

Комплекса NICA Результаты работы и ближайшие планы

**«Физика частиц при средних и
высоких энергиях»**

Протвино 02.06.2026

Бутенко А.В.

От имени коллектива ЛФВЭ





**Первый магнит коллайдера
в тоннеле, декабрь 2021.**

Минимальная готовность
тоннеля. Нет водоснабжения,
отопления, никаких
инженерных систем



**Начало технологического
пуска коллайдера 13.06.24.**

МКС коллайдера это:

- более 25 км LHe&LN2 коммуникаций
- 3650 керамических изоляторов
- более 14000 паяных и сварных соединений
- 1800 высоковакуумных соединений
- 250 куб.м объем вакуумных криостатов



**Старт 1го сеанса
на комплексе NICA 25.03.25.**

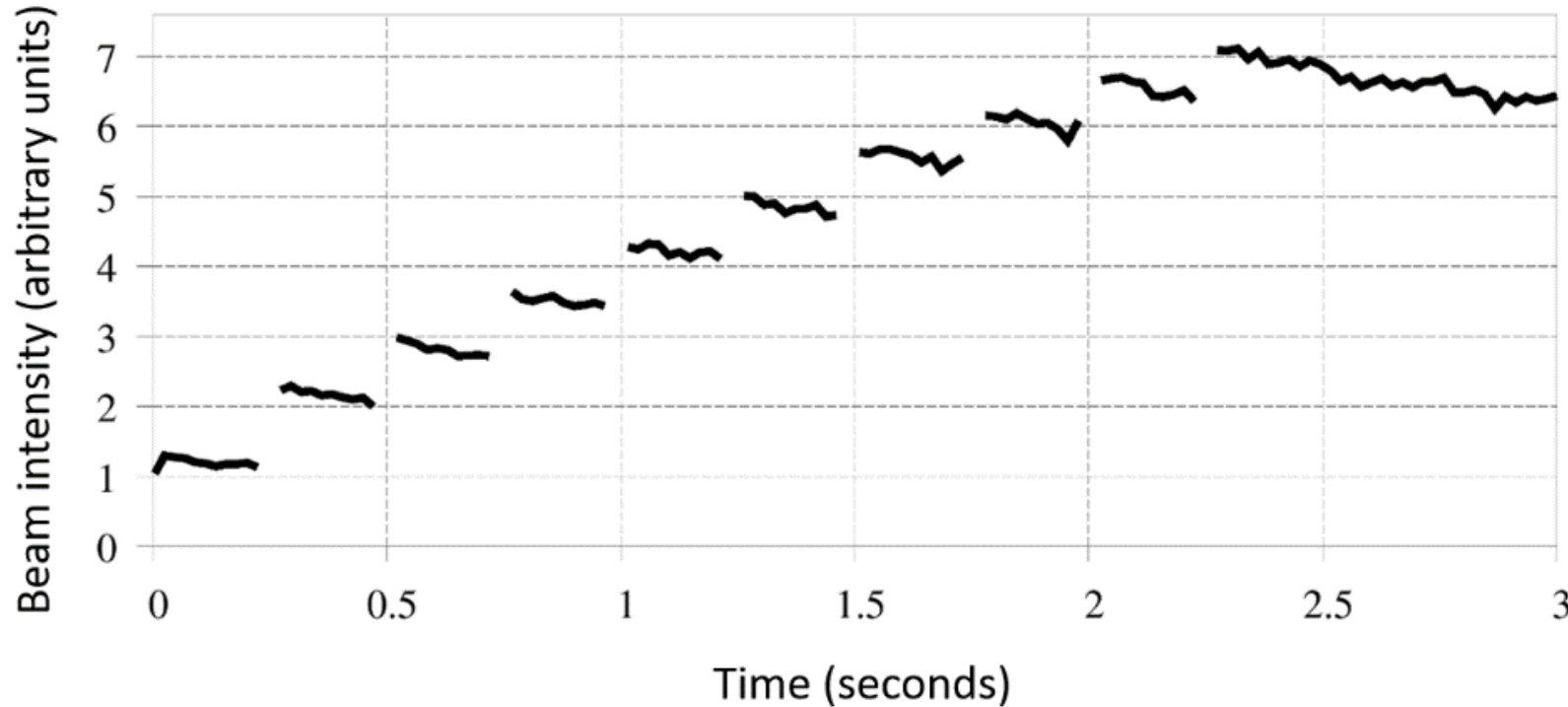
Задачи:

- Поэтапные ПНР основных систем
- Запуск и совершенствование
инжекционного комплекса
- Работа с выведенными пучками
- Физ.пуск коллайдера

Основные достижения и результаты прошедшего сеанса:

1. Проведена оптимизация режимов работы КРИОН-6 и ЛУТИ для многократной инжекции до 10 Гц
2. Достигнута высокая эффективность работы СЭО в продольном направлении,
3. Оптимизирована система инжекции в Бустер для накопления и получен режим накопления ионов при многократной инжекции до 10 импульсов в продольном фазовом объеме с пом. СЭО.
4. Отлажена система синхронизации инжекционного комплекса, повышена стабильность и эффективность перепуска из Бустера в Нуклотрон.
5. Введена в строй система быстрого вывода пучка из Нуклотрона.
6. Запущены и испытаны системы КТП (протяженность ионопровода более 250м, 75 магнитных элементов, 19 устройств диагностики).
7. Запущены вакуумная, криогенная и магнитная системы коллайдера, а также системы питания, защиты, эвакуации, устройства диагностики пучка, ВЧ2, АСУ, коррекции и другие...
8. Выведена на проектную мощность система криогенного обеспечения для параллельной работы всех элементов комплекса.
9. Получена циркуляция пучков Хе в обоих кольцах коллайдера с пересечением в точке встречи.
10. Набор рекордной статистики на BM@N (в 5 раз больше чем в прошлые сеансы) при трех значениях энергии Хе.
11. Проведен физический пуск станций для прикладных исследований «ИСКРА» и «СИМБО», в рамках ПНР поставлены 9 экспериментов с участием 10 организаций и подразделений ОИЯИ.

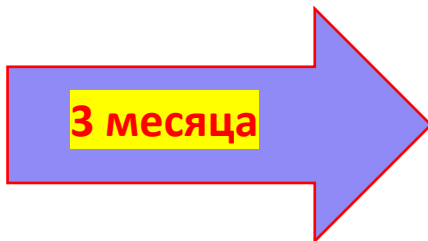
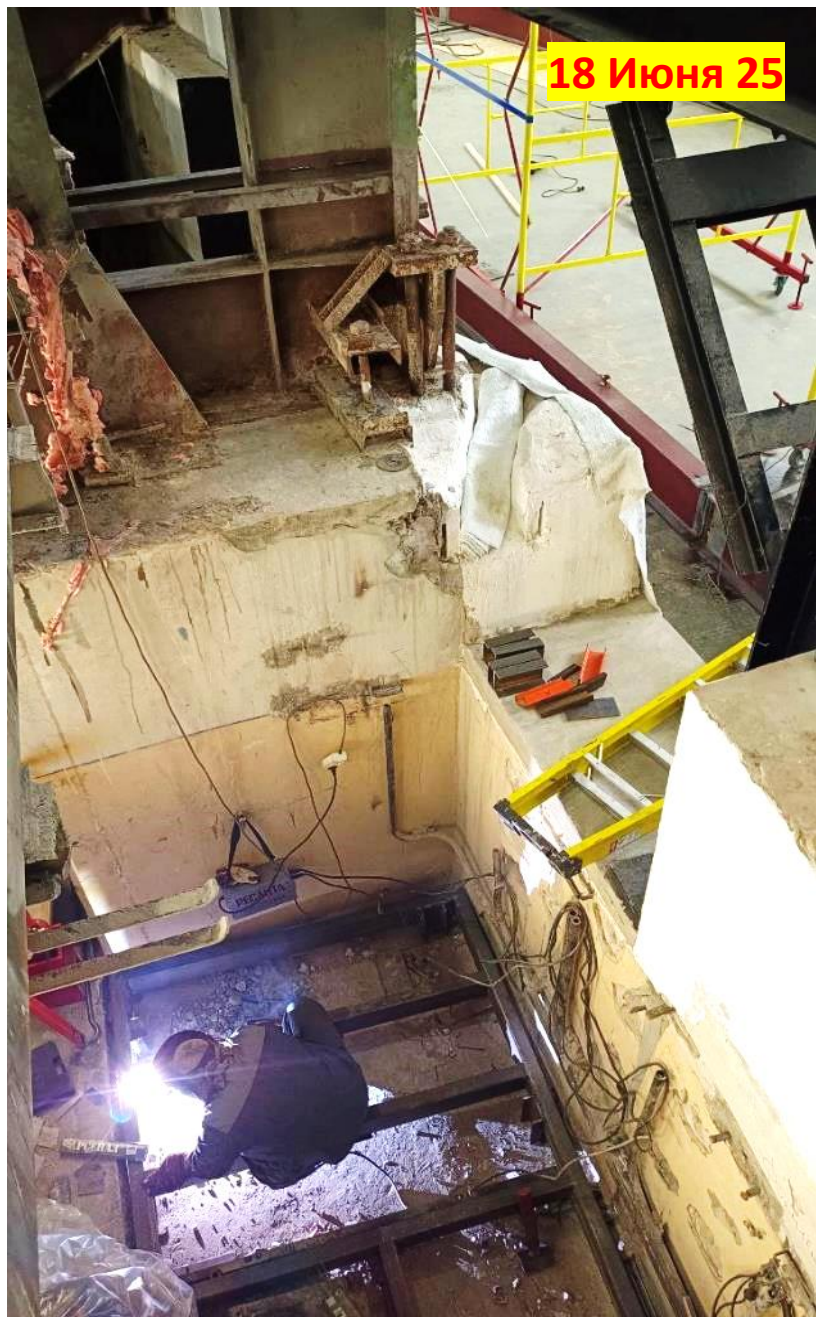
Накопление пучка в Бустере с помощью СЭО в продольном фазовом объеме



С целью эффективного накопления пучка системы ЛУТИ и КРИОНа модернизированы и работают с частотой повторения **10 Hz**.



