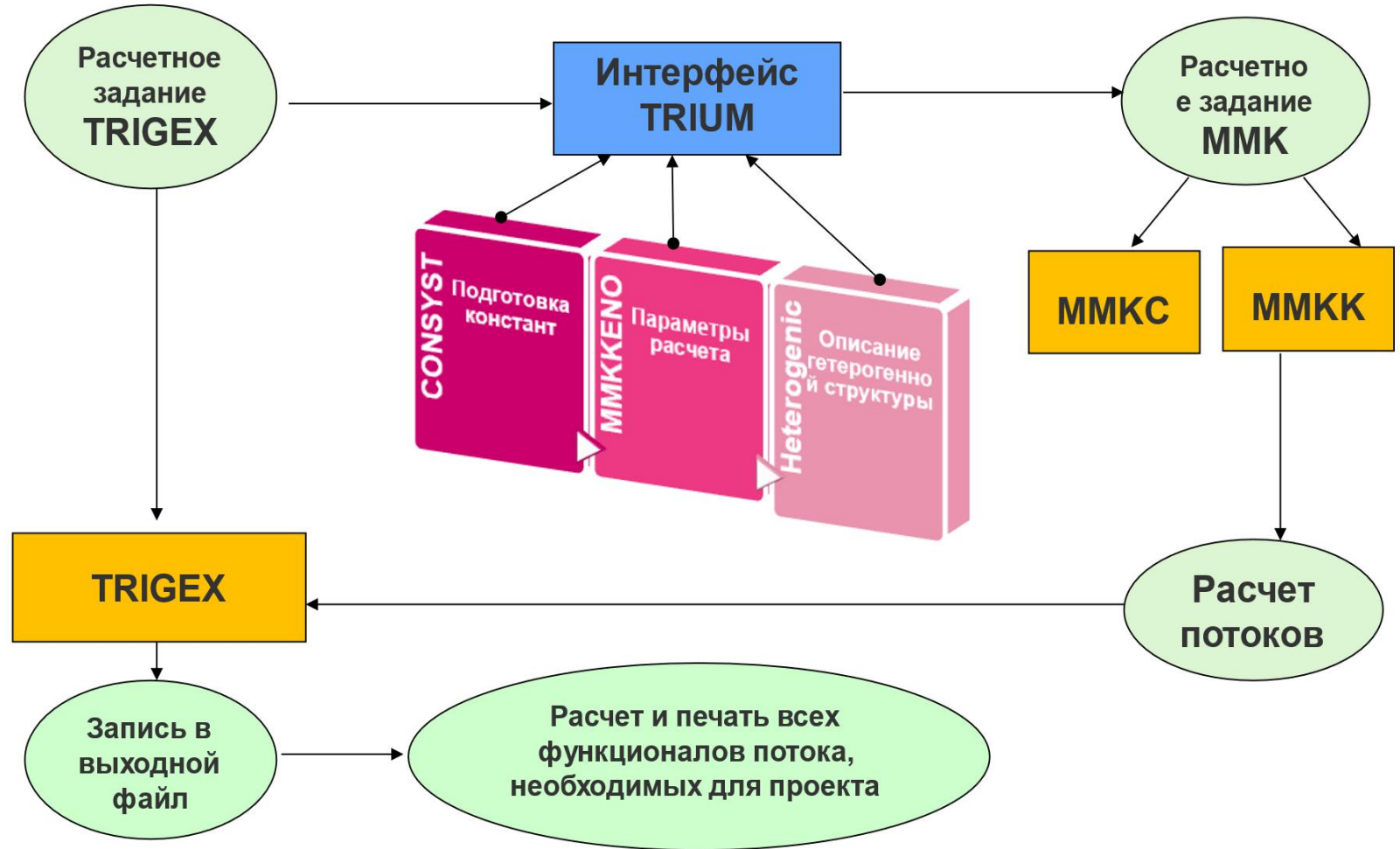
**Методическая погрешность** – включает в себя поправки на неточность используемого приближения при решении уравнения переноса нейтронов и неточность расчетной модели.

