



**ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ И ПОДХОДЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ГРАФИТА ИЗ УРАН-ГРАФИТОВЫХ РЕАКТОРОВ

к.ф.-м.н. Павлюк Александр Олегович

И.о. директора НИЦ ВЭ ИЯТШ ТПУ
pavlyuk17@tpu.ru

Пятая научно-практическая конференция
«Охрана окружающей среды и обращение с радиоактивными
отходами научно-промышленных центров»

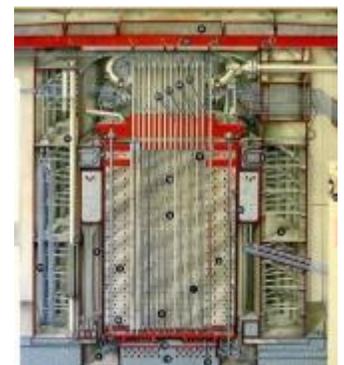
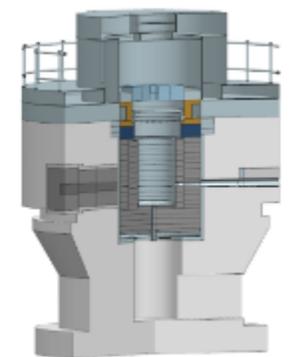
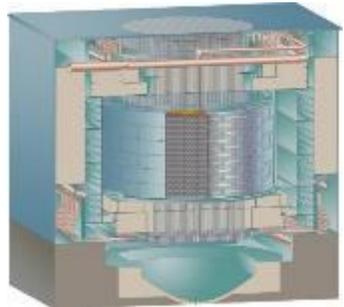
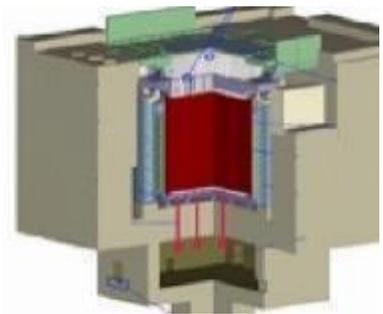
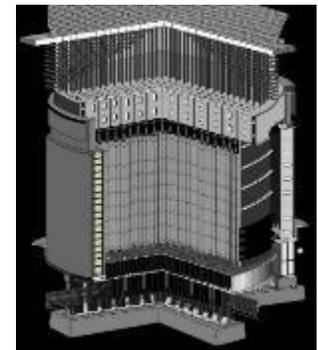
20-21 сентября 2023 г. ФГУП «РАДОН»



ТИПЫ УРАН-ГРАФИТОВЫХ РЕАКТОРОВ В РФ И ИХ ОСОБЕННОСТИ



Уран-графитовые реакторы РФ представлены различными типами (АМ, АМБ, РБМК, ЭГП, ПУГР, исследовательский ТВР), отличающиеся конструкционно и характером расположения (вечная мерзлота, горный массив, густонаселенные районы и др.) реактора и его активной зоны (ниже и выше уровня грунта).



ТИПЫ УРАН-ГРАФИТОВЫХ РЕАКТОРОВ В РФ И ИХ ОСОБЕННОСТИ

Тип реактора	Тепловая / Электрическая мощность, МВт	Размеры графитового блока (ДхВ) / шаг решетки, мм	Масса графита в кладке, т.	Размер графитовой кладки, d × h, м	Диаметр внутреннего отверстия, мм	Форма сечения графитового блока	«Перевязка» блоков (смещение отверстия, мм)
АМ-1	30 / 5	120	46,3	3 × 4,5	65	гексагональная и квадратная	по высоте и со смещением (10)
АМБ-100	286 / 100	200×200	» 2500*	9,6 × 9	75	квадратная	7,2
АМБ-200	530 / 193						
ЭГП-6	65 / 12	200×200	»5500*	6 х 5,25	88,6	квадратная	По высоте и со смещением (10)
РБМК-1000	3200 / 1000	250×250	»27100*	13,8 х 8	114	квадратная	По высоте и без смещения
ПУГР**	-	-	-	-	< 90	квадратная	со смещением (10)

Примечание: * суммарная масса графита

** значения существенно различаются и индивидуальны для одного или нескольких реакторов

СХЕМЫ ОСНОВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПУГР И РБМК

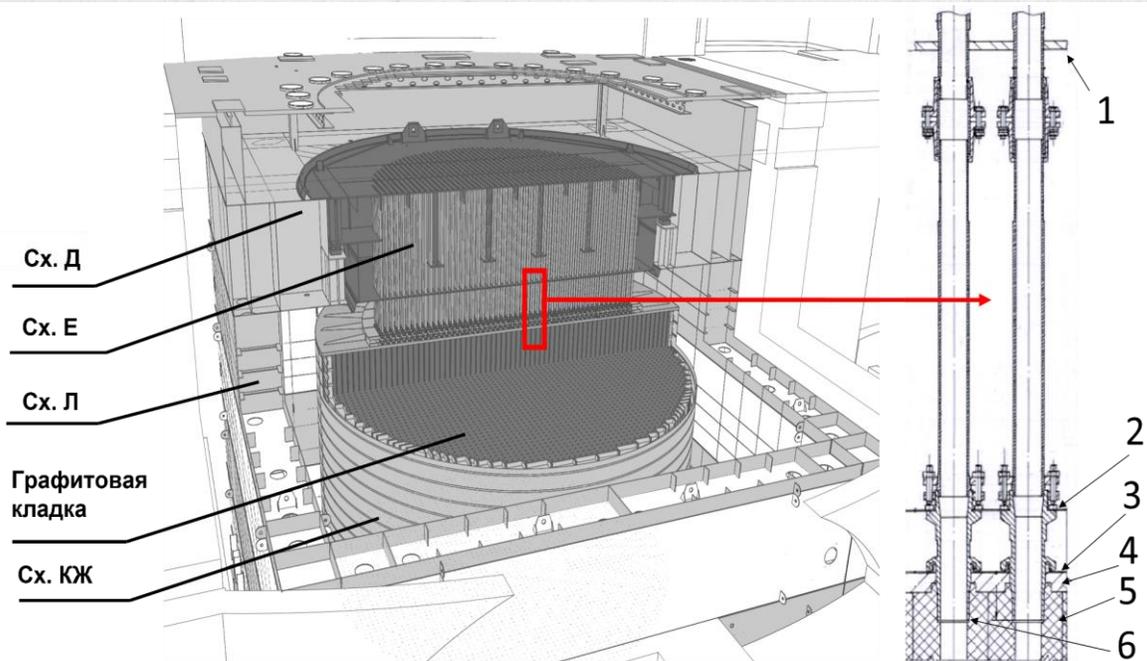


Схема основных конструкций ПУГР типа АДЭ и сечение основных металлоконструкций между нижней плитой схемы «Е» и графитовой кладкой ПУГР типа АДЭ: 1 – нижняя плита схемы «Е»; 2 – верхний лист кровли азотного коллектора; 3 – нижний лист кровли азотного коллектора; 4 – лист плитного настила; 5 – графитовый блок; 6 – стакан азотного коллектора

