



РФЯЦ-ВНИИЭФ
РОСАТОМ

Автоматизированное формирование расчетных моделей размножающих систем, исследуемых на стенде ФКБН-3 «Нейтроника-2024»

Сафиулина И.А.

Валекжанина Е.И.

Гуменных Э.А.

Демьянов С.А.

Кайгородов А.А.

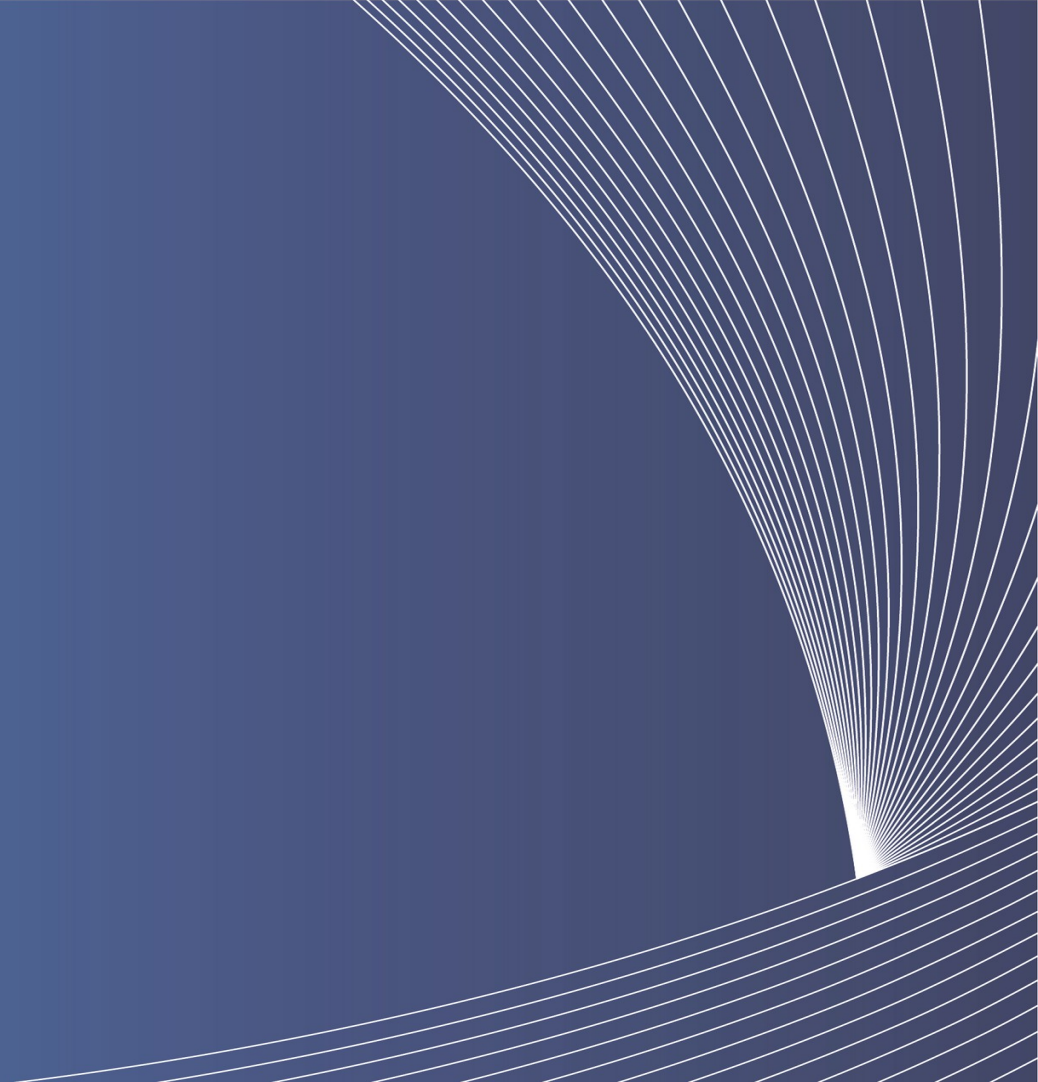
Картанов С.А.

Плузян К.Г.

