

# Моделирование экспериментов на установке ASPIS с использованием метода Монте-Карло

Усынина С.Г., Сяляев А.В., Бронников С.В.

Всероссийская научно-техническая конференция  
«Нейтронно-физические проблемы атомной энергетики»

Госкорпорация «Росатом», АО «ГНЦ РФ ФЭИ», г. Обнинск

## ПК SCALE 6.2.2

---

интегрированная структура  
вычислительных модулей,

в т.ч. 3 детерминистских модуля

3 модуля Монте-Карло

**Обеспечивает** всесторонний, верифицированный и валидированный набор инструментов для численного моделирования задач реакторной физики, радиационной защиты, расчета характеристик облученного топлива, а также средства анализа чувствительности и неопределенности результатов

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ КОМПОЗИЦИИ

---

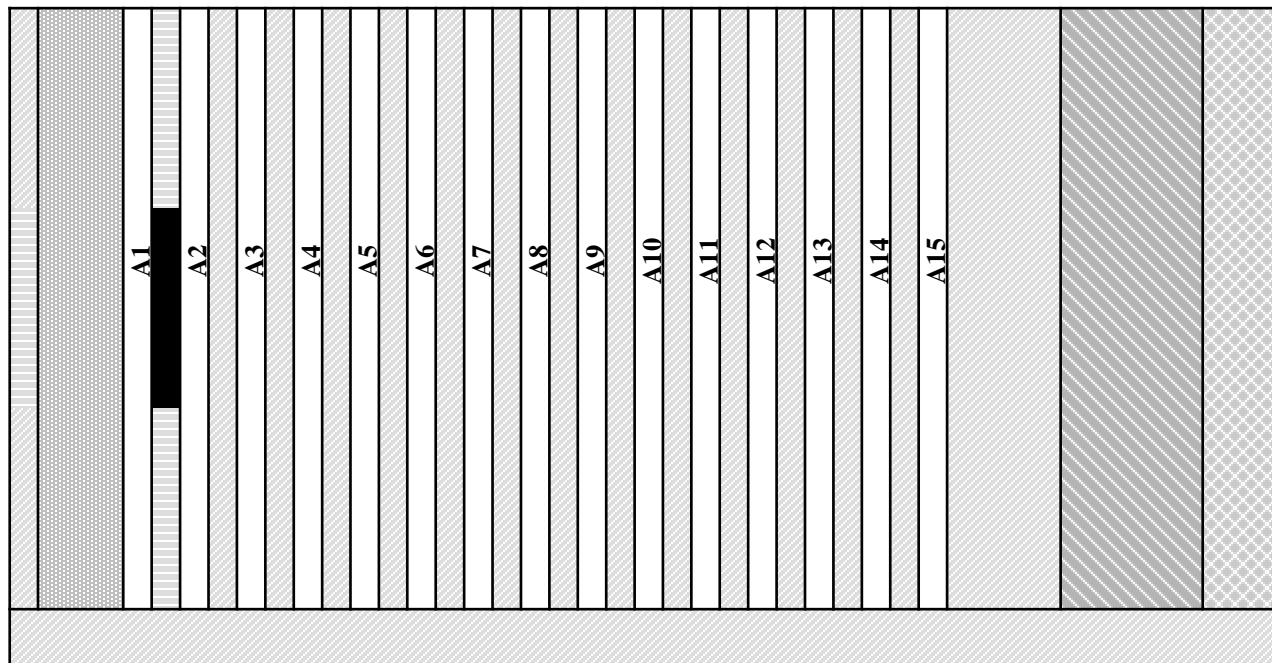
## ASPIS

исследовательский легководный реактор NESTOR с замедлителем из графита тепловой мощностью до 30 кВт в Winfrith

