

ВЭПП-2000

в 2020 году

Дмитрий Шварц

on behalf of VEPP-2000 team

Научная сессия ИЯФ

04.02.2021

ВЭПП-2000

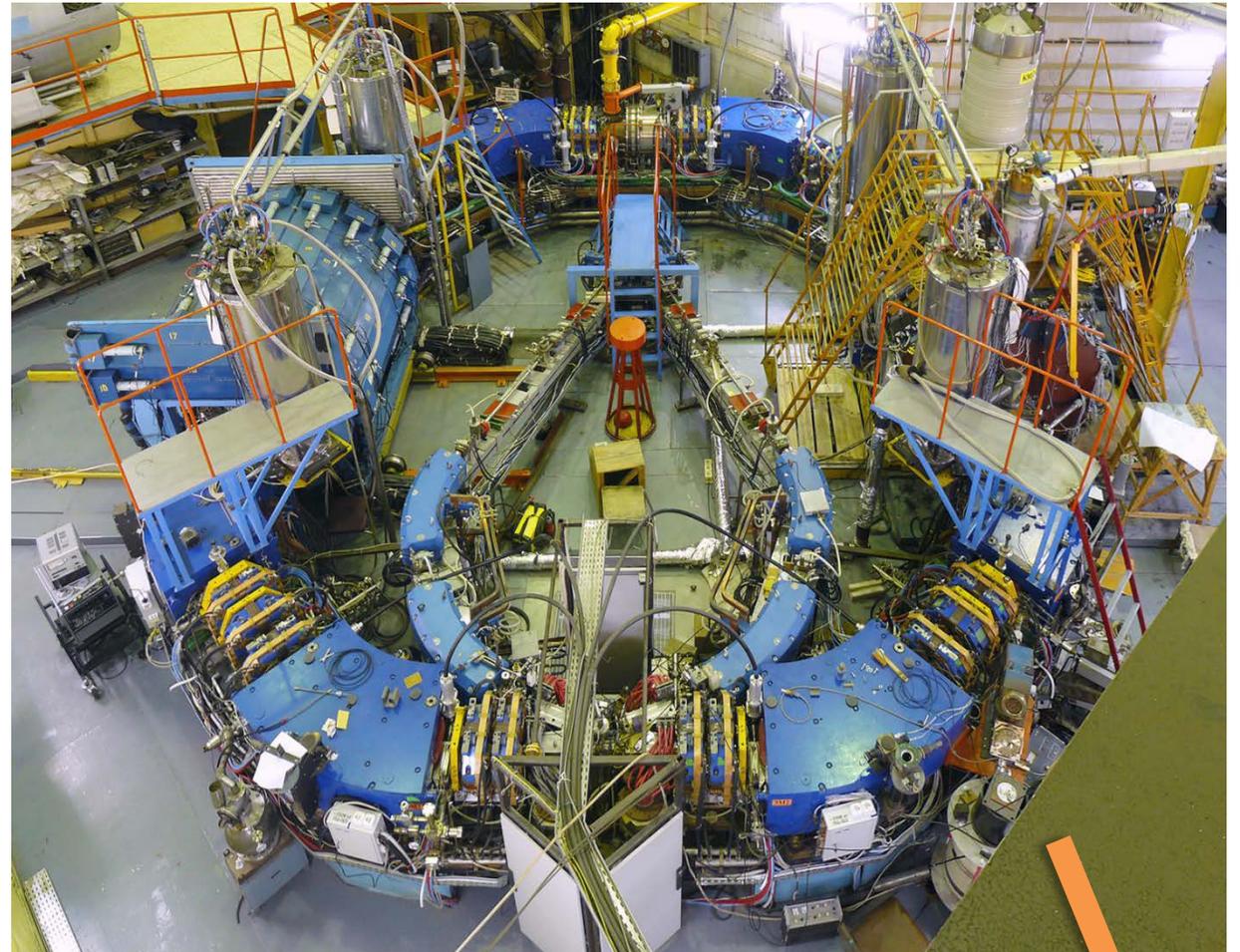
Design parameters @ 1 GeV	
Circumference	24.388 m
Beam energy	150 ÷ 1000 MeV
N of bunches	1×1
N of particles	1×10 ¹¹
Betatron tunes	4.14 / 2.14
Beta*	8.5 cm
BB parameter	0.1
Luminosity	1×10 ³² cm ⁻² s ⁻¹

Achieved

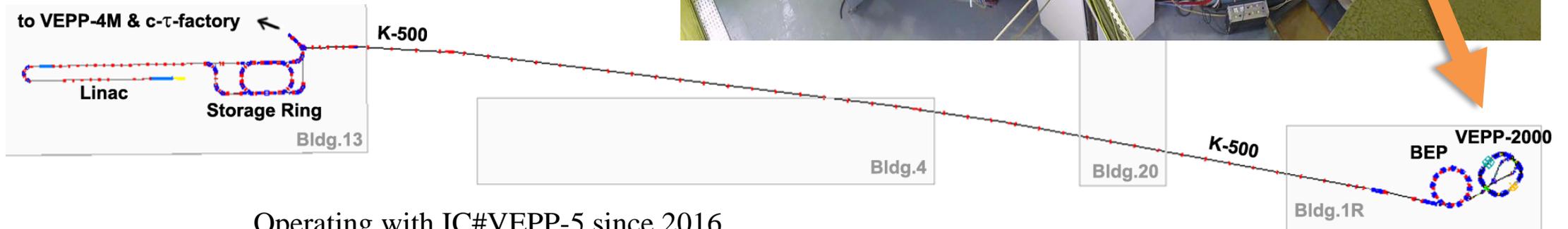
160-1005

0.9×10¹¹

0.5×10³²



- Round beams concept
- 13 T solenoids for FF
- 2.4 NC dipoles @ 1 GeV
- CBS for energy control



Operating with IC#VEPP-5 since 2016

Концепция встречных круглых пучков

Аксиальная симметрия встречного сгустка + X-Y симметрия транспортных матриц IP2IP.



