



В. Н. Пантелеев

Статус проекта ИРИНА

Программа исследований на установке ИРИНА:

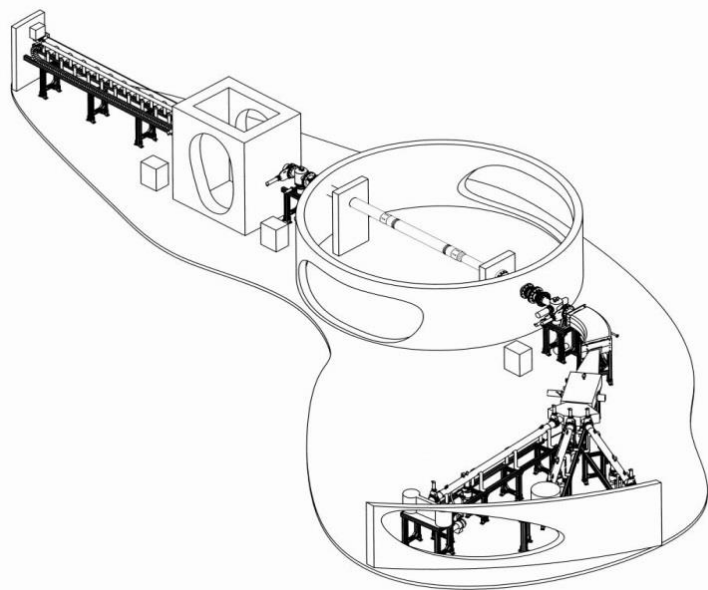
- Исследования формы ядер Te , Sb , Sn , In , Cd and Ag с числом протонов и нейтронов близких к магическим $Z=50$ и $N=82$;
- исследования формы ядер Ge , Ga , Zn , Cu и Ni в области магических чисел протонов и нейтронов $Z=28$ и $N=50$
- выяснение влияния оболочечного эффекта на форму ядер;
- **прецизионные измерения масс ядер вблизи границы нейтронной стабильности ядер (установка ПИТРАП) – следующий этап;**
- исследования возможности получения радионуклидов высокой чистоты для медицины;
- исследования по физике твердого тела

Новые разработки, которые будут использоваться на масс-сепараторе комплекса ИРИНА:

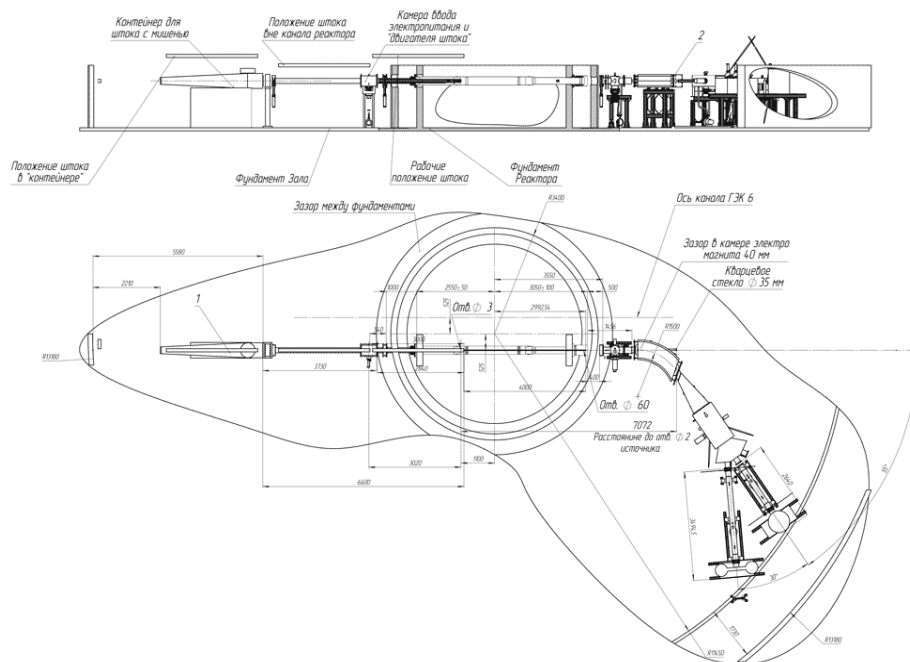
- **мишень из монокарбида урана-235 высокой плотности,**
- **лазерный ионный источник**

Схема расположения установки ИРИНА в зале горизонтальных каналов

Из начального эскизного проекта (НИИЭФА)



Проект на сегодня (НИИЭФА)



Внутри канала реактора: мишень-ионный источник, вытягивающий электрод, две фокусирующие линзы.

