

Московский инженерно-физический институт

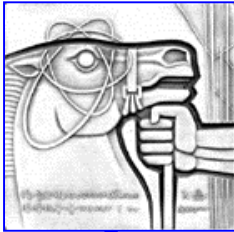
Опыт эксплуатации и использование ИРТ МИФИ



**Главный инженер ИРТ
Портнов А.А.**

ХLI школа ПИЯФ по физике и
технике реакторов
2007 г.

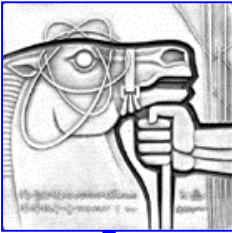




Основные параметры реактора

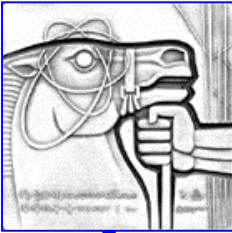
Наименование, ед.изм.	Значение
Мощность реактора, МВт	2,5
Полное число ТВС в реакторе для одной из загрузок, шт., из них:	16
8-ми трубные	6
6-ти трубные с каналом СУЗ	10
Поверхность теплоотдачи активной зоны, м ²	21,5
Объем активной зоны, л	59,3
Масса урана-235 в загрузке, кг	3,5
Максимальный запас реактивности, $\beta_{эфф.}$	9
Исполнительные органы СУЗ, шт.: аварийной защиты	3
компенсирующие	6
автоматического регулятора	1
Максимальная плотность теплового потока, кВт/м ²	250
Максимальная температура воды на входе в активную зону, °С	45
Максимальная расчетная температура стенки твэла без учета отклонений параметров, определяющих режим, °С	72
Расчетная температура начала кипения в наиболее напряженной точке, °С	123
Максимальная плотность потока быстрых нейтронов ($E > 0,8$ МэВ) в активной зоне, н/см ² с	$4,3 \cdot 10^{13}$
Максимальная плотность потока тепловых нейтронов, н/см ² с	
в активной зоне	$4,8 \cdot 10^{13}$
в отражателе	$4,7 \cdot 10^{13}$



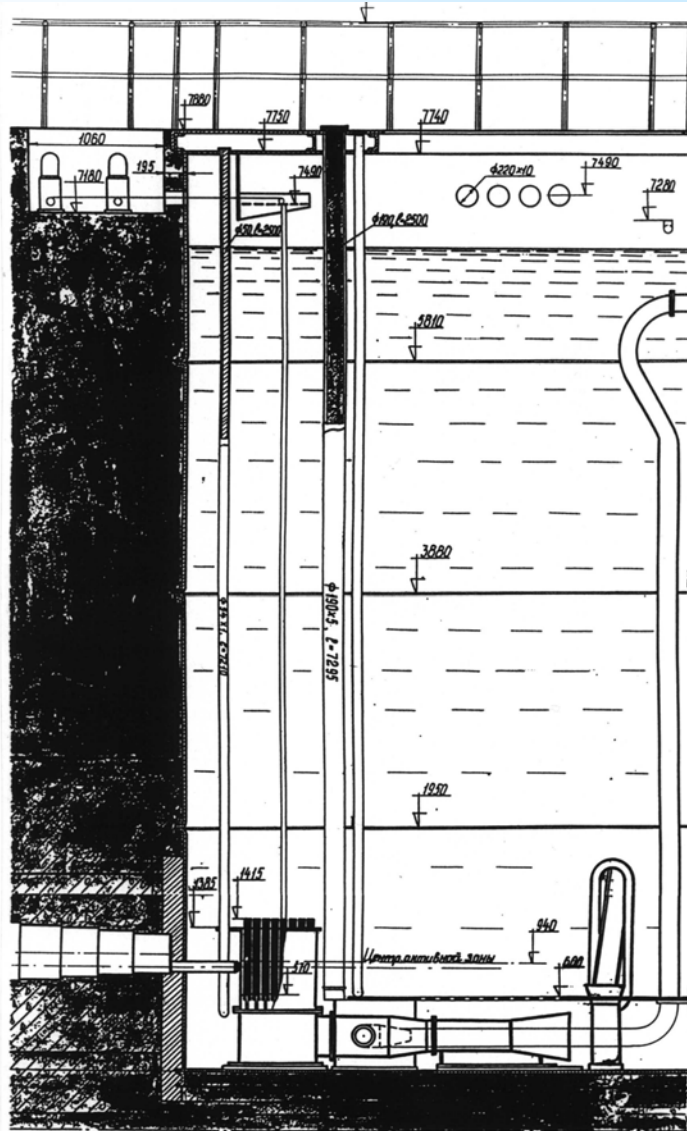


Реактор ИРТ МИФИ





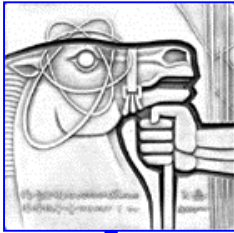
Бассейн реактора



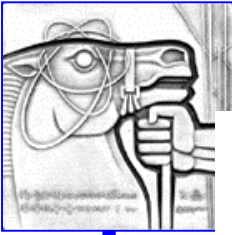
Расход воды 1 контура через теплообменники, т/ч	150
Коэффициент эжекции	3
Перепад давления на активной зоне, мм.вод.ст.	900
Средняя скорость теплоносителя в зазорах ТВС ТВС ИРТ-3М, м/с	0,95
Глубина бассейна, м	8
Объем бассейна, м ³	50



Картограмма загрузки активной зоны



	1	2	3	4	5	6	7	8
1	УХН H ₂ O	Be	Be	Be	Be+ H ₂ O d40 ВЭК-27	Pb d54 ВЭК-26	Be	Pb d54 ВЭК-19
2	Be	Be	ИРТ-3М 185 (21,42)	19К КС-2 009.91 (27,12)	ИРТ-3М 131 (2,91)	19К АР 008.91 (21,70)	Be	H ₂ O d54 ВЭК-25
3	Be	Be	19К КС-3 001.91 (43,11)	19К КС-3 004.91 (45,90)	19К А3-2 007.91 (30,26)	ИРТ-3М 187 (12,44)	Be	Be
4	Be ВЭ	Be	ИРТ-3М 186 (18,45)	19К А3-3 010.91 (21,82)	19К А3-1 002.91 (46,75)	19К КС-1 006.91 (41,11)	Be	Be
5	Be К4	Be	ИРТ-3М 184 (50,89)	19К КС-2 005.91 (40,75)	ИРТ-3М 130 (50,05)	19К КС-1 003.91 (51,04)	Be	Be
6	Al	Al	Al	Al	Al	Al	Al + Be d40	Be



Пространственная схема трубопроводов

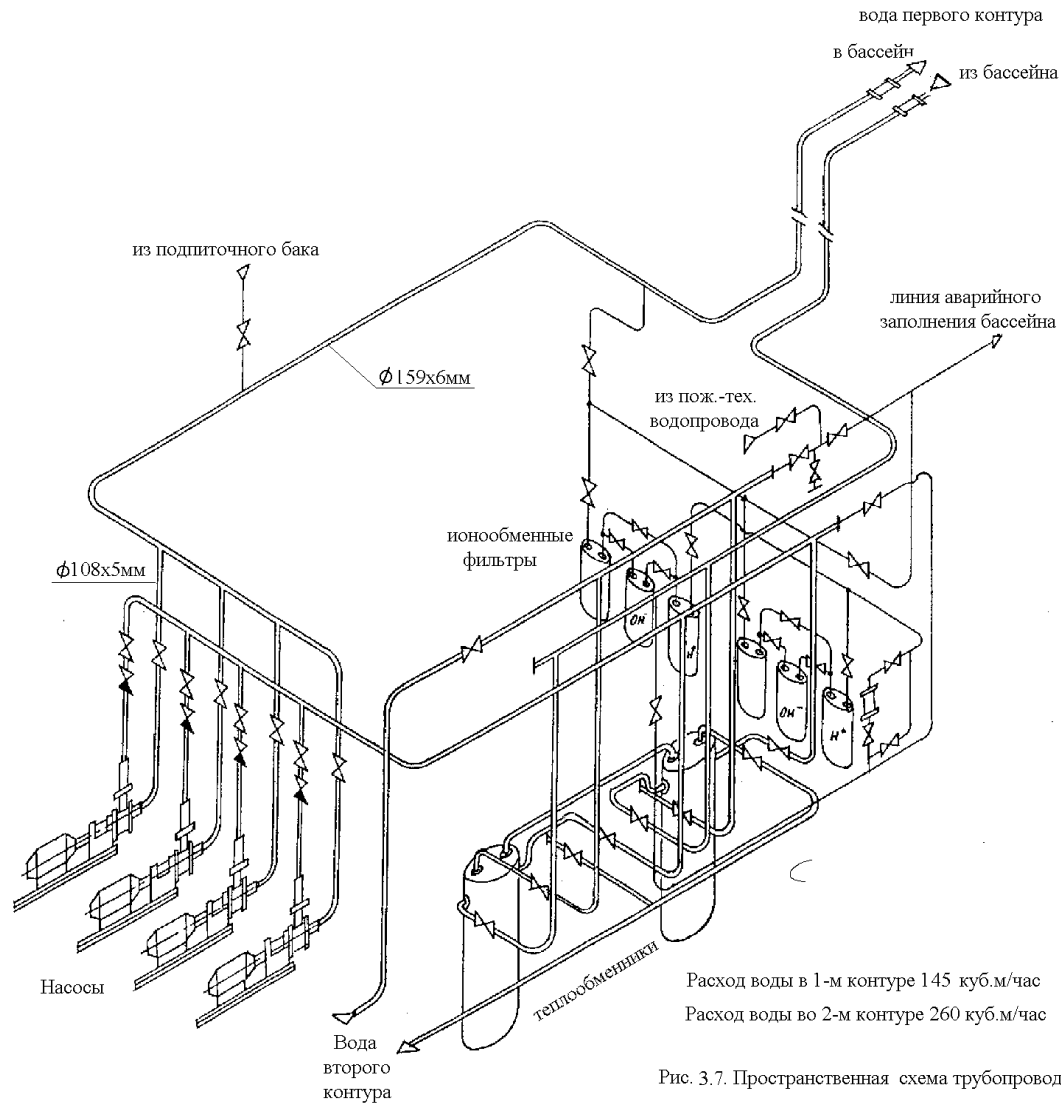
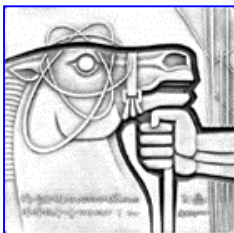


