

Инжекционный комплекс ВЭПП-5

Работу **ИК ВЭПП-5** обеспечивают:
С. 5-12, 5-11, 5-13, Л. 5-1
Л. 6-0, 6-2, 6-2, 1-4, 11
НКО, ЭП, РМ

Работа **ИК ВЭПП-5** обеспечивает:
С. 1-31, 1-32, 1-33 (ВЭПП-4М)
Л. 3-2 (КЕДР)
С. 8-21 (СИ)
Л. 11, 1-4 (ВЭПП-2000)
Л. 2, 3-3, С. 3-13, (КМД-3)
Л. 3-1 (СНД)



Дмитрий Беркаев от имени команды ИК ВЭПП-5
02.03.2023

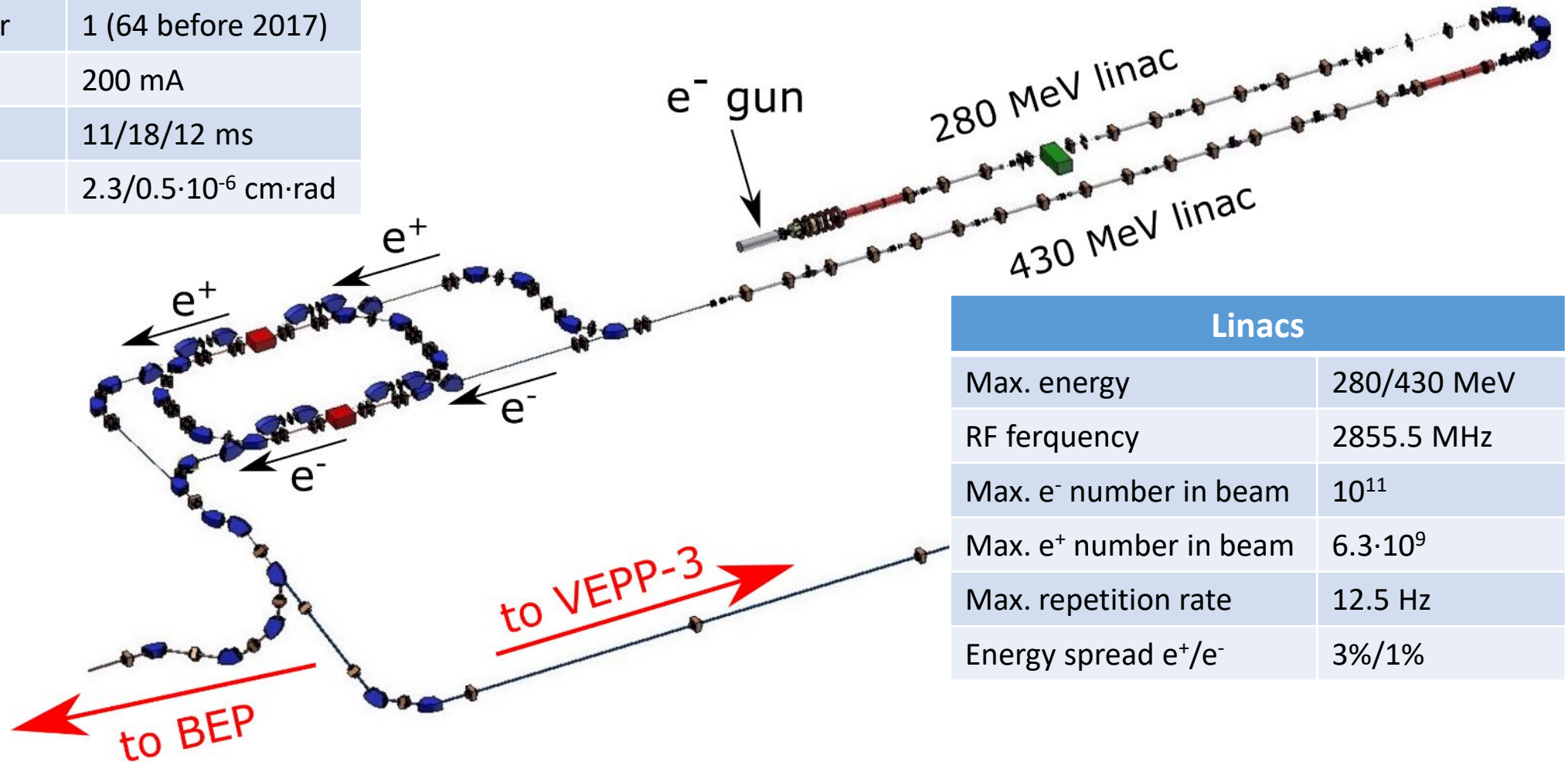
Система ускорительных Комплексов ИЯФ СО РАН ИК ВЭПП-5, ВЭПП-2000 и ВЭПП-4



Параметры ИК ВЭПП-5, ВЭПП-2000 и ВЭПП-4

Damping Ring

Max. energy	510 MeV
Circumference	27.4 m
RF harmonic Number	1 (64 before 2017)
Beam current	200 mA
Damping times	11/18/12 ms
Hor./Vert emittance	$2.3/0.5 \cdot 10^{-6}$ cm·rad

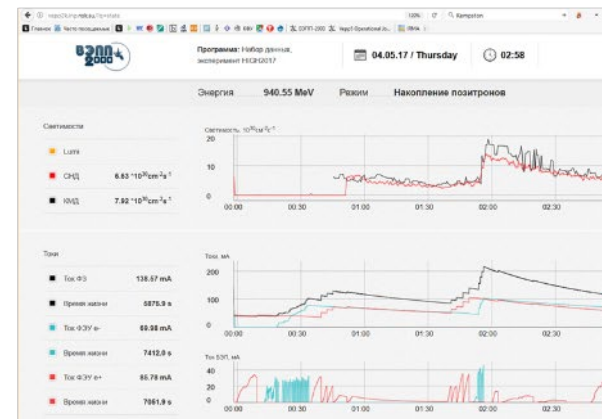
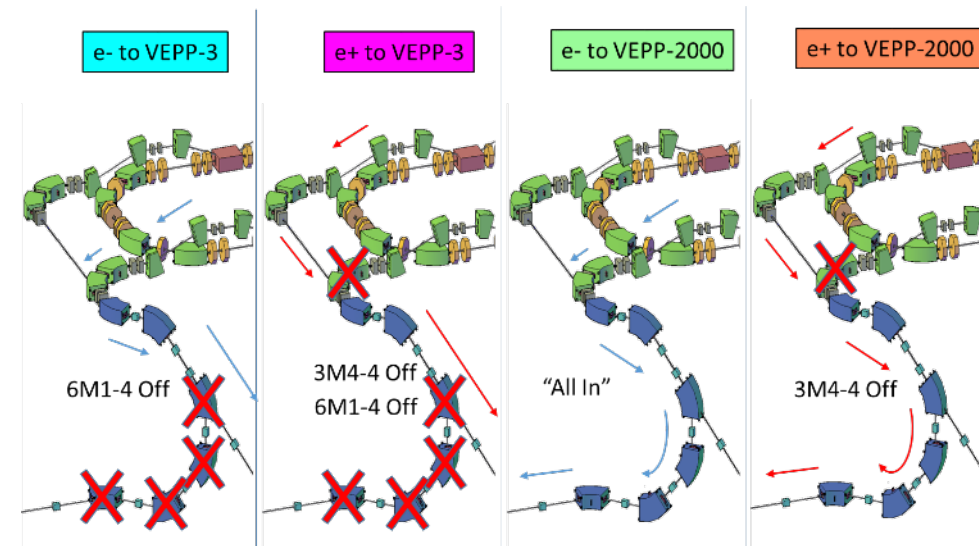
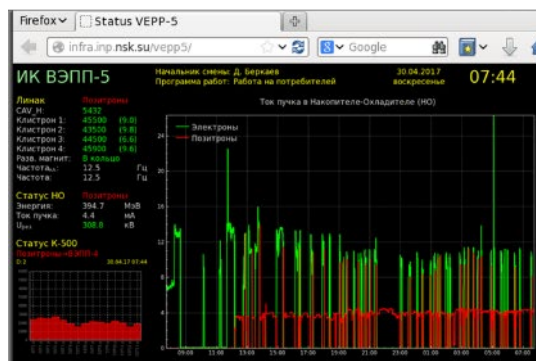