Дополнительный интеграл движения
(продольная компонента момента импульса $M_z = x'y - xy'$)

Нелинейная динамика одномеризуется;

реже резонансная сетка;

выше пороги по эффектам встречи!

Требования к оптике:

- Лобовая встреча
- Равные β -функции в IP:
- Равные поперечные эмиттансы:
- Равные дробные части бетатр. частот:

$$\begin{array}{l} \beta_x = \beta_y \\ \varepsilon_x = \varepsilon_y \\ \nu_x = \nu_y \end{array} \begin{array}{l} \diagdown \\ \diagup \\ \diagdown \\ \diagup \\ \diagdown \\ \diagup \end{array} \begin{array}{l} \text{Круглый пучок} \\ M_x = M_y \end{array}$$

F.M. Izrailev, G.M. Tumaikin, I.B. Vasserman. Preprint INP 79-74, Novosibirsk, (1979).

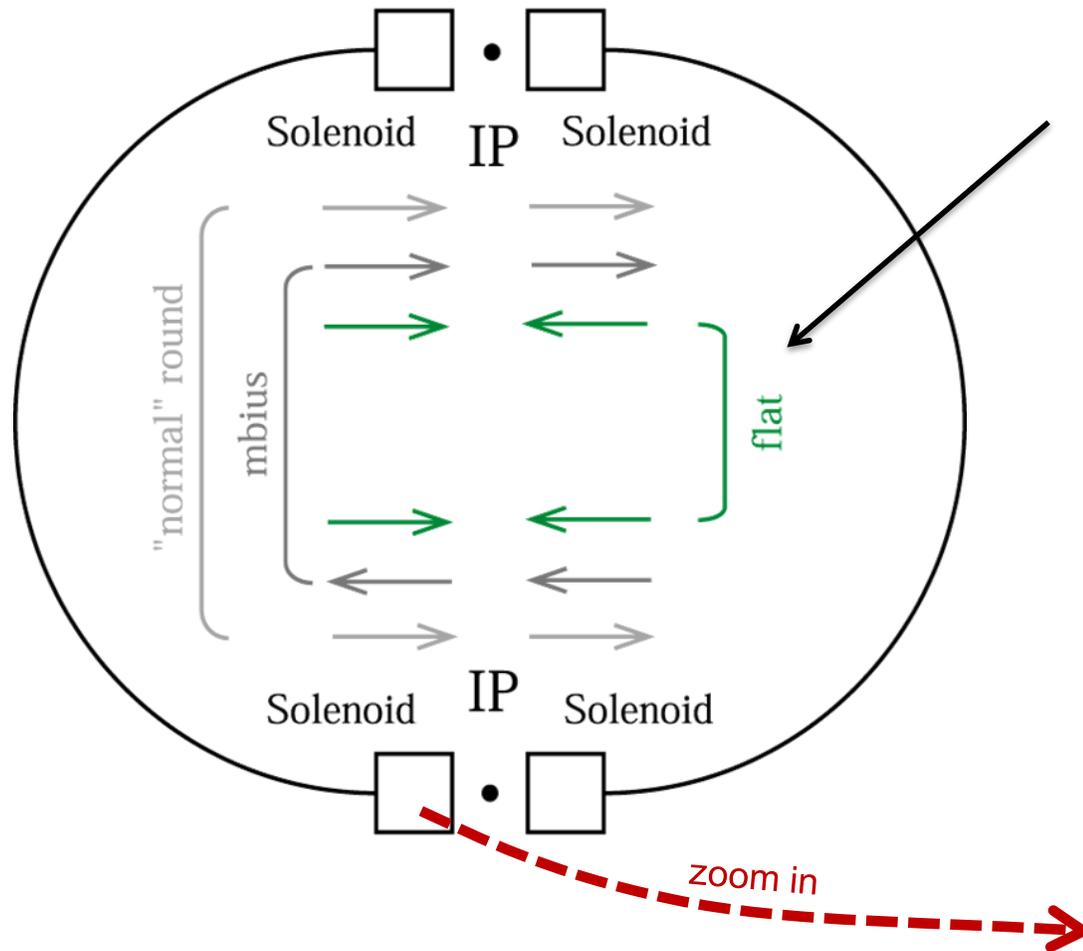
L.M. Barkov, et. al, Proc. HEACC'89, Tsukuba, Japan, p.1385.

S. Krishnagopal, R. Siemann, Proc. PAC'89, Chicago, p.836.

V.V. Danilov et al., EPAC'96, Barcelona, p.1149.