Эта погрешность определяется путем сравнения результатов расчетов, полученных по инженерной программе, с расчетами, выполненными по программам с более точными, прецизионными методами.



Для наиболее корректной оценки методической составляющей погрешностей (кинетическая, гетерогенная и другие поправки) применялась схема, основанная на подключении модулей MMKK к комплексу программ TRIGEX, реализованная в программном комплексе –

**TRIUM (TRIGEX Upgrade Monte-Carlo).**



# Общая структура BNcode

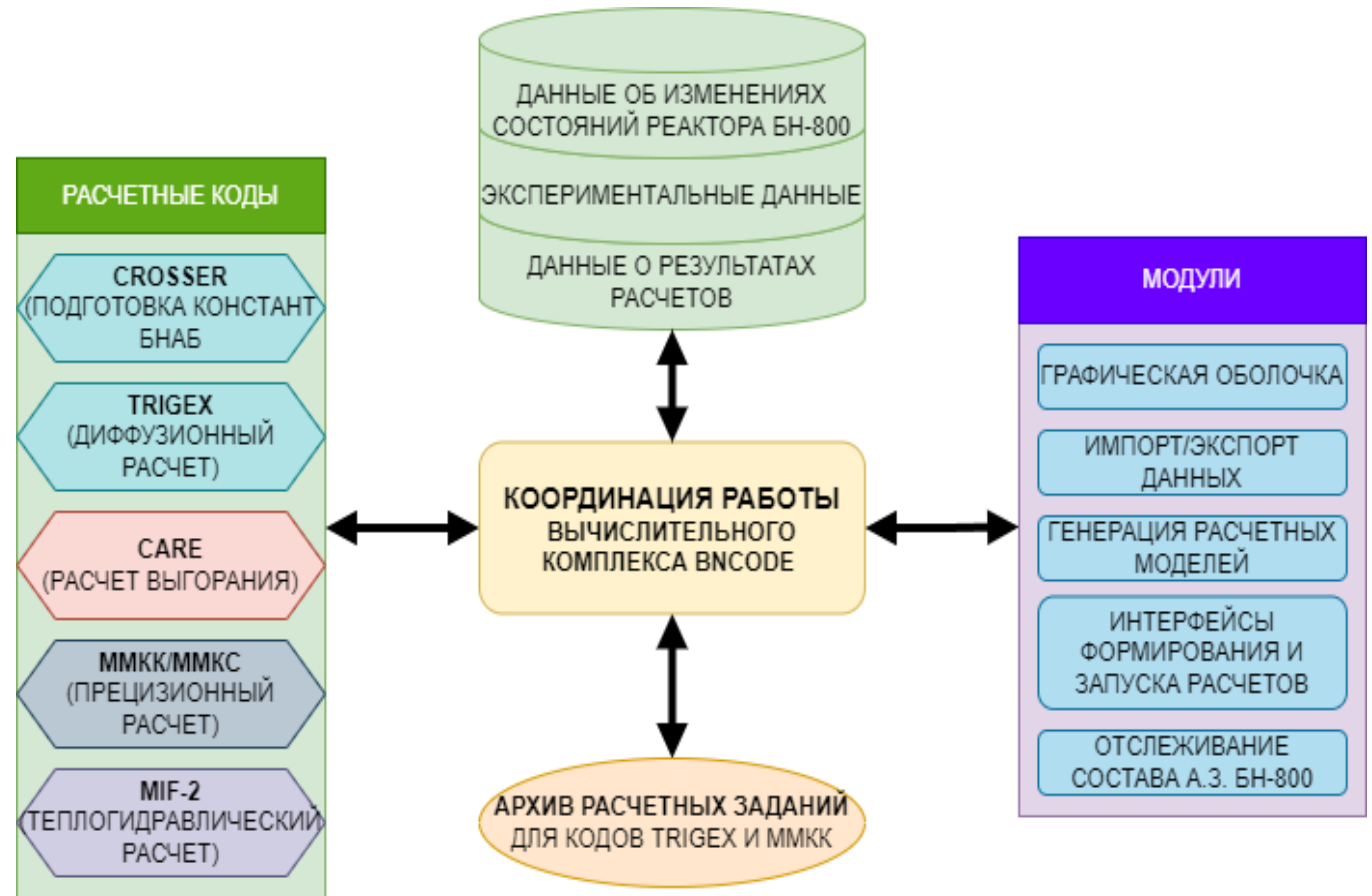
**BNcode** - вычислительный комплекс научного сопровождения работы быстрого реактора.

