

Работа коллайдера ВЭПП-2000

в 2025 году

Юрий Роговский

от имени команды коллайдера ВЭПП-2000 (лаб. 11)

и большого коллектива ИЯФ работающего в интересах
комплекса ВЭПП-2000

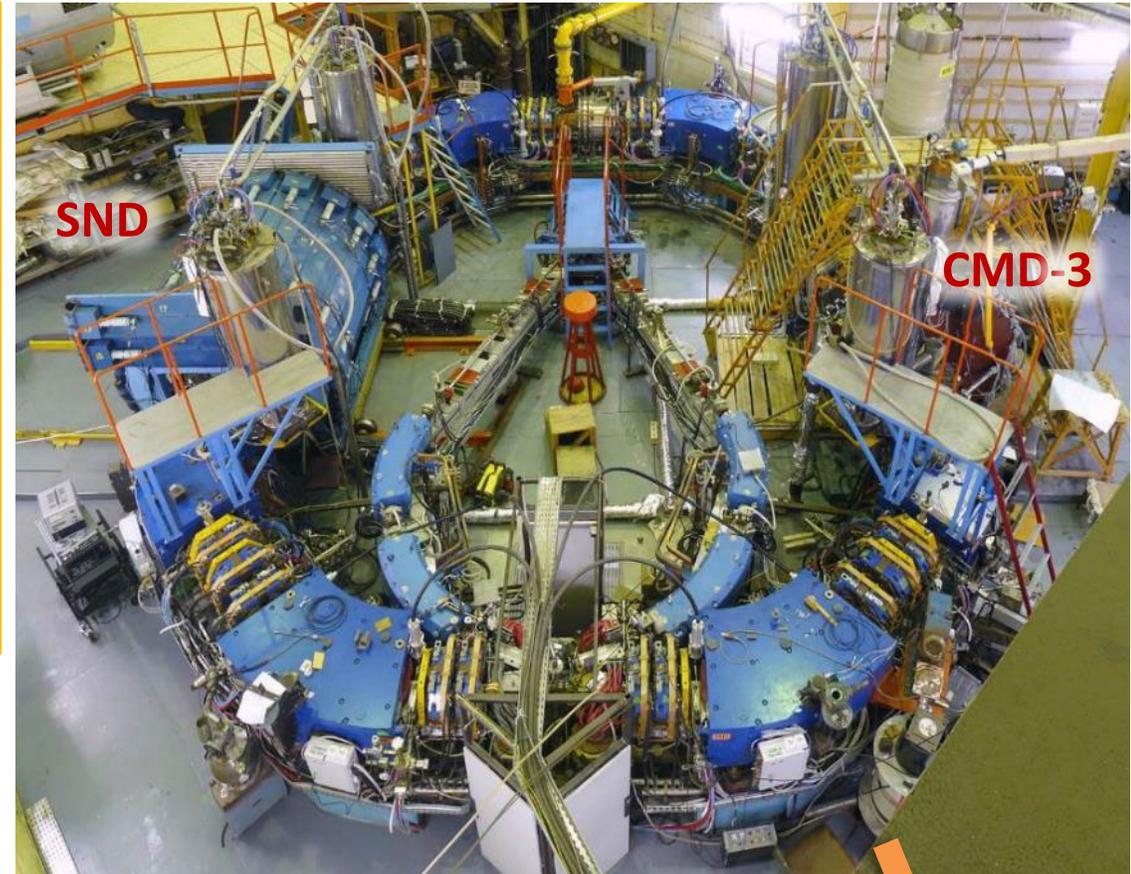
Научная сессия ИЯФ

26.02.2026 г.

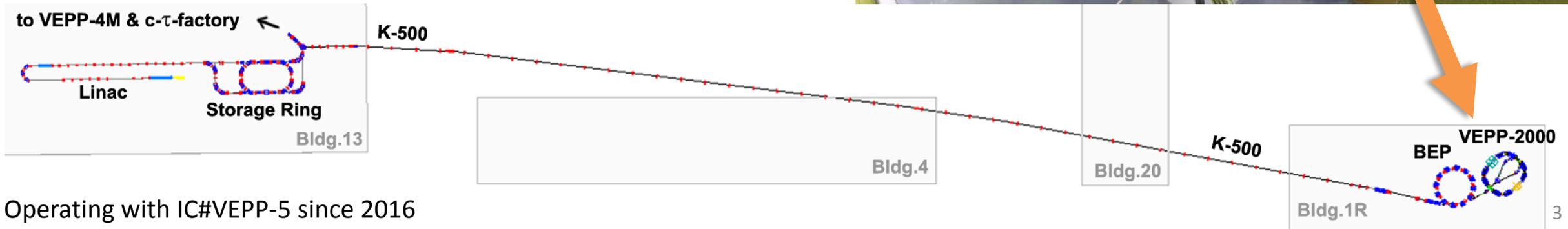
С чем и как мы прошли 2025 г.

ВЭПП-2000 @ 2025 (и ранее)

Design parameters @ 1 GeV		@ 2022	@ 2023	@ 2024	@ 2025
Circumference	24.388 m				
Beam energy	150 ÷ 1000 MeV	800-1000	575-800	400-575	405-380
N of bunches	1×1				
N of particles	1×10 ¹¹ / 200 mA	1.2×10 ¹¹	0.6×10 ¹¹	0.4×10 ¹¹	0.5×10 ¹¹
Betatron tunes	4.14 / 2.14	0.17-0.18	0.12-0.18	0.08-0.14	0.08-0.09
β*	8.5 cm				6-7
BB parameter	0.1	0.1	0.06	---	---
Luminosity	1×10 ³² cm ⁻² s ⁻¹	0.9×10 ³²	0.5×10 ³²	0.2×10 ³²	0.05×10 ³²



Target: **1 fb⁻¹** reached @ 2024. Subtotal: **1097 pb⁻¹/detector**.



Operating with IC#VEPP-5 since 2016

ВЭПП-2000 магнитная система и оборудование @ 2025

Основная структура:

8 дипольных магнитов
24 квадр. линзы
4 с.п. соленоида

Коррекции:

24 гор. дипольных корректора
20 верт. дипольных корректоров
12 секступолей
12 скью-квадруполей

