

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ И
ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОПТИМИЗАЦИИ
СИСТЕМ ВЫВОДА ПУЧКА ИЗОХРОННОГО
ЦИКЛОТРОНА У-150 НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ
ИНСТИТУТ»

И.Н. ПОПОВ, Д.С. БЛАУ, Т.В. КУЛЕВОЙ, В.И. НОВИКОВ
НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

ПРИНЦИП РАБОТЫ ЦИКЛОТРОНА

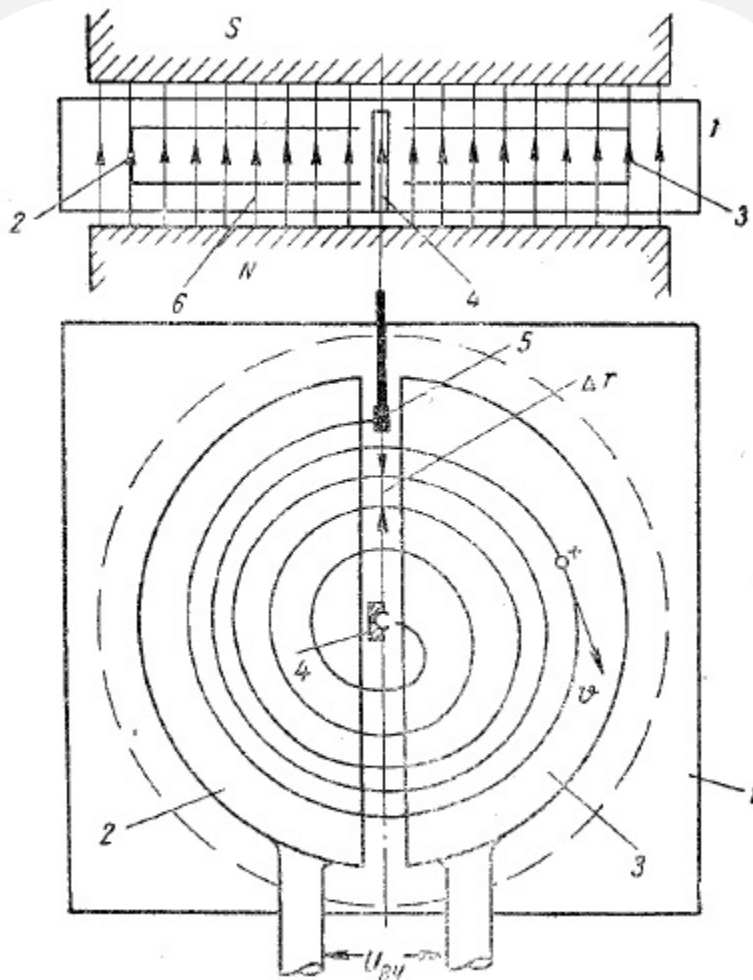
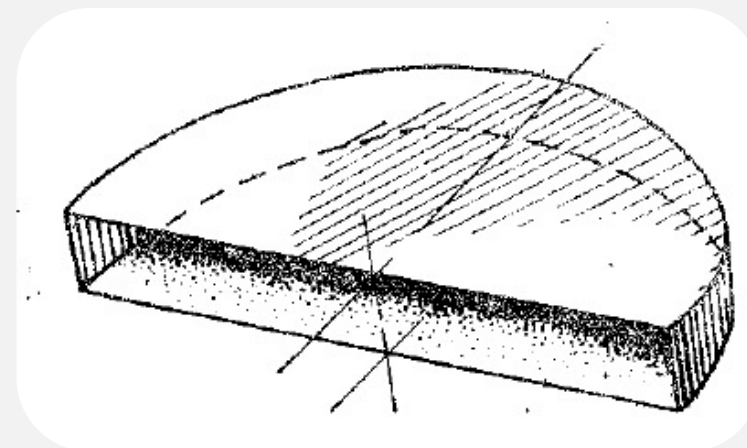


СХЕМА УСКОРИТЕЛЬНОЙ КАМЕРЫ И МАГНИТА ЦИКЛОТРОНА:

1- ВАКУУМНАЯ
КАМЕРА;
2- ЛЕВЫЙ ДУАНТ;
3- ПРАВЫЙ ДУАНТ;
4- ИСТОЧНИК ИОНОВ;
5- МИШЕНЬ;
6- СИЛОВЫЕ ЛИНИИ;
N и S – СЕВЕРНЫЙ И
ЮЖНЫЙ ПОЛЮСА
МАГНИТА



ДУАНТ – УСКОРЯЮЩИЙ
ЭЛЕКТРОД ЦИКЛОТРОНА

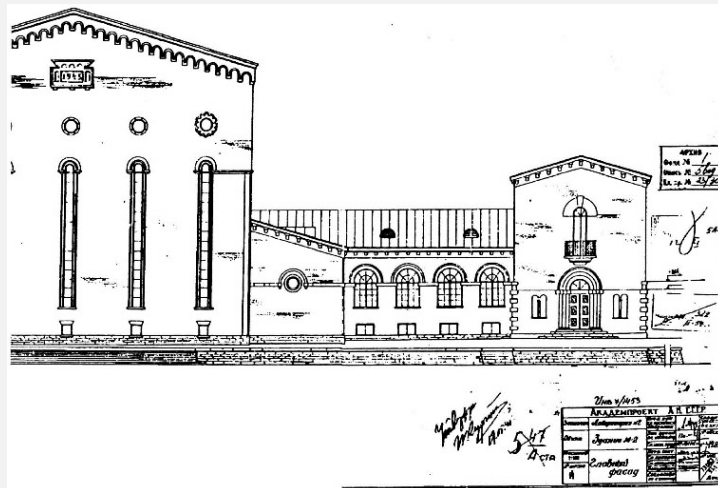
ЦИКЛОТРОН У-150 НИЦ КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ

ВПЕРВЫЕ В МИРЕ ПОЛУЧЕНЫ
УСКОРЕННЫЕ ПУЧКИ
ЛИТИЯ (1965) И БЕРИЛЛИЯ
(1974).

