

CROSSER – программный модуль подготовки групповых констант для инженерных расчетов быстрых реакторов

Кощеев В.Н., Тормышев И.В., Мишин В.А.,
Перегудов А.А., Раскач К.Ф., Семенов М.Ю., Якунин А.А.

Нейтроника 2019

Мотивация

- Необходимость быстросействующей подготовки макроконстант для большого числа физических зон (30 - 50 тыс.).
- Необходимость быстросействующей подготовки макроконстант для нестационарных расчетов.
- Потребность в представлении данных с большим числом значащих чисел, чем они имеются в стандартной библиотеке БНАБ-93.
- Потребность в более современных ядерных данных, чем они имеются в стандартной библиотеке БНАБ-93 (например, РОСФОНД-2010).
- Необходимость создания единого модуля подготовки констант унифицированного с точки зрения входных форматов ядерных данных (БНАБ-93, БНАБ-РФ).

Цель работы -

создание быстродействующего, универсального и максимально кросс-платформенного модуля подготовки макроконстант для инженерных НФХ расчетов быстрых реакторов

Основа для работы :

- программа CONSYST0601;
- библиотека макроконстант БНАБ-93, БНАБ-РФ;
- число энергетических групп -28/299.

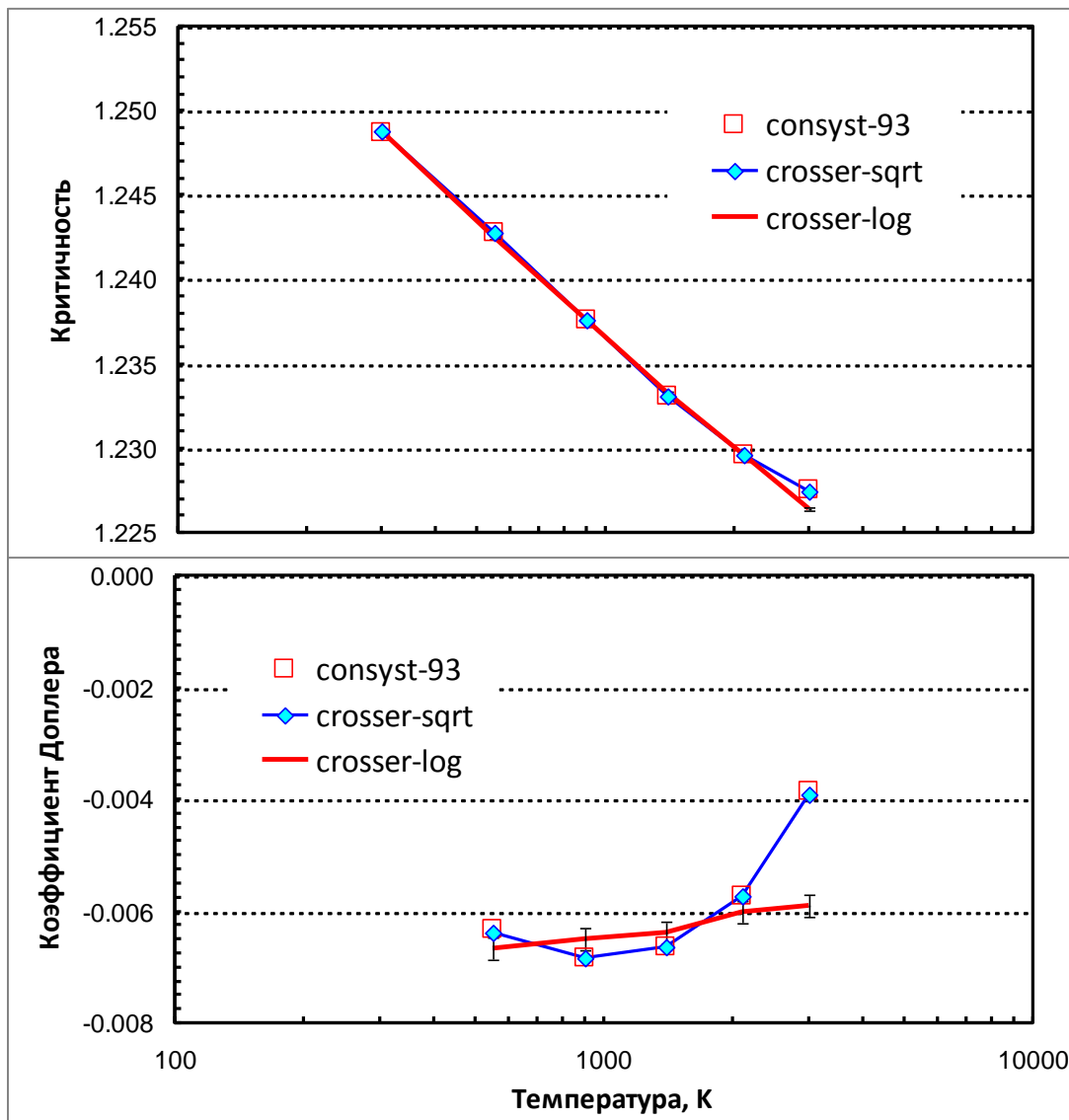
Примечание

Входные и выходные форматы данных **сохранены** такими же, как в CONSYST0601.

Работа над модулем

- Исключено многократное чтение с диска в оперативную память одних и тех же данных (оптимизация работы с памятью, чтением и т.п.);
- Корректировка закона интерполяции $SSF(T)$ (для корректного учета эффекта самоэкранировки сечений при произвольной температуре внесено изменение в закон интерполяции: корневая зависимость изменена на логарифмическую);
- Модификация программы TRIGEX (TRIGEX собран с новым модулем CROSSER);