Экспериментальный зал, канал 5: съемный защитный бокс-контейнер, система откачки на высокий вакуум с отсечными шиберами. Канал 5' - масс-сепаратор с ионными трактами, лентопротяжным устройством с детекторами.

Внешний зал: система ловушек PITRAP (следующий этап).

Лабораторные помещения 106,107: лазерная установка, пульта управления экспериментом.

Изменения в проекте ИРИНА, внесенные в процессе разработки.

Уменьшение массы мишени с 4 до 2 г урана-235 (требования по условиям работы с ураном-235).

Уменьшение внутреннего диаметра канала с 260 до 200-150 мм (для уменьшения фона нейтронов на выходе биологической защиты).

Замена материала штока-держателя мишени с алюминия на цирконий со снятием принудительного водяного или гелиевого охлаждения

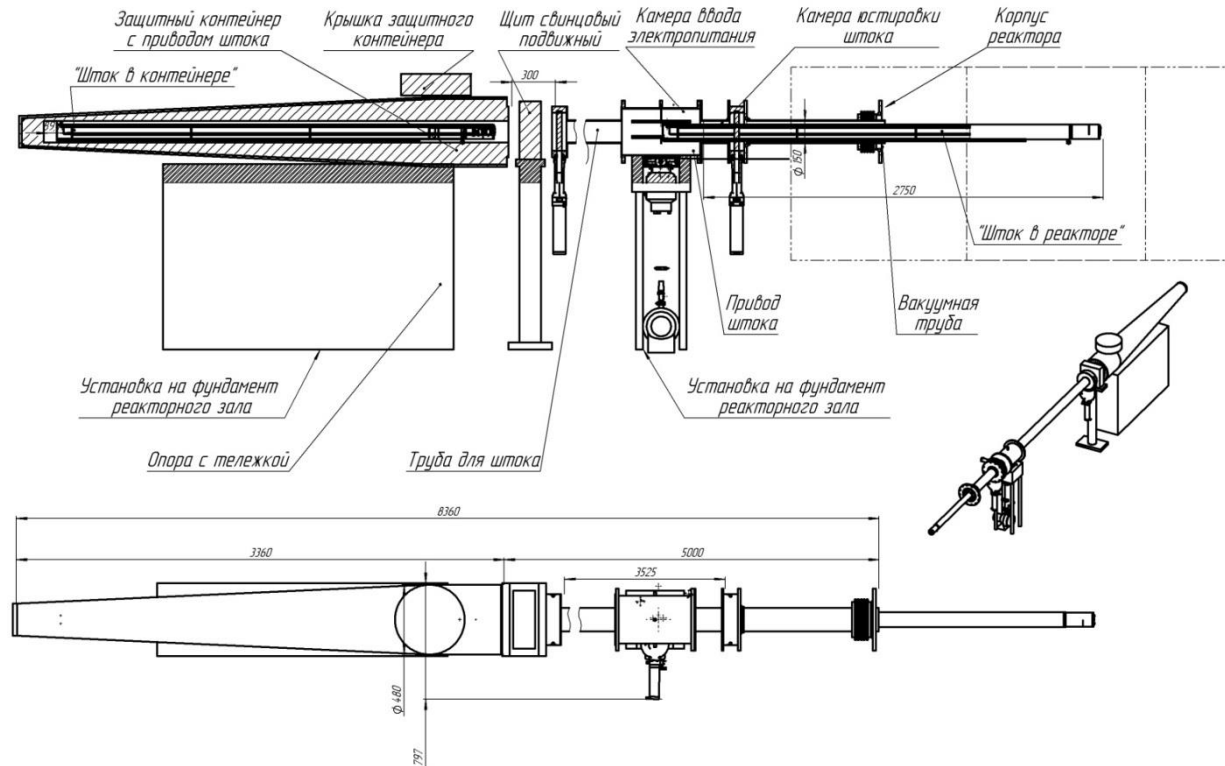
Использование канала реактора в качестве вакуумного объема для транспортировки пучка ионов от мишенно-ионного устройства на вход магнита масс-сепаратора вместо первоначально планируемой трубы-вставки.

Уменьшение числа ионных трактов до двух.

Уменьшение длины ионных трактов на 1,5 м.

Замена горячей камеры на сменный защитный бокс-контейнер.

