

Инжекционный комплекс ВЭПП-5



Д. Беркаев от имени команды ИК ВЭПП-5
10.03.2022

В работах ИК задействованы:

С. 5-12, 5-11, 5-13, Л. 5-1

Л. 6-0, 6-2, 6-2, 1-4, 11

НКО, ЭП, РМ

Результаты работы ИК используются:

С. 1-31, 1-32, 1-33 (ВЭПП-4М)

Л. 3-2 (КЕДР)

С. 8-21 (СИ)

Л. 11, 1-4 (ВЭПП-2000)

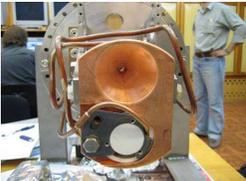
Л. 2, 3-3, С. 3-13, (КМД-3)

Л. 3-1 (СНД)

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



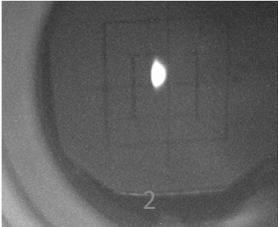
Beamline to VEPP-2000



Linear Accelerators



Beamline to VEPP-4M

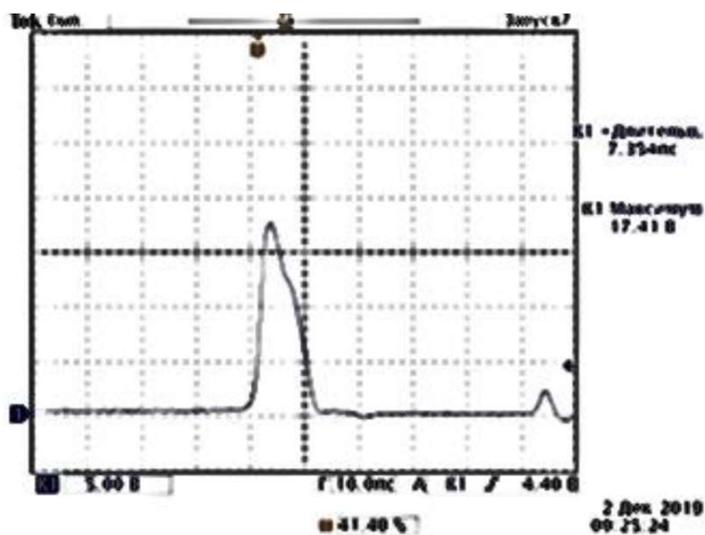


Beam @ VEPP-4M

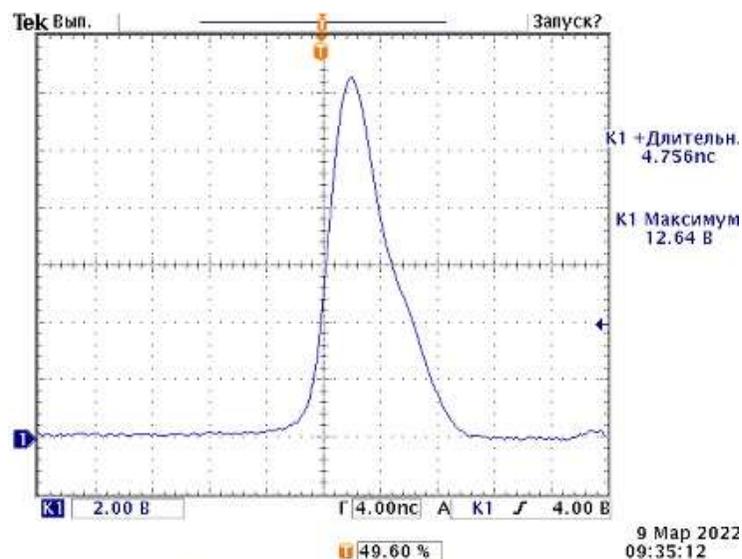
Катодный узел «10А»

Установлен в 2019 году

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



Ток: 5.27 А (март 2022)
Длительность: 4.76 нс
Число частиц: $15.6 \cdot 10^{10}$



Состояние катода на 09 марта 2022 г. $I_{max} = 12.64 / 2.4 \text{ ом} = 5.27 \text{ А}$
 $N_e = ((5.27 \text{ А} \cdot 4.756 \text{ нс}) / 1.6) \cdot 10^{10} = 15.65 \cdot 10^{10} \text{ (e-)} \text{ (47ВТ накал)}$