Результат изменения закона интерполяции



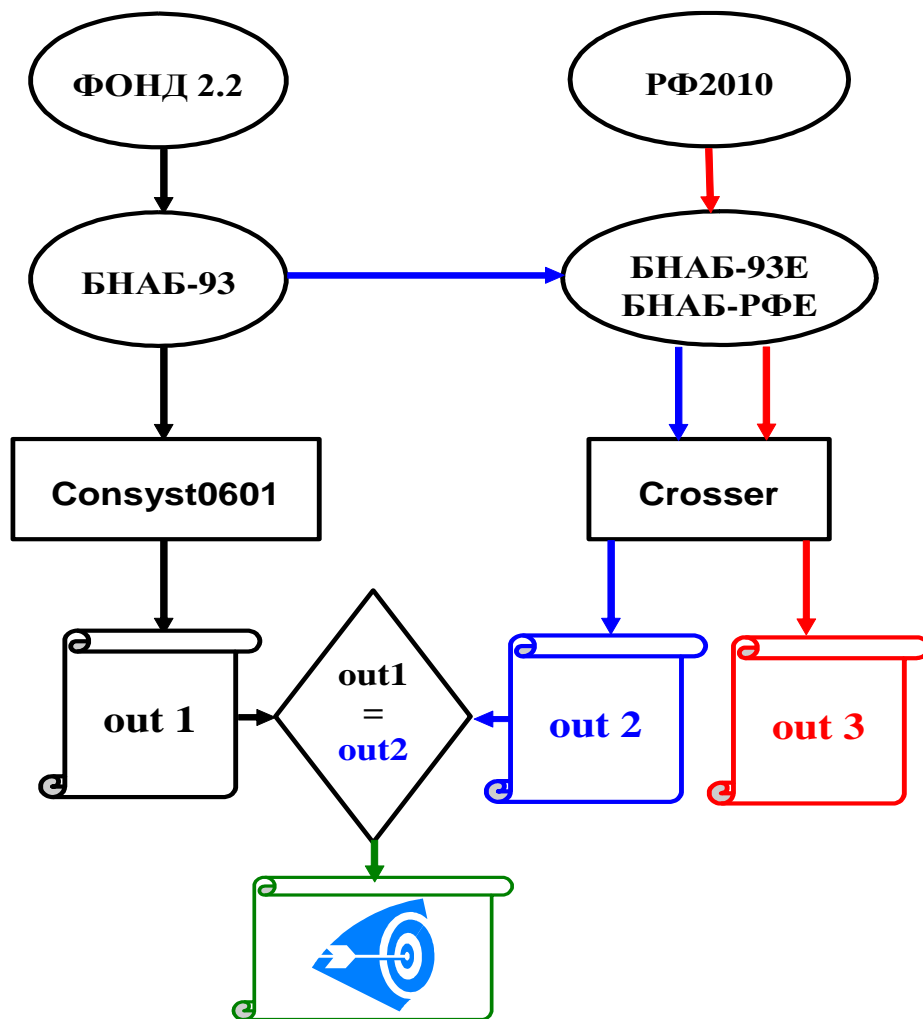
Работа над библиотекой микроданных

- **Использован формат БНАБ93Е**
(отличие от формата БНАБ93 – повышенная точность представления чисел - E12.5);
- **Для SSF данных использован вещественных ТИП вместо целочисленного**
(повышается точность представления данных, убираются лишние преобразования);
- **Формирование библиотеки БНАБ93Е**
(данные библиотеки БНАБ-93 переведены в формат БНАБ93Е);
- **Формирование библиотеки РФ10Е**
(данные библиотеки РОСФОНД-2010 переработаны в формат данных БНАБ-93Е).

Типы данных в библиотеке РФ10E

- MF=1, 301 – основные параметры взаимодействия;
- MF=2, 302 – параметры неупругого взаимодействия;
- MF=3, 303 – параметры упругого взаимодействия;
- MF=4, 304 – данные о самоэкранировке сечений (SSF) при T=300K;
- MF=5, 305 – зависимость данных SSF от температуры среды;
- MF=318 – матричные спектры нейтронов деления.

Схема подготовки библиотеки констант для верификации модуля CROSSER



Верификация модуля CROSSER

функционалы: k_{eff} , $DC=(1/k_{\text{eff}}(T1)-1/k_{\text{eff}}(T2))/\ln(T2/T1)$

- А) модель бесконечной среды

Геометрия – бесконечная среда;

Состав – МОХ топливо из а.з. реактора БН-1200;

Программа расчета – MCNP5;

Ядерные данные:

MG-данные БНАБ93 (CONSYST0601),

MG-данные БНАБ93Е (CROSSER),

MG-данные БНАБ-РФ (CONSYST-RF),

MG-данные РФ10Е (CROSSER-RF),

[СЕ-данные на основе РОСФОНД2010;](#)

Набор температур: 300K, 550K, 900K, 1400K, 2100K, 3000K

Верификация модуля CROSSER

- Б) модель конечного цилиндра

Геометрия – цилиндр $H = 200$ см, $R = 90$ см;

Состав – MOX топливо из а.з. реактора БН-1200;

Программа расчета – MCNP5;

Ядерные данные:

[СЕ-данные на основе РОСФОНД2010,](#)

MG-данные БНАБ93 (CONSYST0601),
MG-данные БНАБ-РФ (CONSYST-RF),
MG-данные БНАБ93Е (CROSSER),
MG-данные РФ10Е (CROSSER-RF);

Набор температур: 293К, 300К, 310К, 540К, 550К, 560К,
890К, 900К, 910К, 1350К, 1400К, 1450К, 2050К,
2100К, 2150К, 3000К

Верификация модуля CROSSER

- В) модели быстрого реактора

Реактор	Топливо	Отражатель	Наличие FP
БН-600	UO ₂ + MOX	Steel	+
БН-800	UO ₂ + MOX	UO ₂	-
БН-1200	MOX	UO ₂	+
БРЕСТ	Нитрид	PB	-

Программы расчета:

ММКС

СЕ-данные на основе РФ2010;

ММКК:

MG-данные БНАБ93 (CONSYST0601);

MG-данные БНАБ-РФ (CONSYST-RF);

