



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



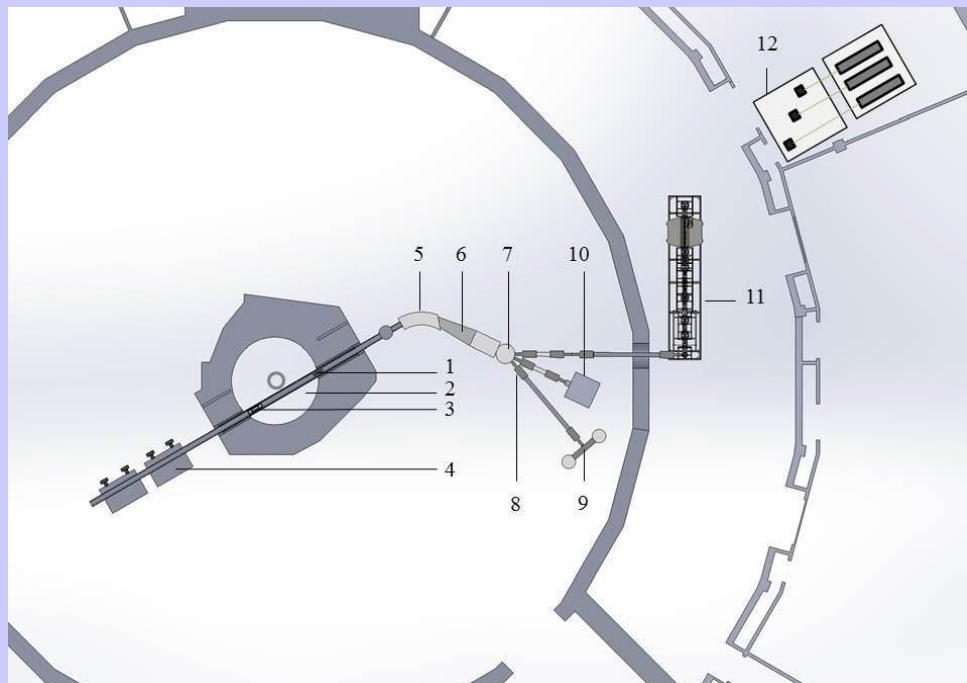
ПЕТЕРБУРГСКИЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

Россия, 188300, Ленинградская область, г. Гатчина, Орлова роща

Проект ИРИНА на реакторе ПИК

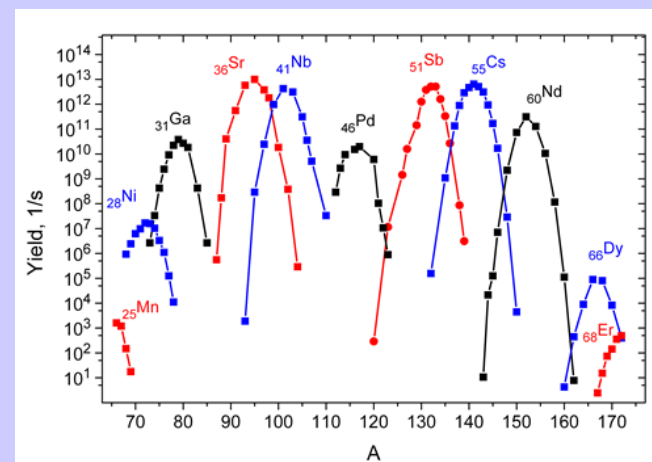
# Проект установки ИРИНА на реакторе ПИК

## Схема расположения комплекса ИРИНА на канале ГЭК 5-5'



Мишень – высокообогащенный монокарбид  $^{235}\text{U}$  высокой плотности, масса урана – 3-4 г  
Нейтронный поток через мишень –  $(3-5) \times 10^{13} \text{ n/cm}^2\text{s}$   
Выделяемая мощность на мишени – 2.5 – 3 кВт,  
температура мишени ~ 2200 °С

## Расчетные выходы цепочек изотопов некоторых элементов

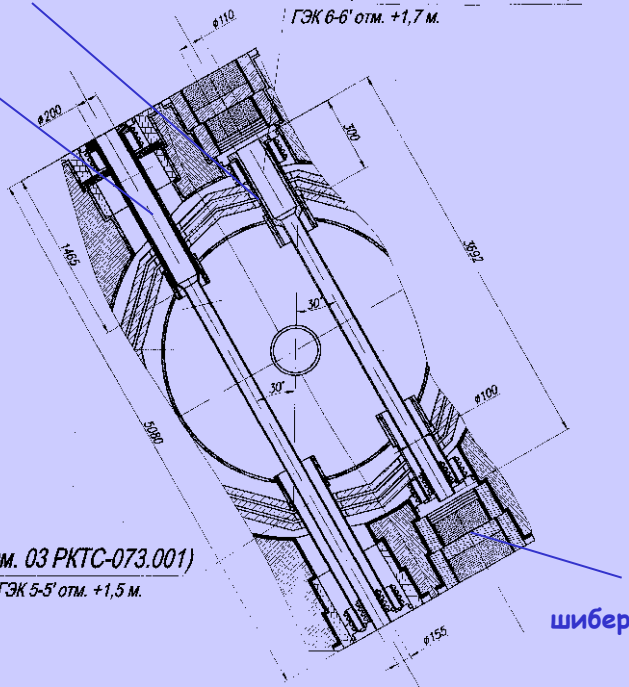


Лазерный спектроскопический комплекс установки ИРИНА позволит измерять среднеквадратичные зарядовые радиусы и электромагнитные моменты крайне удаленных нейтронно-избыточных ядер.

Ионные ловушки Пеннинга (PITRAP) на одном из ионных трактов масс-сепаратора позволят измерять массы удаленных ядер с точностью несколько кэВ.

## Каналы ГЭК-5 и ГЭК-6

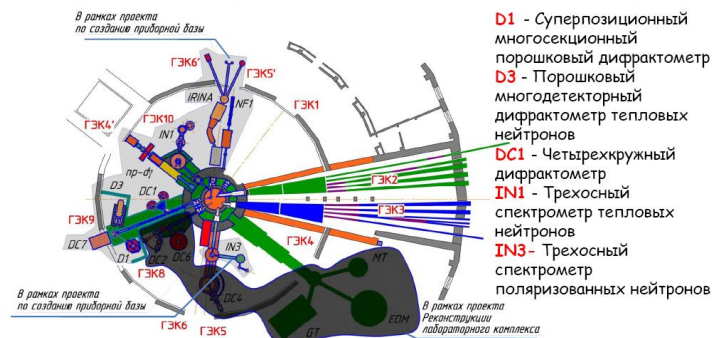
И - И (см. 03 РКТС-073.001)  
ГЭК 6-6' отм. +1,7 м.