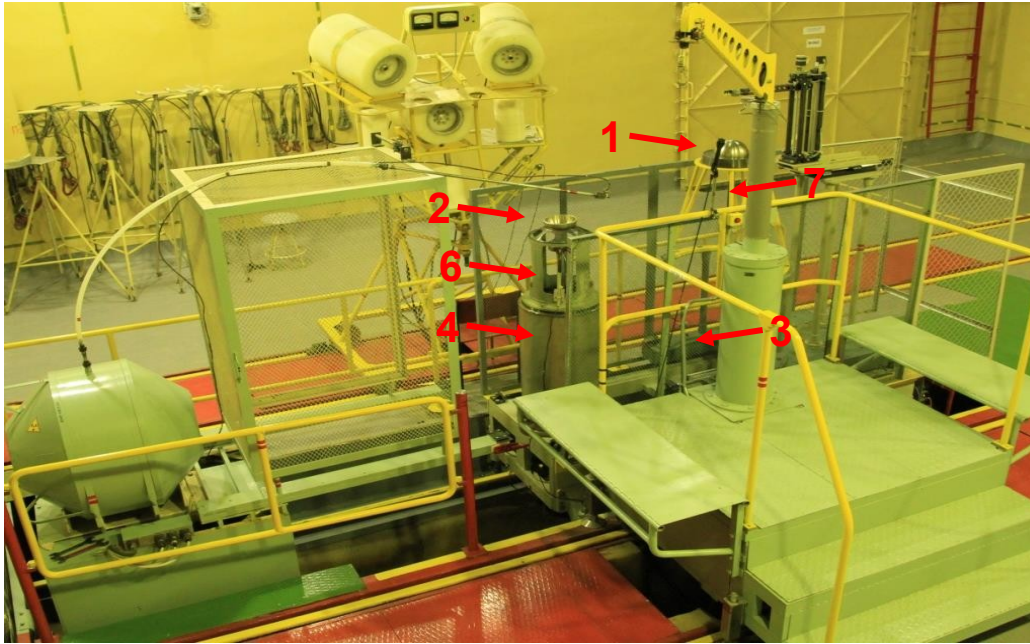
Уткин Д.С.

Обнинск, 2024

Введение

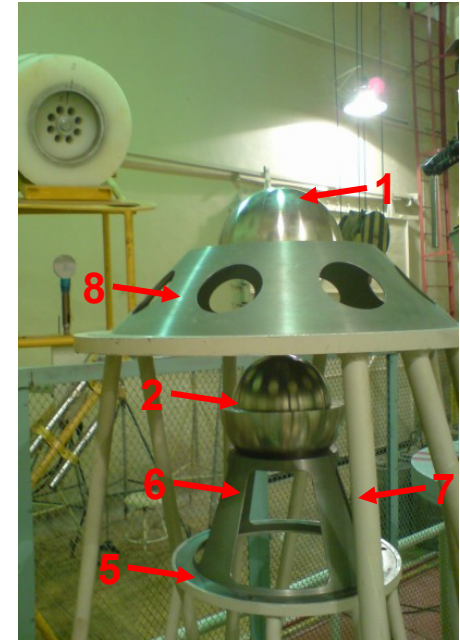


ФКБН-3



1 – верхний блок; 2 – нижний блок; 3 – каретка; 4 – стол станда; 5 – подставка нижнего блока;
6 – конфорка нижнего блока; 7 – поставка верхнего блока; 8 – конфорка верхнего блока

