



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



ПЕТЕРБУРГСКИЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ  
ФИЗИКИ

Россия, 188300, Ленинградская область, г. Гатчина, Орловского

В. Н. Пантелеев

# Статус проекта ИРИНА

## Рабочая группа проекта ИРИНА

- В.Н. Пантелеев - научный руководитель  
Д.В.Федоров - ответственный по установке  
А.Е. Барзах - вед. н. сотр.  
М.Д. Селиверстов - ст. н. сотр.  
П.Л. Молканов - н. сотр.  
В.С. Толичев - м. н. с.  
А.Ю. Скальненков - инж. конструктор

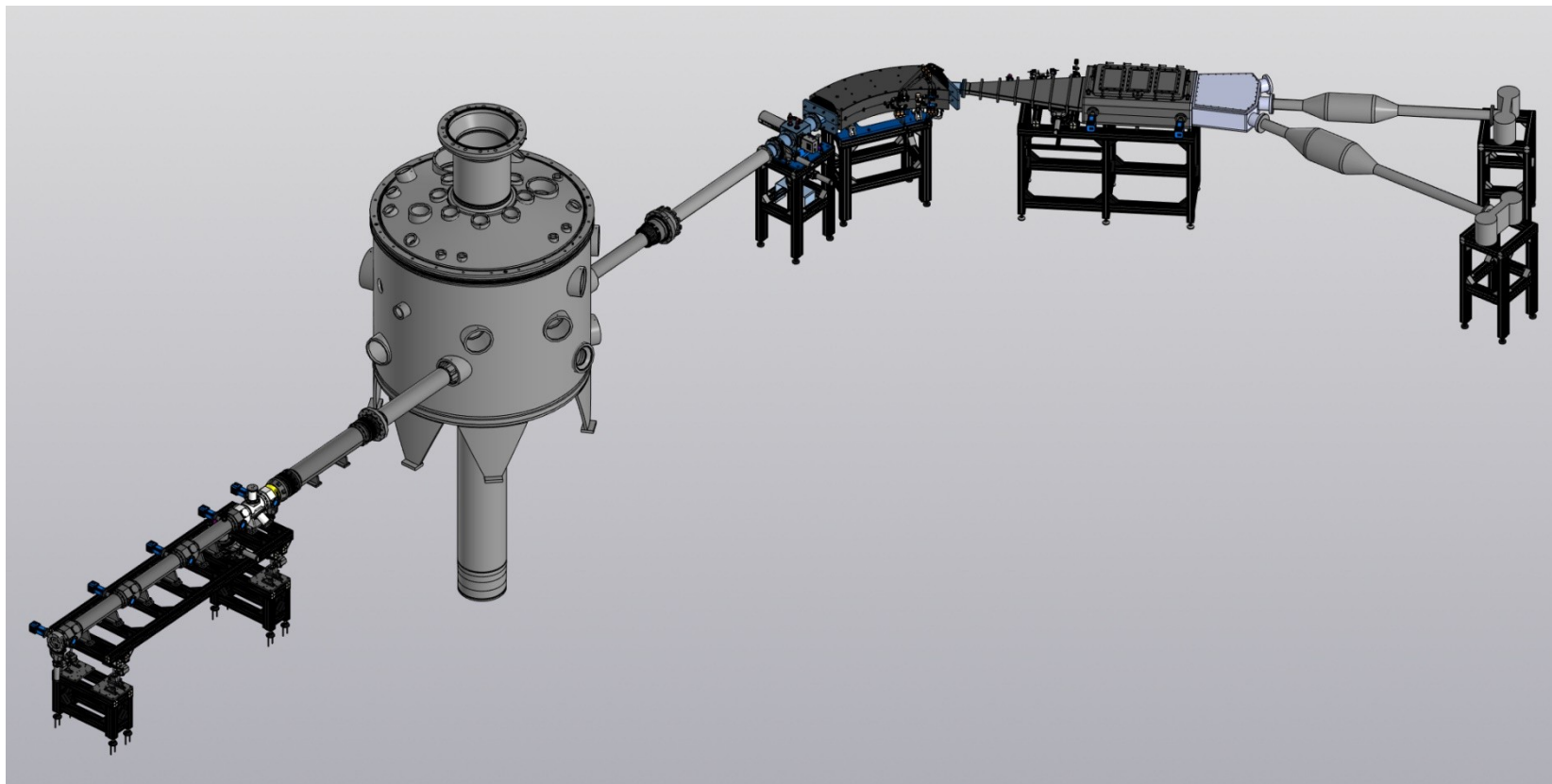
# Программа исследований на установке ИРИНА:

- 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;
- 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



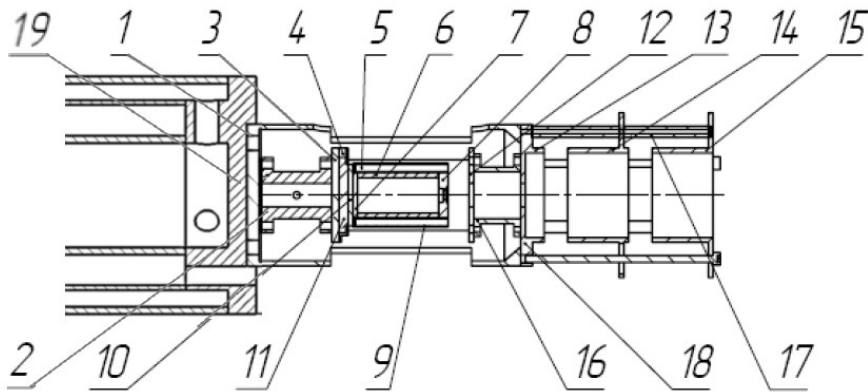
**Внутри канала реактора: мишень-ионный источник, вытягивающий электрод, две фокусирующие линзы.**