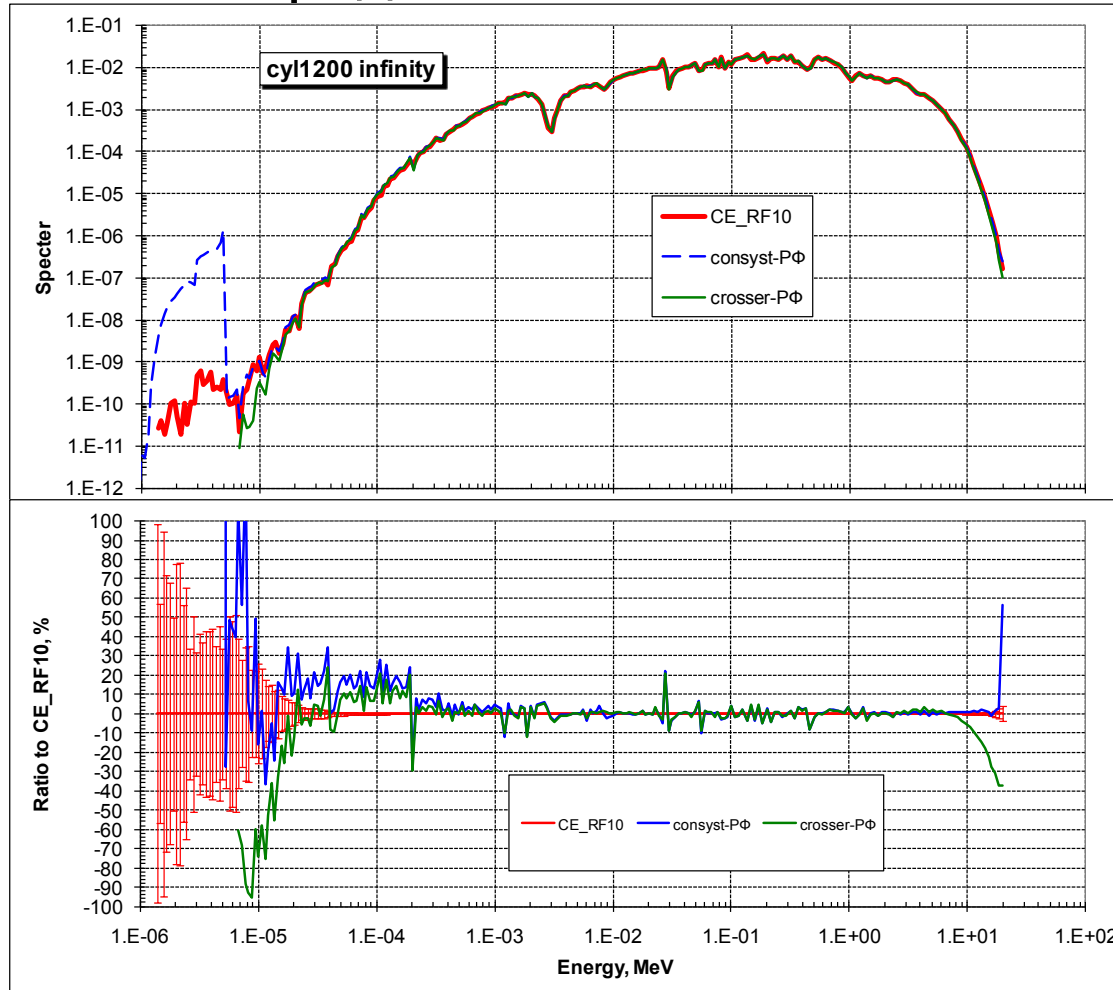
MG-данные БНАБ93Е (CROSSER);

MG-данные РФ10Е (CROSSER-RF);

Набор температур: рабочее состояние (а.з. – 1400К, окружение – 900К);
холодное состояние (всё - 300К).