Linacs

Max. energy	280/430 MeV
RF frequency	2855.5 MHz
Max. e^- number in beam	10^{11}
Max. e^+ number in beam	$6.3 \cdot 10^9$
Max. repetition rate	12.5 Hz
Energy spread e^+/e^-	3%/1%

Работа с двумя коллайдерами

4 режима
 12 переходов (18 секунд на переход - 2022)
 Циклы инжекции-выпуска
 Синхронизация с ВЭПП-2000 и ВЭПП-4М
 Автоматическая работа с ВЭПП-2000
 Работа с ВЭПП3/4М по запросу



Катодный узел «10А»

Ток: 7.25 А (дек. 2019)
Длительность: 7.3 нс
Число частиц: $33.3 \cdot 10^{10}$

Ток: 5.33 А (февр. 2023)
Длительность: 4.6 нс
Число частиц: $15.6 \cdot 10^{10}$

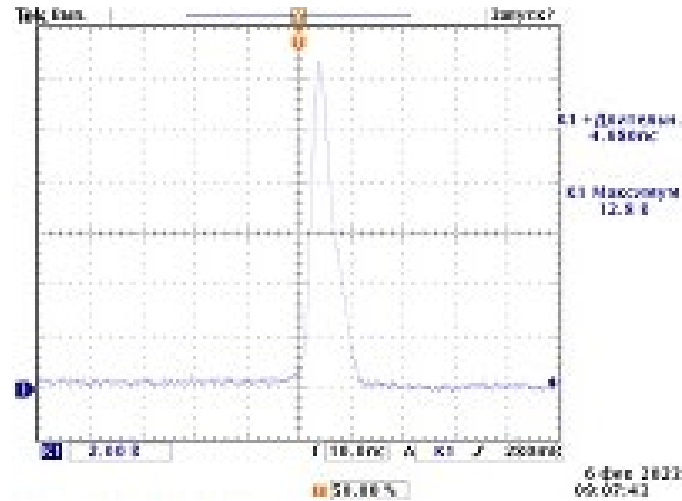
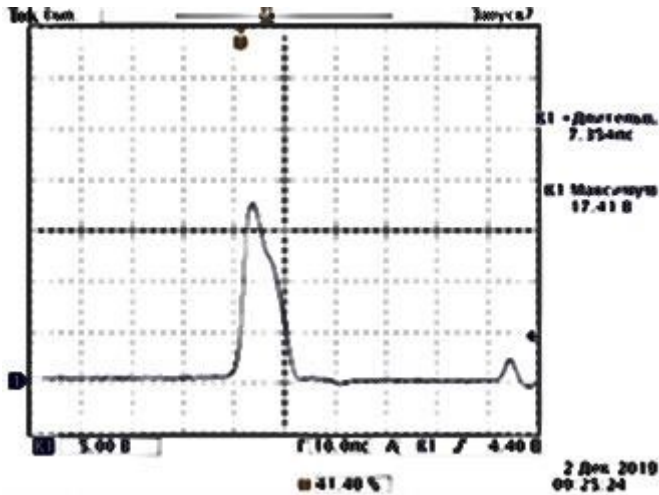
Условия эксплуатации:
В 2020 снижен накал
В 2021 уменьшена длительность

Установлен в 2019 году

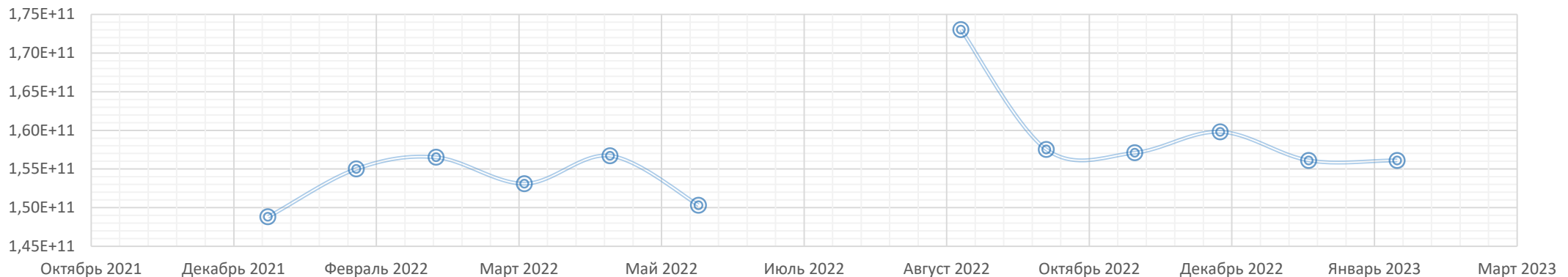
Планы 2022:
Новая электроника управления накалом и
длительностью импульса – **готово (на стенде)**.

Планы на 2023: тестирование.

Увеличение числа частиц требует дополнительных
мероприятий по радиационной защите – работы
ведутся.



Заряд пучка с электронной пушки



Позитронный соленоид

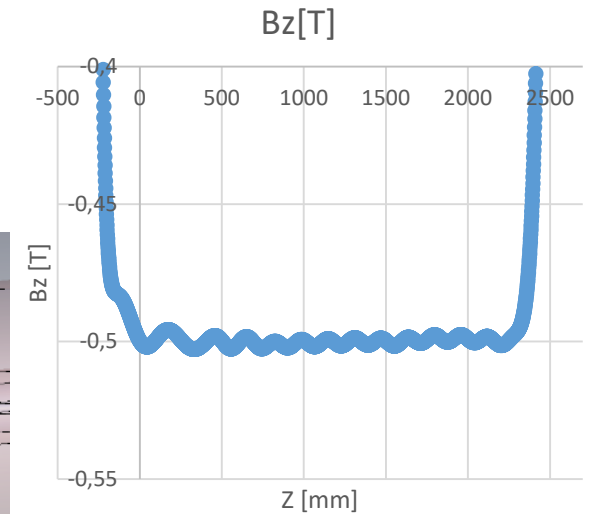
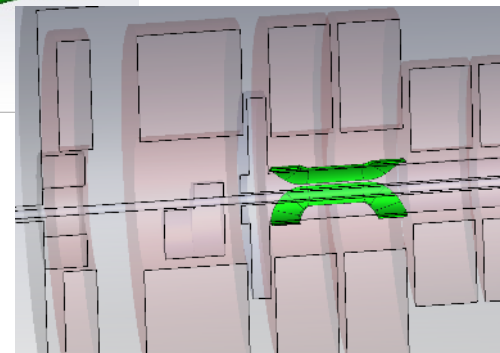
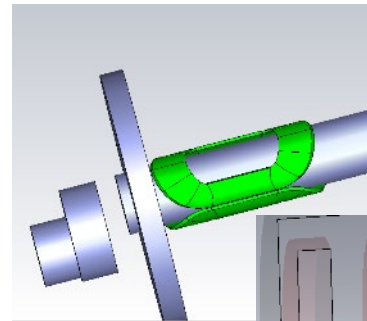
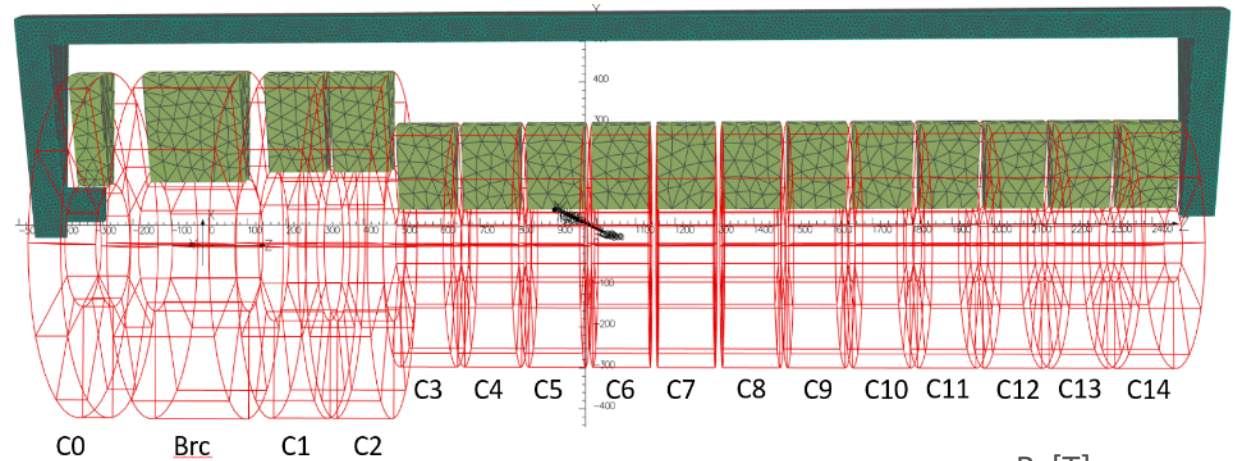
12.10.2019 (суббота) – просадка электроэнергии с отключением дистиллята (возможно с бросками давления) Закорочена 3-я внешняя секция позитронного соленооида...