- Для дальнейшей работы на коллайдер требуется существенное развитие:
 - Увеличение количества накопленных ионов до 4-х раз т.е. до $2E8$ (увеличение частоты)
 - Снижение потерь (в т.ч. вакуумных) благодаря более точной настройке оптики, СЭО





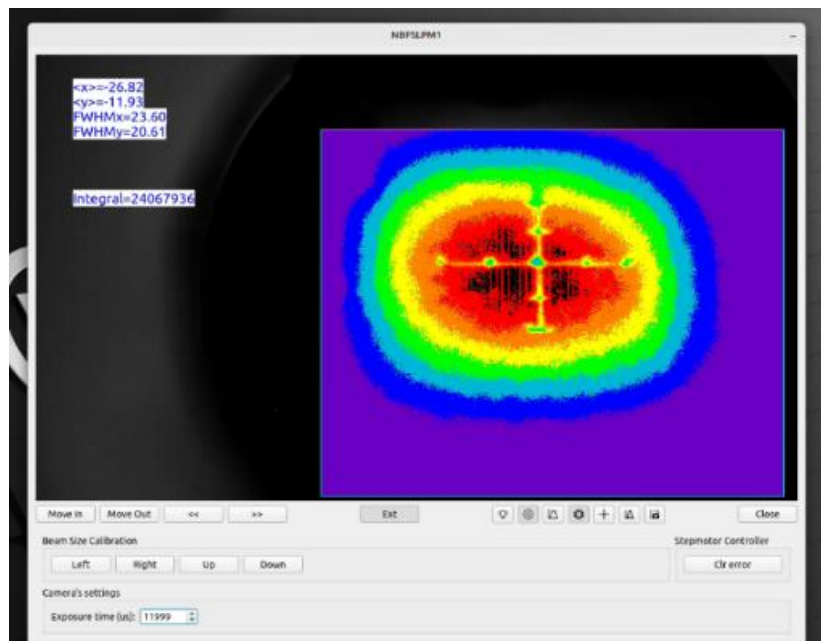
10 Дек. 2025 завершение монтажа систем инжекции



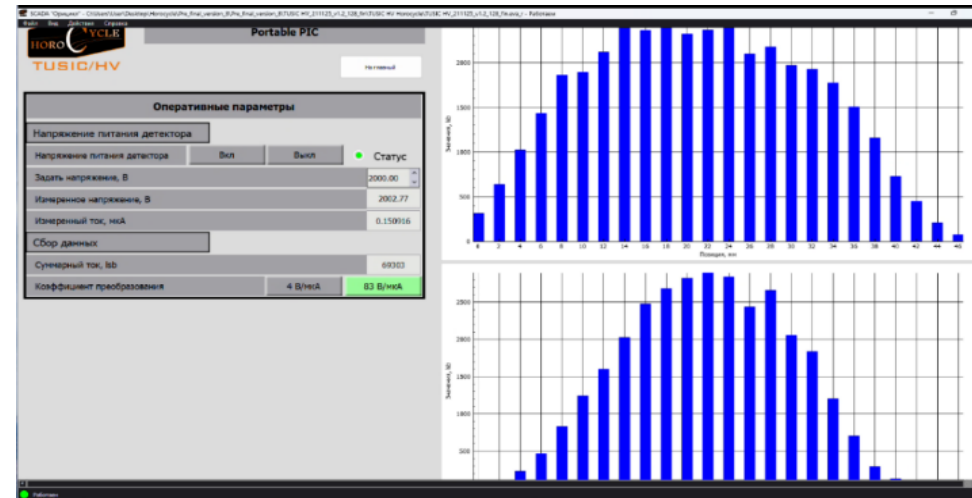
24 Декабря закончено охлаждение МКС коллайдера