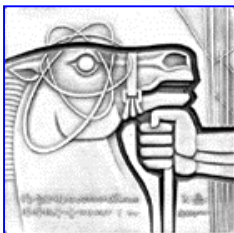
Рис. 3.7. Пространственная схема трубопровода





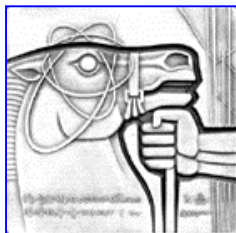
Результаты работы

Параметры	2003	2004	2005	2006
Время работы реактора на мощности, час	1554	1472	1568	1033
Выработано тепловой энергии, МВт час	3704	3460	3204	2102
Количество пусков	32	45	67	75
Количество плановых перегрузок активной зоны	2	1	0	1
Число срабатываний АЗ	2	0	2	1
Количество проведенных инспекций	9	7	6	6



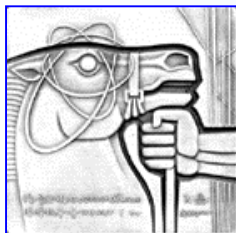
Результаты работы

Эксплуатационный персонал	2003	2004	2005	2006
Годовые коллективные дозы, мЗв	43,5	35,0	51,0	47,1
Средняя доза, мЗв	1,2	1,0	1,28	1,18
Максимальная доза, мЗв	9,4	6,5	8,8	5,4
Среднегодовой выброс, Бк / Ки	$\frac{1,17 \cdot 10^{13}}{315,2}$	$\frac{0,85 \cdot 10^{13}}{228,6}$	$\frac{0,66 \cdot 10^{13}}{177,5}$	$\frac{0,27 \cdot 10^{13}}{74,0}$



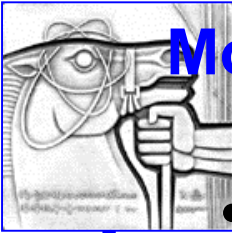
Повышение безопасности эксплуатации ИРТ

- получена лицензия Ростехнадзора на эксплуатацию реактора;
- МИФИ признан Минатомом России эксплуатирующей организацией в области использования атомной энергии;
- срок службы системы управления и защиты «УЗОР» продлен до 2008 года;
- проводились ежегодные обследования алюминиевой обечайки бассейна и внутрибассейновых элементов реактора;
- подготовлен проект, закуплено оборудование, проведен монтаж и пробная эксплуатация резервного пункта управления;



Повышение безопасности эксплуатации ИРТ

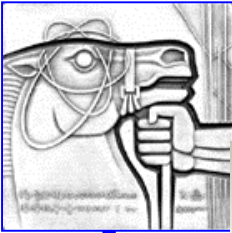
- переработаны эксплуатационные документы (ООБ, инструкции, положения) в соответствии с требованиями новых Норм и Правил;
- начаты работы по обследованию систем реактора, важных для безопасности, в соответствии с НП-024-2000
- введен в эксплуатацию дизель-генератор, обеспечивающий надежное электроснабжение систем реактора, важных для безопасности;
- завершена верификация и аттестация программы нейтронно-физического расчета TIGR;
- проведен ремонт градирни, станции спецводоподготовки и системы отопления;

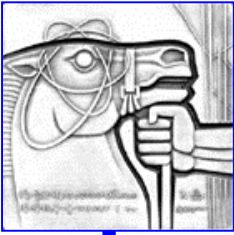


Модернизация и внедрение новых систем реактора

- **активная зона (1975г)**
- **системы охлаждения (1976г)**
- **управления и защиты (1989г)**
- **электроснабжения (1985, 1989г)**
- **система локализации аварийных протечек теплоносителя (1988г)**
- **тепловая колонна (1997)**
- **система физической защиты (1989, 1998г)**
- **резервный пульт управления (2006).**

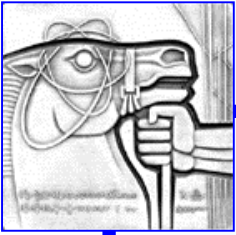
Резервный пульт управления





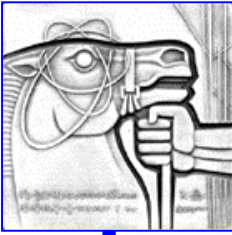
Аппаратура РПУ обеспечивает:

- ручной дистанционный останов реактора из помещения резервного пункта управления (при подключении к действующей СУЗ УЗОР),
- контроль относительной физической мощности реактора,
- контроль конечных положений рабочих органов СУЗ,
- контроль уровня воды в бассейне реактора,
- контроль температуры воды на входе в активную зону,
- контроль радиационной обстановки в реакторном зале, в помещении первого контура, в хранилище свежего топлива, в помещении РПУ.



Утилизация р/а отходов





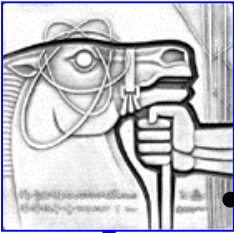
Формы образовательной деятельности:

- обзорные лекции-экскурсии;
- лабораторные работы;
- эксплуатационная практика;
- студенческие исследовательские работы;
- преддипломная практика;
- выполнение дипломных работ.

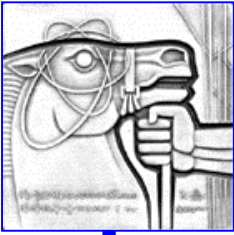
Все эти формы обеспечены методическими материалами и учебными пособиями.

За последние три года в учебном процессе с использованием реактора участвовало более 1800 студентов МФИ.

Организации, использующие ИРТ МИФИ в своих научных исследованиях

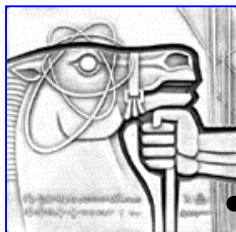


- **Институт теоретической и экспериментальной физики (ИТЭФ)**
- **Физический институт РАН**
- **ГНЦ «Институт Биофизики» МЗ РФ**
- **Российский онкологический научный центр (РОНЦ) РАМН**
- **ГИН РАН**
- **ГЕОХИ**
- **ИГЭМ**
- **ФГУП «Красная звезда», «ЭЛЕГИЯ»**
- **НИКИЭТ**
- **Медрадиопрепарат**
- **МГУ**



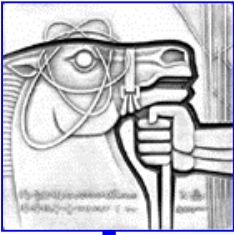
Научные направления исследований на ИРТ МФФИ:

- нейтронные исследования вещества,
- ядерная физика,
- радиационная физика полупроводников и диэлектриков,
- физика и техника реакторов,
- радиационное материаловедение,
- прикладная спектроскопия,
- медицинская физика.



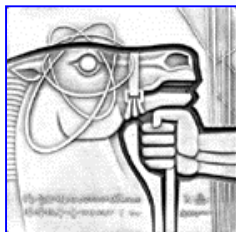
Основные направления работ по испытаниям аппаратуры СУЗ исследовательских и энергетических реакторов

- **Отработка канала безопасности "Мираж МБ" для СУЗ реакторов ИРТ-Т и ИРВ-М2.**
- **Испытания широкодиапазонных устройств и каналов контроля нейтронного потока для РУ ВВЭР, РБМК.**
- **Испытания новых типов ИК и подвесок ИК.**
- **Калибровка эмиссионных детекторов нейтронного потока для РУ РБМК.**
- **Испытания новых типов радиационностойких кабелей.**
- **Авторское сопровождение эксплуатации аппаратуры "Мираж" на исследовательских и энергетических реакторах.**



Цели испытаний устройств и каналов АКНП

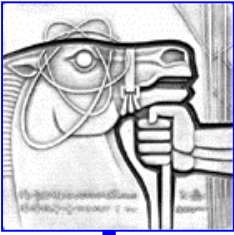
- исследование характеристик устройств в процессе их разработки;
- проведение межоперационного контроля в процессе изготовления ионизационных камер, подвесок ионизационных камер;
- определение чувствительности детекторов нейтронов к тепловым нейтронам;
- исследование линейности каналов контроля нейтронного потока с ИК и ПИК разных типов.