«Временное» решение: исключение всех трех внешних секций соленооида «из обращения» для получения меньшего, но все-таки «достаточно однородного» поля

Замена соленооида возможна только с разбором всей конверсионной системы и первой ускоряющей секции.

Новый проект соленооида ТЗ сформулировано: основная проблема – **шинка $\sim 20 \times 20$ мм 2.3 км.**



Модернизация модулятора 3-го клистрона

1. Демонтаж двух тиратронов ТГИ1-2500/50.
2. Демонтаж лампового блока запуска тиратронов.
3. Две формирующие линии объединить в одну, параллельным соединением.
4. Монтаж тиратрона ТГИ1-5000/50.
5. Установка второго накального трансформатора параллельно существующему.
6. Монтаж транзисторного блока запуска тиратрона.
7. Запуск, тренировка.



Лето 2022 года

Выполнено.
Сезон 2022-2023 работаем с
4 одинаковыми (ну, почти)
модуляторами

Новые генераторы инфлекторов НО

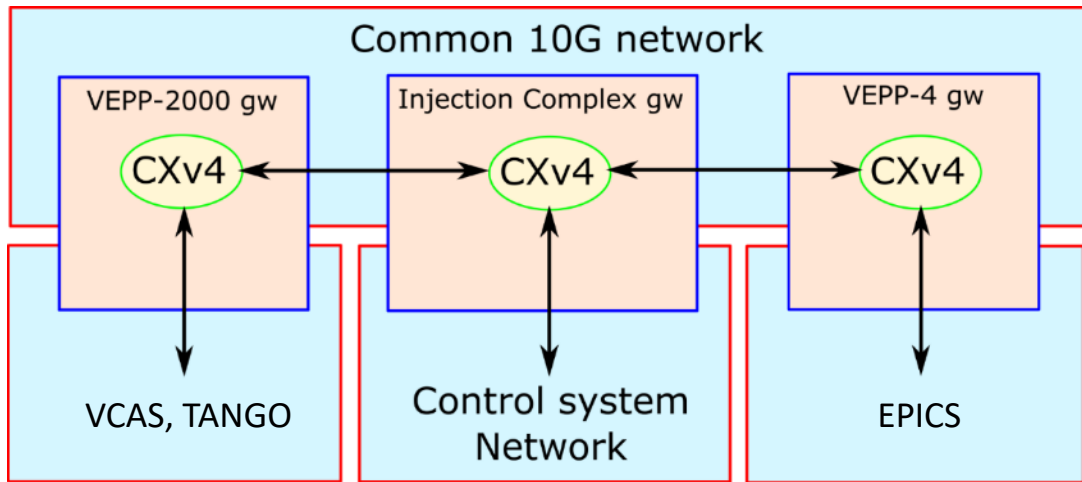
Генератор производства компании «ФИД-Техника», г. Санкт-Петербург.

Получено 10 генераторов (из них 2 запасных), завершено тестирование. Ведутся работы по подготовке к установке генераторов на НО ИК

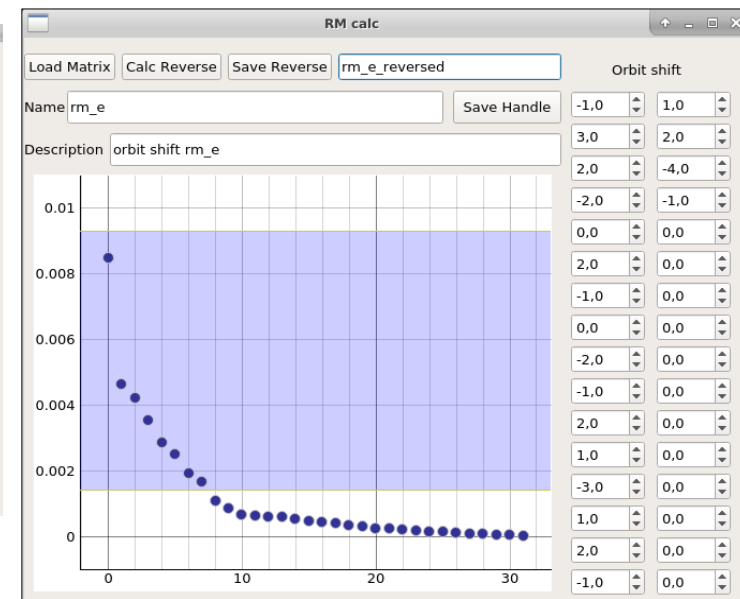
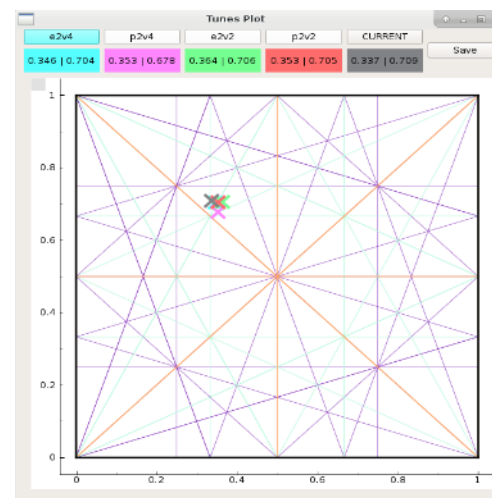