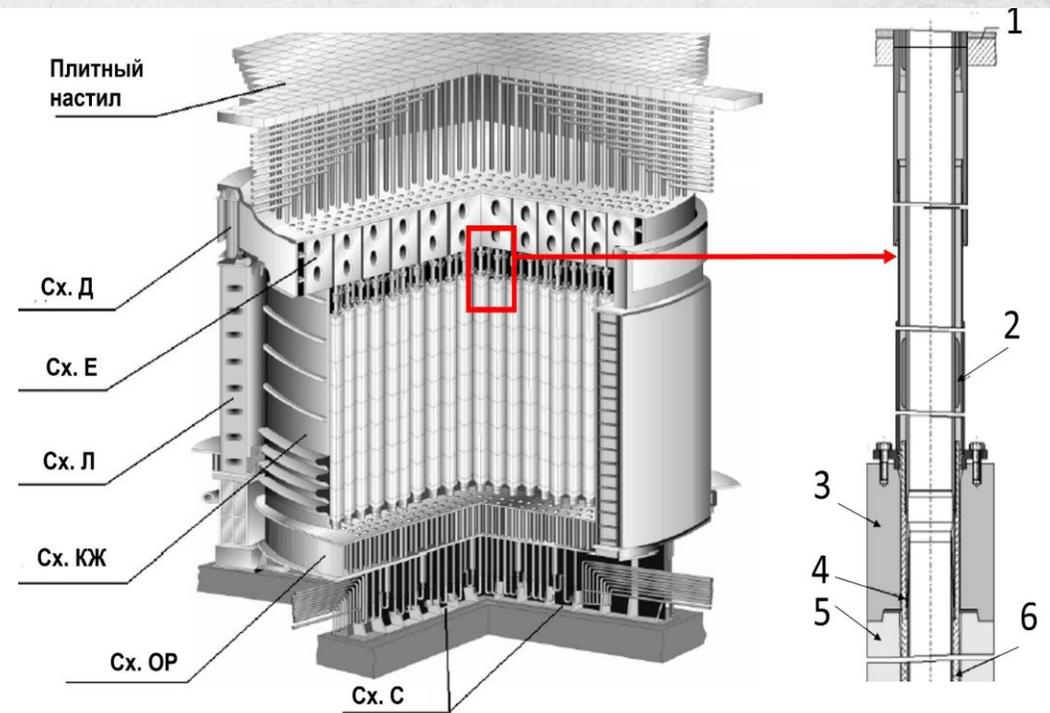


Схема основных конструкций УГР типа РБМК-1000 и сечение основных металлоконструкций между нижней плитой схемы «Е» и графитовой кладкой УГР: 1 – нижняя решетка Сх. Е; 2 – фланец в сборе; 3 – верхняя защитная плита; 4 – переходник сталь-цирконий; 5 – графитовый блок; 6 – часть канала.

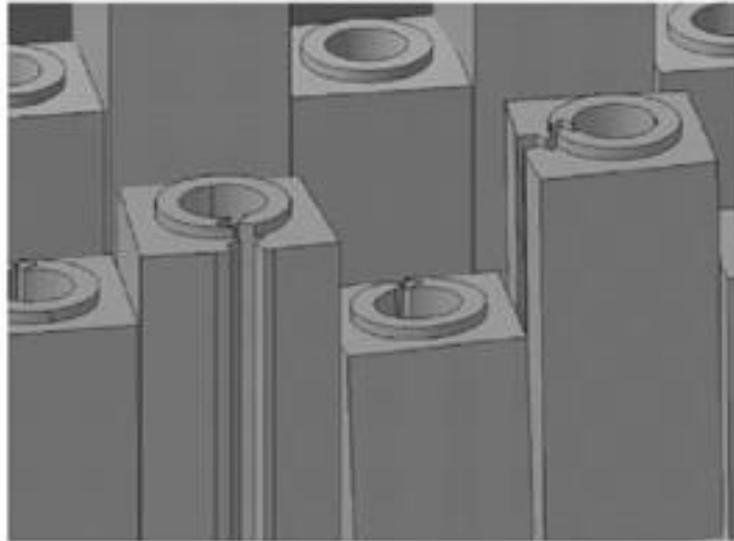
ОСОБЕННОСТИ СОСТОЯНИЯ ГРАФИТОВЫХ БЛОКОВ



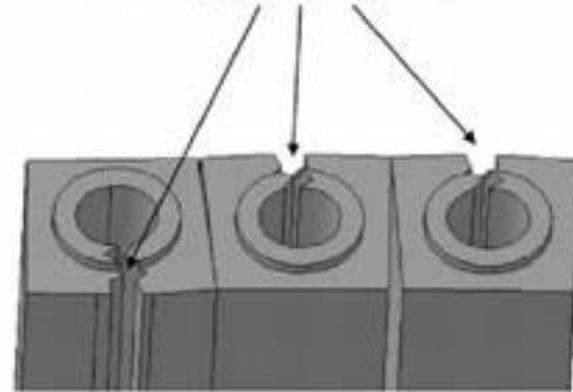
Состояние некоторых графитовых блоков после длительной эксплуатации: изображение продольной трещины в графитовом блоке УГР (слева, справа); ячейка, подвергшаяся запастовке (в центре)