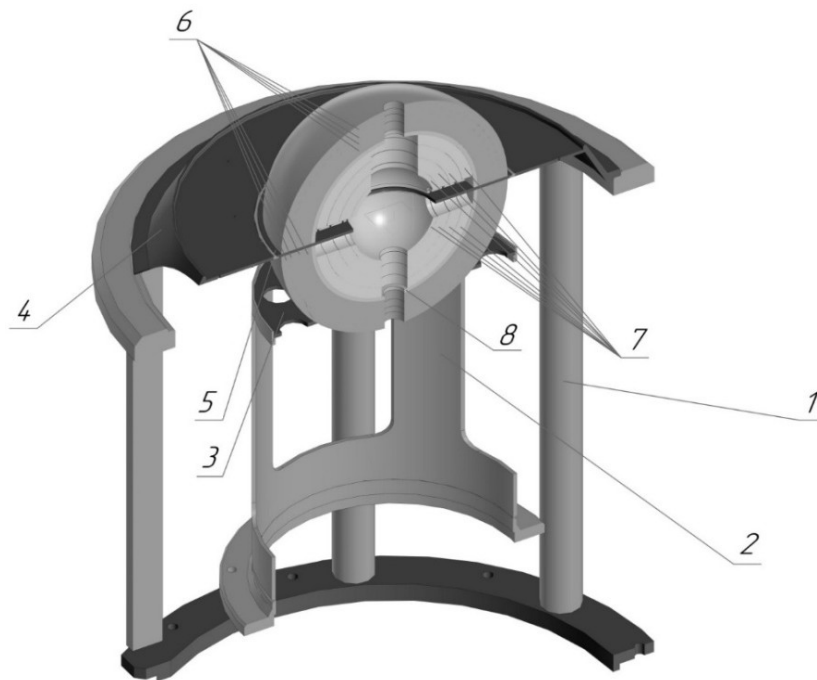
Общий вид комплекса ФКБН-3



Макет размножающей
системы, размещенный
на станде ФКБН-3

Размножающая система с сомкнутыми блоками

1 – подставка
верхнего блока,
2 – подставка
нижнего блока,
3 – конфорка
нижнего
блока,
4 – конфорка
верхнего
блока,
5 – диафрагма,
6, 7, 8 –
полусферические
детали



Использование данного программного обеспечения позволяет:

- **уменьшить вероятность ошибки** при создании новых детализированных расчетных моделей размножающих систем в программе С-007;
- **значительно упростить** (автоматизировать) процедуру составления расчетных моделей исследуемых на комплексе ФКБН-3 размножающих систем;
- **значительно сократить время** подбора оптимальной конфигурации размножающей системы при подготовке критического эксперимента на стенде ФКБН-3.

Описание базы данных

The background is a solid blue color. On the right side, there is a decorative graphic consisting of numerous thin, white, curved lines that fan out from a single point at the bottom right towards the top right, creating a sense of motion or data flow.

База данных составов и массогабаритных характеристик деталей и оснастки

```
CASE1.txt
Файл  Правка  Формат  Вид  Справка
#CASE1#
S1 = SP[C = 0, 0, 0; R = 5.000]; #R1#
S2 = SP[C = 0, 0, 0; R = 6.000]; #R2#
S3 = PL[X = 0];
S4 = CL[YZ = 0, 0; R = 1.000]; #R3#
M1 = S2 * -S1 * -S3 * -S4;

S5 = CL[YZ = 0, 0; R = 1.500]; #R4 + epsilon#
S6 = PL[X = 5.800]; #R2 - h#
M2 = S5 * -S6;

S7 = PL[X = 5.300]; #R2 - H#
M3 = M1 * -M2 * -(S5*S7);

S8 = CL[XY = 0, 0; R = 1.2]; #R5#
S9 = PL[Z = 0];
M4 = M3 * -(S8*S9);

S11 = SP[C = 0, 0, 0; R = 5.005]; #R1 + delta#
S12 = SP[C = 0, 0, 0; R = 5.995]; #R2 - delta#
S13 = PL[X = 0.005]; #delta#
S14 = CL[YZ = 0, 0; R = 1.005]; #R3 + delta#
M11 = S12 * -S11 * -S13 * -S14;

S15 = CL[YZ = 0, 0; R = 1.505]; #R4 + delta#
S16 = PL[X = 5.705]; #R2 - h - delta#
M12 = S15 * -S16;

S17 = PL[X = 5.305]; #R2 - H + delta#
M13 = S15 * S17;

S18 = CL[XY = 0, 0; R = 1.205]; #R5 + delta#
M14 = M11 * -M12 * -M13 * -(S18 * S9);

R1 = M14;
R2 = M4 * -M14;
R0 = -(R1+R2);
```

Пример файла с описанием геометрии детали

```
CASE1.txt
Файл  Правка  Формат  Вид  Справка
:R1:CW= 100(U35); RO = 19.200;
R2:CW= 100(*NI); RO = 8.900;
```

Пример файла с описанием состава детали

Описание интерфейса



Функциональные области интерфейса ПО

Формирование файла расчетной модели РС

5

1

Загрузить РС

Оснастка | Нижний блок | Верхний блок | Настройки | Добавление в БД

Выберите элемент и добавьте

Оснастка нижнего блока
 Оснастка верхнего блока

Наименование детали	Заводской номер		
		Добавить элемент	

Оснастка нижнего блока

	Наименование детали	Заводской номер	Изменить	Удалить
1	-	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Оснастка верхнего блока

	Наименование детали	Заводской номер	Изменить	Удалить
1	-	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Очистить