Характеристики ВЭК ИРТ МИФИ

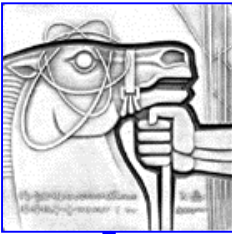
Размеры	ВЭК-9	ВЭК-23	ВЭК-С
внутренний диаметр, мм	180	52	100
расстояние от центра зоны до среза канала, мм	6800	6800	7000
расстояние от центра зоны до дна канала, мм	300	300	300
высота активной зоны, мм	600	600	600
длина пробки канала, мм	2500	1000	1000
Радиационные характеристики на номинальной мощности (на уровне центра активной зоны)			
плотность потока тепловых нейтронов, $\text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$	$8,0 \cdot 10^{12}$	$2,5 \cdot 10^{11}$	
плотность потока нейтронов с $E > 0,1$ МэВ, $\text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$	$1,0 \cdot 10^{12}$		
плотность потока нейтронов с $E > 2$ МэВ, $\text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$	$2,1 \cdot 10^{11}$		
мощность дозы γ -излучения, рад/с	$1,4 \cdot 10^4$	100	



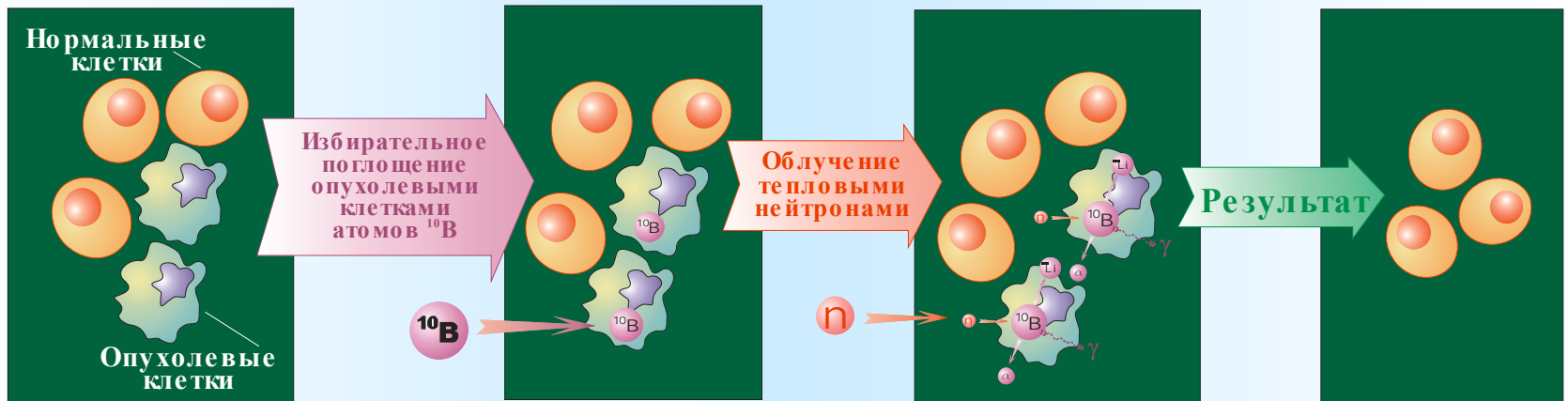
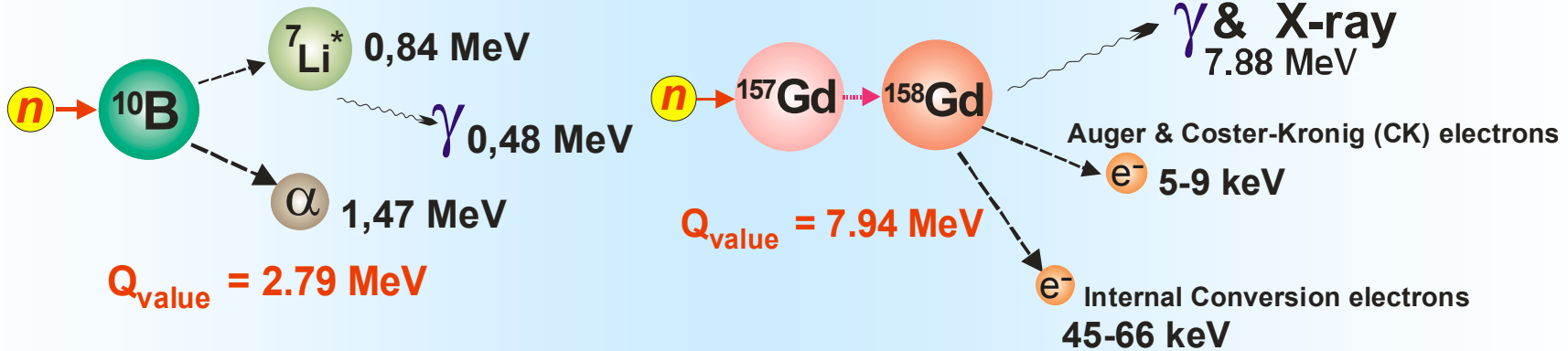


Медицинская физика

- Создан облучательный бокс достаточных размеров для проведения нейтрон-захватной терапии крупных лабораторных животных.
- Получен ряд новых бор-, гадолиний- и бор-гадолинийсодержащих соединений, перспективных для использования в НЗТ, и проведены их первичные биологические исследования.
- Отработана методика лечения спонтанной меланомы у собак.
- Проведены опыты лечения остеосаркомы кости без реплантации.



Ядерные реакции, используемые в НЗТ



Создание экспериментальной облучательной базы для предклинических исследований НЗТ на реакторе ИРТ МИФИ

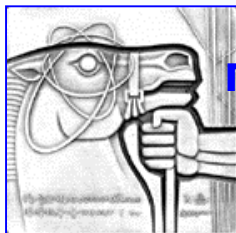
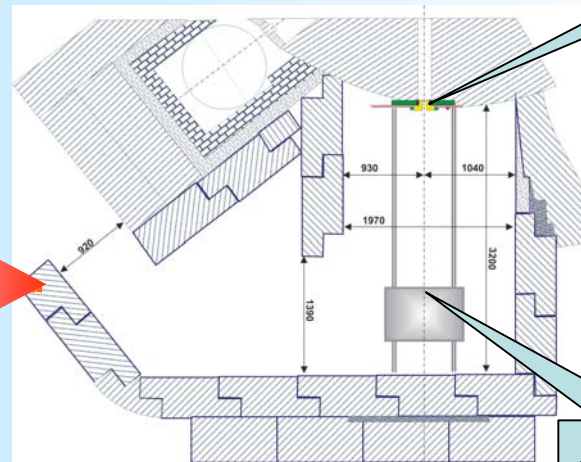
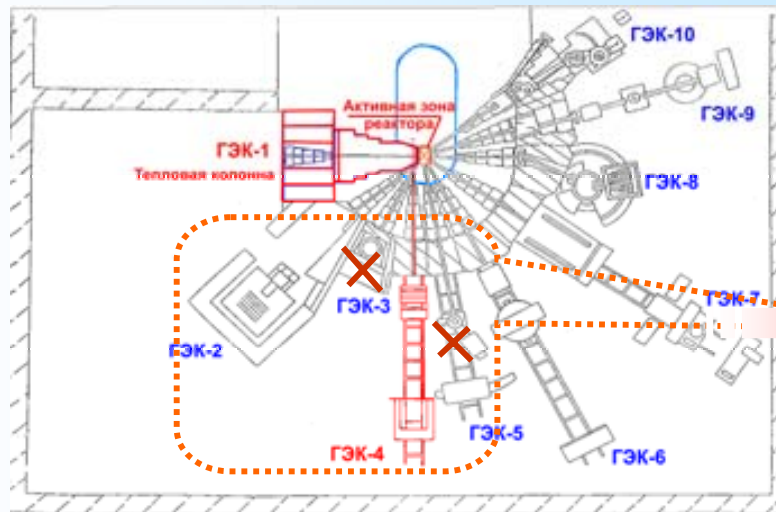


Схема реконструкции каналов реактора



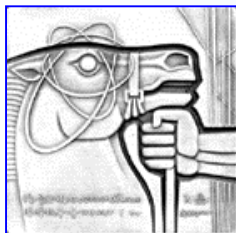
Выход пучка нейтронов реактора

Стол для крепления экспериментальных животных

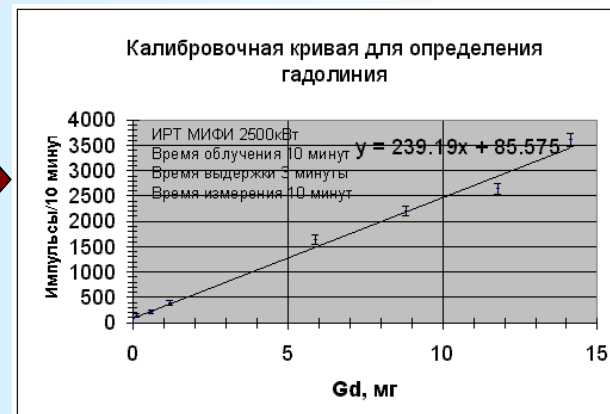
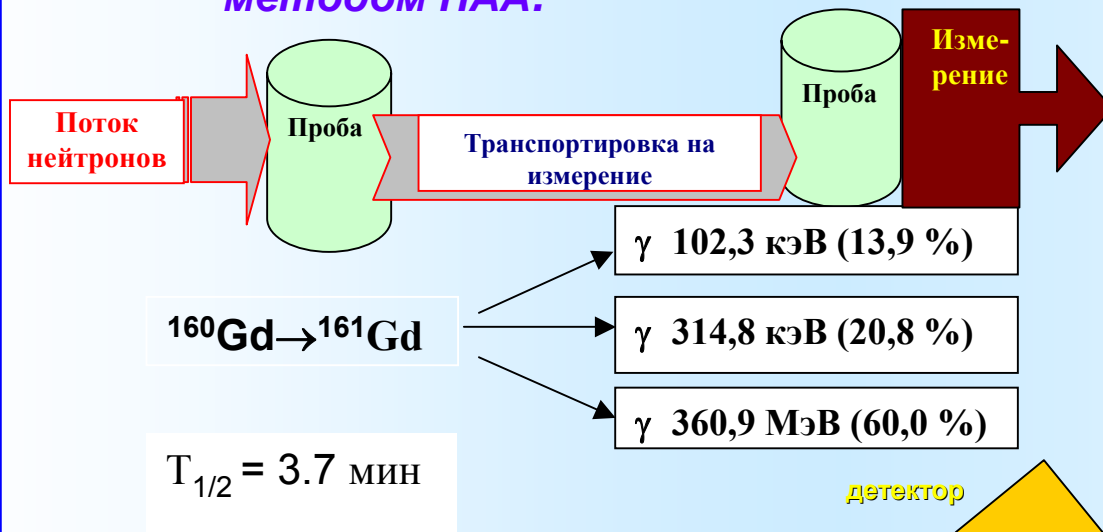
Облучательный бокс после реконструкции