Автоматизация

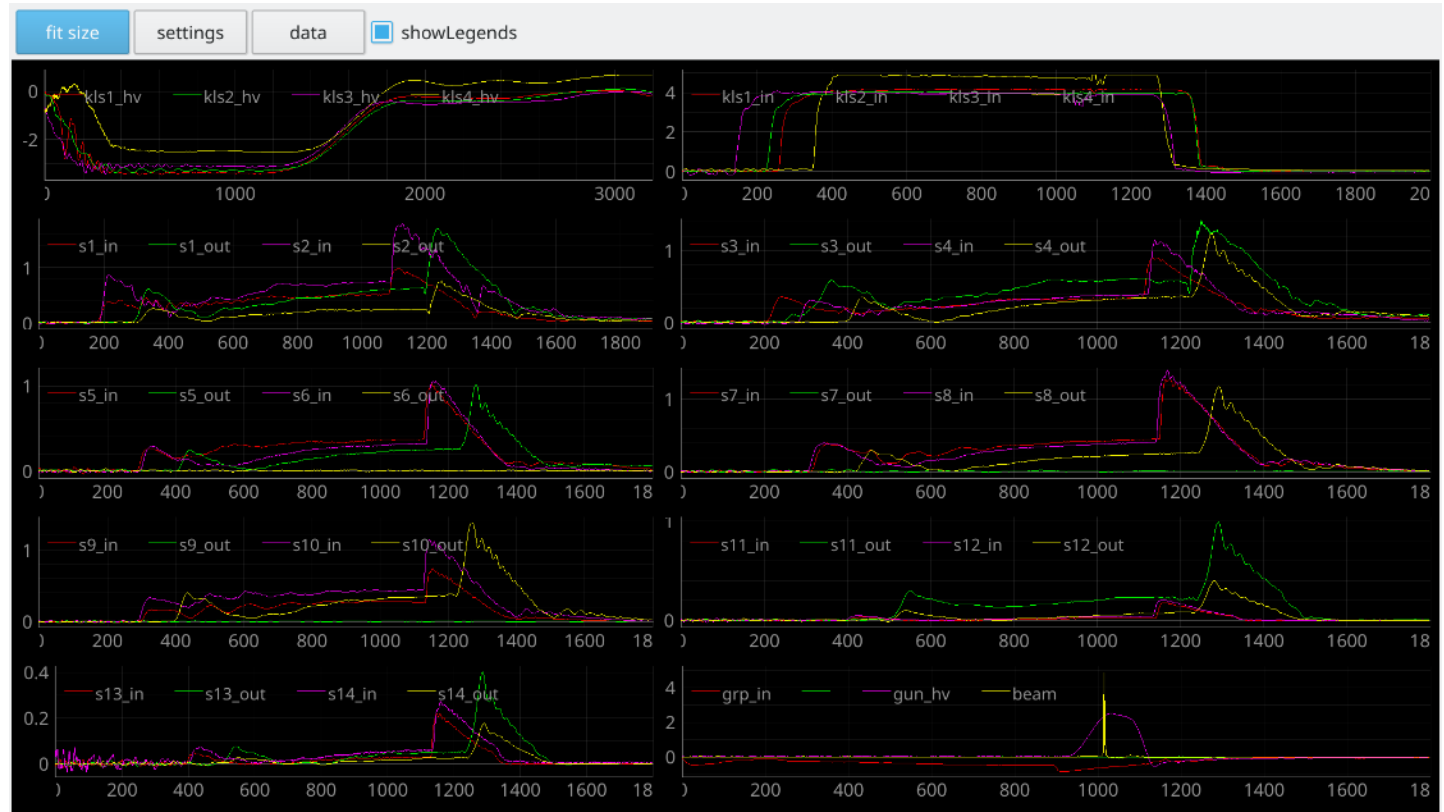
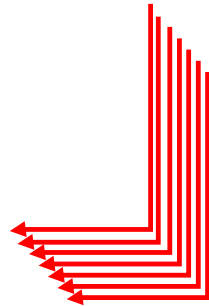
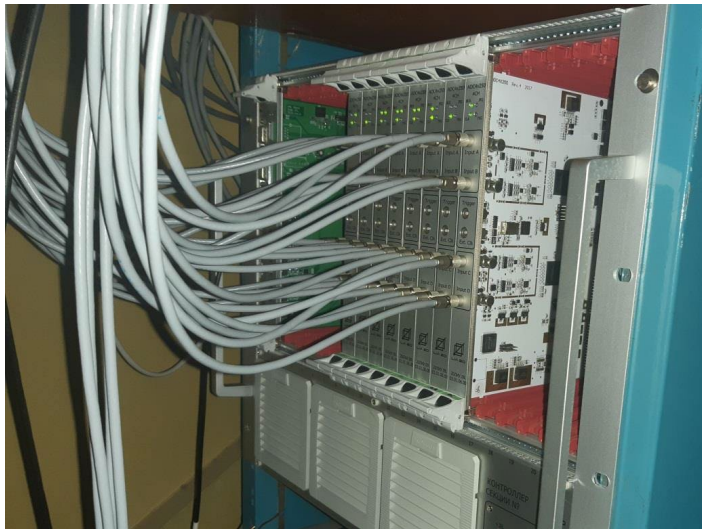
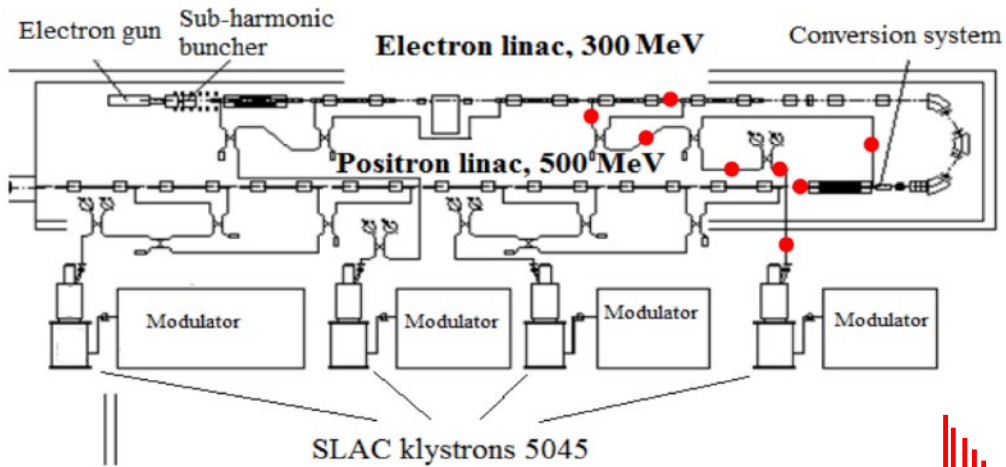
CXv4 – распределенная программная шина для программного и аппаратного обеспечения



- VCAS, TANGO модули (клиенты) – для взаимодействия с ВЭПП-2000
- EPICS модуль (клиент) – для взаимодействия с ВЭПП-3/4М
- EPICS модуль (сервер) – для использования в ПО для Android



