



*Мороз Николай Петрович*

Начальник критического стенда Аксамит

Тел.: +7(499)196-95-17.

E-mail: Moroz\_NP@nrcki.ru

### Контакты



*Данелия Сергей Борисович*

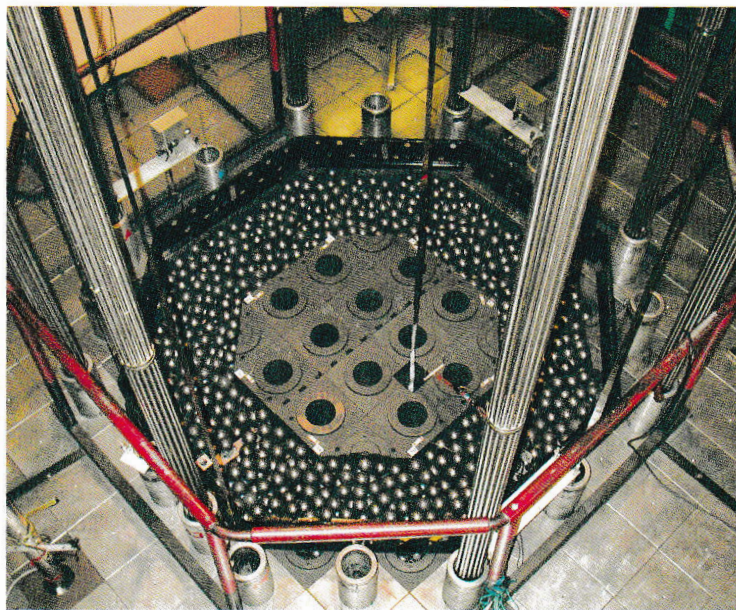
Инженер по управлению критическим стендом Нарцисс-М2

Тел.: +7(499)196-78-72.

E-mail: Daneliya\_SB@nrcki.ru

### *КРИТИЧЕСКИЙ СТЕНД АСТРА*

Ядерный критический стенд Астра (КС Астра) — прототип уран-графитового газоохладяемого реактора с шаровыми твэлами. КС Астра позволяет проводить исследования нейтронно-физических характеристик высокотемпературных газоохладяемых реакторов (ВТГР) в обоснование безопасности и внутренней самозащищенности.



Вид критической сборки КС Астра с кольцевой активной зоной

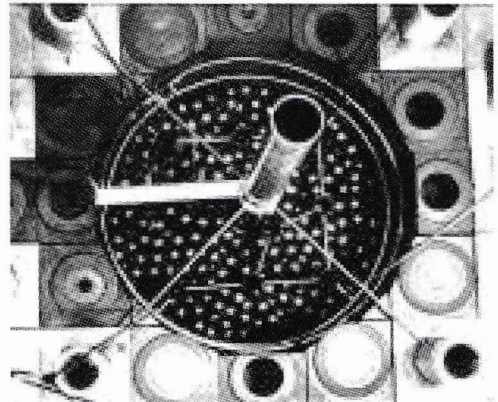
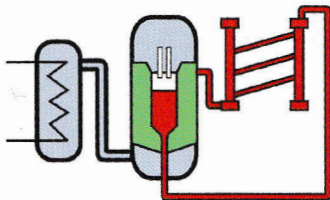
Физический пуск состоялся 5 августа 1981 г. Назначенный срок эксплуатации (30 лет) истек. В настоящее время ведутся работы по продлению срока эксплуатации КС Астра.

Критсборка имеет стальной цилиндрический корпус (диаметр — 3820 мм, высота — 4630 мм, толщина стенки — 10 мм) со стальным днищем толщиной 30 мм. Внутри корпуса выполнена кладка графитовых блоков, которая образует боковой и нижний торцевой отражатели. Есть возможность формирования внутреннего отражателя и верхнего торцевого отражателя как из графитовых блоков, так и из графитовых шаров. Каждый графитовый блок бокового отражателя имеет поперечное сечение с размерами 25×25 см.