(см. 03 РКТС-073.001)  
ГЭК 5-5' отм. +1,5 м.

## Создание приборной базы реакторного комплекса ПИК

### Зал горизонтальных каналов (8 шт.)



- D1** - Суперпозиционный многосекционный порошковый дифрактометр
- D3** - Порошковый многодетекторный дифрактометр тепловых нейтронов
- DC1** - Четырехкружный дифрактометр
- IN1** - Трехосный спектрометр тепловых нейтронов
- IN3** - Трехосный спектрометр поляризованных нейтронов

- **np-dy** - Установка «Бета-распад нейтрона»
- **IRINA** - Масс-сепараторный лазерно-ядерный комплекс ИРИНА
- **n4** - Установка «Нейтрино» (расположена в подреакторном пространстве)

Экспериментальный зал реактора ПИК с экспериментальными установками. Прежнее положение ИРИНЫ - ГЭК-6.

Расчеты поглощения и рассеяния тепловых нейтронов в каналах ГЭК-10 и ГЭК-3 реактора ПИК  
К.А. Палков, П.Н. Кошкин, Н.А. Колосово, С.В. Григорьев, В.В. Таршанец  
24.01.2018

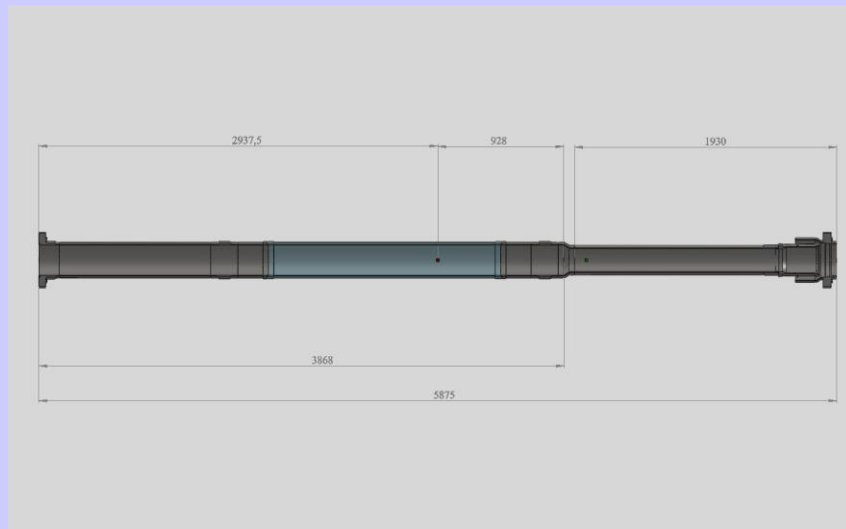
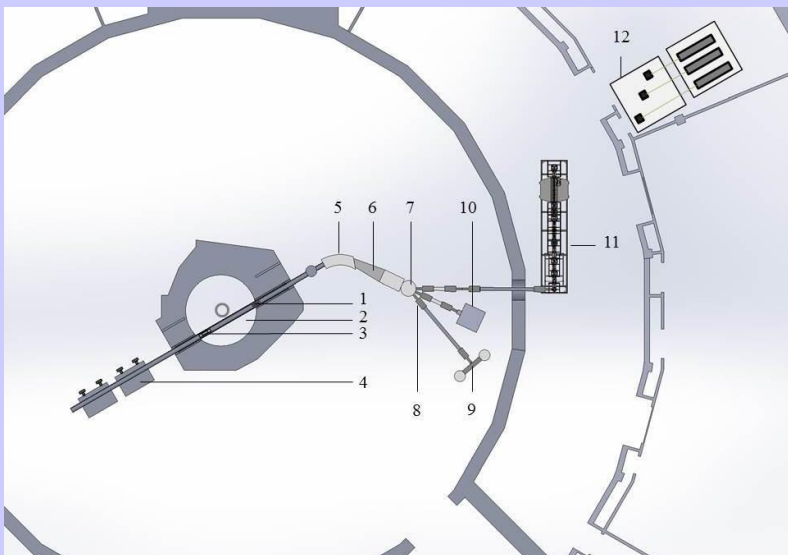
Оценка необходимой длины нейтронной секции  
П.Н. Кошкин, К.А. Палков  
11 апреля 2018 г.

О размещении установок ФКС в реакторном зале  
К.А. Палков, П.Н. Кошкин, В.В. Таршанец, С.В. Григорьев  
28.11.2017

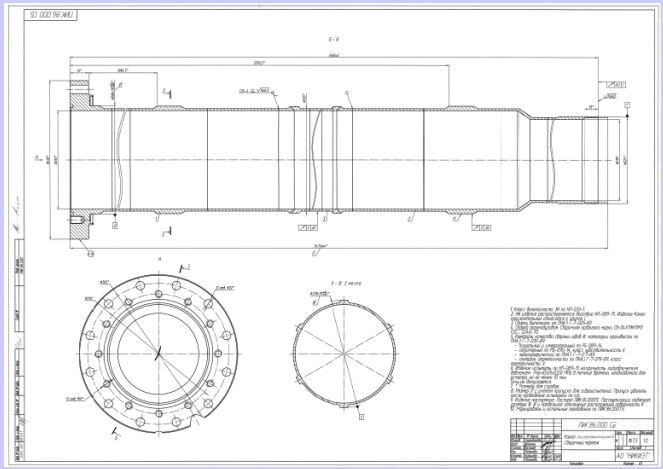
О состоянии дел с нейтронной системой РК ПИК  
Подготовил: *ин-векс*, ОИЯИ Копин, П.Н. Кошкин, А.А. Зайцев  
ин-векс, ОИЯИ Копин, К.А. Палков  
Поддержано: *ин-векс*, ОИЯИ Копин, В.М. Мухоморов  
ин-векс, ОИЯИ д.ф.-м. Григорьев С.В.  
ин-векс, ОИЯИ Копин, В.В. Таршанец, С.В. Григорьев

О замерах в каземате 100А@ПИК  
К.А. Палков, П.Н. Кошкин, В.В. Таршанец, С.В. Григорьев  
28.11.2017

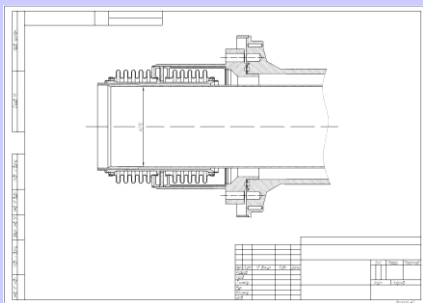
Проектируемое положение комплекса ИРИНА в экспериментальном зале реактора ПИК в настоящее время - ГЭК-5.