Измерение параметров системы СВЧ

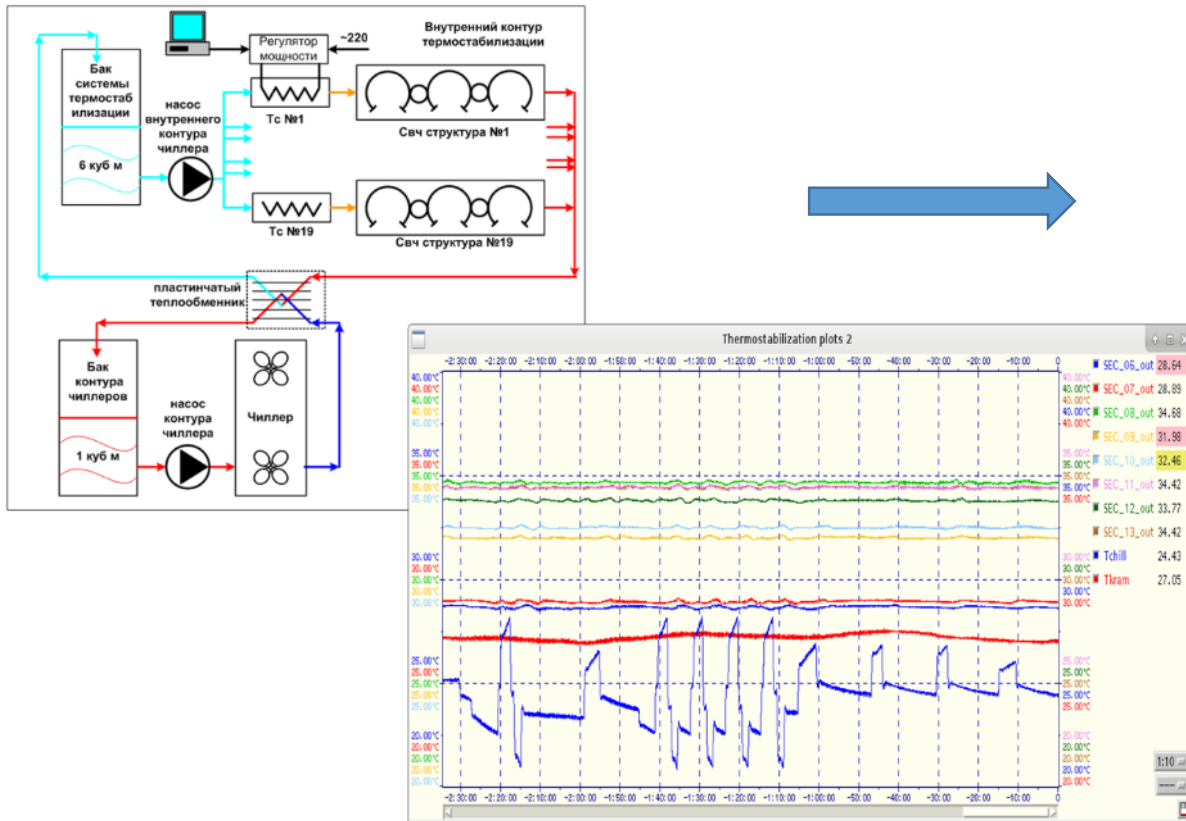


В разработке: автоматическое определение отклонения сигналов от заданных

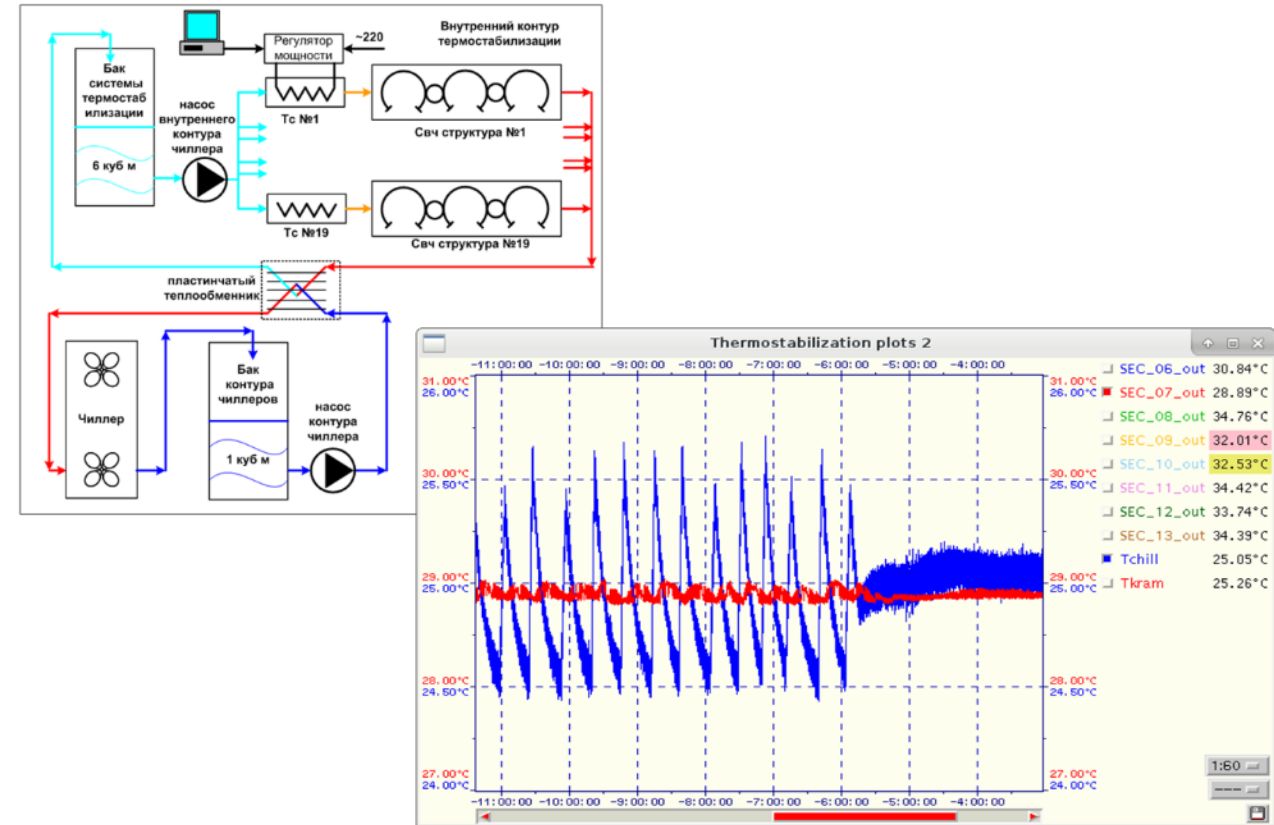
10*4 каналов АЦП 250 МГц + 2 канала АЦП 1 ГГц (датчик потерь)

Модернизация системы термостабилизации

- Собственный контур дистиллята
- Охлаждение «внешним» дистиллятом или чиллерами (летний период)
- 19 станций, рабочие температуры: от 28 до 34 °С, требуемая стабильность – 0.2 °С
- Температура «внешнего» дистиллята: от 24 до 27 °С, требуемая стабильность – 1-2 °С



Амплитуда колебаний «входного»
дистиллята – 6 °С, «структур» – 0.5 °С



Амплитуда колебаний «входного»
дистиллята – 1.2 °С, «структур» – 0.2 °С

Клистрон №1

Конец мая – начало июня – значительное ухудшение темпа накопления позитронов.

Редкие эпизоды восстановления

03.06.2022 – фиксируются первые пробои в клистроне, обнаружена закоротка на корпус одной из катушек соленоида. Конфигурация токов восстановлена двумя «отвязанными» источниками

03-05.06.2022 – многочисленные попытки «оттренировать» клистрон в диодном режиме. Пробои, порча вакуума.

07.06.2022 – замена соленоида. Продолжение безуспешных попыток тренировки

16.07.2022 – настройка ИК для работы с электронами на 395 МэВ без 1 клистрона – работа СИ

27.06.2022 – конец сезона 2021/2022

14.09.2022 – начало работы в 2022/2023. Продолжение попыток тренировки клистрона

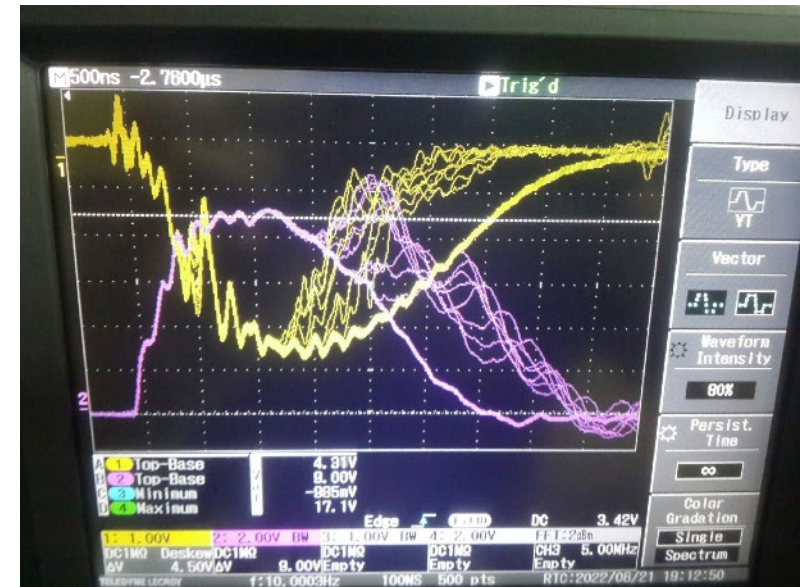
22.09.2022 – электроны в ВЭПП-3.