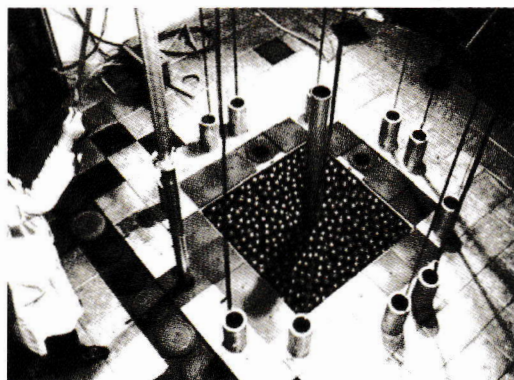
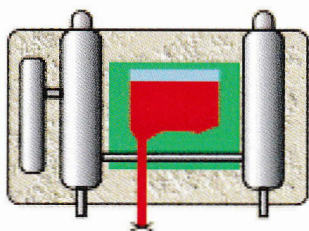
Графитовый блок бокового отражателя

В блоке имеется расположенный по вертикальной оси канал диаметром  $11,4+0,023$  см, в который может устанавливаться цилиндрическая пробка из графита диаметром  $11,4-0,023$  см. При тех же поперечных размерах высота графитового блока нижнего отражателя составляет  $40,00\pm 0,05$  см. Такая конструкция критической сборки позволяет моделировать самые разные конфигурации активной зоны. В центральной части графитовой кладки формируется полость, предназначенная для монтажа активной зоны той или иной конфигурации. Так на стенде были исследованы активные зоны реакторов ВГР-50, ВГ-400. С 1994 г. проводятся эксперименты, моделирующие кольцевые активные зоны высокотемпературных реакторов РВМР, ГТ-МГР.

