



ОКБ  
ГИДРОПРЕСС  
РОСАТОМ

# СНИЖЕНИЕ ЭФФЕКТА ПОТЕРИ ЧАСТИЦ В ЗАДАЧАХ ПЕРЕНОСА ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ВОЗДУХЕ ОТ ПОВЕРХНОСТНОГО УГЛОВОГО ИСТОЧНИКА В $DS_N$ -МЕТОДЕ ДИСКРЕТНЫХ ОРДИНАТ

ОКБ «ГИДРОПРЕСС»  
Нейтроника-2024

Николаев А.А., Тарасов А.Ю.

# ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

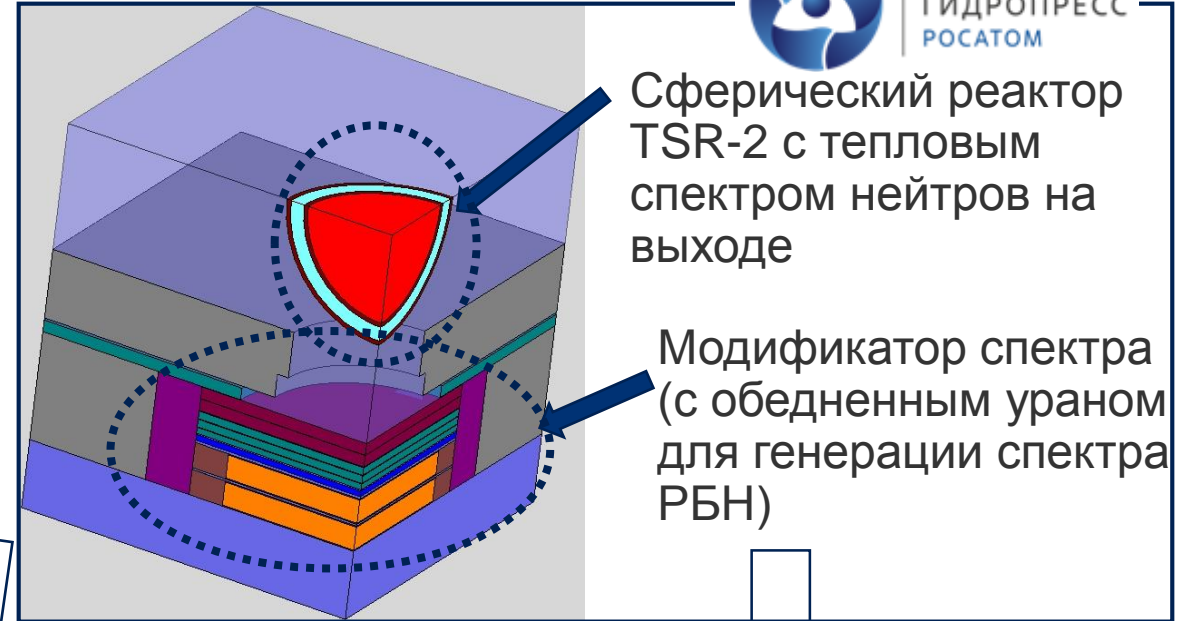
РАДИАЦИОННАЯ ЗАЩИТА  
ВАЛИДАЦИЯ КОДОВ ЗАЩИТЫ  
БАЗА ЭКСПЕРИМЕНТОВ SINBAD-2010  
РЕАКТОР НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ

## Эксперименты JASPER:

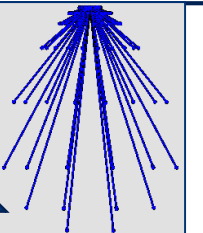
- спектр нейтронов а.з. РБН;
- тоскир-эксперименты;
- ~100 защитных конфигураций;
- $10^5$ - $10^9$  порядок ослабления
- сталь,  $B_4C$ , углерод, свинец, ...