S. Henderson, et al., Proc. PAC'99, New York, p.410.

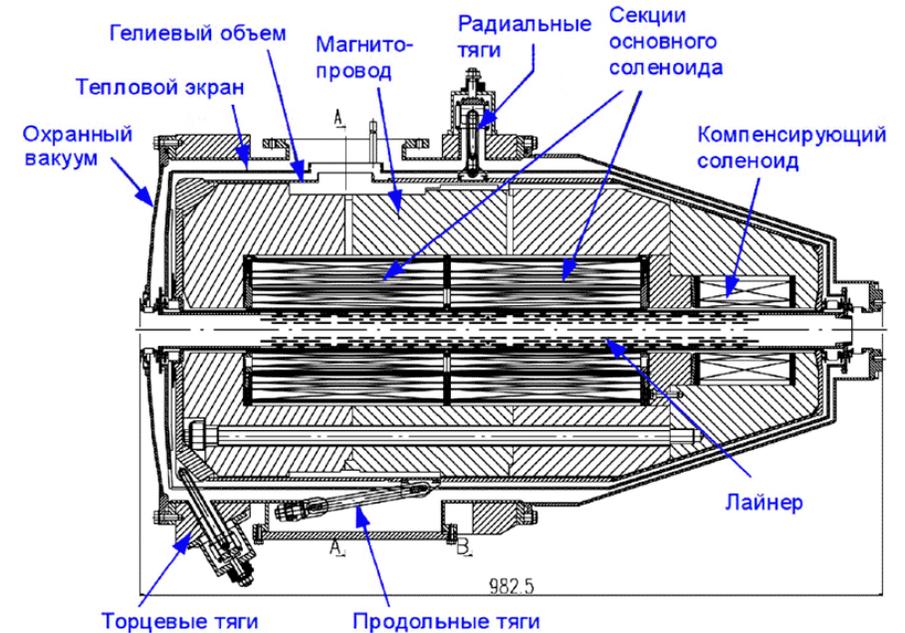
Круглые пучки @ ВЭПП-2000



Оптика плоская, перераспределение эмиттансов за счёт резонанса связи: простейший вариант.

Смена конфигурации соленоидов (половинки, полярность) требуют их **перевыставки**. (По пучку).

Короткие соленоиды – ниже 600 МэВ



Хронология 2020

03.02.2020 – Пучок в БЭП.

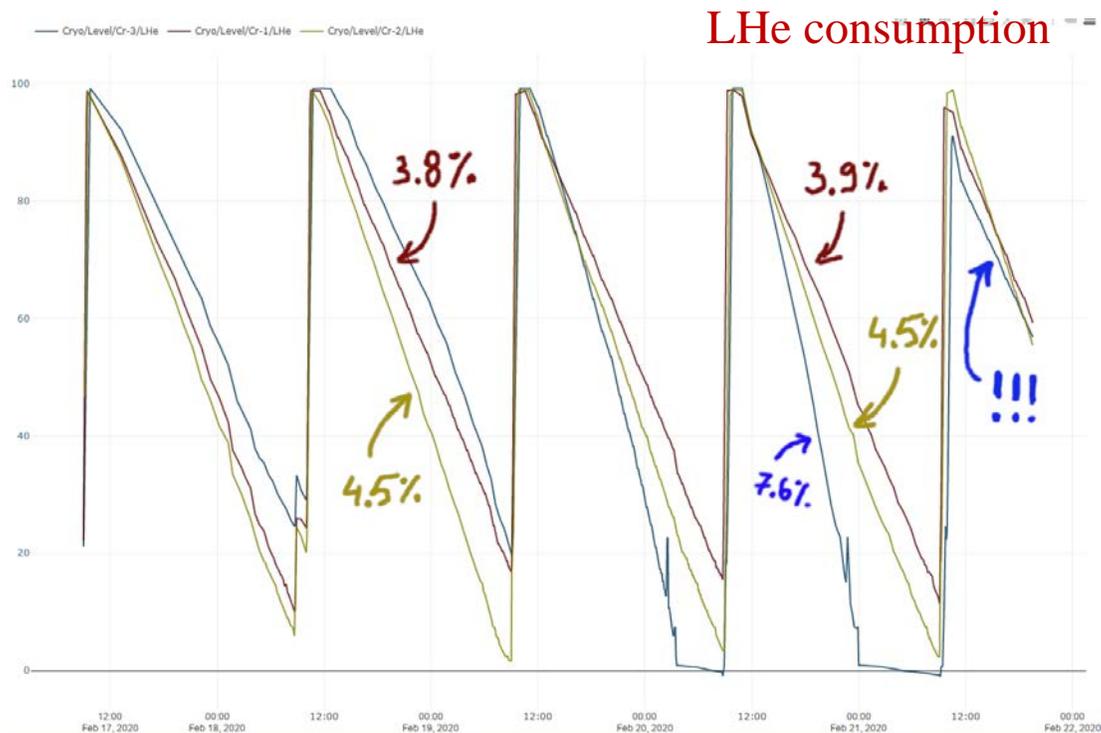
07.02.2020 – Первая светимость в ВЭППе, 935 МэВ.

08-09.02.2020 – СИ на БЭП (А.Краснов).

18-19.02.2020 – Исследование оптики "для поляризации и измерения Ge/Gm".