**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.**

**Лабораторные помещения 106,107: лазерная установка, пультаы управление экспериментом.**

**Мишенное устройство**

## Мишень в сборке с ионо-оптической системой



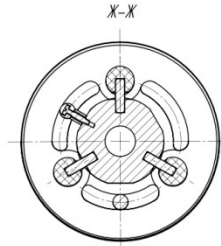
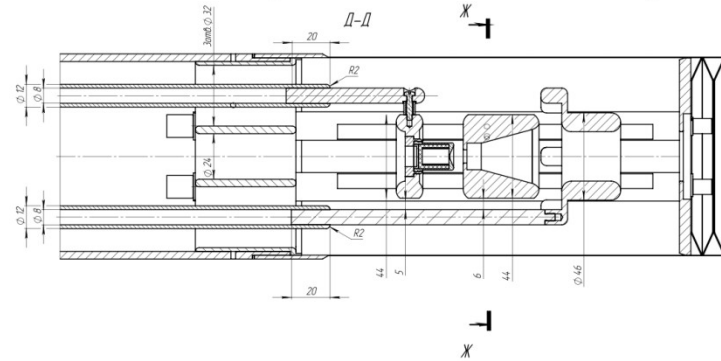
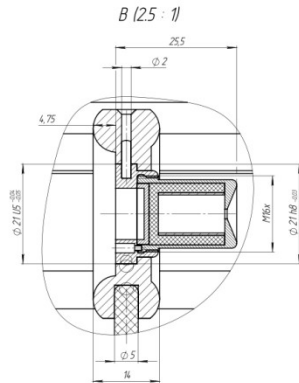
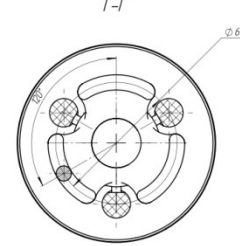
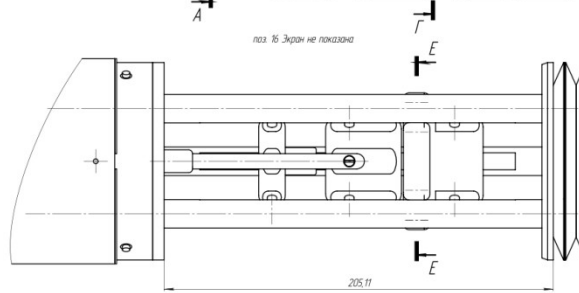
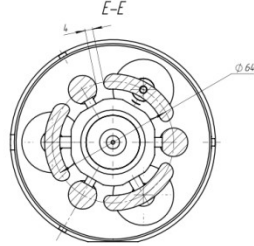
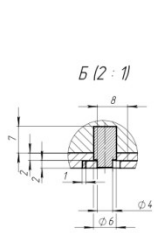
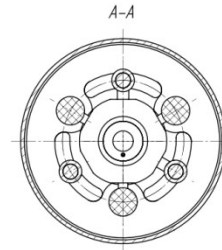
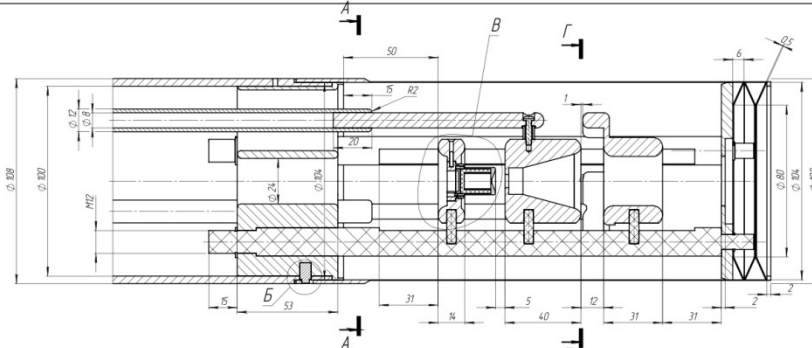
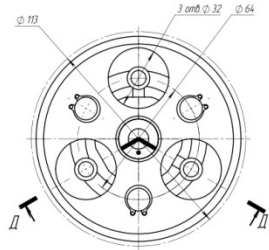
Мишень –  
высокообогащенный монокарбид  $^{235}\text{U}$   
высокой плотности,  
масса урана – **2 g**

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

Выделяемая мощность на мишени –  
до **1.4 kW**,  
температура мишени до **1400 °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.

Э.370.603 СБ

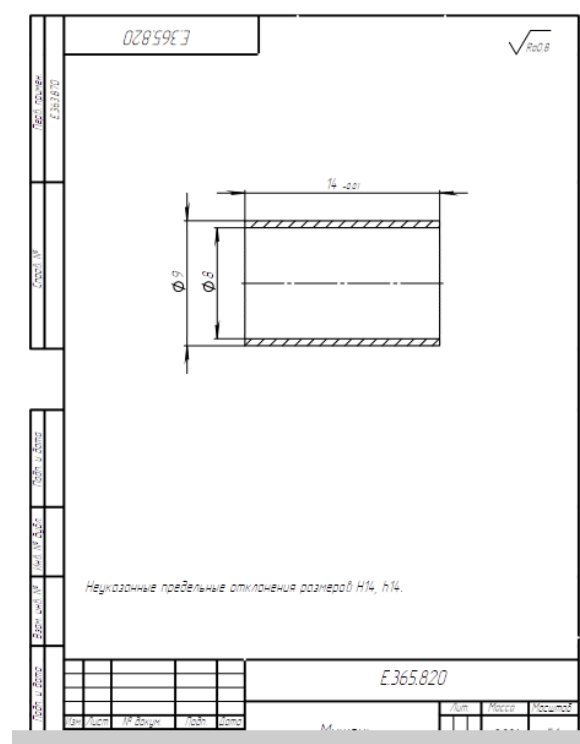
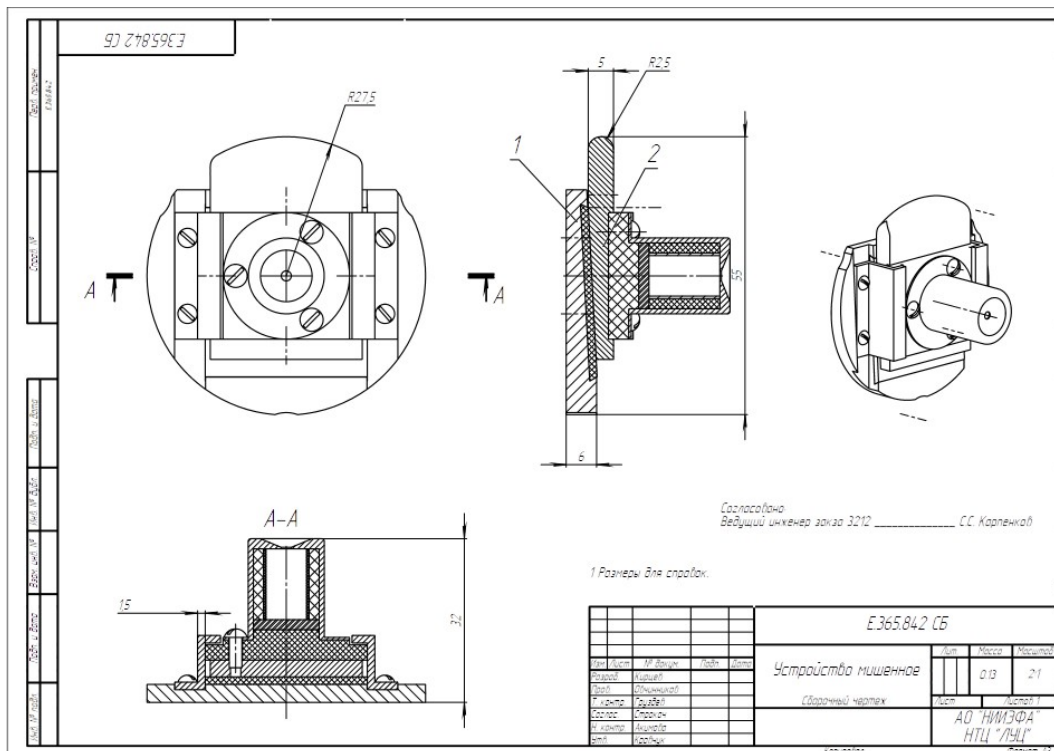