Определение концентраций Gd и B



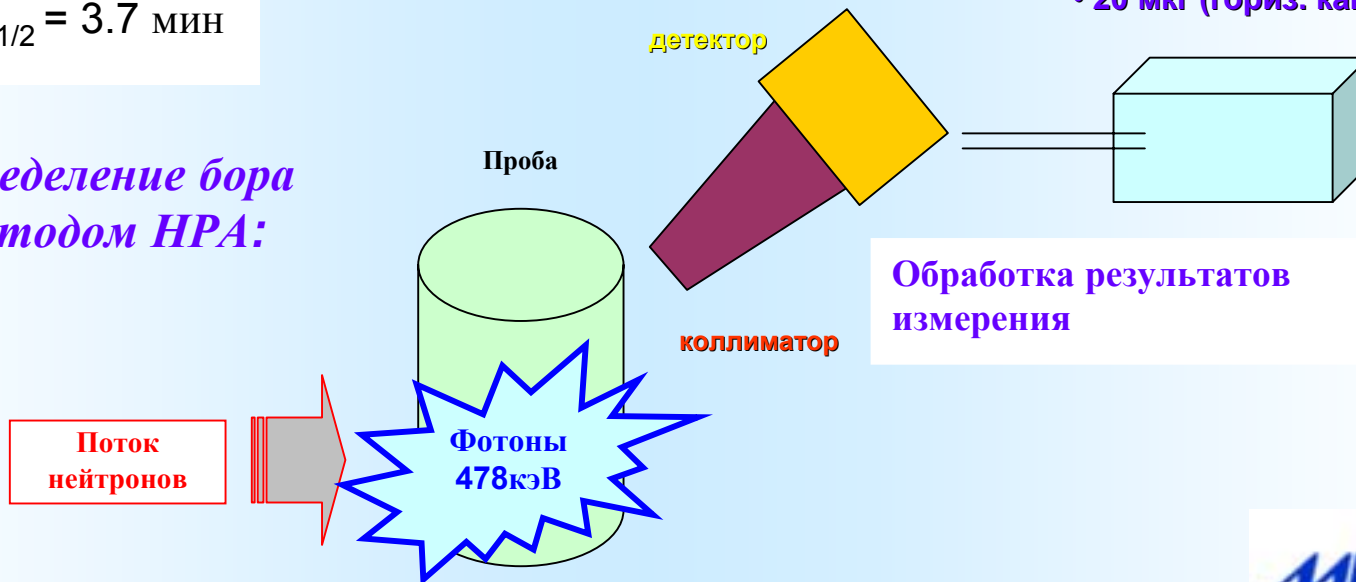
Определение гадолиния методом НАА:



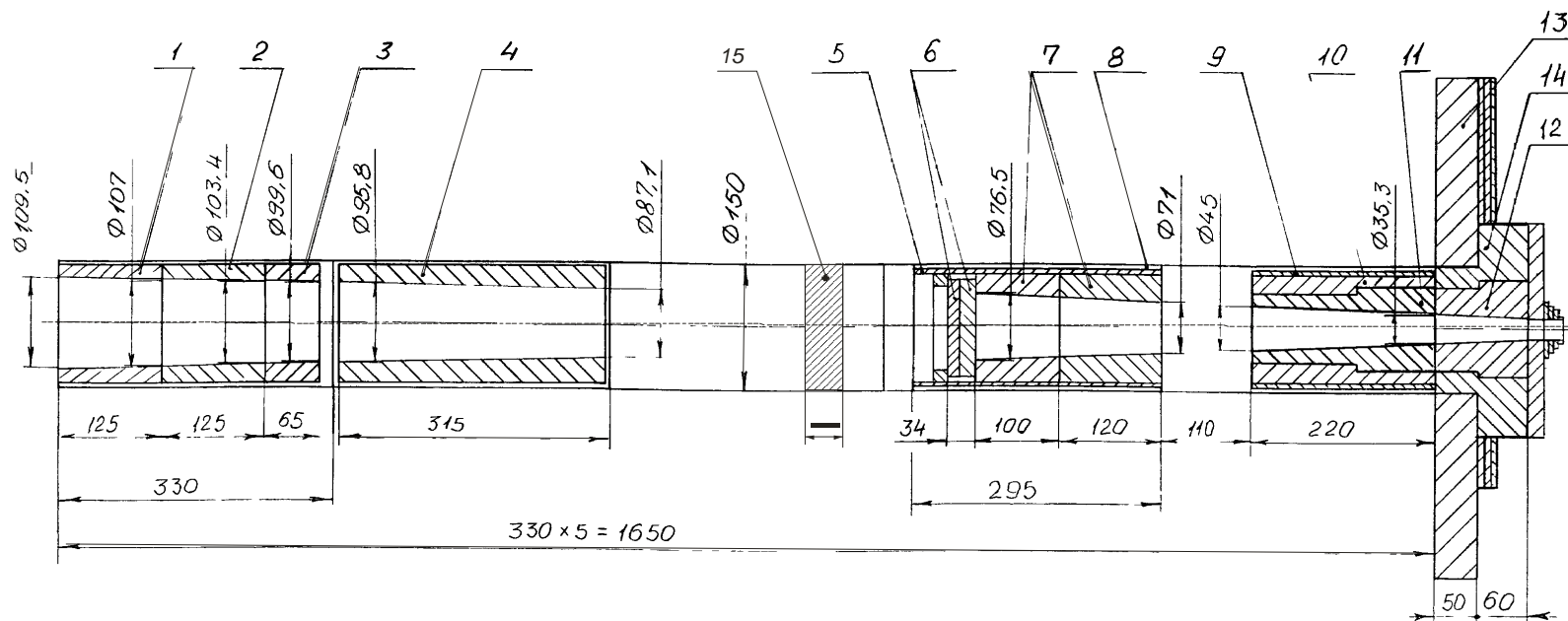
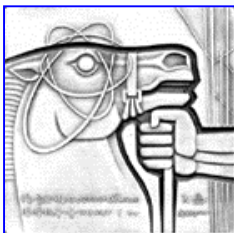
Пределы обнаружения Gd:

- 1 мкг (вертик. канал);
- 20 мкг (гориз. канал)

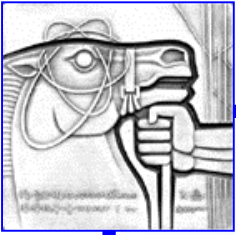
Определение бора методом НРА:



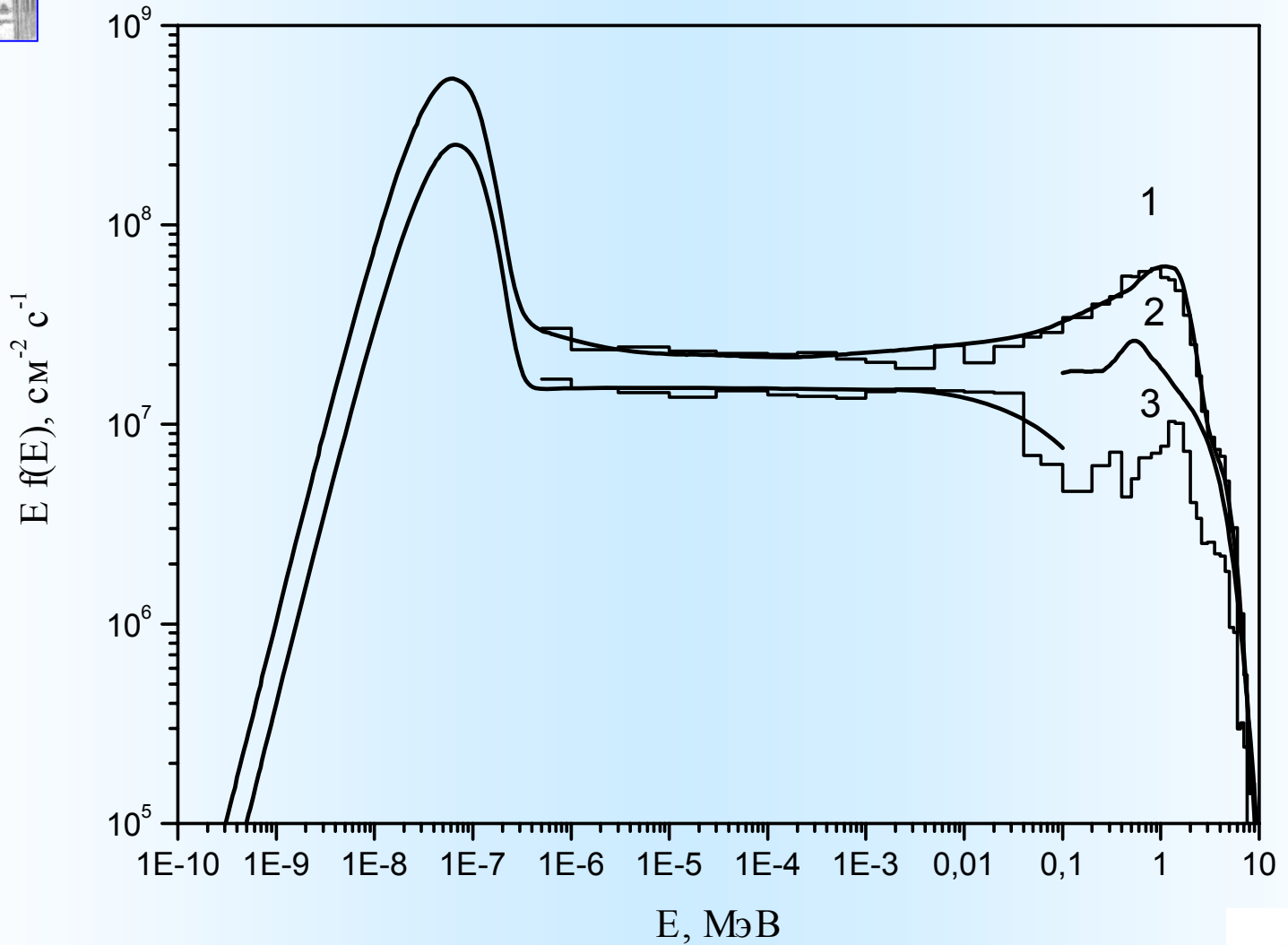
Внутришиберные устройства



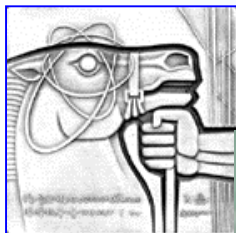
1, 2, 3, 4 – свинцовый коллиматор; 5, 9 – алюминиевая труба; 6 – висмутовый фильтр; 7 - свинцовый коллиматор; 8 – свинцовый «стакан»; 10, 14 – свинцовая вставка; 11,12 – сменный свинцовый коллиматор; 13 – корпус шиберного устройства (нерж. сталь); 15 - алюминиевый фильтр.