Условия эксплуатации:
В 2020 снижен накал
В 2021 уменьшена длительность

Планы 2022:
Новая электроника управления
накалом и длительностью
импульса

Позитронный соленоид

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



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

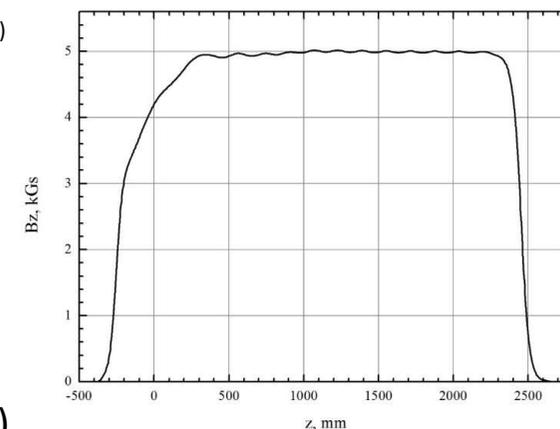
Замена соленоида возможна только с разбором всей конверсионной системы и первой ускоряющей секции.

Новый проект соленоида – главная задача 2021-2022 года.



	N	Ток, кА	Размер, мм (L/D1/D2)
BrC	120	1.0	240 / 320 / 844
C1÷C2	128	0.64	144 / 300 / 840
C3	96	0.5	144 / 180 / 590
C4	96	0.62	144 / 180 / 590
C5	96	0.65	144 / 180 / 590
C6÷C13	96	0.67	144 / 180 / 590
C14	96	0.7	144 / 180 / 590

Оценки:
20-25 Млн. руб.
1.5 года (в ценах 2021 г.)

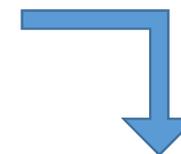


Модернизация модулятора 3-го клистрона

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 накаливаемого трансформатора параллельно существующему.
6. Монтаж транзисторного блока запуска тиратрона.
7. Запуск, тренировка.



Лето 2022 года



Новые генераторы инфлекторов НО

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

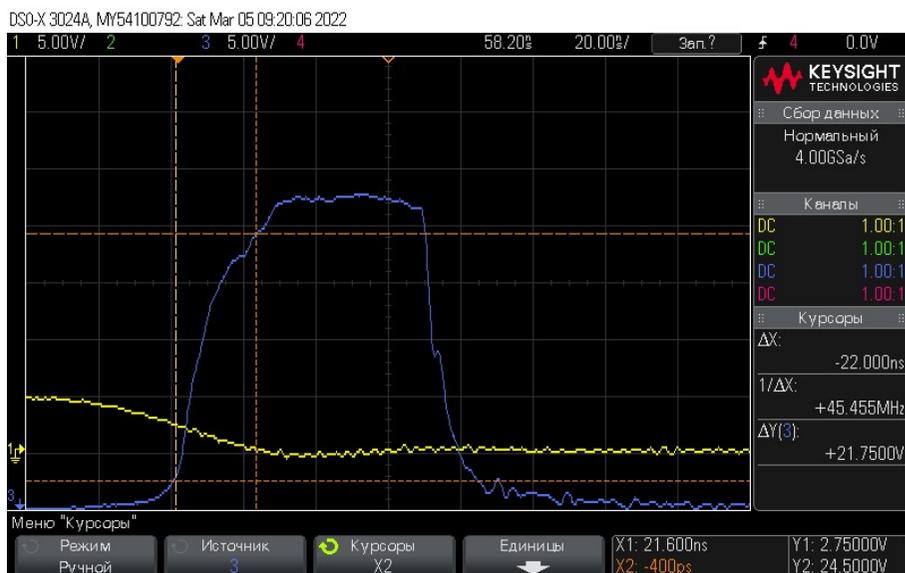
Тестовая нагрузка 25 Ом
40 кВ, фронт 20 нс, полочка 50 нс



Техническое задание

Параметр	Значение
Количество источников питания (шт)	4 положительной полярности, 4 отрицательной полярности
Регулировка напряжения импульса питания	30-100%
Длительность полочки импульса, (нс)	50
Длительность импульса по основанию (включая), max (нс)	180
Допустимый обратный выброс (%)	5
Напряжение в импульсе, max (кВ)	50
Ток в импульсе, max (кА)	2
Волновое сопротивление пластины кикера (Ом)	25
Частота следования импульсов, max (Гц)	50
Нестабильность срабатывания генератора (нс)	+/-2
Напряжение зарядного источника, max (В)	700
Амплитуда импульса запуска (В)	10
Уровень сигнала АЦП для задания зарядного напряжения (В)	0-10
Протокол управления	Ethernet