Сформировать

Оснастка | Нижний блок | Верхний блок | Экспорт | Библиотека

4

Сгенерировать файл | Сохранить РС | Очистить | Выход

3

Изотопный состав

Element	Lib
	<input type="checkbox"/>

Сформировать

Проверить наличие



Примеры сформированной вкладки «Оснастка»

Оснастка | Нижний блок | Верхний блок | Настройки | Добавление в БД

Выберите элемент и добавьте

Оснастка нижнего блока Оснастка верхнего блока

Наименование детали: Заводской номер:

Оснастка нижнего блока

	Наименование детали	Заводской номер	Изменить	Удалить
1	Подставка		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Конфорка		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Оснастка верхнего блока

	Наименование детали	Заводской номер	Изменить	Удалить
1	Подставка		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Конфорка		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Диафрагма		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

с элементами оснастки

Оснастка | Нижний блок | Верхний блок | Настройки | Добавление в БД

Выберите элемент и добавьте

Оснастка нижнего блока Оснастка верхнего блока

Наименование детали: Заводской номер:

Оснастка нижнего блока

	Наименование детали	Заводской номер	Изменить	Удалить
1	-	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Оснастка верхнего блока

	Наименование детали	Заводской номер	Изменить	Удалить
1	-	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

без элементов оснастки

Пример формирования изотопного состава расчетной модели и выбора библиотеки ядерно-физических констант

Изотопный состав			
Element	Lib		
*FE	B8	▼	☑
*N	B8		☑
*SI	J4		☑
MN55	B7		☑
*CU	B6		☑
*NI	B5		☑
C12	B8	▼	☑

Возможности ПО (I)

- формирование расчетной модели размножающей системы при **наличии/отсутствии** оснастки, нижнего/верхнего блока, экспериментального зала, стенда ФКБН-3;
- **формирование** оснастки, верхнего блока, нижней и верхней частей нижнего блока в расчетной модели размножающей системы за счёт выбора соответствующих элементов из базы данных, **редактирование** (изменение/удаление/добавление отдельных элементов) списка выбранных элементов;
- **проверка корректности** формирования списка полусферических деталей нижнего/верхнего блока в соответствии с процедурой сборки размножающей системы;
- **задание расстояния** между нижним и верхним блоками;

Возможности ПО (II)

- **выбор варианта размещения полусферических деталей нижнего блока относительно друг друга: элементы просажены до касания или выровнены по экваториальной поверхности;**
- **сохранение информации о сформированной расчетной модели размножающей системы,** загрузка сохраненных ранее расчетных моделей размножающих систем и внесение изменений в загруженную расчетную модель размножающей системы;
- **отключение учета запаздывающих нейтронов** при расчете коэффициента размножения для определения эффективной доли запаздывающих нейтронов;
- **выбор библиотеки ядерно-физических констант** для каждого элемента или изотопа материала детали в расчетной модели размножающей системы;
- **выбор параметров расчета** (время расчета, число используемых ядер CPU);
- **формирование и сохранение файла расчетной модели** размножающей системы с заданным названием для дальнейшего использования.

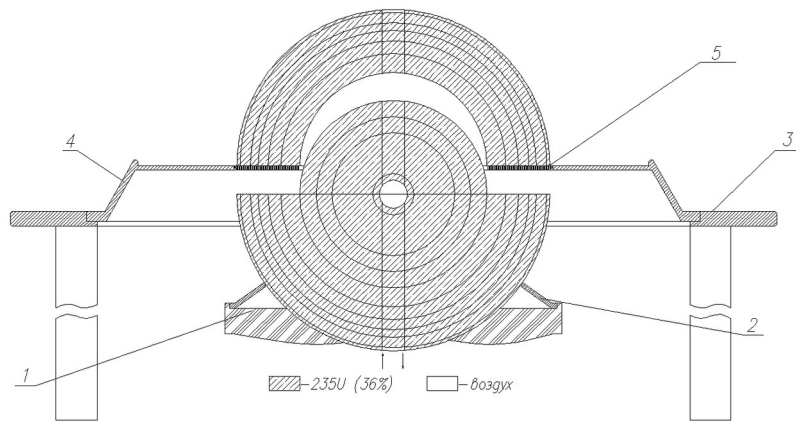
Результаты тестирования ПО

The background is a solid blue color. On the right side, there is a decorative graphic consisting of numerous thin, white, curved lines that fan out from a point near the bottom right corner towards the top right corner, creating a sense of motion or a stylized wave.