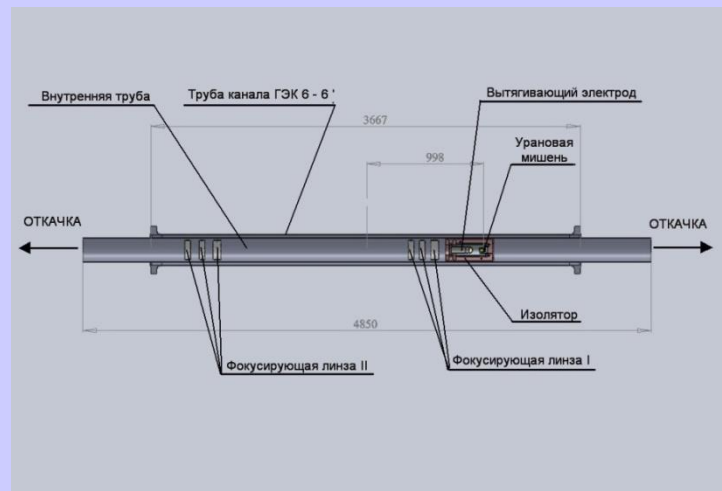
Новый канал ГЭК 5-5'



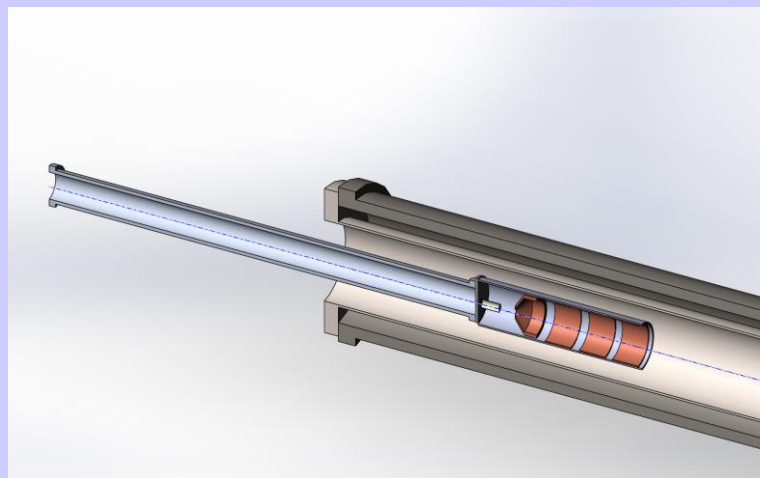
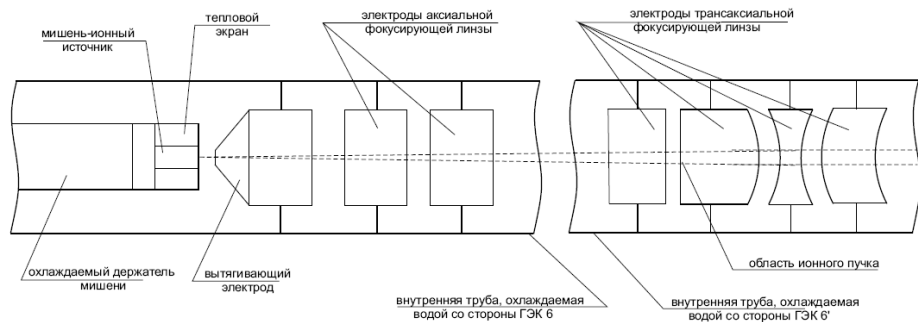
Новый канал ГЭК 5-5'



Фланец канала с сальфоном со стороны 5'



Положение мишенно-ионного устройства и инно-оптического устройства во внутренней вакуумной трубе



Ионо-оптическая система установки ИРИНА, располагающаяся во вставной трубе в канале ГЭК-5-5' реактора ПИК.

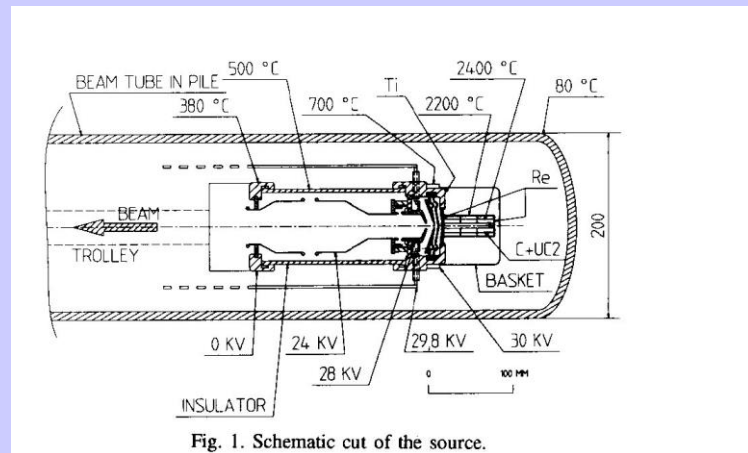
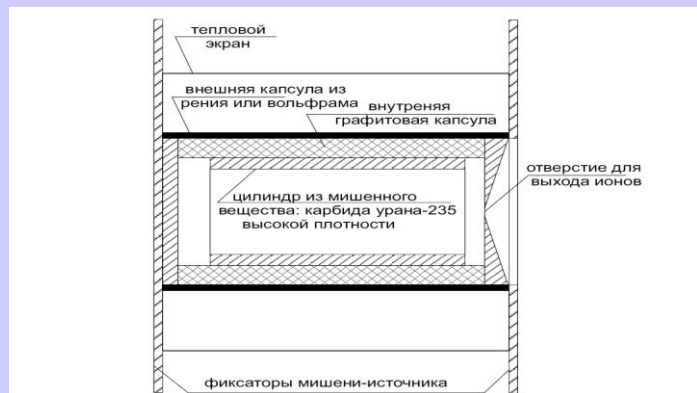