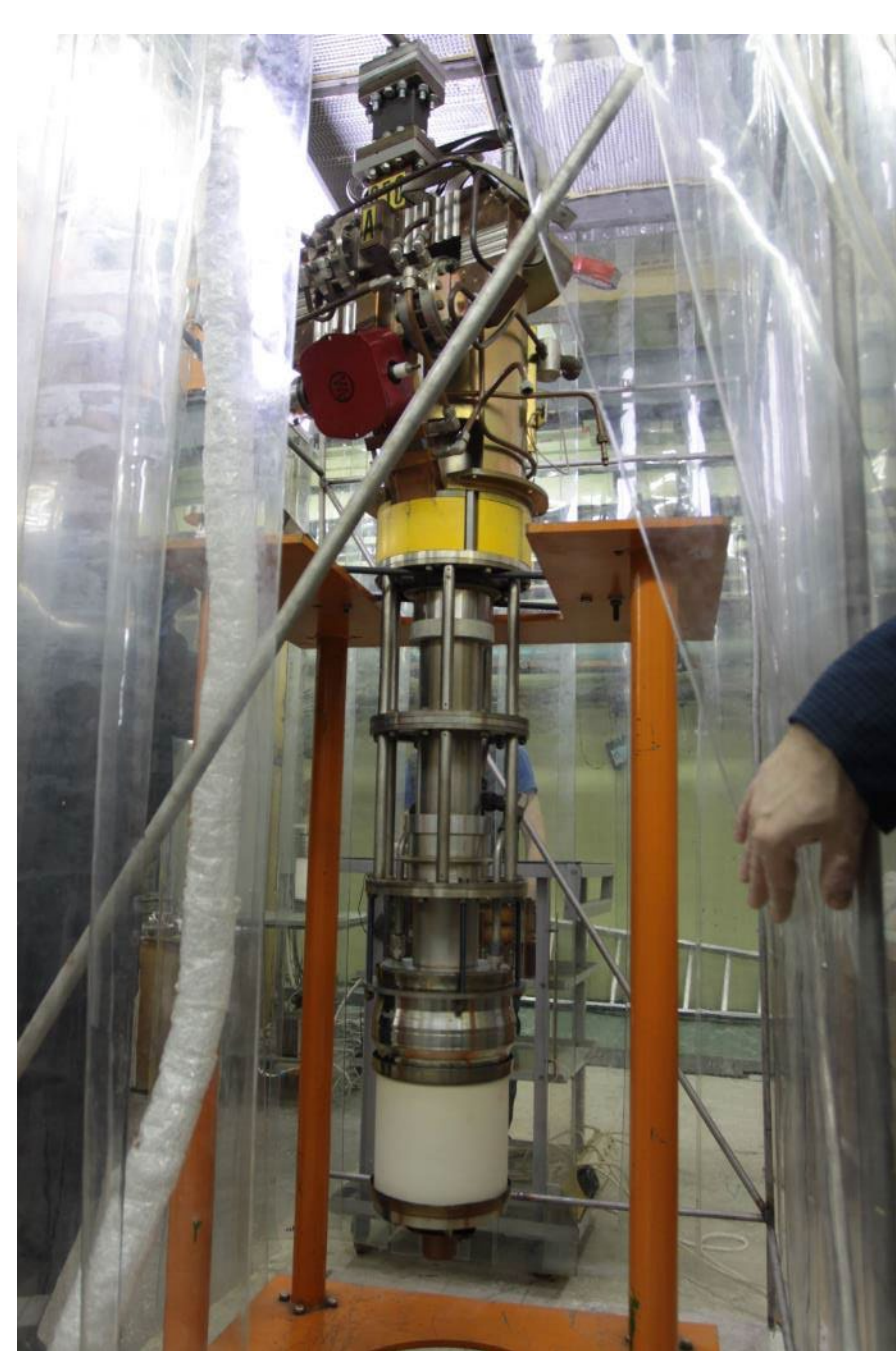
Октябрь 2022 – принято решение о вскрытии, подготовка...

22.11.2022 – Ремонт, получение вакуума, прогрев

Ноябрь 2022 – январь 2023 – тренировка.