ОСОБЕННОСТИ СОСТОЯНИЯ ГРАФИТОВЫХ БЛОКОВ. УСТРОЙСТВА ВОССТАНОВЛЕНИЯ КЛАДКИ РБМК

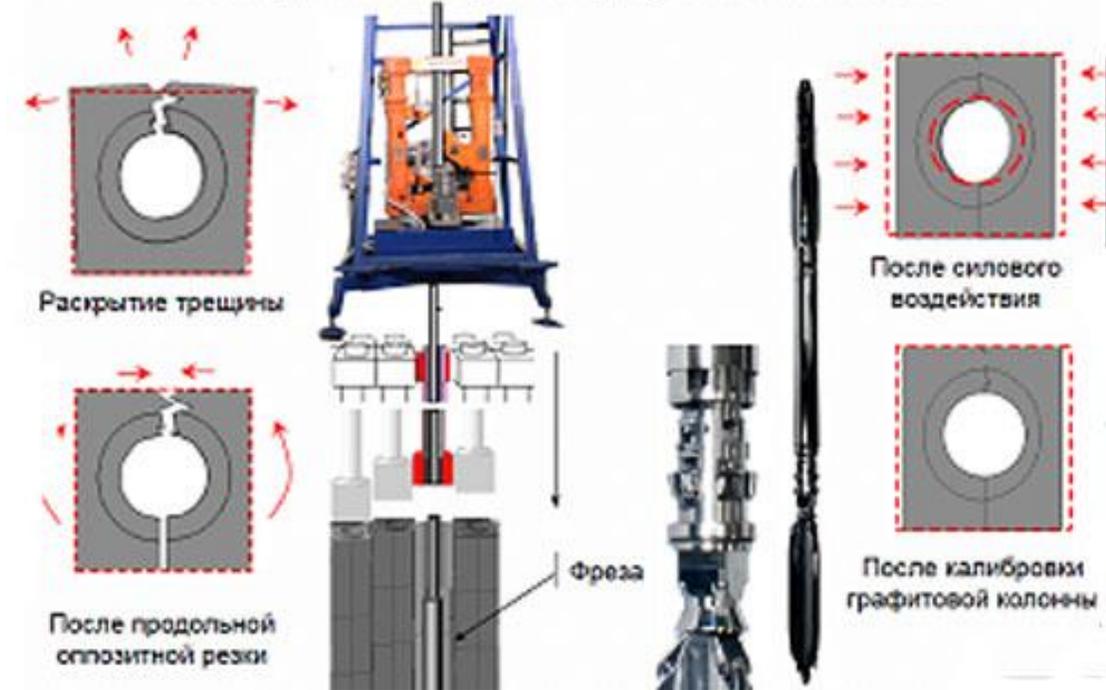
Деформация колонн



Раскрытие трещин

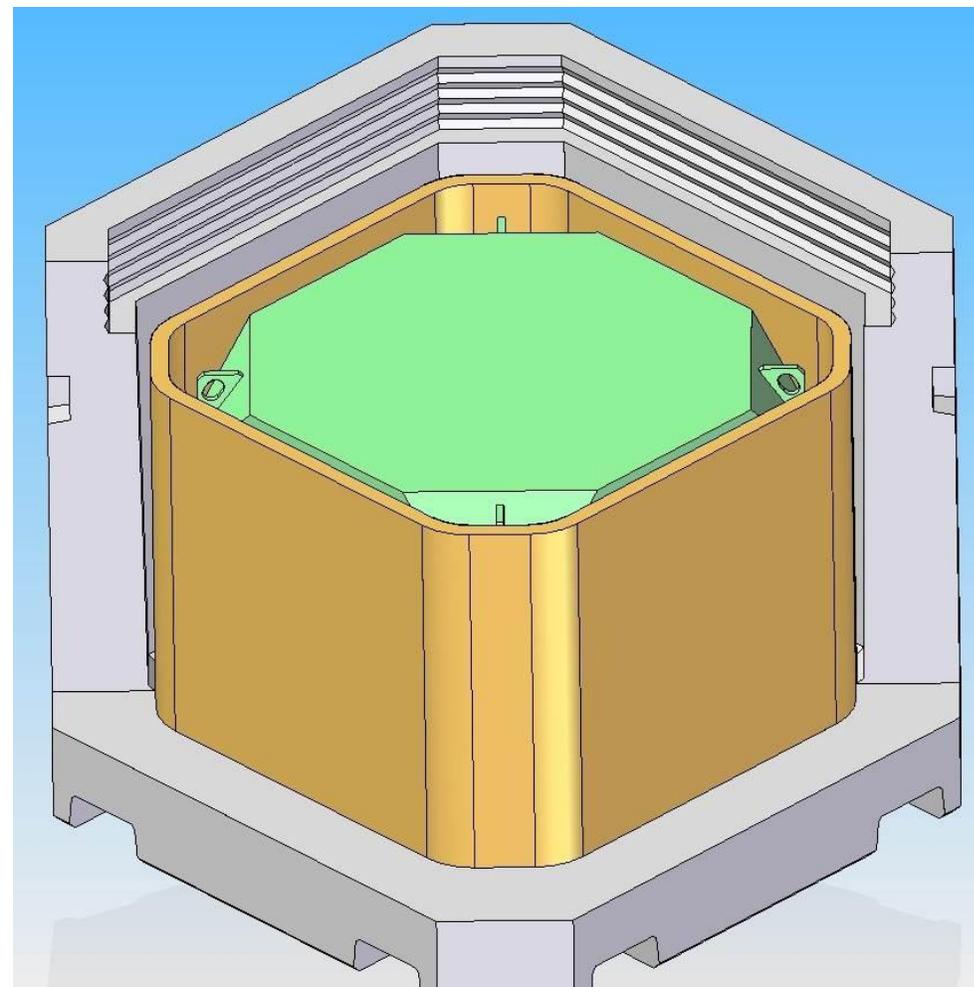


Калибровка отверстий графитовой колонны



Состояние графитовых блоков (слева) и устройства восстановления кладки (справа)

СИСТЕМА СБОРА ПРОДУКТОВ РЕЗКИ ГРАФИТА РБМК



Циклонный
фильтр

Самоочищающийся
фильтр (СОФ)

Шнековый
транспортер

Система выгрузки
графита

Перегрузочный
бункер
в свинцовой
биозащите



Поворотная консоль

Шнековый транспортер

Узел стыковки с
датчиком уровня

Контейнер
НЗК-150
(усиленный)



Система сбора продуктов резки графита ССПР-48 (ООО «ПРОЛОГ», г. Обнинск)