ОКБ  
ГИДРОПРЕСС  
РОСАТОМ

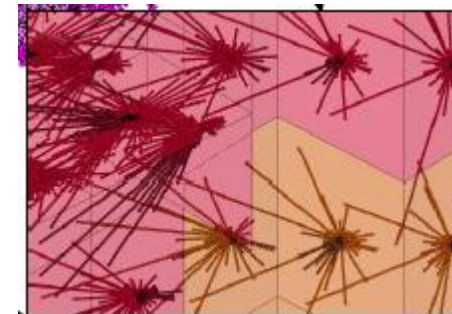


Уникальность и нетривиальность:  
**источник нейтронов задан в виде  
неравном. энерго-углового распр-я  
на сфере ИЛИ диске**



**DS<sub>N</sub>-программы часто не снабжены опцией задания  
поверхностных угловых источников, кроме  
некоторых зарубежных (DOORS, DANTSYS, ...)**

# ОБСЧЕТ ЭКСПЕРИМЕНТА



## ЭТАП № 1 – РЕАЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

РЕАЛИЗОВАЛИ ПОВЕРХНОСТНЫЙ УГЛОВОЙ ИСТОЧНИК:

- В  $DS_N$ -КОДЕ FRIGATE);

- В ПРЕ- И ПОСТПРОЦЕССОРЕ REBEL-III (ДЛЯ УДОБСТВА РАБОТЫ С ТАКИМ ТИПОМ ДАННЫХ).

ЗАДАЛИ РАСЧЕТНЫЕ МОДЕЛИ JASPER С НЕРАВНОМЕРНЫМ УГЛОВЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ НА СФЕРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ РЕАКТОРА TSR-II И **ПОЛУЧИЛИ РЕЗУЛЬТАТ С/Е  $\approx 0.5$ .**

ПО МОНТЕ-КАРЛО ПРОГРАММЕ ПОЛУЧИЛИ С/Е  $\approx 1.0$ .

Т.О. ПРОБЛЕМА В МЕТОДИКЕ.

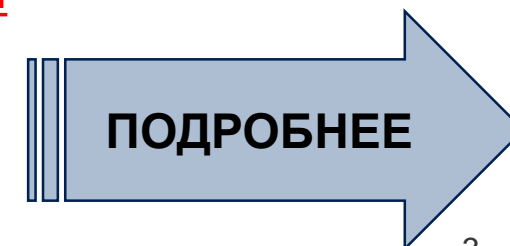
## ЭТАП № 2 – УПРОЩЕННАЯ 3D МОДЕЛЬ (ФРАГМЕНТ ЭКСПЕРИМЕНТА)

УПРОЩЕНИЕ:

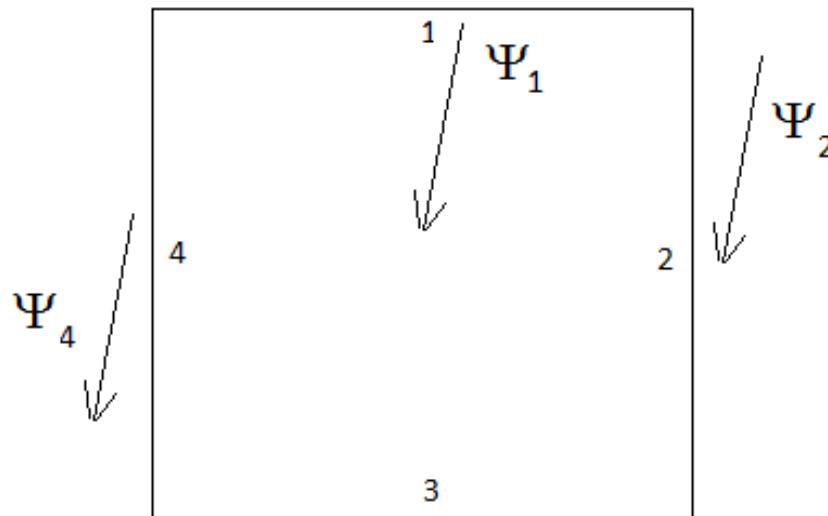
МОДЕЛЬ С РАВНОМЕРНЫМ УГЛОВЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ  
ФРАГМЕНТА (=ИСТОЧНИК + 1-И СЛОЙ МОДИФ. СПЕКТРА).