Результаты верификации

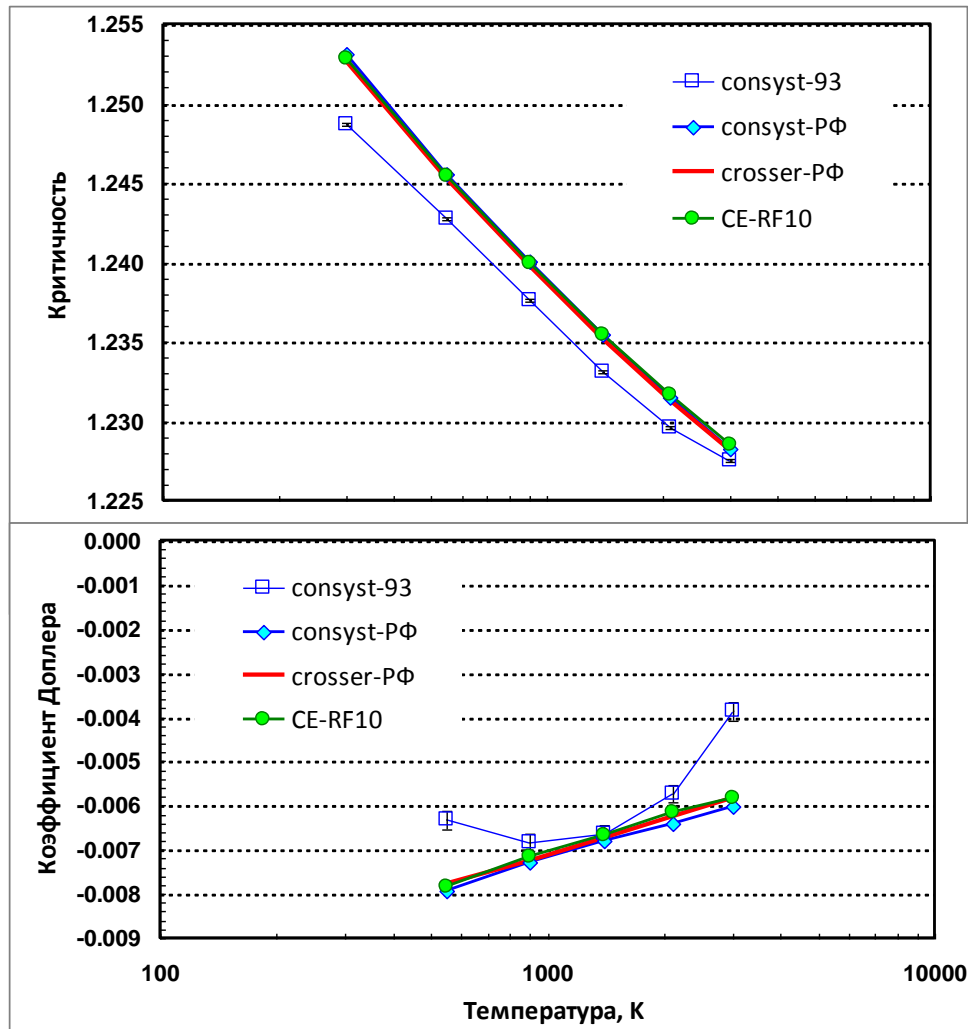
- А) бесконечная среда $T=300\text{K}$



Сравнение спектра нейтронов