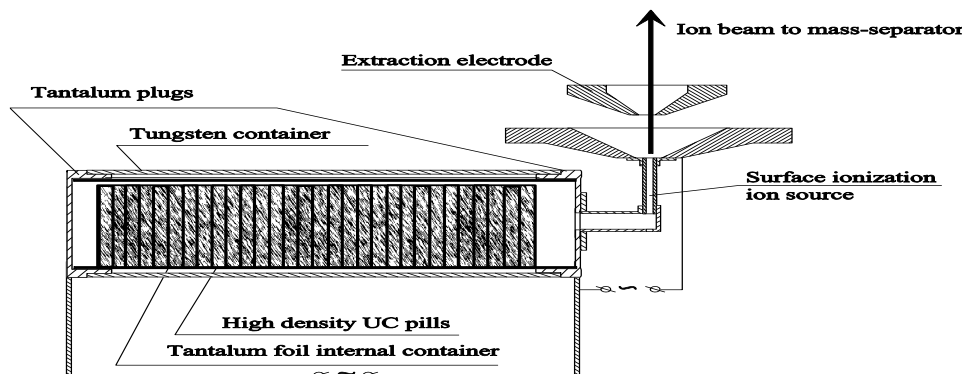
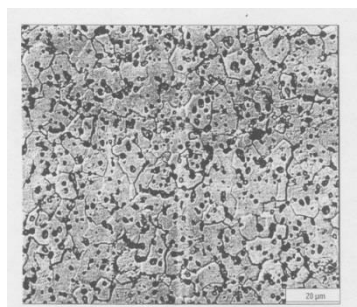
Выдвижной шток с мишенно-ионной системой и сменным защитным блок-контейнером



Мишенное устройство

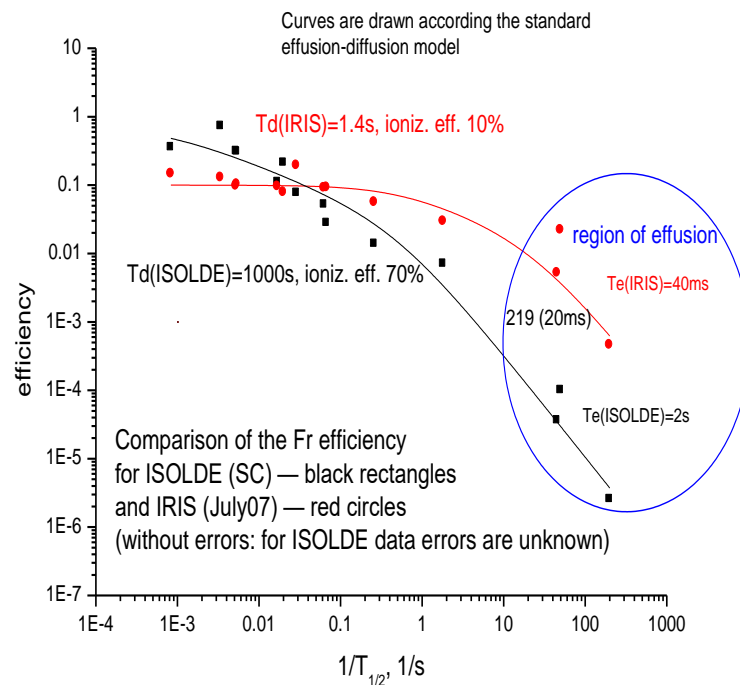
Мишенное устройство установки ИРИС

(ИРИС - ^{238}U HD мишенное вещество в графитовом вольфрамовом контейнере)

