



СТАТУС У-70

начальник отделения ускорительного комплекса

Владимир Калинин
от имени персонала У-70

Сессия конференция
«Физика фундаментальных
взаимодействий»
ИЯФ СО РАН 10-12 марта 2026
Новосибирск

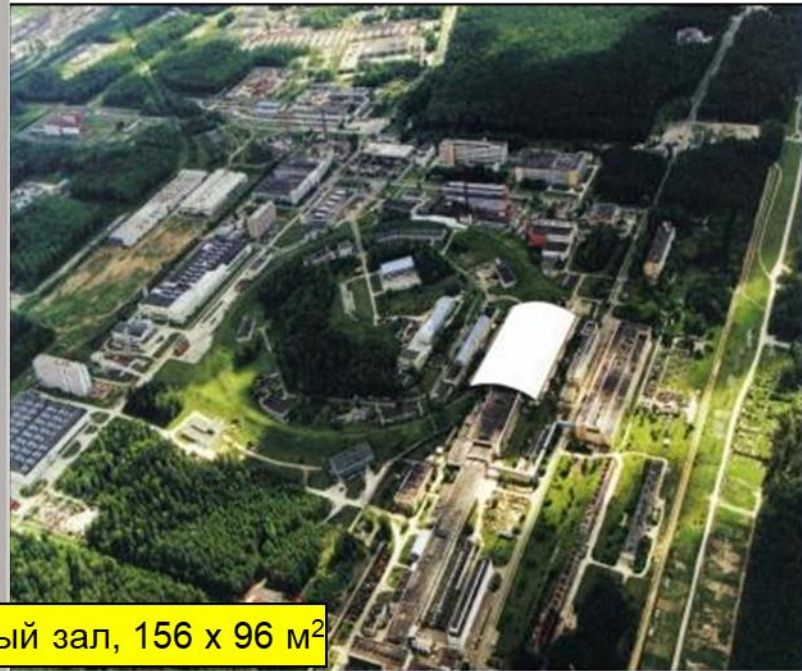
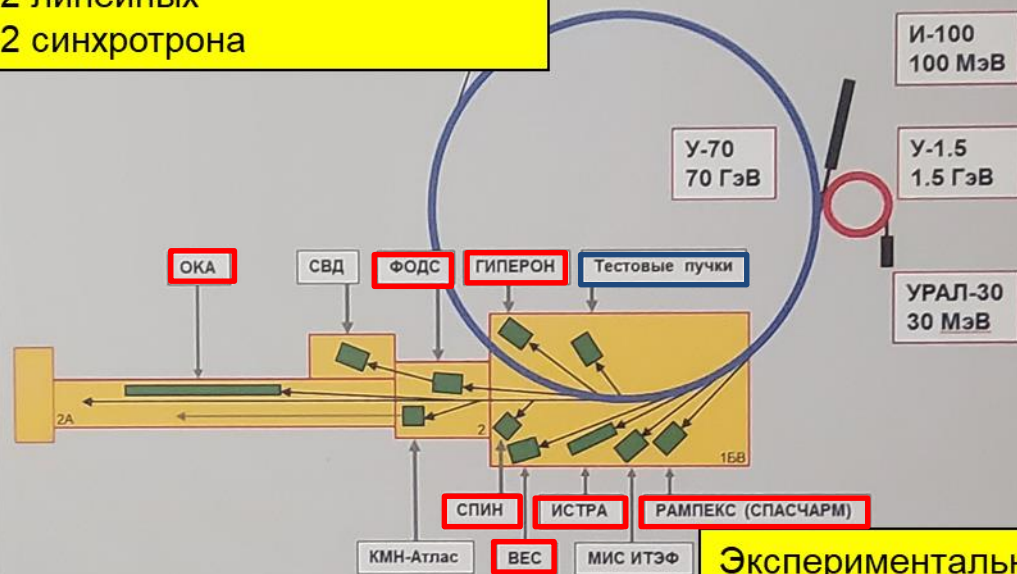
Оглавление

- Введение
- Сеансы
- Проекты
- Заключение

Состав ускорительного комплекса

4 ускорителя (с Октября 2007):

- 2 линейных
- 2 синхротрона



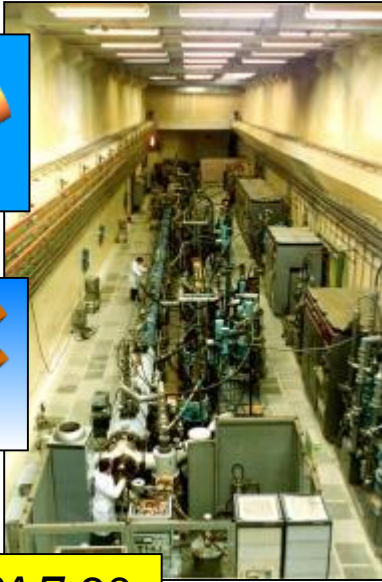
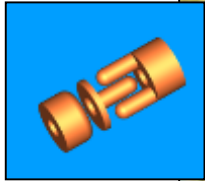
Моды работы:

- p (основная, 50-70 ГэВ) УРАЛ-30/У-1.5/У-70
- легкие ионы (С, дополнительная) И-100(2 of 3)/У-1.5/У-70

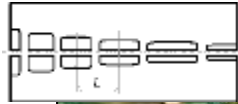
Легкие ионы (Ядра углерода):

- (очень) высокой энергии 24.1-34.1 ГэВ/н
- промежуточной (но все еще высокой) энергии 180-455 МэВ/н

Фото ускорителей



ВЧК УРАЛ-30



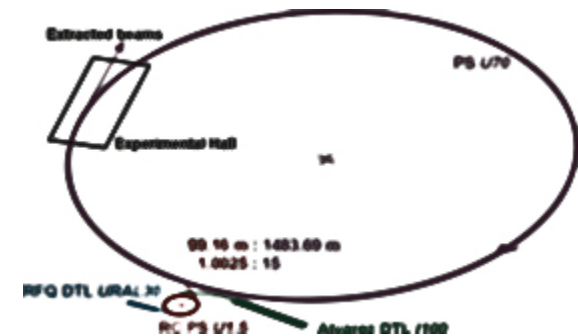
Альвареца И-100



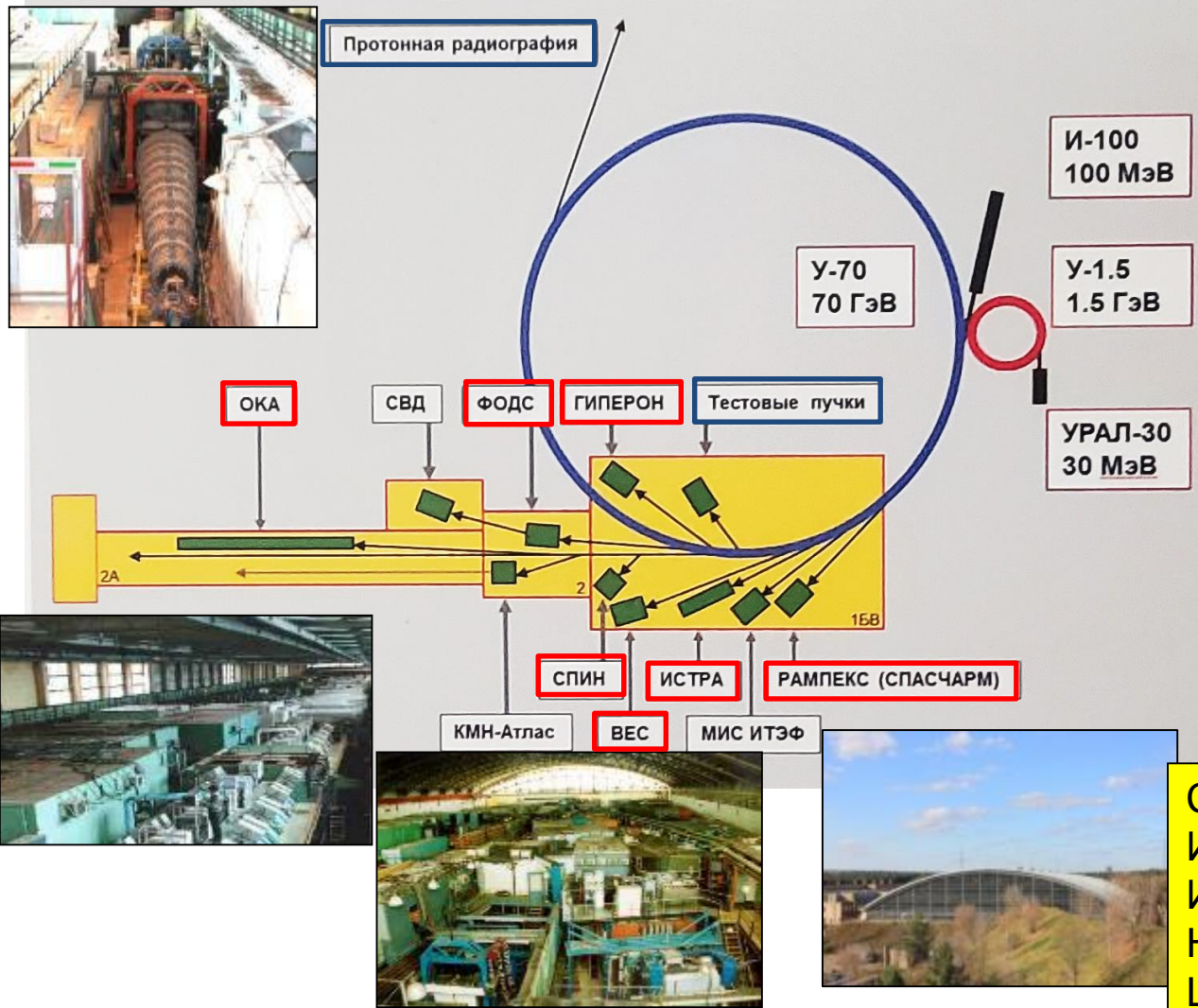
Основной ПС У-70



Быстро-циклический ПС У-1.5



Базовые экспериментальные установки



Пучки
 p , π , K , e , ν , C
 Направления исследований:

- спектроскопия адронов
- спиновые эффекты
- редкие распады каонов
- жесткие процессы
- свойства барионной материи

Прикладные исследования:

- p радиография
- C радиобиология

Collaborators:
 ИФВЭ, ИТЭФ, ОИЯИ,
 ИАЭ, ПИЯФ, ИЯФ СО РАН,
 НИИЯФ МГУ, НИЯУ МИФИ,
 ЦЕРН, ...
 ВНИИЭФ, ИТЭБ РАН, ИМБП,
 ФМБЦ...

До 10 физических экспериментов в сеансе,
 До 7 потребителей пучка за цикл

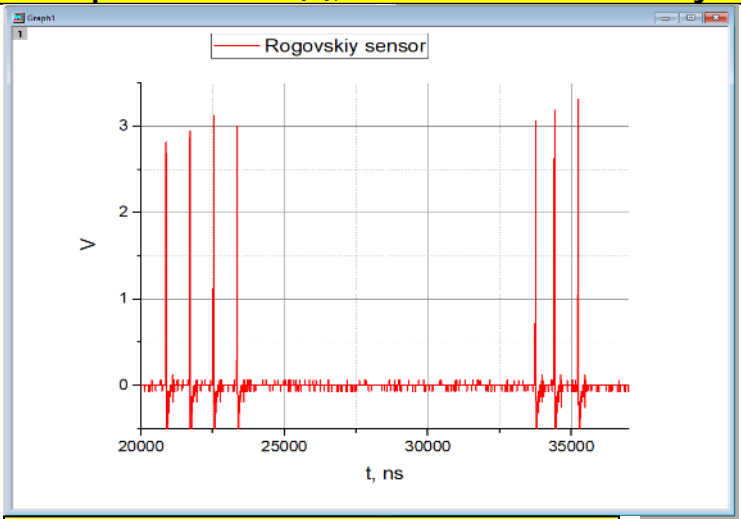
Сеансы работы ускорительного комплекса У-70

Сеанс	2025-1	2025-2
Последовательный запуск ускорителей УРАЛ-30, У-1.5 и У-70 (И-100 запускался параллельно с задержкой)	10 Марта	15 Сентября
Пучок в У-70.	04 Апреля	20 Октября
Программа экспериментальной физики (fixed-target) с выведенными пучками высоких энергий.	04 Апреля- 25 Апреля 21 дней	16 Ноября - 25 Декабря 39 дней
Число потребителей пучка (Физические установки)	9	9
Исследования ускорителей, физики и техники пучков заряженных частиц, дней	15	28
Ионная программа, только промежуточная энергия.	28 – 30 Апреля 2 дня	20 Октября – 2 Ноября 13 дней

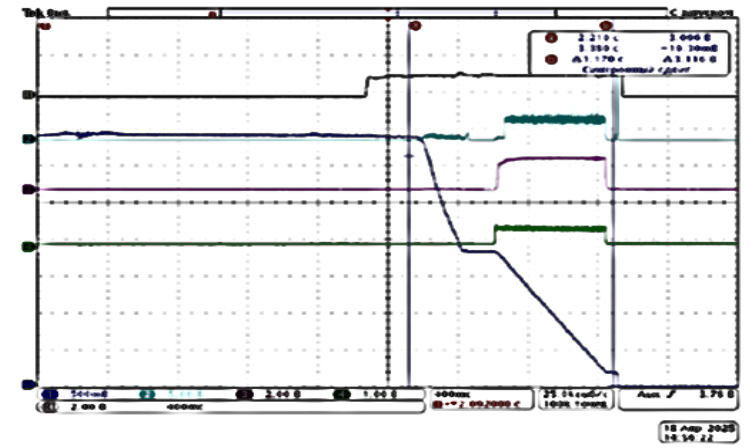
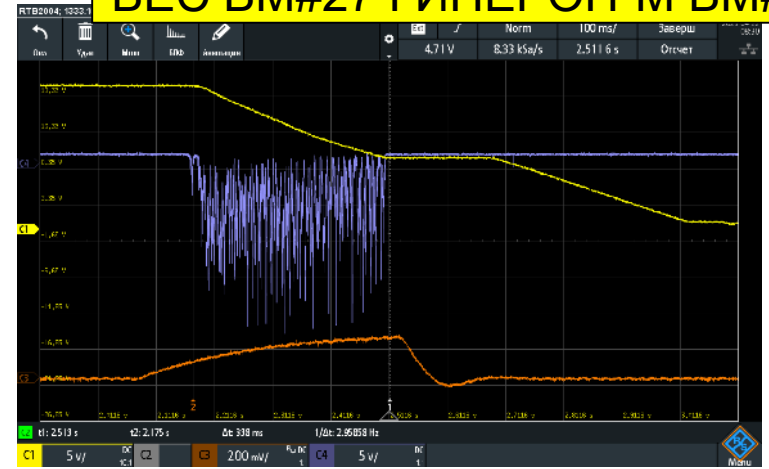
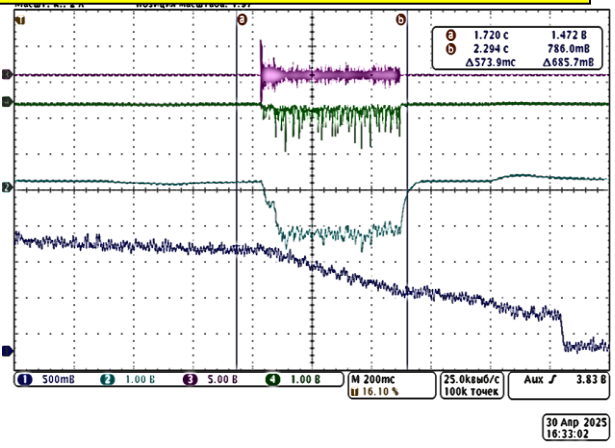
1 Сеанс 2025