ОПЫТ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ГРАФИТА ИЗ АМБ

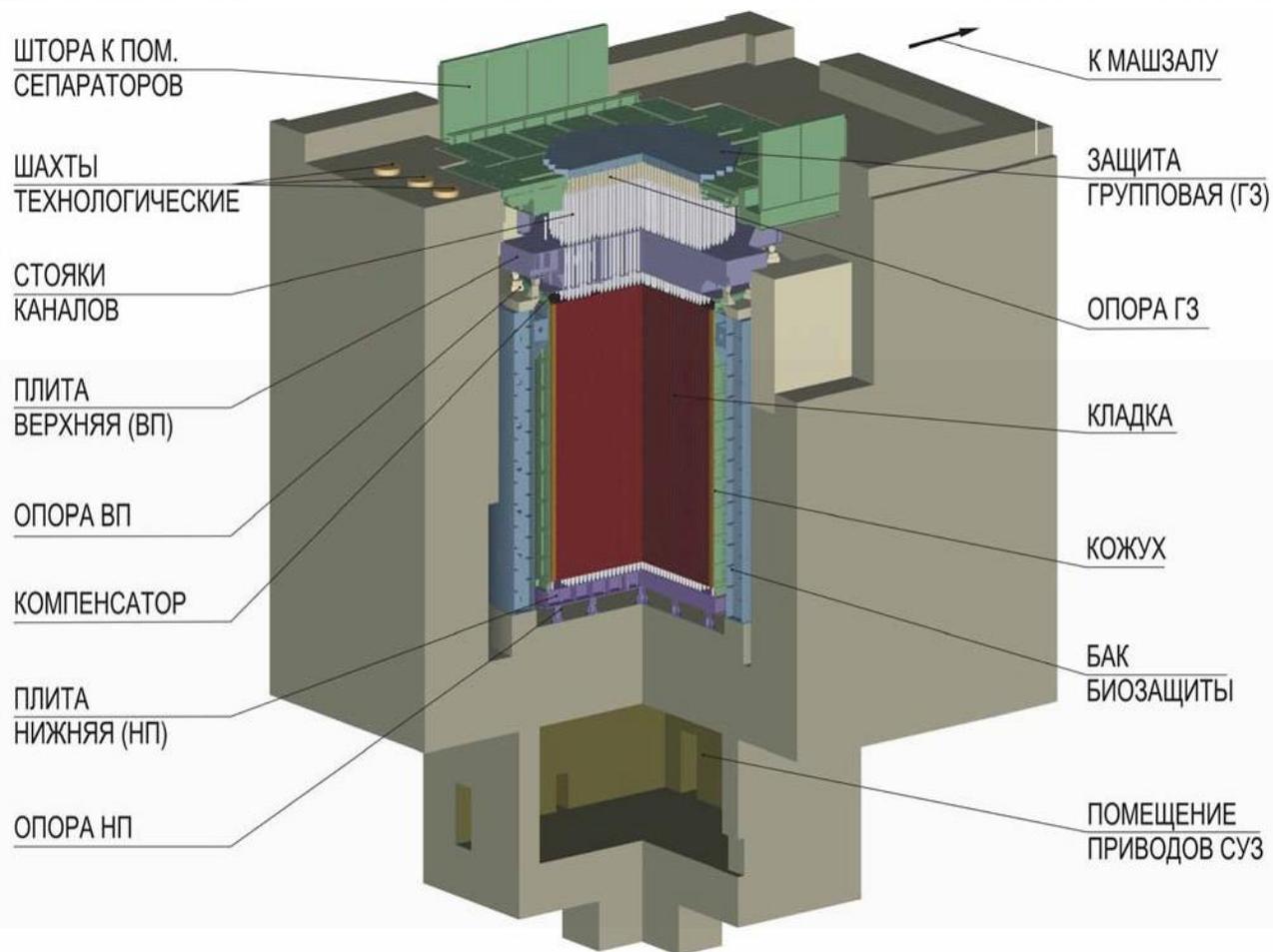
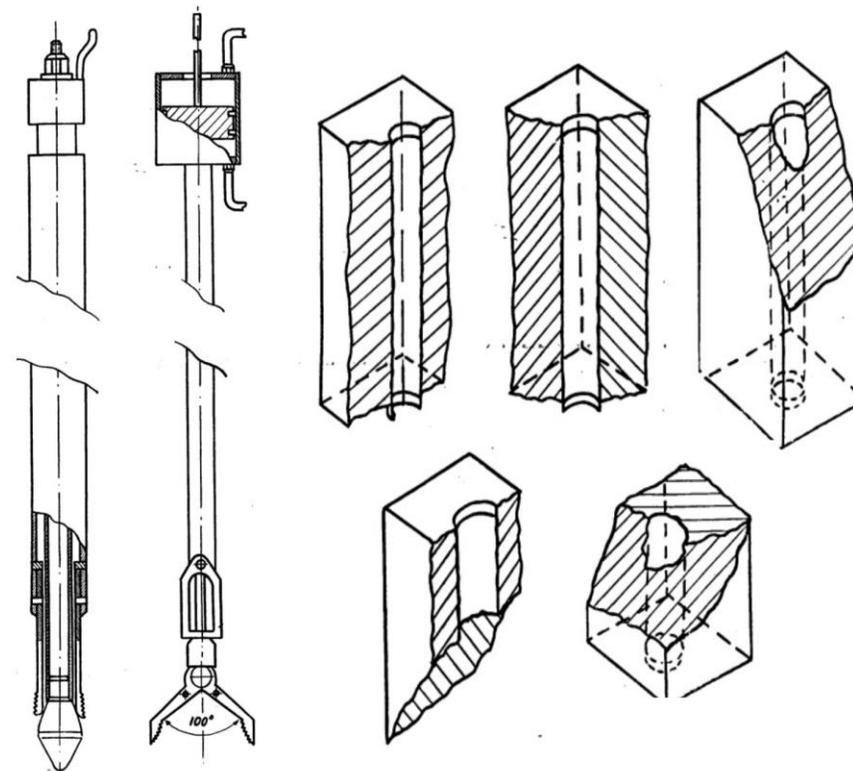