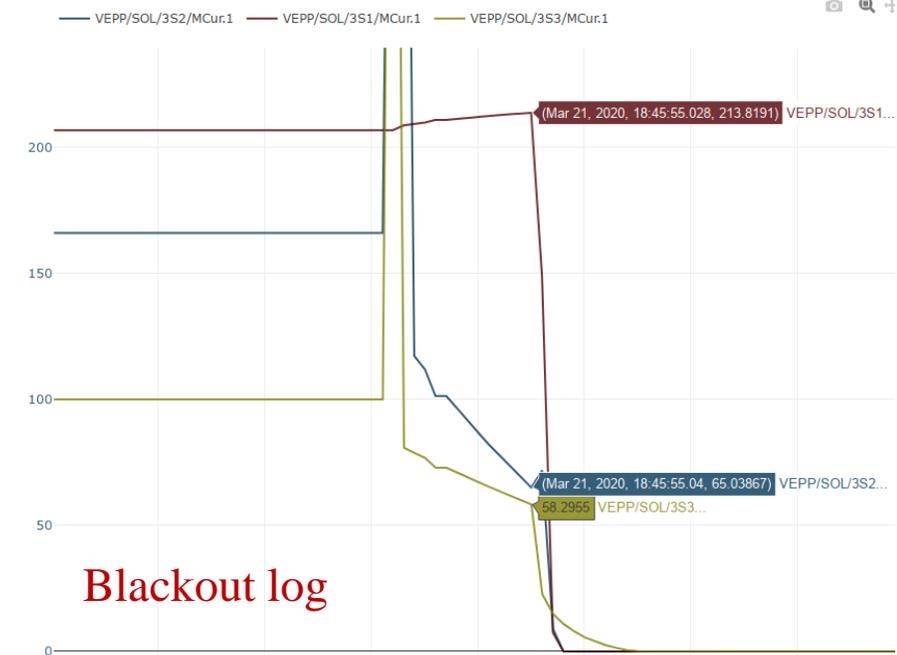
Февраль-март – Набор данных 935-970 МэВ.

29.03.2020 – Выключение комплекса.



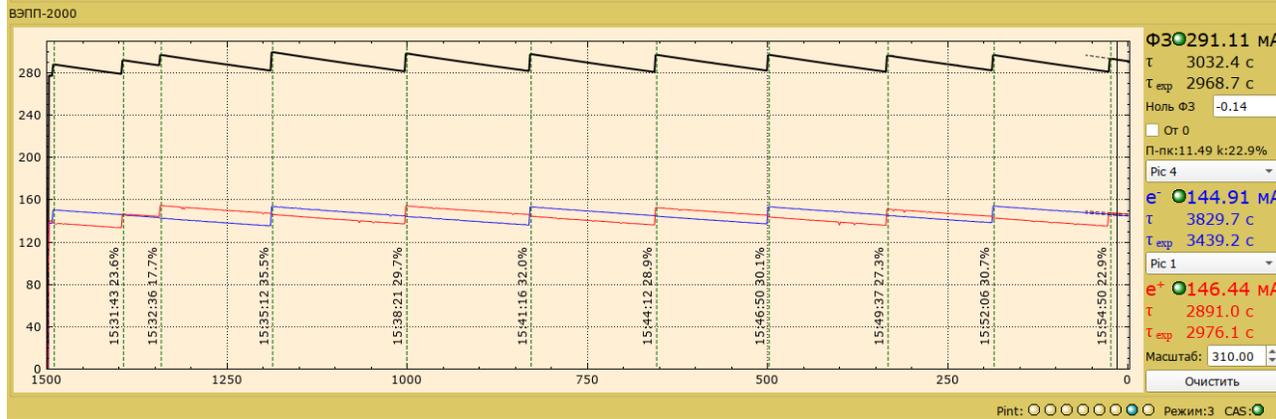
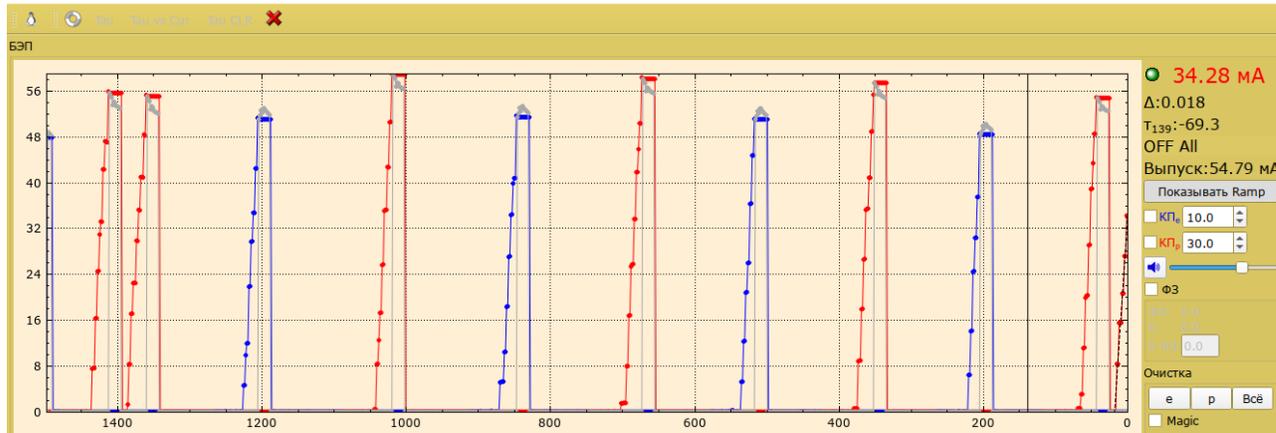
Железо, которое подводило:

1. ВЧ генераторы (удалось настроить большой командой лаб.6-2)
2. Источники питания квадруполь ака ВЧ-300
3. Соленоиды: увеличенный расход, срывы при просадках сети
4. Кикеры (!)