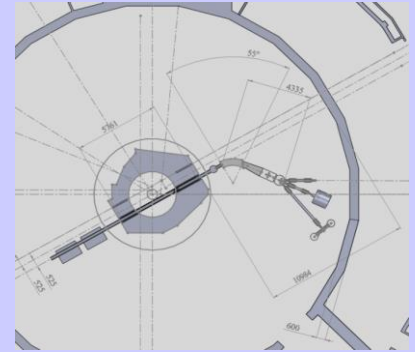
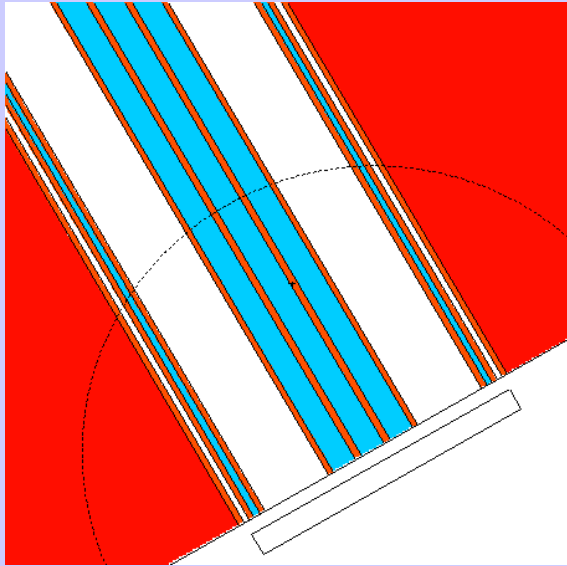
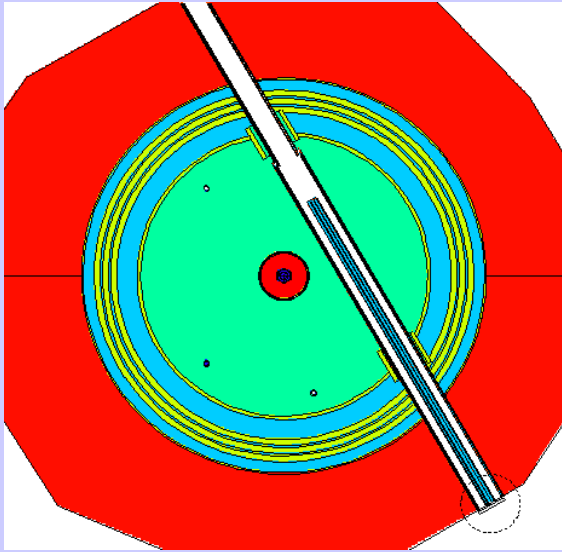
Fig. 1. Schematic cut of the source.

Мишенно-ионное устройство масс-сепаратора ИРИНА, расположенное в вставной трубе в канале ГЭК-5-5' реактора ПИК

Мишень из карбида урана с электростатической Системой вытяжки и формирования ионного пучка (PIAFE)

# Нейтронный поток на границе биологической защиты ГЭК 5-5'

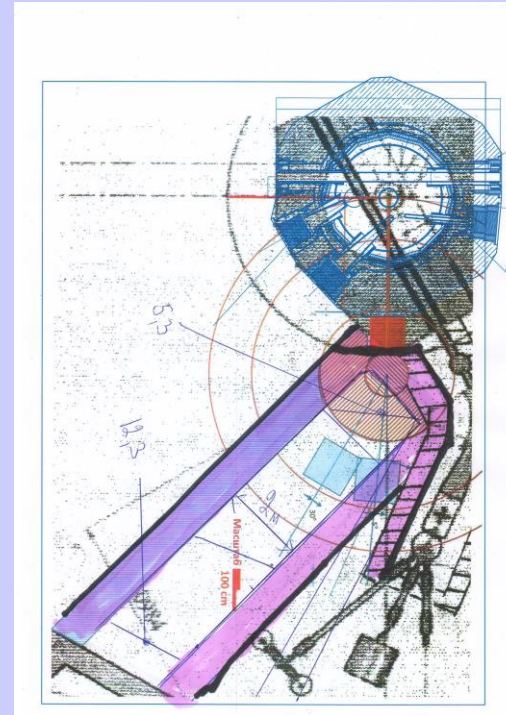
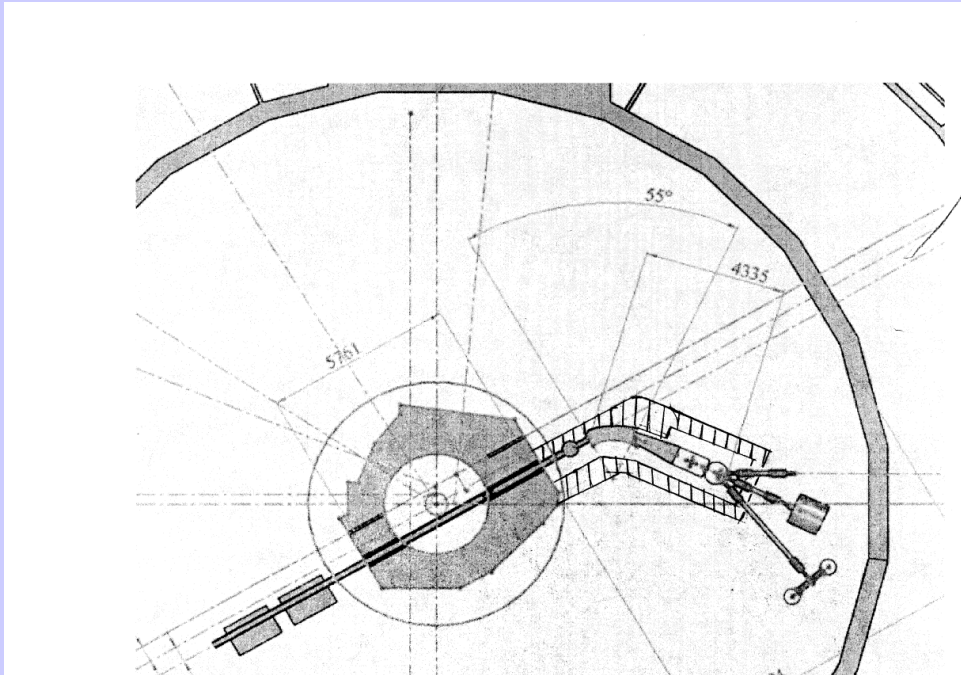
(расчеты М.С. Онегина)



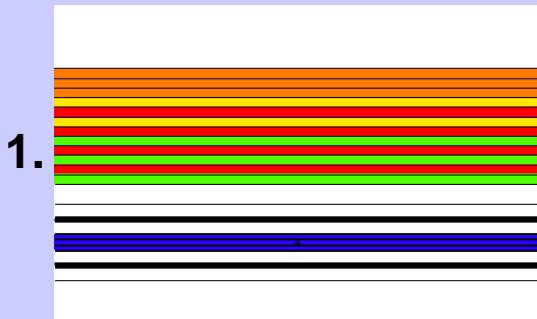
	ГЭК-5	ГЭК-5'
Нейтронный поток, $\text{см}^{-2}\text{с}^{-1}$	$1,15 \cdot 10^{10}$	$4,2 \cdot 10^{10}$
Сечение канала $\text{см}^2$	510,7	346,4