ПРОВЕДЕН ПОЛНЫЙ ЦИКЛ РАБОТ
ПО СОЗДАНИЮ РФП «ХЛОРИД
ТАЛЛИЯ-201» (ПРЕМИЯ СОВЕТА
МИНИСТРОВ СССР, 1990 ГОД)

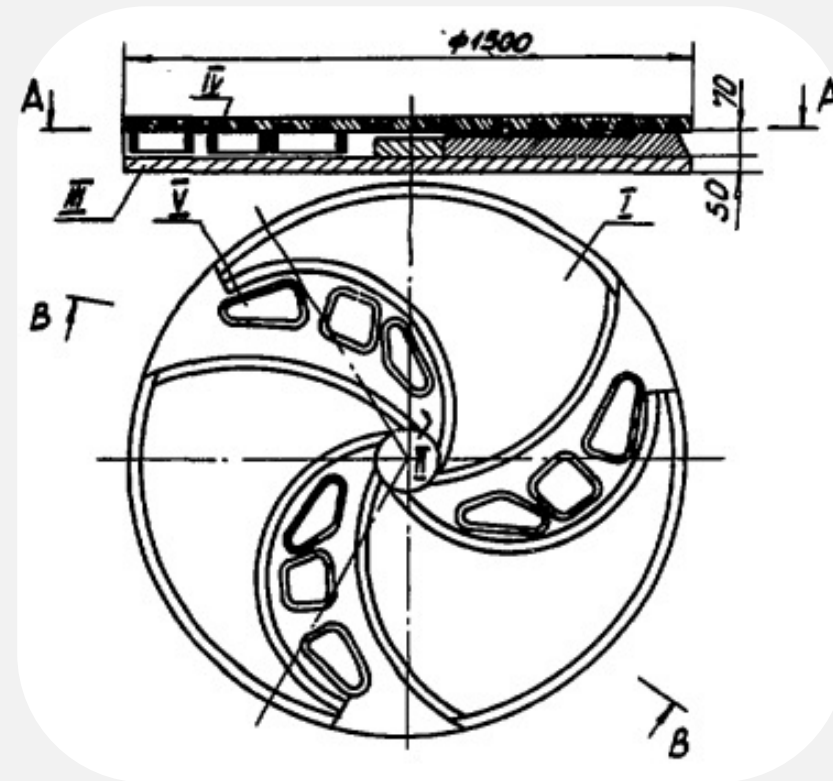
ИССЛЕДОВАНЫ РЕАКЦИИ
ДЕЙТРОНОВ С ЯДРАМИ ЛИТИЯ,
ИМЕЮЩИЕ ВАЖНОСТЬ ДЛЯ
СОЗДАНИЯ ТЕРМОЯДЕРНОЙ
БОМБЫ (ЛЕНИНСКАЯ ПРЕМИЯ)

1990 ВПЕРВЫЕ В СТРАНЕ
РЕАЛИЗОВАНО
ПОЛУЧЕНИЕ ИЗОТОПА
ЙОД-123.



ВВЕДЕНИЕ ИЗОХРОННОГО РЕЖИМА (ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ВАРИАЦИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ)

В ИЗОХРОННОМ ЦИКЛОТРОНЕ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ УВЕЛИЧИВАЕТСЯ С РАДИУСОМ ТАКИМ ОБРАЗОМ, ЧТОБЫ ЧАСТИЦЫ ПРОДОЛЖАЛИ ДВИГАТЬСЯ С НЕИЗМЕННОЙ ЧАСТОТОЙ. ЭТО ПОЗВОЛЯЕТ УСКОРЯТЬ ЧАСТИЦЫ ДО ГОРАЗДО **БОЛЕЕ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ**, ЧЕМ В ОБЫЧНОМ ЦИКЛОТРОНЕ, БЕЗ ПОТЕРИ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСКОРЕНИЯ.



ЭЛЕМЕНТЫ ФОРМИРОВАНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ: I - СЕКТОР, II - ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ДИСК, III - ОСНОВНОЙ ДИСК, IV - КОНЦЕНТРИЧЕСКИЕ ОБМОТКИ, V - ГАРМОНИЧЕСКИЕ ОБМОТКИ

ВВЕДЕНИЕ ИЗОХРОННОГО РЕЖИМА (РАЗВЕТВЛЕННАЯ СИСТЕМА ВЫВЕДЕННЫХ ПУЧКОВ)