Blackout log

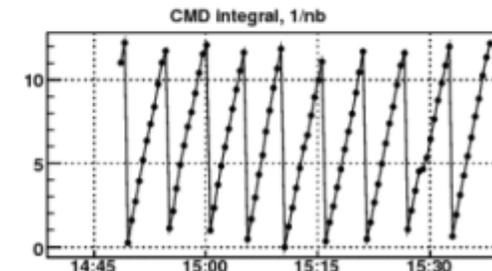
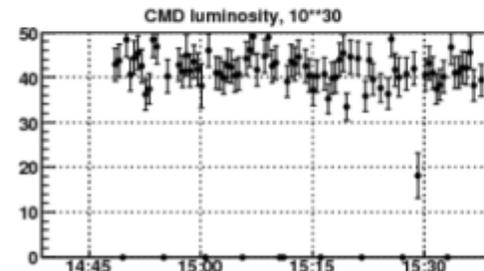
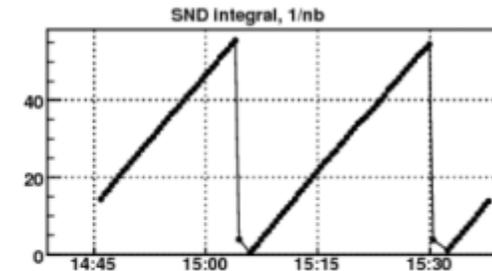
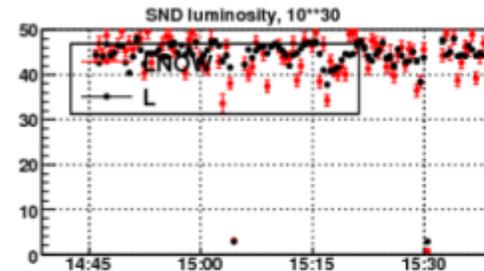
Make VEPP-2000 like CERN again!



18 марта 2020, 960 МэВ
 «До 16:30 всё шло как в ЦЕРНе...»
 (e-журнал, И.А.Копон)

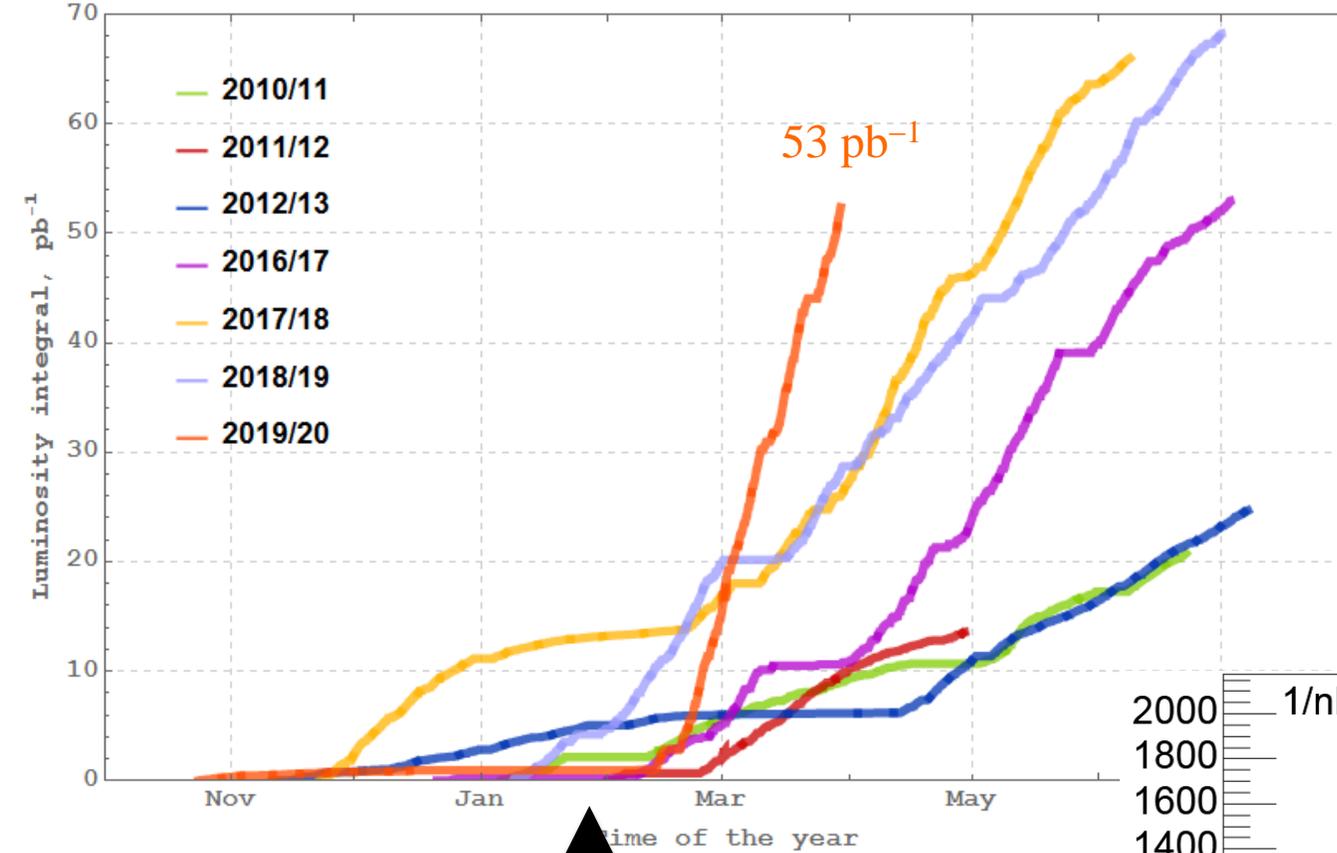
CMD-3 Online Monitor - Web version

Picture family Picture group Source Interval Time shift (h) Refresh in
 Run_Overview Luminosity Online 1h 0 Make plot 37