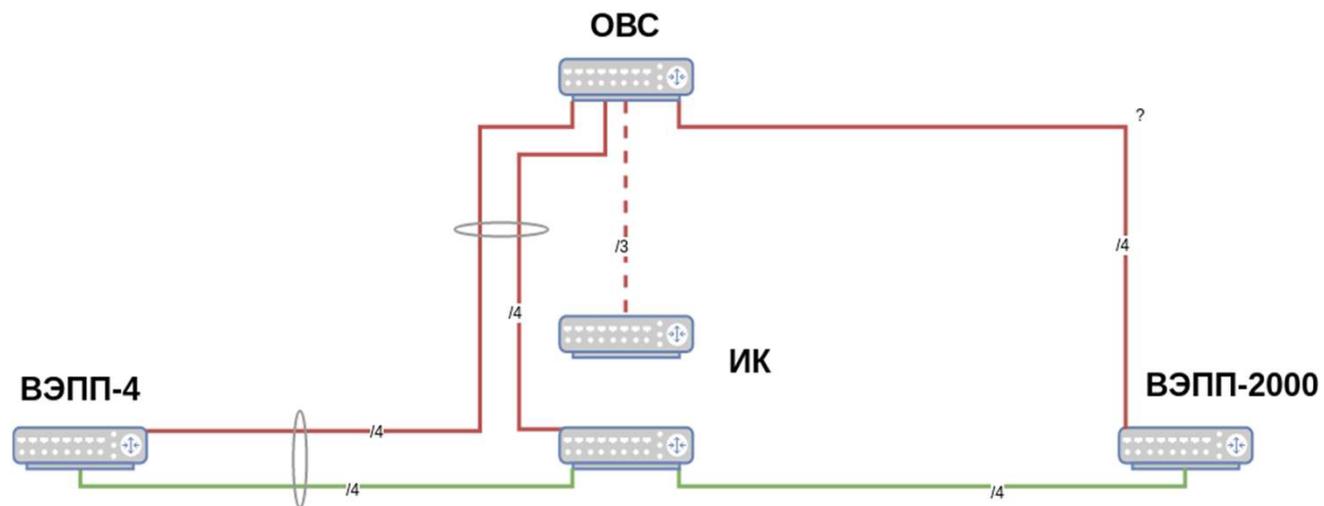
3.2 млн. руб. / шт. (2021 год)



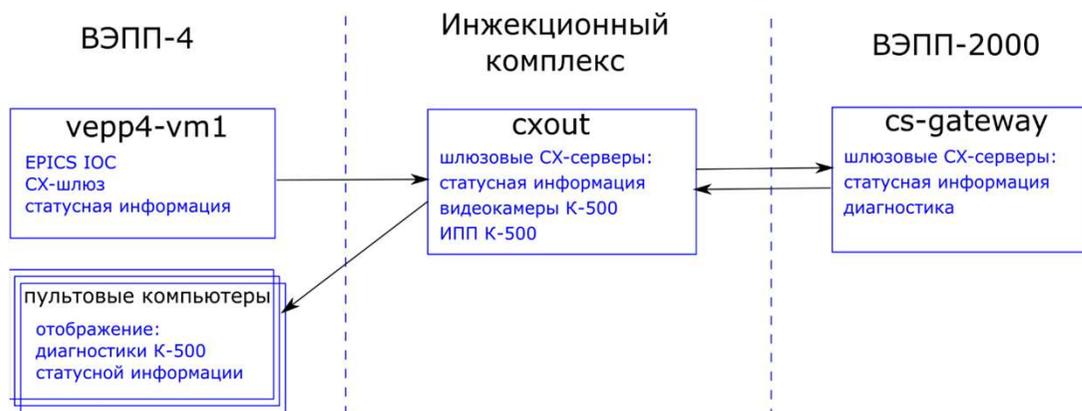
Общая вычислительная сеть ИК и коллайдеров

Реализованы только восходящие соединения с ОВС через коммутационное оборудование.

2 (3) VLANa: для институтской сети, для общей сети между комплексами.