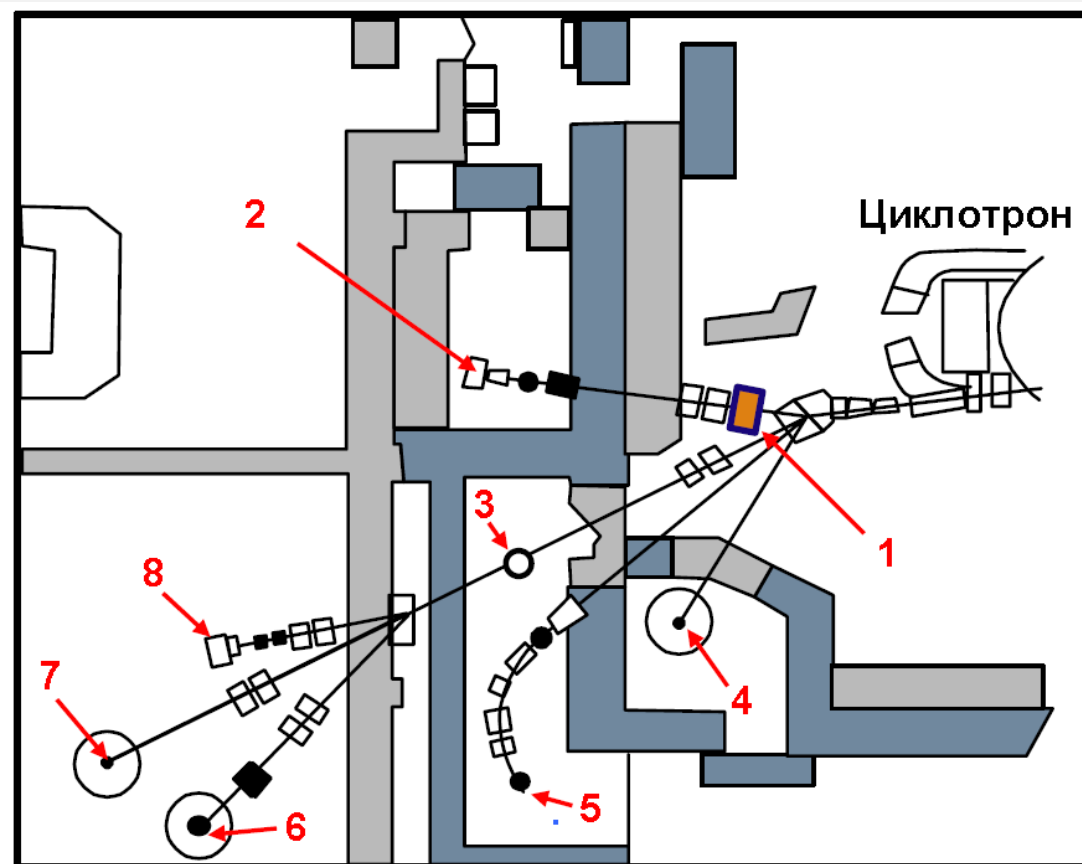


СХЕМА РАЗВОДКИ ПУЧКОВ ЦИКЛОТРОНА

1. ТВЕРДОТЕЛЬНОЕ МИШЕННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ НАРАБОТКИ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОТОПОВ.

2. ГАЗОВОЕ МИШЕННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ НАРАБОТКИ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОТОПОВ.*

3. МИШЕННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ НЕЙТРОННЫХ ОБЛУЧЕНИЙ И ИССЛЕДОВАНИЙ ПО РАДИАЦИОННОМУ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЮ.*

4. ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЙ СТЕНД «ПРОТОКА».

5. УСТАНОВКА МАСЭ.

6. БОЛЬШАЯ КАМЕРА РАССЕЯНИЯ.

7. СПЕКТРОМЕТР НЕЙТРОНОВ ПО ВРЕМЕНИ ПРОЛЕТА.

8. УСТАНОВКА «АКАН».

* МИШЕННЫЕ УСТРОЙСТВА, НАХОДЯЩИЕСЯ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЦИКЛОТРОНА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ^{201}Tl (1984 Г)



СХЕМА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ ЦИКЛОТРОНА, ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ДЛЯ РЕЖИМА ПРОИЗВОДСТВА ^{201}Tl

- 1 - ОСЕВАЯ ТРАЕКТОРИЯ ПРОТОНОВ;
- 2 – РАДИАЛЬНО-ФАЗОВЫЙ КОЛЛИМАТОР;
- 3 - ИСТОЧНИК ИОНОВ;
- 4 И 4' - ЩЕЛЕВЫЕ ДИАФРАГМЫ

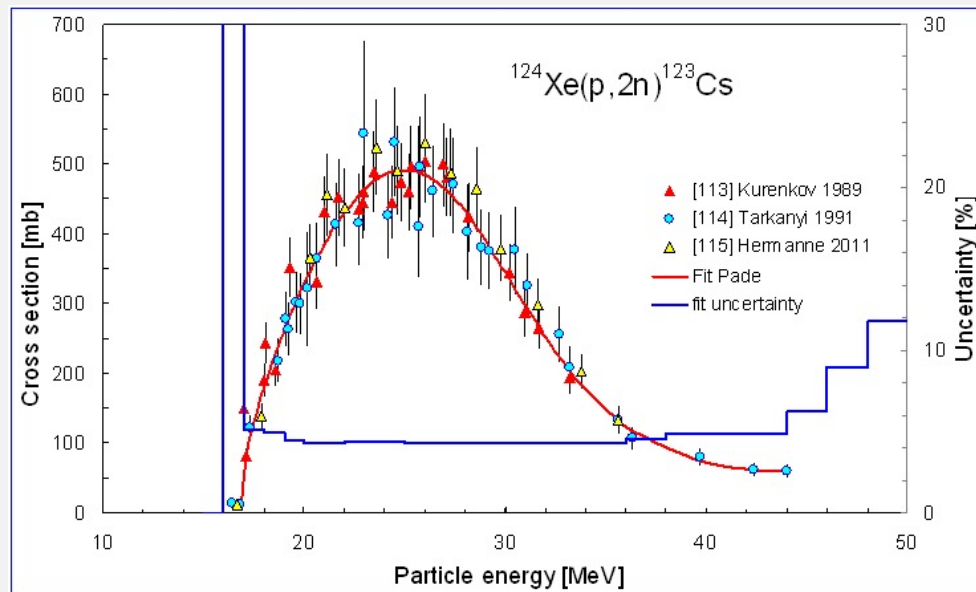
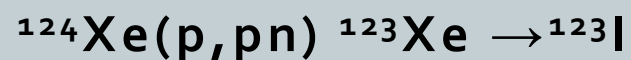
ЩЕЛЕВАЯ ДИАФРАГМА НА ЛЕВОМ ДУАНТЕ