# Совмещение с соседними установками. Предварительный вариант биологической защиты

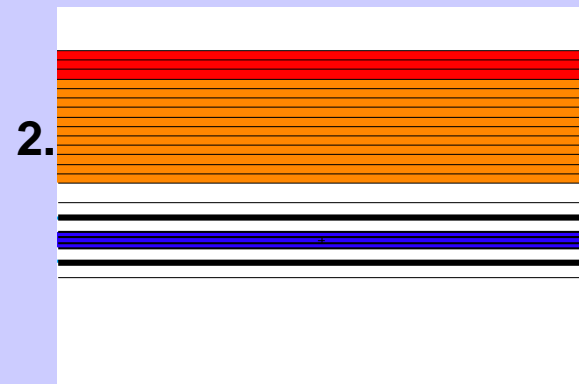


Установка  
“Нейтрино”  
на канале 1



Полиэтилен (зел.), сталь (кр.),  
борир. полиэтилен (желт.),  
свинец (оранж).

**60 см**



Полиэтилен (желт.),  
свинец (красн).

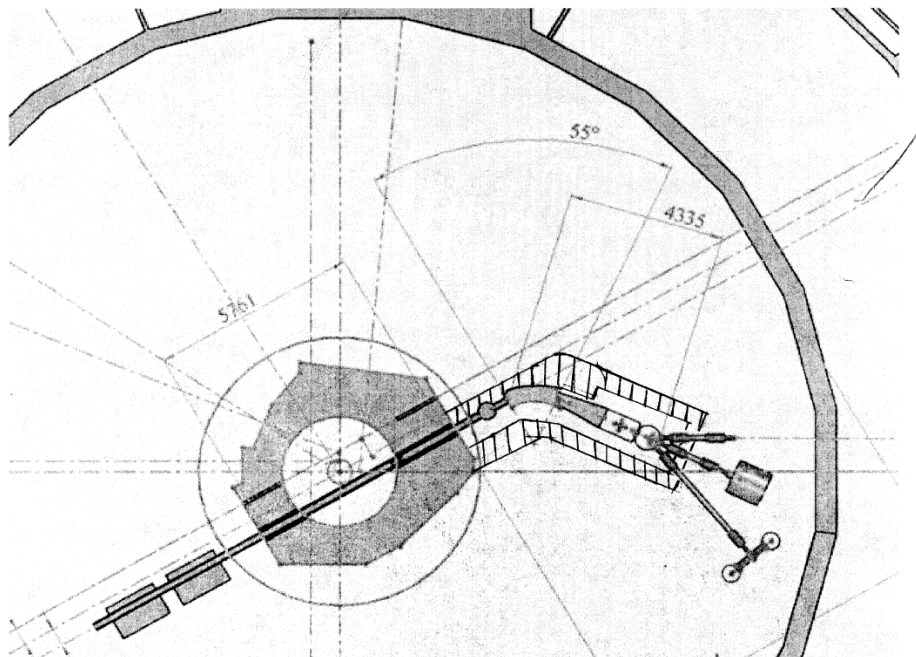
**70 см**

Рассчитывалась необходимая толщина стенки биологической защиты около канала для снижения мощности эквивалентной дозы до уровня меньше ПДД (принималось значение 20 мкЗв/ч).

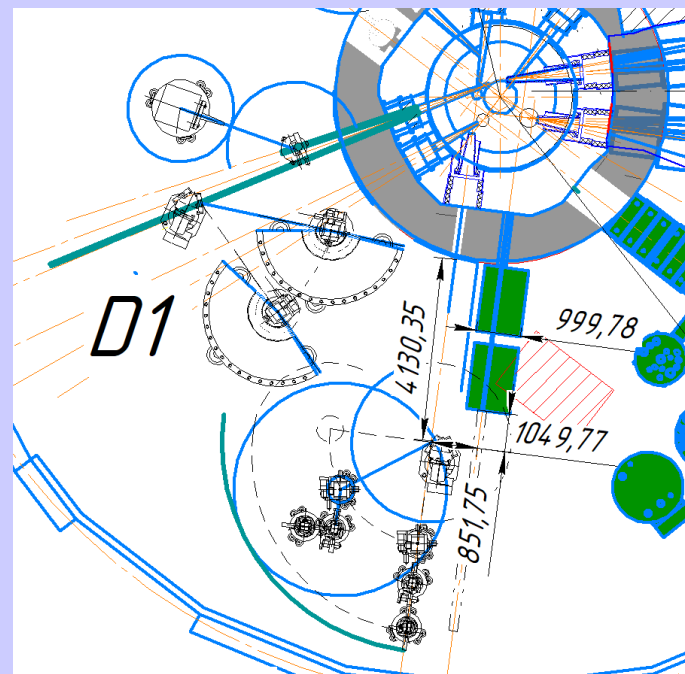
Возможная геометрия защиты представлена на Рис.3. Защитная стена состоит из нескольких слоев различных материалов.

Толщина каждого слоя принималась равной 50 мм (расчеты М.С. Онегина).

## Совмещение с соседними установками.



Установка “ИРИНА”  
на канале 5-5’