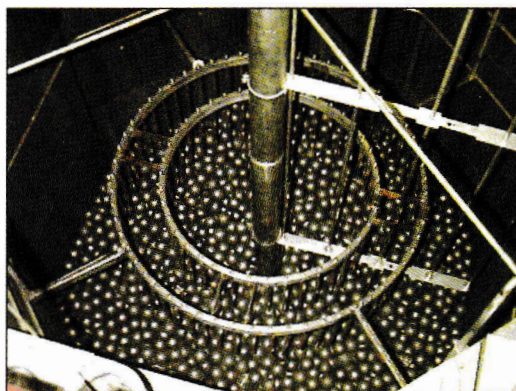


ВГР-50

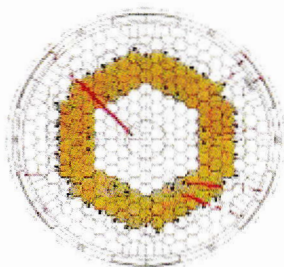




ВГ-400



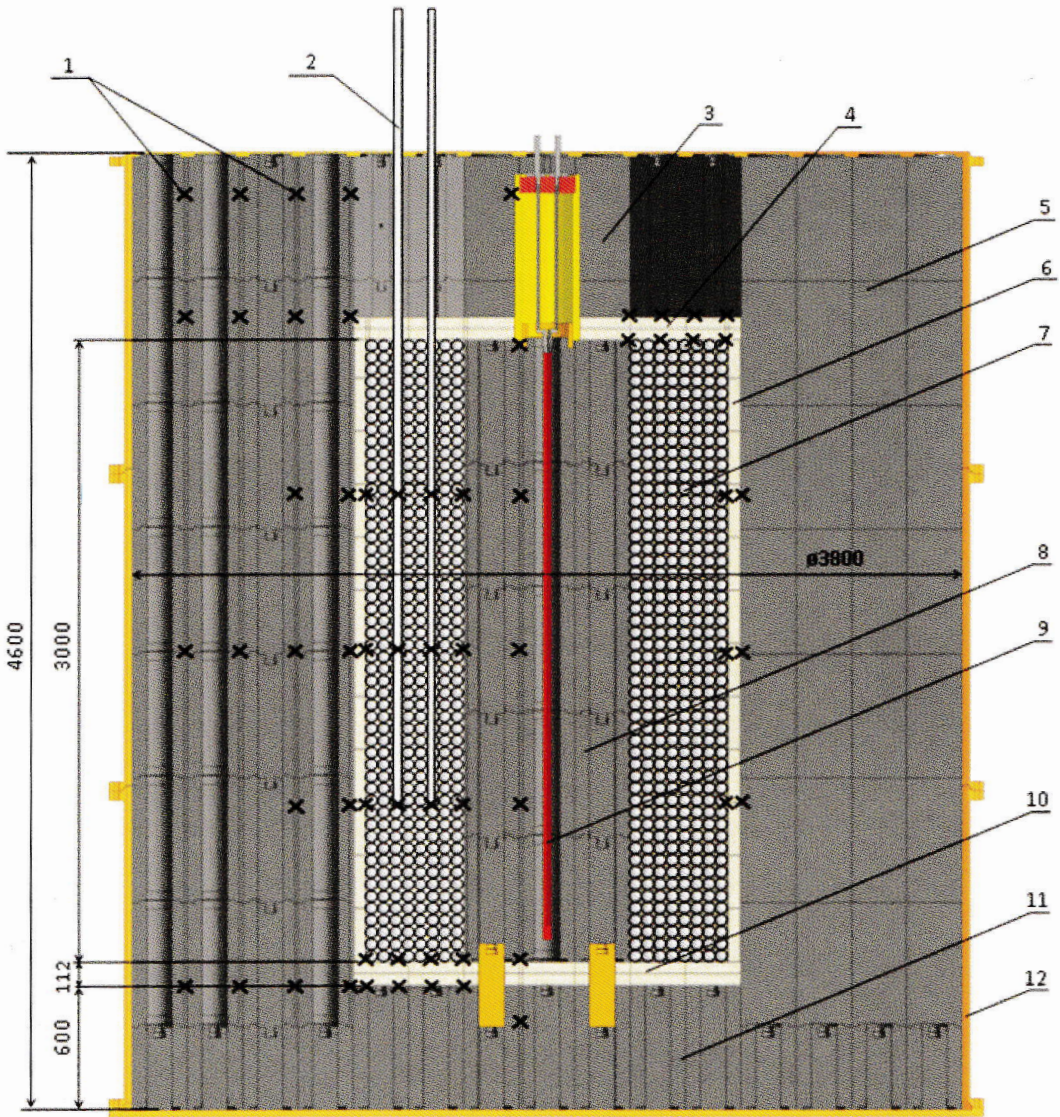
РВМР



ГТ-МГР

После завершения проводимой в настоящее время реконструкции в центре активной зоны будет смонтирован электронагреватель, который позволит вести исследования нейтронно-физических характеристик экспериментальных активных зон при температурах до 600 °С.