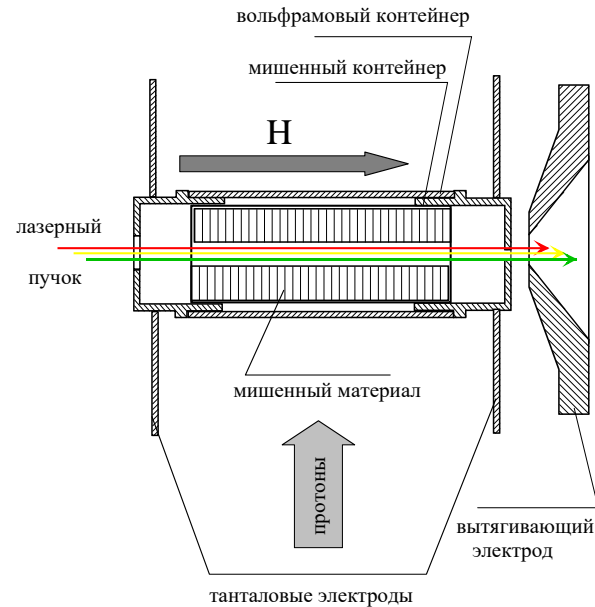
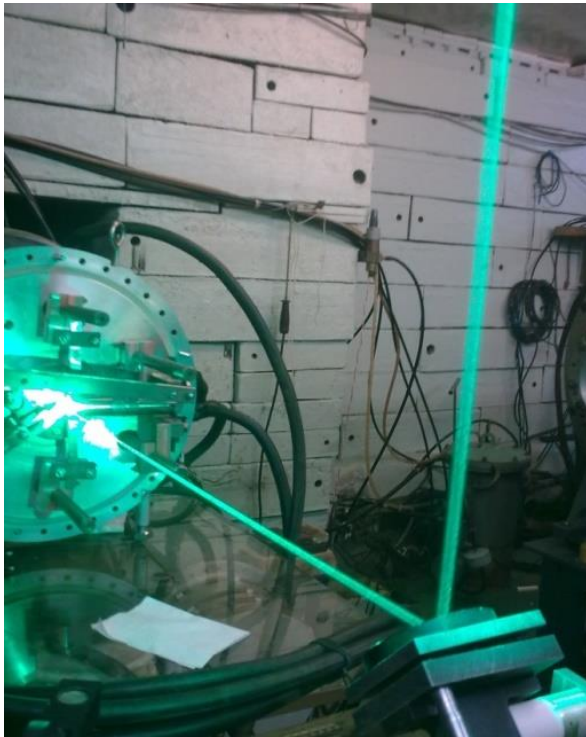


Размеры внутреннего контейнера мишени:
 длина - 8 см, диаметр - 1,6 см, площадь
 внутренней поверхности - 44 см²
 диаметр выходного отверстия источника 1.5 мм
 площадь 0.017 см²

$S_M/S_{\text{и}} = 2500 \approx$ число столкновений
 со стенками внутри контейнера.
 Толщина дисков - 2 мм



Совмещенная мишень – лазерный ионный источник (ионизация осуществляется в объеме мишени, тестировано на установке ИРИС)



Размеры внутреннего контейнера мишени:
длина - 5 см, диаметр - 1,2 см, площадь
внутренней поверхности - 20см²
диаметр выходного отверстия источника 1.5 мм
площадь 0.017 см²
 $S_m/S_{и} = 1200 \approx$ число столкновений
со стенками внутри контейнера.
Толщина дисков - 0.02 мм

Время выделения в процессе диффузии

$$t_{\text{diff}} \sim a^2/D,$$

где a - толщина пластины, D - коэффициент диффузии

$$D = D_0 \times \exp(-Q/RT),$$

где D_0 - постоянная диффузии,

Q - энергия активации диффузии, R - постоянная Ридберга,

T - температура материала (К)

Коэффициент потерь в процессе диффузии, когда время выделения больше периода полураспада

$$K \sim (T_{1/2}/t_{\text{diff}})^{1/2},$$

где $T_{1/2}$ - период полураспада, t_{diff} - время диффузии

Время выделения в процессе десорбции с внутренней поверхности мишенной капсулы при одном столкновении (уравнение Френкеля)

$$t_{des} = t_0 \times \exp(U_0/kT),$$

где t_{des} - время сидения на поверхности при одном столкновении, t_0 - период колебаний адсорбированного атома, U_0 - энергия активации десорбции, k - постоянная Больцмана