ПРГК, НЕЙТРОН p (30-50 GeV),
быстрый вывод, $2 - 2.2 \cdot 10^{11}$ в сгустке

Физика высоких энергий, p (50 ГэВ),
ОКА, СПИН, ФОДС
Классический медленный вывод
СПАСЧАРМ VM#24
ВЕС VM#27 ГИПЕРОН-М VM#35

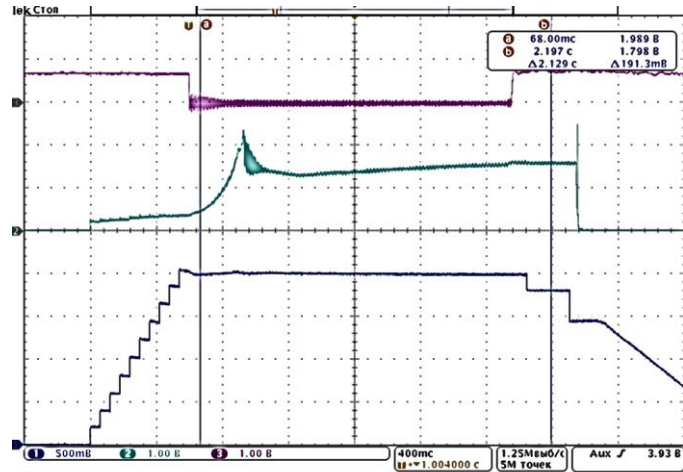


Ионная программа



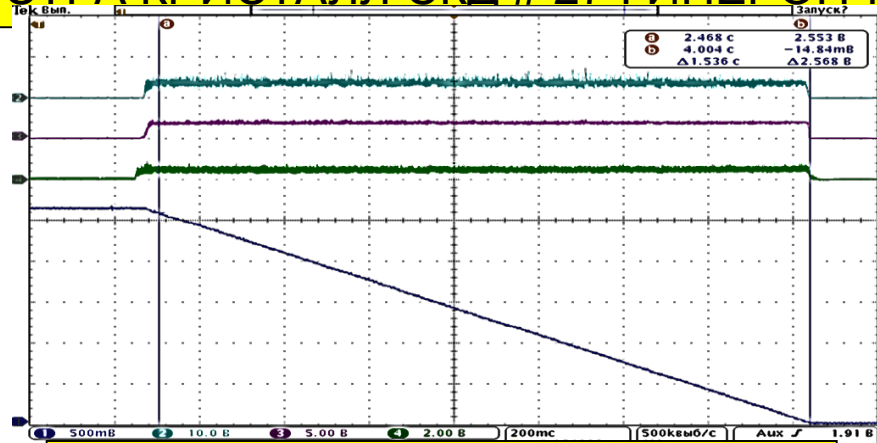
2 Сеанс 2025

ПРГК, НЕЙТРОН,
 p (40-50 ГэВ),
быстрый вывод,
 $2 - 2.2 \cdot 10^{11}$ в сгустке

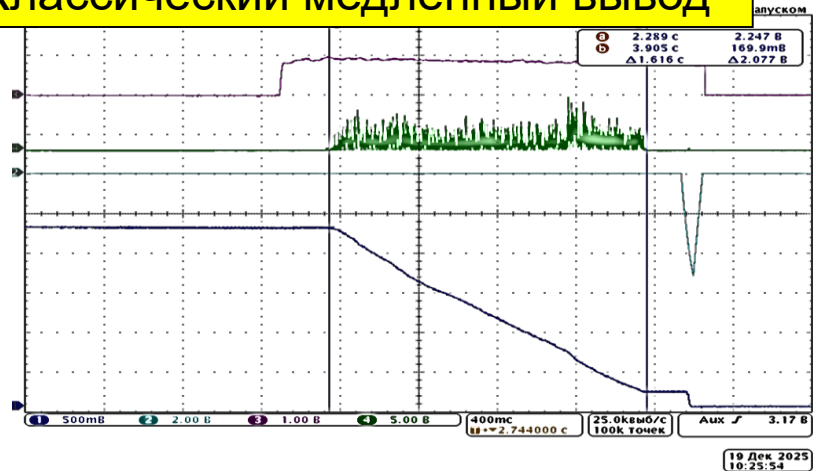


Физика высоких энергий, p (50 ГэВ)