Схема реакторов АМБ-100, 200



Цанговый пневмозахват
характерные
блоки АМБ-200

захват, клевачей
с манипулятором и
фрагменты графитовых

ОПЫТ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ГРАФИТА ИЗ ИР

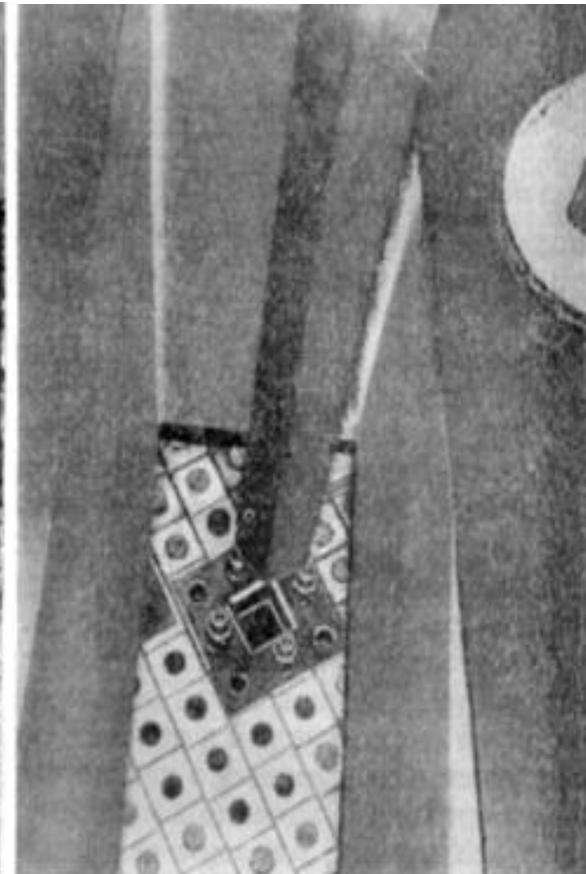
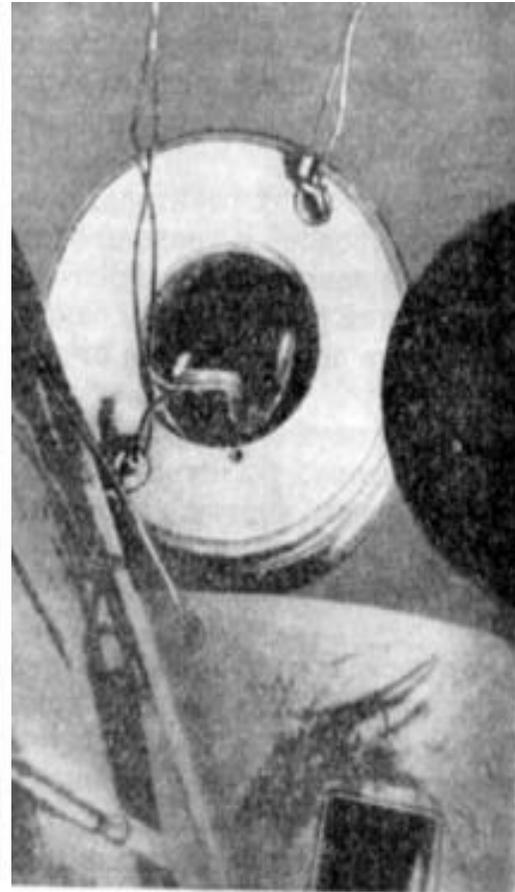
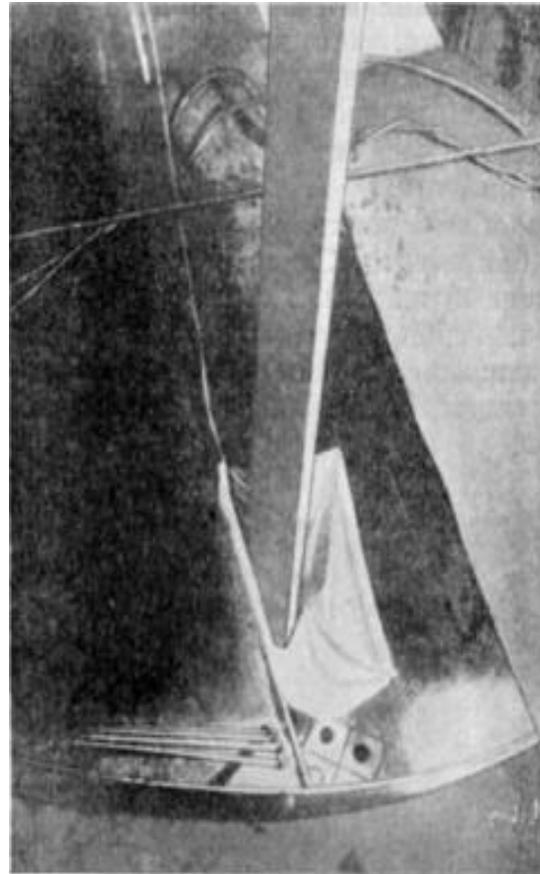
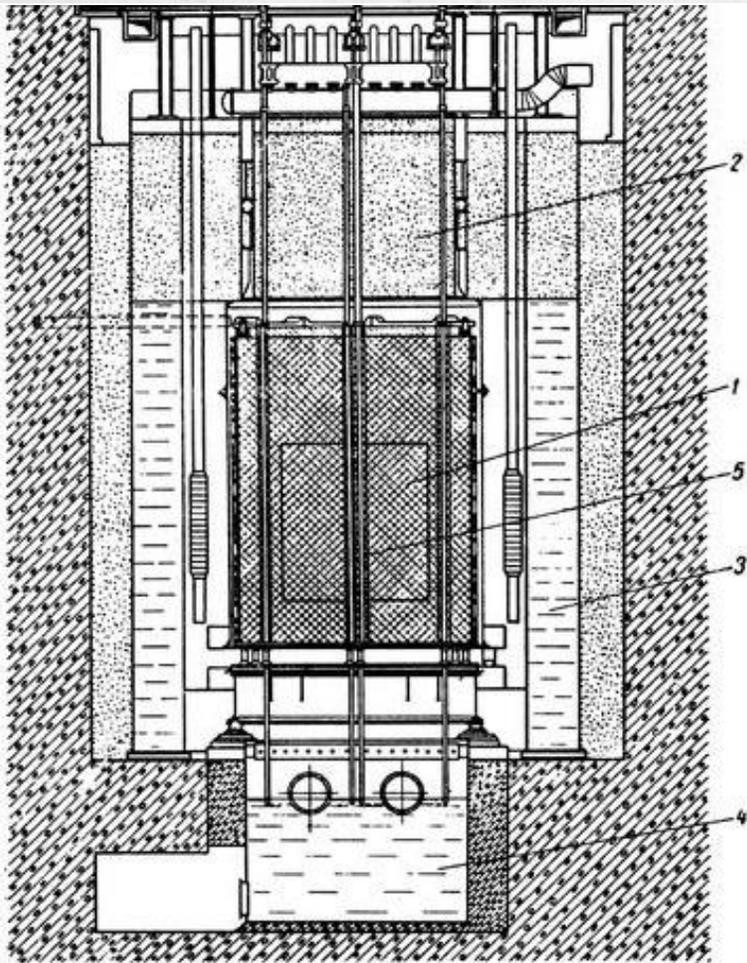
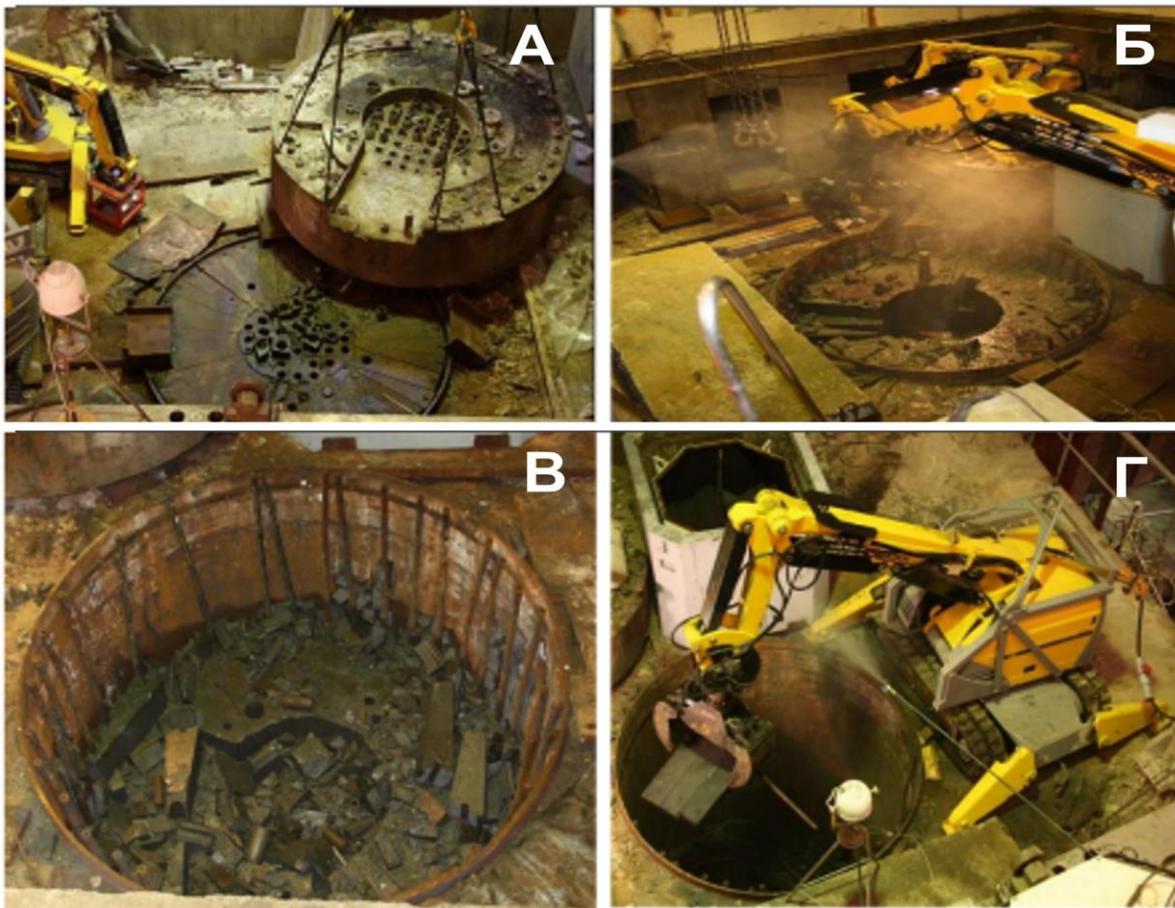