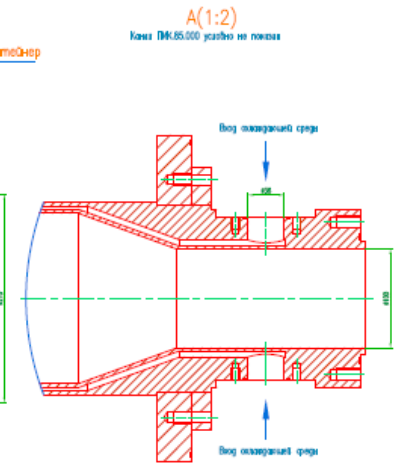
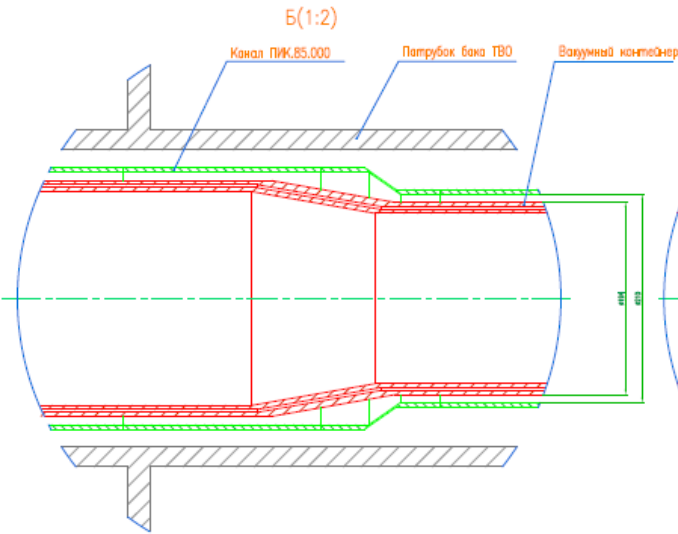
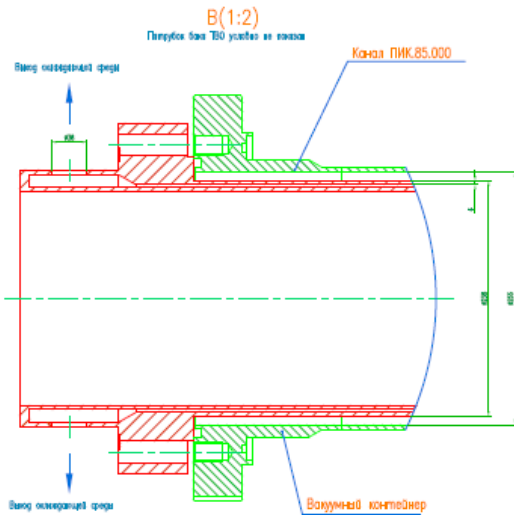
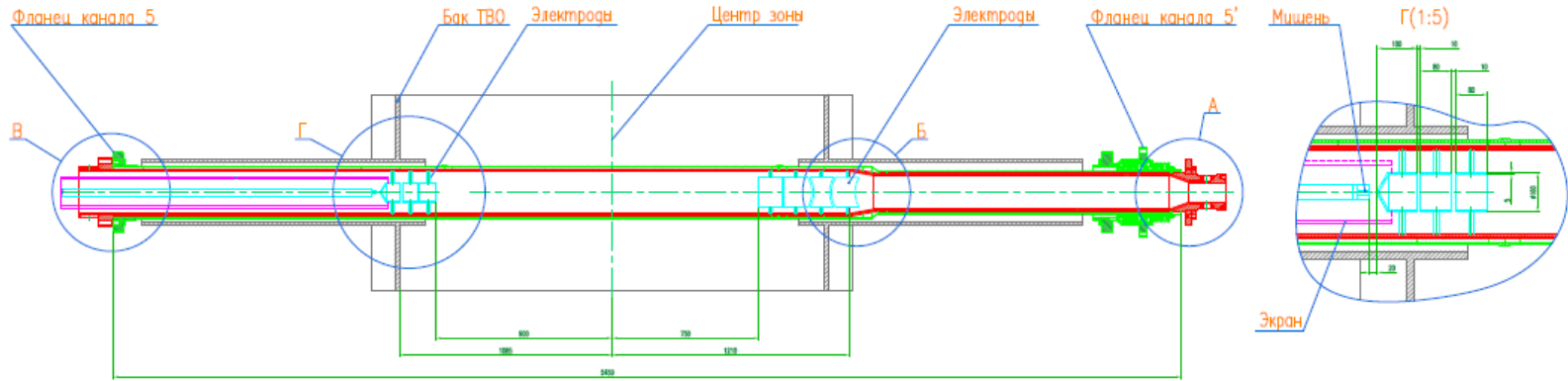


Установка “Дифрактометр 1”  
на канале 6-6’



# Предварительная конструкция внутриканальной части

(гр. В.Л. Соловья)



- 1 Размеры от сборки.
- 2 Фланец патрубка бака ТВО и ее сопряжение с фланцем канала ПИК.85.000 усилено на полке.
- 3 Сопряжение Вакуумного контейнера с каналом ПИК.85.000 усилено на полке.

№	Изм.	Дел.	Исполн.	Дата	Лист	Всего	Исполн.	Дата

Вакуумный контейнер  
с каналом ГЗС  
Технический чертёж

Лист 1 из 1

1:10

ИЗМ. № 1

ИЗМ. № 2

ИЗМ. № 3

ИЗМ. № 4

ИЗМ. № 5

ИЗМ. № 6

ИЗМ. № 7

ИЗМ. № 8

ИЗМ. № 9

ИЗМ. № 10

ИЗМ. № 11

ИЗМ. № 12

ИЗМ. № 13

ИЗМ. № 14

ИЗМ. № 15

ИЗМ. № 16

ИЗМ. № 17

ИЗМ. № 18

ИЗМ. № 19

ИЗМ. № 20



ГОСКОРПОРАЦИЯ «РОСАТОМ»  
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

«НИИЭФА им. Д.В. Ефремова»

(АО «НИИЭФА»)

196641, Санкт-Петербург, поселок Металлострой,  
дорога на Металлострой, дом 3  
Телефон: (812) 464-89-63, факс: (812) 464-79-79,  
<http://www.niefa.spb.ru>

ОКПО 08626377, ОГРН 1137847503067,  
ИНН / КПП 7817331468 / 781701001

19.10.2019 № 222-5.2/2138

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

О доработке технического задания

Уважаемый Владимир Исаакович!

Согласно договоренности, достигнутой в ходе переговоров на площадке ФГБУ ПИЯФ 08.10.2019 между специалистами ФГБУ ПИЯФ и АО «НИИЭФА», сообщаем следующее:

АО «НИИЭФА» готово выполнить большую часть работ, указанных в предварительной оценке затрат на создание «комплекса ИРИНА» (Таблица в Приложении 1), а именно выполнить пункты 2, 3, 4, 6, 10 на общую сумму 480 млн. рублей. Предварительная оценка затрат на создание «комплекса ИРИНА» была разработана сотрудниками ФГБУ ПИЯФ и передана АО «НИИЭФА».

Для успешной реализации данных работ АО «НИИЭФА» необходимо выполнить следующие этапы:

1. Разработать эскизный проект с изготовлением необходимых (каких конкретно определится на стадии эскизной проработки) макетов трубы-вставки, элементов масс-сепаратора и системы транспортировки пучков к приемным устройствам. Ориентировочный срок выполнения работ 30.06.2021. При этом затраты на разработку ЭКД составят 125 млн. рублей, на изготовление макетов порядка 20 млн. рублей.