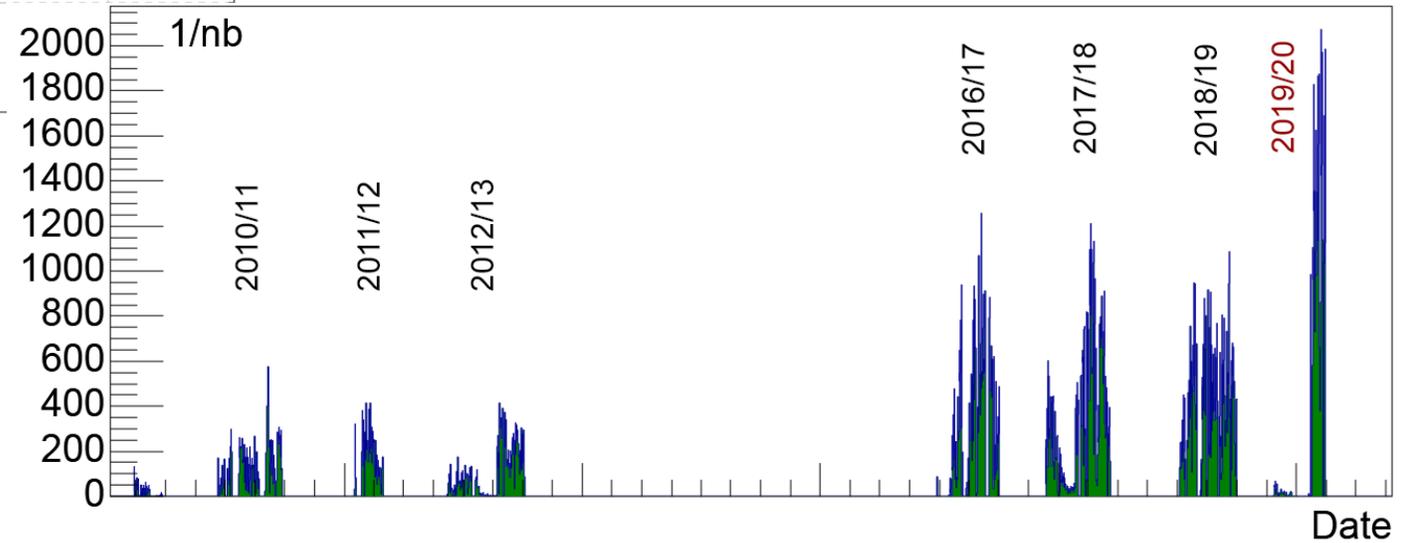


Набор данных

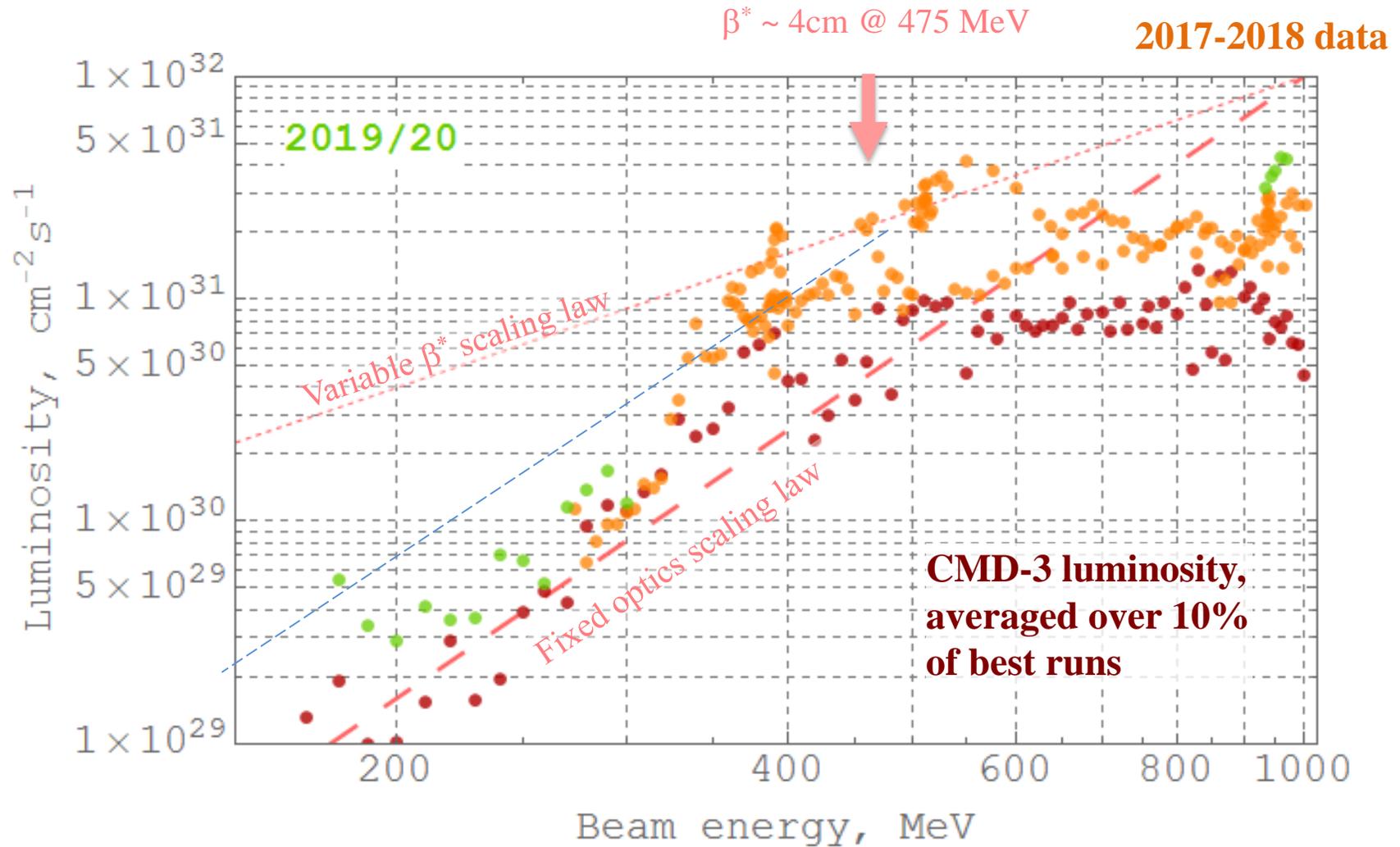
Subtotal: **300 pb⁻¹/detector**
Target: **1 fb⁻¹**