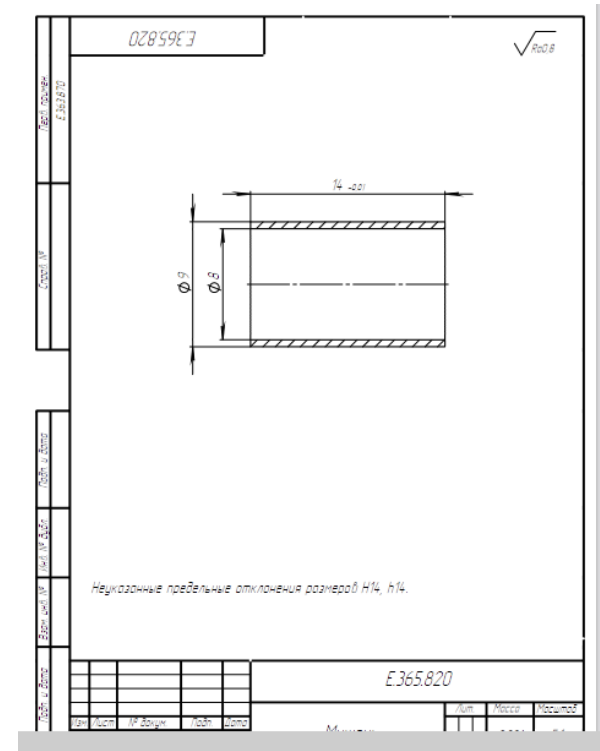
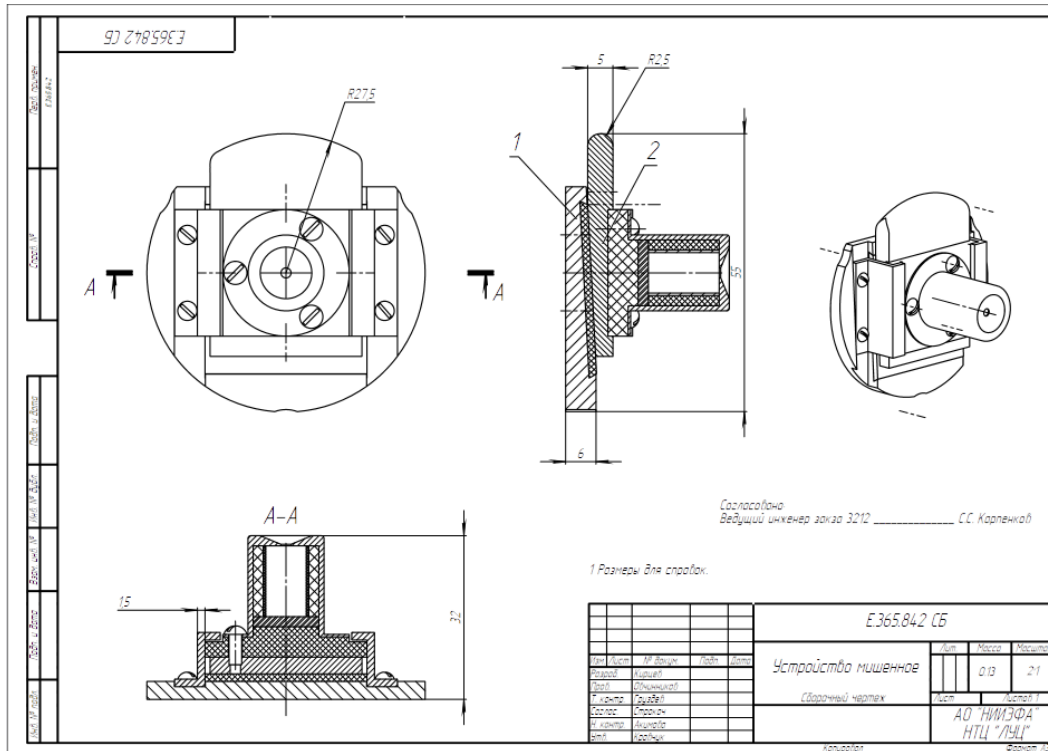
Суммарное время задержки, определяемое десорбцией с внутренней поверхности мишенной капсулы

$$T_{des} = t_{des} \times N,$$

где N число столкновений с внутренней поверхностью мишенной капсулы

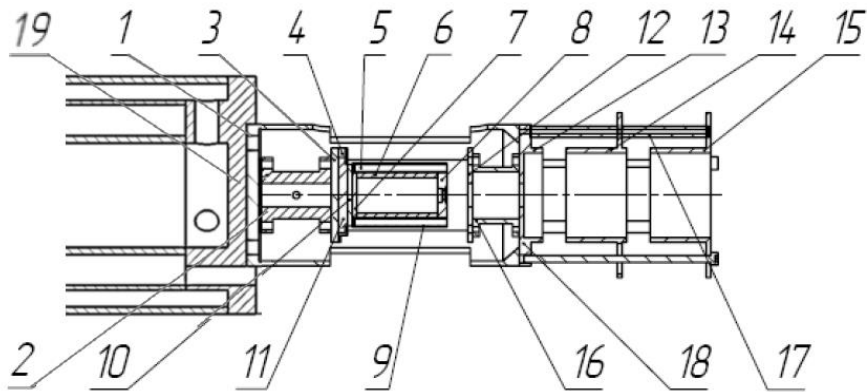
Мишенное устройство установки ИРИНА

(ИРИНА - ^{235}U HD мишенное вещество в графитовом танталовом контейнере, лазерная ионизация осуществляется в объеме мишени)



Размеры внутреннего контейнера мишени:
 длина - 1.4 см, диаметр - 0.8 см, площадь
 внутренней поверхности - 3.5 см²
 диаметр выходного отверстия источника 1.5 мм²
 площадь 0.017 см²
 $S_m/S_{и} = 200 \approx$ число столкновений
 со стенками внутри контейнера.
 Толщина - 0.5 мм