TDMCC=АРБИТР  
FCS=АРБИТР

TDMCC И FCS-МЕТОД В КАЧЕСТВЕ ЭТАЛОНА!  
СНОВА ПО  $DS_N$  **ПОЛУЧИЛИ РЕЗУЛЬТАТ С/Е  $\approx 0.5$ .**



# ИЗМЕНЕНИЯ В $DS_N$ -ФОРМУЛЕ



**БЫЛО**

ПОВЕРХНОСТНЫЙ УГЛОВОЙ ИСТОЧНИК ИСПОЛЬЗУЕТСЯ КАК НЕНУЛЕВОЕ ВХОДЯЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ  $\Psi_1$

$$f_1 \Psi_1 + f_2 \Psi_2 + f_3 \Psi_3 + f_4 \Psi_4 + f_5 \Psi_5 + f_6 \Psi_6 + \Sigma_T \Psi_0 V = VS$$

**СТАЛО**

ПОВЕРХНОСТНЫЙ УГЛОВОЙ ИСТОЧНИК ПРЕОБРАЗУЕТСЯ В ОБЪЕМНЫЙ,  $\Psi_1$  ПРИРАВНИВАЕТСЯ НУЛЮ

$$f_1 \cdot (\Psi_1 = 0) + f_2 \Psi_2 + f_3 \Psi_3 + f_4 \Psi_4 + f_5 \Psi_5 + f_6 \Psi_6 + \Sigma_T \Psi_0 V = VS^*$$