Исполн.	Провер.	Утверд.	Дата

				Э.370.603 СБ		
Диз.	Асс.	У. Висс.	Техн.	Возв.	Масса	Масштаб
Листов	Материал	Качество	Корпус	Корпус	7.79	1:1
Г. констр.	Г. изобр.	Г. изобр.	Г. изобр.	Асс.	Масштаб	?
У. констр.	А. констр.	К. констр.	К. констр.	АО "НИИЭФА" НЦ "ЛЭЯ"		

# Мишенное устройство установки ИРИНА

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

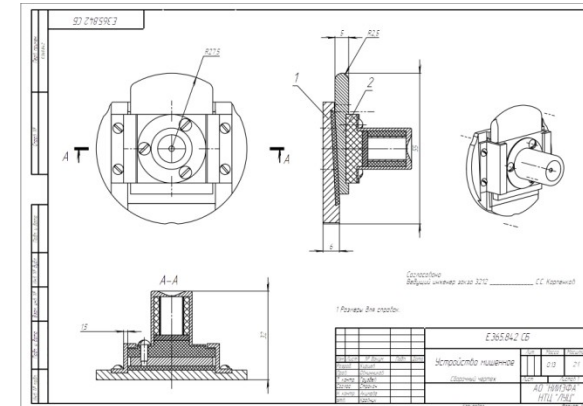
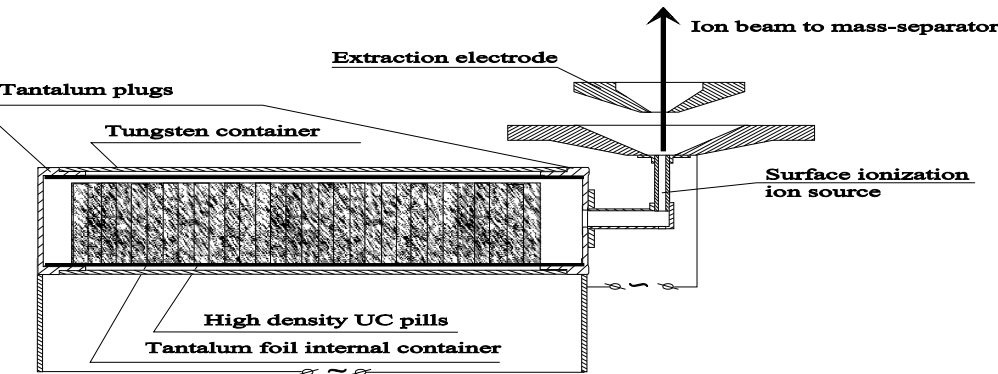
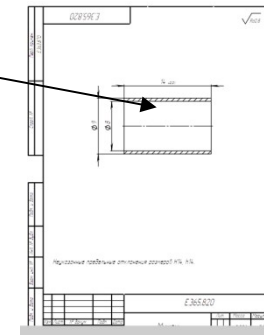
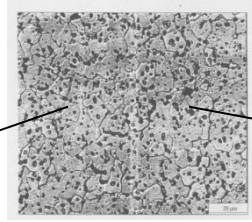
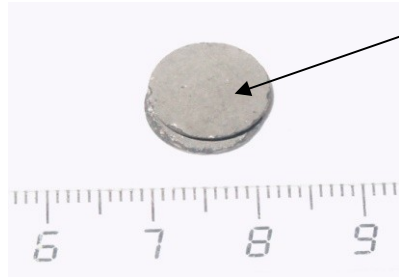


Размеры внутреннего контейнера мишени:  
 длина - 1.4 см, диаметр - 0.8 см, площадь  
 внутренней поверхности - 3.5 см<sup>2</sup>,  
 диаметр выходного отверстия источника 2 мм,  
 площадь 0.031 см<sup>2</sup>,  
 $S_m/S_{и} = 110$  (число столкновений  
 со стенками внутри контейнера).  
 Толщина стенки мишенного цилиндра - 0.5 мм



# Сравнение быстродействия мишенного устройства установки ИРИС и установки ИРИНА

ИРИС - мишенное вещество  $^{238}\text{UC}$  HD; ИРИНА - мишенное вещество  $^{235}\text{UC}$  HD



Размеры внутреннего контейнера мишени:  
 длина - 8 см, диаметр - 1,6 см, площадь  
 внутренней поверхности - 44 см<sup>2</sup>  
 диаметр выходного отверстия источника 2мм  
 площадь 0.031 см<sup>2</sup>  
 $S_m/S_{и} = 1300$  (число столкновений  
 со стенками внутри контейнера).  
 Толщина дисков - 2 мм

Размеры внутреннего контейнера мишени:  
 длина - 1.4 см, диаметр - 0.8 см, площадь  
 внутренней поверхности - 3.5 см<sup>2</sup>  
 диаметр выходного отверстия источника 2 мм  
 площадь 0.031 см<sup>2</sup>  
 $S_m/S_{и} = 110$  (число столкновений  
 со стенками внутри контейнера).  
 Толщина стенки мишенного цилиндра - 0.5 мм

## Время выделения в процессе диффузии

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

где  $a$  - толщина пластины,  $D$  - коэффициент диффузии

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

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

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

## Время выделения в процессе десорбции

Суммарное время задержки, определяемое десорбцией с внутренней поверхности мишенной капсулы