Результаты верификации

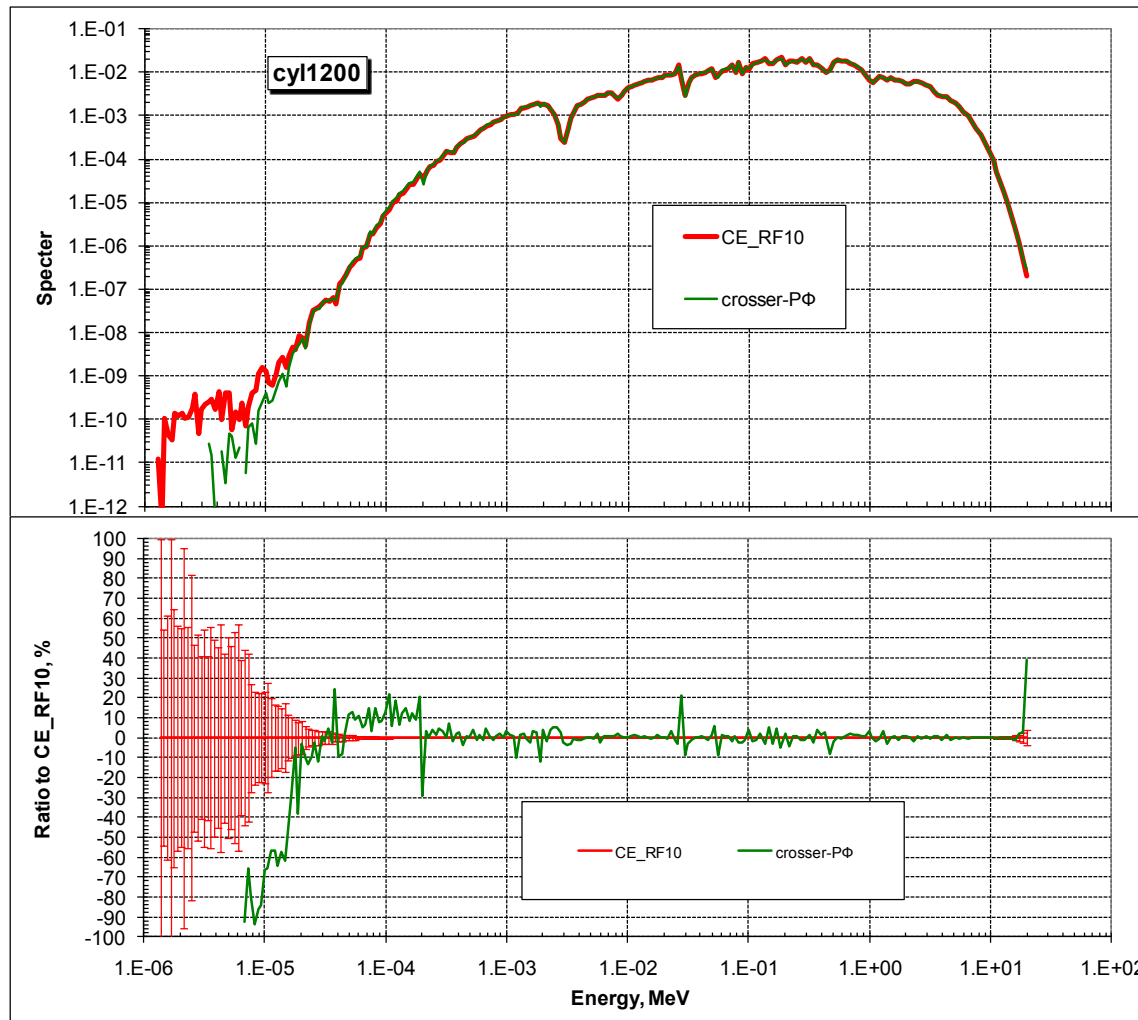
- А) бесконечная среда



Сравнение критичности и коэффициента Доплера