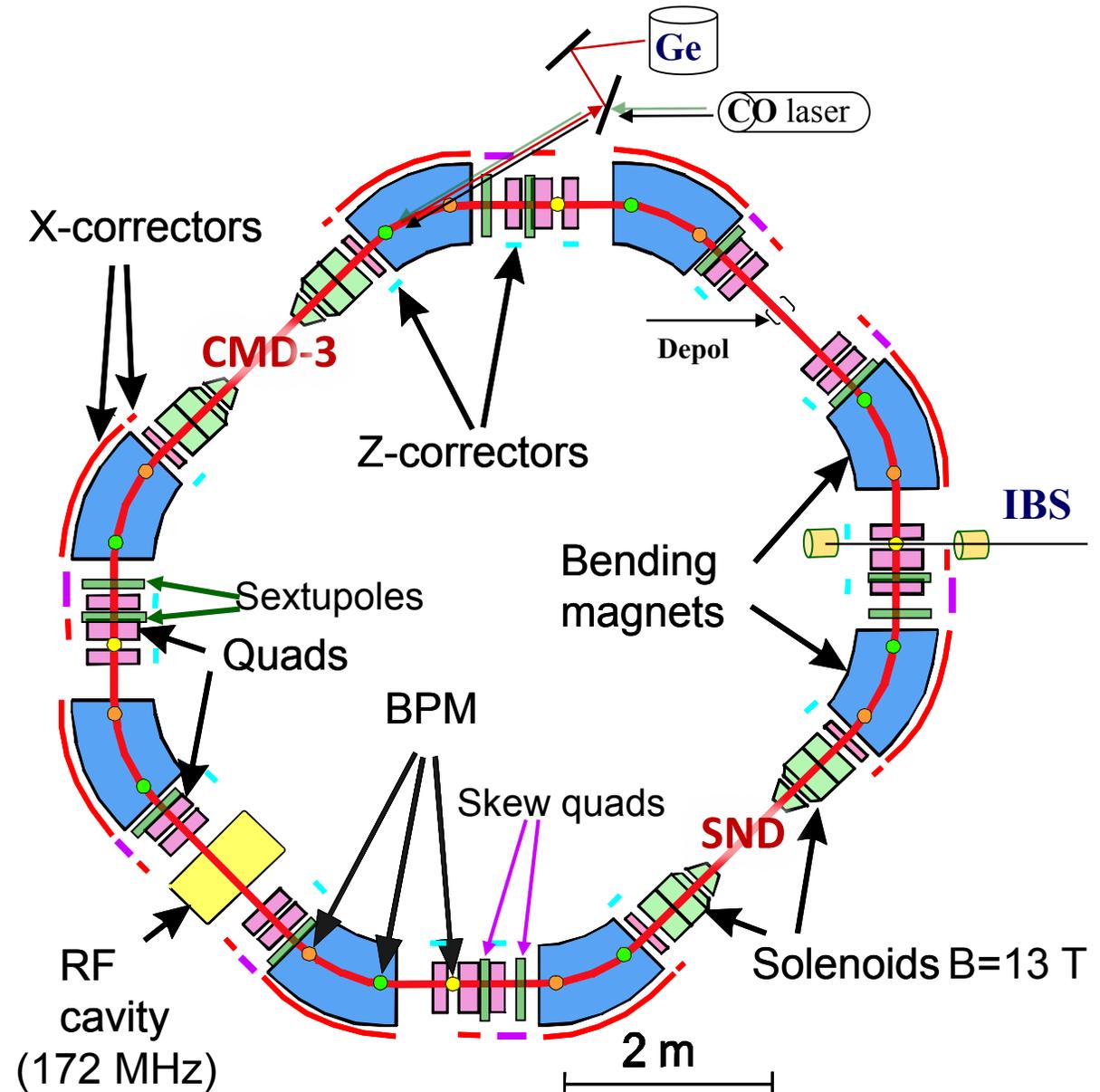
Наблюдение за пучком:

16 ПЗС-камер
4 пикапа
1 Измеритель тока
2 ФЭУ (e^+ , e^-)

Измерение энергии:

Резонансная деполяризация
ОКР, 16 ЯМР датчиков

Детекторы: КМД-3, СНД



Набор данных @ 2025

Логашенко - Агасов. 29.10.20
 план сезона 2024-2025 по энергии.

Энергия, МэВ	Интеграл светимости (план), нб ⁻¹	Интеграл светимости, нб ⁻¹	Даты
Эксперимент 2024 года, часть III.			
405	2000	СНД / КМД	01.10-27.10
400	1000	2147 2090	27.10-10.12
Изменение направления движения пучков.			
400	1000	3403 3092	10.12-14.01
397	1000	1164 1157	14.01-19.01
395	1000	1083 1049	19.01-25.01
394	1000	1002 980	25.01-30.01
393	1000	1029 1017	30.01-02.02
392,5	2000	2045 2108	02.02-11.02
392	3000	3019 3013	11.02-25.02
391,5	4000	4407 3999	25.02-12.03
391	4000	КМД=4338 СНД=4005	12.03-27.03
390,5	3000	3234 3194	27.03-12.04
390	2000	2002 2130	12.04-19.04
389,5	1000	КМД=1000 1080 СНД	19.04-23.04
389	1000	1013 1006	23.04-26.04
388,5	1000	1172 1006	26.04-01.05
387	1000	1135 1045	01.05-04.05
385	1620	1809 1651	04.05-11.05
380	1620	1621 1725	11.05-19.05
Всего	30240	10000 10000	
350		СНД 1759	19.05-02.06

Выполняется
 лета 2025

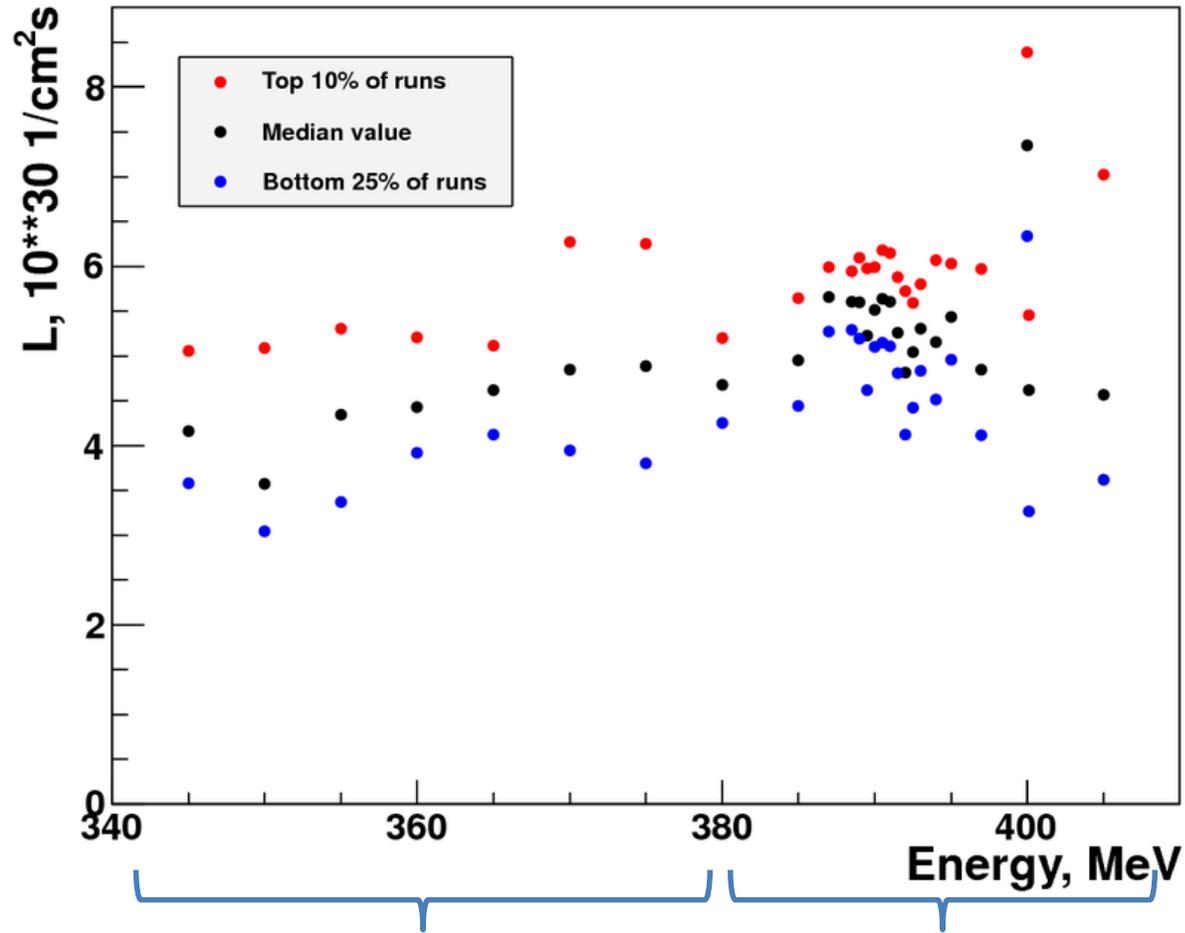
2025-2026 Агасов - Попов. 20.10.2025

Энергия, МэВ	Интеграл светимости (план), нб ⁻¹	Интеграл светимости, КМД нб ⁻¹ СНД		Даты
		2007	1504	
370	1520	2225	1564	28.11-13.12
365	1420	2028	1853	13.12-21.12
360	1320	1828	1603	21.12-15.01
355	5000	5036	5092	15.01-13.02
350	1140			
345	1040			
340	900			
335	900			
330	1500			
325	800			
320	760			
315	720			
310	700			
305	1500			
300	640			
295	600			
290	600			
285	580			
280	500			
270	500			
260	500			
250	400			
240	400			
230	400			
220	400			
210	400			
200	300			
190	300			
180	300			
170	300			
160	300			
150	200			
140	200			
Всего	28720			