## ЭКСПЕРИМЕНТЫ

- IRON 88
- JANUS (Фаза 1)
- Winfrith Graphite Benchmark

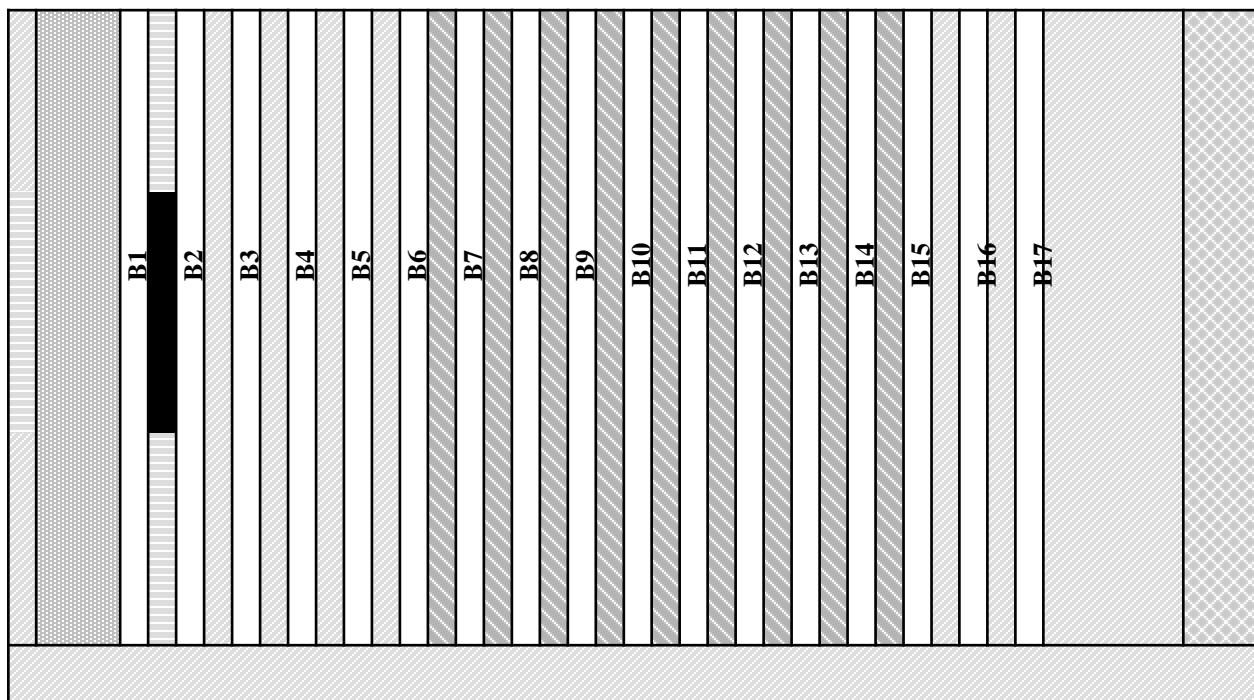
# IRON 88



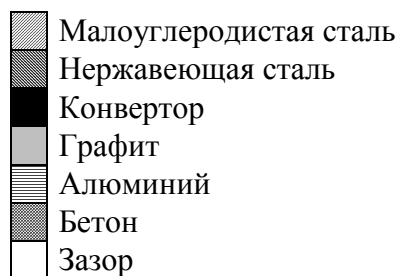
A1-A15 – местоположения детекторов

- Малоуглеродистая сталь
- Нержавеющая сталь
- Конвертор
- Графит
- Алюминий
- Бетон
- Зазор