РАДИАЛЬНО-ФАЗОВЫЙ КОЛЛИМАТОР

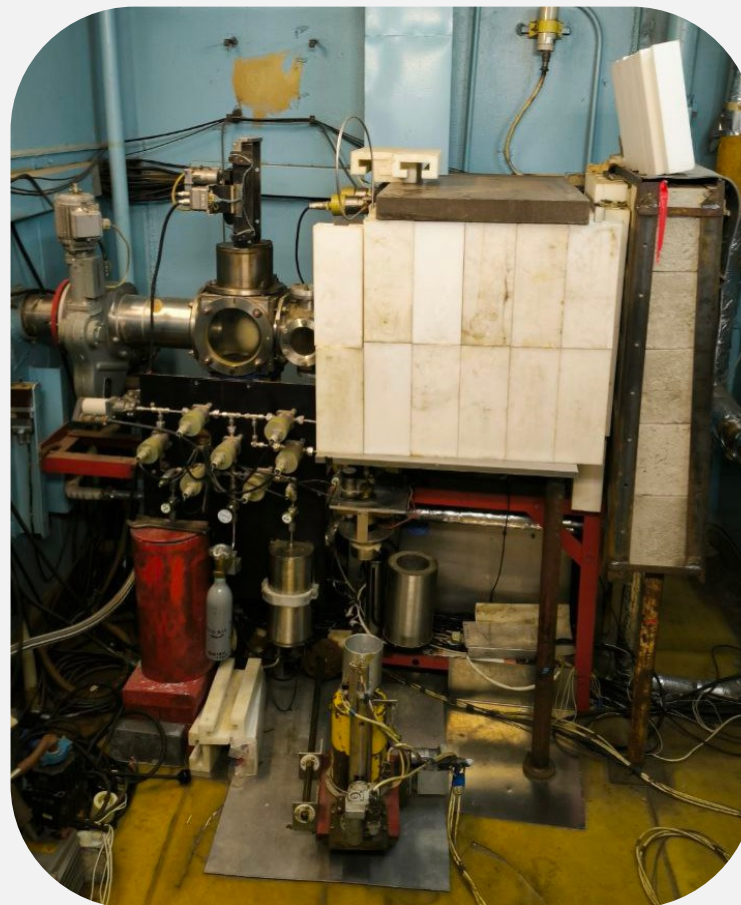


НАРАБОТКА ИЗОТОПА ЙОД-123



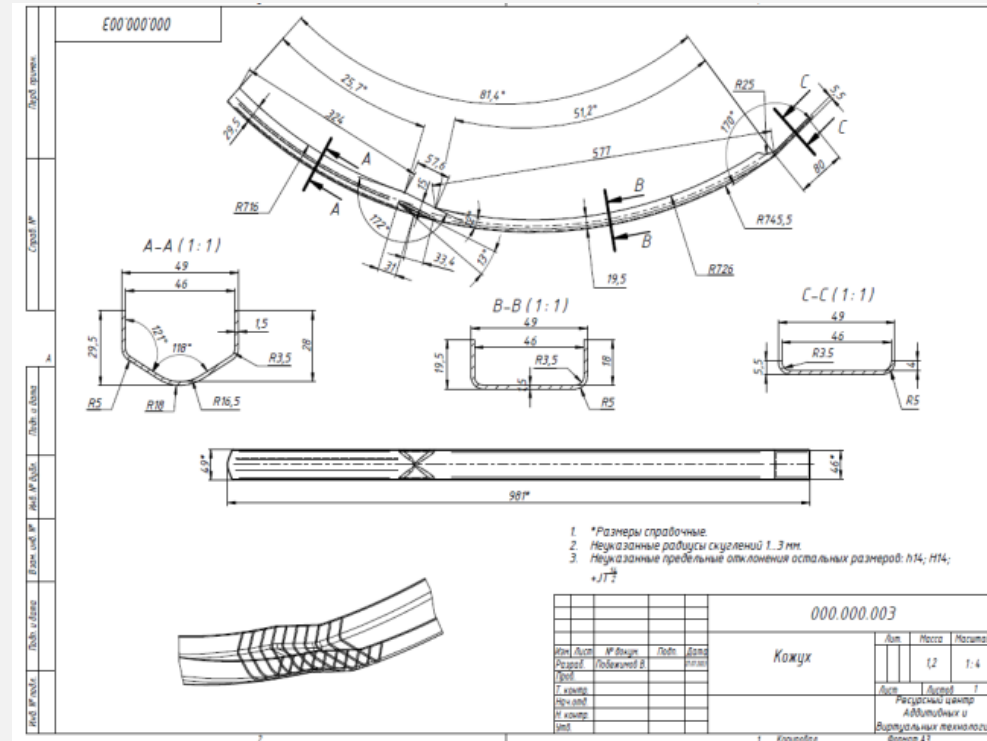
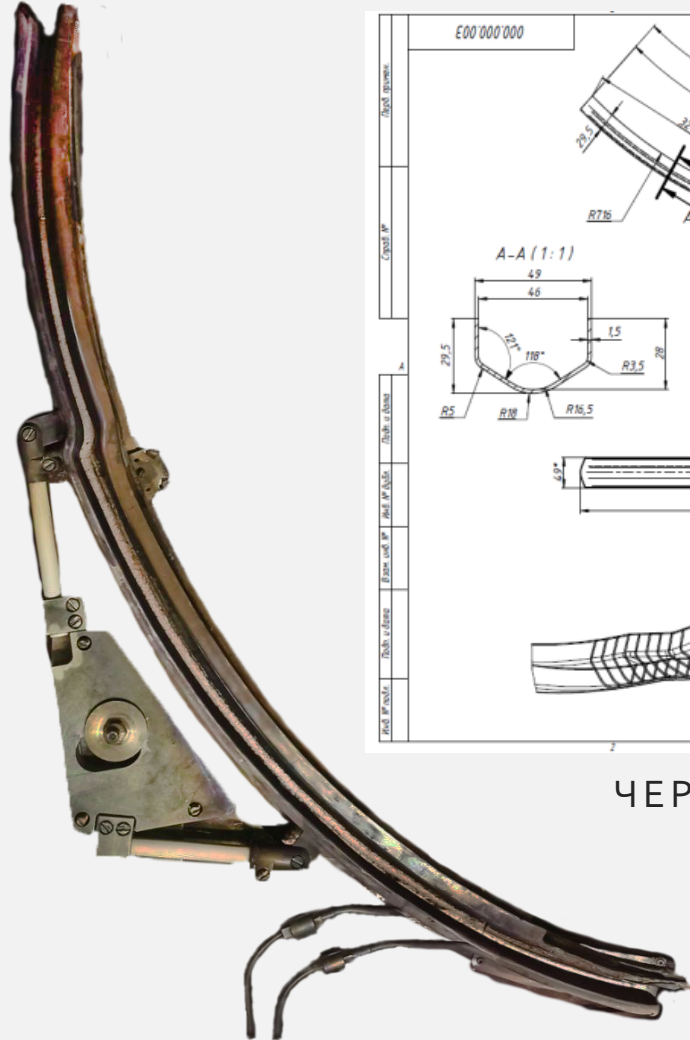
СЕЧЕНИЕ ЯДЕРНОЙ РЕАКЦИИ
 $^{124}\text{Xe}(p, 2n)^{123}\text{Cs}$ В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ ЭНЕРГИИ ПРОТОНОВ

МИШЕННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ
ПРОИЗВОДСТВА ЙОДА-123



РАСПАДНЫЙ
БАЛЛОН

СИСТЕМА ВЫВОДА ПУЧКА (ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЙ ДЕФЛЕКТОР)



ЧЕРТЕЖ ДЕФЛЕКТОРА

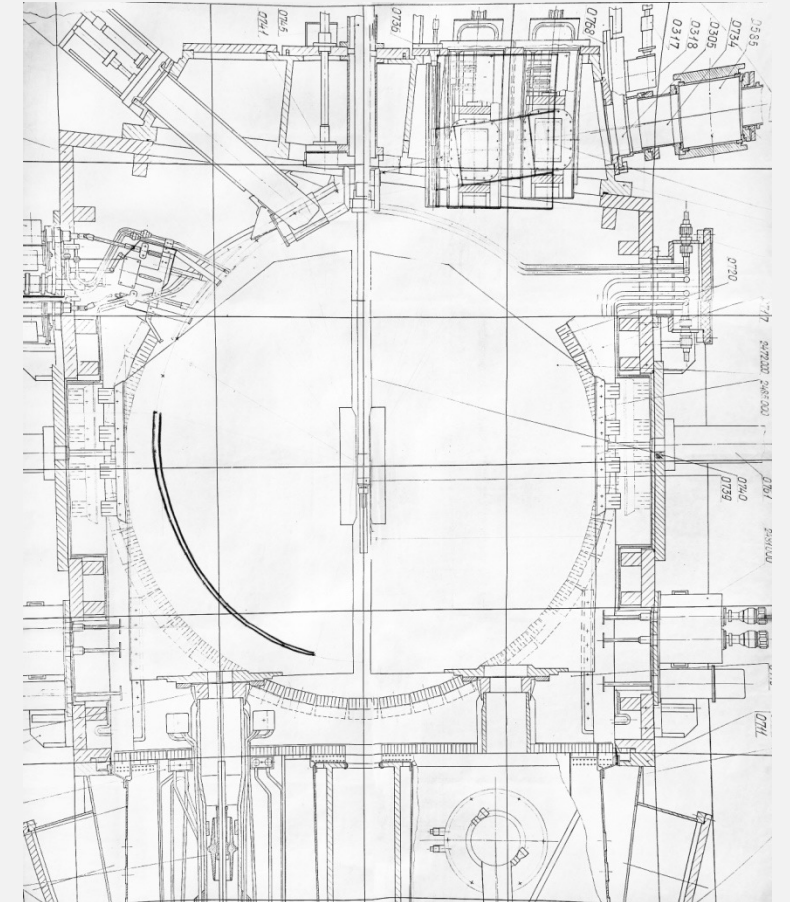


СХЕМА УСКОРИТЕЛЬНОЙ КАМЕРЫ

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ВЫВОДА ПУЧКА (СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ПУЧКА В ЦИКЛОТРОНЕ)