# ОБСЧЕТ УПРОЩЕННОЙ 3D МОДЕЛИ (ФРАГМЕНТ ЭКСП-ТА)



ОКБ  
ГИДРОПРЕСС  
РОСАТОМ

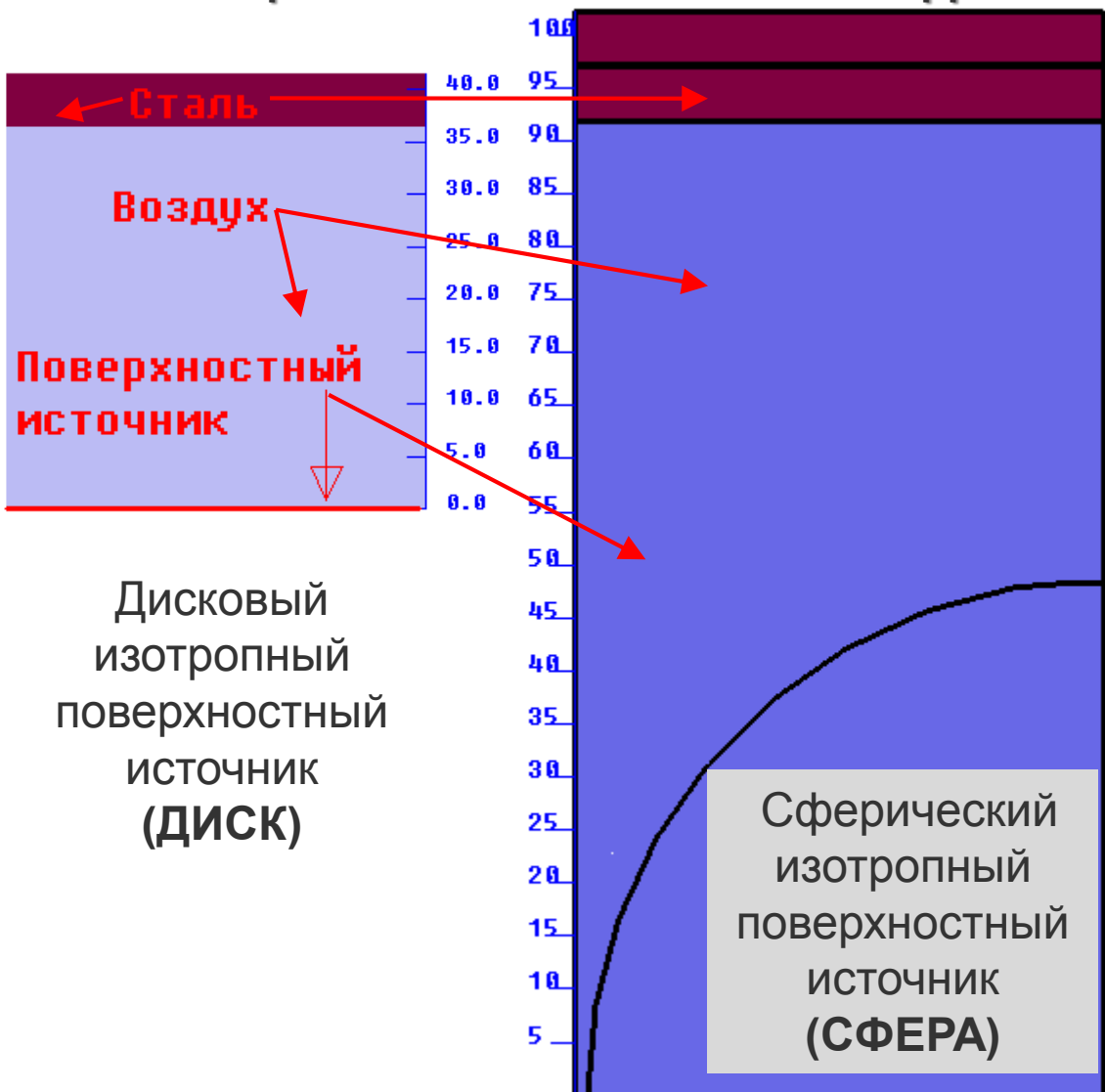
TDMСС=АРБИТР  
FCS=АРБИТР

Таблица – С/Е от TDMСС в стали

Метод	ДИСК	СФЕРА
FCS (400 точек) + LD	1,00	-
DDL (поверхностный)	<b>0,85</b>	<b>0,49</b>
DDL (объемный, 1 мм)	0,96	-
DDL (поверхностный, <b>НО В <math>DS_N</math>-ФОРМУЛЕ УЧИТЫВАЕМЫЙ КАК ОБЪЕМНЫЙ</b> )	<b>1,00</b>	<b>0,98</b>

Примечание: увеличение порядка  $S_N$  выше  $S_{32}$  до  $S_{256}$  никак не влияет на результаты.