2. Создать стенд для испытаний макетов и проведение самих испытаний. Начало работ 01.06.2020 окончание 25.12.2021. Необходимые затраты – 60 млн. рублей.

Заместителю директора по  
перспективным разработкам

ФГБУ «Петербургский институт  
ядерной физики им. Б.П.  
Константинова НИЦ «Курчатовский  
институт»

В.И. Максимову

Копия

Заведующему лабораторией  
короткоживущих ядер

В.Н. Пантелееву

2

3. Разработать РКД, изготовить, испытать проектируемые узлы канала, откорректировать КД по результатам испытаний и отправить изделие с полным комплектом документации в адрес ФГБУ ПИЯФ. Начало работ 26.12.2021 окончание 25.12.2023. Стоимость разработки и корректировки РКД составит 85 млн. рублей. Стоимость закупки необходимых покупных изделий и материалов, а также изготовление составит порядка 190 млн. рублей.

Стоимость работ по разработке конструкторской документации может быть существенно снижена при наличии у ФГБУ ПИЯФ и передачи в адрес АО НИИЭФА КД на элементы прототипа ISOL – системы комплекса Ирина.

ФГБУ ПИЯФ передало АО «НИИЭФА» техническое задание на разработку КД «Масс-сепараторного лазерно-ядерного комплекса ИРИНА». Правильно ли мы понимаем, что разработка КД, включающая разработку эскизного проекта с макетированием узлов и созданием стендов для испытаний оборудования, и изготовление оборудования будет производиться по двум независимым договорам?

Просим исключить из ТЗ для АО «НИИЭФА» пункты, не относящиеся к работам, передаваемым на выполнение АО «НИИЭФА», и отразить в этом ТЗ (зафиксировать) информацию по вопросам, перечисленным в Приложении 2.

Приложение: 1. Таблица предварительной оценки затрат на создание «комплекса ИРИНА» на 1 л. в 1 экз.  
2. Перечень информации, которую необходимо включить в ТЗ на разработку для АО «НИИЭФА» на 4 л. в 1 экз.

Директор НТЦ «ЛУЦ»

Ю.Н. Гавриш

А.П. Строкач  
(812) 462-78-26

Общество с ограниченной ответственностью  
«ДМК Лазерные Микросистемы»

129166, г. Москва, Ракетный бульвар, 11-1-21, тел. (903)-766-0859, e-mail: [dlaser@mail.ru](mailto:dlaser@mail.ru), [24dmklimia@gmail.com](mailto:24dmklimia@gmail.com)

Исх. № 19/128/07  
« 25 » ноября 2019г.

Директору  
НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ  
Горчакову Сергею Евгеньевичу  
188300, Ленинградская обл., г. Гатчина,  
мкр. Орлова роща, д. 1

Коммерческое предложение

Рассмотрев Техническое задание на разработку Лазерной установки комплекса ИРИНА подтверждаем возможность создания Лазерной установки в рамках реализации Проекта «Создание приборной базы реакторного комплекса ПИК».

ООО «ДМК Лазерные Микросистемы» обладает необходимым опытом для создания трехканальной системы лазерной накачки и система лазеров, перестраиваемых по оптической частоте, с заданными параметрами.

Стоимость работы указана с учетом всех расходов и составляет 113,950 миллионов рублей, НДС не облагается в связи с применением упрощенной системы налогообложения (УСН).

Изготовление осуществляется при многоэтапном финансировании в срок 2,5 года от начала финансирования. В течение полугода после сдачи Лазерной установки проводится обучение персонала.

Срок действия настоящего предложения до 31 января 2020 г.

Генеральный директор



Д.А. Машковский

Исх. №170-12/19 от 05.12.2019 г.

Заведующему Лабораторной короткоживущих  
ядер ПИЯФ НИЦ КИ  
Пантелееву Владимиру Николаевичу.

Уважаемый Владимир Николаевич,

ООО «Роник-ЯМТ» благодарит Вас за запрос на горячие камеры для комплекса ИРИНА для оснащения ФГБУ «Петербургский институт ядерной физики им. Б. П. Константинова» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» и предлагает следующее:

Поз.	Кол-во	Наименование	Сумма Евро. (вкл. НДС)
1	1	<b>Двойная горячая камера:</b>	998.870,00 <sup>*</sup>
		<p>В комплектацию горячей камеры входят окно из защитного стекла и 2 манипулятора (A202W в комплекте с устройствами замены захватов и чехлов)- на каждый бокс.</p> <p>Задняя стена оборудована защитной передвижной дверью: - Двигается по вертикали (при помощи электропривода); - Дверь оборудована предохранительной муфтой, автоматически встает в конечное положение.</p> <p><b>Свинцовая защита:</b> 250 мм свинца со всех сторон. Защита стекла эквивалентна 250 мм по свинцу.</p> <p><b>Внутренние составляющие:</b> - Герметично закрывающийся внутренний бокс выполнен из нержавеющей стали с закругленными углами; - Задняя сторона с передвижной герметичной панелью из акрилового стекла; - Проводка кабелей, труб и света осуществляется через фланец в потолке камеры. Система фильтров (для каждой камеры): - Втягивающий воздух фильтр HEPA 13; - Выпускающий воздух фильтр HEPA 13; - Ручной шаровый кран.</p> <p><b>Панели:</b> - Горячая камера оборудована манометром низкого давления; - Сигнальные лампы и выключатели для контроля за установками.</p> <p><b>Внешнее оборудование:</b> - Система мониторинга мощности дозы с 3 зондами и сигнальными элементами; - Контейнер для отходов; - Тележка для транспортировки контейнера.</p> <p><b>- Внутренние размеры камеры (каждого бокса):</b> Ширина – 1700 мм;</p>	