Мишень в сборке с ионо-оптической системой



Мишень –
высокообогащенный монокарбид ^{235}U
высокой плотности,
масса урана – **2 g**

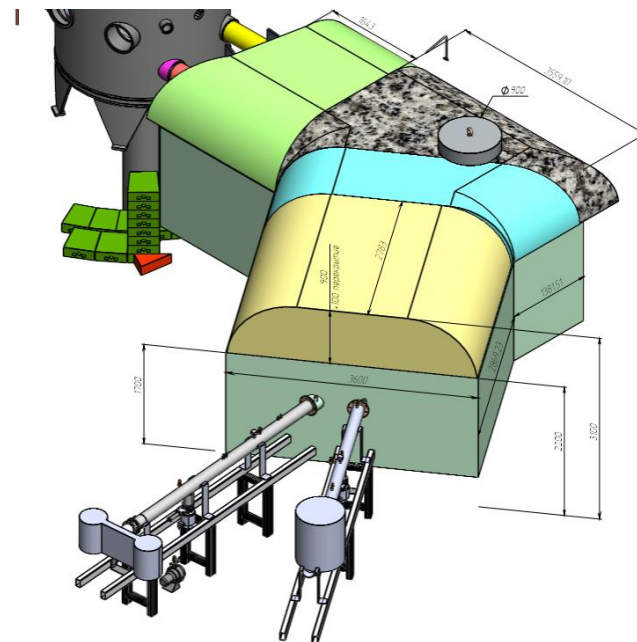
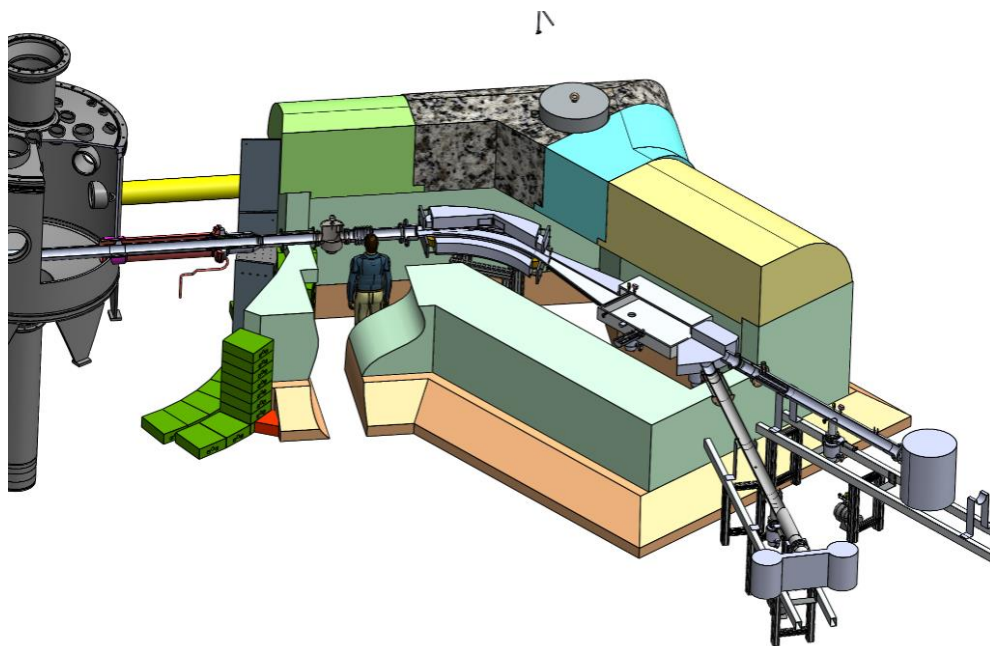
Нейтронный поток через мишень –
до **$1.3 \times 10^{13} \text{ n/cm}^2\text{s}$**

Выделяемая мощность на мишени –
до **1.5 kW**,
температура мишени до **1500 °C**

1-тепловой экран; 2-изолятор; 3-ниобиевый диск; 4-ниобиевая рамка;
5-корпус мишени; 6-УС мишень внутри графитового контейнера;
7,8-крышки из пиролитического графита; 9- танталовый тепловой экран; 10-танталовый держатель мишени; 11-пластина из пиролитического графита; 12-вытягивающий электрод; 13,14,15- электроды фокусирующей линзы; 16,17-изоляторы;18- фланец фокусирующей линзы; 19- выдвигной стержень.