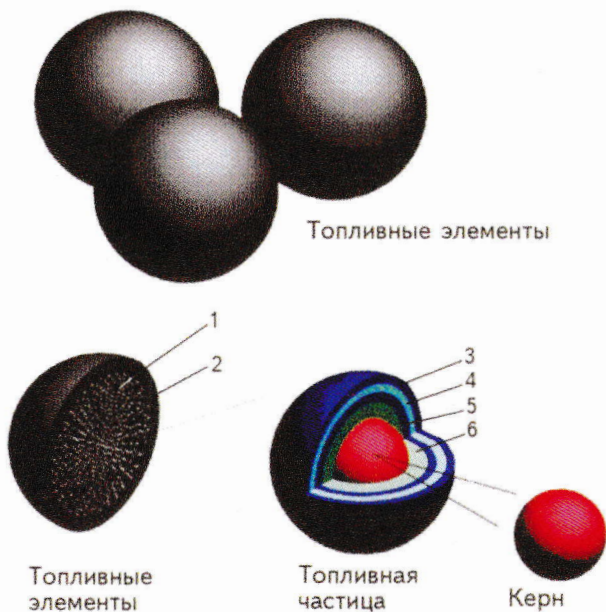


Сечение активной зоны сборки КС Астра с установленным электронагревателем (размеры даны в мм): 1 — термопары; 2 — термопарные трубки; 3 — верхний торцевой отражатель; 4 — верхняя тепловая защита; 5 — боковой отражатель; 6 — боковая тепловая защита; 7 — активная зона; 8 — внутренний отражатель; 9 — электронагреватель; 10 — нижняя тепловая защита; 11 — нижний торцевой отражатель; 12 — корпус

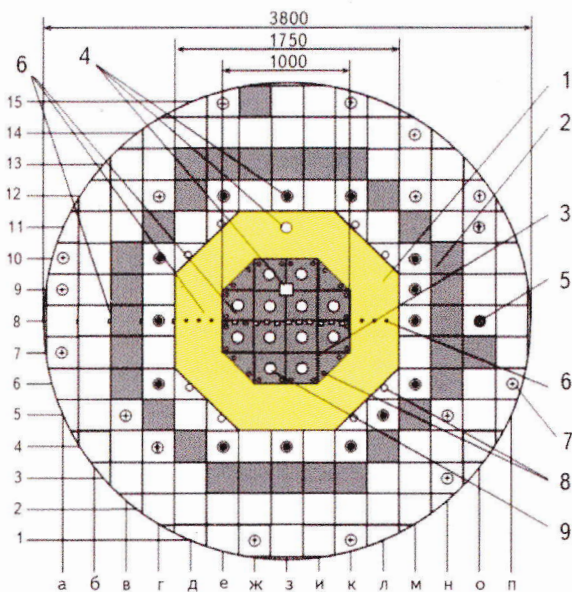
### Ядерное топливо КС Астра

В КС Астра используется топливо из диоксида урана с обогащением до 21% по  $^{235}\text{U}$  в виде топливных частиц с защитными покрытиями, распределенных в графитовой матрице шаровых топливных элементов.

Наружный диаметр шарового топливного элемента составляет 60 мм. В каждом топливном элементе содержится 2,44 г урана. Топливные частицы с защитными покрытиями, находящиеся внутри топливного элемента, имеют сферическую форму и состоят из сферического ядра из  $UO_2$  и окружающих его четырех слоев покрытий: из пироуглерода ( $PuC$ ) малой и высокой плотности различной толщины и слоя карбида кремния. Диаметр ядра из  $UO_2$  составляет 511 мкм.



Твэл КС Астра: 1 — сердечник топливного элемента с покрытыми топливными частицами; 2 — графитовое покрытие шарового топливного элемента; 3, 4, 5, 6 — покрытия



Картограмма кольцевой активной зоны: 1 — кольцевая активная зона; 2 — боковой отражатель; 3 — внутренний отражатель; 4 — каналы РО СУЗ; 5 — канал источника нейтронов; 6 — экспериментальные каналы для детекторов; 7 — каналы нейтронных счетчиков и ионизационных камер; 8 — каналы для профилирующих поглощающих элементов; 9 — каналы без пробок в блоках внутреннего отражателя



В активную зону могут также загружаться поглощающие элементы (пэлы) и «холодные» (без топлива) сферические элементы (хэлы). Все они имеют диаметр 60 мм. По аналогии с твэлами пэлы имеют внутренний сердечник диаметром 40 мм, представляющий собой графитовую матрицу с равномерно распределенными частичками карбида бора природного изотопного состава. Средний диаметр частичек — 60 мкм, полная масса карбида бора в одном пэле составляет 0,1 г. Хэлы сделаны из реакторного графита плотностью 1,68 г/см<sup>3</sup>.