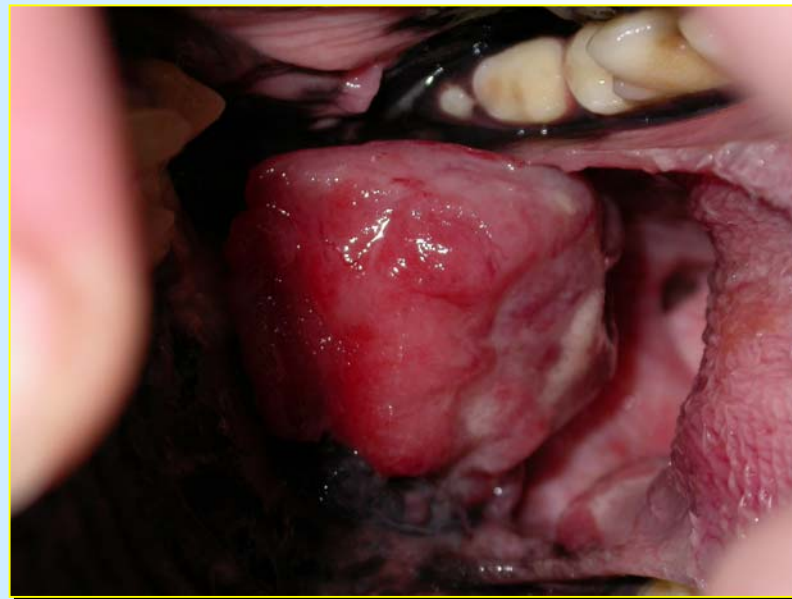
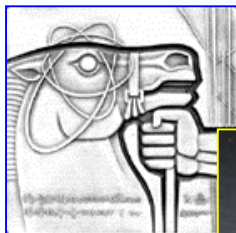
Интегральные спектры нейтронов пучка ГЭК-4



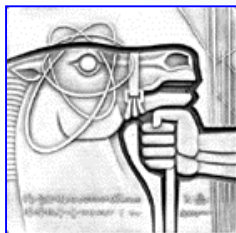
Подготовка животного к облучению



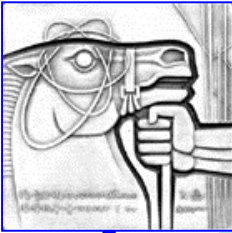
ЖИВОТНОЕ ДО НЗТ И ЧЕРЕЗ 1 ГОД ПОСЛЕ НЗТ



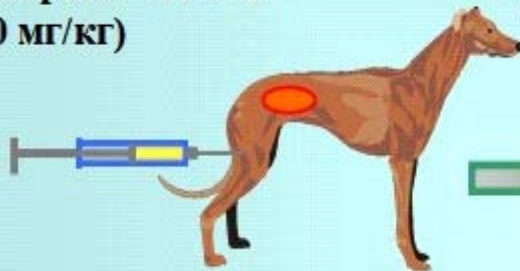
ЖИВОТНОЕ ДО НЗТ И ЧЕРЕЗ 1 ГОД ПОСЛЕ НЗТ



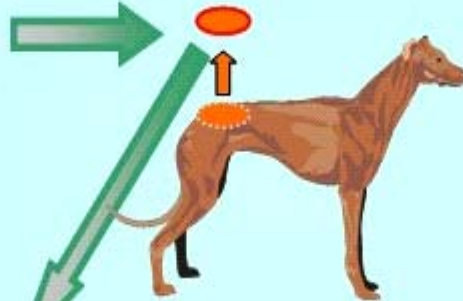
Этапы лечения остеосаркомы



Внутривенное введение
препарата $^{10}\text{BrA-F}$
(300 мг/кг)



Хирургическое удаление
фрагмента кости с
остеосаркомой



Имплантация
фрагмента кости на
прежнее место



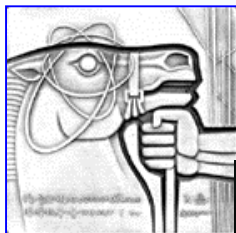
Доставка фрагмента
кости в контейнере
(~10°C) на реактор ИРТ
МИФИ (20 минут)



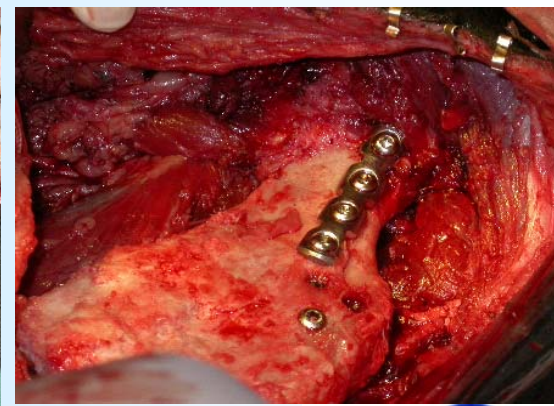
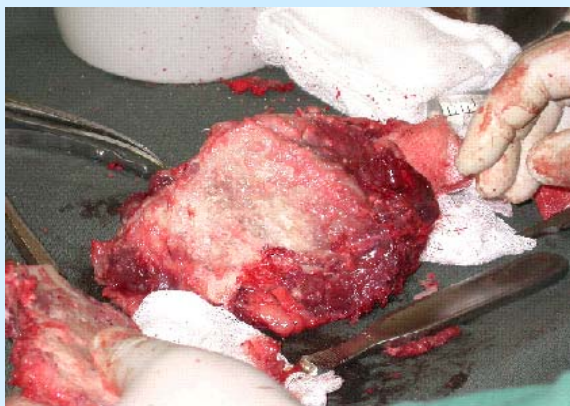
Облучение фрагмента
кости в пучке
нейтронов реактора

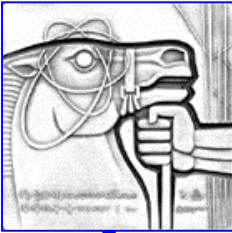


Этапы лечения остеосаркомы



Рентгенограммы (прямая и боковая стандартные проекции) опухоли перед операцией (остеосаркома IIb стадия)





