

Научная сессия ИЯФ СО РАН

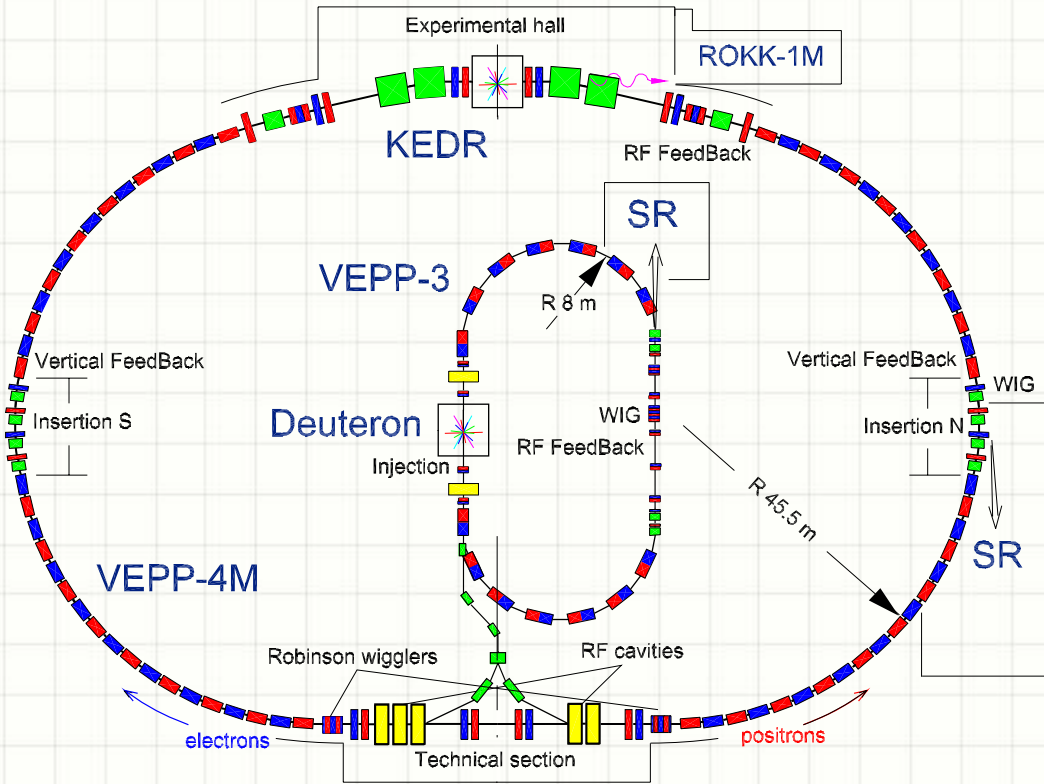
4 февраля 2021

СТАТУС КОМПЛЕКСА ВЭПП-4

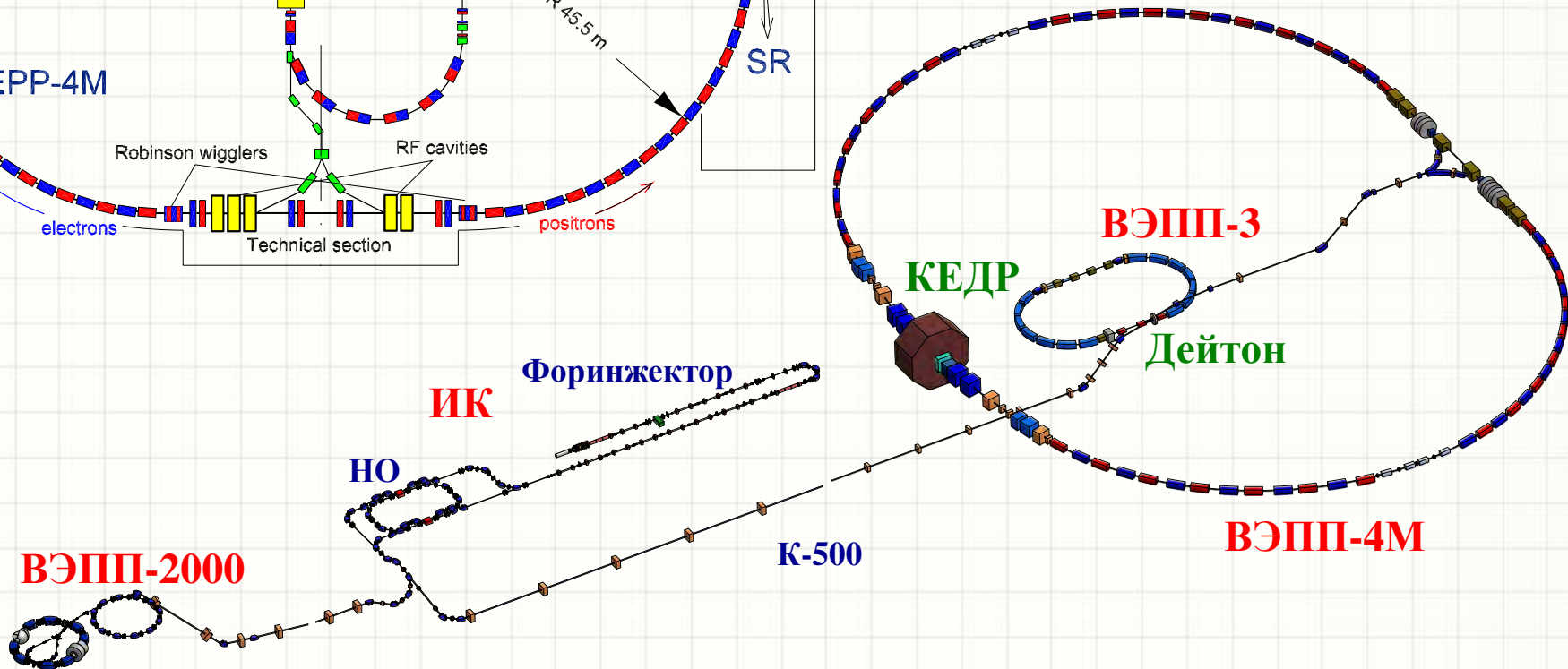
П.Пиминов и команда ВЭПП-4



УНУ ВЭПП-3/ВЭПП-4М + ВЭПП-2000



- ✓ КЕДР $e_{\pm} 1 \div 4.75$ (5.2) ГэВ
- ✓ СИ ВЭПП-3 $e^- 1.2$ ГэВ 1.2 Т
- ✓ СИ ВЭПП-3 $e^- 2.0$ ГэВ 2.0 Т
- ✓ СИ ВЭПП-4М $e^- 1.9$ ГэВ
- ✓ СИ ВЭПП-4М $e^- 4.5$ ГэВ 2.0 Т
- ✓ Дейтон e_{\pm}
- ✓ Выведенный пучок
- ✓ Ускорительная активность



- 28 января 2020 - Вакуумная течь в вакуумном высоковольтном вводе электростатики ВЭПП-4М. Разборка линзы NEL1. Замена вакуумного ввода
- 2 февраля 2020 - Поле 6 кГс в КЕДРе
- 3 февраля 2020 - Пучок в ВЭПП-3, заход СИ на ВЭПП-3
- 4 февраля 2020 - ВЭПП-4М восстановлен
- 5 февраля 2020 - Инжекция в ВЭПП-4М. Обезгаживание, СИ & ВП на ВЭПП-4М
- 29 февраля 2020 - 4 заход R-scan-II 2.5÷3.5 ГэВ на КЕДР
- 19 марта 2020 - Заход СИ
- 30 марта 2020 - Плановая остановка

Остановка из COVID-19

(летние работы, профилактика системы охлаждения, модернизация шинопроводов, ...)

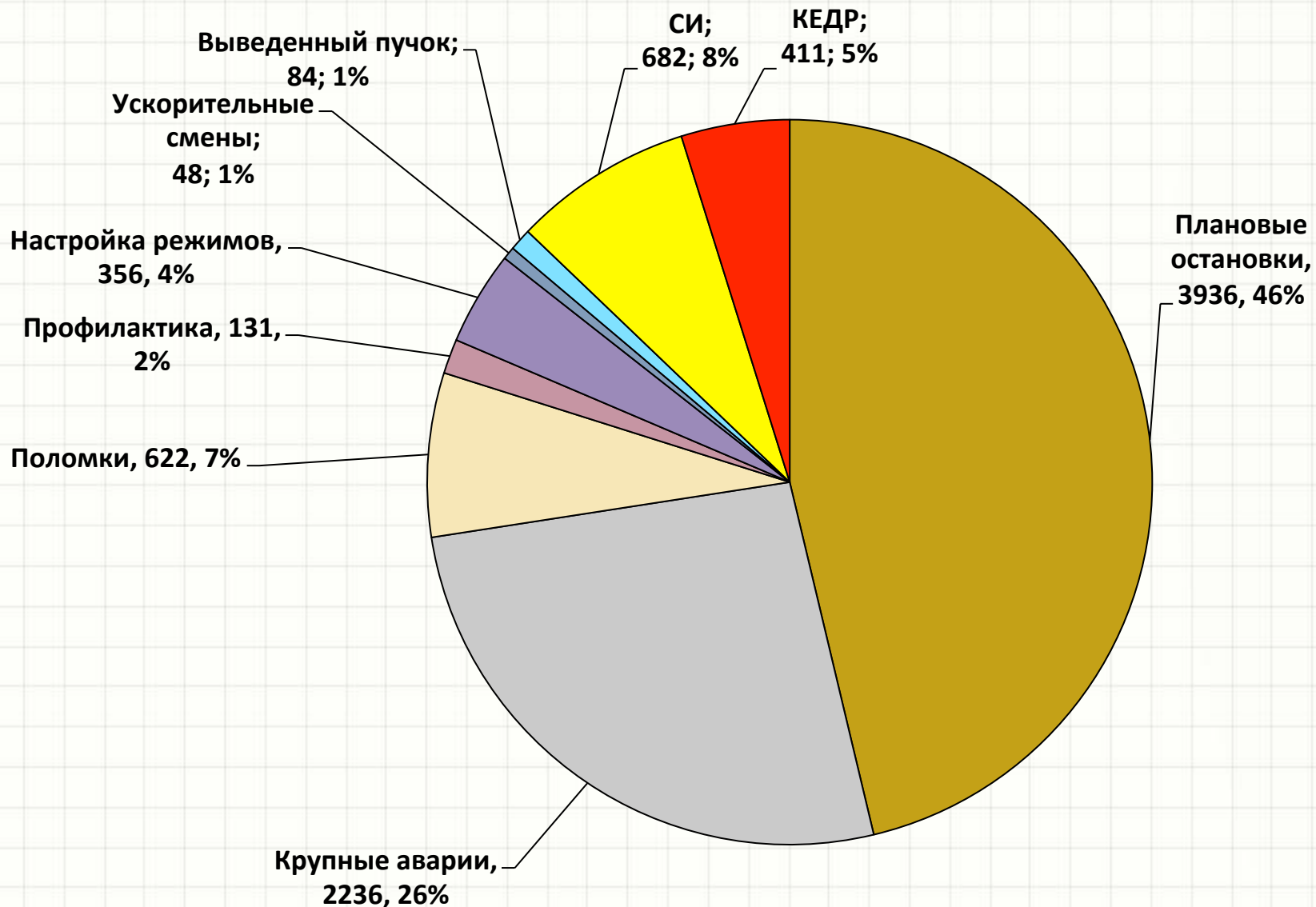
- 1 сентября 2020 - Включение комплекса. Закоротка ВЭПП-4М на 4.75 ГэВ
- 7 сентября 2020 - Инжекция в ВЭПП-3
- 9 сентября 2020 - Поле 6 кГс в КЕДРе
- 10 сентября 2020 - Восстановлена работа ВЭПП-4М
- 11 сентября 2020 - 234 мА на 2 ГэВ ВЭПП-3 (85% КПД ускорения)
- 13 сентября 2020 - Поломка ГПН-1