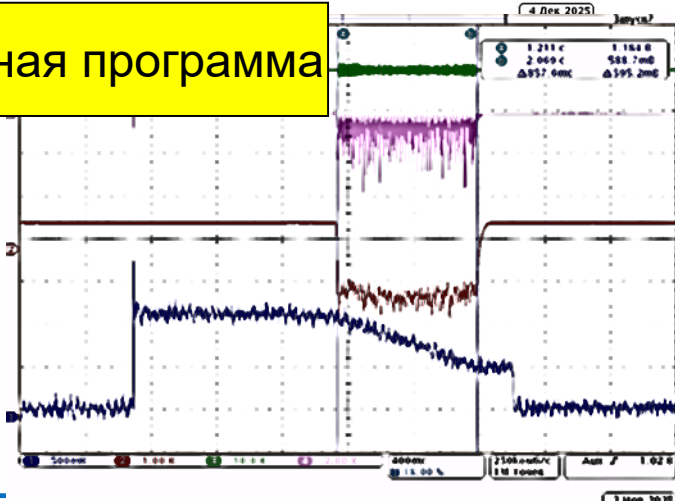
СПАСЧАРМ ВМ#24 ВЕС ВМ#27
ИСТРА КРИСТАЛЛ СКД # 27 ГИПЕРОН-М ВМ#35



ОКА, СПИН, ФОДС
Классический медленный вывод



Ионная программа



Требуемые параметры пучка ионов углерода

- Кабина №3, метод наложения слоёв
(пассивный метод формирования дозового объёма)

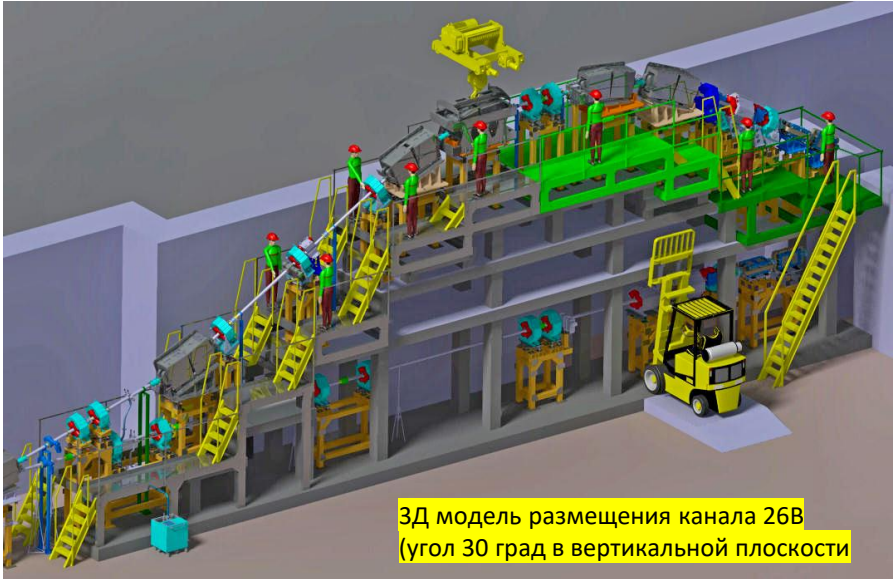
Способ вывода ионов	- медленный вывод
Выводимые энергии	- 200 - 435 МэВ/н (6 ступеней)
Размеры зоны облучения	- до 150x150 мм
Равномерность поля	- не хуже 95%
Количество ионов в цикле	- до 2.0×10^9
Мощность дозы	- до 2 Гр/мин на глубине 15- 25 см
Погрешность дозы в слое	- не более ± 2.5 %
Общая погрешность накопленной дозы	- не более 5%

- Кабины №1 и №2,
(карандашный пучок, активный метод формирования дозового объёма)

Способ вывода ионов	- медленный вывод
Выводимые энергии	- 200 - 435 МэВ/н (6 ступеней)
Размер зоны облучения	- до 200x200 мм
Среднеквадратичный размер пучка в изоцентре на энергии 435 МэВ	- не более 3,3 мм
Среднеквадратичный размер пучка в изоцентре на энергии 150 МэВ	- не более 6 мм
Количество ионов в цикле	- до 2.0×10^9
Мощность дозы	- до 2 Гр/мин на глубине 15- 25 см
Общая погрешность накопленной дозы	- не более 5%

ЛУЧ У-70

Размещение ускорительной части проекта в кольцевом зале и зд. 1БВ



ЛУЧ У-70

Результаты пробной проводки пучка по каналу 26А в осеннем сеансе 2025 года



Головная часть каналов 26 и 26А



Поперечный «портрет» пучка на выходе из СМ-34, радиохромная пленка ЕВТ-3. Размер 30 x75 мм²