## УПРОЩЕННЫЕ 3D РАСЧЕТНЫЕ МОДЕЛИ



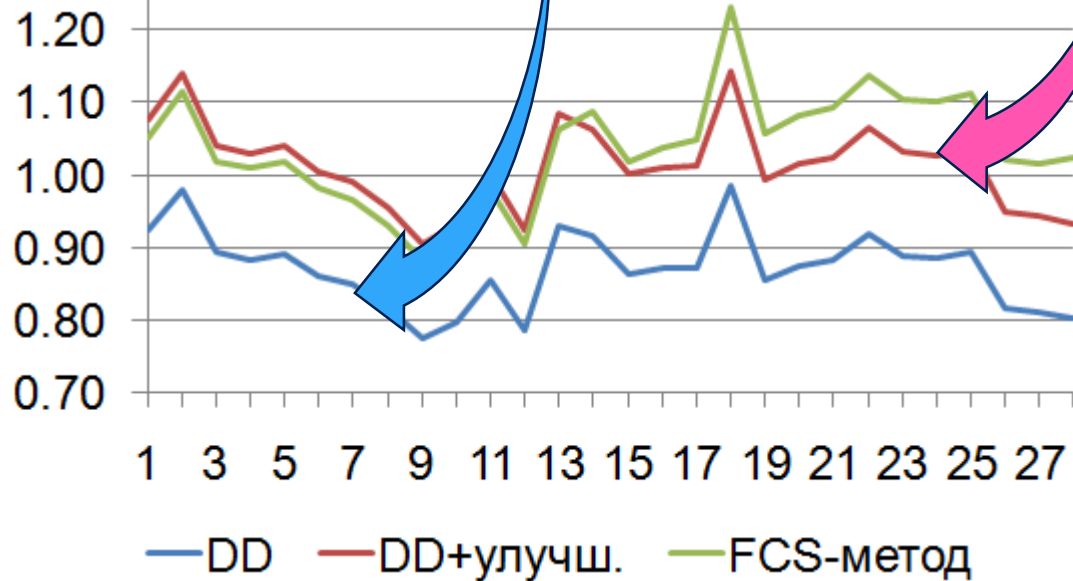
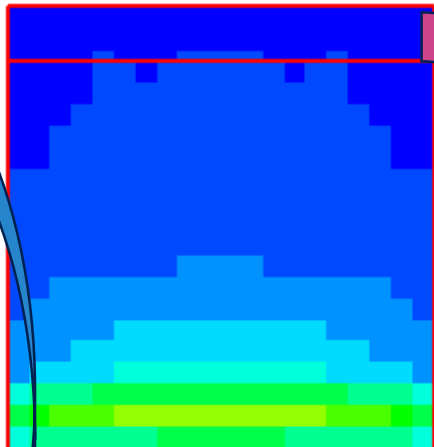
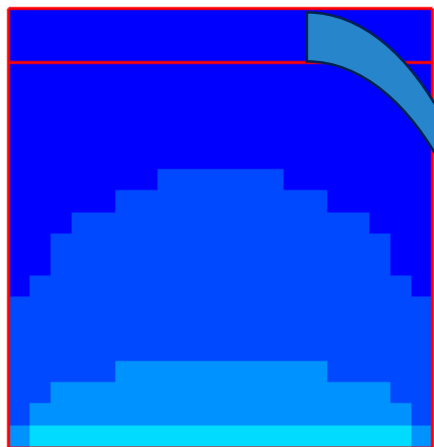
# ОБСЧЕТ УПРОЩЕННОЙ 3D МОДЕЛИ (ФРАГМЕНТ ЭКСП-ТА)



ОКБ  
ГИДРОПРЕСС  
РОСАТОМ

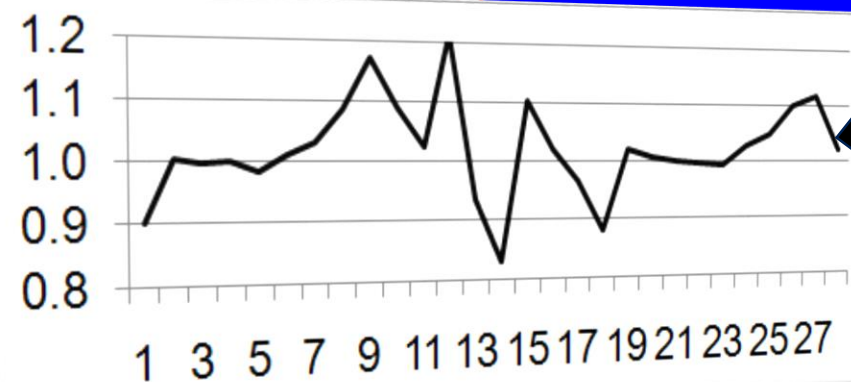
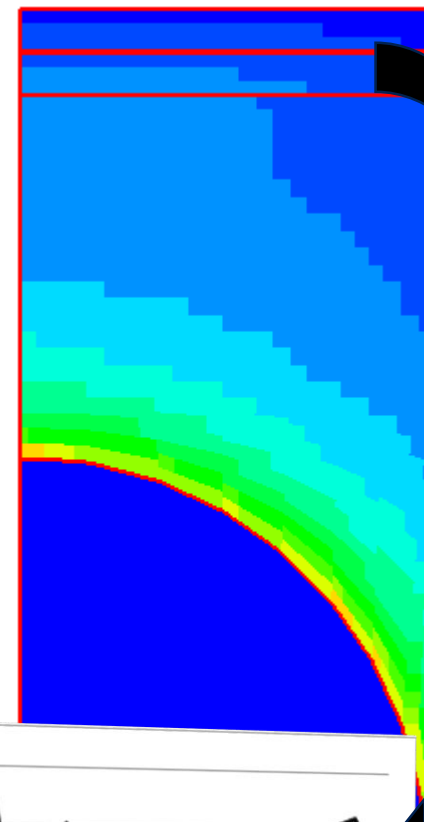
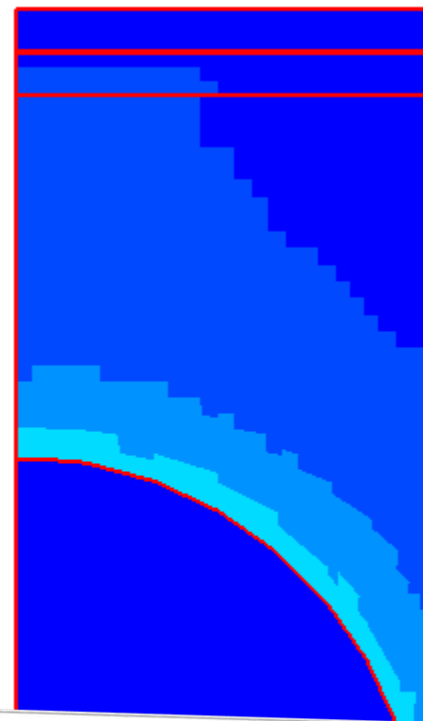
БЫЛО