В данной работе были подготовлены модели:

- 76 МКК реактора БН-600;
- 8 по 11 МКК реактора БН-800.

И проведена оценка методической погрешности для следующих проектных характеристик:

- величина критичности;
- эффективность стержней СУЗ;
- поле энерговыделения.



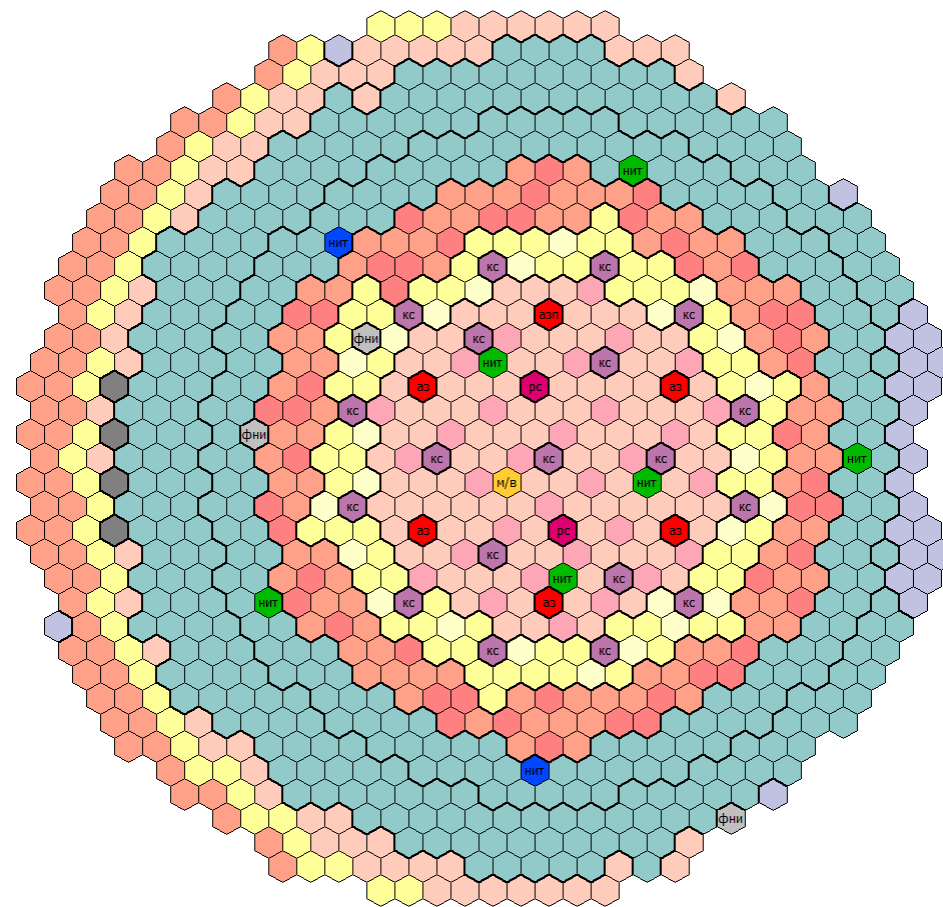
# БН-600 (3-й блок Белоярской АЭС, г. Заречный)

Начиная с 74 МКК, в активную зону реактора БН-600 стали устанавливаться штатные ТВС с оболочкой твэлов из стали ЭК164.