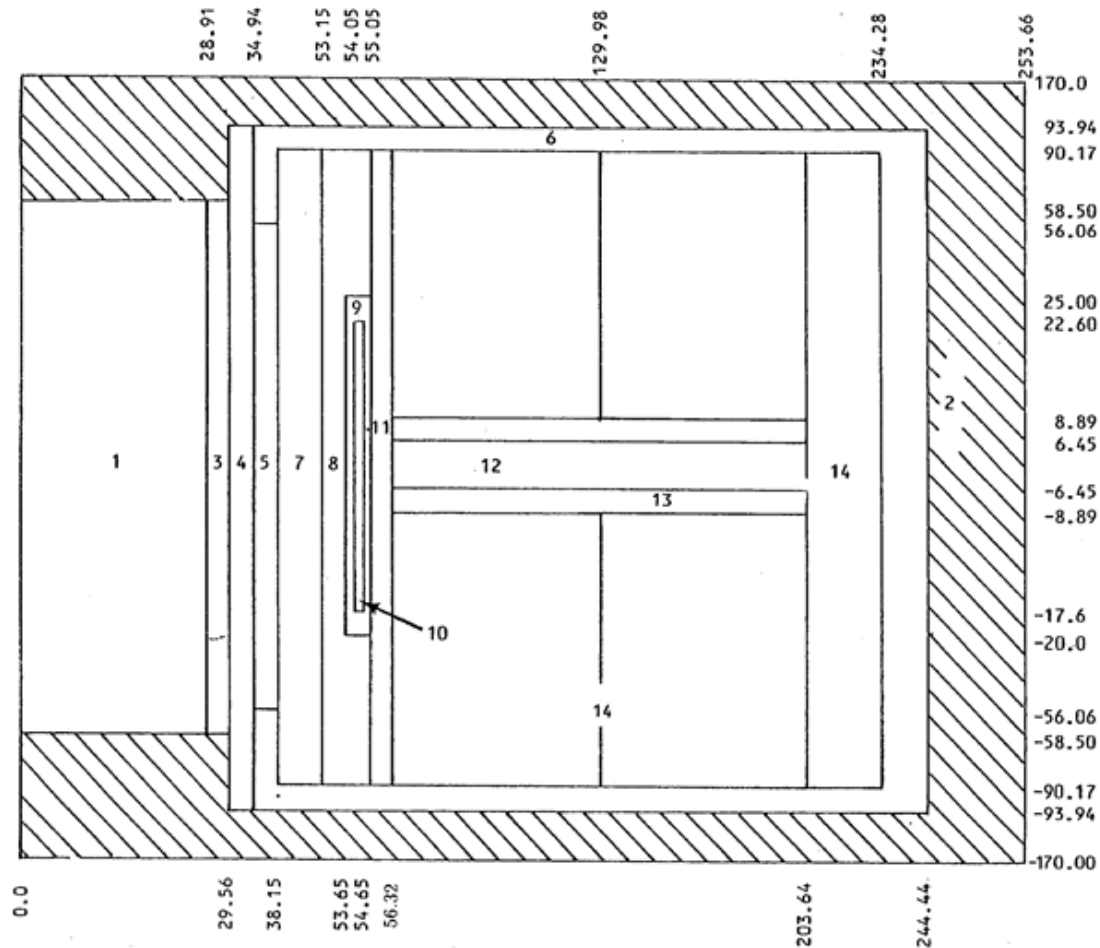
# JANUS (Фаза 1)



B1-B17 – местоположения детекторов



# Winfrith Graphite Benchmark

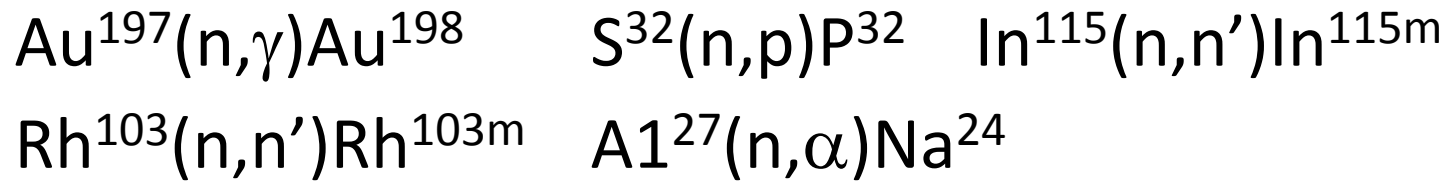


1, 7, 12-14 – Графит; 3, 5, 9, 11 – Al; 10 – Конвертор;  
6 – Малоуглеродистая сталь; 2 – Бетон