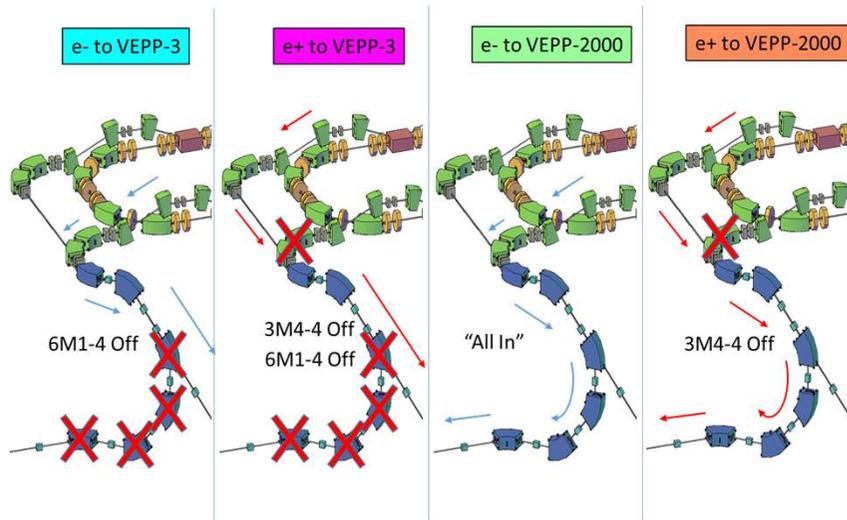


VLAN общей сети между комплексами

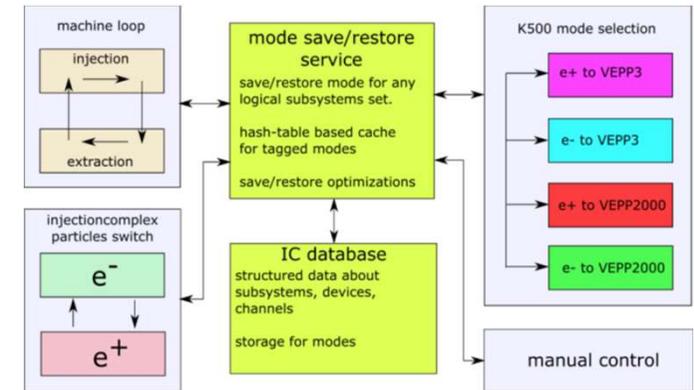


Виртуальная пультовая

Совершенствование управления режимами работы



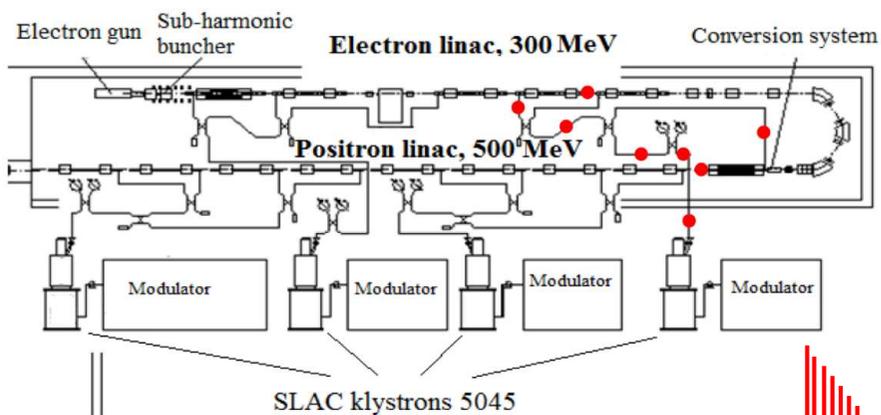
4 режима
 12 переходов
 Циклы инжекции-выпуска
 Синхронизация с ВЭПП-2000
 и ВЭПП-4М



Развитие программного обеспечения системы управления инжекционного комплекса:

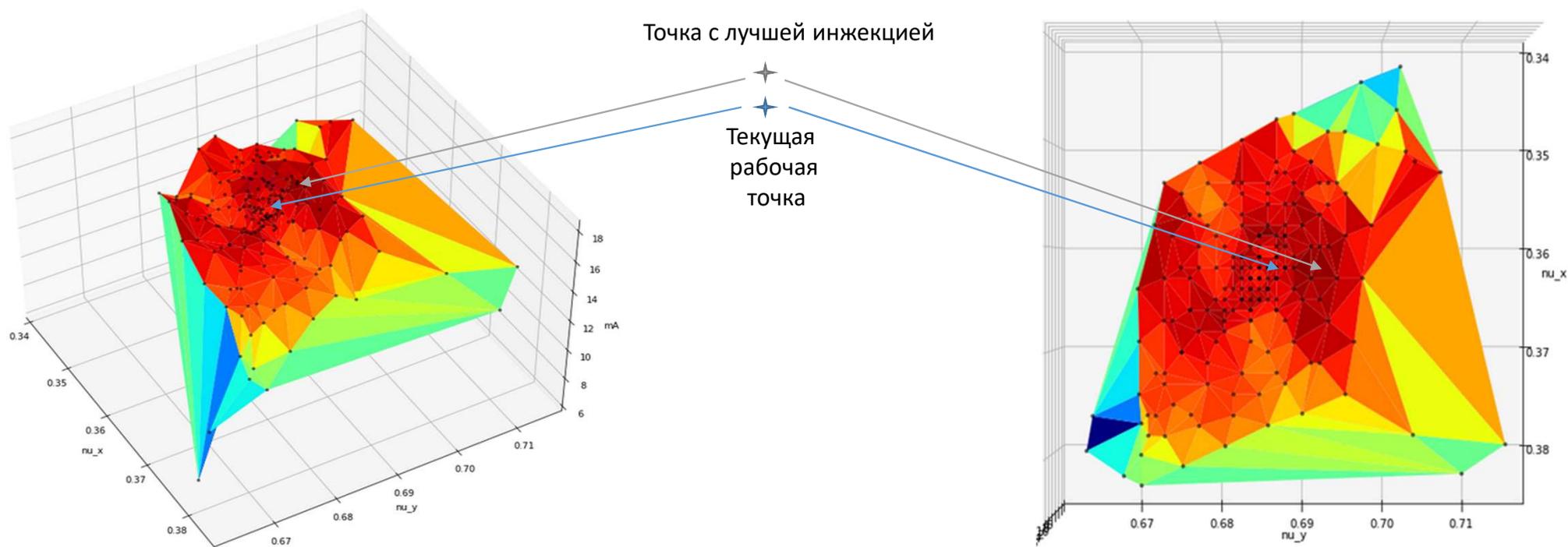
- Усовершенствования общего характера в основной скелет фреймворка CXv4
- Работы по расширению возможностей базового фреймворка CXv4 для взаимодействия с системами управления комплексов-потребителей (CX – VCAS, CX – EPICS)
- Организация взаимодействия систем управления инжекционного комплекса и потребителей пучка (автоматика отслеживает потребности потребителей)
- Расширение поддержки электроники в стандарте VME
- Доработка системы ВЧ-измерений на линейных ускорителях

Измерение параметров системы СВЧ



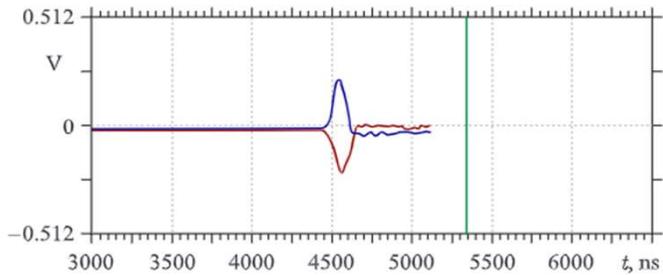
8*4 каналов АЦП 250 МГц + 2 канала АЦП 1 ГГц