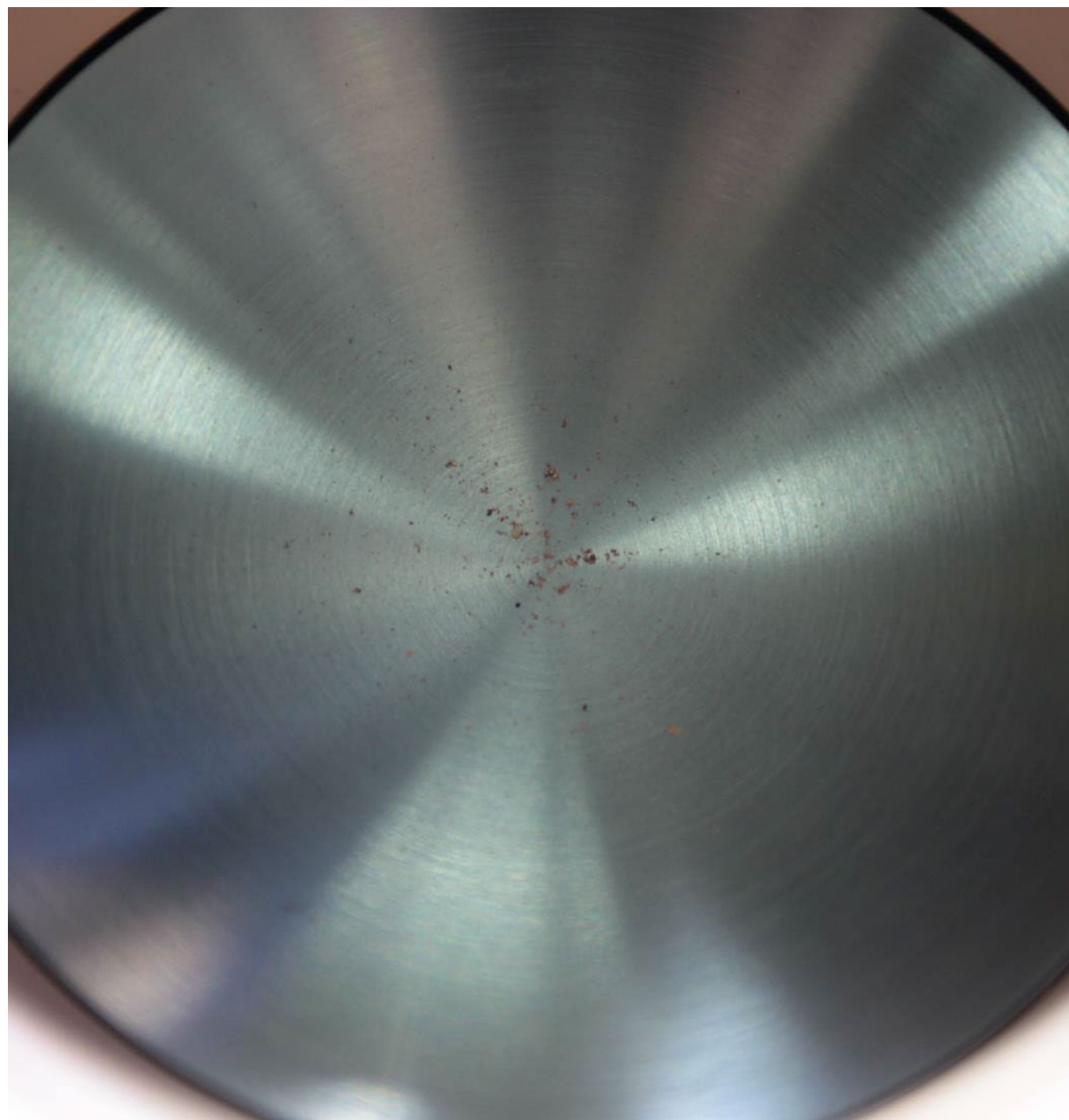
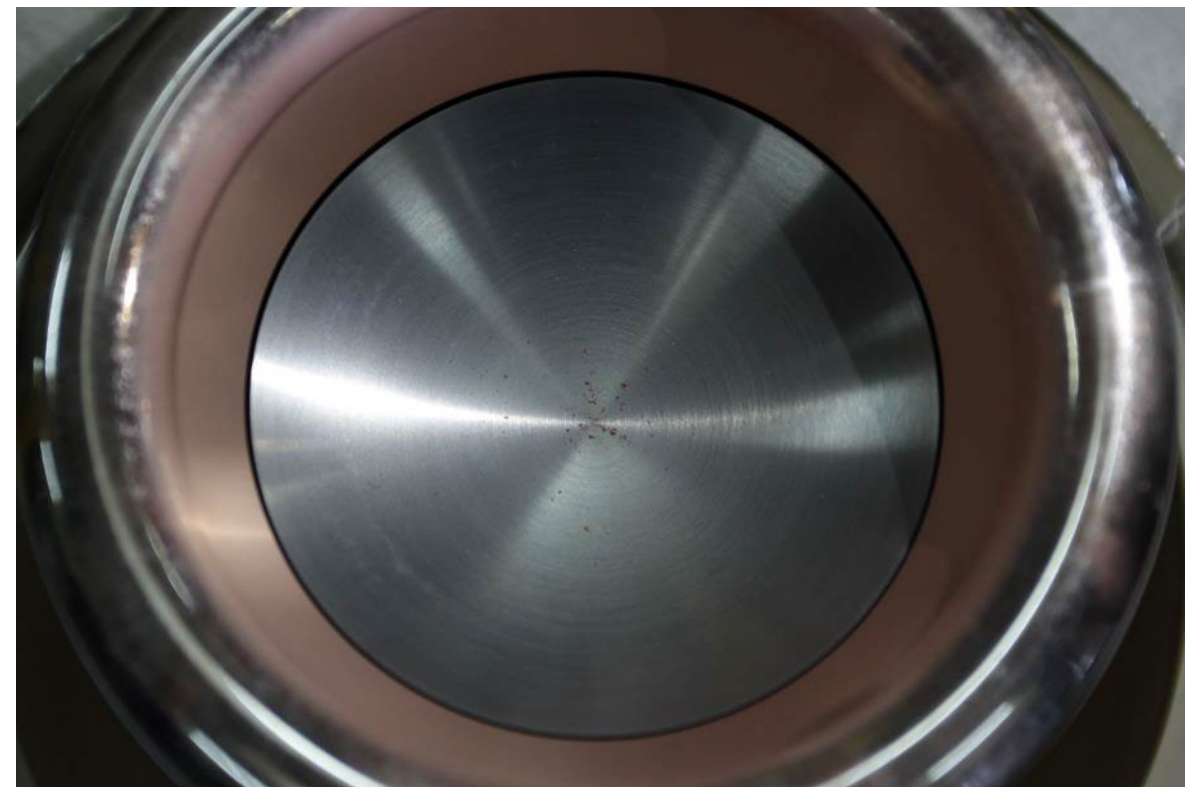
11.01.2023 – позитроны на энергии 428.5 МэВ, начало работы...