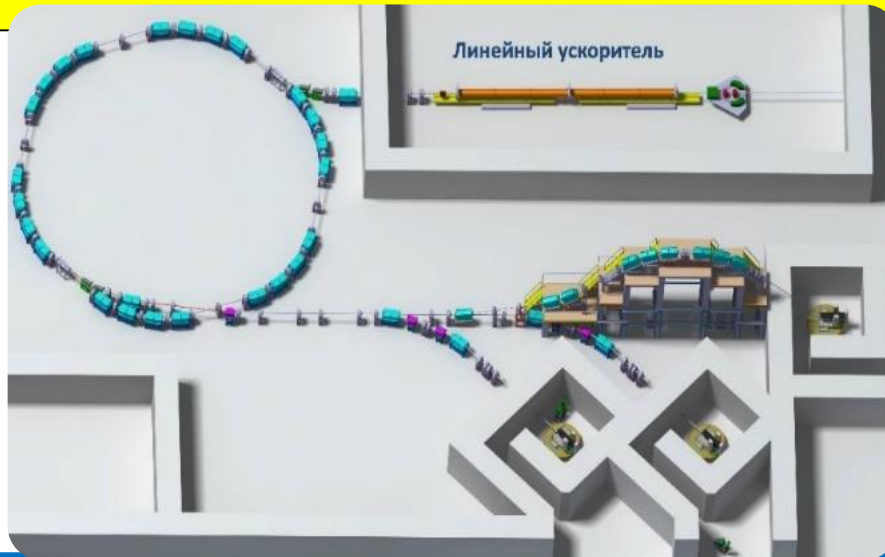


Профили пучка за один цикл вывода. Синий цвет – горизонталь, красный цвет – вертикаль. Сверху вниз профилометры по ходу пучка.

ТИПОВОЙ КОМПЛЕКС ИОННОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ (ЛУЧ ТИП ИОН)

Проект типового комплекса ИЛТ предполагает:

- Создание линейного ускорителя ионов углерода с энергией 8МэВ/нуклон;
- Создание специализированного медицинского синхротрона на энергию 150 - 430 МэВ/нуклон;
- Создание 3 горизонтальных активных пучков сканирующего типа и 1-го под 45 градусов в вертикальной плоскости и транспортировки их в медицинские лучевые кабины;
- Ускорительная часть проекта разместится в реконструируемых 4-6 пролетах зд.371;
- Медицинская часть проекта будет размещена во вновь построенном 2-х этажном здании примыкающем к зданию 371 с северной стороны.



ТИПОВОЙ КОМПЛЕКС ИОННОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ (ЛУЧ ТИП ИОН)