- 15 октября 2020 - Восстановлена работа ВЭПП-3 на ГПН-2. Инжекция на 430 МэВ
- 23 октября 2020 - Обнаружено зарезание на впуске в ВЭПП-4М. Схлопнулась вакуумная камера септум-магнита M14 на электронном направлении
- 24 октября 2020 - Вакуумная авария в ВЭПП-3 из-за ND1
- 26 октября 2020 - Вывод поля КЕДРа
- 1 ноября 2020 - Получено 4.5 МВ на ВЧ ВЭПП-4М
- 6 ноября 2020 - Восстановлена работа ВЭПП-3. Обезгаживание
- 26 ноября 2020 - Заход СИ
- 28 ноября 2020 - Вакуумная авария на ВЭПП-3. Течь в резонаторе продольной ОС
- 7 декабря 2020 - Восстановлена работа ВЭПП-3. Обезгаживание
- 14 декабря 2020 - Заход СИ
- 21 декабря 2020 - Восстановлена работа канала ВЭПП-3-4
- 24 декабря 2020 - Захвачен пучок электронов в ВЭПП-4М
- 26 декабря 2020 - Комплекс остановлен из ГПН-2. Требуется ремонт

Зимняя (новогодняя) остановка

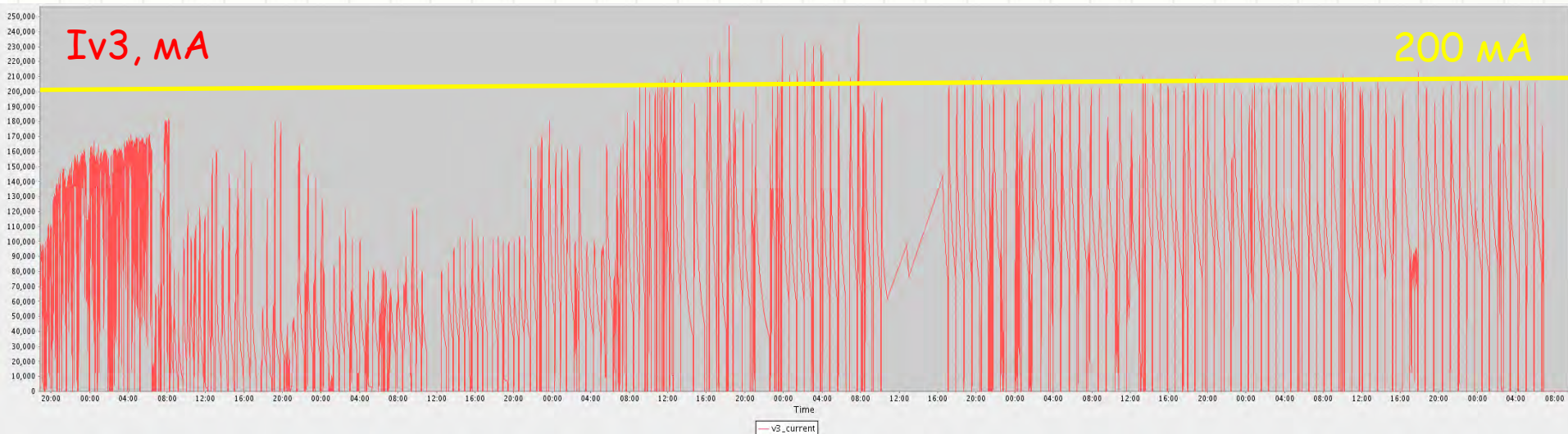
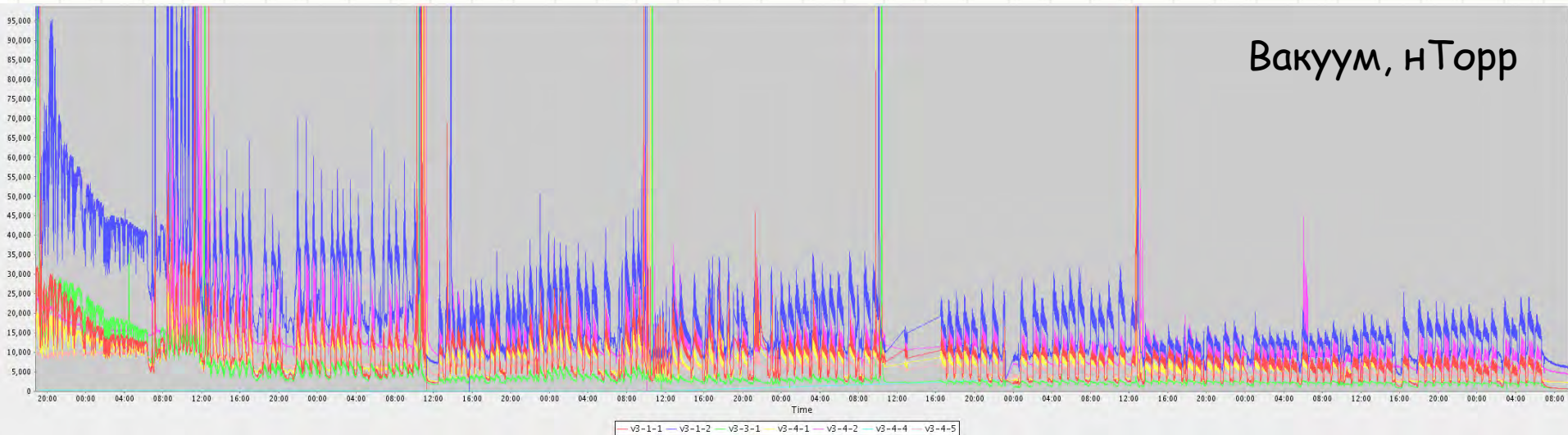
- 26 января 2021 - ВЭПП-3 подключен к тиристорному ИТ с восстановленными трансформаторами заводской конструкции

Статистика 2020



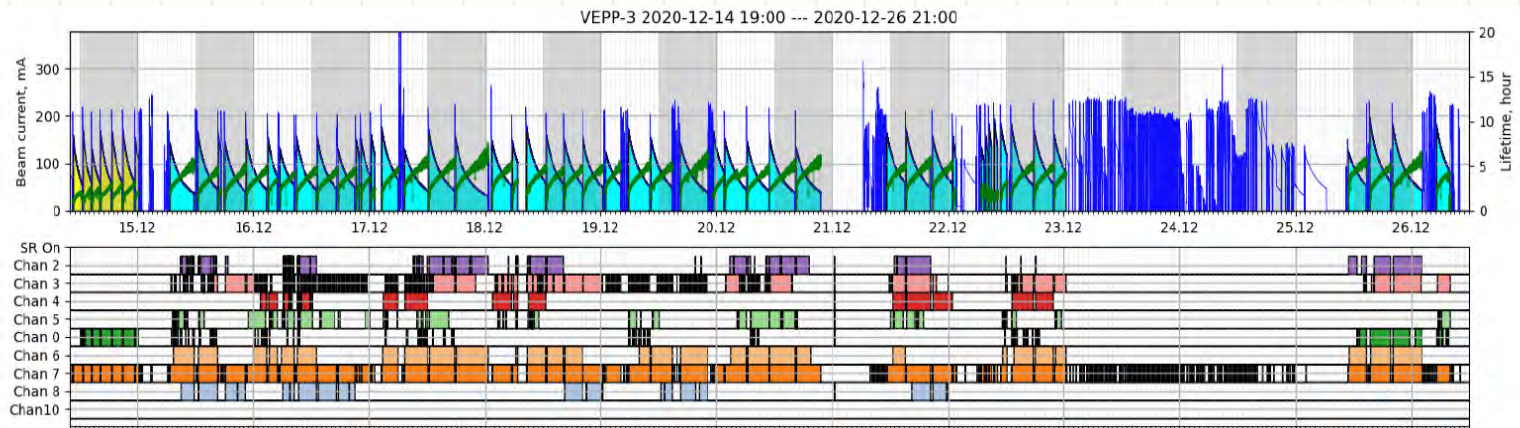
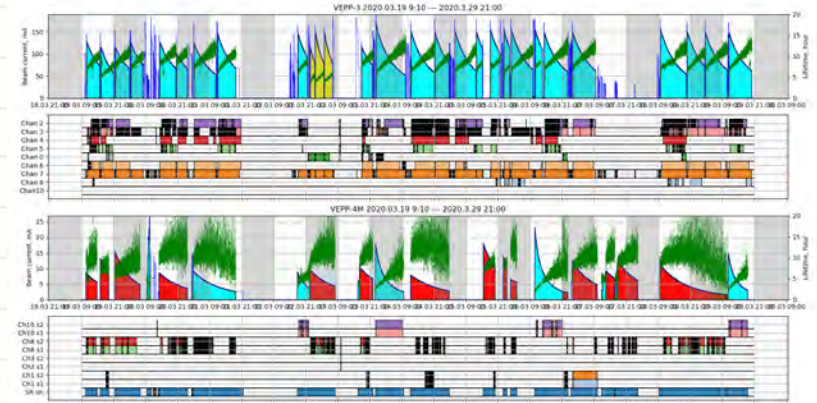
Обезгаживание ВЭТПП-3