Рабочая точка НО и позитроны



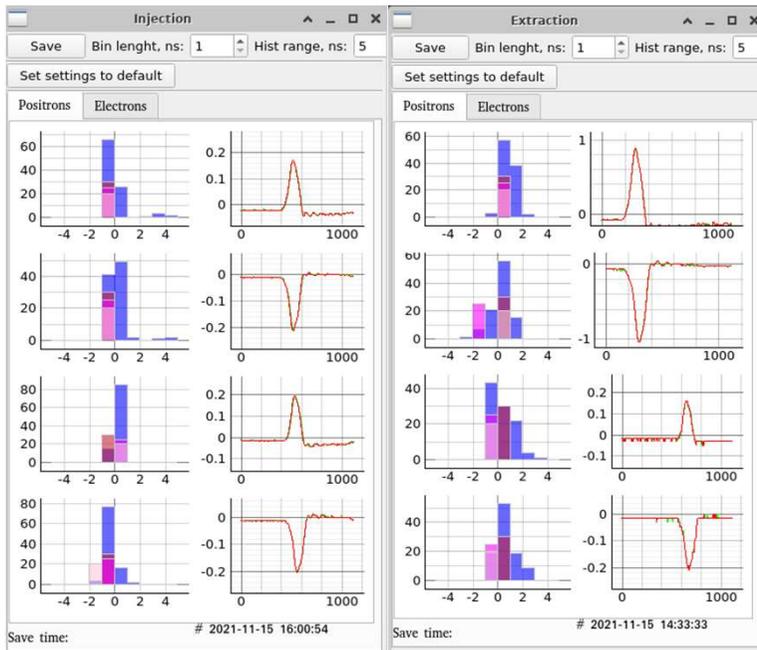
В планах 2022 года – сделать рутинной процедурой с контролем и автокоррекцией

Стабильность работы инфлекторов НО

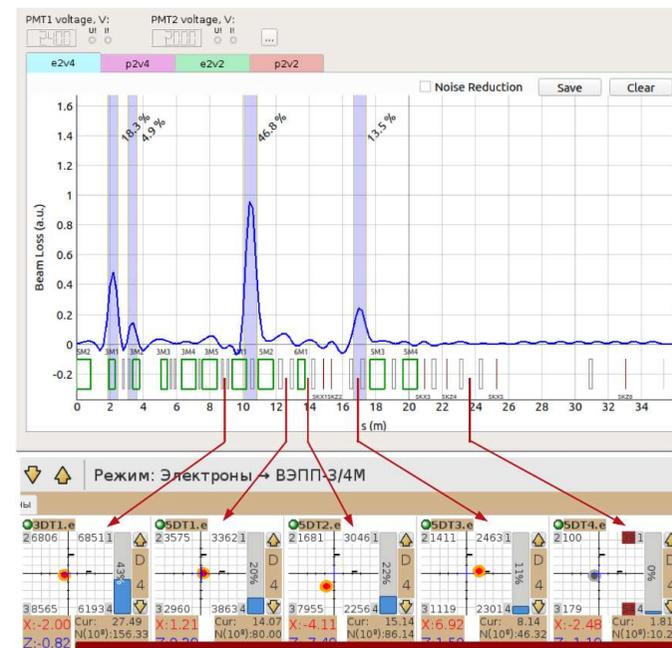
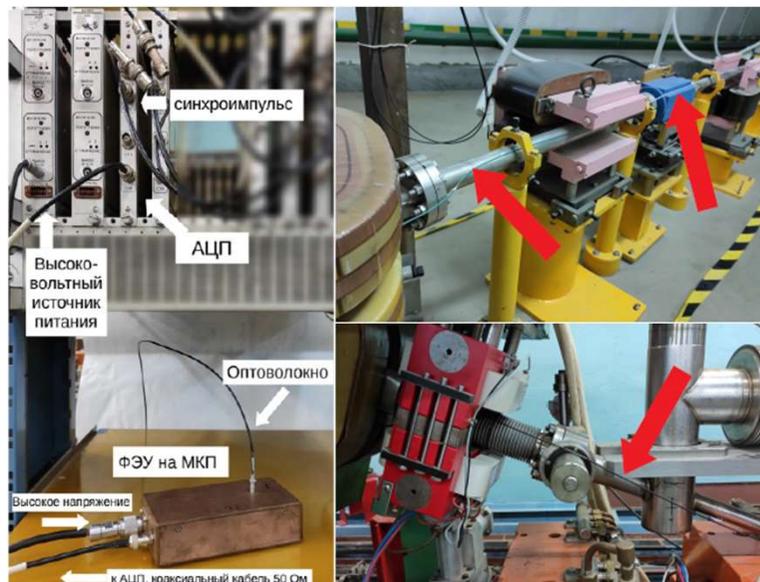
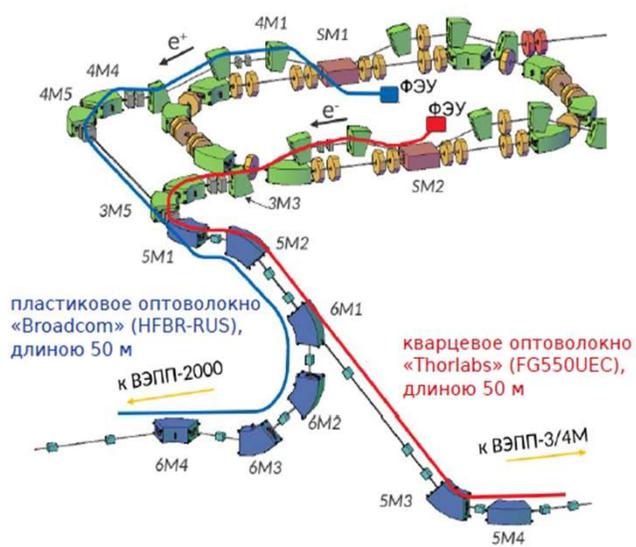