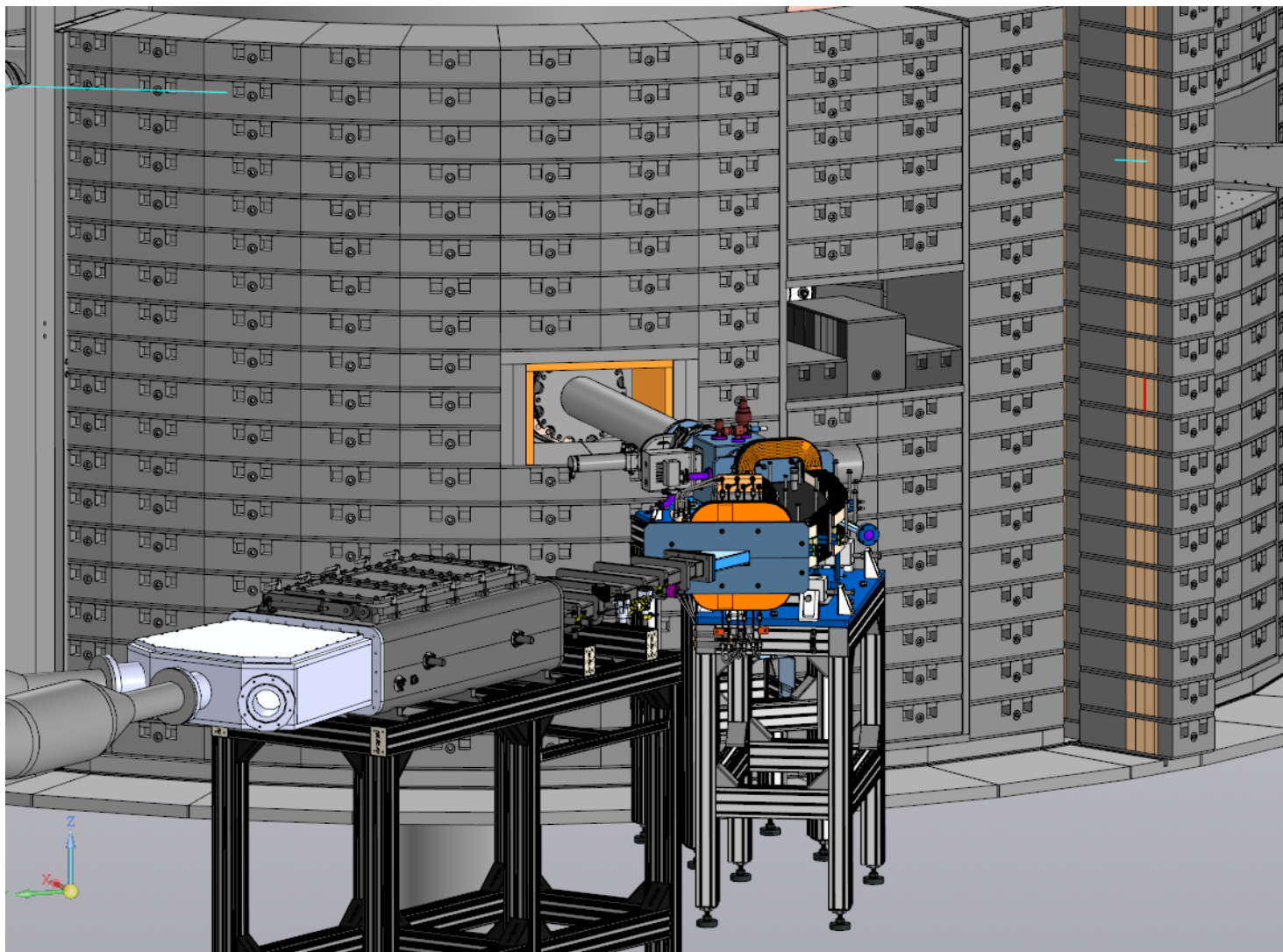
$$T_{\text{des}} = t_{\text{des}} \times N,$$

где  $N$  число столкновений с внутренней поверхностью.

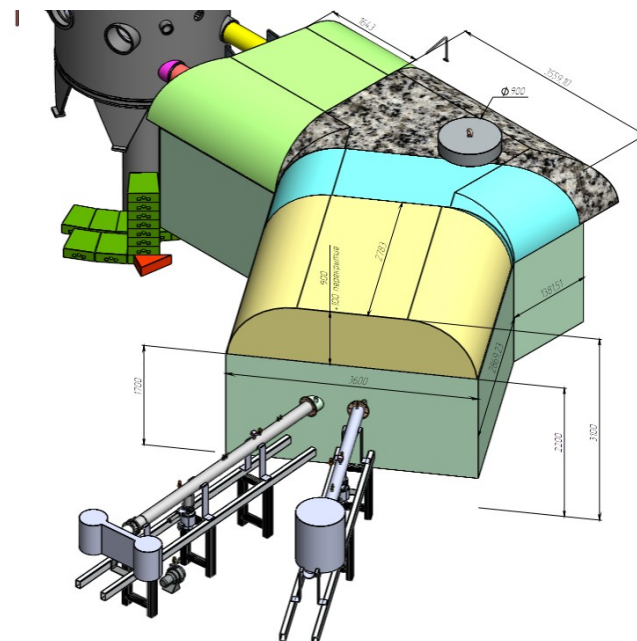
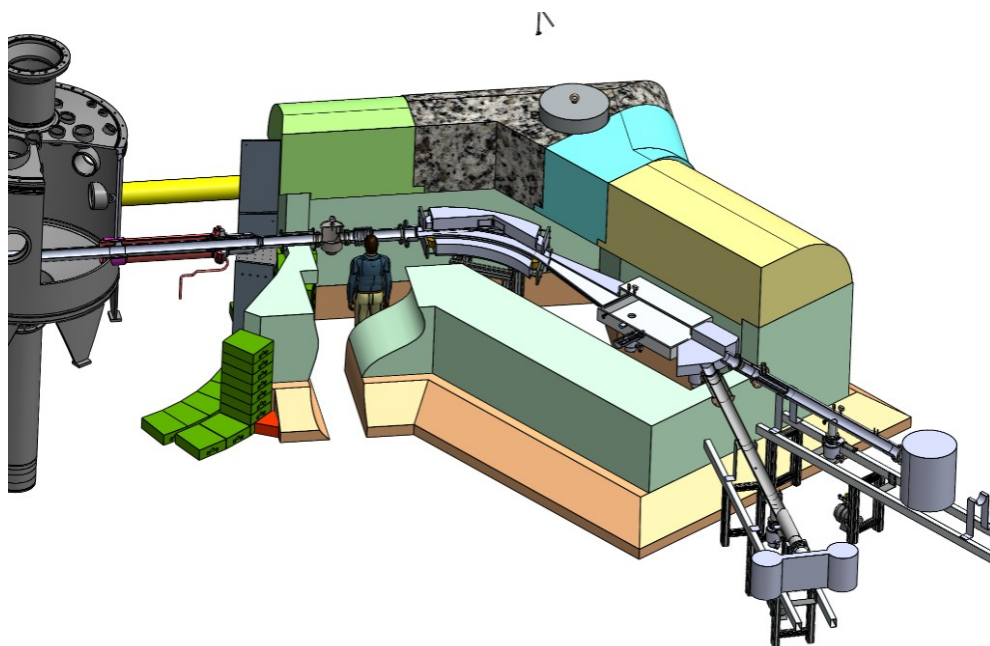
Таким образом мишенное устройство установки ИРИНА обеспечивает по сравнению с мишенным устройством установки ИРИС и других ISOL систем на протонных пучках более, чем на порядок быстрый выход получаемых радионуклидов в результате диффузии, а также ~ на порядок в результате эффузии.