Результаты верификации

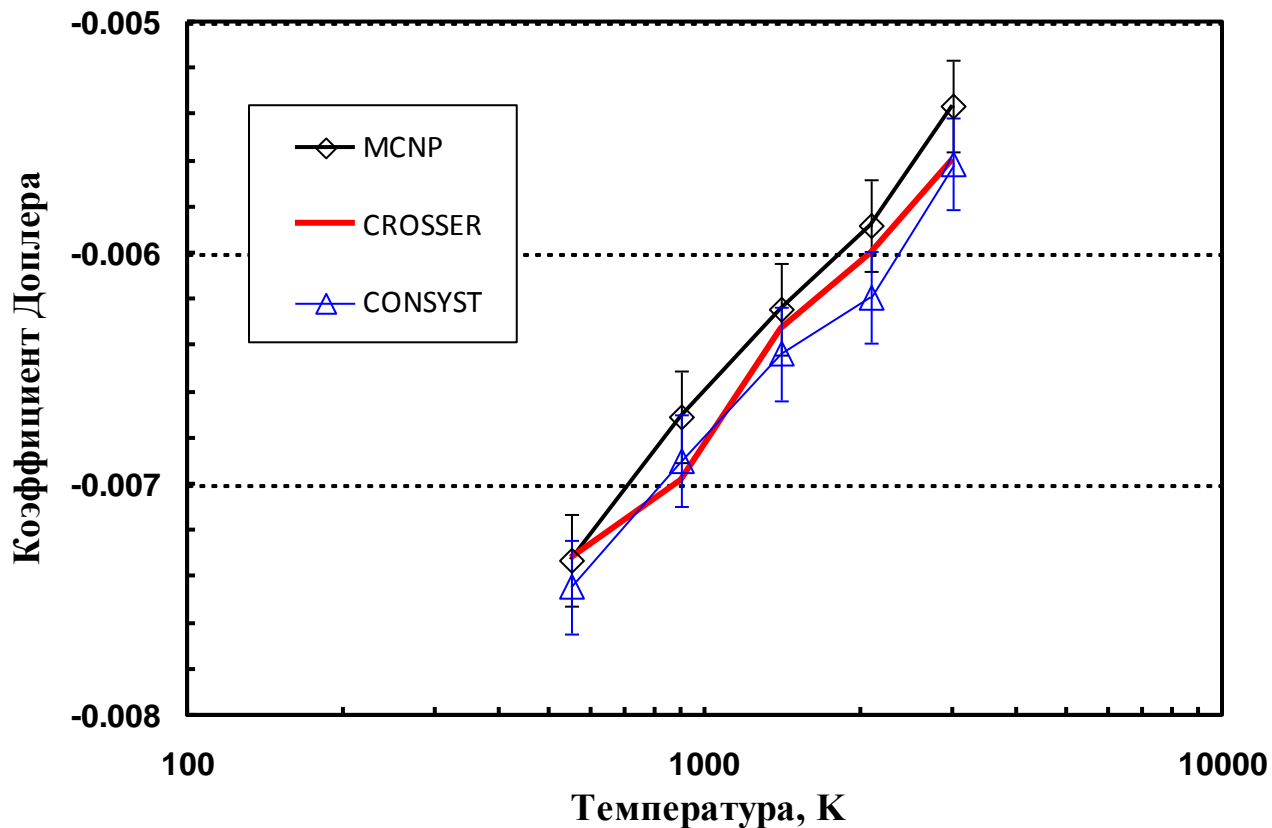
- Б) модель конечного цилиндра $T=300\text{K}$