5½ суток 7-14 декабря 2020

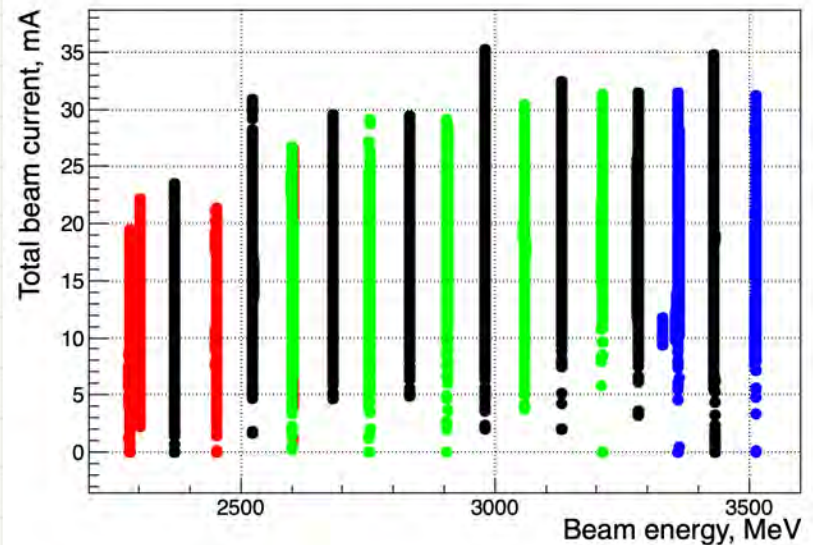
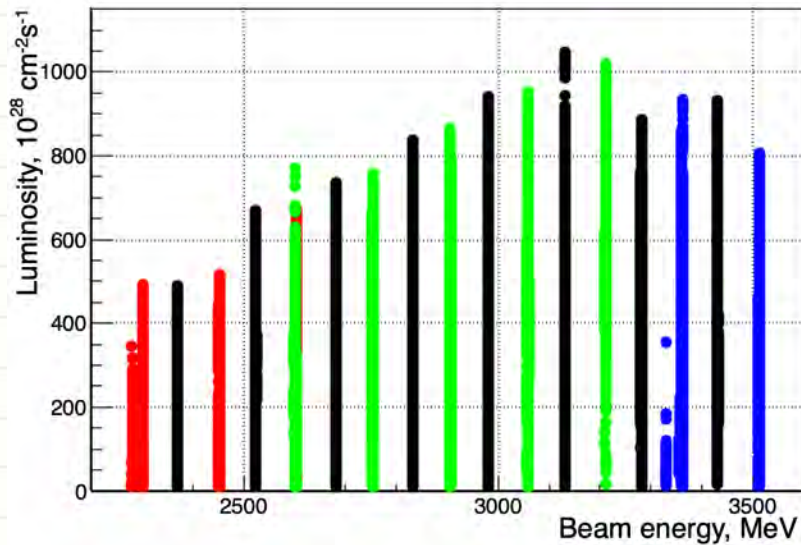
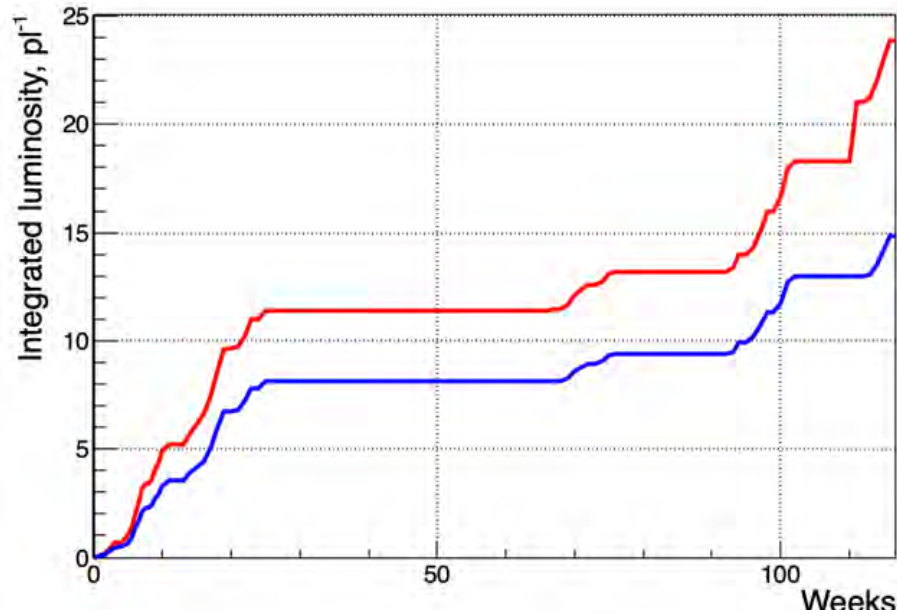


СИ ВЭПП-3 & ВЭПП-4М

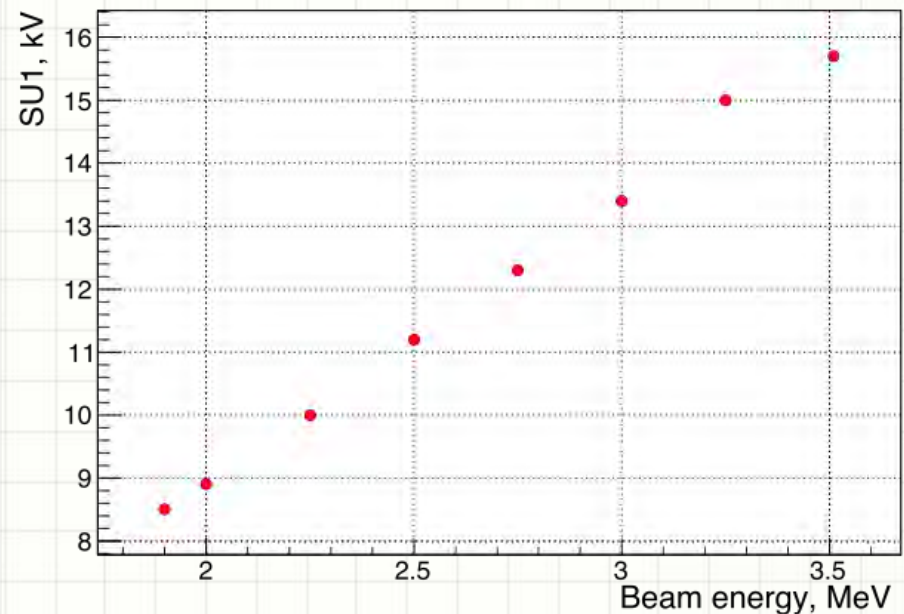
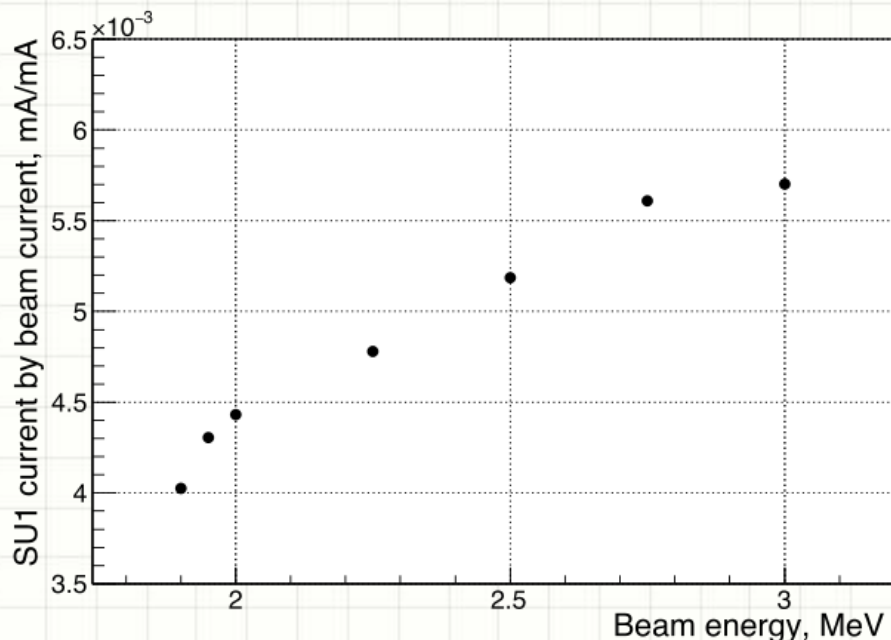
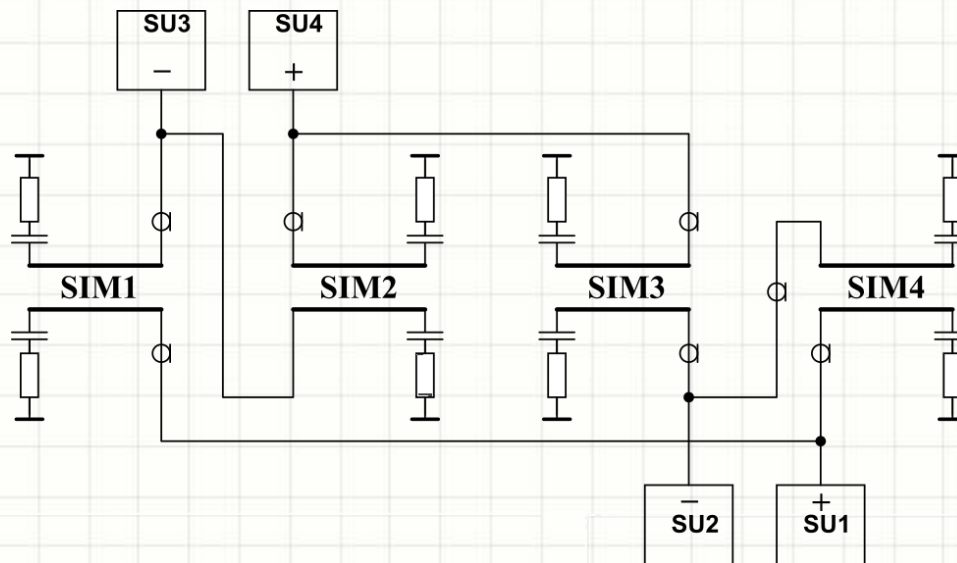
	VEPP-3	VEPP-4M
1	LIGA technology and X-ray lithography	Metrology experiments
2	Fast dynamic process	Phase contrast microscopy, microtomography, and hard X-ray fluorescence
3	Precise diffraction and anomalous scattering	Nanosecond spectroscopy of fast processes
4	X-ray fluorescence analysis	Material study under extremal conditions
5	High pressure diffraction	Material study for thermonuclear applications
6	X-ray microscopy and microtomography	
7	Time-resolved diffraction	
8	Time-resolved luminescence	
9	Precise diffraction	