↑
We are here

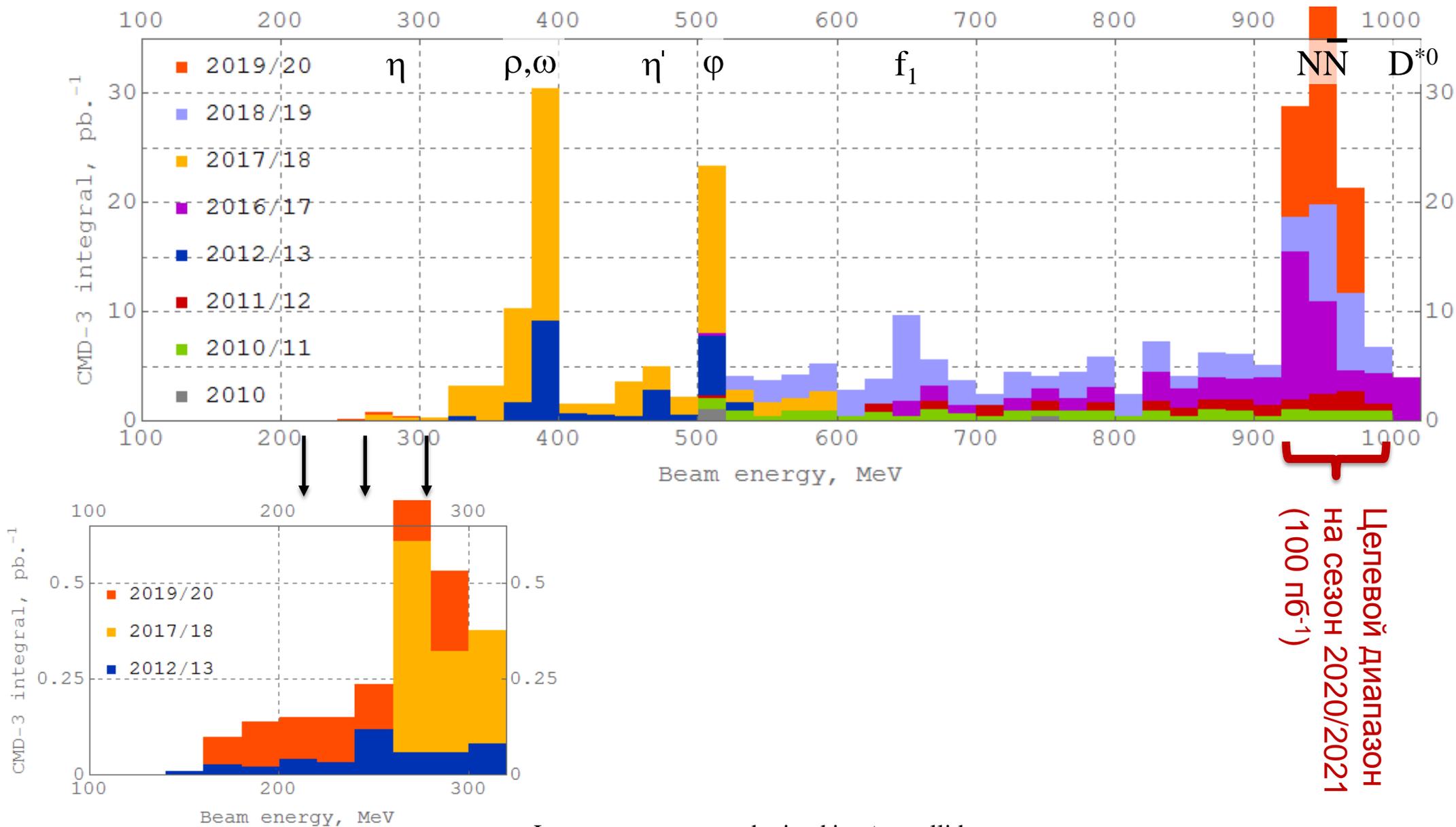


Достигнутая светимость



Текущий абсолютный рекорд пиковой светимости: $L_{\text{peak}} = 5 \times 10^{31} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1} @ 950 \text{ МэВ}$