**30 декабря в магнитную систему
заведен ток возбуждения 5 кА**

**К 20 декабря обе ветки
каналов запущены и
испытаны с пучком.**

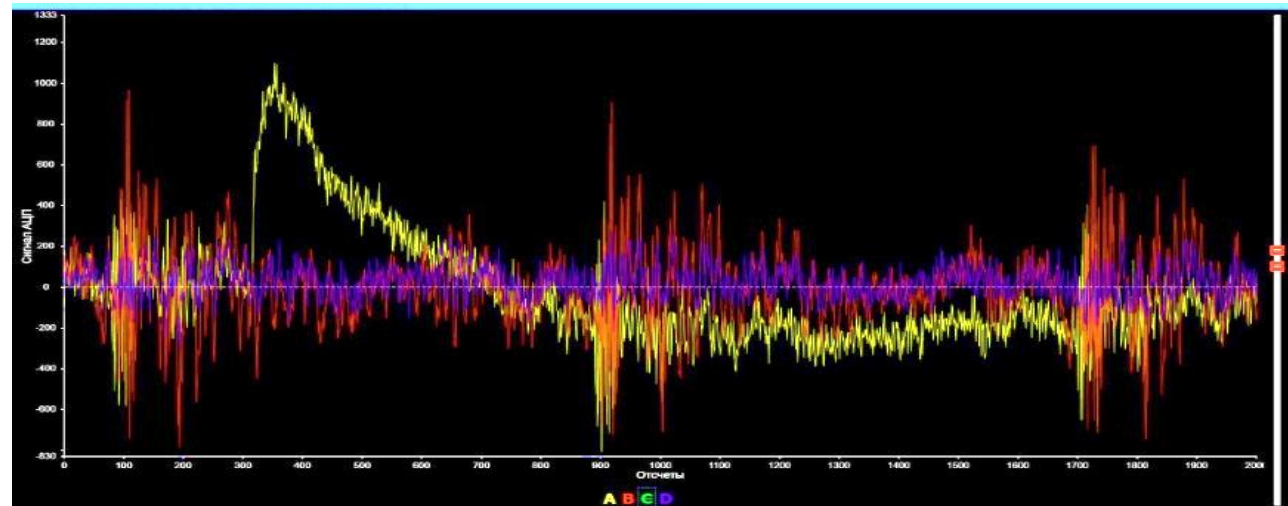


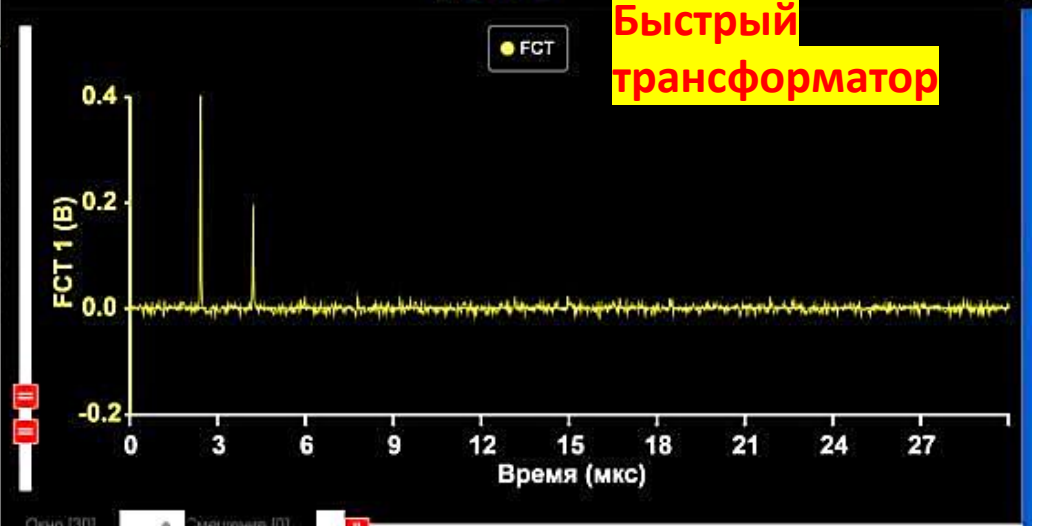
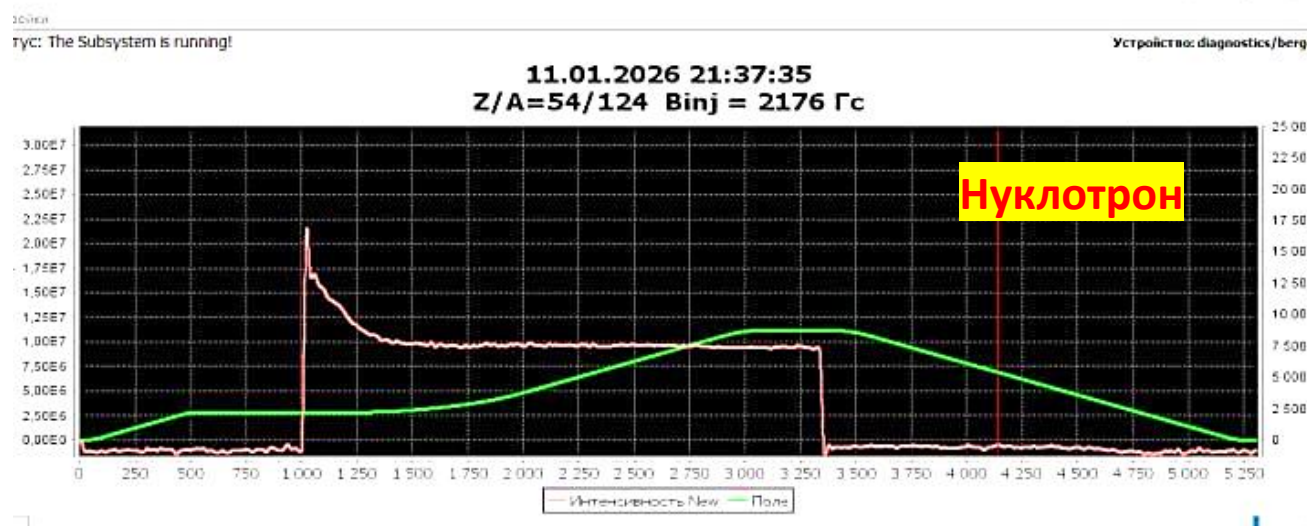
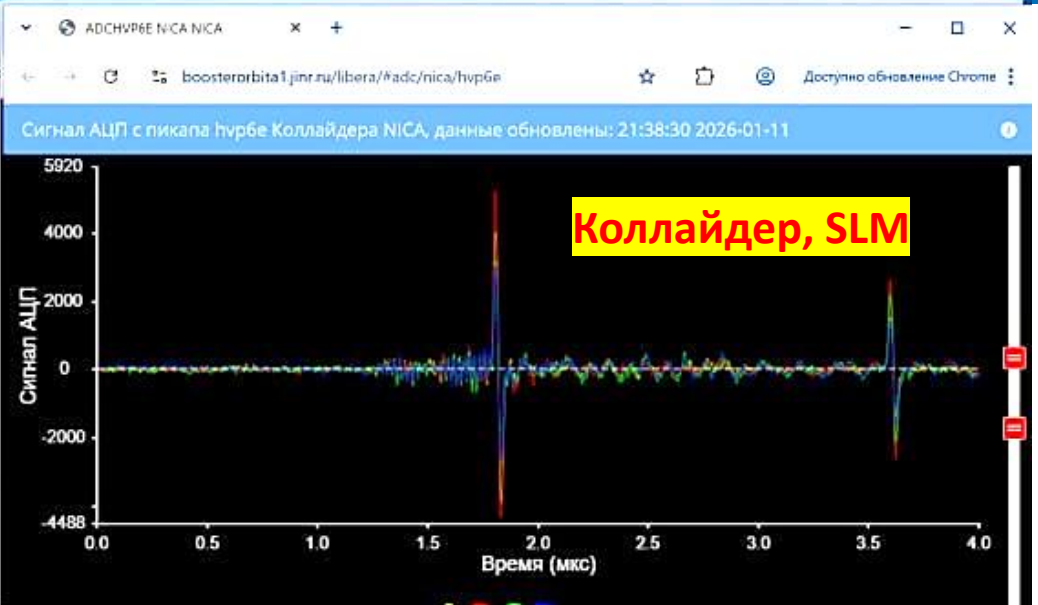
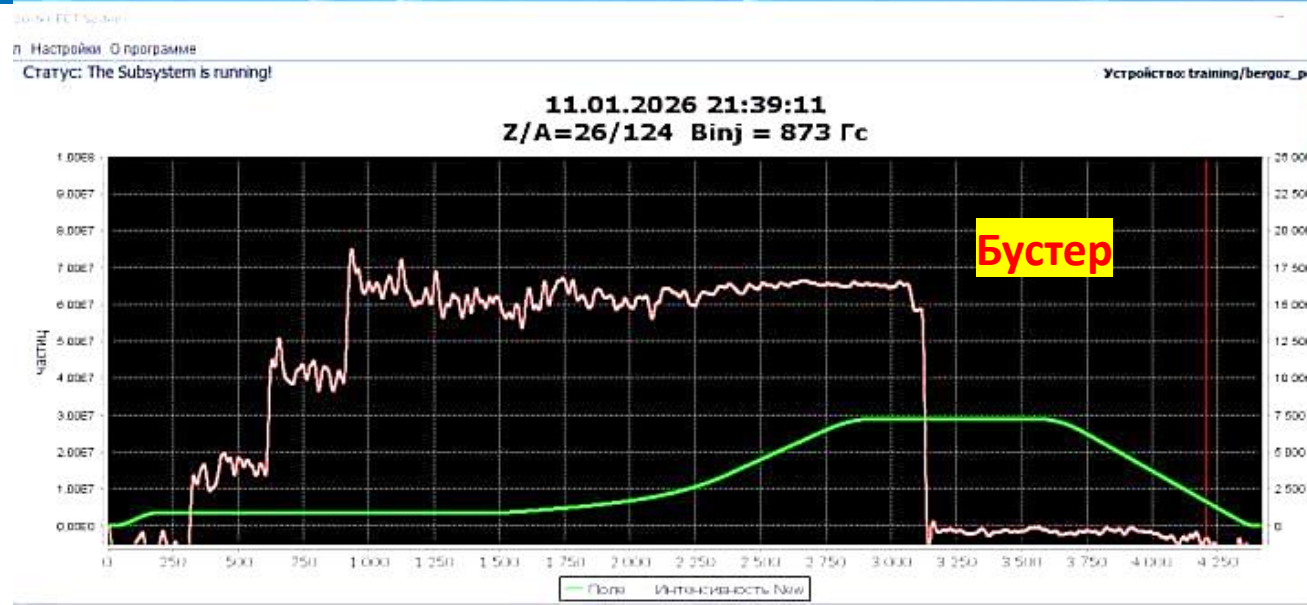
Изображение пучка на люминофоре профилометра на входе в систему инжекции коллайдера (северная ветка)



Сигнал пучка с многопроволочной пропорциональной камеры в конце северной ветки канала, размер пучка 30x25

Сигнал засева с первого монитора положения пучка в коллайдере после инжекции (желтый).