Схема реактора ИР

Извлечение графитовой колонны

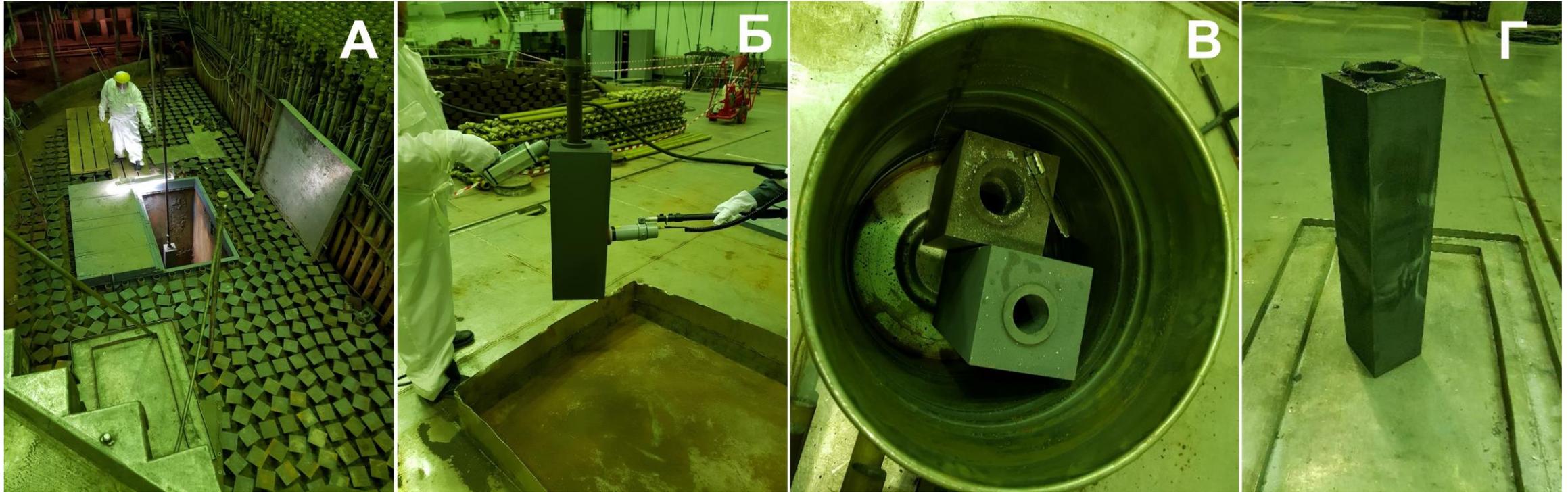
ОПЫТ ДЕМОНТАЖА КЛАДКИ РФТ (КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ)



Мощность дозы имела максимальные значения в районе активной зоны достигала 2,0 Зв/ч. На первом этапе было выполнено отделение крышки от корпуса с помощью канатной резки. Далее верхняя крышка (27 тонн) была удалена. В процессе извлечения блоков был отмечен рост мощность дозы гамма-излучения. Перед началом выгрузки мощность дозы на поверхности графитовых блоков находилась в диапазоне 30 - 50 мкЗв/ч. Далее увеличилась до на срезе шахты до 20 мЗв/ч, а на дне шахты доходила до 70 мЗв/ч.