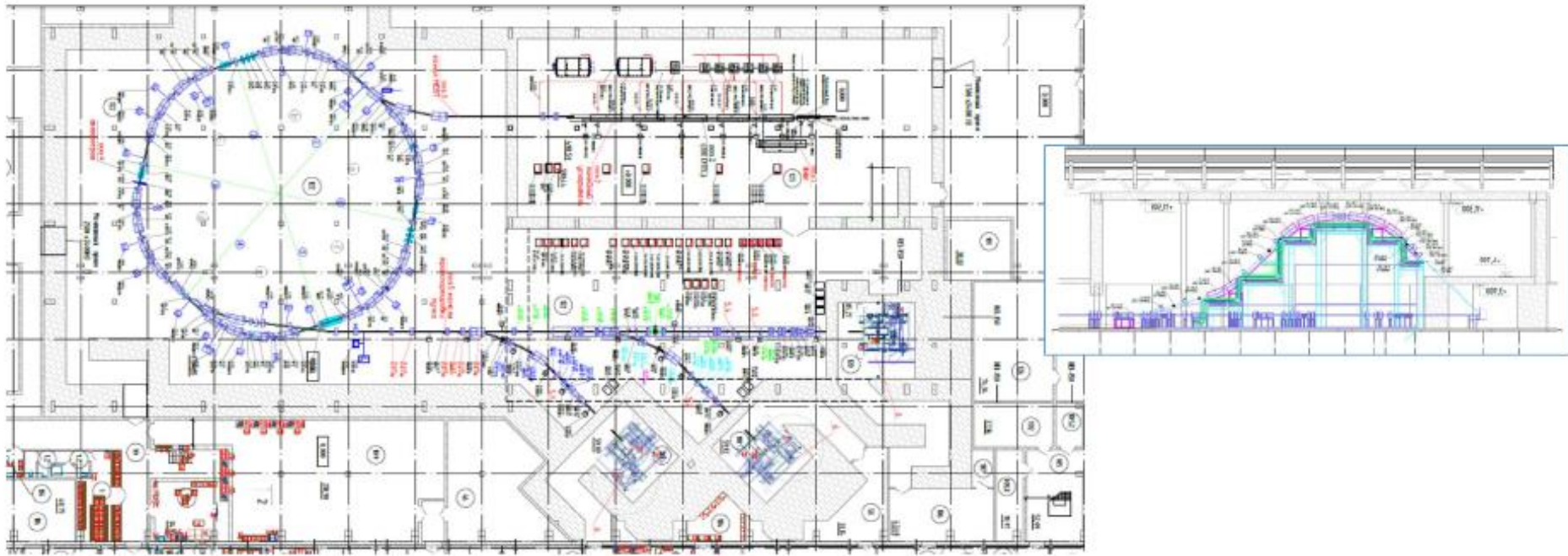


Схема планировки объекта ЛУЧ ТИП ИОН

ИМПУЛЬСНЫЙ НЕЙТРОННЫЙ ИСТОЧНИК (ИНИ ОМЕГА)

Параметр	Значение
Энергия ускоренных протонов, ГэВ	1.32–1.50
Число протонов в импульсе (сгустке)	10^{12}
Частота следования импульсов внутри пакета, Гц	$50/3 = 16\frac{2}{3}$
Количество импульсов в пакете	29
Период следования пакетов, с	6.5
Длительность импульса (сгустка) (ширина на полувысоте), нс	50
Мощность пучка (средняя), кВт	1.2
Выход нейтронов, нейтронов/протон	33
Интенсивность нейтронов на свинцовой (вольфрамовой) мишени, нейтронов/с	1.5×10^{14}

Обозначение	Название системы
<i>A</i>	Источник отрицательных ионов водорода H^-
<i>B</i>	Линейный ускоритель Урал-30
<i>C</i>	Канал перевода инжектируемого пучка в синхротрон У-1.5
<i>D</i>	Протонный синхротрон (бустер) У-1.5
<i>E</i>	Канал транспортировки драйверного пучка протонов к мишени
<i>F</i>	Нейтронгенерирующая мишенная станция
<i>G</i>	Каналы транспортировки нейтронов и экспериментальные станции

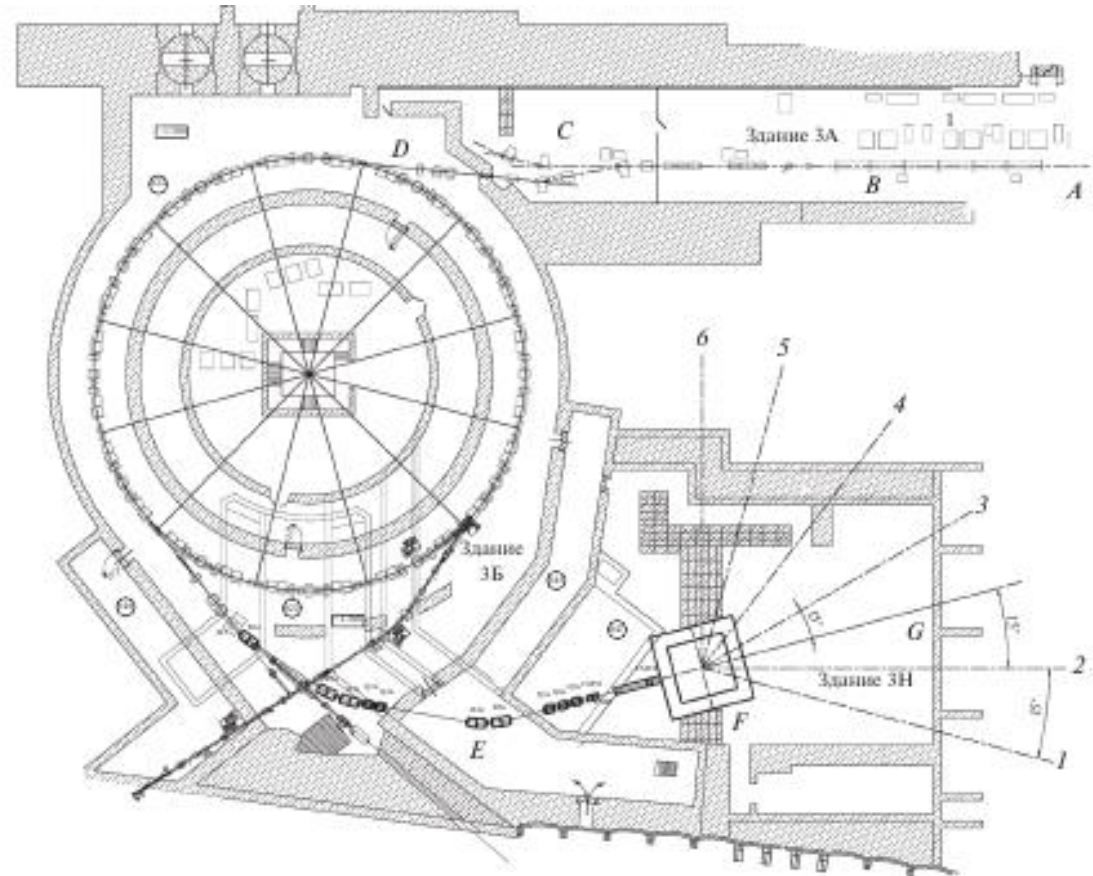


Схема планировки объекта ОМЕГА

ИМПУЛЬСНЫЙ НЕЙТРОННЫЙ ИСТОЧНИК (ИНИ ОМЕГА)