R-scan 2.5÷3.5 GeV @ KEDR



Электростатика на высокой энергии



Измерение $\Delta E/E$ 1–4.75 ГэВ

ISSN 1547-4771, Physics of Elementary Particles and Nuclei Letters, 2020, Vol. 17, No. 3, pp. 332–342. © Pleiades Publishing, Ltd., 2020.
 Russian Text © The Author(s), 2020, published in Pis'ma v Zhurnal Fizika Elementarnykh Chastits i Atomnogo Yadra, 2020.

PHYSICS OF ELEMENTARY PARTICLES
 AND ATOMIC NUCLEI. EXPERIMENT

Measurement of the VEPP-4M Collider Energy Spread in the Entire Energy Range

V. M. Borin^{a, b, *}, V. L. Dorokhov^a, O. I. Meshkov^{a, b}, and Ma Xiao Chao^{*}

^aBudker Institute of Nuclear Physics, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, 630090 Russia

^bNovosibirsk State University, Novosibirsk, 630090 Russia

*e-mail: V.M.Borin@inp.nsk.su

Received December 1, 2019; revised December 16, 2019; accepted January 16, 2020

Abstract—The energy spread of the VEPP-4M electron–positron collider at the Budker Institute of Nuclear Physics was measured in the 1100–4750 MeV range (i.e., in the entire operating energy range of the collider) in two ways: based on the beam length and based on the envelope of betatron oscillations. The influence of the Touschek effect on this parameter was studied in the 1–1.5 GeV range. The results obtained using the two different methods agree well.

DOI: 10.1134/S1547477120030036

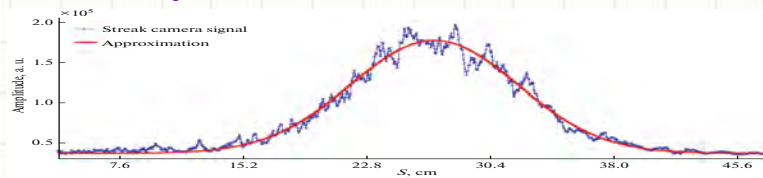
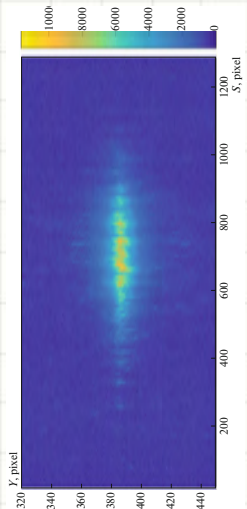


Fig. 3. Longitudinal beam profile: $E = 2.8$ GeV, $I = 0.3$ mA.

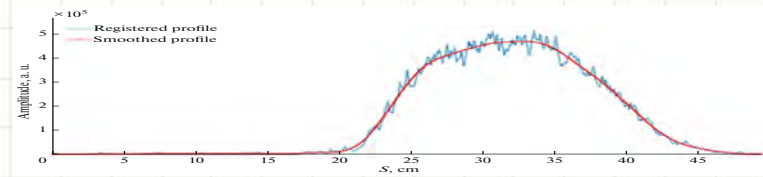


Fig. 4. Longitudinal beam profile: $E = 1.4$ GeV, $I = 2.6$ mA.

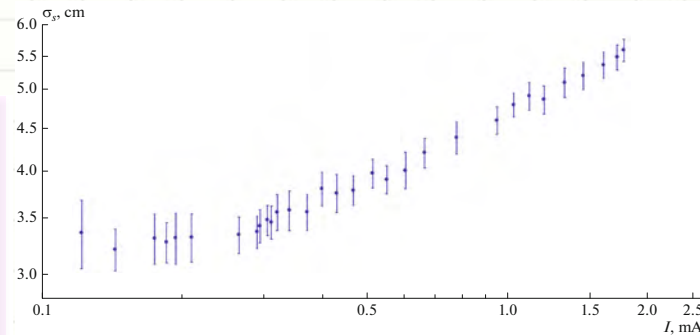


Fig. 5. Current dependence of the beam size. $E = 1.2$ GeV.

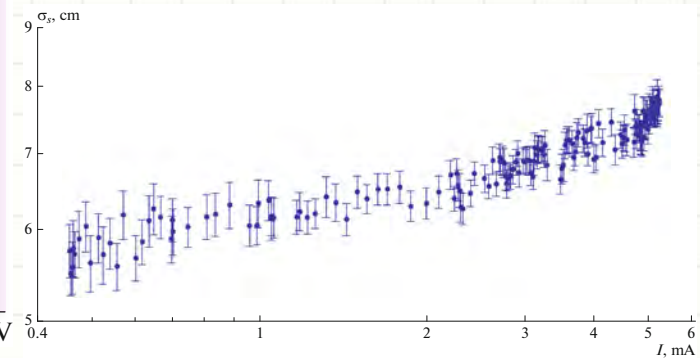
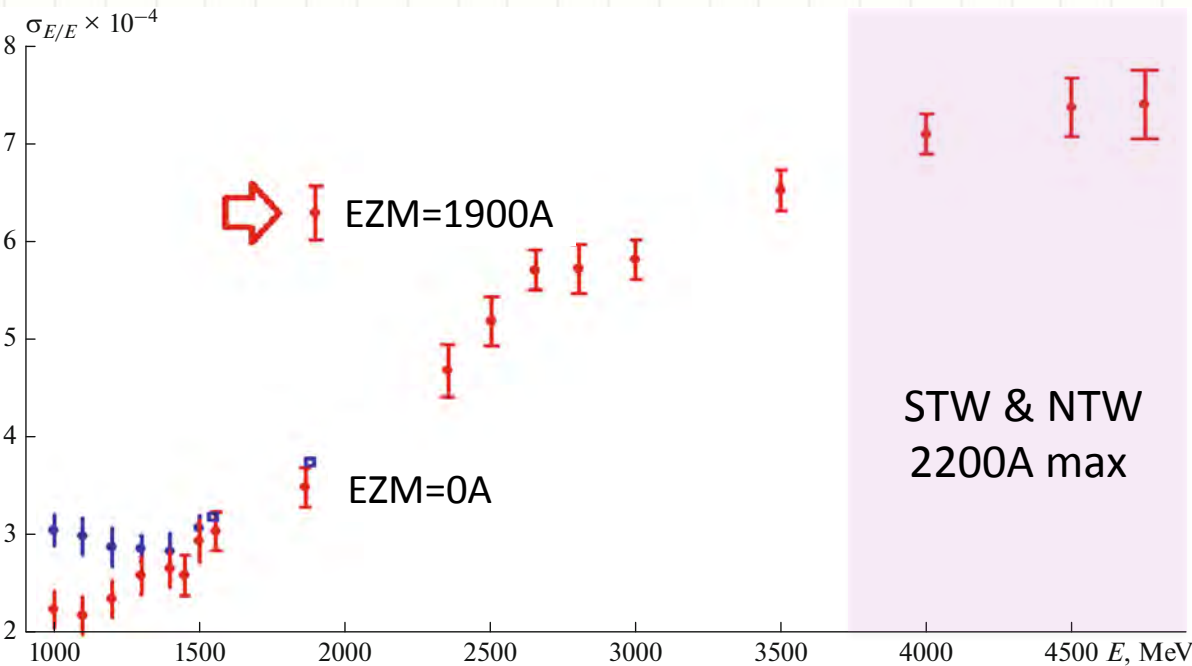
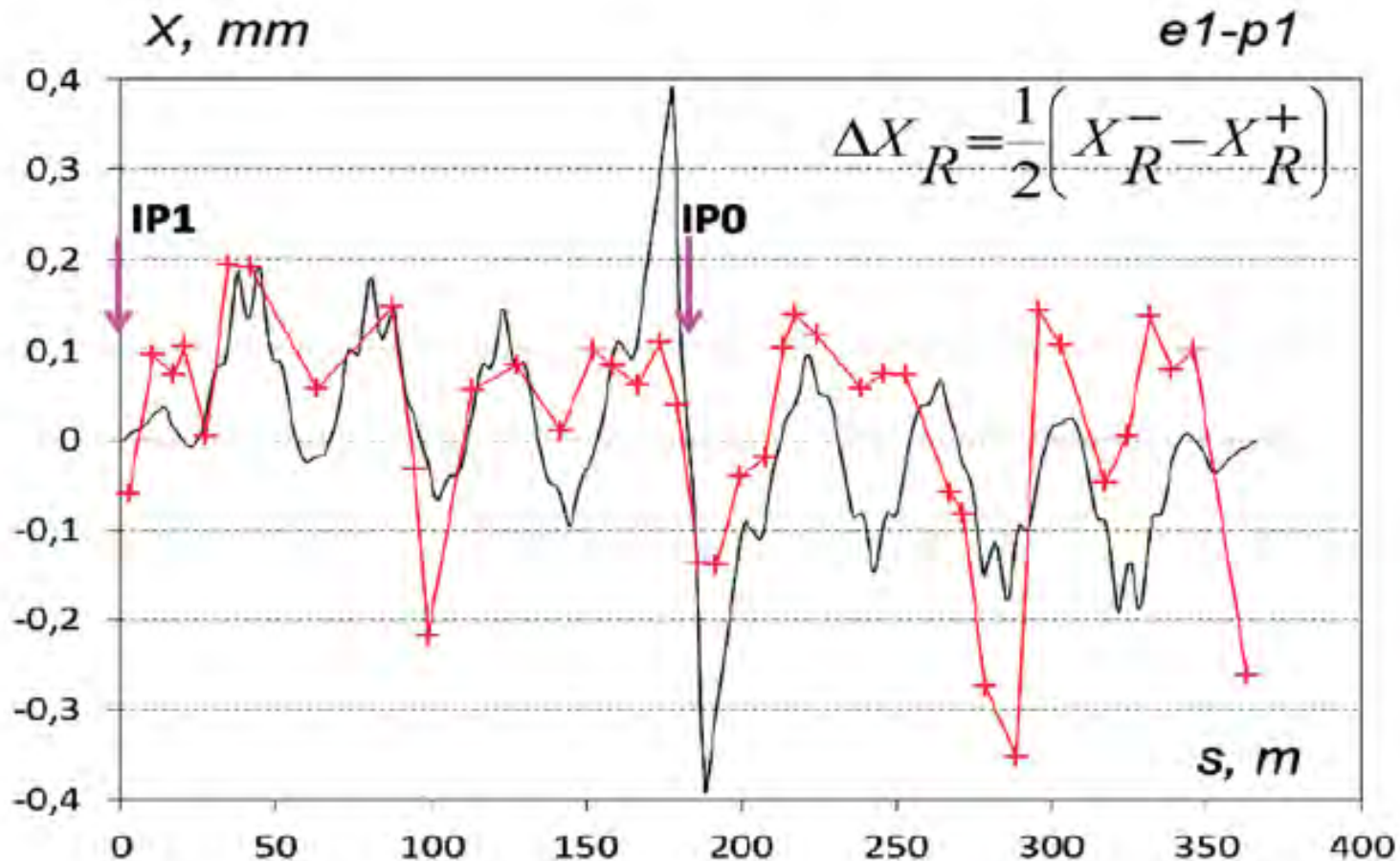