Набраны интегралы светимости к 02.2026:
 - КМД-3 – 49 пб-1
 - СНД – 47 пб-1

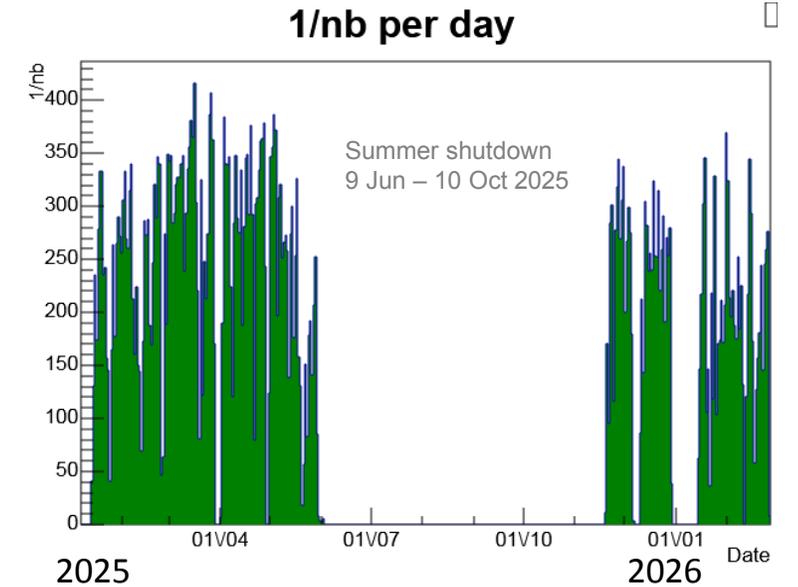
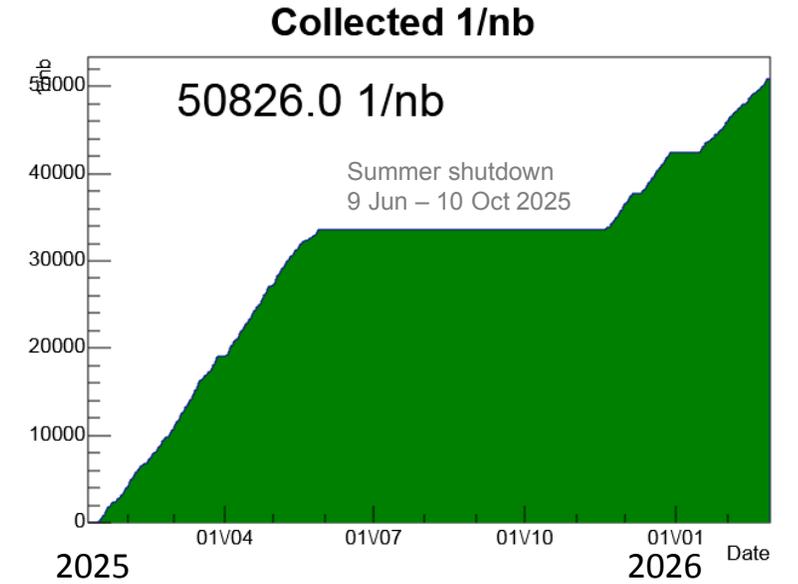
Выполнено полностью!
 (~35-37 пб-1)

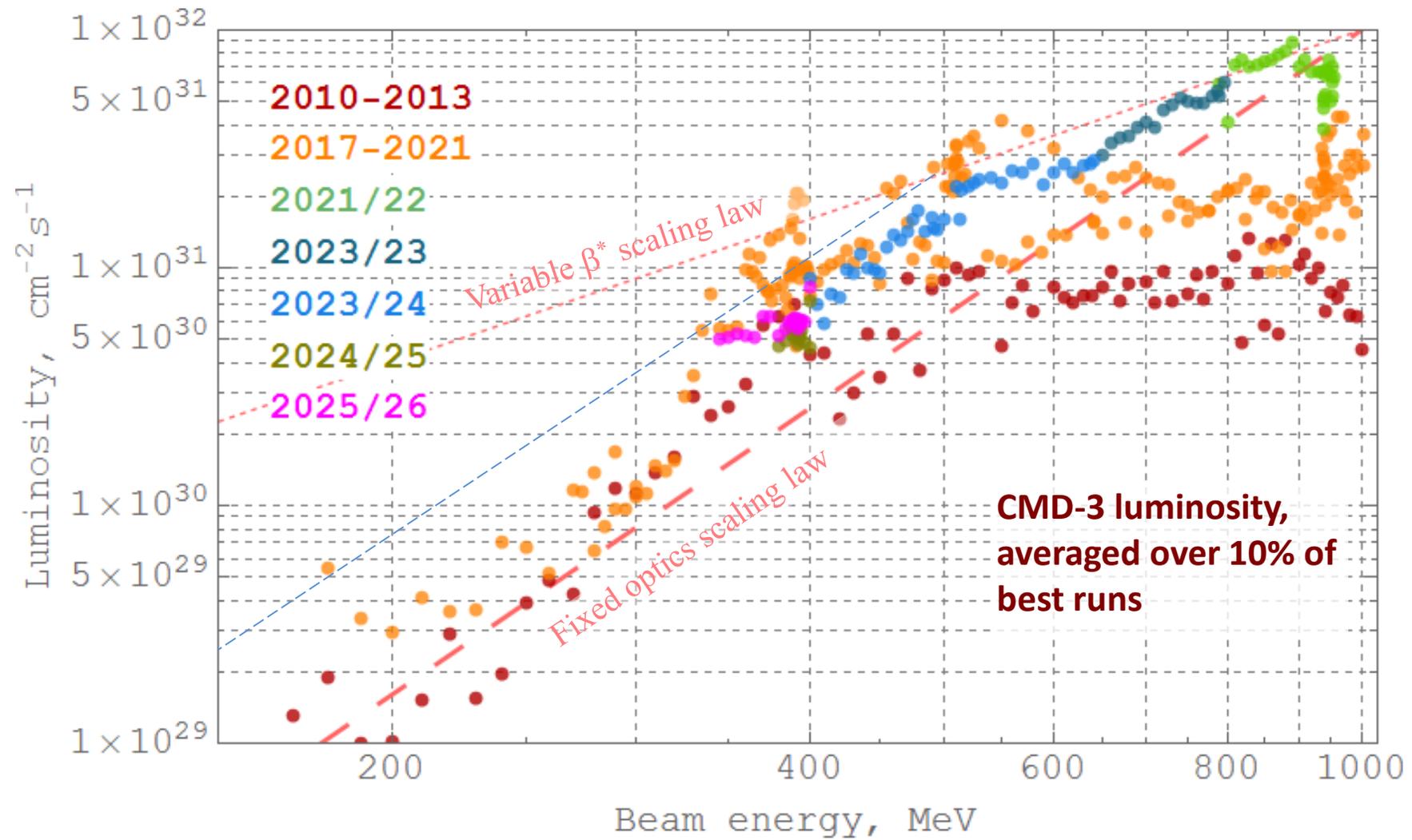
Достигнутая светимость @ КМД-3



«правильная»
полярность

«неправильная»
полярность





Current absolute record peak luminosity: $L_{\text{peak}} = 0.9 \times 10^{32} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ @ 890 MeV in 1 x 1 bunch collision (ξ value ≥ 0.1)