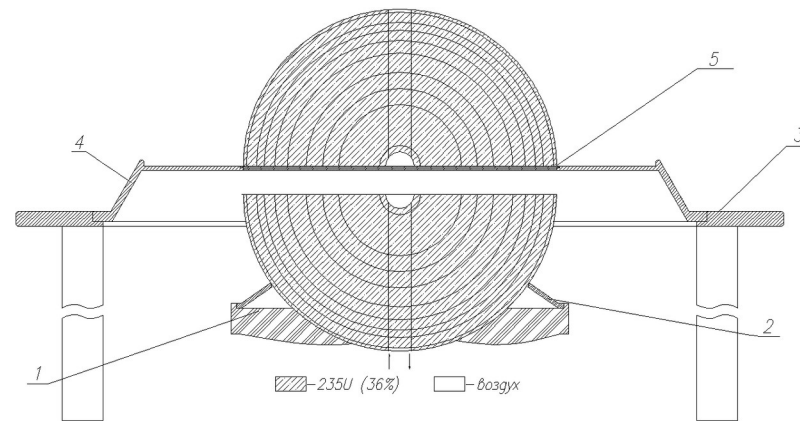
Тестирование ПО

- наличие/отсутствие экспериментального зала;
- полное или частичное отсутствие элементов оснастки;
- полное или частичное отсутствие элементов нижнего/верхнего блока;
- различный тип сопряжения полусферических деталей нижнего блока размножающей системы (просажены до касания или выровнены по экваториальной поверхности);
- наличие зазора, заданного пользователем, между нижним и верхним блоками;
- сохранение информации о комплектации расчетной модели размножающей системы;
- загрузка сохраненных расчетных моделей размножающих систем.

Размножающая система с активной зоной из урана среднего обогащения ^{235}U (36 %) без отражателя



Эскиз РС12 с активной зоной из ^{235}U (36 %)



Эскиз РС12(а) с активной зоной из ^{235}U (36 %)

1 – подставка нижнего блока; 2 – конфорка нижнего блока;
3 – подставка верхнего блока; 4 – конфорка верхнего блока; 5 – диафрагма

Интерфейс ПО после загрузки РС12

Формирование файла расчетной модели РС

Загружена РС РС12

Оснастка | Нижний блок | Верхний блок | **Настройки** | Добавление в БД

Настройки расчетной модели

Элементы нижнего блока просажены до касания Элементы нижнего блока выровнены по экваториальной поверхности