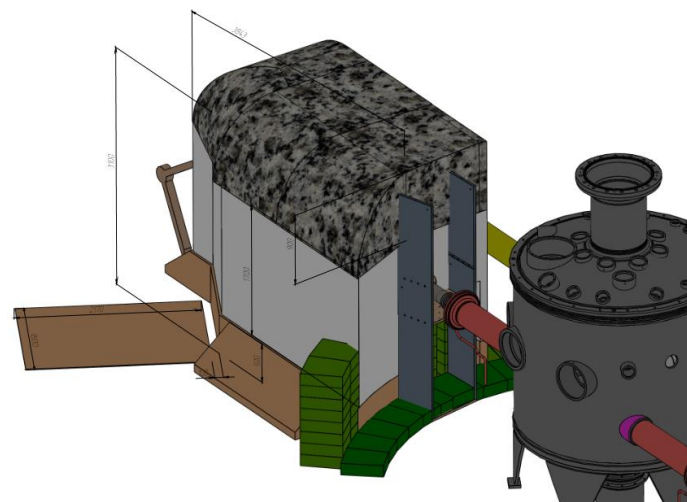
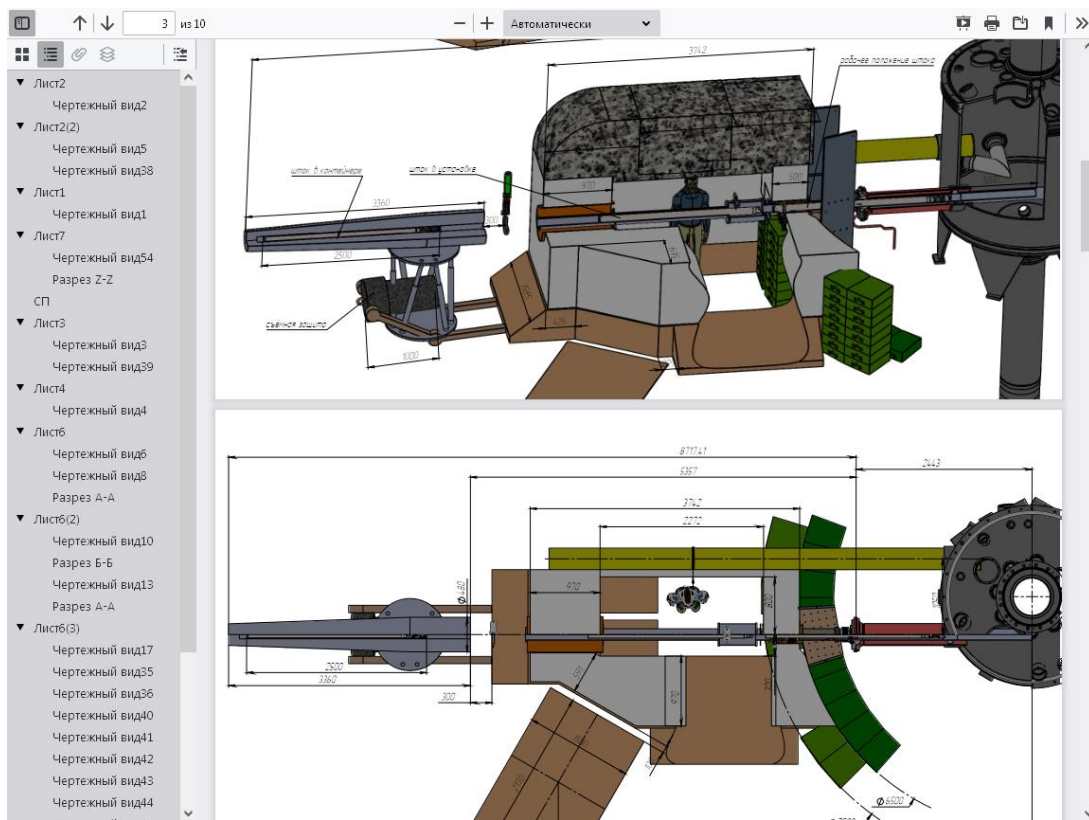
Биологическая защита

Установки ИРИНА в биологической защите со стороны канала 5 ' (исполн. инженер-конструктор А.Ю. Скальненков)