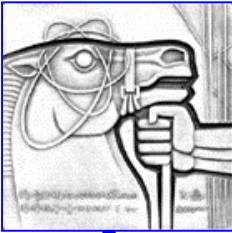
Состояние пациента

Через 2,5 месяца после облучения



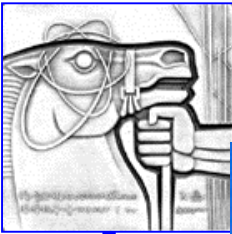
Через 2 года





Лечение остеосаркомы без реплантации

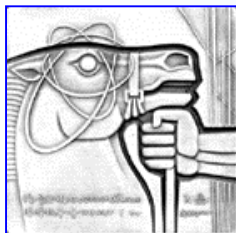




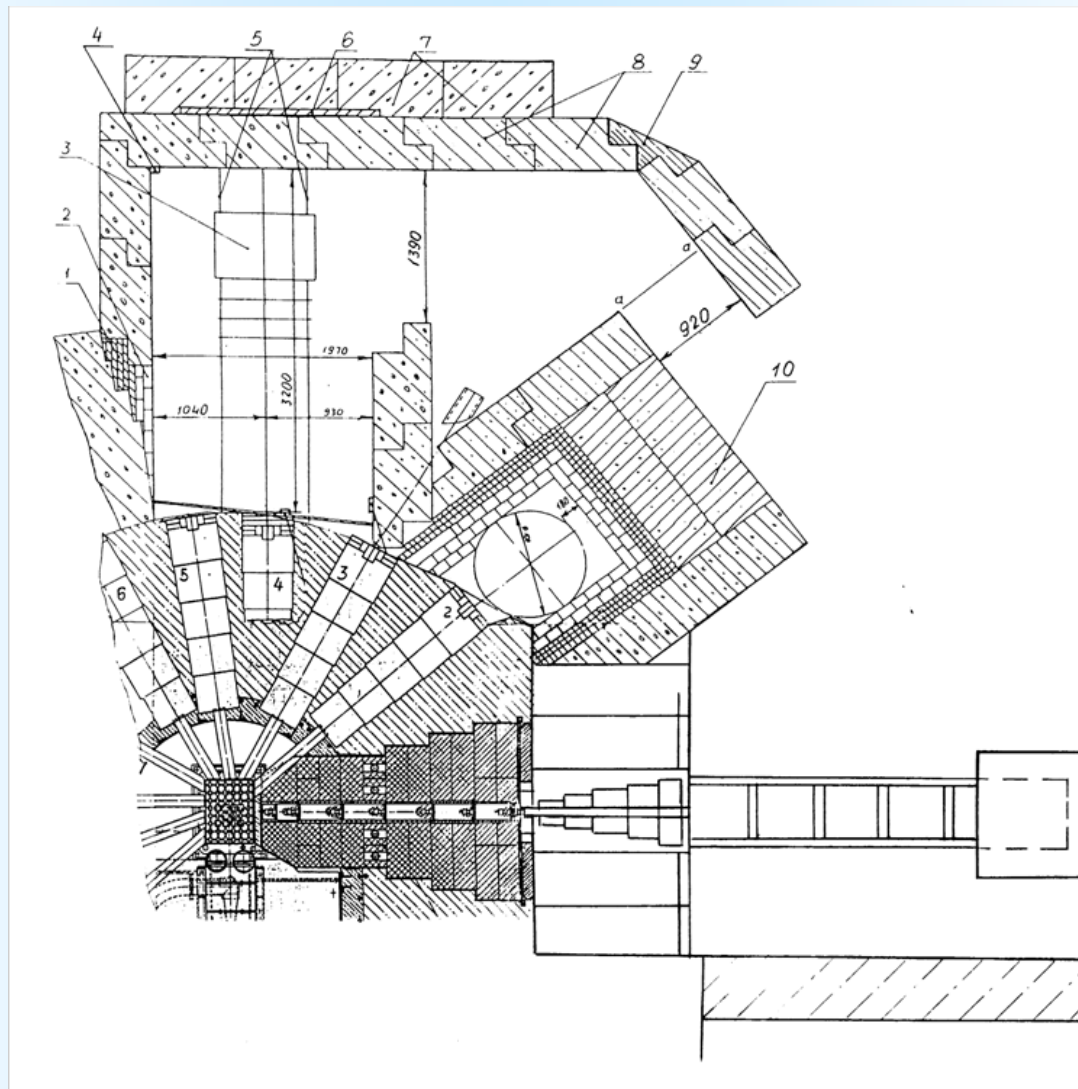
Исследовательские центры НЗТ в мире

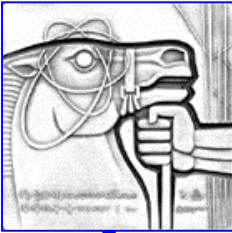
BNCT Clinical Centers Worldwide



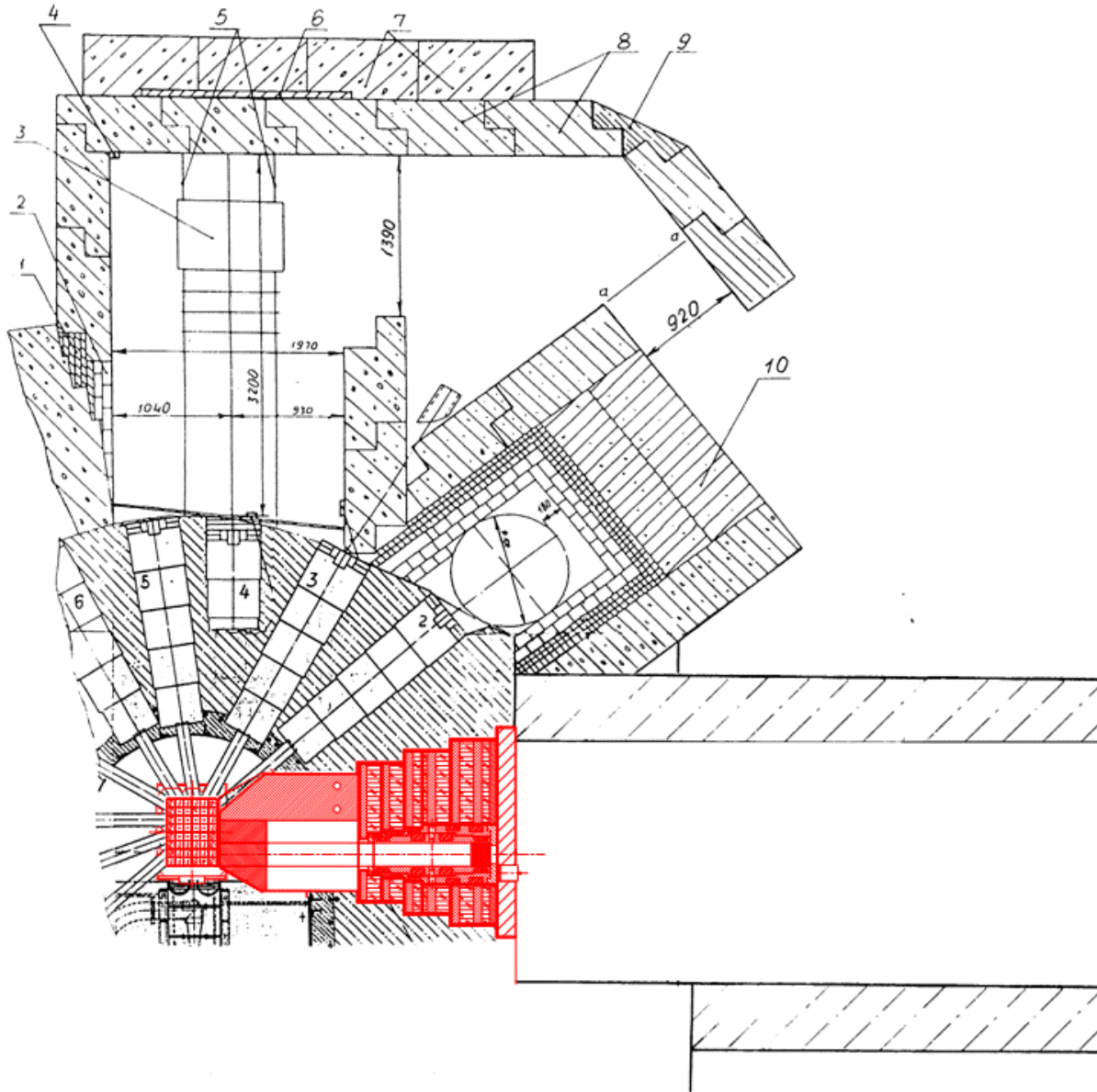


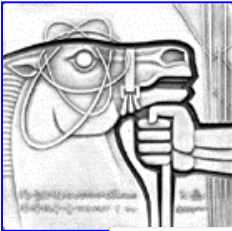
Физический зал реактора



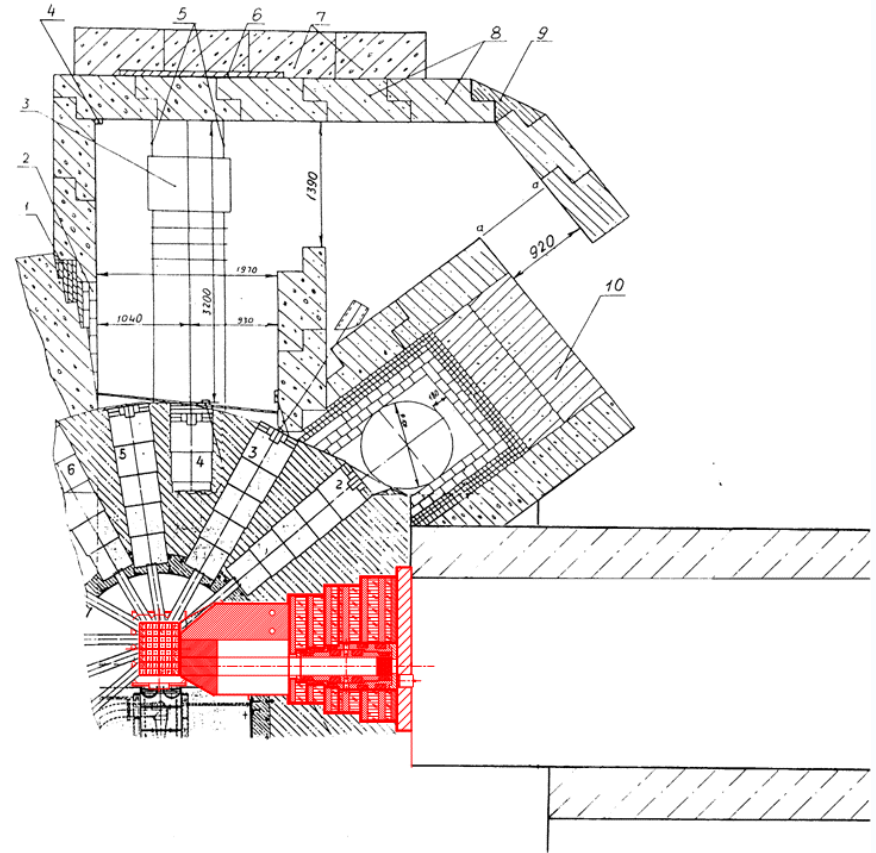
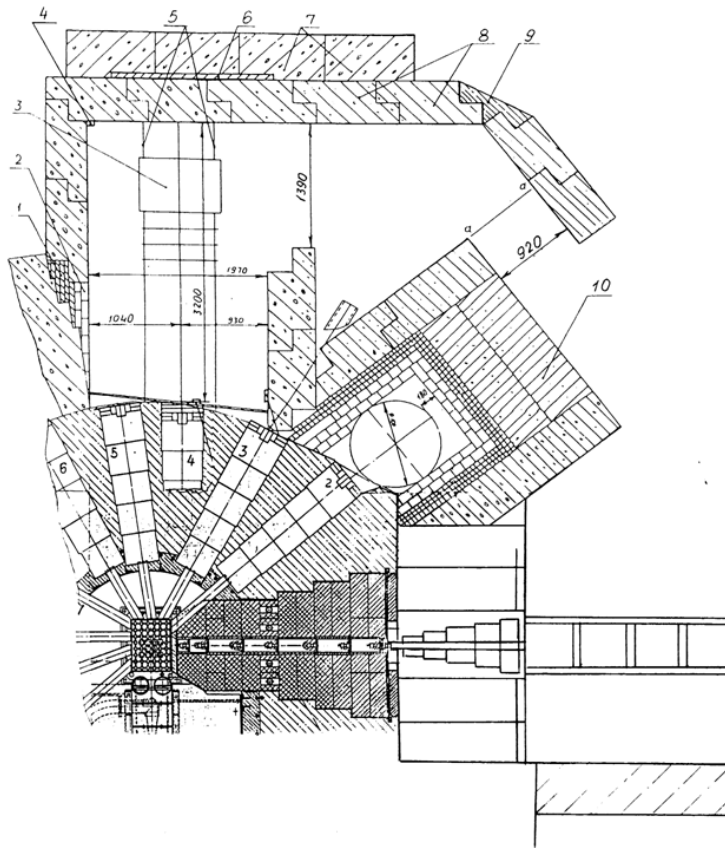