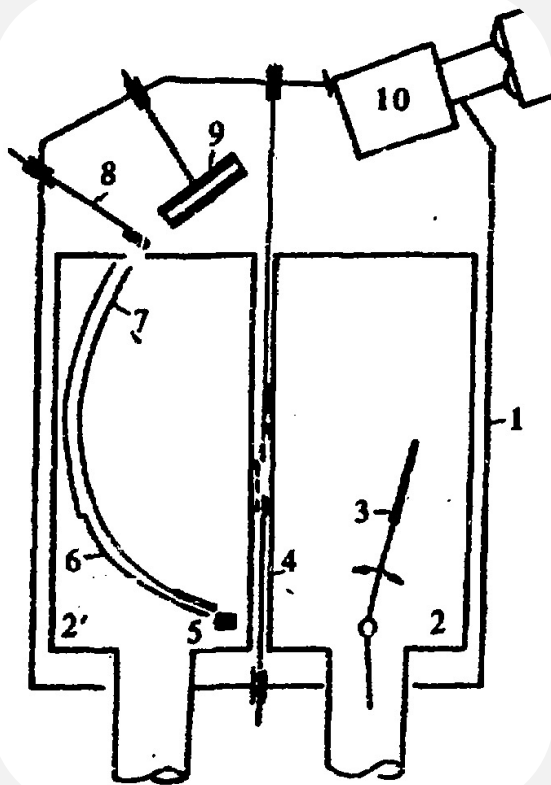
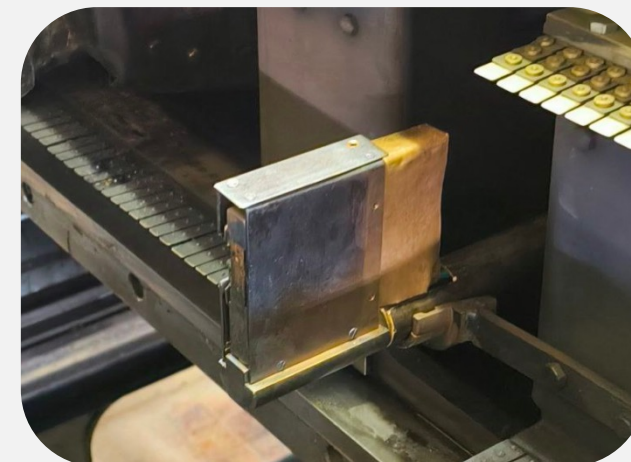


СХЕМА СИСТЕМЫ ВЫВОДА ПУЧКА ИЗ ЦИКЛОТРОНА:

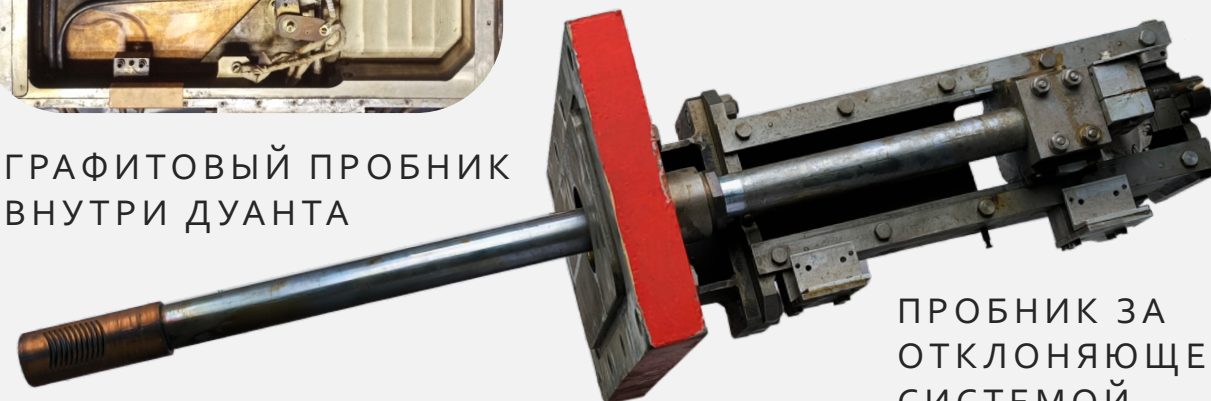
- 1 - КАМЕРА;
- 2 И 2' - ДУАНТЫ;
- 3 - ГРАФИТОВЫЙ ПРОБНИК ВНУТРИ ДУАНТА;
- 4 - ЦЕНТРАЛЬНАЯ ОБЛАСТЬ;
- 5 - ЗАЩИТА ДЕФЛЕКТОРА;
- 6 - ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЙ ДЕФЛЕКТОР;
- 7 - СЕПТУМ;
- 8 - ПРОБНИК ЭКРАНИРОВАННЫЙ;
- 9 - МАГНИТНЫЙ КАНАЛ;
- 10 - КОРРЕКТИРУЮЩИЙ МАГНИТ



ГРАФИТОВЫЙ ПРОБНИК ВНУТРИ ДУАНТА



ГРАФИТОВЫЙ ПРОБНИК МЕЖДУ ДУАНТАМИ

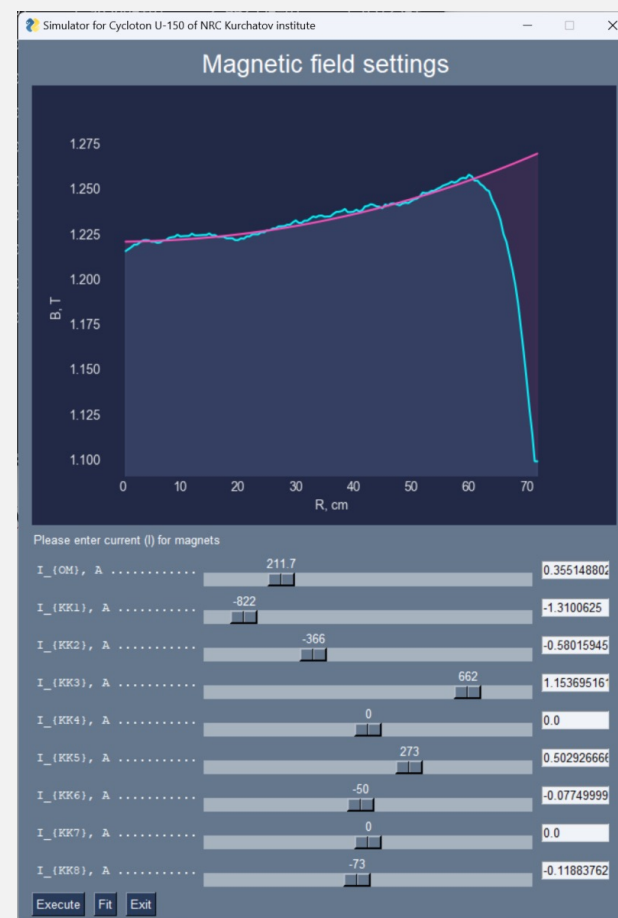


ПРОБНИК ЗА ОТКЛОНЯЮЩЕЙ СИСТЕМОЙ

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ВЫВОДА ПУЧКА (МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПУЧКА)