Переход на сталь ЭК164 дает отрицательный вклад в реактивность, который в основном обусловлен большим содержанием никеля.

В 74 МКК, к уже имеющимся 4 (установленным в 72 МКК) экспериментальным сборкам с оболочками твэлов из стали ЭК164, было установлено еще 2 ТВС, в 75 МКК - 12 шт.

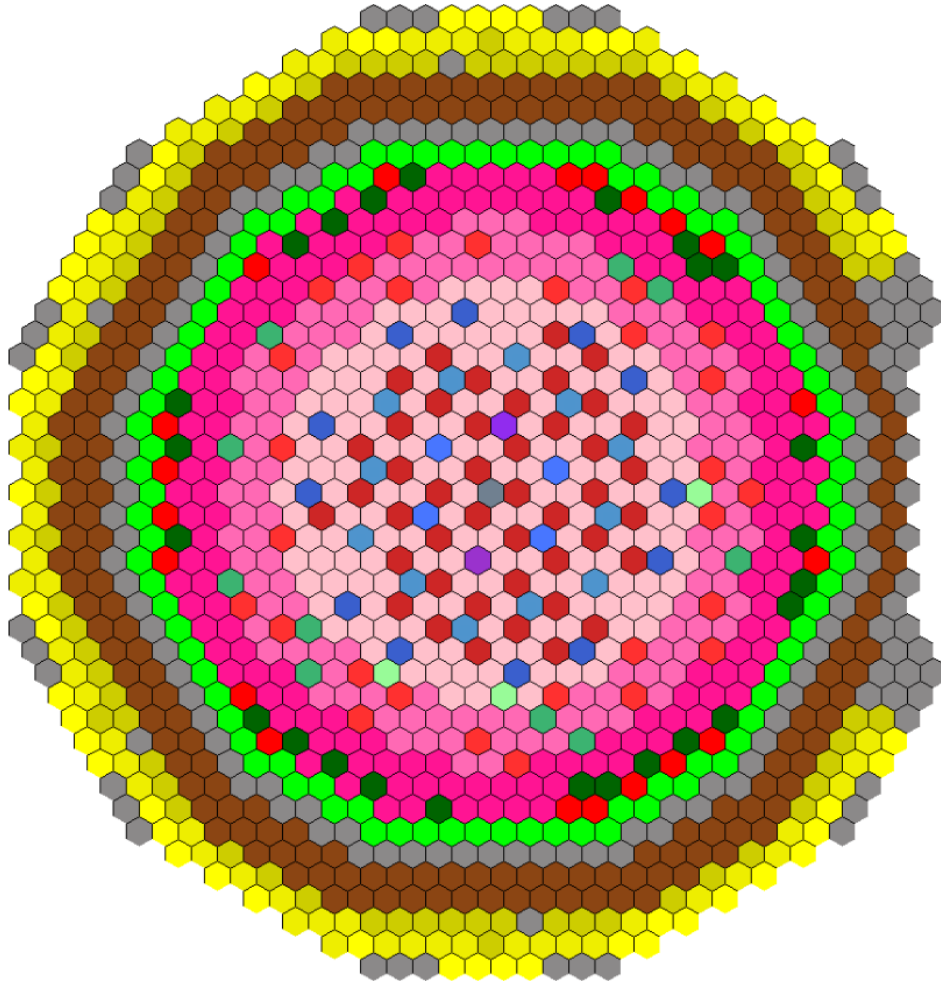
В 76 МКК общее количество ТВС с оболочками твэлов из стали ЭК164 достигло 105 штук.



ТВС с оболочками твэлов из стали ЭК164	ТВС ЗБО Б/В (47)
	ТВС ЗСО Б/В (24)
	ТВС ЗМО Б/В (30)

Картограмма загрузки БН-600 в 76 МКК

# БН-800 (4-й блок Белоярской АЭС, г. Заречный)



Картограмма 10 микрокампании БН-800

В период работы реактора с 1-го по 8-й интервал работы доля ТВС с МОКС топливом в активной зоне постоянно менялась и была не велика по отношению к общему числу сборок.