Планируемая реконструкция тепловой колонны

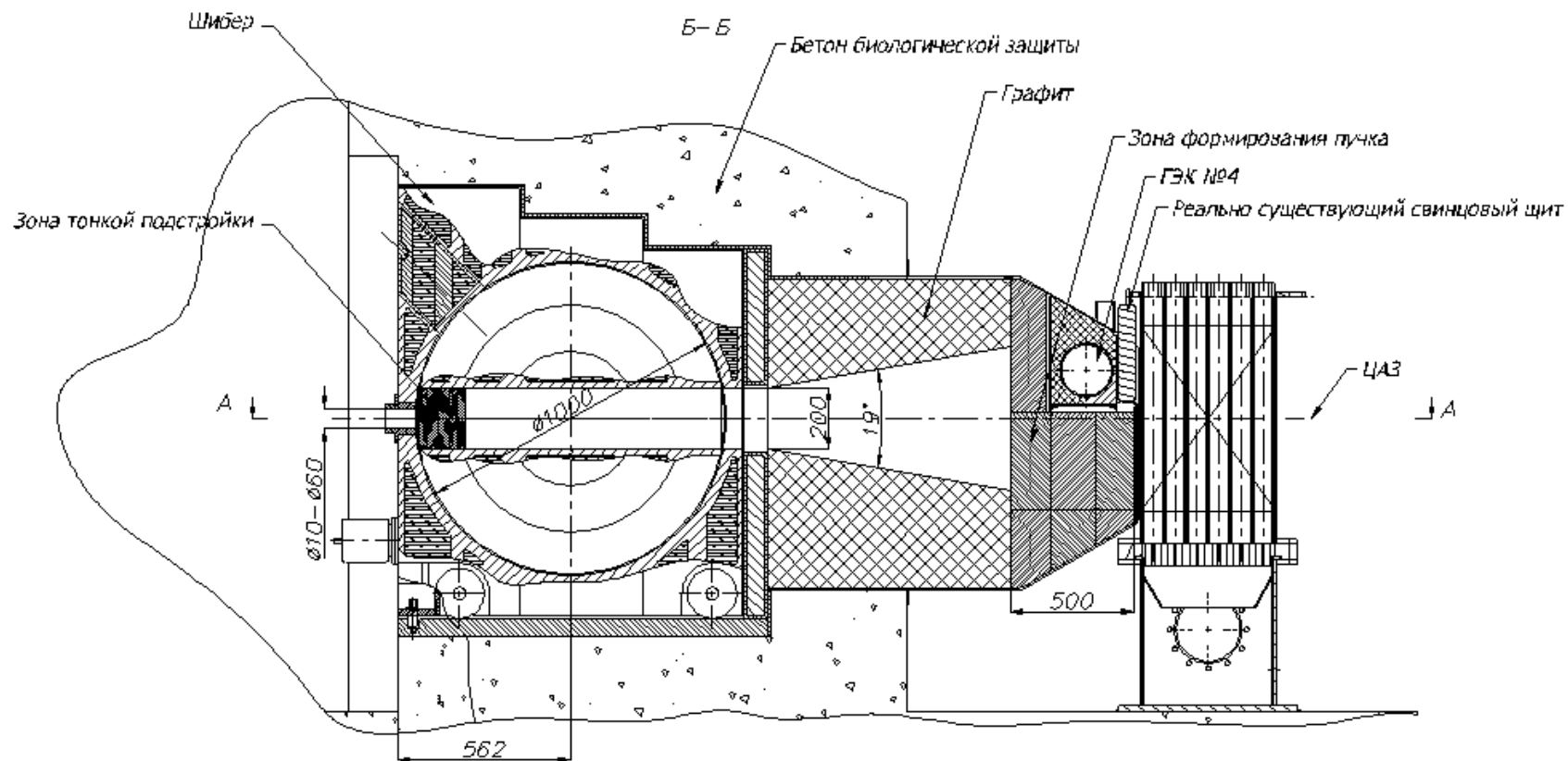
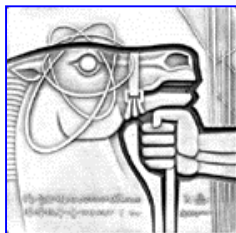




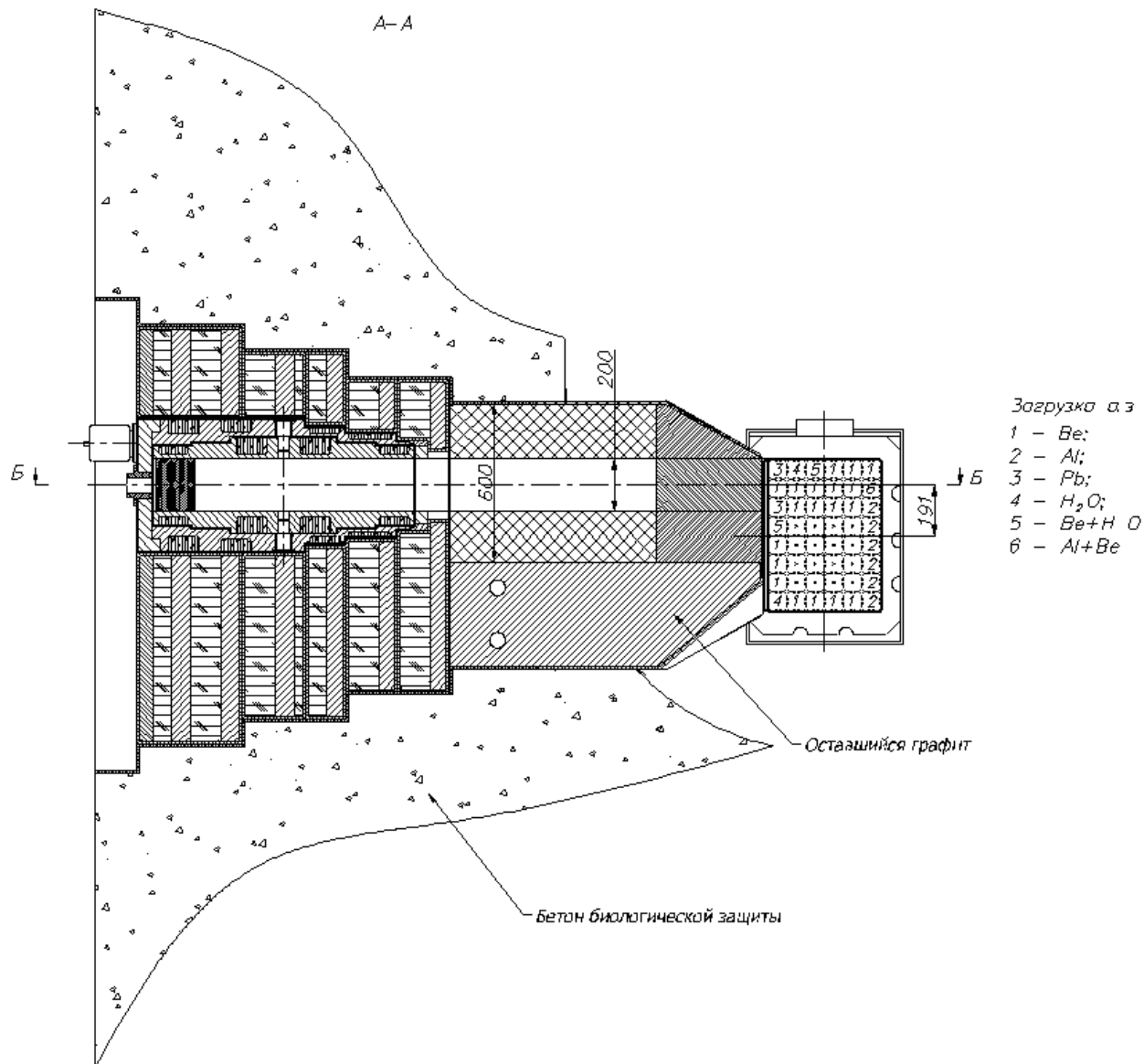
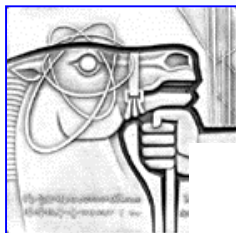
Планируемая реконструкция тепловой колонны



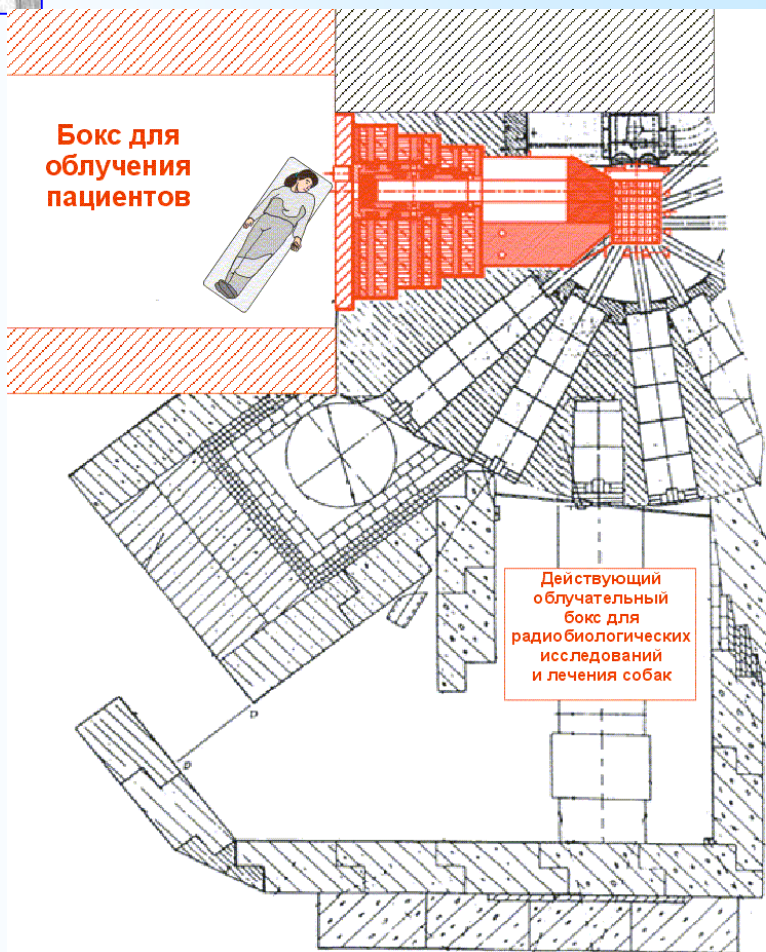
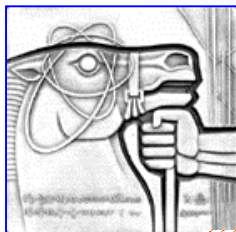
Техническое решение канала