### Основные технические характеристики КС Астра

|  |  |
|--|--|
| Мощность установки (тепловая), МВт   | 0,0001   |
| Теплоноситель  | воздух, гелий  |
| Отражатель   | реакторный графит  |
| Замедлитель  | реакторный графит твэла, пэла  |
| Давление, МПа  | атмосферное  |
| Температура нагрева активной зоны, °С:<br>— на первом этапе<br>— на втором этапе | 400<br>600   |
| Обогащение по <sup>235</sup> U до, %   | ≈21  |
| Число органов аварийной защиты (АЗ)  | 5–8  |
| Число органов регулирования (РО)   | 6–12   |
| Конструкция твэла  | твэл в виде шара диаметром 60 мм. Матрица, 50 мм, с микротопливом, покрытым керамической оболочкой |
| Число твэлов   | до 40000   |

### Экспериментальные возможности КС Астра

КС Астра предназначен для экспериментальных исследований нейтронно-физических характеристик высокотемпературных реакторов с гелиевым теплоносителем (ВТГР) в обоснование их безопасности и внутренней самозащищенности. Простота и гибкость конструкции стенда позволяют моделировать конфигурации активных зон, характерных для различных инновационных проектов ВТГР.

Полученные результаты экспериментов позволяют проводить верификацию расчетных методов и программ для обоснования нейтронно-физических характеристик и вопросов безопасности натурного реактора ВТГР.

Наличие на критборке, кроме твэлов, пэлов и хэлов, позволяет проводить эксперименты с заполнением активной зоны смесью топливных, поглощающих и графитовых сферических элементов, что существенным образом повышает гибкость моделирования различных конструкций активных зон ВТГР.

На КС Астра возможно проведение следующих экспериментов по изучению особенностей физики реакторов ВТГР :

- определение критических параметров для различных конфигураций критических сборок;
- определение эффективности одиночных стержней, систем регулирующих стержней и их интерференции;
- определение эффективности различных материалов и образцов;
- изучение характера распределения потока нейтронов по радиусу и высоте;

- изучение вариантов профилирования пространственного распределения энерговыделения по объему активной зоны;
- измерение спектральных (энергетических) характеристик нейтронов;
- измерение абсолютной мощности и кинетических параметров сборок.

Облучательные каналы на стенде не предусмотрены.

До 2012 г. КС Астра эксплуатировался без нагрева компонентов активной зоны критической сборки: атмосферный воздух при температуре  $25 \pm 10$  °С при относительной влажности до 90%.

В настоящий момент идет реконструкция сборки, что обеспечит нагрев до 400 °С на первом этапе, а в перспективе до 600 °С.

### **Основная деятельность**

Обоснована целесообразность и возможность проведения экспериментов на КС Астра по исследованию температурных эффектов реактивности реактора ГТ-МГР при нагреве критической сборки, составляющих температурного эффекта реактивности и зависимости эффективности поглощающих стержней от температуры.

Ведется реконструкция стенда для проведения экспериментов с нагревом теплоносителя с помощью электронагревателя.

### **Международное сотрудничество**

Результаты экспериментов, проведенных на стенде, включены в международные справочники:

Ponomarev-Stepnoi N. N., Glushkov E. S., Kompaniets G. V. et al. Graphite Annular Core Assemblies with Spherical Fuel Elements Containing Coated  $UO_2$  Fuel Particles. NEA/NCS/DOC(95)03/III // In: International Handbook of Evaluated Criticality Safety Benchmark Experiments, 2007, IEU-COMP-THERM-008, v. 3, p. 60;

Nikolai N. Ponomarev-Stepnoi, Evgeny S. Glushkov, Georgy V. Kompaniets et al. Graphite Annular Core Assemblies with Spherical Fuel Elements Containing Coated  $UO_2$  Fuel Particles. International Handbook of Evaluated Criticality Safety Benchmark Experiments. NEA/NCS/DOC(2006)1, March 2010 Edition.