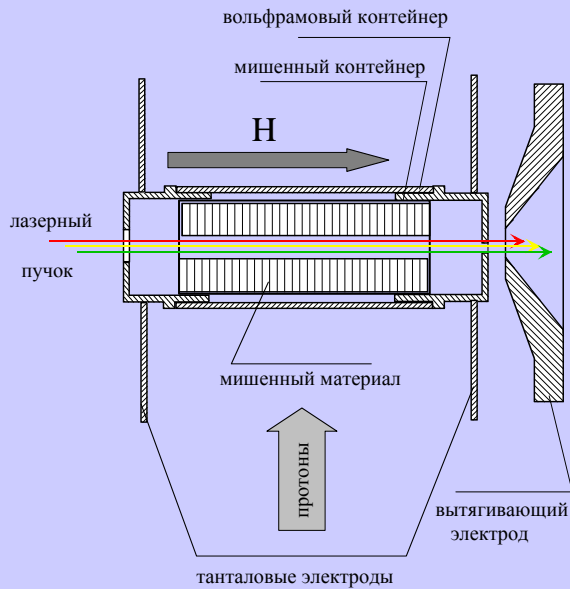
		<p>Глубина – 1200 мм; Высота – 1600 мм. <b>- Внешние размеры камеры:</b> Ширина – 4000 мм; Глубина – 1900 мм; Высота – 3000 мм.</p> <p>- Размеры стекла: (Ш x В) 400 x 330; Примерная масса камеры – 120 000 кг</p> 	
2	1	<p><b>Одинарная горячая камера:</b></p> <p>Имеет такие же технические характеристики, как и камера (поз.1)</p> <p><b>Технические параметры:</b> <b>- Внутренние размеры камеры:</b> Ширина – 1700 мм; Глубина – 1200 мм; Высота – 1600 мм. <b>- Внешние размеры камеры:</b> Ширина – 2400 мм; Глубина – 1900 мм; Высота – 3000 мм.</p> <p>- Размеры стекла: (Ш x В) 400 x 330; Примерная масса камеры – 60 000 кг</p>	596.900,00 <sup>*</sup>
3		Упаковка, страховка, транспортировка	включено
4		Монтаж, наладка	включено
5		Инструктаж специалистов пользователя	включено
6		Обслуживание в гарантийный период	включено

\* - цены указаны только для бюджетных целей и могут изменяться в зависимости от проекта помещения и пожеланий Заказчика.

В цену предложения не входят:

Разработка проекта помещения для размещения оборудования в соответствии техническими требованиями, предъявляемыми поставщиком. Строительные работы, создание инженерных коммуникаций, систем электропитания, вентиляции, кондиционирования, канализации, водо- и газоснабжения на площадке конечного пользователя, а также такелажные, сварочные, слесарные, токарные, сверлильные работы во время монтажа.

## Лазерно-ядерные исследования на установке ИРИС на 2020 г.



1. Разработка и исследование новой конструкции совмещенного лазерного ионного источника – мишени (прототипа мишенного устройства установки ИРИНА).
2. Проверка эффективности нового мишенного устройства: получение изотопов свинца  $^{191,193,195}\text{Pb}$  (исследование четно-нечетного эффекта).
3. Получение изотопов  $^{221-224}\text{Ac}$  (исследование октаупольной деформации)



## Заключение

1. Разрабатывается эскизный проект установки ИРИНА – НИИЭФА (15 млн. руб.)
2. Получено КП на проектирование и изготовление внутриканальной части и масс-сепаратора установки – НИИЭФА + НИИ НПО “ЛУЧ”
3. Получено согласие на разработку мишенно-ионного устройства – НИИ НПО “ЛУЧ”
4. Получено КП на проектирование и изготовление лазерной установки – “ДМК лазерные микросистемы”
5. Получено КП на проектирование и изготовление горячей камеры – “РОНИК – ядерно-медицинские технологии”

# A prototype target-ion source for RIB production in a reactor

B. Cui, Y. Ma, X. Ma, B. Tang, L. Chen, R. Ma, Q. Huang  
China Institute of Atomic Energy, Beijing, China, 102413



## 1 Introduction

Beijing neutron rich Isotope Separator On-Line facility (BISOL) has been proposed by China Institute of Atomic Energy and Peking University, China. In this project, a target ion source with  $^{59}\text{Ux}$  target will be installed in one of the CARR reactor's neutron tunnel (neutron flux  $8 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) to produce neutron rich radioactive ion beam. The extracted RIB will be selected and charge bred to  $m/q=6$ , a superconductor linac will accelerate the RIB from 5keV/u to 150MeV/u. This accelerated RIB will served as projectile to produce radioactive ion beam far from stability line.

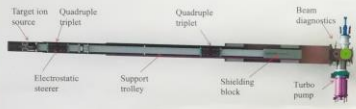
One crucial part of the project is the target ion source. The inner diameter of the neutron tunnel is only 170mm. The target ion source has to be compact enough to fit into the tunnel, at the meantime 20kV high voltage has to be applied to the target ion source and more than 20 kW heat from target fission has to be released.

To verify the feasibility of the target ion source, a prototype target ion source has been designed and fabricated at CIAE. The design detail is described.



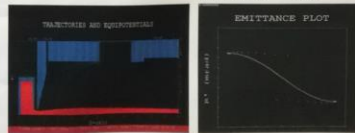
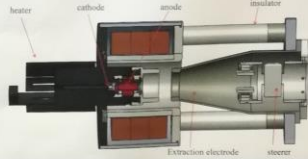
Fig. 1. The layout of BISOL

## 2 Prototype target ion source test bench



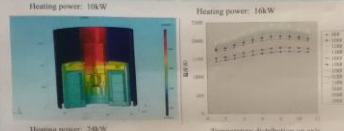
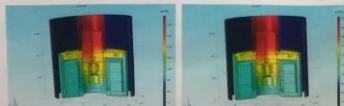
Specification :	beam energy	20keV
	maximum radial size	150mm
	beam intensity	> 1uA
	vacuum	$10^{-3}$ Pa
	ionization	surface, FEBIAD, laser
	heat release	>10kW
	emittance	< 20 mm mrad

## 3 target ion source



A special extraction system has been designed. Simulation shows that the beam is well focused. A pair of electrostatic plate is installed inside the ground electrode to steer the beam. The source can produce RIB in surface ionization mode or plasma mode. By injecting laser, it can also work as a laser ion source.

## 4 thermal simulation



The thoriated tungsten cathode is used to supply electrons. For different heating power, the cathode position can be changed to adapted to the temperature.

## 5 current status



The fabrication of the target ion source has been finished, the vacuum chamber's inner size is identical to the neutron tunnel in CARR reactor. So far, the vacuum of the test bench has reached  $10^{-3}$  Pa. The HV cable for quadrupole and steerer are connected through SHV connectors at the end plate. A Wom fiber will be installed inside the beam line to measure the mass spectrum of extracted beam. At the end vacuum chamber, Faraday cup and BPM are installed to measure the beam.

## 6 Conclusion

The experiment will begin at the end of 2013. As the first step, configuration of the target ion source will be improved according to the experimental results to obtain high ionization efficiency, reliability. Further improvement on the mechanical aspect to ease the target change will be carried out later.

5 г мишень из Ux,  
макс.нейтронный поток  $8 \times 10^{14}$   
н/см<sup>2</sup> сек