# Биологическая защита

## Выход канала 5' из биологической защиты реактора



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

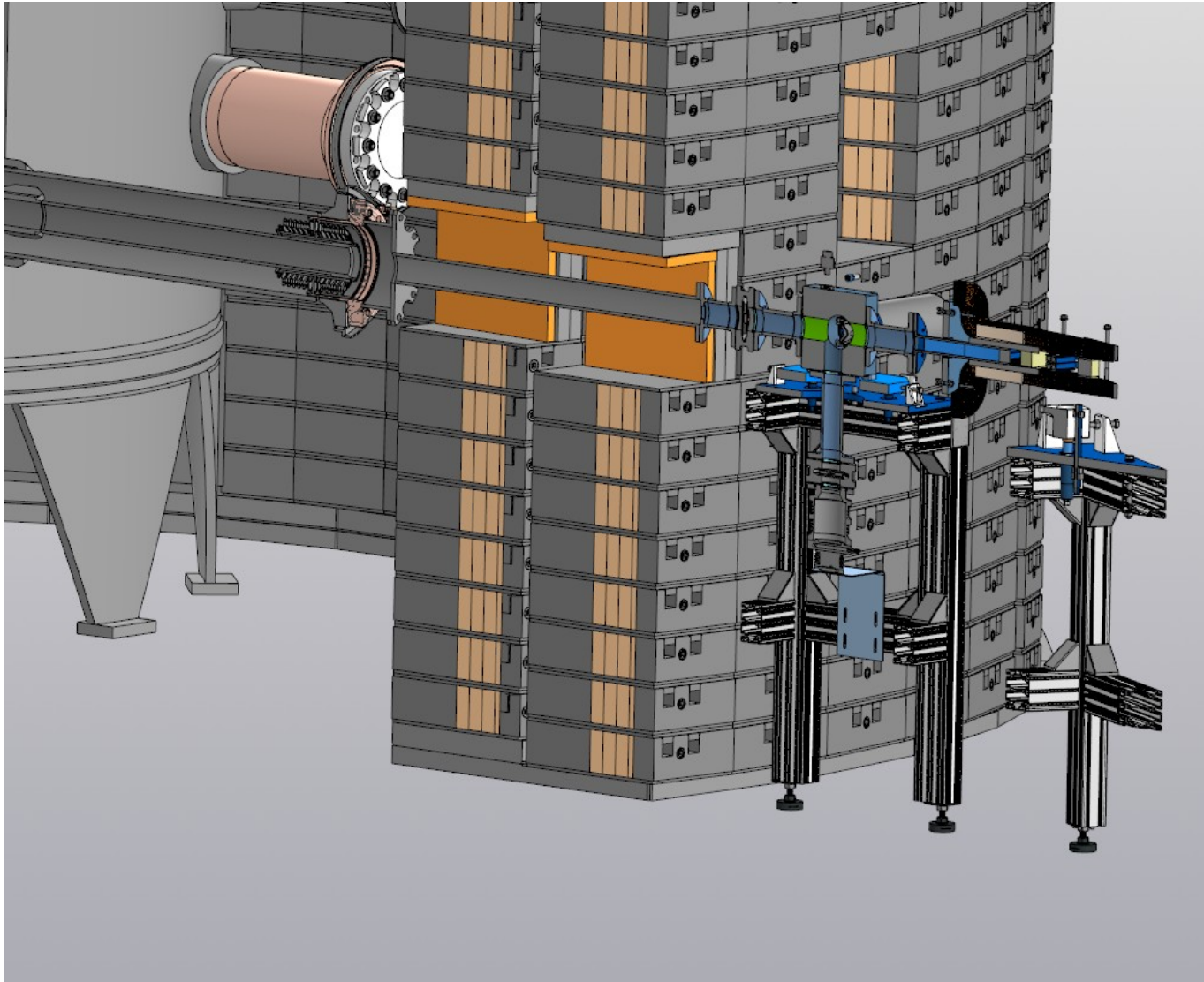


Толщина защиты из утяжеленного бетона плотностью  $3,6 \text{ г/см}^3$

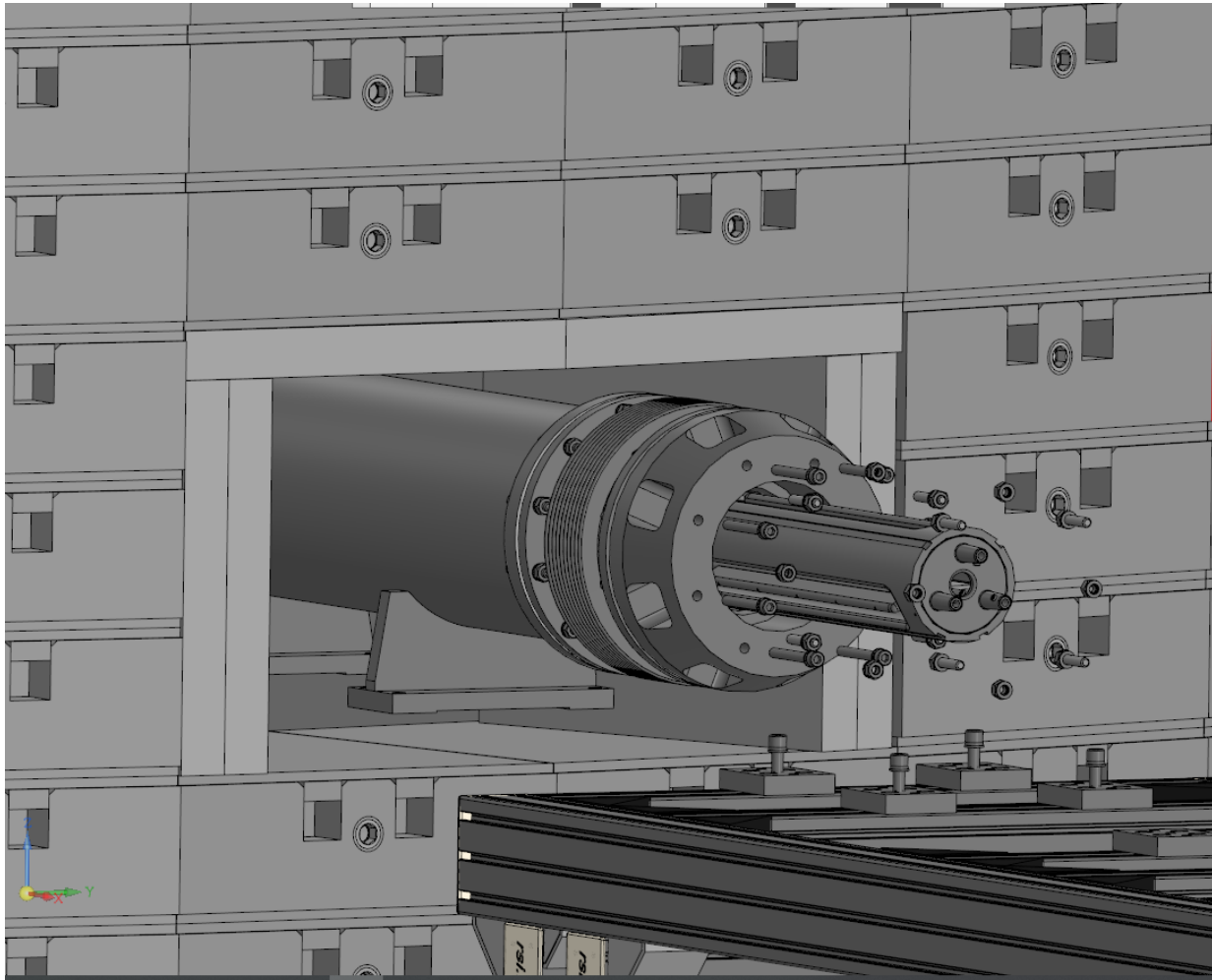
с боков и сверху  $0,80 \text{ м}$ , по ходу пучка  $1,2 \text{ м}$