Fig. 6. Current dependence of the beam size. $E = 1.9$ GeV.



Saw-tooth @ ВЭПП-4М

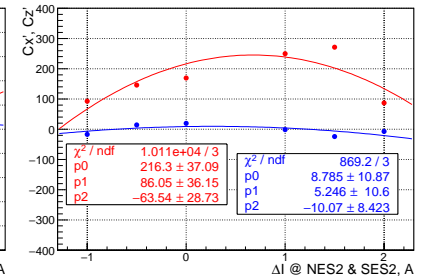
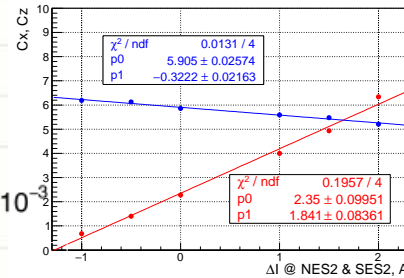
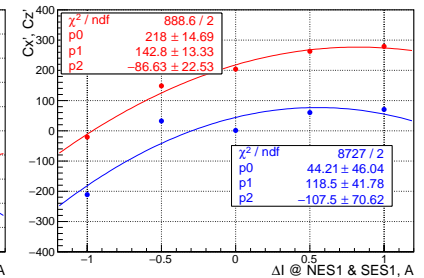
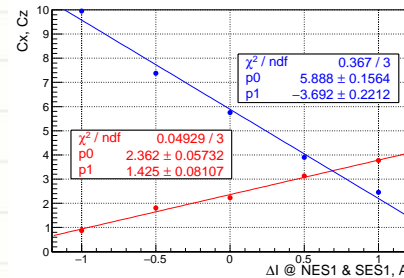
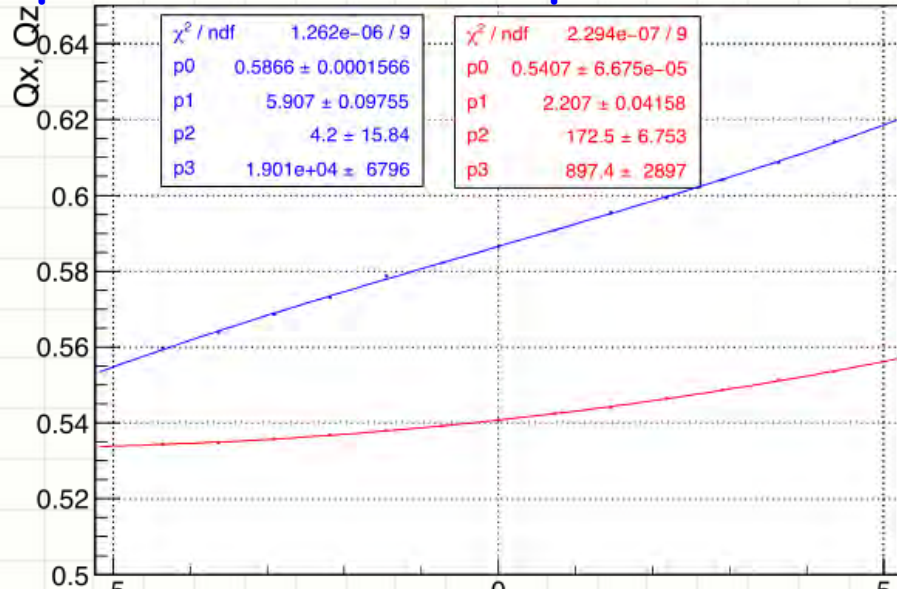
Разница орбит электронов и позитронов на 4.75 ГэВ



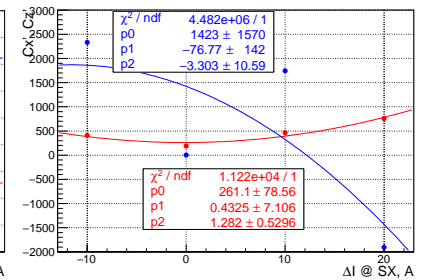
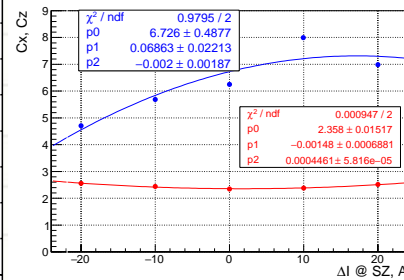
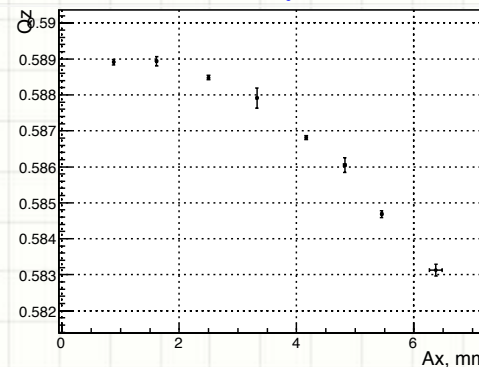
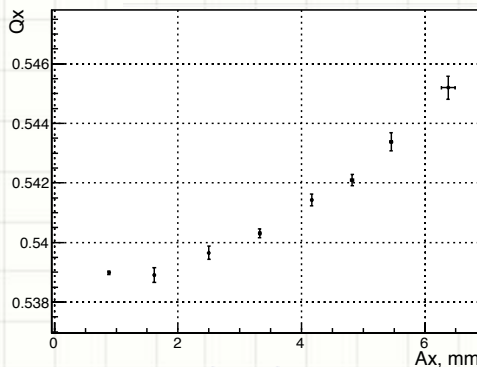
Измерение нелинейностей на ВЭПП-4М

Новая электроника пикап-станций (54шт) позволяет делать пооборотные измерения когерентных колебаний пучка (удар, инжекция, время-назад при сбросе тока пучка, шум) - измерения бета-функций, хроматизма частот, зависимости частоты от амплитуды, динамической апертуры, ...