22.11.2022

Катод
сразу после
вскрытия



Катод и прикатодный электрод

Было



Стало

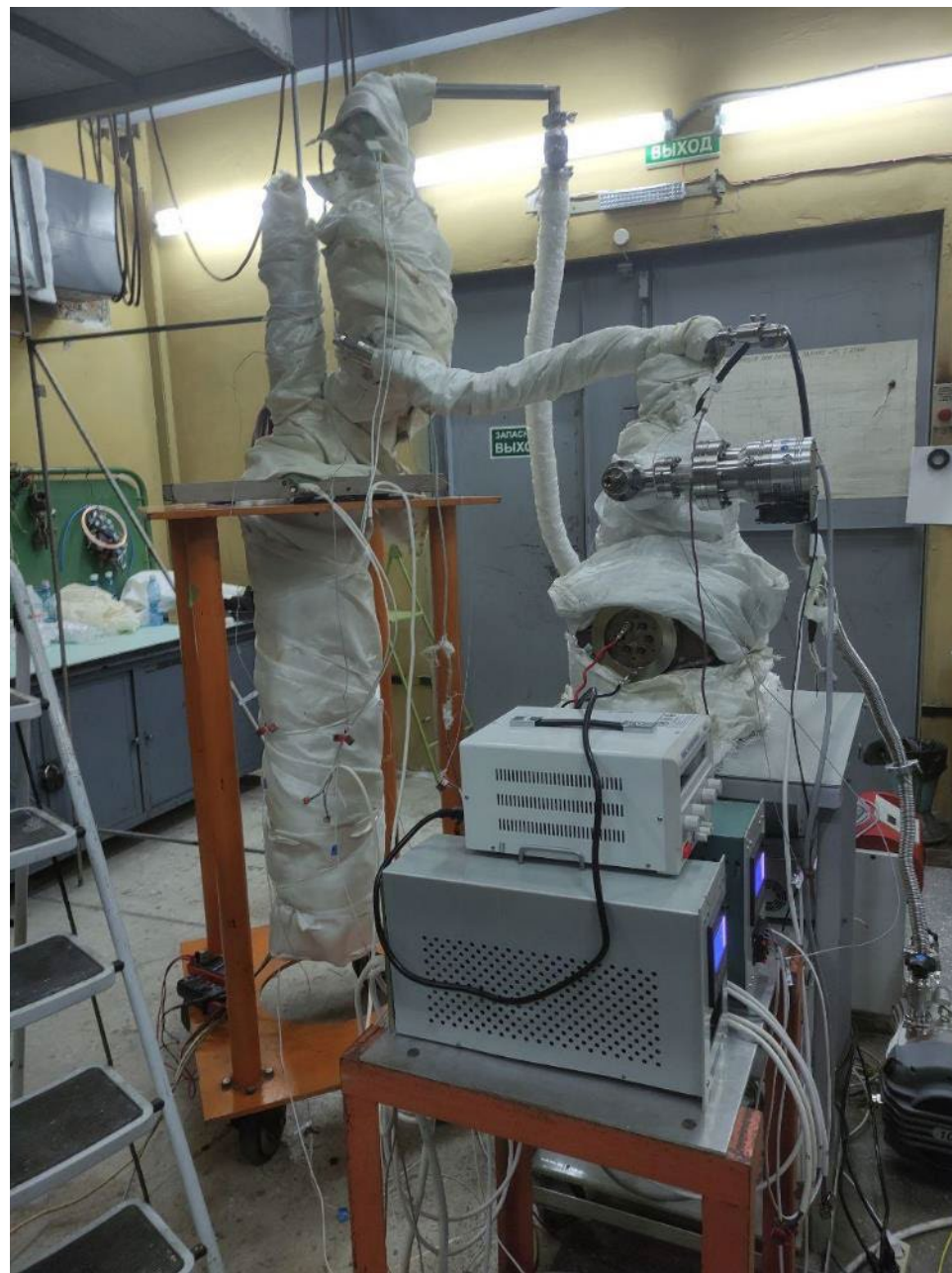


Анод

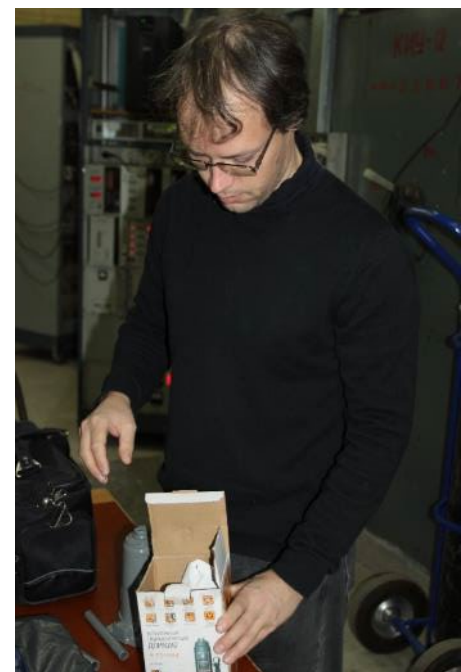
Было

Стало





Рабочие моменты



ИК ВЭПП-5: планы в 2023-2024

2023 Повышение надежности, стабильности и эффективности (эффект от реализации)

- **Восстановление параметров 1 клистрона (*2-2.5)**
- **Новый соленоид позитронной системы с корректорами (* 3.6)**
- Новая электроника управления пушкой (+ 70-90 %) – рад. защита
- Настройка и согласование каналов К-500 (+ 30-100 %):
- Совершенствование системы управления (+10-30%)
- Новые генераторы кикеров (ФИД-техника) 4 или 8 шт.
- Замена устаревших ВЧ-300

50 мА/с @ 10 Гц ($3 \cdot 10^{10}$ e⁺/с)



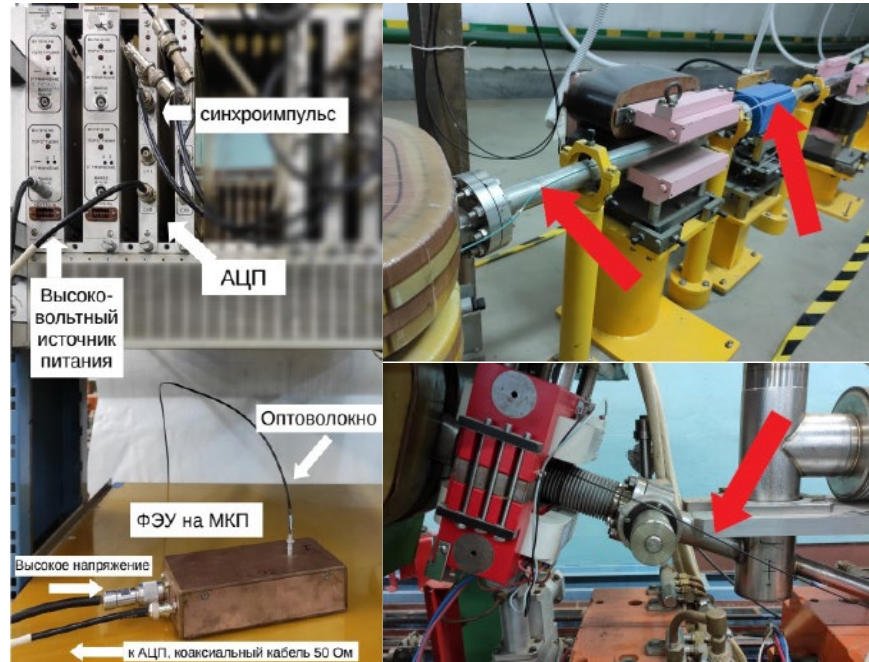
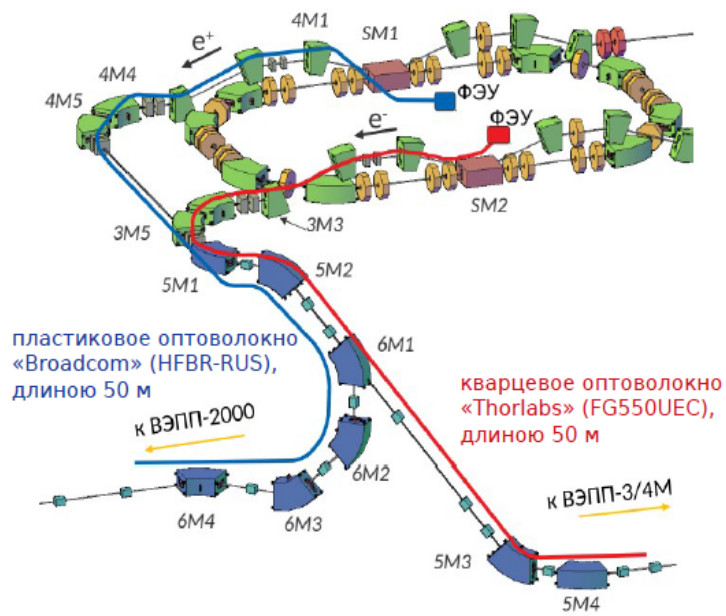
N \ П,м	Current, mA				
	VEPP-5 DR	БЕР	VEPP-2000	VEPP-3	VEPP-4
	27,40	22,35	24,18	74,39	366,1
1*10 ⁹	1,75	2,15	1,99	0,65	0,13
5*10 ⁹	8,76	10,74	9,93	3,23	0,66
1*10 ¹⁰	17,52	21,48	19,85	6,45	1,31
5*10 ¹⁰	87,59	107,38	99,26	32,26	6,56
1*10 ¹¹	175,18	214,77	198,51	64,52	13,11

Спасибо!

ИК ВЭПП-5: Дальнейшее повышение производительности

1. Группирователь-предускоритель. Требуется дополнительных исследований. Сейчас захват в ускорение – 50% e^- . Моделирование показывает 90% захвата (электронный соленоид будет не нужен). И, видимо, это может открыть путь и к следующему шагу.
2. Увеличение энергии электронного линака. Самый «простой» вариант: поделить ВЧ подаваемое в первую ускоряющую структуру на две структуры. В этом случае энергия электронного линака вырастет с 270 МэВ достижимых сейчас до примерно 300 МэВ. Эффективность производства позитронов вырастет на 10%.
3. Увеличение частоты повторения инжекции. Целый комплекс проблем: от надежности работы модуляторов, температурного режима и его стабилизации, до радиационных нагрузок и дополнительных локальных защит.
4. Совершенствование систем диагностики, управления (автоподстройка)

Датчик потерь в канале К-500



Ю.И. Мальцева – кандидат физико-математических наук
 «Оптоволоконный датчик потерь пучка на основе черенковского излучения для Инжекционного комплекса ИЯФ СО РАН»

Этапы пути



Н.С. Диканский представляет проект нового инжекционного комплекса ВЭПП-5. Конференц-зал ИЯФ СО АН СССР. Ноябрь 1989 г. (Фото В. Петрова)

1990г – начало строительства

1996г – ускорены первые электроны на установке «Стенд»

2002г – запущен линейный ускоритель электронов (270МэВ) и конверсионная система

2007г – захват и накопление электронов в накопителе-охладителе

2013г – захват и накопление позитронов в накопителе-охладителе

27.01.2016 – пучок электронов в БЭП

23.06.2016 – пучок позитронов в БЭП

19.10.2016 – пучок электронов в ВЭПП-3

28.12.2016 – пучок позитронов в ВЭПП-3

2017 – Резонатор 1-й гармоники Накопителя-охладила, регулярная работа на оба коллайдера

2018 – Автоматический режим для ВЭПП-2000

2019 – Новый катодный узел «10А»

2020 – Энергия 430 МэВ