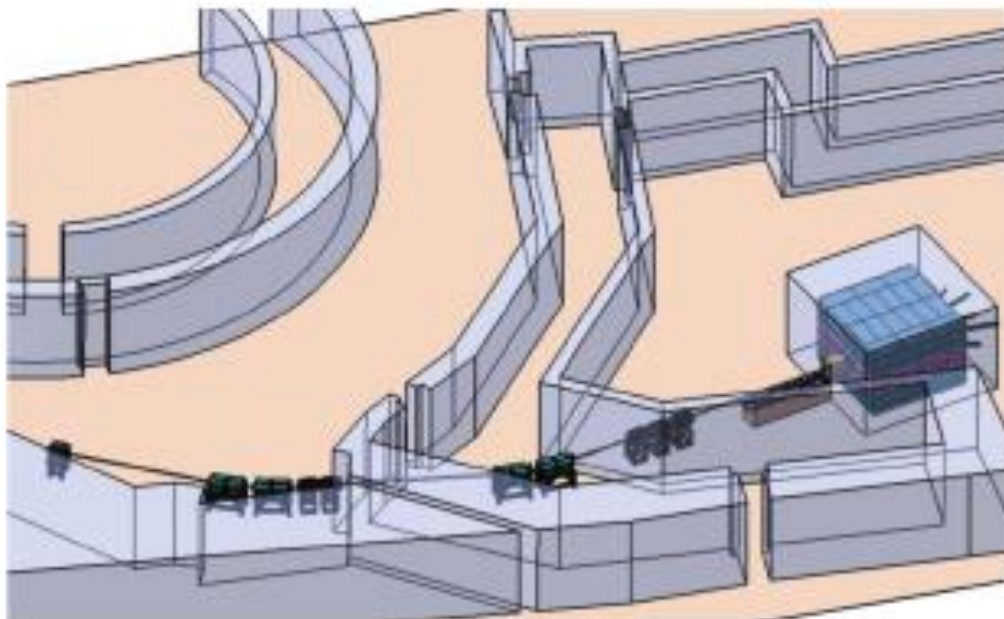
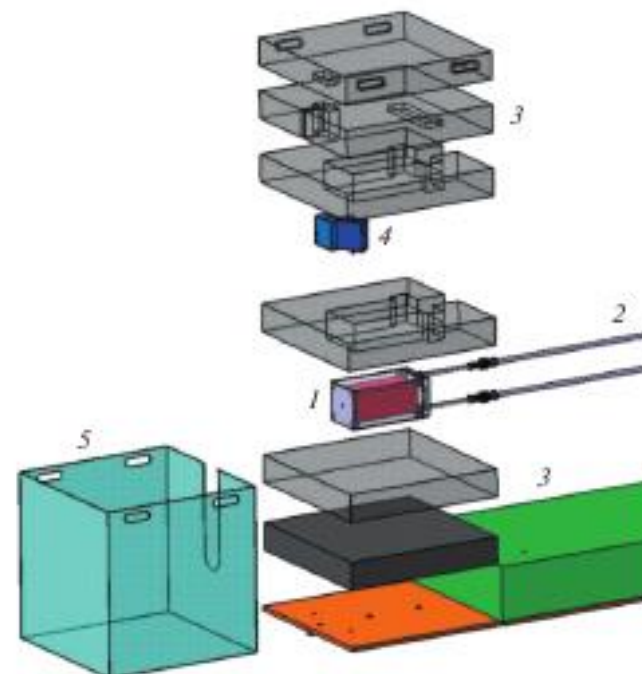


Схема размещения мишени́й станции



Центральная часть мишени́й узла

1 – водоохлаждаемый герметичный контейнер с вольфрамовой мишенью длиной 0.25 м

2 – магистраль замкнутой циркуляции обессоленной охлаждающей воды

3 – шесть слоёв отражателя размером 0.1x0.6x0.6 м3 каждый

4 – водный замедлитель

5 – внешний корпус извлекаемого мишени́й узла

Заключение

Ускорительный комплекс У-70 НИЦ «Курчатовский институт» -ИФВЭ (Протвино) :

- состоит из четырех ускорителей (УРАЛ-30, И-100, У-1.5, У-70)
- надежно обеспечивает пучками протонов программу физики высоких энергий
- постоянно повышает качество выводимого пучка протонов
- является объектом программы модернизации
- предоставляет пучки ядер углерода энергий 200, 250, 300, 350, 400, 455 МэВ на нуклон для радиобиологических исследований и подготовки к клиническим испытаниям
- У-1.5 и У-70 представлены в категории протонных синхротронов и ускорителей легких ионов
- открыт для нескольких многообещающих вариантов будущего развития

Спасибо за внимание