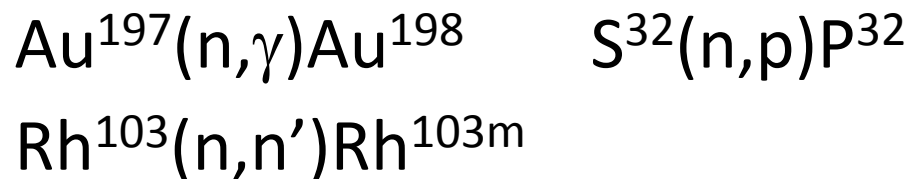
# ИЗМЕРЕНИЯ

---

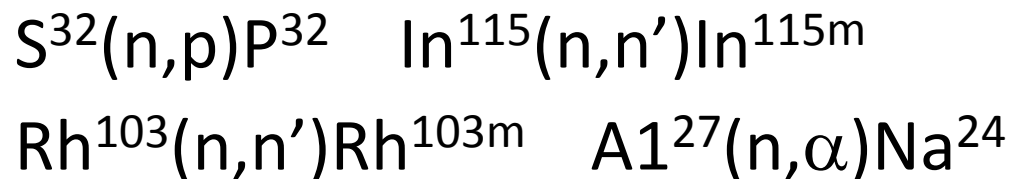
## IRON 88



## JANUS (Фаза 1)



## Winfrith Graphite Benchmark



# МЕТОДИКА РАСЧЕТОВ

---

**SCALE 6.2.2 ⇒ MAVRIC ⇒**

**DENOVO (МДО)**

scale.rev12.xn200g47v7.1

**MONACO (Монте-Карло)**

ce\_v7.1\_endf

Библиотеки основаны на файлах оцененных ядерных данных ENDF/B-VII.1



# РЕЗУЛЬТАТЫ

---

$$\varepsilon = \frac{P_D - P_R}{P_R} \cdot 100\%$$

где  $P_R$  – экспериментальное значение скорости реакции

$P_D$  – значение скорости реакции по ПК SCALE

# РЕЗУЛЬТАТЫ IRON 88

Дет-ор	$S^{32}(n,p)$		$In^{115}(n,n')$		$Rh^{103}(n,n')$		$Au^{197}(n,\alpha)$		$Al^{27}(n,\alpha)$	
	ПИ, %	ОО, %	ПИ, %	ОО, %	ПИ, %	ОО, %	ПИ, %	ОО, %	ПИ, %	ОО, %
A2	6.5	-13.2	4.5	-6.1	5.1	-3.4	4.2	-9.1		
A3	6.5	-11.3	4.5	-10.1	5.2	-2.0	4.2	-8.1	4.7	13.3
A4	6.5	-9.6	4.5	-9.6	5.1	0.0	4.2	-3.2		
A5	6.5	-9.4	4.5	-10.8	5.1	-1.3	4.2	-1.4	4.7	15.8
A6	6.5	-9.9	4.5	-9.3	5.2	1.7	4.2	0.4	4.7	19.7
A7	6.5	-9.6	4.5	-10.9	5.1	1.6	4.2	1.0	4.7	21.0
A8	6.6	-9.9	4.5	-12.4	5.1	1.7	4.2	0.8		
A9	6.5	-11.2	4.6	-10.8	5.2	2.1	4.2	-0.2		
A10	6.5	-10.8	4.6	-9.4	5.2	1.9	4.2	-0.1		
A11	6.5	-11.9	4.7	-8.4	5.2	1.0	4.2	-0.9		
A12	6.5	-12.7			5.1	1.2	4.2	-1.4		
A13	6.9	-13.7			5.2	4.1	4.2	1.6		
A14	8.6	-9.0			5.1	5.2	4.2	2.1		
A15	21.0	-12.3					4.2	1.4		