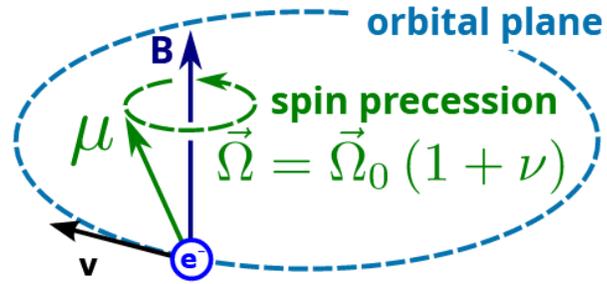
Хронология работ 2025

- 10.2025 включение после НГ, начало набора статистики;
- 30.05.2025 окончание набора статистики
- 01-10.06.2025 измерение энергии РД;
- 11.06.2025 – 01.09.2025 летняя профилактика;
- 02.09.2025 включение комплекса + остановка до середины октября + профилактика;
- 22.10.2025 первый пучок в ВЭПП осенью;
- 23.10-04.11.2025 обезгаживание ВЭПП;
- 05.11.2025 захолаживание азот + гелий соленоидов ВЭПП;
- 06.11.2025 эксперименты РД / поляризация + обезгаживание;
- 17.11.2025 холодная оптика, начало набора статистики (375 МэВ);
- 29.12.2025-10.01.2026 остановка НГ

Что еще мы делали в 2025

Поляризованные пучки @ 2025 (I)

$\omega = \langle \Omega \rangle = 2\pi f_0(1 + \nu)$ — average spin frequency
 $\omega_0 = \langle \Omega_0 \rangle = 2\pi f_0$ — average revolution frequency

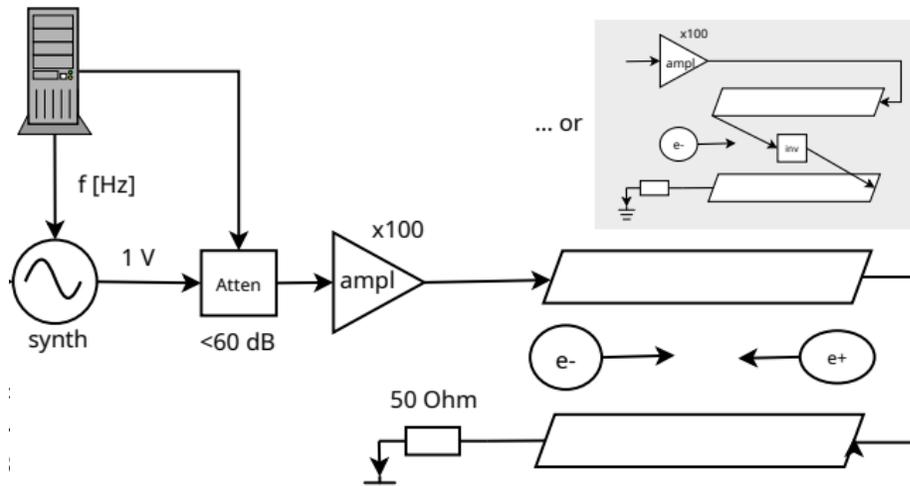


Ω — spin precession frequency
 Ω_0 — Larmor frequency
 ν — spin tune parameter:

$$\nu = \frac{E}{m} \left(\frac{g-2}{2} \right) = \gamma a$$

$$\langle E \rangle = \frac{e}{2\pi} \oint B_{\perp} dl = \left(\frac{\omega}{\omega_0} - 1 \right) \left(\frac{g-2}{2} \right)^{-1} mc^2 = \nu \cdot 440.648\,462\,134(137) \text{ MeV}$$

- 1 Obtain polarized beam.
- 2 Create external spin resonance $\omega \pm \omega_d = k\omega_0 \quad k \in \mathbb{Z}$,
- 3 Scan ω_d external field frequency.
- 4 detect depolarization.
- 5 determine ratio ω/ω_0 and then beam particle energy.



Relative accuracy $\sim 10^{-10}$ is limited by fundamental constant knowledge

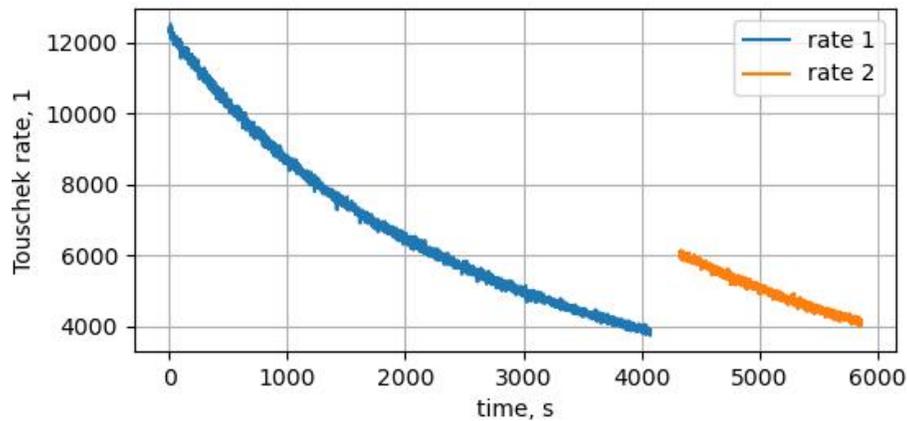
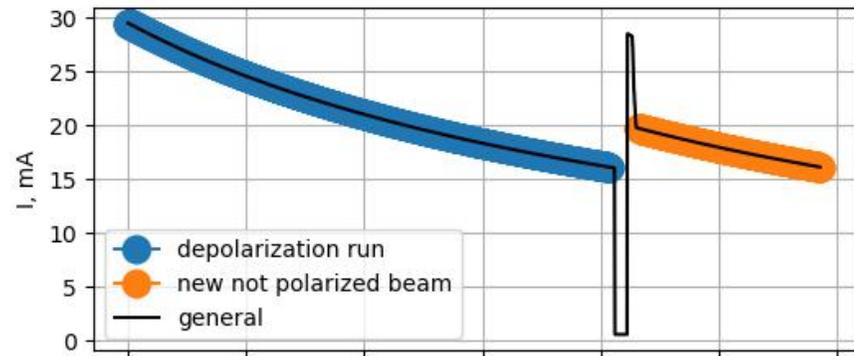
$$\delta \left(\frac{g-2}{2} \right) \approx 1.03 \times 10^{-10}, \quad \delta m_e \approx 2.94 \times 10^{-10}$$

Поляризованные пучки @ 2025 (II)