Демонтаж кладки РФТ, включающий:
А – удаление крышки; Б –пылеподавление;
В, Г – процесс извлечения графитовых блоков с помощью робота «BROKK»

ОПЫТ ОТРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЙ ДЕМОНТАЖА ГРАФИТОВОЙ КЛАДКИ ПУГР



Извлечение блоков из ПУГР АДЭ-5 с помощью стандартного цангового захвата: А – извлечение графитового блока с помощью цангового захвата; Б – дозиметрические измерения; В – два верхних блока в ТУК-44; Г – два верхних блока на поддоне.

ОПЫТ ОТРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЙ ДЕМОНТАЖА ГРАФИТОВОЙ КЛАДКИ ПУГР

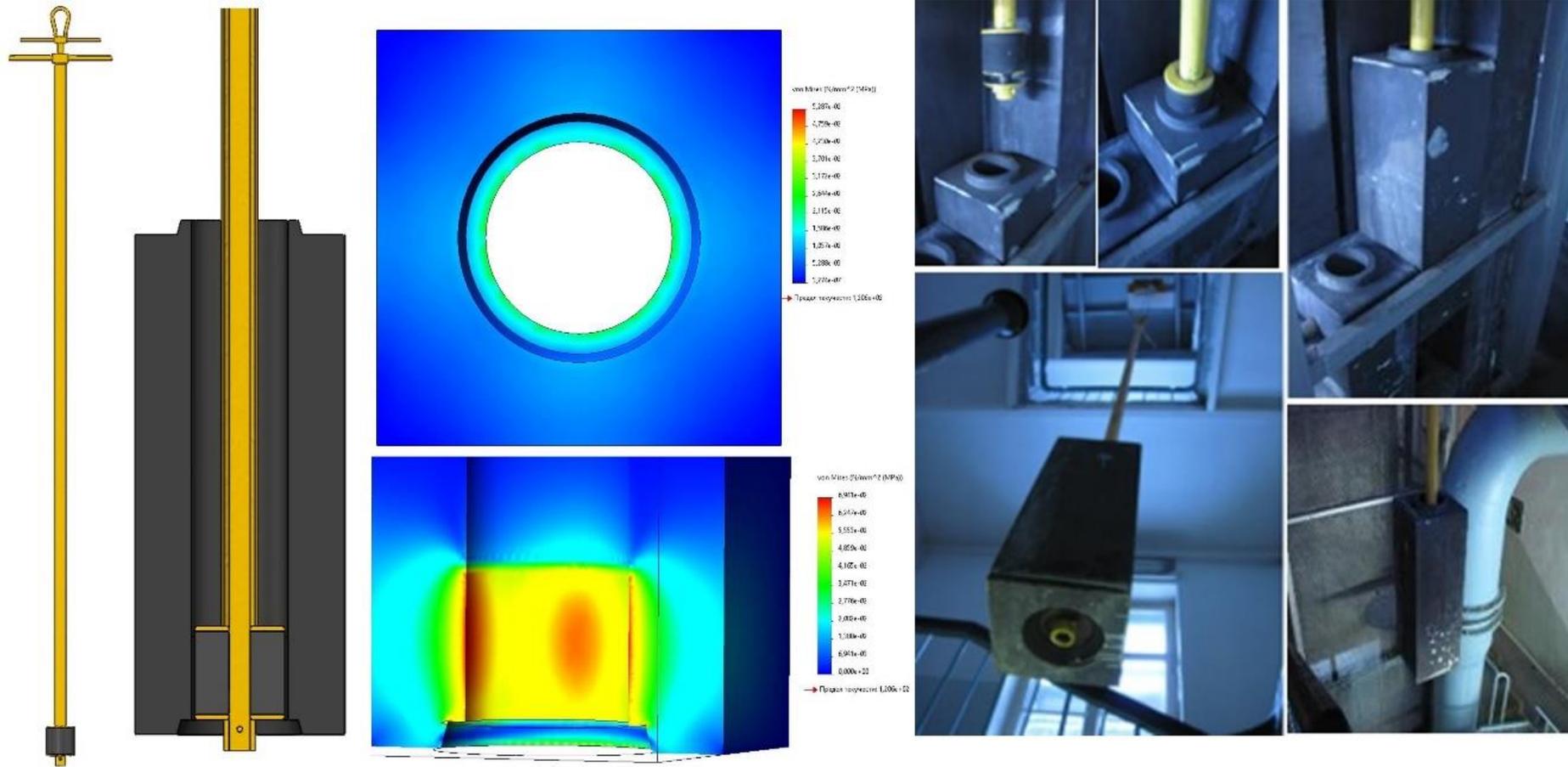
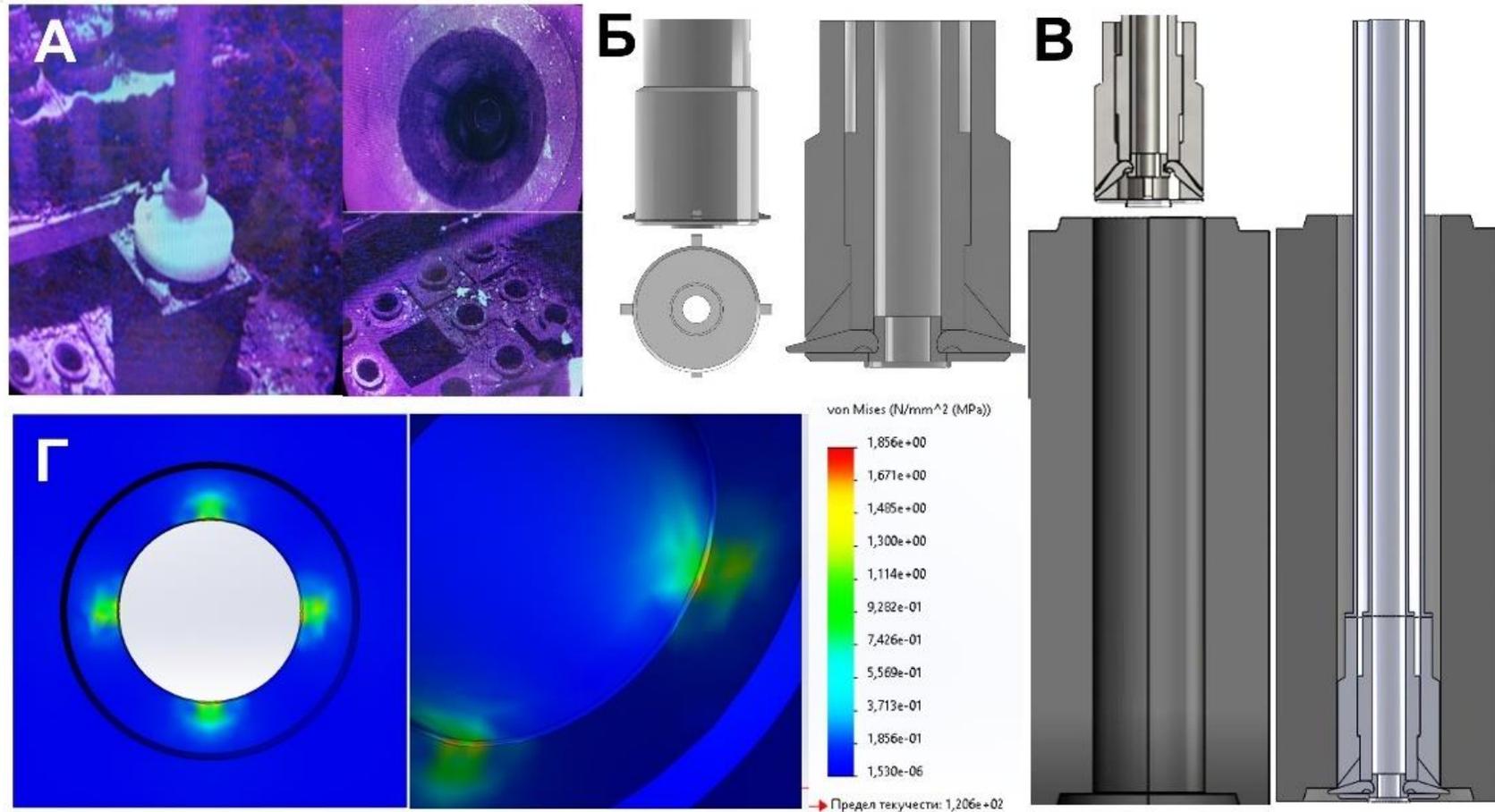