Работы, связанные со стендом Астра, включены в новое российско-американское Соглашение по международному проекту ГТ-МГР.

### **Персоны**



*Фомиченко Петр Алексеевич*

Научный руководитель, начальник отдела высокопотенциальной энергетики



Контакты



*Данелия Сергей Борисович*

Инженер по управлению критическим стендом Астра

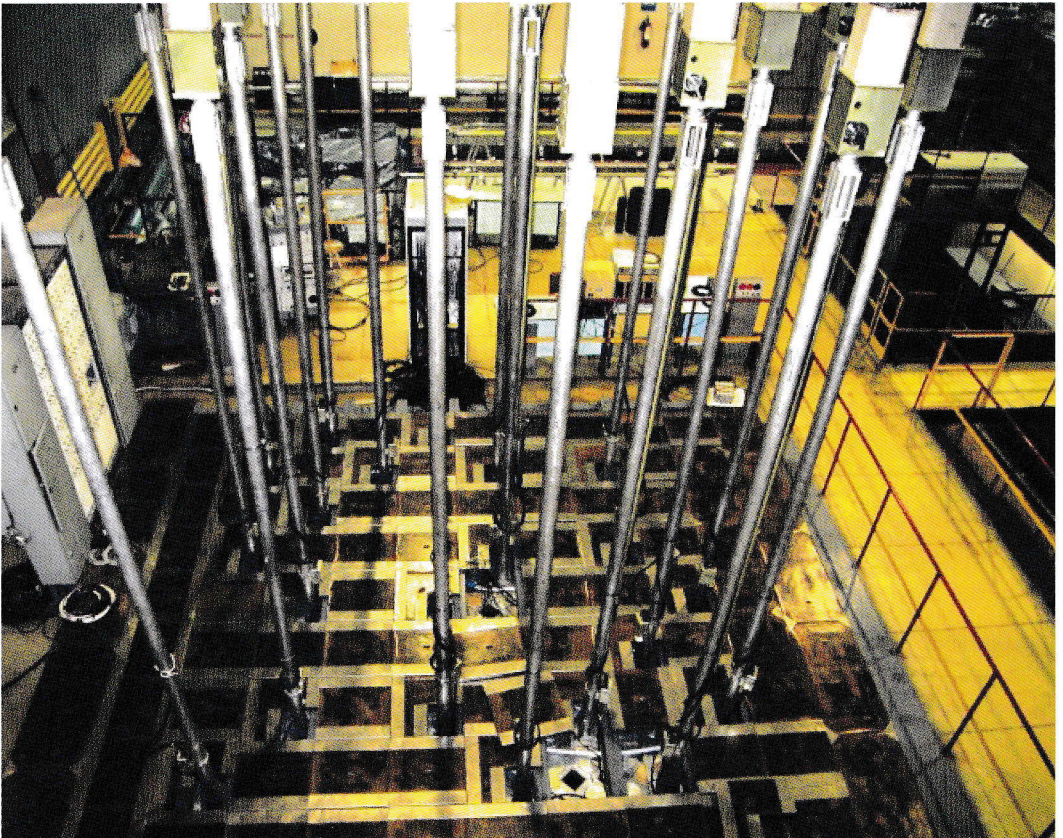
Тел.: +7(499)196-78-72.

E-mail: Daneliya\_SB@nrcki.ru

**КРИТИЧЕСКИЙ СТЕНД РБМК**

Критический ядерный стенд РБМК введен в эксплуатацию в конце 1981 г. Физический пуск стенда был проведен 6 января 1982 г.

КС РБМК предназначен для экспериментальных исследований по физике активных зон канальных уран-графитовых энергетических реакторов РБМК с целью обоснования мероприятий, направленных на повышение безопасности и технико-экономических показателей эксплуатации.



Критический ядерный стенд РБМК