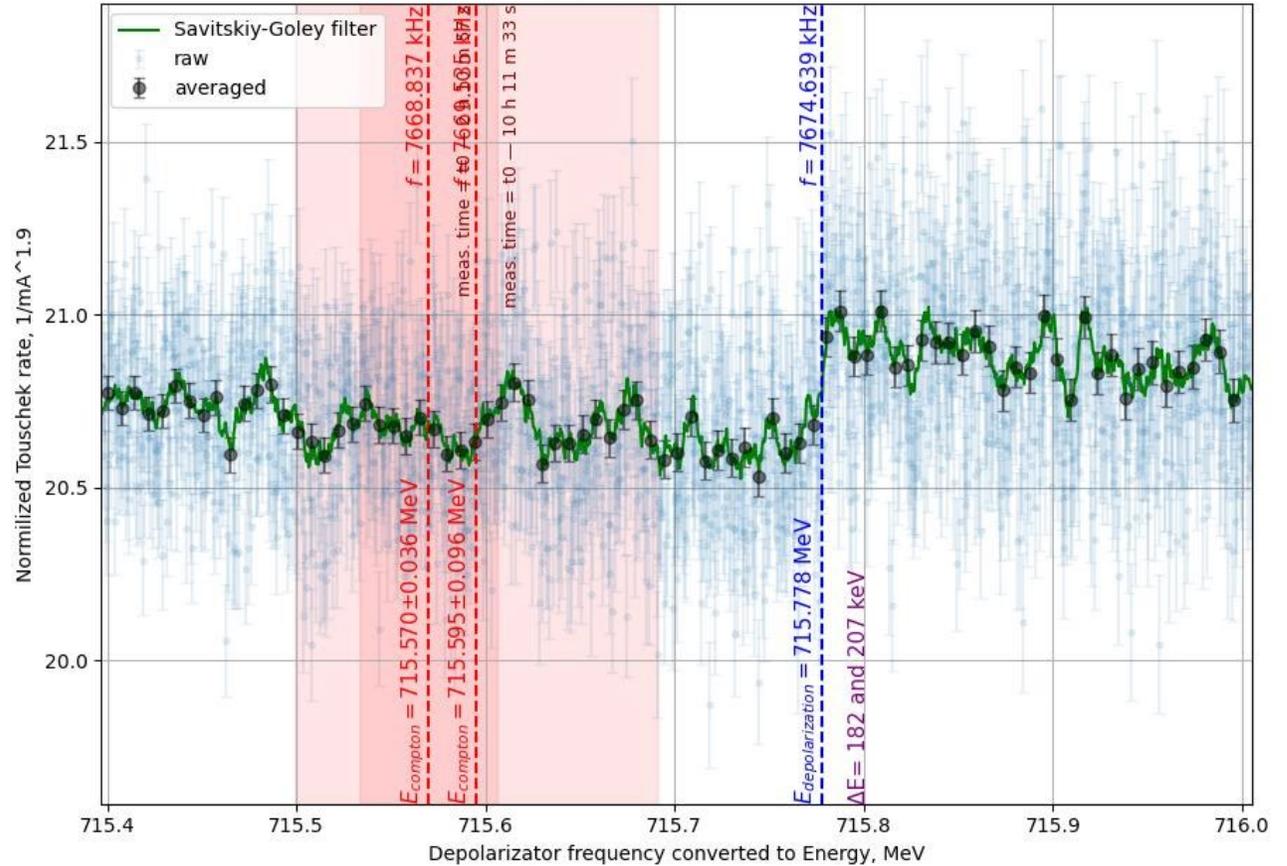
- Проведено 2 эксперимента по измерению энергии пучка в ВЭПП-2000;
 - 02 – 07 июня 2025 (30 сканирований)
 - 06 – 16 ноября 2025 (50 сканирований)
- Специальный режим работы – выключены соленоиды ФФ – «теплая» оптика;
 - Краевые / нелинейные поля нарушают процесс самополяризации;
- Энергия пучка:
 - Один вариант: 660 МэВ ($E_p=770 \text{ MeV} \Rightarrow E_d=661.5 \text{ MeV}$);
 - Два варианта: 705 МэВ, 707 МэВ;
- Время поляризации 65-70 мин. Поляризуемся 1.5 часа. 150 мА \Rightarrow 20 мА;
- ОКР (электроны) предсказание области, а РДП (позитроны) – измерение;
- Тушековский счет на электронах в 20 раз меньше чем на позитронах (не выяснено);

Поляризованные пучки @ 2025 (II)

2025_2_run-51,
t0 = 2025-11-16 03:02:23



2025_2_run-63,
t0 = 2025-11-17 00:10:04
f range [7664.033, 7680.943], $v = 10.0$ Hz/s
E range [715.398, 716.004]



Что нам мешало.

Остановки ВЭПП-2000 (от часа до суток) + Ограничения

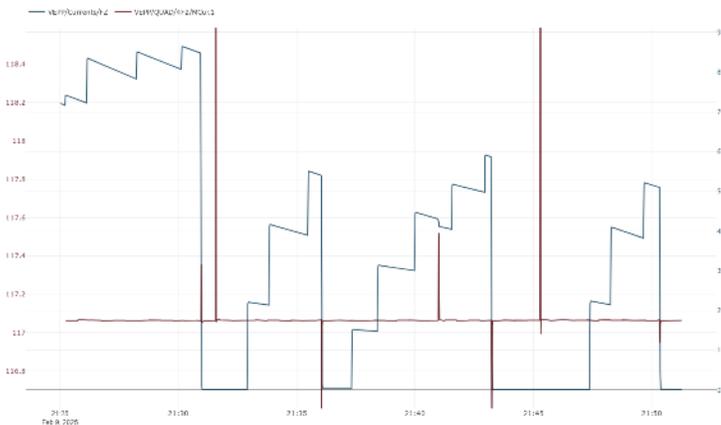
- Просадка напряжения ~35 раз (x0.5)
- КАРНАВАЛ (ГУ-101) ~12 раз (x1)
- КАРНАВАЛ (ГУ-92Б) ~14 раз (x3)
- Поле БЭП ~4 раза
- Дистиллят ~10 раз (просадки)
- Двигатели коммутаторов ~27 раз (x2)
- Внешние неполадки ~15 раз
- Поле КМД ~2 раза
- Вакуум БЭП ~1 раз

- ВЧ-300 соленоида ~3 раза
- ВЧ-500 квадруполей ВЭПП ~1 раз (x0.1)

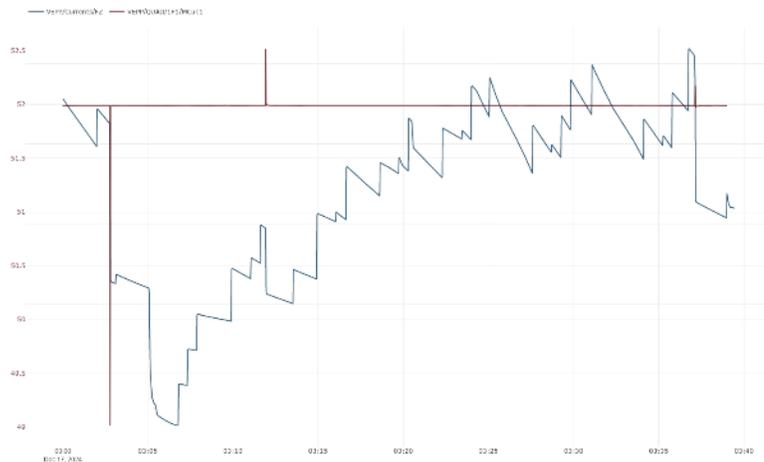
- Сервопривод ВЧ ВЭПП (питание)



Исправлено (осень 2025)



Скачков нет



- Остановка ИК / СНД / КМД (присутствовали так же как и наши)

- Фоновые условия детекторов (в основном СНД)
- Динамическая апертура – рабочая точка – выбор бета* – время жизни – tuneshift @ 1/4
- Электромагнитная наводка на элементы ДК КМД-3 / КМД

Повышение надежности и стабильности в 2025 г.