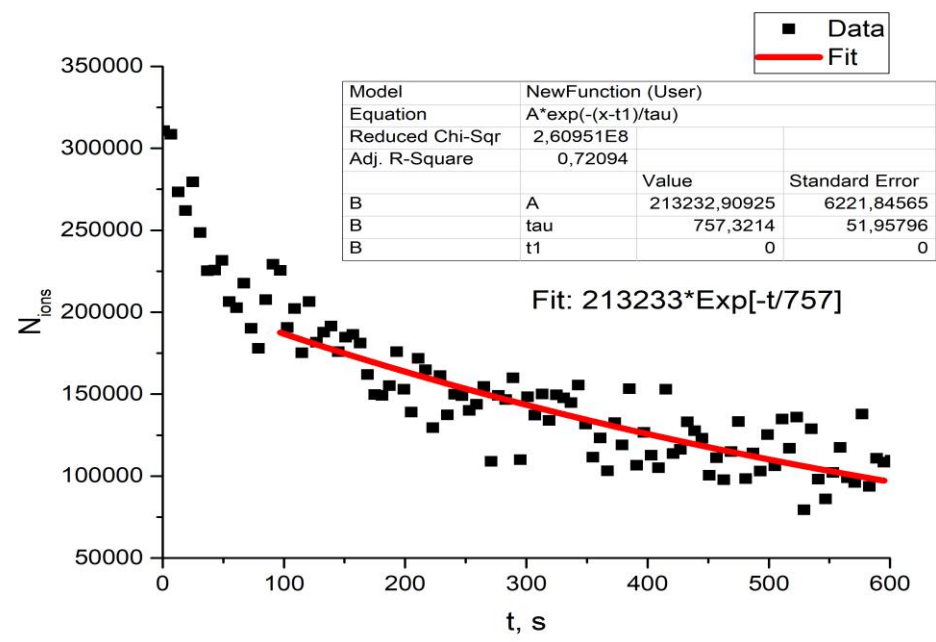




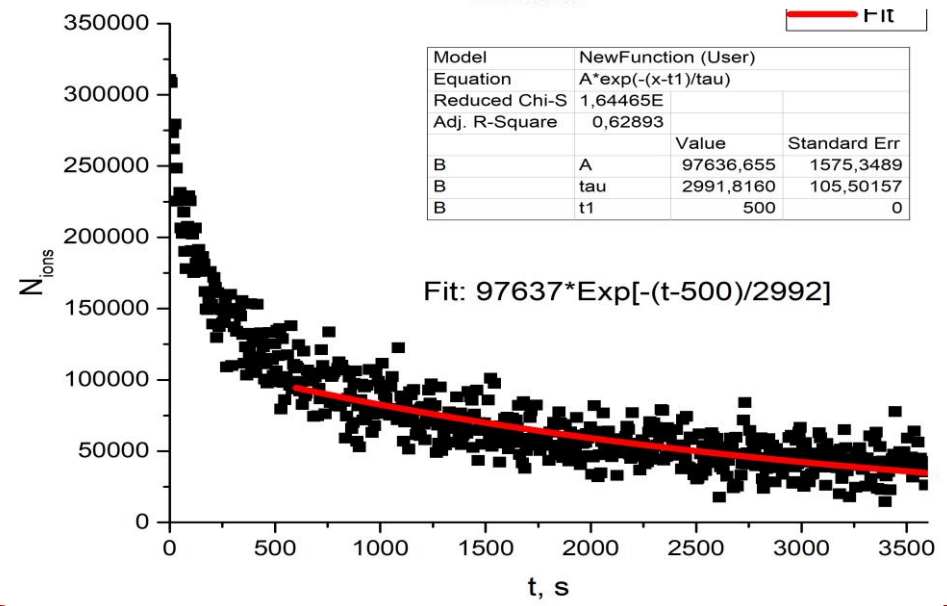
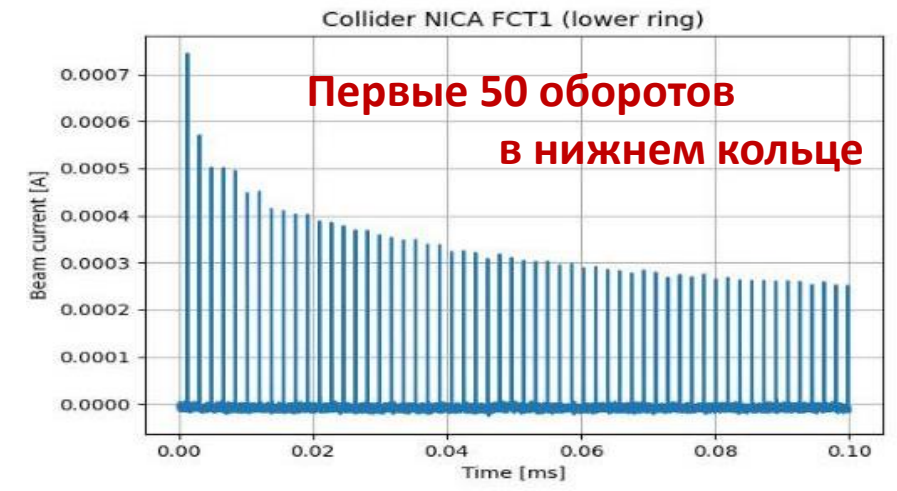
11 Января 2026



**Циркуляция пучка ионов Хе,
с энергией 1,76 GeV/u
интенсивность $2 \cdot 10^6$ за цикл
(при инжекции)**



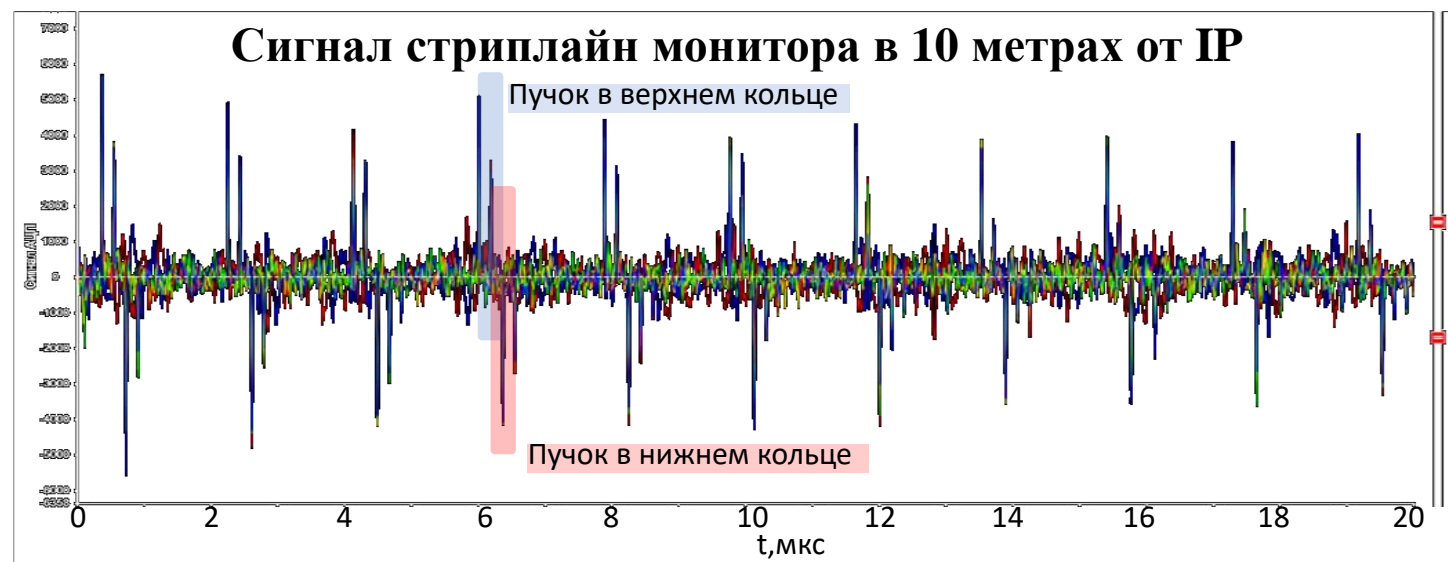
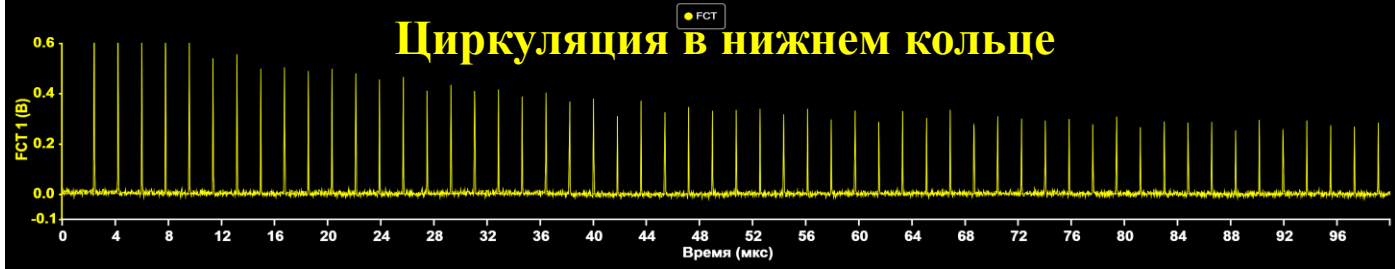
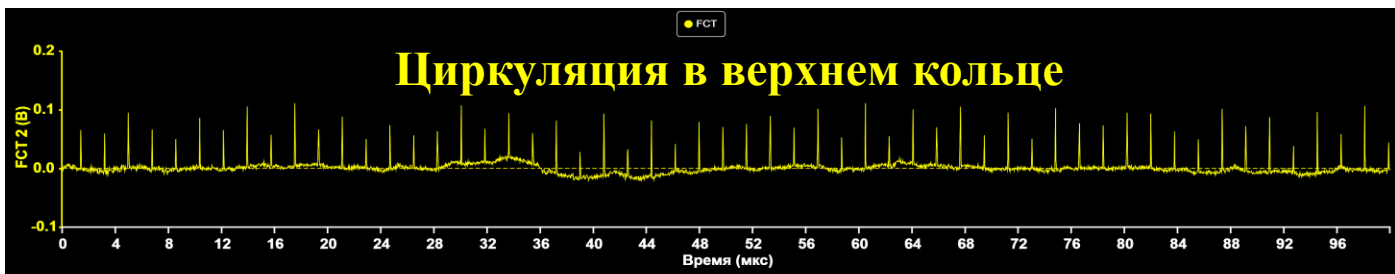
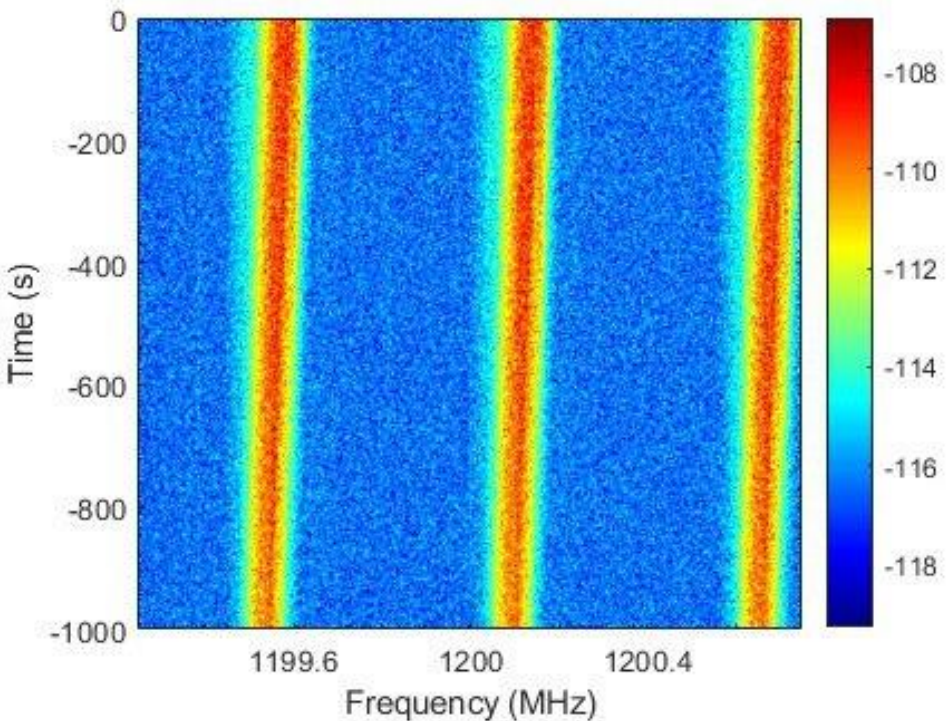
Время жизни пучка из-за роста эмиттанса 10 минут