Схема устройства для захвата, подрыва и вертикального подъема цельных графитовых блоков, распределение напряжений и рабочие моменты извлечения блока из макета

ОПЫТ ОТРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЙ ДЕМОНТАЖА ГРАФИТОВОЙ КЛАДКИ ПУГР



Устройство для захвата, подрыва и вертикального подъема цельных графитовых блоков: А - рабочие моменты извлечения блока из ПУГР АДЭ-5; Б – схема устройства; В – устройство в до и после захвата графитового блока; Г - схема, распределения напряжений в графитовом блоке.

ОПЫТ ОТРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЙ ДЕМОНТАЖА ГРАФИТОВОЙ КЛАДКИ ПУГР



Испытания комплекса МРК-28 в реакторном пространстве ПУГР АДЭ-5

ОПЫТ ОТРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЙ ДЕМОНТАЖА ГРАФИТОВОЙ КЛАДКИ ПУГР



Тестовые манипуляции захвата комплекса МРК-28 с графитовым блоком



Испытания комплекса МРК-28 в реакторном пространстве ПУГР АДЭ-5: А – внешний вид МРК-28; Б – МРК на платформе при опускании в проем; В, Г, Д, Е – демонтаж и извлечение металлических элементов в проеме.

СПОСОБЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ГРАФИТА. ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ

	Способ извлечения блоков (тип захвата и др.)	Достоинства	Недостатки	Места применения (страна)
1	Захват за внешнюю поверхность с помощью стандартного захвата роботами типа BROKK	Высокая производительность.	Фрагментация блоков. Образование пыли. В настоящее время применим только для демонтажа исследовательских реакторов.	РФТ Курчатовского института (РФ)
2	Захват за стык (блок за блоком)	Минимизация рисков фрагментации блоков. Отсутствует образование пыли. Возможность учета перемещения каждого блока для обеспечения паспортизации контейнера .	Относительно низкая производительность	ПУГР ОДЦ УГР (РФ)
3	Цанговый захват	Наличие оборудования и опыта применения	Не применим для блоков в плохом состоянии.	АМБ Белоярская АЭС, ПУГР ОДЦ УГР (РФ)
4	Фрагментация блоков и извлечение через каналы в нижних МК	Возможность применения для удаления фрагментов блоков с просыпями топлива. Наличие оборудования и опыта применения.	Трудоемкость	РБМК ЛАЭС (РФ)
5	Захват с присосками	Отсутствует образование пыли	Не применим для блоков в плохом состоянии.	DR 1 (Дания)
6	Захват за счет засверливания в поверхность нескольких сверл-метчиков	Наличие положительного опыта применения.	Требует хорошего состояния блоков. Образование пыли.	GLEEP (Великобритания)
7	Захват блоков ковшом экскаватора	Высокая производительность	Фрагментация блоков. Образование пыли.	BGRR (США)
8	Захват за внутреннее отверстие блока	Отсутствует образование пыли.	Трудоемкость	WAGR (Великобритания)
9	Клещевой захват	Отсутствует образование пыли. Возможно извлечение фрагментов блоков.	Трудоемкость. Фрагментация блоков. Недостаточная грузоподъемность	АМБ Белоярская АЭС



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

к.ф.-м.н. Павлюк Александр Олегович
И.о. директора НИЦ ВЭ
pavlyuk17@tpu.ru