СТАЛО



БЫЛО

СТАЛО



# ЗАКЛЮЧЕНИЕ



ОКБ  
ГИДРОПРЕСС  
РОСАТОМ

- 1. В ЭКСПЕРИМЕНТАХ JASPER ИСТОЧНИК НЕЙТРОНОВ ЗАДАН УГЛОВЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ПО СФЕРЕ (МЕТОДИЧЕСКИ БОЛЕЕ ТОЧНЫЙ ПОДХОД) И ПО ДИСКУ (УПРОЩЕННЫЙ ПОДХОД, РАЗРАБОТАН ДЛЯ DORT). (ПРИМЕЧАНИЕ: ОБА СПОСОБА ЗАДАНИЯ ИСТОЧНИКА ДАЮТ РАВНОЗНАЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ КОНФИГУРАЦИЙ JASPER.)**
- 2. РАСЧЕТ ПО DDL-СХЕМАМ ПРИ ЗАДАНИИ ИСТОЧНИКА КАК ГРАНИЧНОГО УСЛОВИЯ ЗАНИЖАЕТ РЕЗУЛЬТАТ В 2 РАЗА ДЛЯ СФЕРЫ И НА 15 % ДЛЯ ДИСКА. УВЕЛИЧЕНИЕ  $S_N$ , ВАРИАЦИИ СЕТОЧНОЙ СТРУКТУРЫ МОДЕЛЕЙ НЕ ПОМОГАЮТ.**
- 3. НО ЕСЛИ ПОВЕРХНОСТНЫЙ УГЛОВОЙ ИСТОЧНИК НА ГРАНИ ЯЧЕЙКИ ТРАНСФОРМИРОВАТЬ В УГЛОВОЙ ОБЪЕМНЫЙ ИСТОЧНИК ВНУТРИ ЯЧЕЙКИ (ЧТО ЛЕГКО СДЕЛАТЬ, И ЭТО СООТВЕТСТВУЕТ ОБЩЕПРИНЯТОМУ ПОДХОДУ, КОГДА ПОВЕРХНОСТНЫЙ ИСТОЧНИК ЗАДАЮТ КАК ОБЪЕМНЫЙ В МАЛОЙ ОБЛАСТИ С СОХРАНЕНИЕМ БАЛАНСА), ТО РЕЗУЛЬТАТ СОВПАДАЕТ С ЭТАЛОНОМ КАК ПО ПОЛНОЙ ПЛОТНОСТИ ПОТОКА, ТАК И В СПЕКТРЕ.**
- 4. СПОСОБ ПРОТЕСТИРОВАН НА ФРАГМЕНТЕ JASPER (ИСТОЧНИК + ФРАГМЕНТ МОДИФИКАТОРА СПЕКТРА). ЭТАЛОН: TDMCC (МОНТЕ-КАРЛО) И FCS-МЕТОД.**

**Спасибо за  
внимание**