## Выход канала 5 из биологической защиты реактора

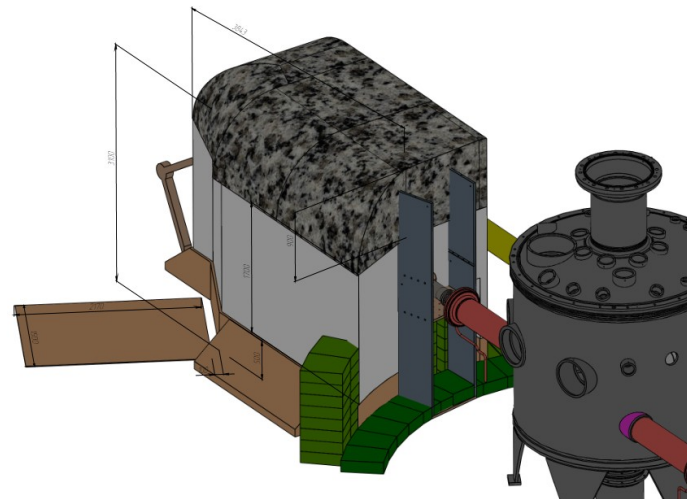
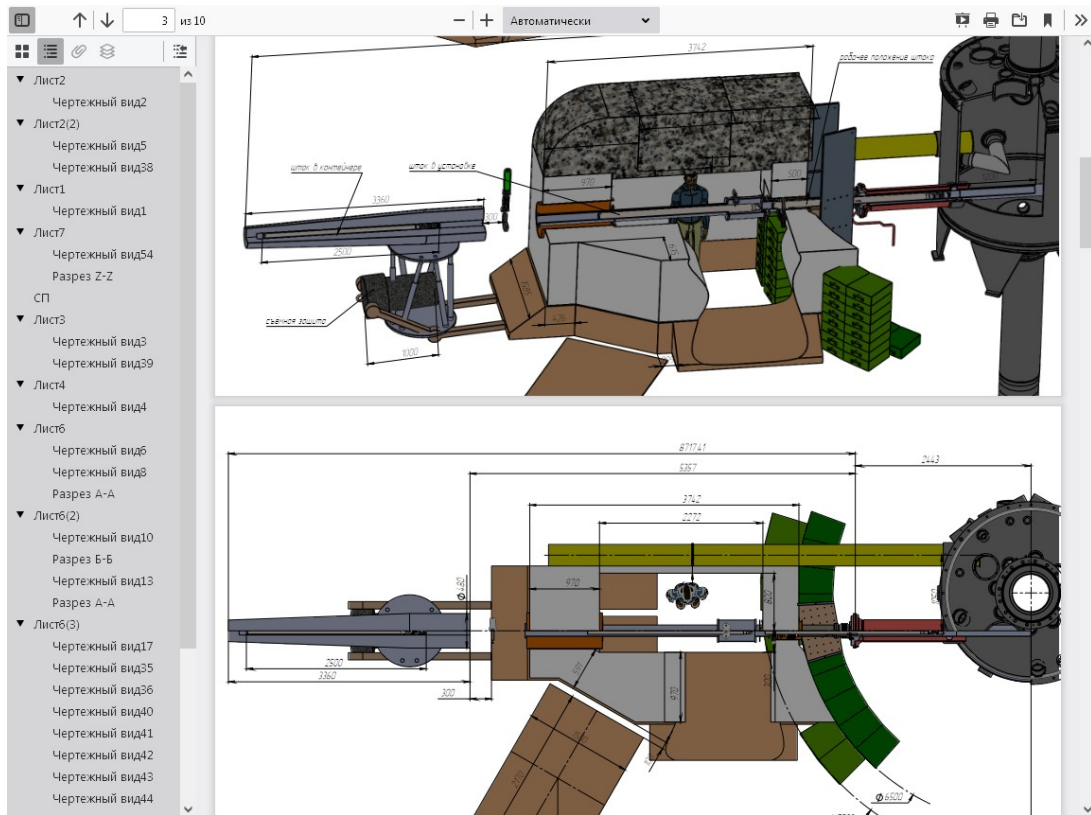