Модернизация приводов коммутаторов (I)

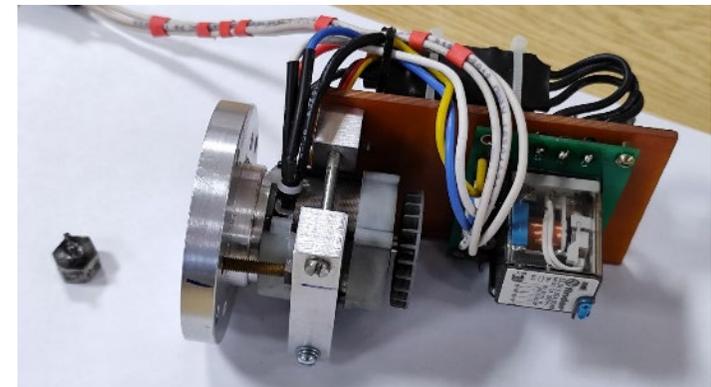
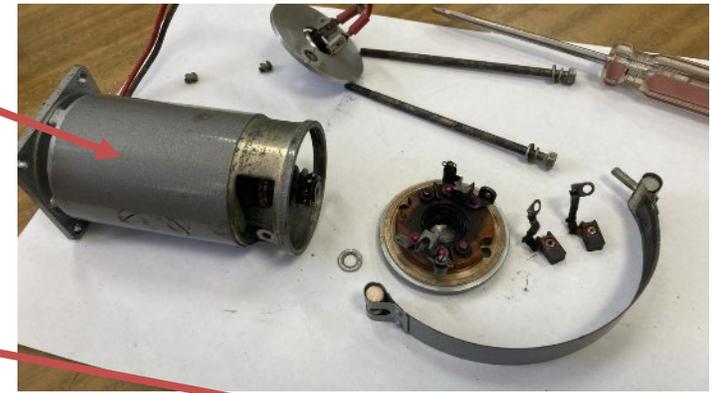


МУ-50

Авиация

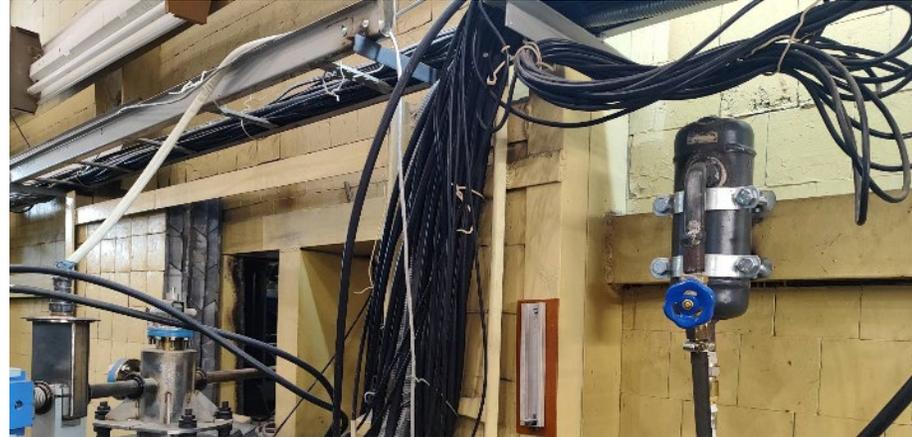
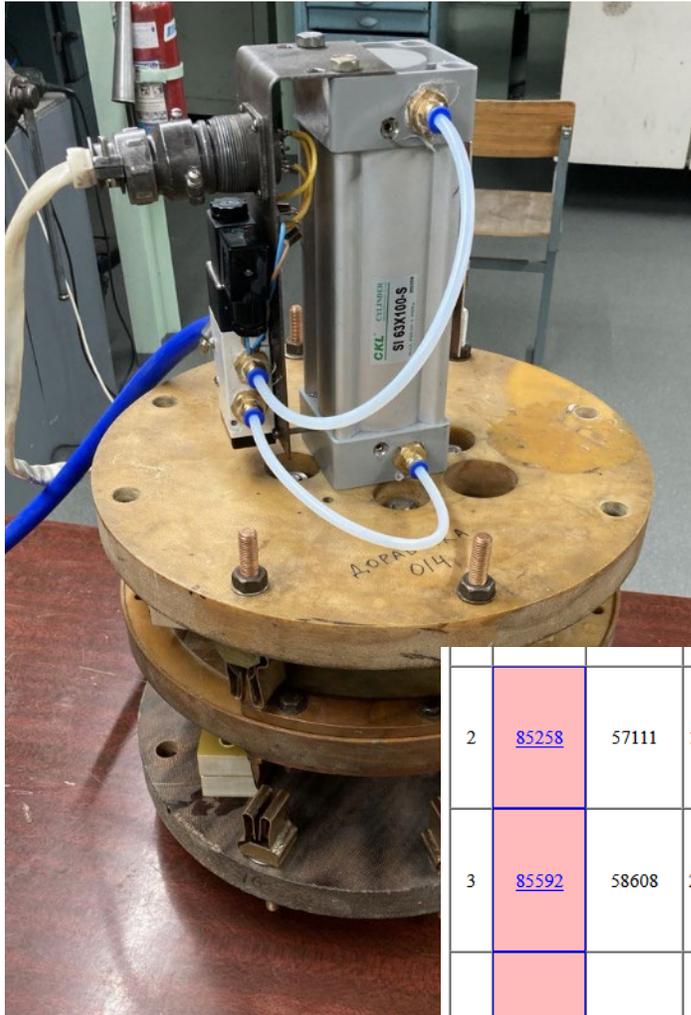
Бесщеточный

бензопила



- Износ двигателей МУ-50 (щетки, коллектор, механика);
- Закупка: АВИТО, Барахолки, Гаражные распродажи;
- Идея: Замена на бесщеточный от электропилы;
- Сохранение посадки / Обратная совместимость;

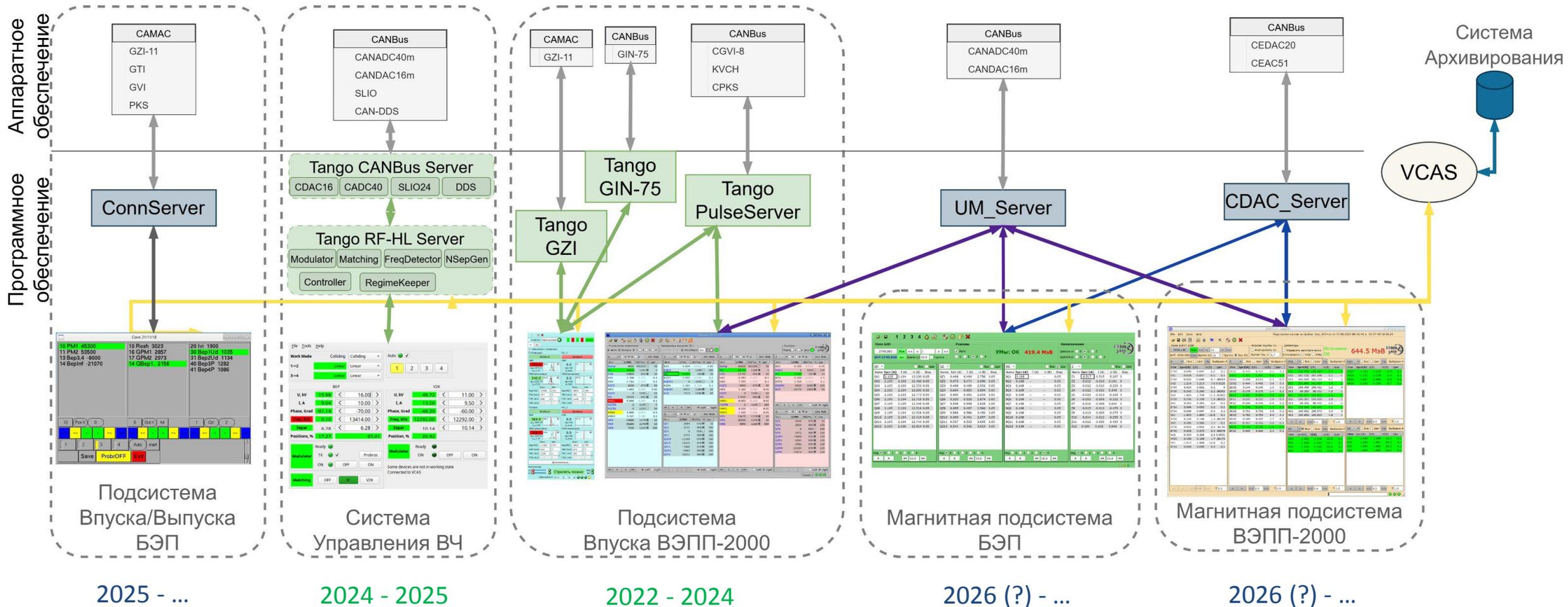
Модернизация приводов коммутаторов (II)