Время жизни пучка по вакуумным условиям 50 минут

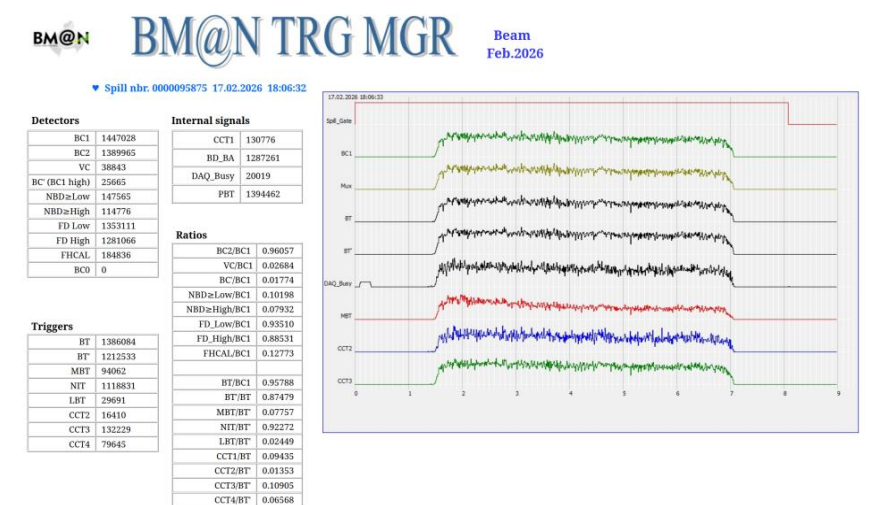
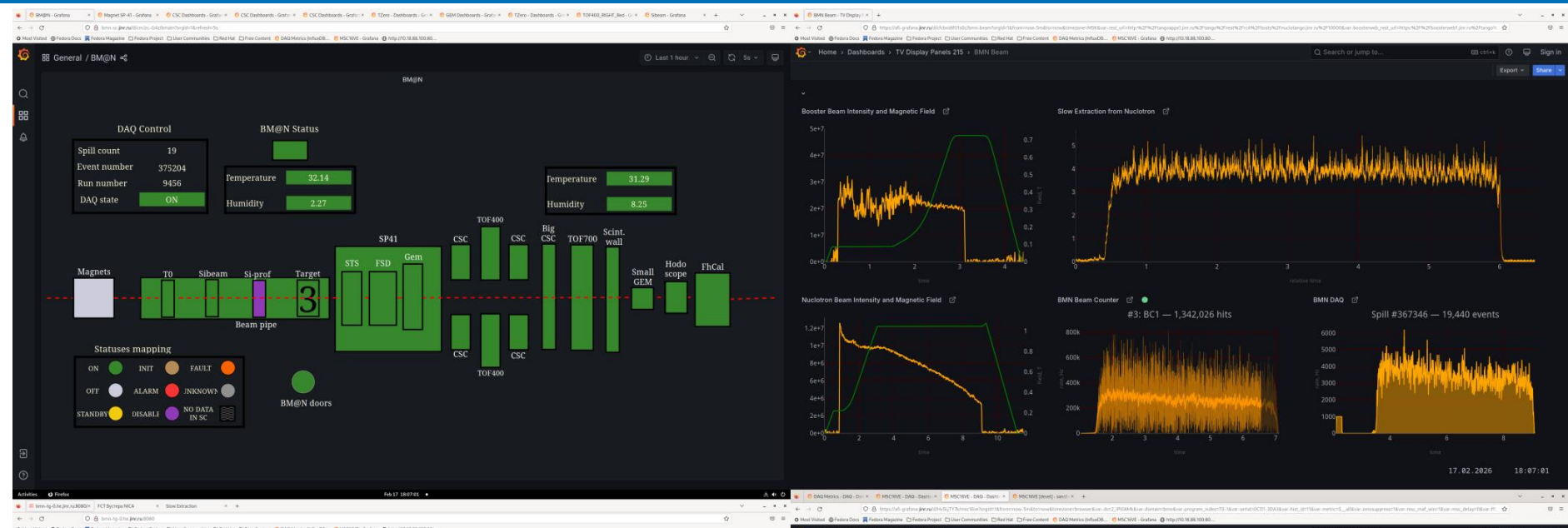
Измерение высших гармоник частоты обращения пучка с помощью Шоттки- пикапа.

11 февраль 2026 г.



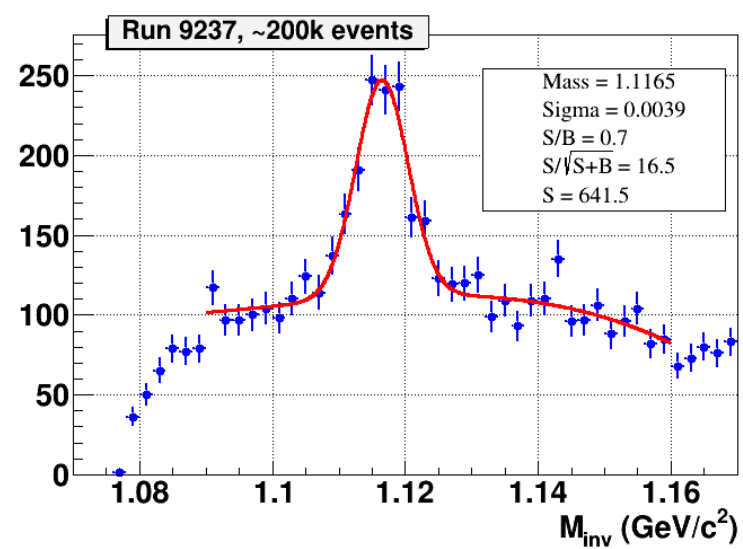
VM@N монитор 17.02.26:

- хорошая, равномерная растяжка пучка,
- 96% пучка падало на мишень Sn,
- DAQ обрабатывал 20к событий/сброс

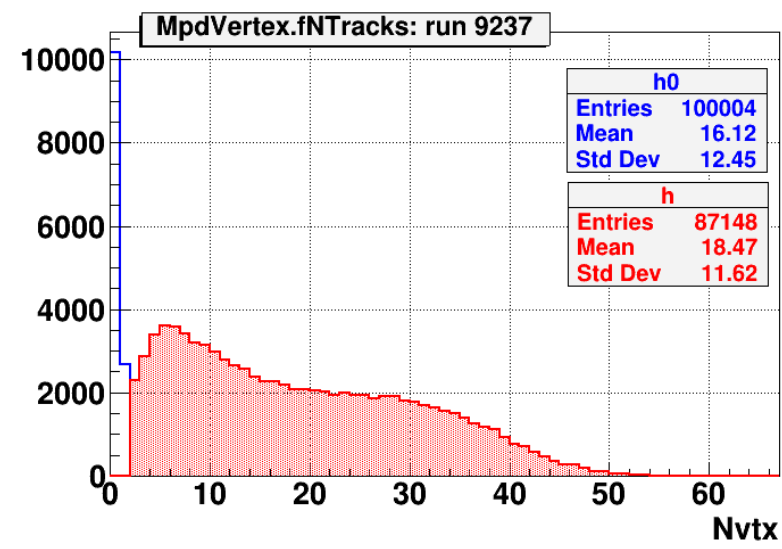


BM@N физический сеанс: сканирование по энергии пучка Xe(124) с мишенью Sn(124)

- За 1.5 месяца работы на пучке набрано $2.8 \cdot 10^9$ событий для анализа:
- $0.86 \cdot 10^9$ событий при 1.6 ГэВ/нуклон
- $1.2 \cdot 10^9$ событий при 2.2 ГэВ/нуклон
- $0.75 \cdot 10^9$ событий при 3 ГэВ/нуклон