# РЕЗУЛЬТАТЫ JANUS (Фаза 1)

Дет-ор	$S^{32}(n,p)$		$Rh^{103}(n,n')$		$Au^{197}(n,\alpha)$	
	ПИ, %	ОО, %	ПИ, %	ОО, %	ПИ, %	ОО, %
A2	6.4	-13.1	5.1	-3.9	4.2	0.7
A3	6.5	-8.6	5.1	-0.7	4.2	-0.6
A4	6.7	-7.2	5.1	-1.1	4.2	2.0
A5	6.4	-6.7	5.1	-0.1	4.2	2.8
A6	6.5	-7.0	5.1	-1.2	4.2	7.3
A7	6.4	-5.6	5.4	1.5	4.2	12.9
A8	6.5	-7.3	5.1	-0.3	4.2	17.1
A9	6.5	-5.5	5.4	0.5	4.2	19.3
A10	6.6	-5.5	5.4	1.4	4.2	20.6
A11	6.6	-3.6	5.4	2.4	4.2	20.6
A12	6.5	-5.9	5.4	3.8	4.2	22.3
A13	7.1	-1.5	5.4	7.4	4.2	26.1
A14	6.7	-3.5	5.4	7.7	4.2	25.3
A15	9.5	3.0	5.4	7.3	4.2	25.7
A16	12.7	-4.9	5.4	4.6	4.2	20.3
A17	6.4	-13.1	5.4	7.6	4.2	19.4

# РЕЗУЛЬТАТЫ W. Graphite Benchmark

Дет-ор	$S^{32}(n,p)$		$In^{115}(n,n')$		$Rh^{103}(n,n')$		$Al^{27}(n,\alpha)$	
	ПИ, %	ОО, %	ПИ, %	ОО, %	ПИ, %	ОО, %	ПИ, %	ОО, %
0	3.7	3.0	3.7	6.1	3.7	8.2	3.7	14.7
5	3.7	-0.7	3.7	4.2	3.7	6.3	3.7	9.8
10	3.7	0.4	3.7	-0.5	3.7	2.7	3.7	13.7
15	3.7	0.6	3.7	0.8	3.7	2.1	3.7	12.9
20	3.7	0.7	3.7	-0.6	3.7	0.2	3.7	11.3
30	3.7	2.8	3.7	0.5	3.7	-2.5	3.7	14.4
40	3.7	2.0	3.7	-3.9	3.7	-6.1		
50	3.7	6.7	3.7	-4.6	3.7	-11.6		
60	3.7	1.9	3.7	-15.2	3.7	-17.0		
70	3.7	3.0	3.7	-17.8	3.7	-31.0		

# ОБСУЖДЕНИЕ

Относительные отклонения большинства полученных расчетных результатов от экспериментальных данных находятся в пределах погрешности измерений. Вместе с тем наблюдается стабильное занижение результатов расчета для скоростей реакций  $S^{32}(n,p)$  и  $In^{115}(n,n')$  в эксперименте IRON 88, а также занижение результатов расчета для скоростей реакций  $In^{115}(n,n')$  и  $Rh^{103}(n,n')$  для наиболее удаленных позиций детекторов в эксперименте Winfrith Graphite Benchmark. Для скорости реакции  $Au^{197}(n,g)$  в эксперименте JANUS (фаза 1) все полученные расчетные данные после границы малоуглеродистой и нержавеющей сталей дают стабильное завышение результатов. Результаты для скорости реакции  $Al^{27}(n,\alpha)$  можно считать удовлетворительными, принимая во внимание, что данная реакция имеет очень высокий энергетический порог ( $\sim 5$  МэВ).

Можно отметить также, что существует дополнительная неопределенность в сравнении, связанная с описательной частью экспериментов, устранить которую не представляется возможным. Сюда можно отнести неточности определения геометрии установки и композиций защиты, неопределенность в сведениях о точном позиционировании детекторов и т.д. Так, например, смещение точек детектирования в эксперименте Winfrith Graphite Benchmark на 0.25 мм приводит к отличию в относительном отклонении для разных точек детектирования примерно 2–4 %.

Таким образом, с учетом вышесказанного, можно отметить хорошее согласие результатов расчетов скоростей различных реакций по ПК SCALE 6.2.2 с указанными выше библиотеками с экспериментальными данными.

---

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**