Сравнение спектра нейтронов

Результаты верификации

- Б) модель конечного цилиндра



Расчет коэффициента Доплера по разным программам для узловых температур

Результаты верификации

- В) модели быстрых реакторов – критичность
T=300K

модель	БНАБ-93		РОСФОНД2010		
	crosser	consyst0601, %	CE	-crosser, %	-consyst RF, %
БН-600	1.0272(1)	+0.01	1.0258(1)	-0.18	-0.20
БН-800	1.0134(1)	+0.02	1.0144(1)	+0.04	+0.03
БН-1200	1.0165(1)	0.00	1.0172(1)	-0.01	+0.03
БРЕСТ	1.0136(1)	-0.01	1.0060(1)	+0.08	+0.02

Результаты верификации

- В) модели быстрых реакторов – критичность

Рабочие температуры

модель	БНАБ-93		РОСФОНД2010		
	crosser	-consyst, %	CE	-crosser, %	-consyst, %
БН-600	1.0160(1)	0.00	1.0131(1)	-0.13	-0.15
БН-800	1.0020(1)	+0.02	1.0038(1)	+0.17	+0.16
БН-1200	1.0040(1)	+0.02	1.0049(1)	+0.17	+0.20
БРЕСТ	1.0022(1)	+0.02	0.9929(1)	+0.18	+0.12

Результаты верификации

- Быстродействие

Модуль	Число зон	Число групп	Время, сек
CROSSER	3 000	26	22
CONS0601			100
CONSYST-RF			245
CROSSER	3 000	299	150
CONS0601			260
CONSYST-RF			-
CROSSER	30 000	26	200
CONS0601			880
CONSYST-RF			6060

Результаты верификации

- Быстродействие

Модуль	Число зон	Число групп	Время, сек	
CROSSER	6 000	26	4	COREMELT
CONS0601			24	
CROSSER	10 000	26	37	BNcode
CONS0601			252	

COREMELT

Временной шаг: 0.001 – 0.01 с

Число шагов в типичном расчёте – 10^6

Экономия времени на расчёт: $(10^6 * (24-4)) / 3600 * 24$

= 23 дня

Выводы

- Разработан универсальный (для БНАБ93, БНАБ93Е, РФ10Е) и быстродействующий модуль подготовки макроконстант CROSSER;
- Сформированы библиотеки микроконстант в формате БНАБ93Е (БНАБ93Е, РФ10Е);
- Проведены верификационные расчеты на моделях бесконечной среды, цилиндра конечного размера и моделях быстрых реакторов. Рассчитывались критичность и коэффициент Доплера;
- На основе анализа полученных результатов следует, что
 - а) CROSSER(БНАБ93Е) ~ CONSYST(БНАБ93) ~ 0.02%;
 - б) CROSSER(РФ10Е) ~ CONSYST-RF(БНАБ-РФ) ~ 0.03%;
 - в) CROSSER(РФ10Е) ~ MCNP5(СЕ-РФ10) ~ 0.20%

Благодарю за внимание