## Выход канала 5 из биологической защиты реактора

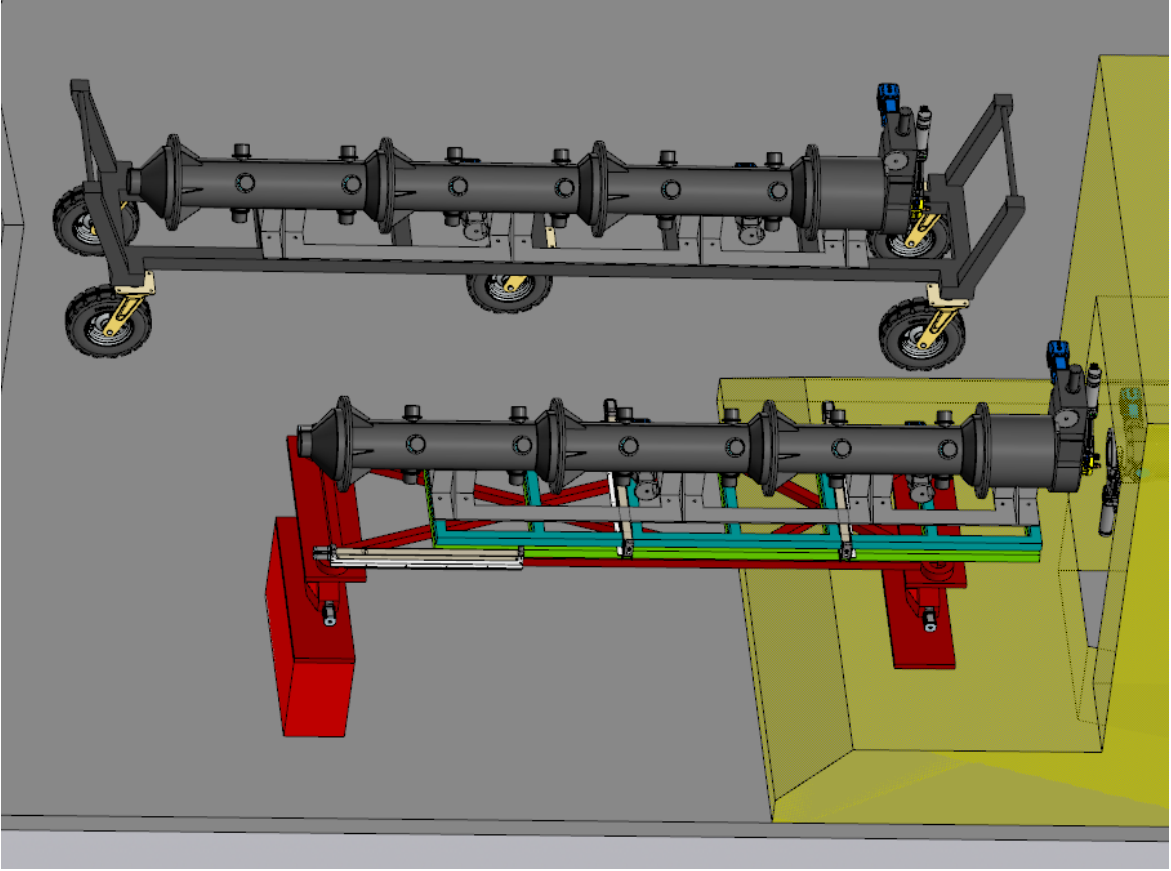




# Установки ИРИНА в биологической защите со стороны канала 5 (исполн. инженер-конструктор А.Ю. Скальненков)



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



**Проект ИРИНА – разработки, проектирование и поставка оборудования, тестовые испытания, сборка**

**2023-2024**

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

**2023-2024**

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

**2023-2025**

**Проектирование биологической защиты установки ИРИНА, изготовление РКД, строительство**

**2024-2025**

**Изготовление, тестирование частей лазерной и масс-сепараторной установки**

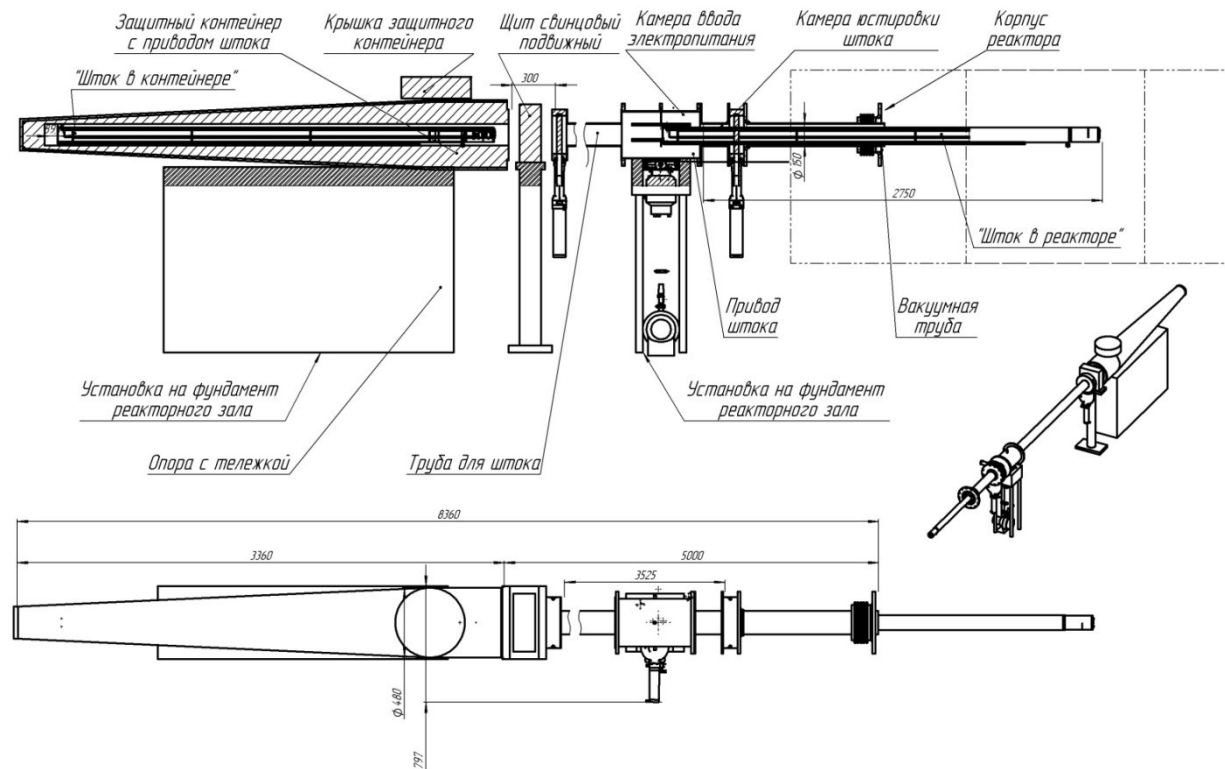
**2025-2026**

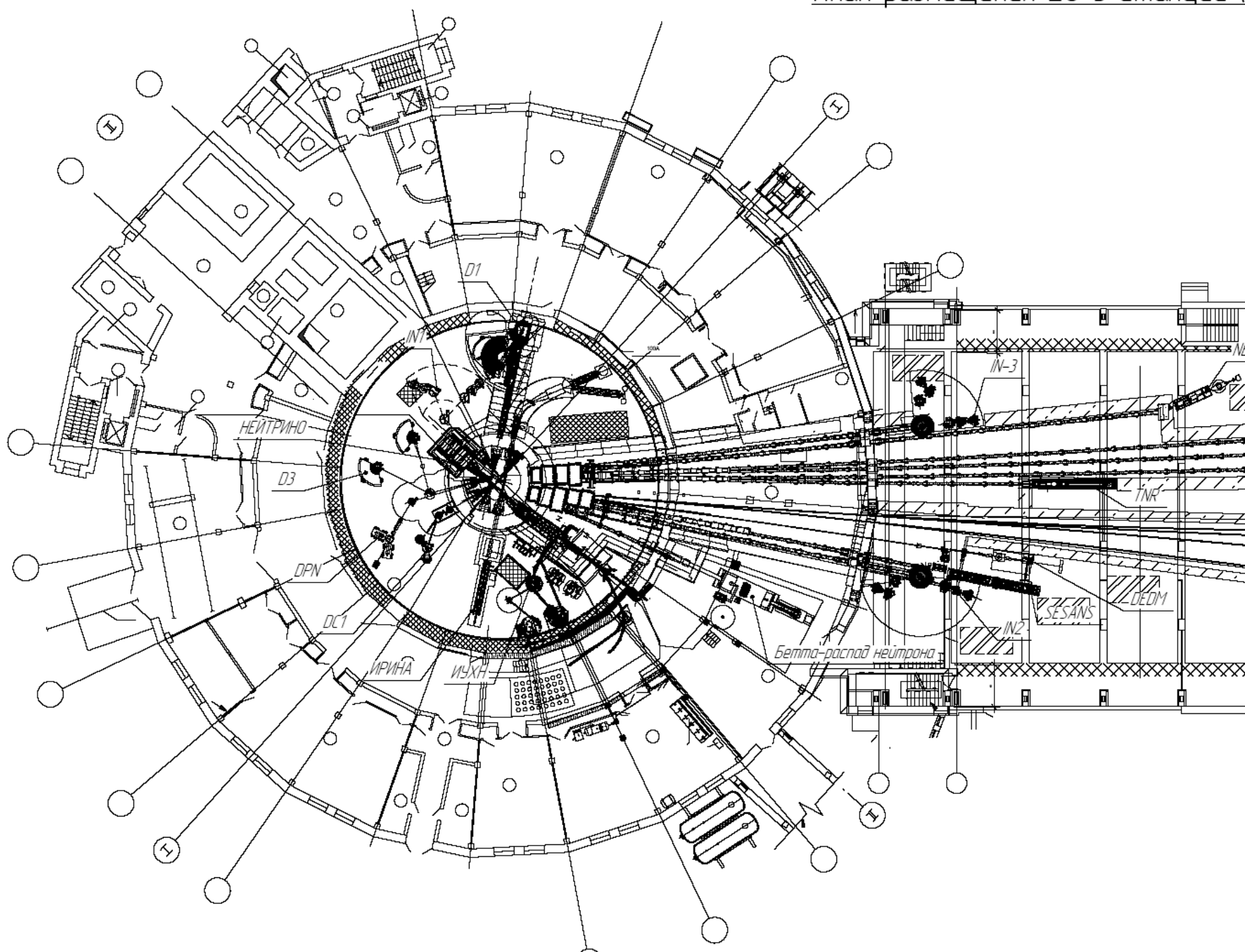
**Сборочные испытания, запуск установки ИРИНА, получение и работа со стабильными ионными пучками, получение расчетных параметров.**

Спасибо за внимание,