Расстояние между блоками, мм

В расчетах учитывать: Экспериментальный зал

Тип задачи: Keff Veff

Параметры счета: Время расчета ч. Точность расчета Keff

Настройки запуска расчета в C-007

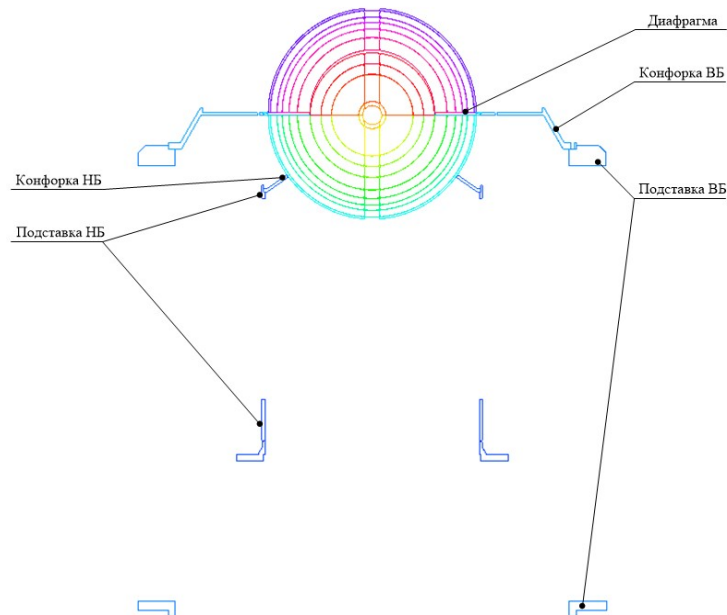
Количество ядер для расчета

Укажите путь к расположению

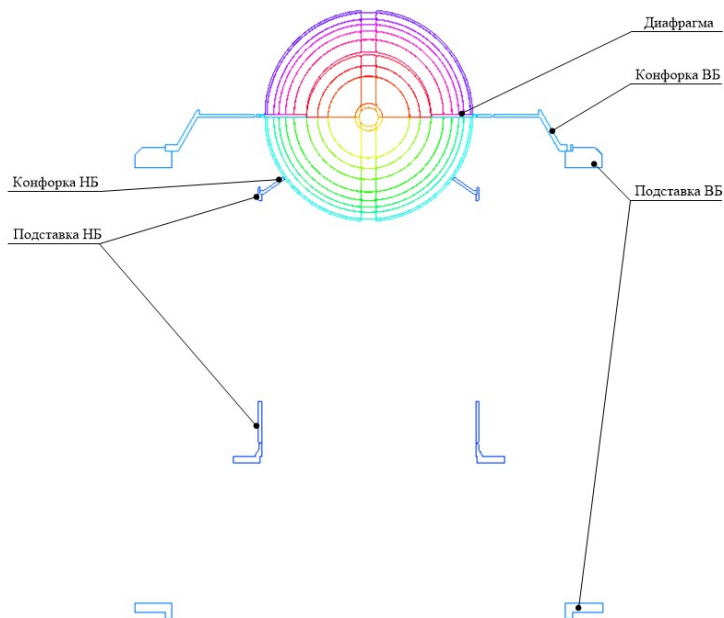
Цвет интерфейса: Пыльная роза Корпоративный синий Серый

Изотопный состав

Element	Lib		
*FE	B8	✓	☑
*N	B8	✓	☑
*SI	B8	✓	☑
MN55	B8	✓	☑
*CU	B8	✓	☑
*NI	B8	✓	☑
C12	B8	✓	☑
*CR	B8	✓	☑
U34	B8	✓	☑
U35	B8	✓	☑
U36	B8	✓	☑
U38	B8	✓	☑
CA40	B8	✓	☑
AL27	B8	✓	☑
*PB	B8	✓	☑
*W	B8	✓	☑
*TI	B8	✓	☑
*V	B8	✓	☑
TA81	B8	✓	☑
*ZR	B8	✓	☑
NB93	B8	✓	☑
*MO	B8	✓	☑
*O	B8	✓	☑



Геометрия расчетной модели РС12

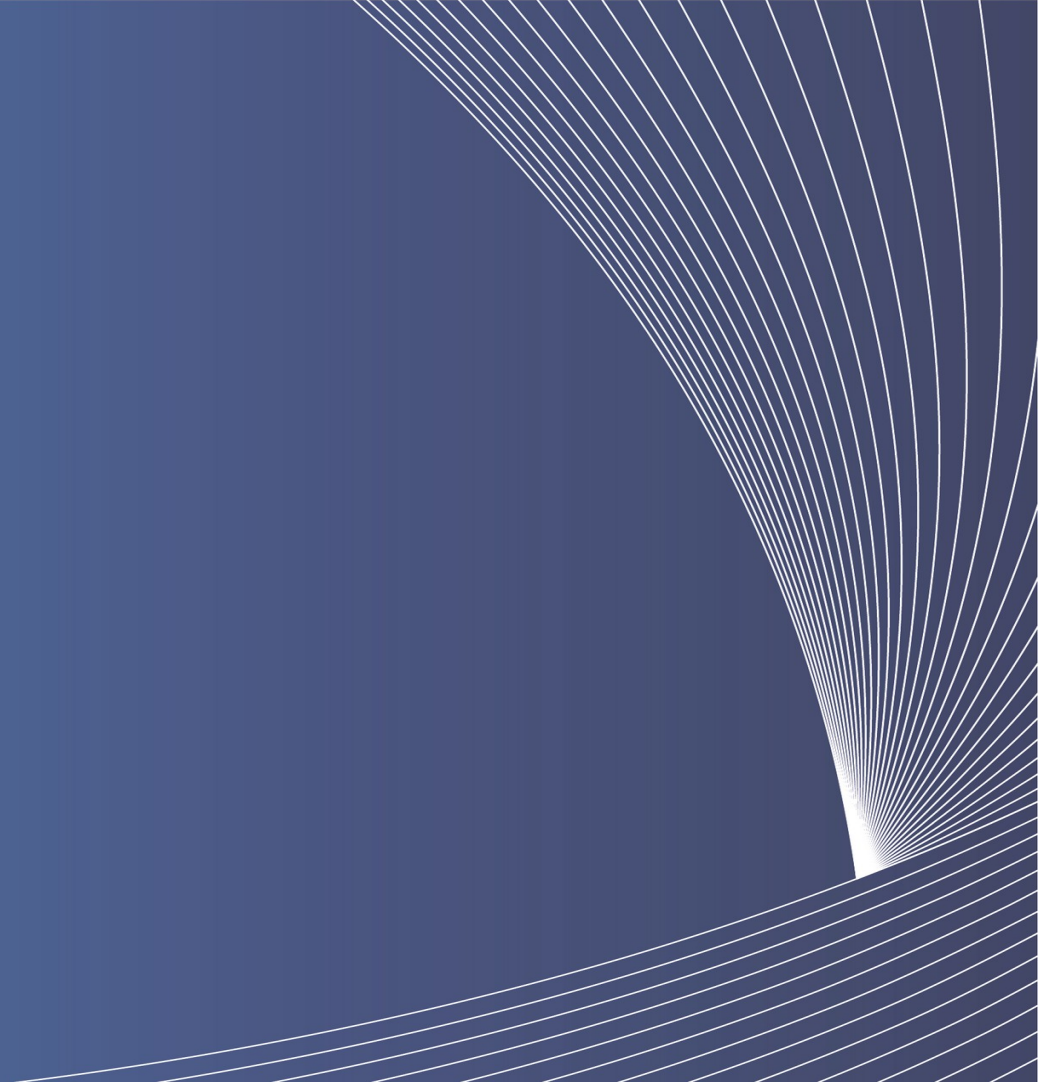


```
2254 # CASE I #
2255 BL1:
2256     R1:CW= 100 (U3) ; RO=19.200;
2257     R2:CW= 100 (*NI) ; RO=8.900;
2258
2259 SOU:
2260     S1:N;
2261     Q=1;W=1;
2262     P[(11.1723,0,11.1723)];
2263     BL1 P1 R1;
2264     E=1.4E6;
2265     MU=ISOTR; T=0;
2266
2267
2268 *
```