- РАЗРАБОТАНЫ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИНАМИКИ ПУЧКА В ЦИКЛОТРОНЕ. ДЛЯ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ ДВИЖЕНИЯ В ЗАДАННОМ МАГНИТНОМ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЯХ ИСПОЛЬЗОВАН МЕТОД РУНГЕ-КУТТЫ (ВТОРОГО ПОРЯДКА (ЭЙЛЕРА) И ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКА).
- В КАЧЕСТВЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ИСПОЛЬЗОВАНЫ ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ [1] ПО ОСНОВНОМУ МАГНИТУ И КОРРЕКТИРУЮЩИМ КАТУШКАМ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ ТОКА В НИХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАДИУСА.

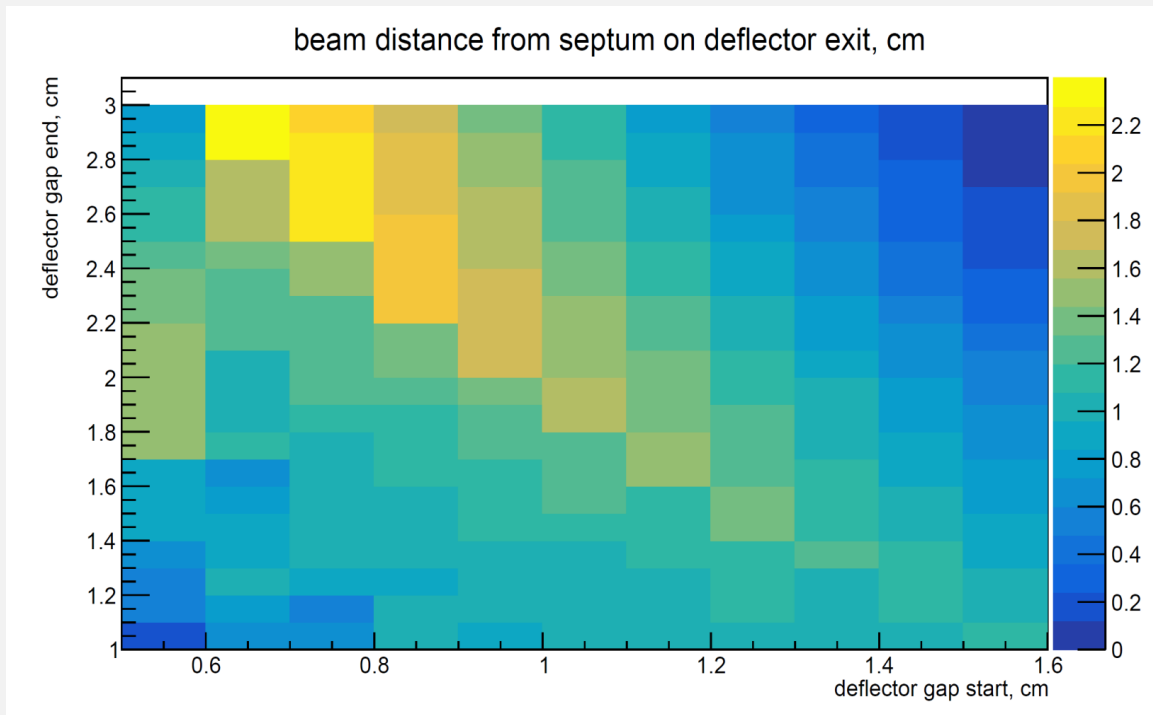
[1] Ю.П. БУЗУЛУКОВ, Н.И. ВЕНИКОВ И ДР. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ИЗОХРОННОГО ЦИКЛОТРОНА ИАЭ: ПРЕПРИНТ ИАЭ-2905. — М., 1977, С. 13.