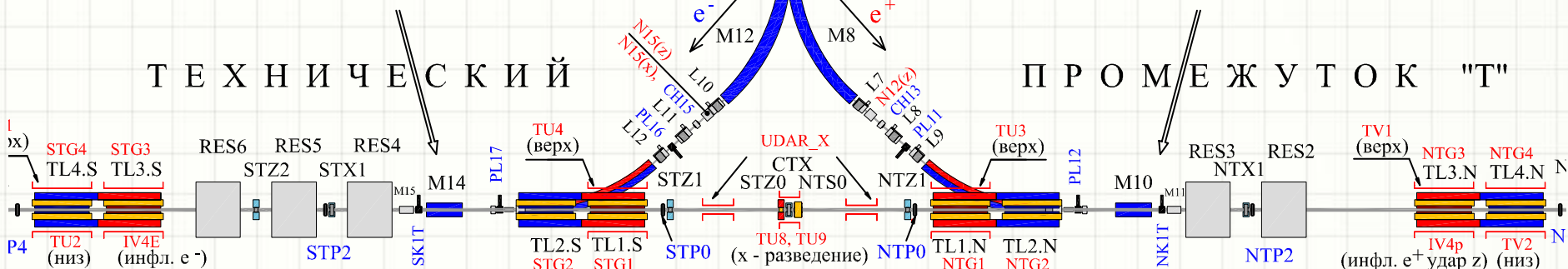
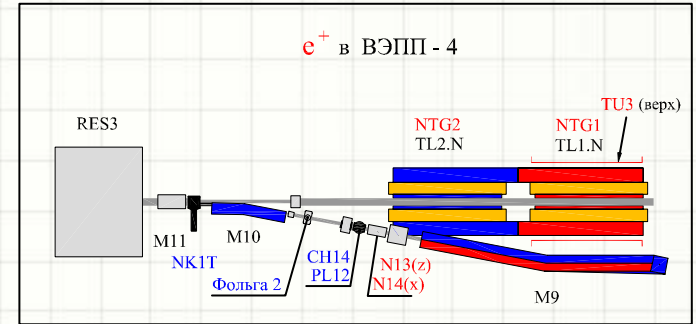
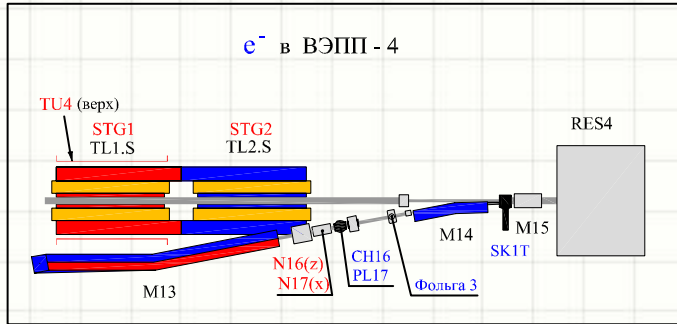
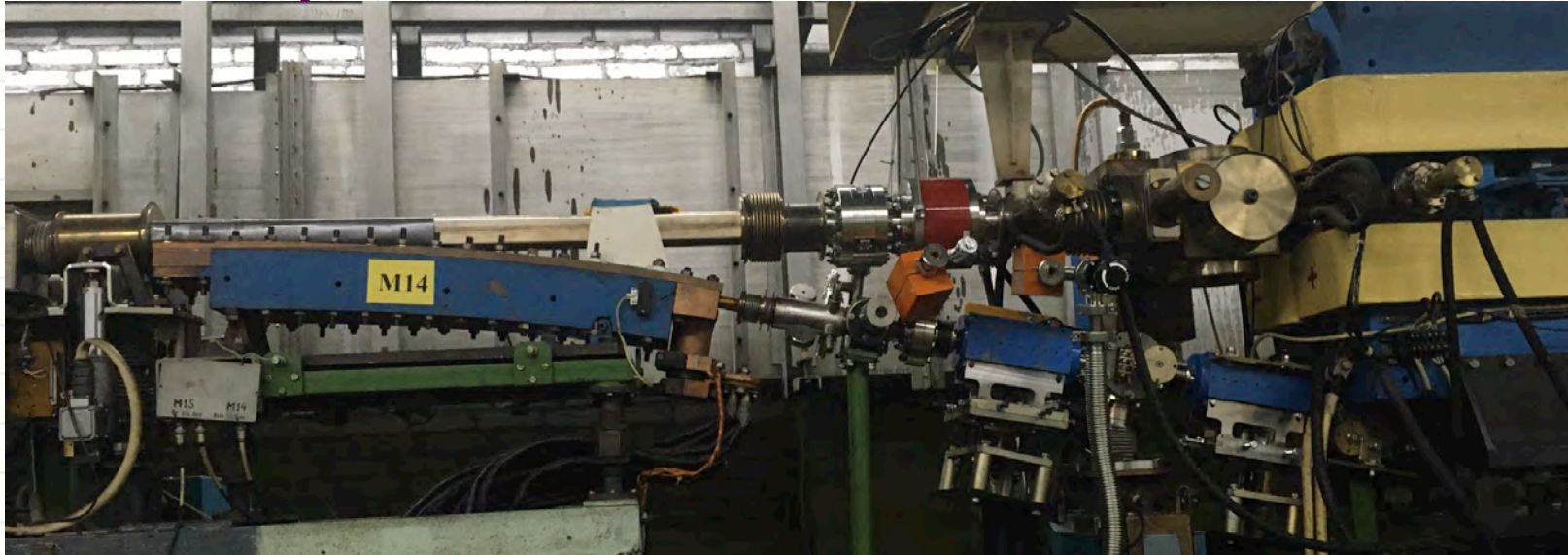
Измерение нелинейного хроматизма и калибровки секступольных семейств



Зависимость частоты от амплитуды ΔE/E



Модернизация канала ВЭПП-3-4



П.Пиминов, Статус комплекса ВЭПП-4, Научная сессия ИЯФ, 2021

ИП ВЭТПП-3 & ВЭТПП-4М

ИП ВЭТПП-4М
+7.5 кА +70 В 525 кВт → 6 ГэВ

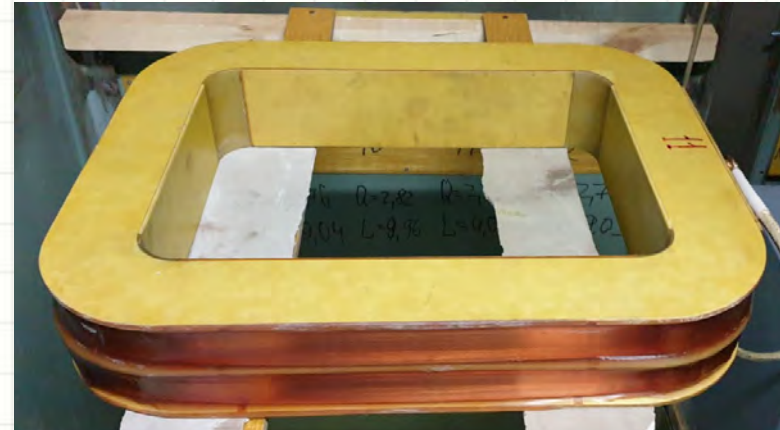
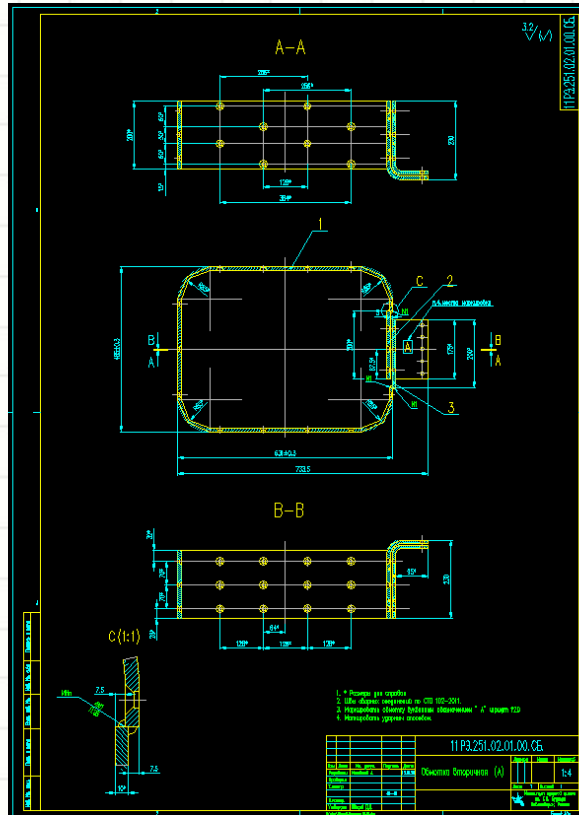
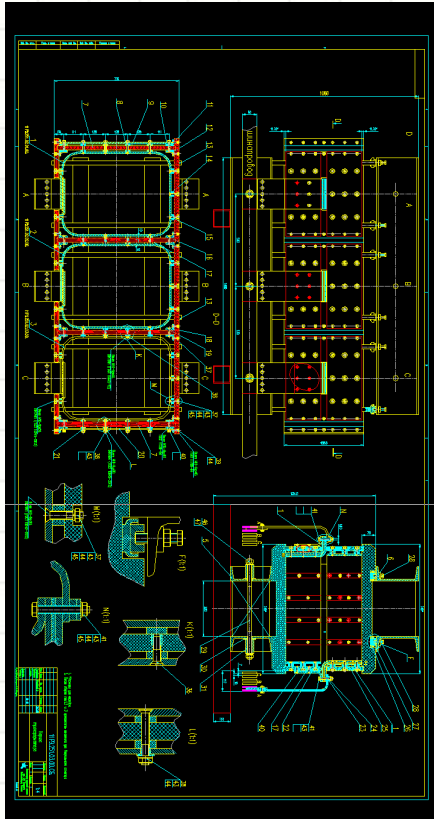
- ✓ Восстановлена работа ИП в заводской комплектации
- ✓ ИП ВЭТПП-3 подключен к ВЭТПП-3
- ✓ ИП ВЭТПП-4М готов к подключению
- ✓ Решена проблема с охлаждением трансформаторов
- ✓ Создан термоконтроль на PLC
- ✓ Измерение токов фаз 10 кВ многоканальных АЦП
- ✓ Модификация дросселя
- ✓ Измерение тока LEM DCCT
- ✓ Ethernet контролер ~10⁻⁵
- ✓ EPICS софт
- ✓ Новые обмотки трансформаторов
- ✓ Электроника управления тиристорами

ИП ВЭТПП-3
+15 кА +40 В 525 кВт



Доработка трансформаторов ИТ ВЭТПП-3

В ЭТП производятся первичные и вторичные обмотки все трансформаторов для ИТ ВЭТПП-3 & ВЭТПП-4М по единой технологии.