АЦП 200 МГц

Задержка определяется как максимум корреляционной функции запомненного «хорошего» сигнала и измеренного сигнала с использованием интерполяции кубическим сплайном. Точность измерения – 1 нс.



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-охладителя, регулярная работа на оба коллайдера

2018 – Автоматический режим для ВЭПП-2000

2019 – Новый катодный узел «10А»

2020 – Энергия 430 МэВ

2021 – Ю.И. Мальцева – кандидат наук

ИК ВЭПП-5: планы в 2022

Рекорд ИК - $2 \cdot 10^{10}$ e⁺/с (осень 2010), затем поломка соленоида

Текущий «рекорд» - $0.7 \cdot 10^{10}$ e⁺/с.

Среднее значение – 50-70% от «рекорда» - $0.5 \cdot 10^{10}$ e⁺/с

2021 Повышение надежности, стабильности и эффективности (эффект от реализации)

Эффективность:

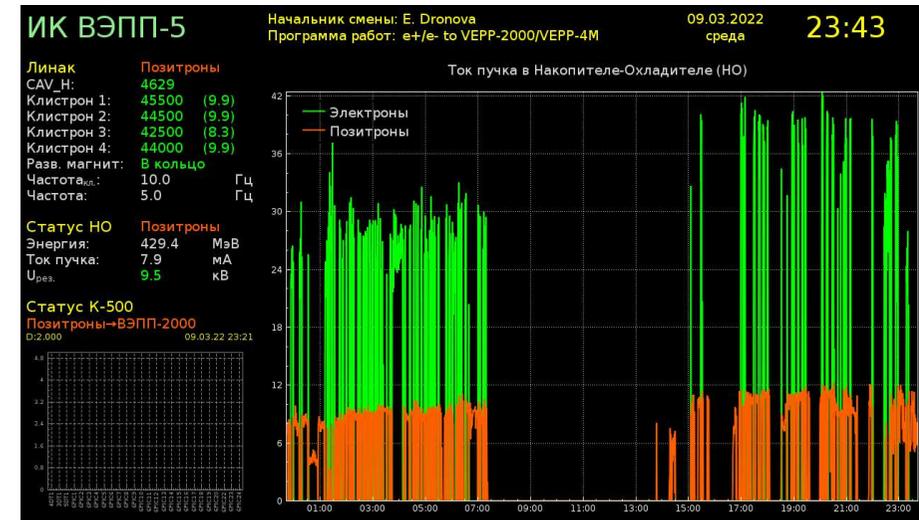
- Новая электроника управления пушкой (+ 70-90%)
- Новый соленоид позитронной системы (* 3.6)**
- Настройка и согласование каналов К-500

Стабильность (+ 30-50%):

- Новые генераторы кикеров (ФИД-техника) 4 или 8 шт.
- Замена устаревших ВЧ-300
- Совершенствование системы управления (+10-30%)

Надежность:

- Модернизация модулятора №3 (переход на схему с одним тиратроном)



N \ П,м	Current, mA				
	VEPP-5 DR	ВЕР	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

mA/c

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 - добавить энергию электронного линака: 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 энергии позитронов и накопителя-охлаждителя до 500 МэВ (требует изучения возможности). Если это физически возможно по источникам ВЧ, то нужно изучать структуры и делать волноводы. Энергия электронов уже сейчас может быть больше 500 МэВ, если Энергия позитронов же упирается возможности позитронного линака.
4. Увеличение частоты повторения инъекции. Целый комплекс проблем: от надежности работы модуляторов, температурного режима и его стабилизации, до радиационных нагрузок и дополнительных локальных защит.
5. Совершенствование систем диагностики