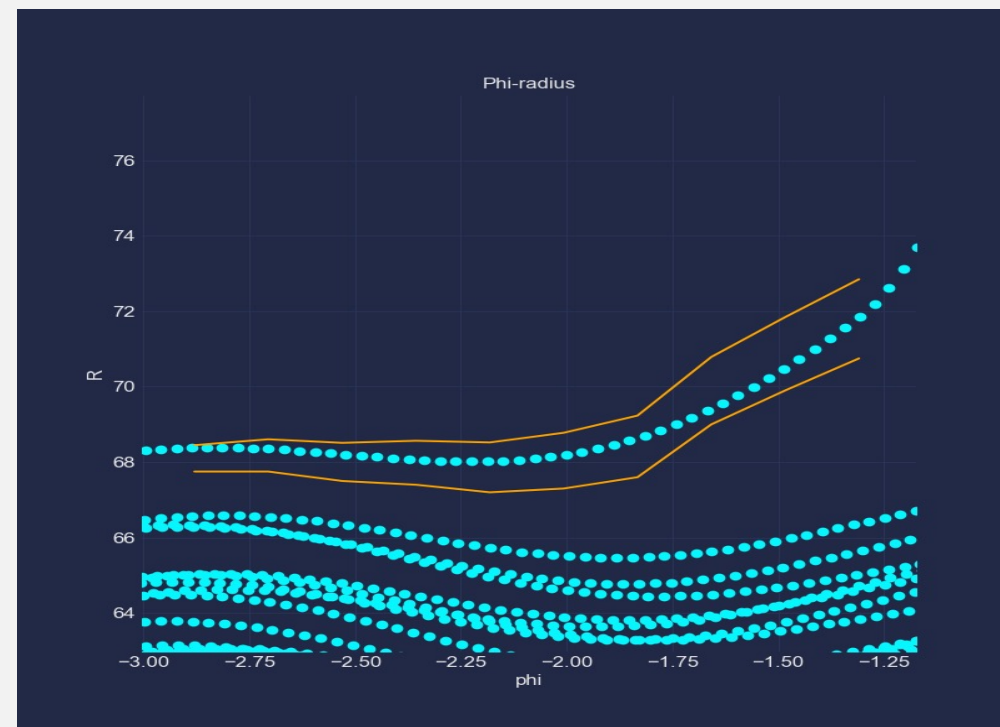
ЗАВИСИМОСТЬ $B(R)$ ПРИ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРАХ ТОКОВ В КАТУШКАХ ДЛЯ ПРОТОННОГО РЕЖИМА НА 32 МЭВ (КРАСНАЯ ЛИНИЯ СООТВЕТСТВУЕТ РАСЧЕТНОМУ ИЗОХРОННОМУ ПОЛЮ).

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ВЫВОДА ПУЧКА (ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫВОДА ПУЧКА)

В РЕЗУЛЬТАТЕ РАБОТЫ ВЫВОДИМЫЙ ТОК ПРОТОНОВ УДАЛОСЬ ПОВЫСИТЬ ДО НЕОБХОДИМЫХ 6-7 МКА НА СКВАЖНОСТИ 50, ЧТО ПРИМЕРНО В 5 РАЗ ВЫШЕ ТОГО, ЧТО УДАВАЛОСЬ ДОСТИЧЬ РАНЕЕ.



ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАЗОРОВ НА ВХОДЕ И ВЫХОДЕ ИЗ
ДЕФЛЕКТОРА



МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОХОЖДЕНИЯ ПУЧКА В
ДЕФЛЕКТОРЕ

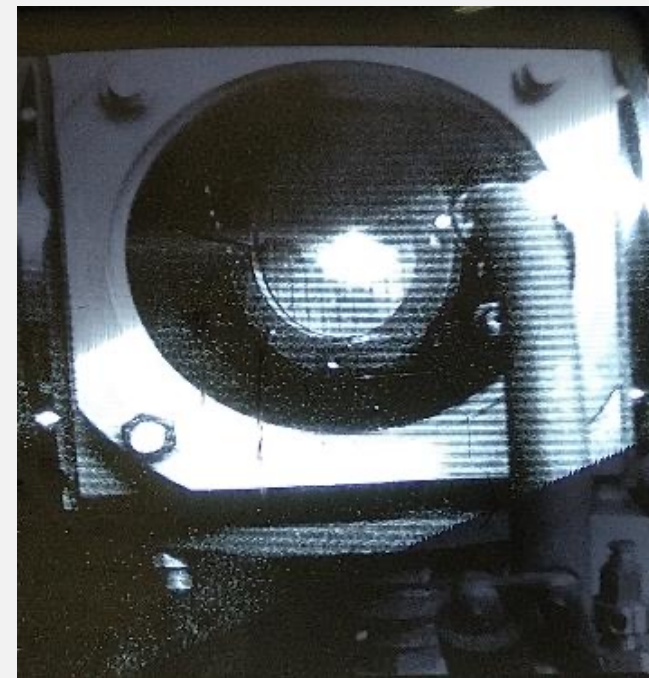
ОДНОЙ ИЗ ПЕРВОСТЕПЕННЫХ ЗАДАЧ ЦИКЛОТРОНА У-150 ЯВЛЯЕТСЯ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАРАБОТКИ МЕДИЦИНСКОГО ИЗОТОПА ^{123}I ДЛЯ КЛИНИК МОСКОВСКОГО РЕГИОНА, КОТОРАЯ БЫЛА НАЧАТА В НАЧАЛЕ 1990-ЫХ ГОДОВ

ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТАБИЛЬНОГО ТОКА И НАСТРОЙКИ ЦИКЛОТРОНА БЫЛИ РАЗРАБОТАНЫ ИЛИ ВОССТАНОВЛЕНЫ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ПУЧКА:

- ГРАФИТОВЫЕ ПРОБНИКИ ВНУТРИ ПРАВОГО ДУАНТА,
- МЕЖДУ ДУАНТАМИ,
- ПОСЛЕ ДЕФЛЕКТОРА

БЛОКИ ДИАГНОСТИКИ С ТЕЛЕУСТАНОВКАМИ В ПУЧКОВЫХ КАНАЛАХ:

- ПЕРЕД РАЗДАТОЧНЫМ МАГНИТОМ,
- ПОСЛЕ РАЗДАТОЧНОГО МАГНИТА,
- НА МИШЕНИ.



ПОМИМО ЭТОГО БЫЛО ПРОВЕДЕНО КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПУЧКА В ЦИКЛОТРОНЕ, ВКЛЮЧАЯ ОПТИМИЗАЦИЮ ПОЛОЖЕНИЯ И ЗАЗОРА ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ДЕФЛЕКТОРА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ПО ИЗМЕРЕНИЮ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ И ПРОГРАММНЫХ ПОДХОДОВ.