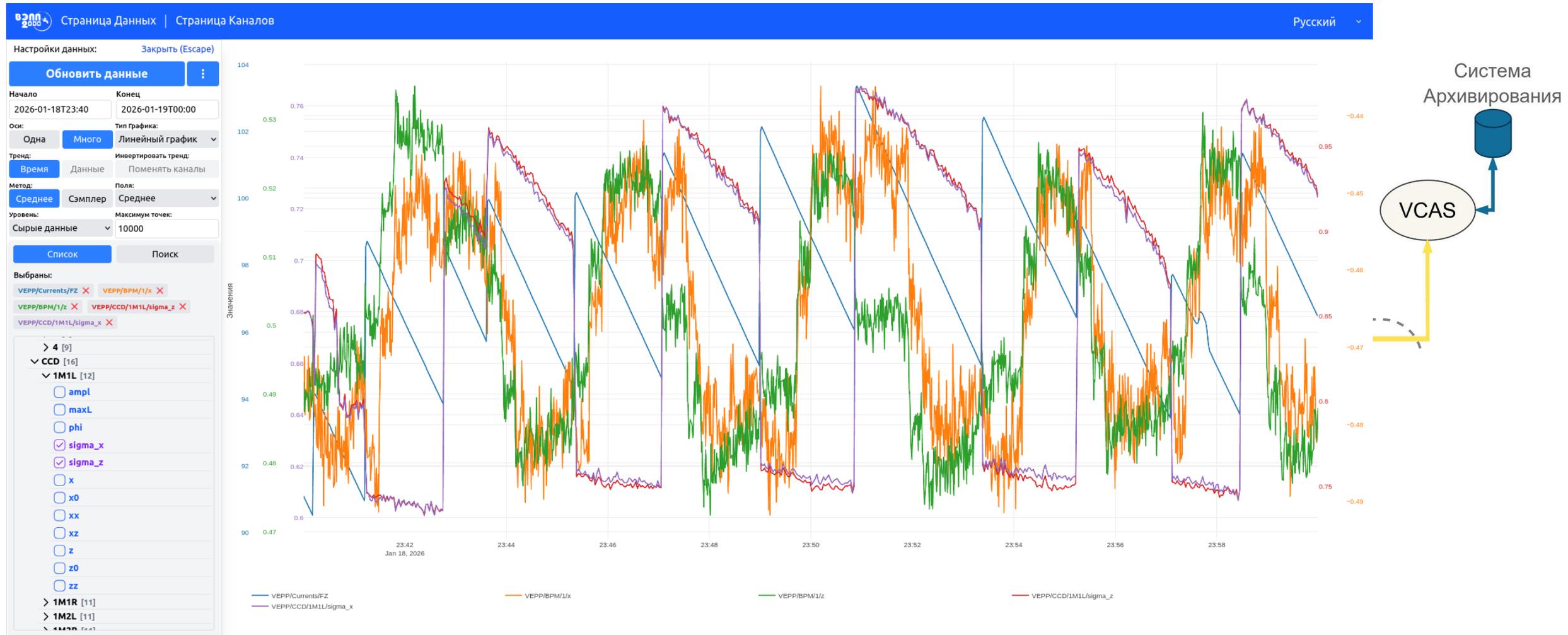
2	85258	57111	14.03.2025	Просветов В.П.	4546	11	позитронн... 4.0.02.0142.2: Проведение экспериментов на комплексе электрон-позитронн...	Лампа светодиодная	в плановом порядке	1
3	85592	58608	24.03.2025	Просветов В.П.	4546	11	4.0.02.0142.2: Проведение экспериментов на комплексе электрон-позитронн...	Пневмоцилиндр	в плановом порядке	1
4	85594	59431	24.03.2025	Просветов В.П.	4546	11	4.0.02.0142.2: Проведение экспериментов на комплексе электрон-позитронн...	пневмоклапан	в плановом порядке	1

- Проект, лаб. 11;
- Закупка: ИРМА, ОМТС, магазин;
- Сборка / Запуск / Нарботка «на отказ»;
- Замена на установке / Тесты / Работа;
- Сохранение посадки / Управление / Обратная совместимость;

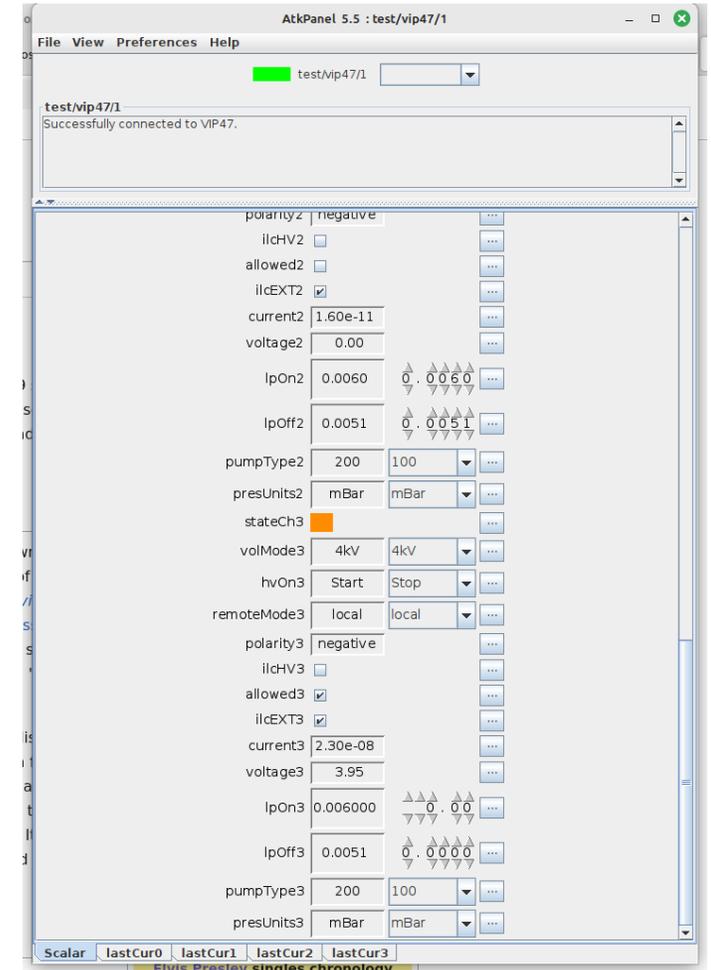
Обновление ПО для работы комплекса (I)



Обновление ПО для работы комплекса (II)



Обновление ПО для работы комплекса (III)



- Модернизация системы питания вакуумной системы ВЭПП;
- Приобретено (спасибо лаб. 1-2, Краснов, Семенов) 20 источников питания ВИП-49;
- Подготовка ПО (Сенченко, Гаврисенко) для внедрения в СУ ВЭПП-2000;
- Подготовка инфраструктуры для размещения и подключения в вакуумной пультовой (Просветов и др.);