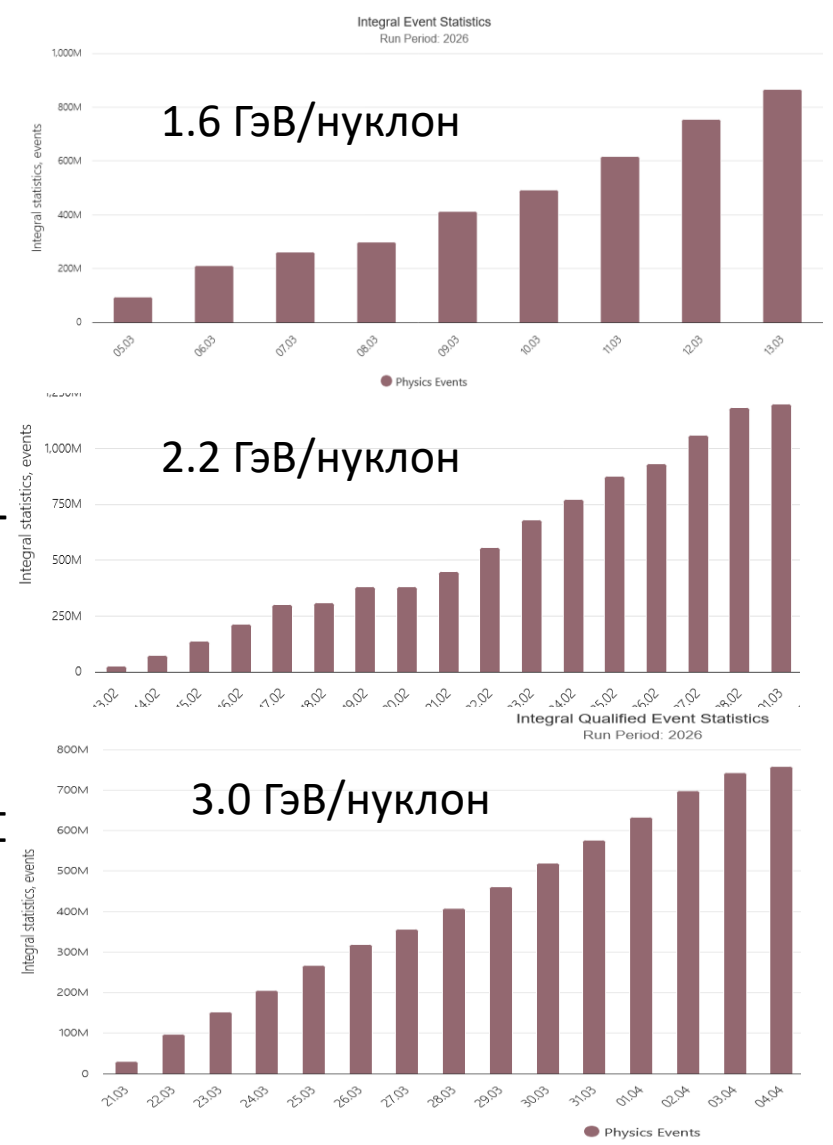


Online контроль: сигнал Λ -гиперона



Число полезных событий от количества восстановленных треков в событии

Динамика набора статистики



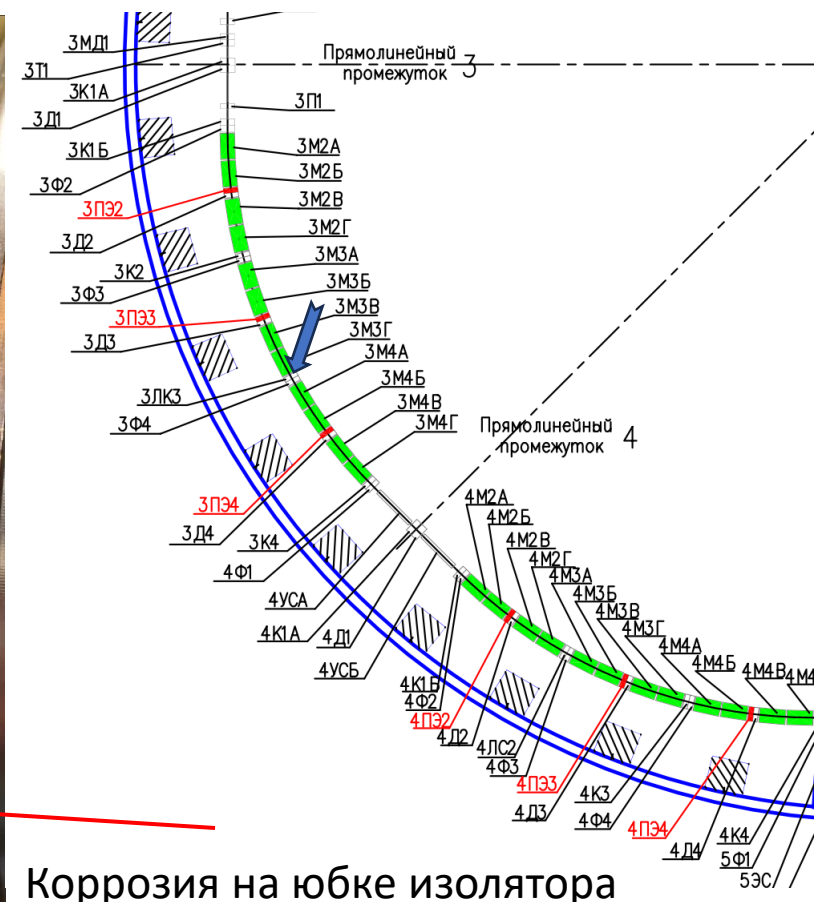
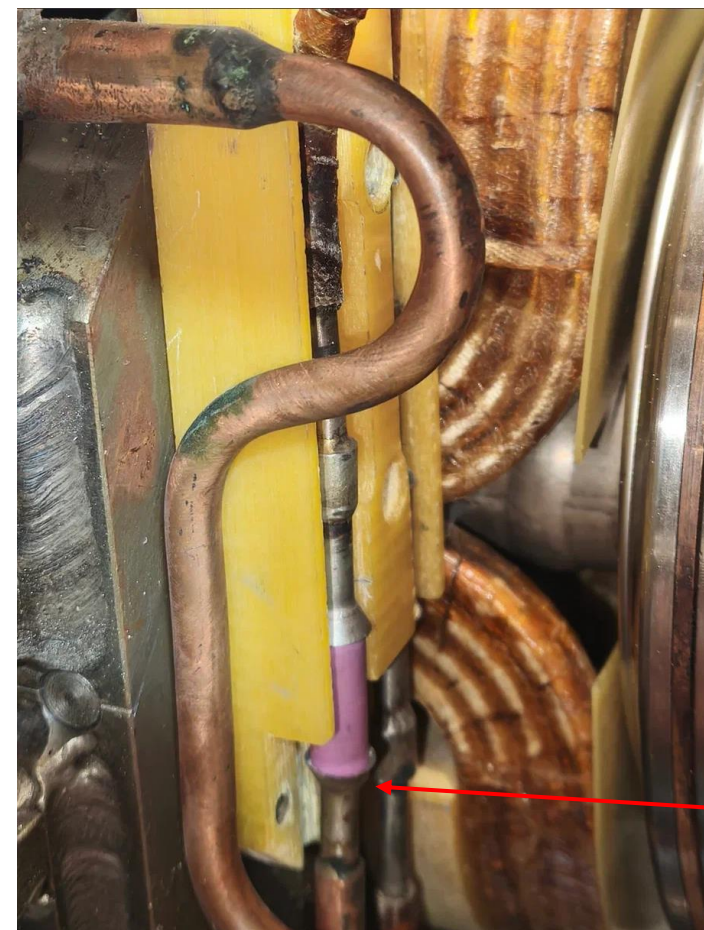
На кольце Бустера

1. Устранение течи в токовводе
2. Разворот ИП2 на 90 градусов
3. Переборка для улучшение вакуумных условий участка с ВЧ
4. Проведение ревизии систем и подготовка к осеннему сеансу