На ЭТП произведен комплект первичной (10кВ) обмотки для 1го трансформатора ИТ ВЭТПП-3 (3 x 5 галет + запас), но с нарушением разработанной конструкции!

П.Пиминов, Статус комплекса ВЭТПП-4, Научная сессия ИЯФ, 2021

Модернизация

- Система продольной обратной связи на ВЭПП-3 (отв. Куркин, лаб. 6-2) - запускается
- Электростатика ВЭПП-4М (отв. И.Гусев, Д.Сеньков, лаб.6-0), закуплено более 3 млн. руб. Когда будет поставлен весь комплект?
- Измерение импульсных полей в канале ВЭПП-3-4: замена САМАС БИИП на VME VsDC-4 (отв. Павленко, лаб. 6-1) - всё закуплено ?? млн. руб, написан софт (отв. Симонов, лаб. 1-3). Когда будет поставлен весь комплект? Апрель 2021?
- Слаботочное питание ВЧ ВЭПП-4 (отв. Арбузов, лаб. 6-2) - всё закуплено. Когда будет работать?
- Система БЗ ВЧ ВЭПП-4 (лаб. 1-3). Лето 2021?
- Трансформаторы ИП ВЭПП-3 & ВЭПП-4М (лаб.1-3) - изготавливается в ЭП 1 из 4. К сентябрю 2021 два трансформатора?
- Платы управления тиристорами (Сеньков, лаб. 6-0) - всё закуплено, изготовлена печатная плата, требуется прошивка. Когда?
- Пультовые компьютеры (отв. Чеблаков, сек. 5-12) - закуплены более 2 лет назад, требуется настройки. Когда?

Модернизация

- Новое слаботочное питание (замена УМ, ТИР, ВУР) ~ 60 млн.руб.
- ИТ ВЧ-500 (замена В-1000) ~ 10 млн. руб.
- Новая электроника ИСТов ~ 5 млн. руб.
- Модернизация импульсного питания (замена маломощных ГИМНов и новая электроника мощных ГИМНов) ~ 40 млн. руб.
- Модернизация системы управления (замена САМАС & Одрят) ~ 20 млн. руб.
- Модернизация системы охлаждения ~ ??

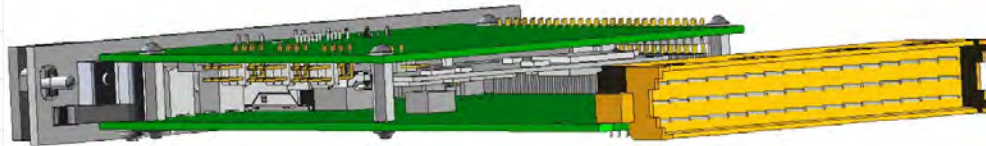
Срок 2÷3 года без остановки комплекса

Новое управление

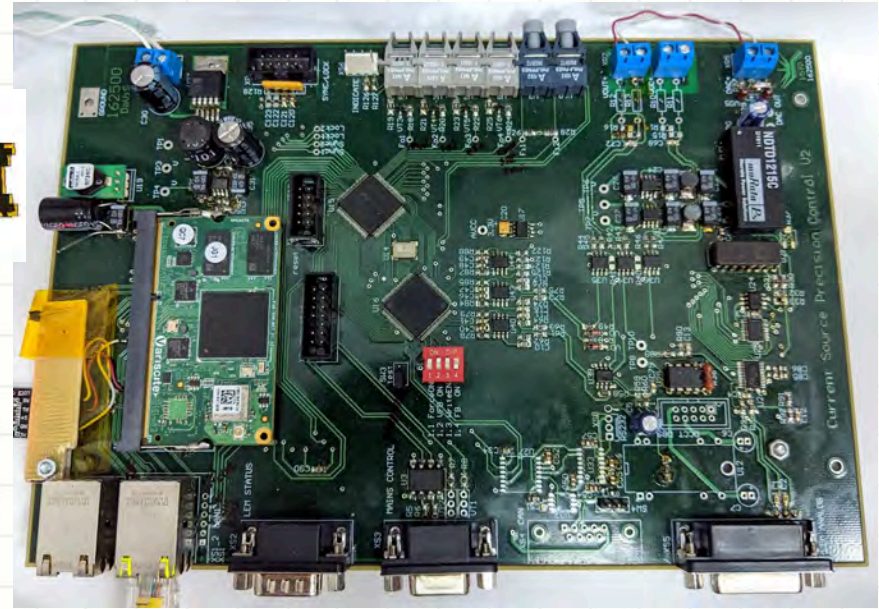
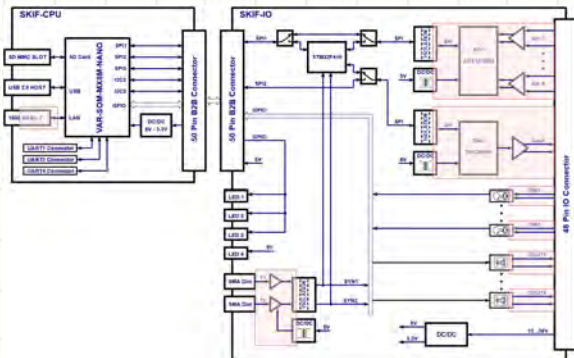
Контролер (~10⁻⁴)

Разработка и производство -Торнадо (Новосибирск)

Прошивка & EPICS soft - ИЯФ



Для управления
слаботочными ИТТ, ВЧ-
системами, проч.
Потребность ВЭТПП-4
~ 350 шт.

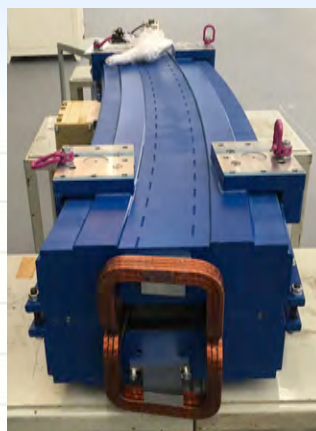
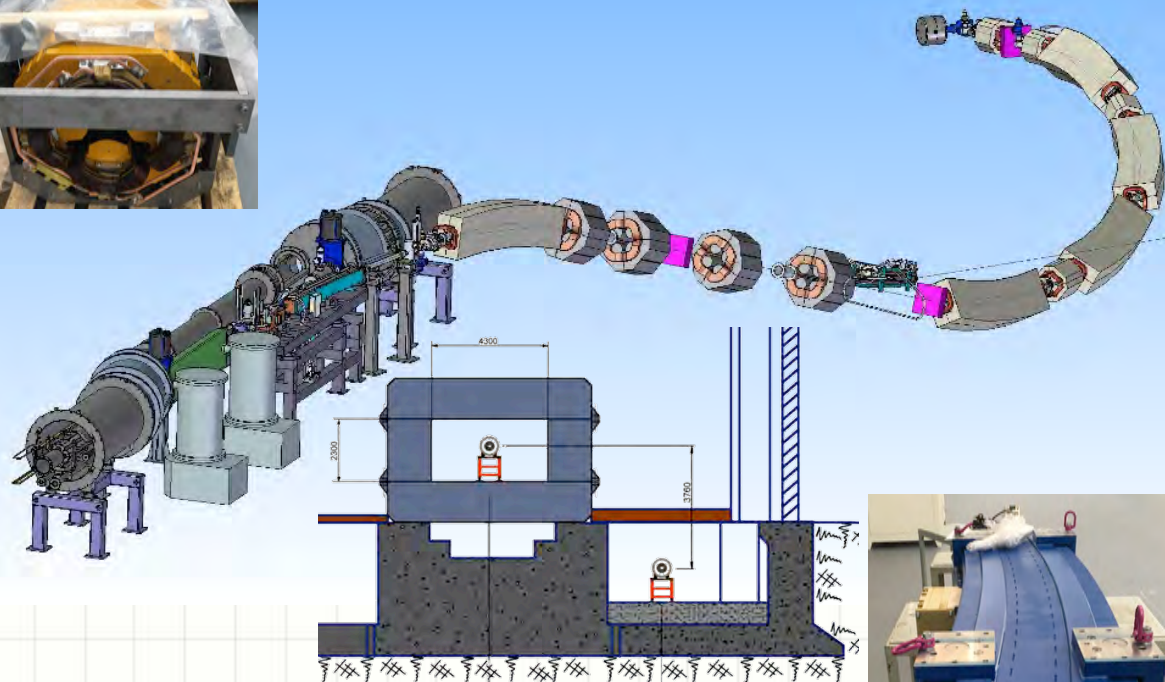


Трещизсионный контролер (~10⁻⁵)
Разработка - Сеньков (лаб. 6-0)
EPICS soft - Чеблаков (сек. 5-12)
Предназначен для трещизсионного
управления ИТТ типа ИСТ, В-1000,
ВЧ-500: для ВЭТПП-4 трещизбуется
около 40 шт. 2 шт. уже работают!
20 шт. на новой электростатике!

NICA Booster-Nuclotron Transfer Line

Договор №16-197

на выполнение научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы «Разработка и изготовление систем перевода пучков из Бустера в Нуклотрон ускорительного комплекса NICA»



Договор подписан 22 ноября 2016 года и согласно Доп. Соглашению № 5 рассчитан до 15 июня 2021 года.

Стоимость работ: 261 130 000 рублей.

Магнитные элементы канала «теплые», импульсные.

Длина канала ~ 30 м.