Сравнение результатов расчетов с экспериментальными данными

Наименование размножающей системы	$K_{эфф}$	
	Эксперимент	Расчет (ENDF/B-VIII)
РС12	$0,990 \pm 0,003$	$0,990 \pm 5,94E-05$
РС12(а)	$0,983 \pm 0,003$	$0,986 \pm 5,91E-05$

Выводы



Выводы (I)

В результате работы создано и протестировано ПО, предназначенное для упрощения создания детализированных расчетных моделей размножающих систем в программе С-007. Представленное ПО дает возможность пользователю, не обладающему знаниями о синтаксисе и правилах формирования расчетных задач, **генерировать файлы с расчетными моделями размножающих систем**, исследуемых в РФЯЦ-ВНИИЭФ на комплексе ФКБН-3.

Использование ПО позволяет:

- **уменьшить вероятность ошибки** при создании новых детализированных расчетных моделей размножающих систем в программе С-007;
- **значительно упростить** (автоматизировать) **процедуру составления** расчетных моделей исследуемых на комплексе ФКБН-3 размножающих систем;
- **сократить время подбора** оптимальной конфигурации размножающей системы при подготовке критического эксперимента на стенде ФКБН-3.

Выводы (II)

Функционал ПО включает в себя следующие основные возможности:

- **формирование, редактирование и проверка** расчетной модели размножающей системы во всевозможных конфигурациях;
- **сохранение информации** о сформированной расчетной модели размножающей системы, **загрузка** сохраненных ранее расчетных моделей размножающих систем и **внесение изменений** в загруженную расчетную модель размножающей системы;
- формирование моделей для **расчета коэффициента размножения и доли запаздывающих нейтронов**;
- **выбор библиотеки ядерно-физических констант** для каждого элемента или изотопа материала детали в расчетной модели размножающей системы;
- **выбор параметров расчета** (время расчета, число используемых ядер CPU).

Проведено сравнение результатов расчетов $K_{эфф}$ с экспериментальными данными для размножающей системы с активной зоной из урана среднего обогащения ^{235}U (36 %) без отражателя. При расчете с использованием библиотеки ядерно-физических констант ENDF/B-VIII **получено совпадение расчетных и экспериментальных данных** в пределах погрешности измерений.

Благодарю за внимание

Сафиулина Ирина Алексеевна

E-mail: otd4@expd.vniief.ru