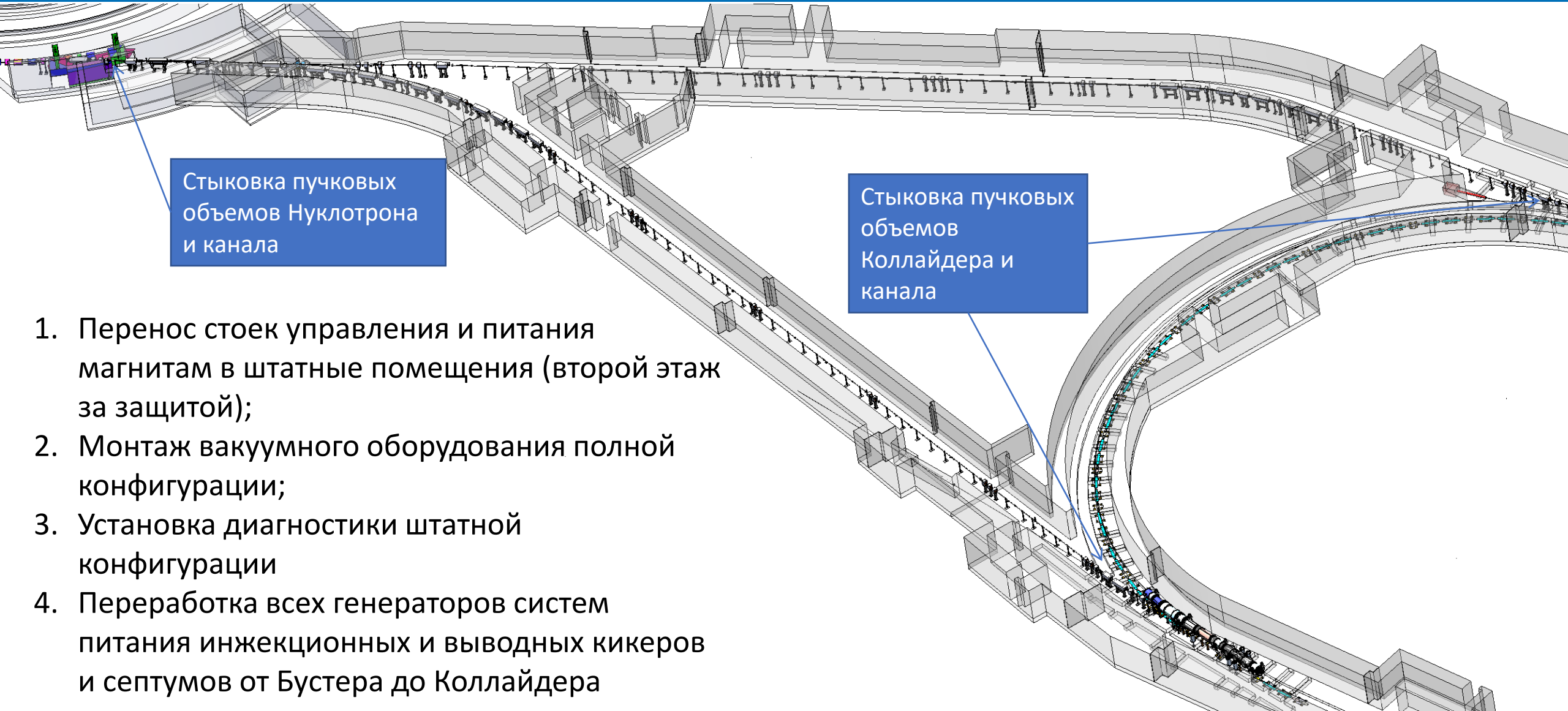
На кольце Нуклотрона

1. Устранение течи в гелиевых коммуникациях ЛПК (течь найдена в изоляторе магнита 3М4Г)
2. Ревизия оборудования и МКС, подготовка к следующему сеансу.

Нуклотрон: 33 года в строю,
более 70 циклов захлаживания/отепления



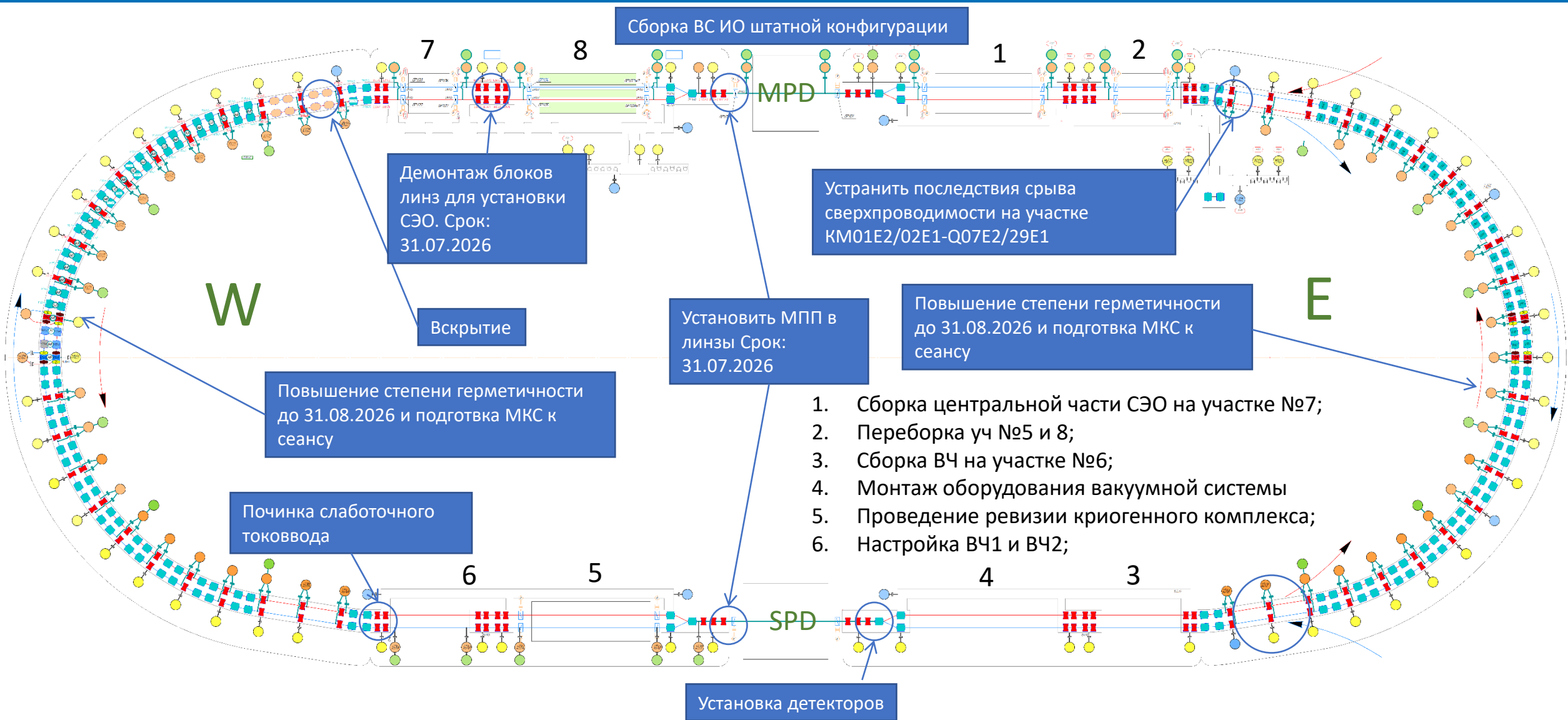
Коррозия на юбке изолятора



Стыковка пучковых
объемов Нуклотрона
и канала

Стыковка пучковых
объемов
Коллайдера и
канала

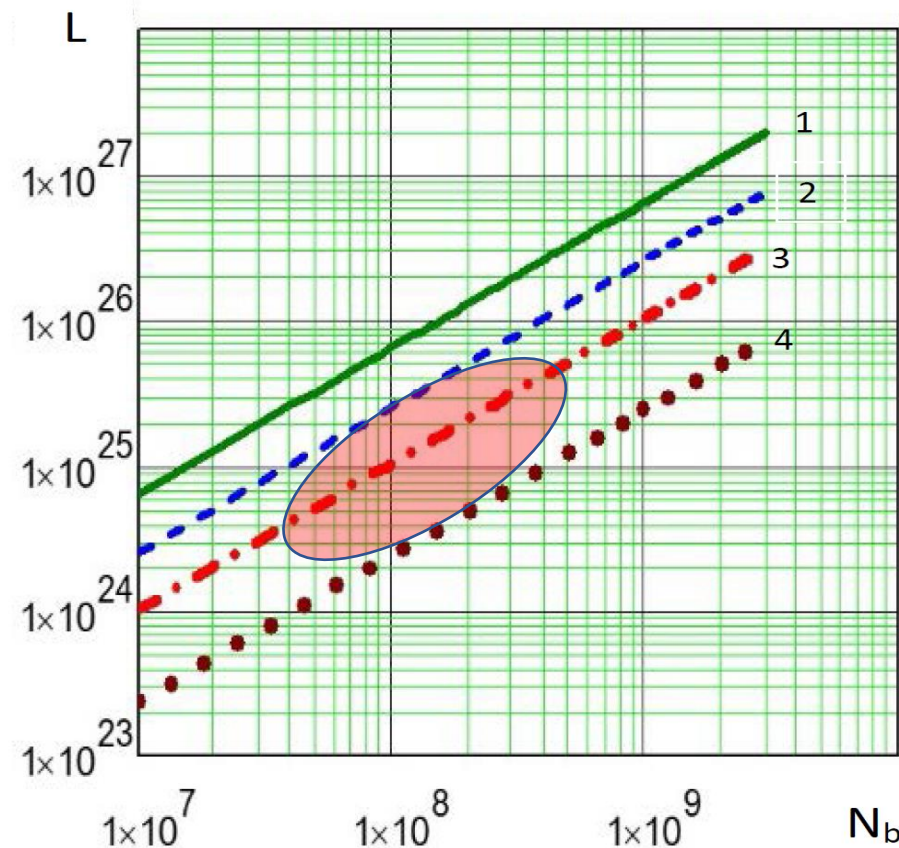
1. Перенос стоек управления и питания магнитам в штатные помещения (второй этаж за защитой);
2. Монтаж вакуумного оборудования полной конфигурации;
3. Установка диагностики штатной конфигурации
4. Переработка всех генераторов систем питания инжекционных и выводных кикеров и септумов от Бустера до Коллайдера