Начиная с 9 микрокампании началась работа по переходу на полную загрузку МОКС топливом

№ микрокампании	Доля ТВС МОКС в активной зоне, %
8 Микрокампания	5
9 Микрокампания	34
10 Микрокампания	61
11 Микрокампания	93

# Результаты расчетов методической составляющей погрешности для критичности

БН-600	Поправки Δ, %			
	Кинетическая	Гетерогенная	Мульти группового расчета	Методическая
ModExSys	+0,6	+0,1	-	+0,7
76 МКК	+0,5	+0,2	+0,2	+0,9

БН-800	Поправки Δ, %			
	Кинетическая	Гетерогенная	Мульти группового расчета	Методическая
8 МКК	+0,6	+0,7	+0,2	+1,5
9 МКК	+0,8	+0,8	+0,2	+1,7
10 МКК	+0,7	+0,8	+0,2	+1,7
11 МКК	+0,6	+0,9	+0,2	+1,6

## БН-600

- кинетическая поправка диффузионного расчета составляет **~+0,6%**;
- гетерогенная поправка диффузионного расчета составляет **~+0,2%**;
- поправка мульти-группового расчета составляет **~+0,2%**;

Полная методическая поправка составляет **~+1%**.

## БН-800

- кинетическая поправка диффузионного расчета составляет **~+0,8%**;
- гетерогенная поправка диффузионного расчета составляет **~+0,9%**;
- поправка мульти-группового расчета составляет **~+0,2%**;

Полная методическая поправка составляет **~+2%**.



# Результаты расчетов методической составляющей погрешности для эффективности органов СУЗ

76 Микрокампания БН-600		
Эффект, %Δk/k	Поправки, %Δk/k	
	Кинетическая	Гетерогенная
Максимальный запас реактивности	-1	-7
Полная эффективность стержней СУЗ	-1	-9
Эффективность системы компенсации реактивности	-1	-8

11 Микрокампания БН-800		
Эффект, %Δk/k	Поправки, %Δk/k	
	Кинетическая	Гетерогенная
Максимальный запас реактивности	0	-13
Полная эффективность стержней СУЗ	-2	-10
Эффективность системы компенсации реактивности	0	-12

Исходя из результатов, приведенных в таблице, можно заключить, что отклонения для гомогенной модели не превышают:

- **-1%** для БН-600;
- **-2%** для БН-800.

Однако, учет гетерогенности стержней СУЗ снижает значения эффективности:

- до **-9%** для БН-600;
- до **-13%** для БН-800.