I ЭТАП завершен: Поставлен промежуток выпуска (42%)

II ЭТАП: 30.04.2021 г. изготовить и поставить весь канал (57%)

III ЭТАП: 15. 06.2021 г. Сборка и контрольные испытания (1%)

П.Пиминов, Статус комплекса ВЭПП-4, Научная сессия ИЯФ, 2021

Контракт FAIR HEBT

FAIR Contract No. CC2.3.2-2 HEBT batch 2, 3 & 4

Dipole 4_0	2
Dipole 10_0	6
Dipole 13_0	2
Dipole 13_3	3
Dipole 19_0	4
Dipole 15_0	4
Dipole 15_1	1
Dipole 16_0	2
Dipole 17_0	1
Quadrupole 2	91
Quadrupole 2L	4
Quadrupole 10	4
Quadrupole 11	70
Quadrupole 12	12
Steering 13	5
Steering 18	48
Steering 100	45
Всего	304



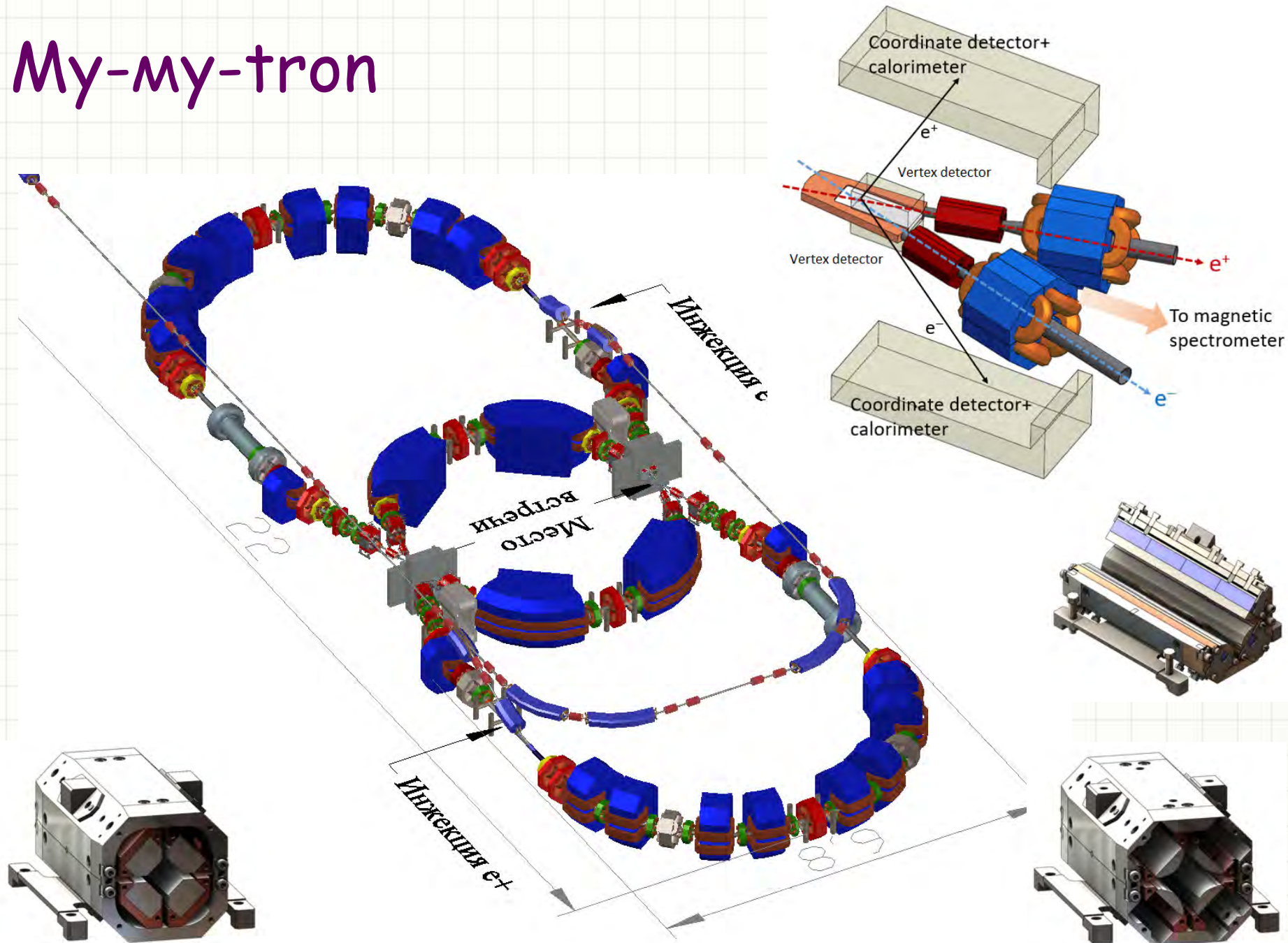
Доставлено в FAIR – 58 магнитов

Приготовлено к отправке – 13

Готовится к сдаче – 52

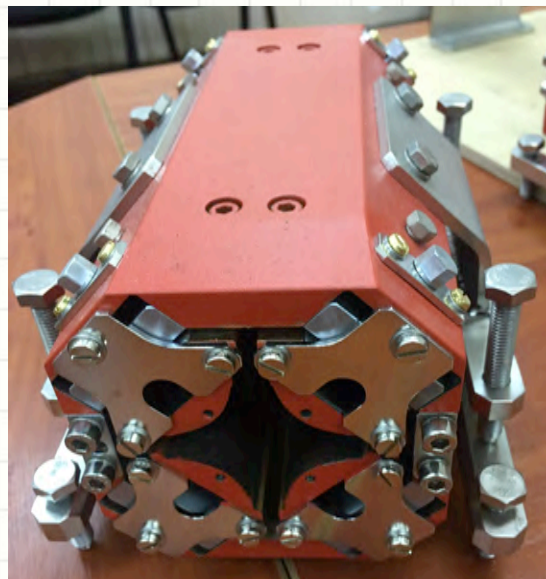
П.Пиминов, Статус комплекса ВЭПП-4, Научная сессия ИЯФ, 2021

My-my-tron



Му-му-трон

Линза финального фокуса на постоянных магнитах 29 Т/м



П.Пиминов, Статус комплекса ВЭПП-4, Научная сессия ИЯФ, 2021

Публикации

1. Piminov P. et al. Experiments with SR at the VEPP-4M // *Journal of Surface Investigation*, 2020, Vol. 14, Is. 1, DOI:10.1134/S1027451020020032.
2. Пиминов П.А. и др. Эксперименты с СИ на ВЭПП-4М // *Поверхность*, 2020, №2. - С. 34-38 - DOI 10.31857/S102809602002003X.
3. Баранов Г.Н. и др. Гибридный девятиполюсный вигглер как источник "жесткого" рентгеновского излучения на ВЭПП-4 // *Поверхность*, 2020, №12, С.50-53. DOI:10.31857/S1028096020120080.
4. Bekhtenev E.A. et al. A New System for Measuring the Beam Position in the Electron Positron Transport Channel from the VEPP-3 Storage Ring of the VEPP-4M Collider // *Instruments and Experimental Techniques*. - 2020. - Vol. 63, Is. 1. - P. 13-18. - DOI 10.1134/S0020441219060186.
5. Бехтенов Е.А. и др. Модернизация системы диагностики пучка в импульсном транспортном канале ВЭПП-3-ВЭПП-4М // *Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра"*. - 2020. - Т. 17, № 4 : XIII Международный научный семинар по проблемам ускорителей заряженных частиц памяти профессора В. П. Саранцева, Алушта, Крым, 3 - 8 сентября 2019 г. - С. 649-658.
6. Карпов Г.В. и др. Новая система измерения положения пучка в канале транспортировки электронов и позитронов из накопителя ВЭПП-3 в коллайдер ВЭПП-4М // *ПТЭ*, 2020, № 1, С. 18-23. DOI 10.31857/S0032816219060211.
7. Borin V.M., Dorokhov V.L., Meshkov O.I., Chao M.X. Measurement of the VEPP-4M Collider Energy Spread in the Entire Energy Range // *Physics of Particles and Nuclei Letters*. - 2020. - Vol. 17, Is. 3. - P. 332-342. DOI 10.1134/S1547477120030036.
8. Борин В.М., Дорохов В.Л., Мешков О.И., Чао Ма Сяо. Измерение энергетического разброса коллайдера ВЭПП-4М во всем диапазоне энергий // *Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра"*. - 2020. - Т. 17, № 3. - С. 276-289.
9. Meshkov O.I. et al. Picosecond Image-Converter Dissector with a Crossed Sweep // *Instruments and Experimental Techniques*. - 2020. - Vol. 63, Is. 1. - P. 87-91. - DOI 10.1134/S0020441220010017.
10. Мешков О.И. и др. Пикосекундный электронно-оптический диссектор со скрещенной разверткой // *ПТЭ*, 2020, № 1, С. 96-100
11. П. А. Пиминов и др. СТАТУС УСКОРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ВЭПП-4. // *ФИЗИКА И ТЕХНИКА УСКОРИТЕЛЕЙ*, Письма в ЭЧАЯ. 2020. Т. 17, № 7(232). С. 876-893.
12. S. Nikitin. Polarization issues in circular electron-positron super-colliders // *International Journal of Modern Physics A* 35(15n16):204100 (2020), DOI:10.1142/S0217751X20410018.
13. 3D. Leshenok, S. Nikitin, Y. Zhang and M. Zobov. Combined influence of beamstrahlung and coupling impedance on beam energy spread and length in future lepton colliders. // *Phys. Rev. Accel. Beams* 23, 101003 (Published 27 October 2020).
14. Achasov, M.N., Muchnoi, N.Y. C.M.S. energy calibration in BES-III and VEPP-2000 experiments.
15. Nikolaev I. et al. Status of laser polarimeter at VEPP-4M. *Journal of Instrumentation*, Volume 15, 2020. DOI:10.1088/1748-0221/15/08/C08024
16. Левичев Е.Б., и др. Оптимизация магнитной структуры источника СИ четвертого поколения СКИФ в Новосибирске. *Сибирский физический журнал*. 2020. Т.15. № 1. С. 5-23.

+ Кандидатская диссертация Синяткин С.В. «Магнитная система бустерного синхротрона с энергией 3 ГэВ для источника СИ NSLS-II»

П.Пиминов, Статус комплекса ВЭПП-4, Научная сессия ИЯФ, 2021

Спасибо за внимание