1. Сборка центральной части СЭО на участке №7;
2. Переборка уч №5 и 8;
3. Сборка ВЧ на участке №6;
4. Монтаж оборудования вакуумной системы
5. Проведение ревизии криогенного комплекса;
6. Настройка ВЧ1 и ВЧ2;

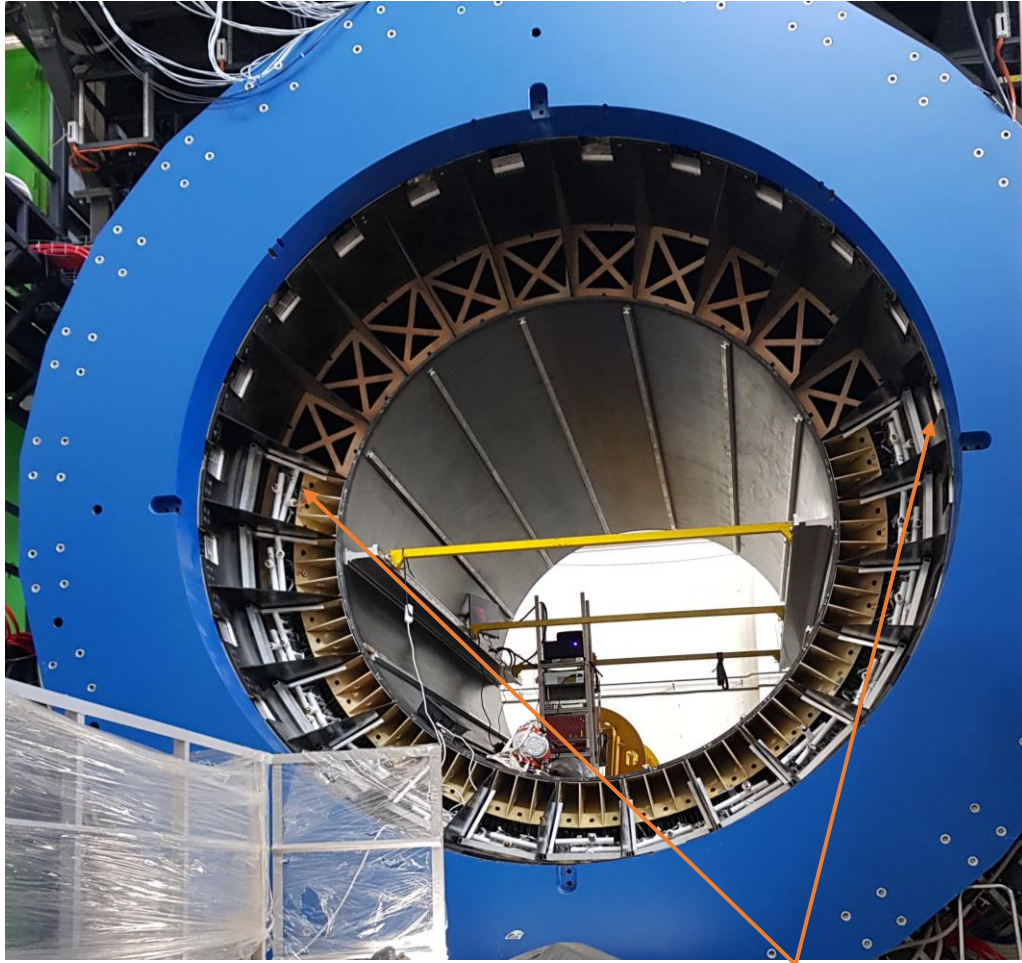
**Пучок Xe54+, 22 сгустка длиной $\sigma \sim 2$ м,
Светимость $10^{24} - 10^{25} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$,
Кинетическая энергия 2-2.5 GeV/u**

	Бустер		Нуклотрон		Коллайдер
	Инжекция	Вывод	Инжекция	Вывод	
E	3,2 MeV/u	530 MeV/u	523 MeV/u	2-2,5 GeV/u	2-2,5 GeV/u
N	10^8	$7 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^7$	$2 \cdot 10^7$ (при инжекции) $5 \cdot 10^8$ (накопление с ВЧ1 + группировка ВЧ2)
B, T	0,1	1,6	0,4	~1,2	~1.2



Светимость от количества ионов в сгустке для трех энергий (1) 4.5 GeV/u, (2) 3 GeV/u, (3) 2 GeV/u, (4) 1 GeV/u.

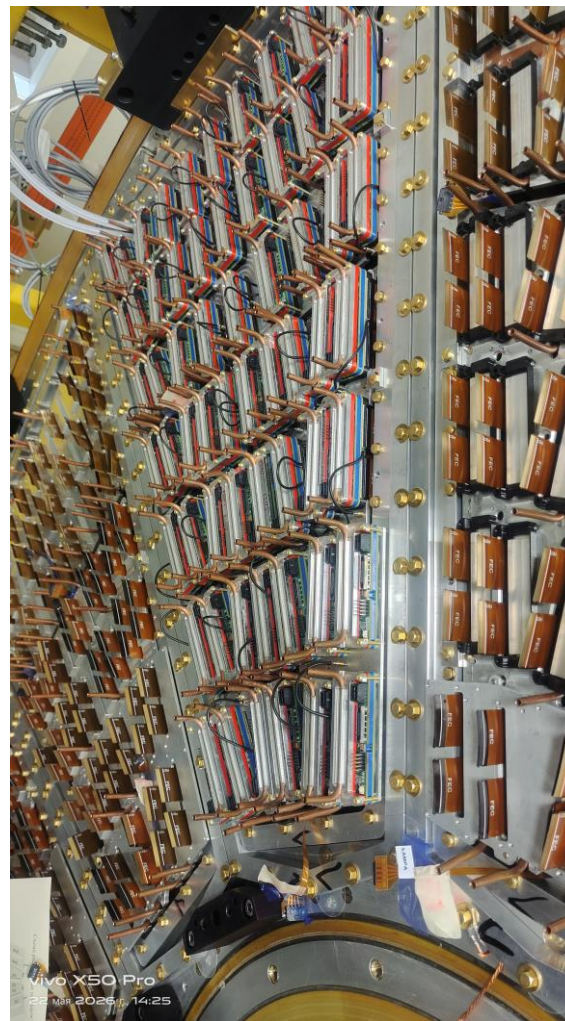
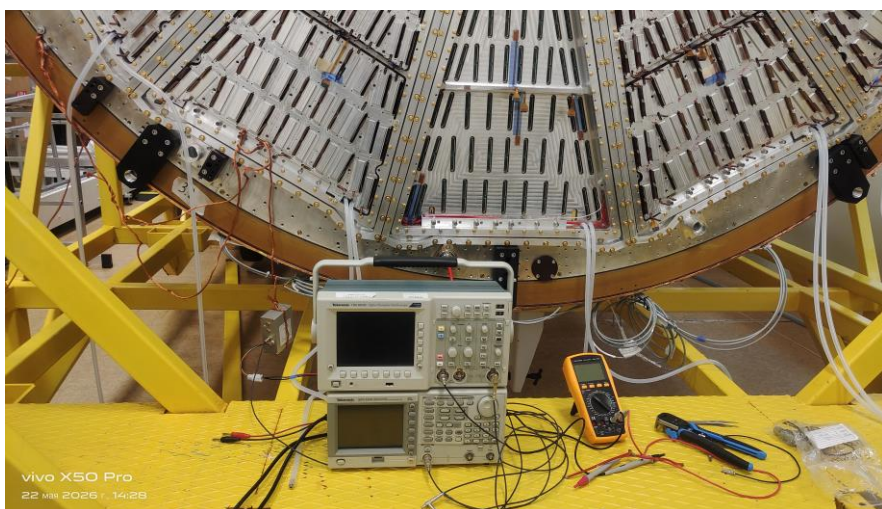
Магнит детектора испытан в режиме долговременной, устойчивой генерации поля 0.55Т. Рабочее поле 0.5Т



60% модулей Escal установлены в магнит



Процесс монтажа модулей Escal с подъемной платформы



23 из 24 ROC(Readout Chambers) смонтированы. Завершены тесты на утечки. Рабочий уровень высокого напряжения подавался на катодную плоскость, получены тестовые сигналы ионизации газового наполнения.



	2025 Дек.	2026 Янв.	Февр	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Ноя.	Дек.	Янв.	
Бустер	[Red bar from Dec 2025 to Apr 2026]											[Red bar from Oct 2025 to Jan 2026]			
Нуклотрон	[Yellow, Red (БВ), Yellow, Red (МВ), Blue, Yellow (МВ)]											[Blue, Yellow, Red, Blue, Red]			
Коллайдер	[Blue, Yellow, Red (Запад)]										[Blue, Yellow, Red, Blue, Red]				
	[Blue, Yellow, Red (Вост)]										[Blue, Yellow, Red, Blue, Red]				
BM@N +ARIADNA		[Yellow, Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue (набор)]						[Blue]			
MPD			[Red starburst]										[Purple]	[Purple]	
Доступ в 17 корп.	[Green]	[Green]	[Green]	[Green]	[Green]	[Green]	[Green (стройка)]								

**Благодарю
за внимание**