Техническое решение канала

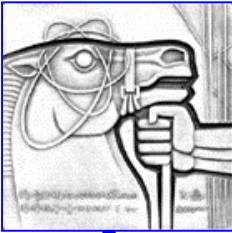


Проект клинического канала НЗТ с использованием тепловых и эпитепловых нейтронов

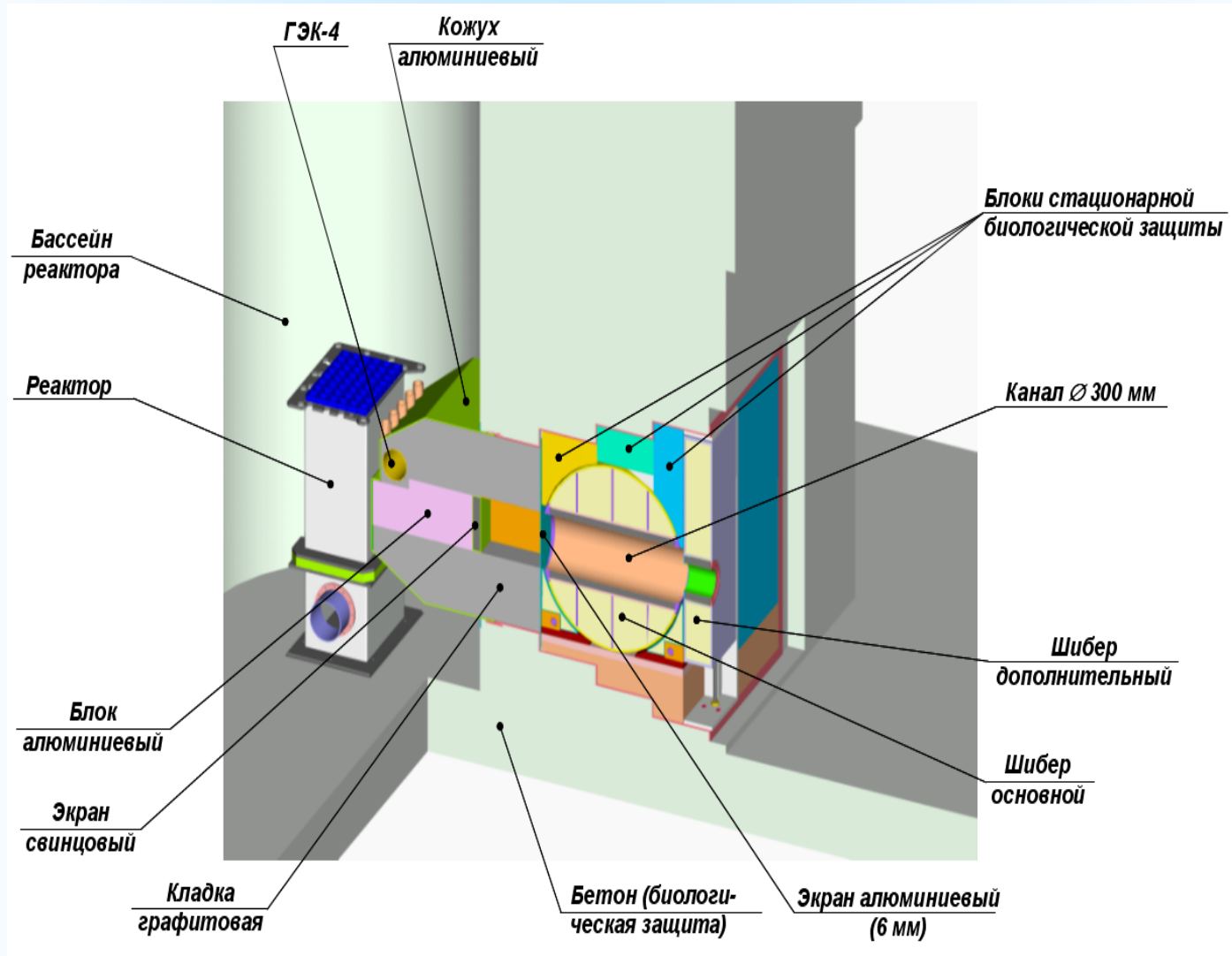


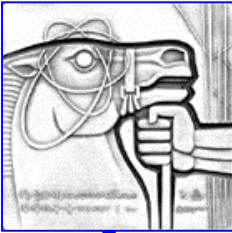
Проектируемые характеристики полей излучений клинического канала

Поток тепловых нейтронов, $n/cm^2 \cdot s$	$1.5 \cdot 10^{+9}$
Поток эпитепловых нейтронов (0.5 эВ - 10 кэВ), $n/cm^2 \cdot s$	$1.3 \cdot 10^{+9}$
Доза быстрых нейтронов / тепловой нейтрон, $Гр \cdot см^2$	$5.0 \cdot 10^{-13}$
Доза быстрых нейтронов / эпитепловой нейтрон, $Гр \cdot см^2$	$5.9 \cdot 10^{-13}$
Доза фотонов / тепловой нейтрон, $Гр \cdot см^2$	$4.3 \cdot 10^{-13}$
Доза фотонов / эпитепловой нейтрон, $Гр \cdot см^2$	$5.1 \cdot 10^{-13}$

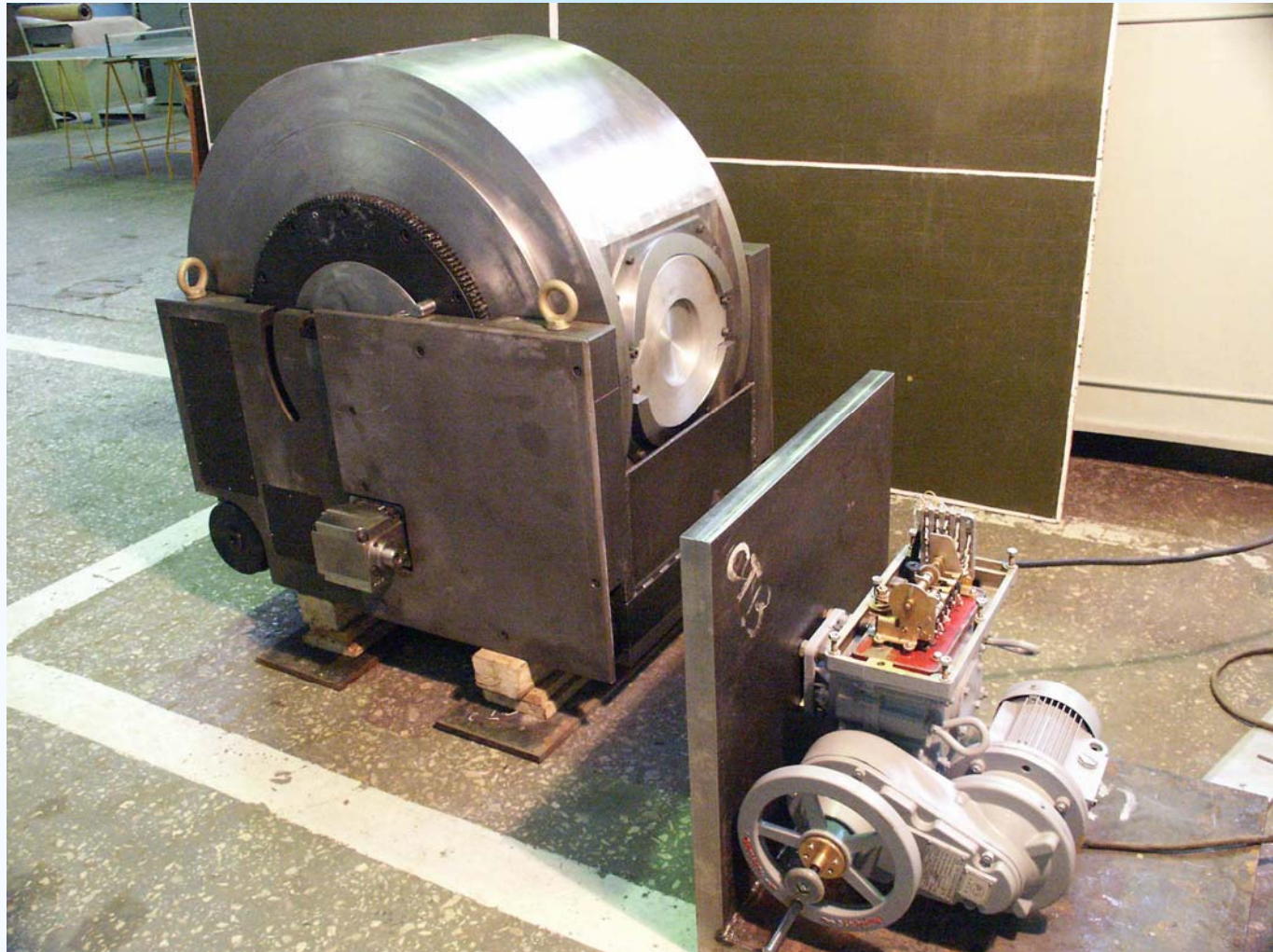


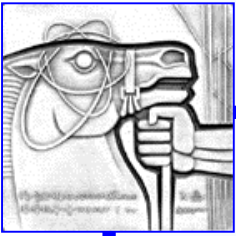
Вертикальный разрез канала





Шибер для ГЭК-1

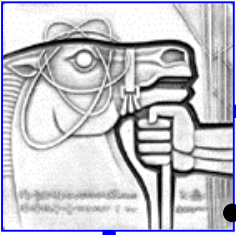




Ю.Лужков, А.Фурсенко на реакторе ИРТ МИФИ



Проблемы



- Отсутствие целевого финансирования на проведение работ по модернизации систем реактора и замену оборудования.
- Вывоз отработавших топливных сборок.
- Продление срока службы оборудования.
- Запредельно высокие цены на топливные сборки.
- Старение персонала и отсутствие пополнения молодыми кадрами.