с наступающим Новым Годом!

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





## 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 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

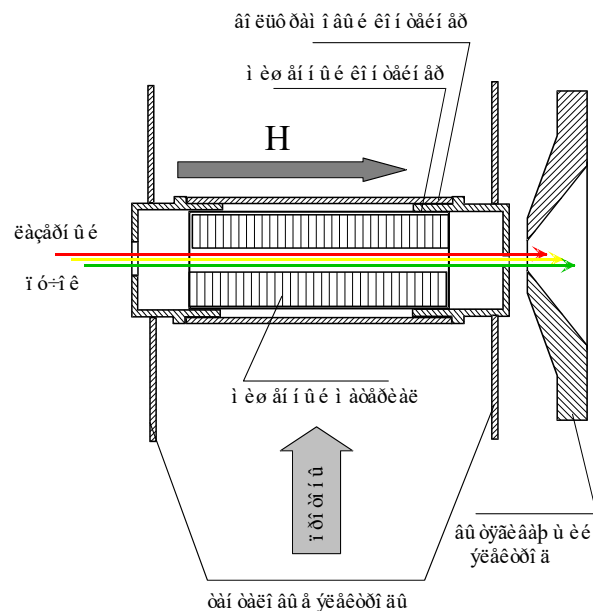
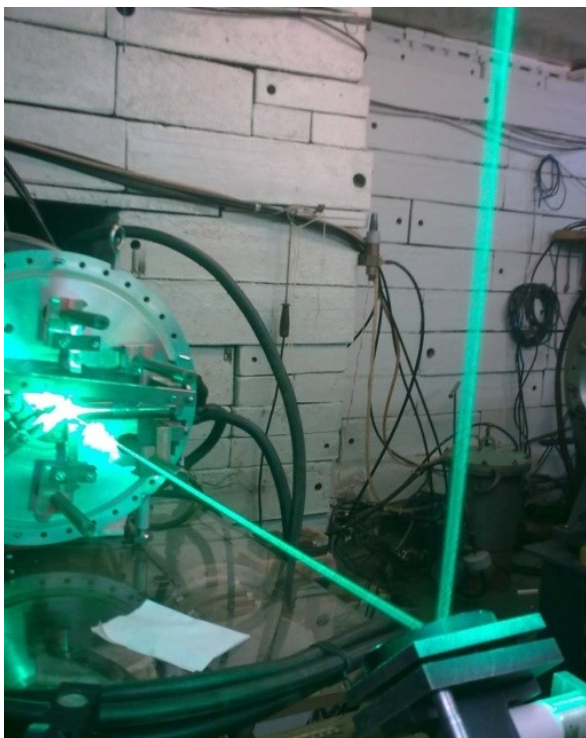
Использование канала реактора в качестве вакуумного объема для транспортировки пучка ионов от мишенно-ионного устройства на вход магнита масс-сепаратора вместо первоначально планируемой трубы-вставки.

Уменьшение числа ионных трактов до двух.

Уменьшение длины ионных трактов на 1,5 м.

Замена горячей камеры на сменный защитный бокс-контейнер.

# 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 - 20см<sup>2</sup>  
диаметр выходного отверстия источника 1.5 мм  
площадь 0.017 см<sup>2</sup>  
 $S_m/S_{in} = 1200 \approx$  число столкновений  
со стенками внутри контейнера.  
Толщина дисков - 0.02 мм