# Результаты расчета удельного энерговыделения по радиусу а.з.

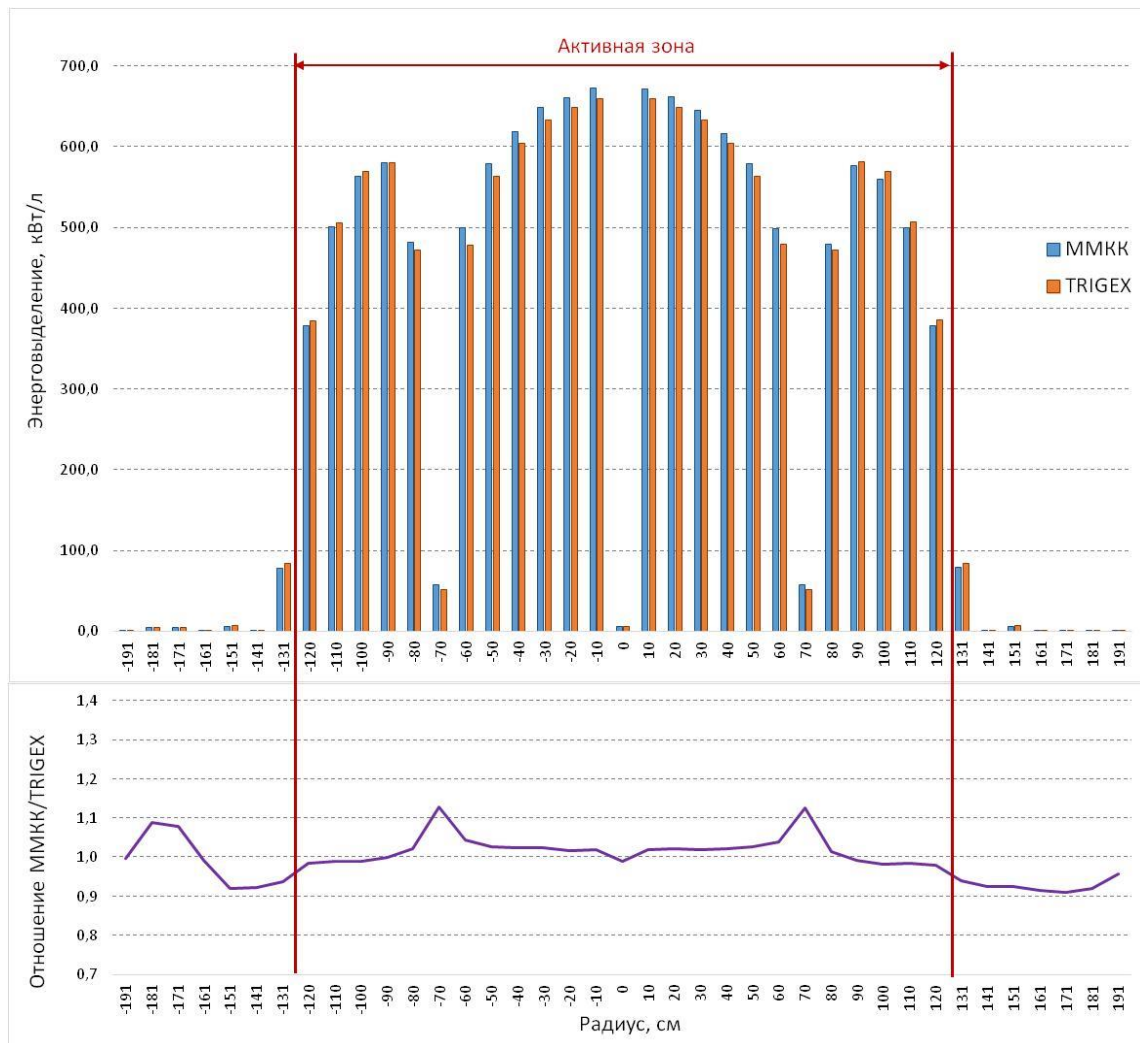


Диаграмма энерговыделения БН-800  
8 микрокомпания

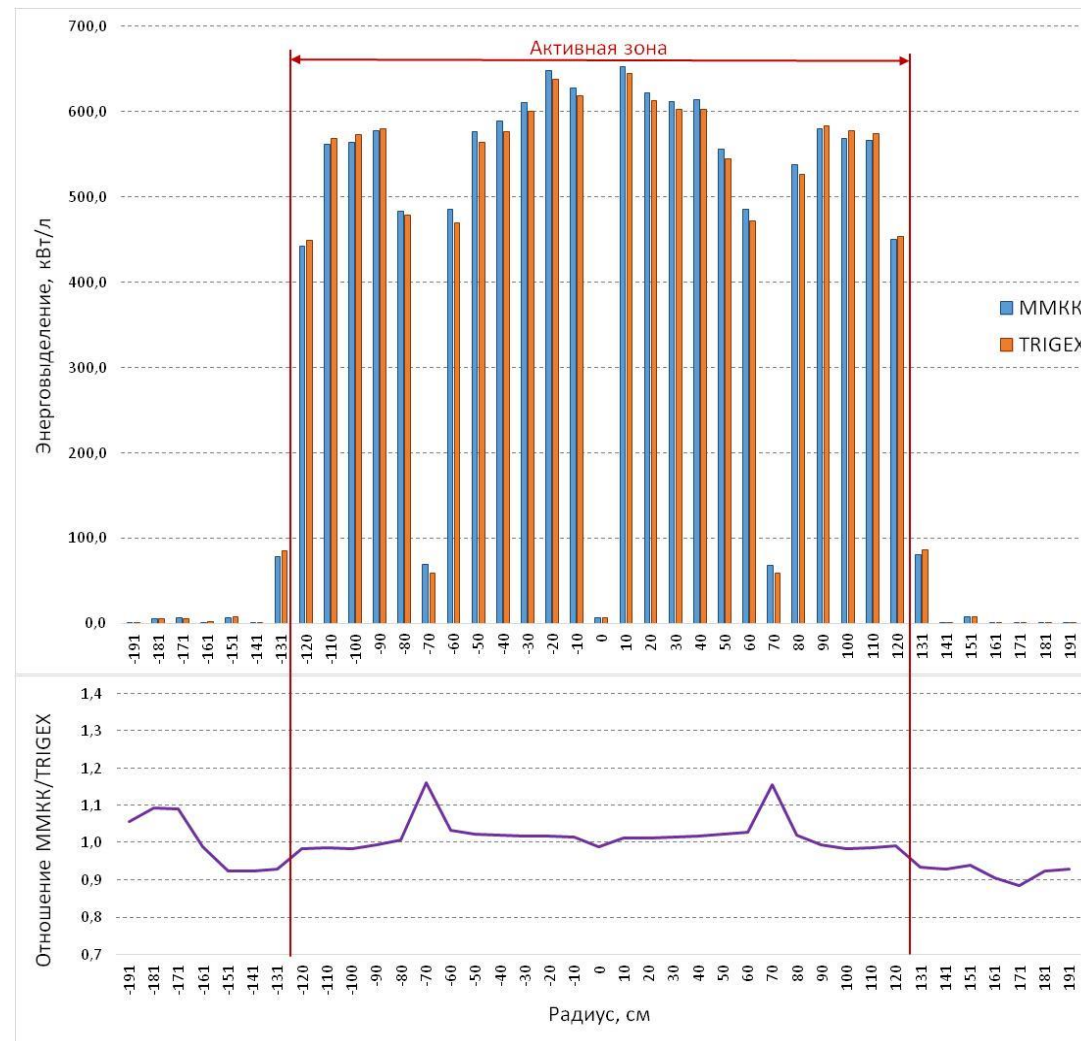


Диаграмма энерговыделения БН-800  
11 микрокомпания

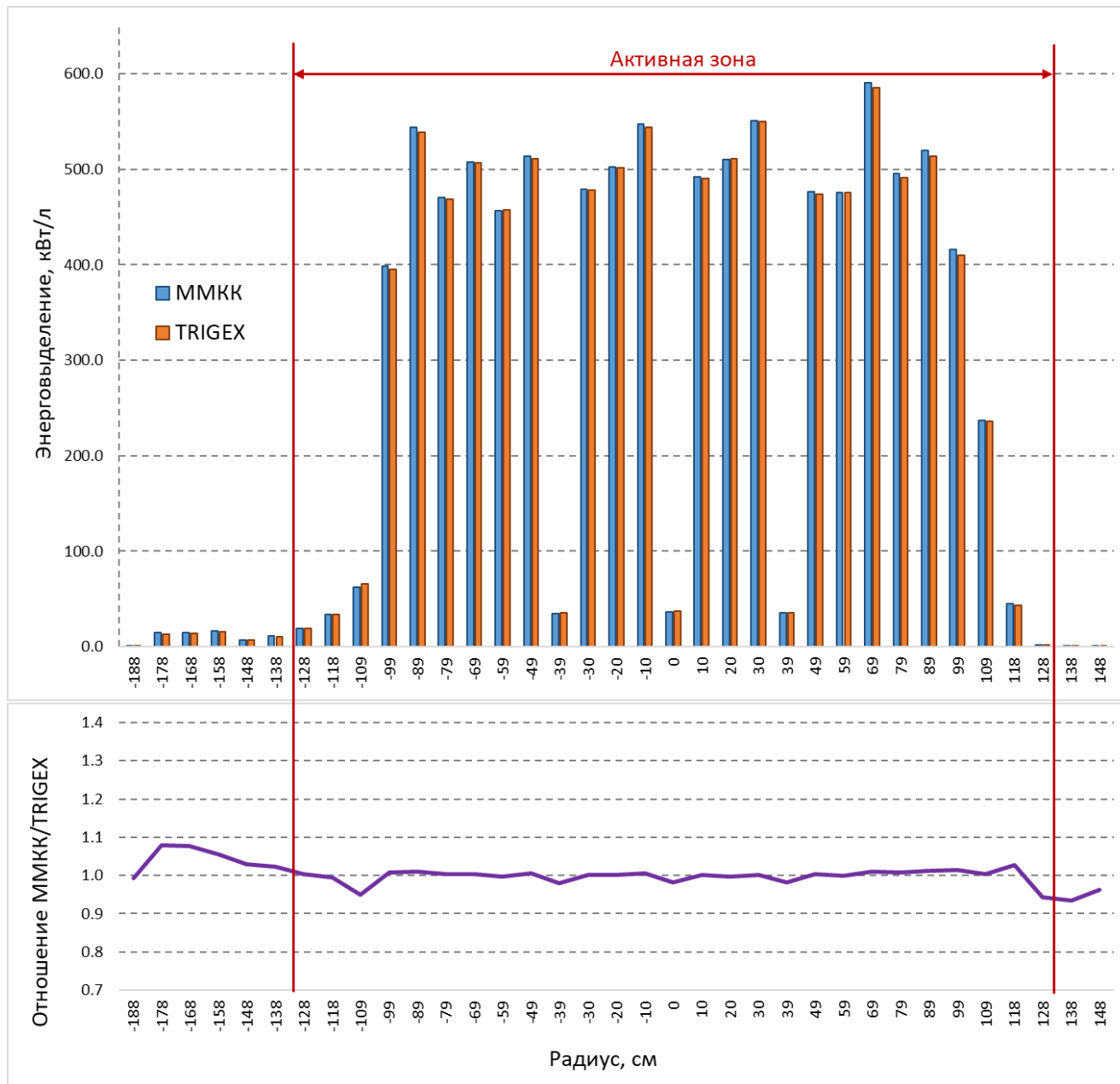


Диаграмма энерговыделения БН-600  
76 микроампания

Результаты расчетов удельного энерговыделения между TRIGEX и MMKK хорошо согласуются между собой и максимальное расхождение не превышает **2%** как для реактора БН-600 так и для реактора БН-800.

Величина наибольшего отклонения приходится на границы активных зон реакторов.

В проводимом ранее расчете по системе ModExSys для реактора БН-600 это отклонение также не превышало **2%**.

Исходя из результатов расчетов по диффузионному коду TRIGEX и прецизионных расчетов методом Монте-Карло по ММКК можно сделать следующие выводы:

- Методическая поправка для расчета критичности составила:

~+1% для БН-600

~+2% для БН-800

- Отклонения результатов расчетов гомогенных моделей эффективности РО СУЗ не превышают **-2%**, учет гетерогенности снижает значения эффективности:

до **-9%** для БН-600

до **-13%** для БН-800

- Результаты расчетов удельного энерговыделения хорошо согласуются между собой и отклонение по активной зоне не превышает **2%**.

# Спасибо за внимание

**Пастухова Полина Валерьевна**

E-mail: [pvpastukhova@ippe.ru](mailto:pvpastukhova@ippe.ru)

Тел.: (399) 47-42

**30.05.2024**