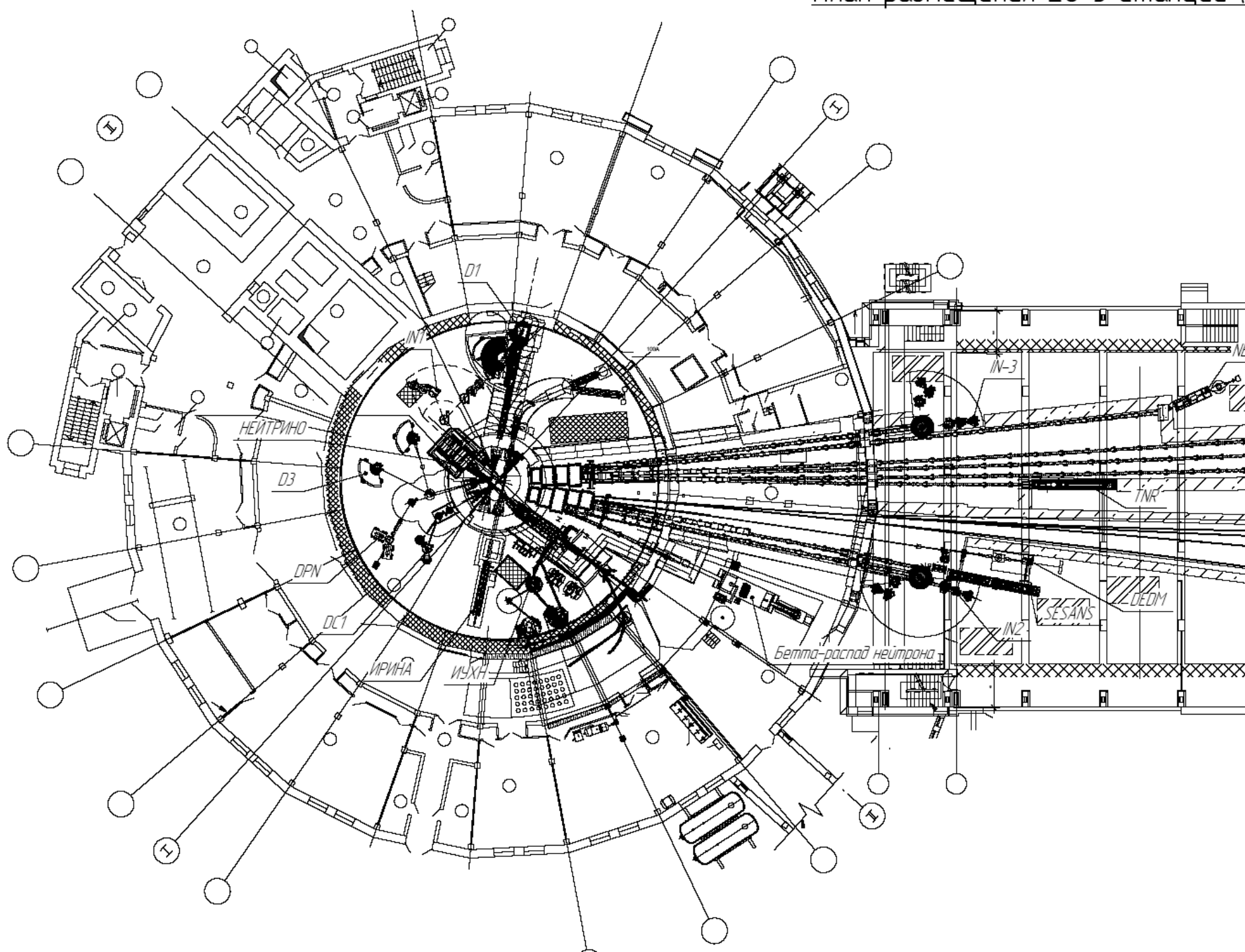


**Толщина защиты из утяжеленного бетона плотностью $3,6 \text{ г/см}^3$
с боков и сверху $0,80 \text{ м}$, по ходу пучка $1,2 \text{ м}$**

Установки ИРИНА в биологической защите со стороны канала 5 (исполн. инженер-конструктор А.Ю. Скальненков)



С боков и сверху толщина стенок 0,8 м, по ходу пучка 1,2 м



Проект ИРИНА – разработки, проектирование и поставка оборудования

2021-2022

подписание контрактов на конструирование, изготовление и поставку частей установки ИРИНА

2022-2023

Проектирование масс-сепараторной части установки ИРИНА, изготовление РКД, закупка материалов, изготовление, поставка

2022-2023

Проектирование лазерной системы установки ИРИНА, изготовление РКД, закупка материалов, изготовление, поставка

2022-2024

Проектирование биологической защиты установки ИРИНА, изготовление РКД, закупка материалов, изготовление, строительство

Спасибо за внимание,

с наступающим Новым Годом!