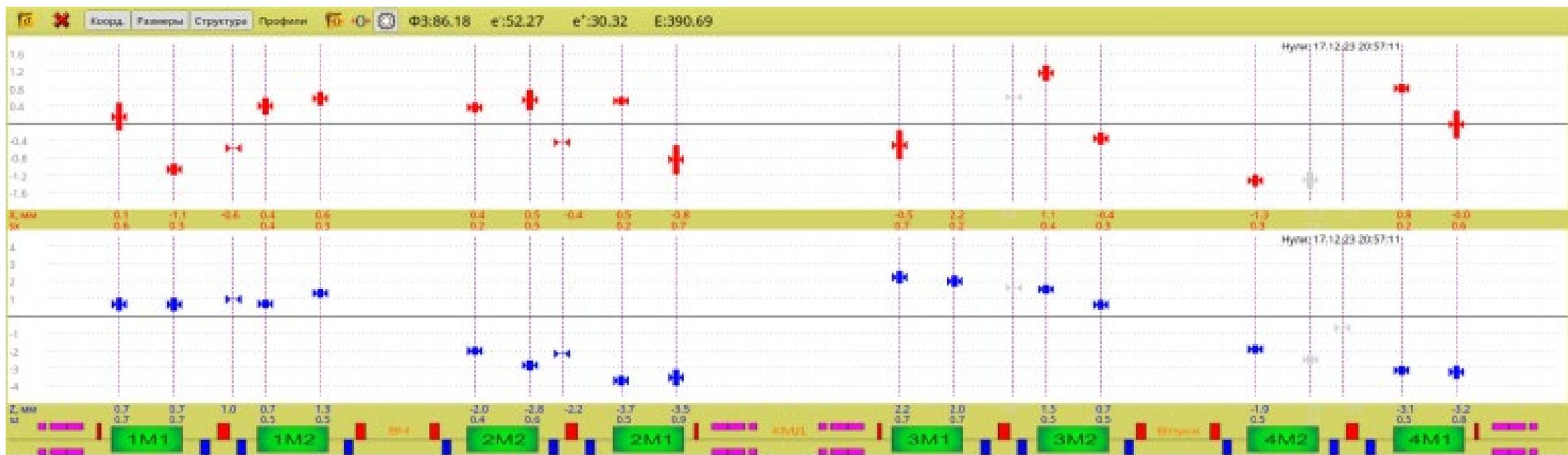
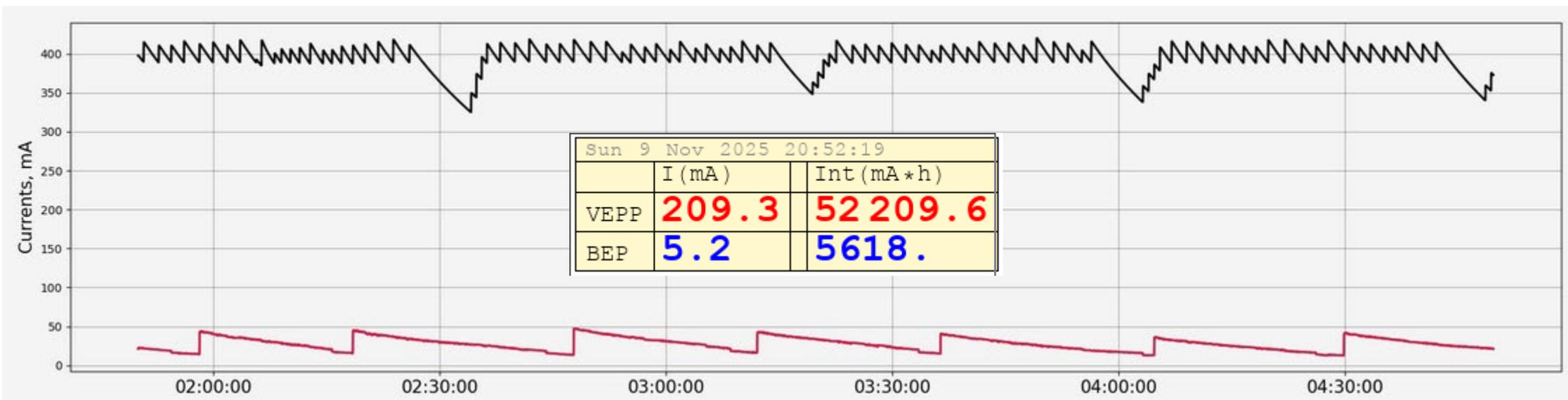
Конференции / Публикации 2025

1. Ю. Роговский et. al., “Опыт работы коллайдера ВЭПП-2000 и набор целевого интеграла светимости” in proc. “Секция ядерной физики Отделения физических наук”, Президиум РАН, 2025
2. I. Koop, E. Levichev et. al., “Lattice and beam dynamics studies for a compact Z-factory e+e- collider” in proc. eeFACT-2025, DOI: MOA10
3. Yu. Rogovsky et. al., “Target luminosity and luminosity integral achievement at VEPP-2000 collider” in proc. IPAC-2025, DOI: [10.18429/JACoW-IPAC2025-MOPM110](https://doi.org/10.18429/JACoW-IPAC2025-MOPM110)
4. D. Chistakov, E. Perevedentsev, Yu. Rogovsky, “Resonance Driving Terms characterization at VEPP-2000 collider” in proc. IPAC-2025, DOI: [10.18429/JACoW-IPAC2025-WEPM035](https://doi.org/10.18429/JACoW-IPAC2025-WEPM035)
5. V. Maior, M. Timoshenko et. al., “Measurement of the radiation damping time via optical methods” in proc. IPAC-2025, DOI: DOI: [10.18429/JACoW-IPAC2025-THPM038](https://doi.org/10.18429/JACoW-IPAC2025-THPM038)
6. Ю. Роговский et. al., “ВЭПП-20000: ПРЕОДОЛЕНИЕ ПРЕДЕЛОВ СВЕТИМОСТИ С КРУГЛЫМИ ПУЧКАМИ” in proc. RuPAC-2025, DOI: ---
7. Э. Эминов et. al., “ВНЕДРЕНИЕ ФРЕЙМВОРКА TANGO CONTROLS ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ИНЖЕКЦИЕЙ В БЭП НА КОМПЛЕКСЕ ВЭПП-2000” in proc. RuPAC-2025, DOI: ---
8. М. Тимошенко et. al., “СТАТУС ВАКУУМНОЙ СИСТЕМЫ КОЛЛАЙДЕРА ВЭПП-2000” in proc. RuPAC-2025, DOI: ---
9. В. Майор, М. Тимошенко et. al., “ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ РАДИАЦИОННОГО ЗАТУХАНИЯ ОПТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ” in proc. RuPAC-2025, DOI: ---



Вместо заключения

- ВЭПП-2000 успешно выполнил программу работ в 2025 году;
- Набор интеграла светимости осуществлялся непрерывно:
 - Январь – Июнь 2025;
 - Октябрь 2025 – Февраль 2026
 - С перерывами предусмотренными ТК;
- Проведены специализированные заходы:
 - Измерение энергии РД в сравнении с ОКР;
 - Изучение достижимой степени равновесной поляризации вблизи резонансов;
- Ведутся плановые (и не очень) работы по повышению надежности / эффективности работы комплекса?
 - Модернизация оборудования / замена на новое;
 - Модернизация ПО и алгоритмов;
- Ведутся работы со студентами: курсовые / дипломные / экскурсии и др.
- В остальном в ВЭППе – всё по-прежнему!
 - В зал можно ходить с 8:30 до 12:30;
 - Продолжаем и будем продолжать работы по набору статистики СНД / КМД;
 - Для постоянных клиентов – скидки;



Спасибо всем участникам работы!