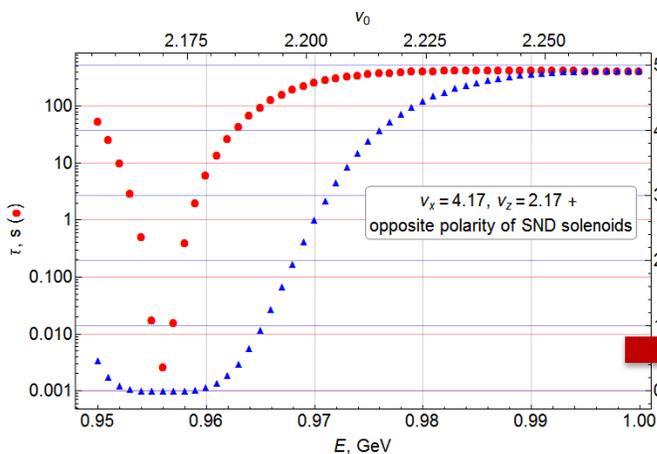
Распределение набранного интеграла



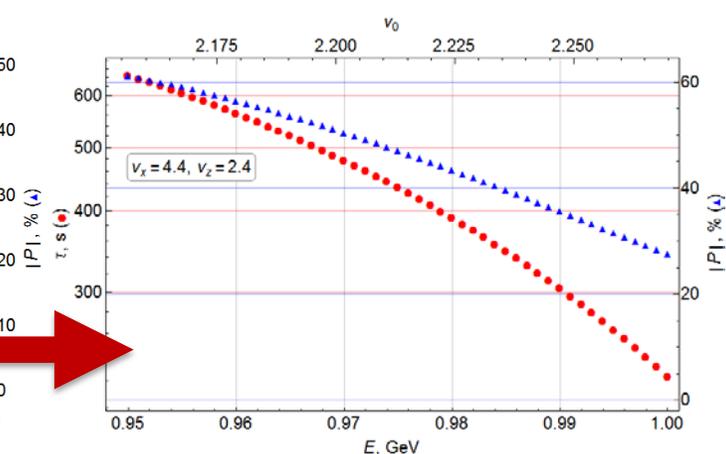
Lowest energy ever obtained in e^+e^- colliders

Поляризация (наносит ответный удар)

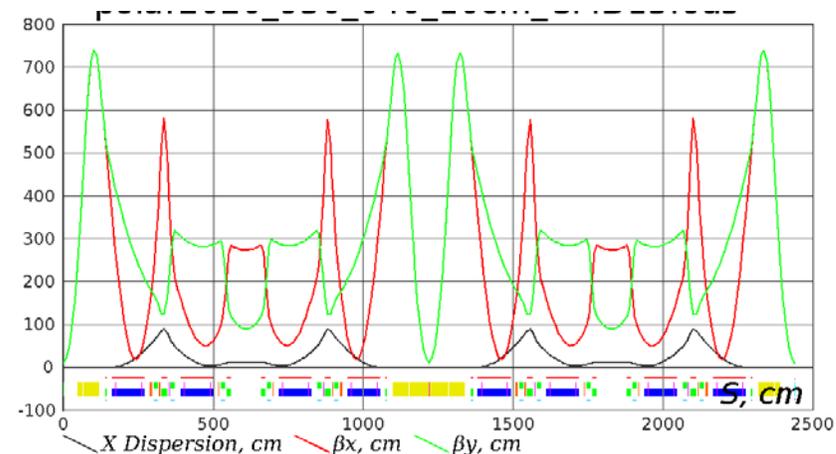
Regular



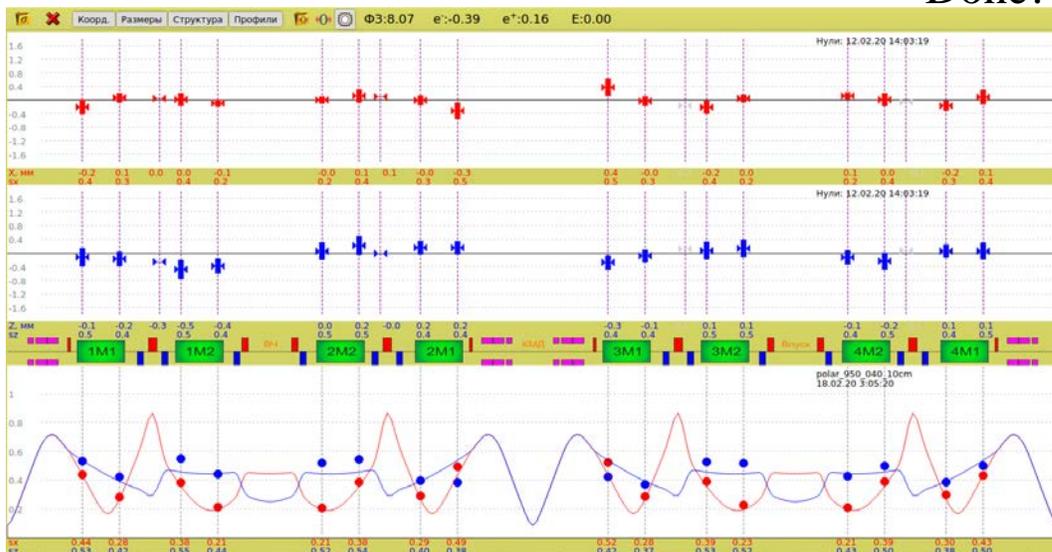
Deluxe



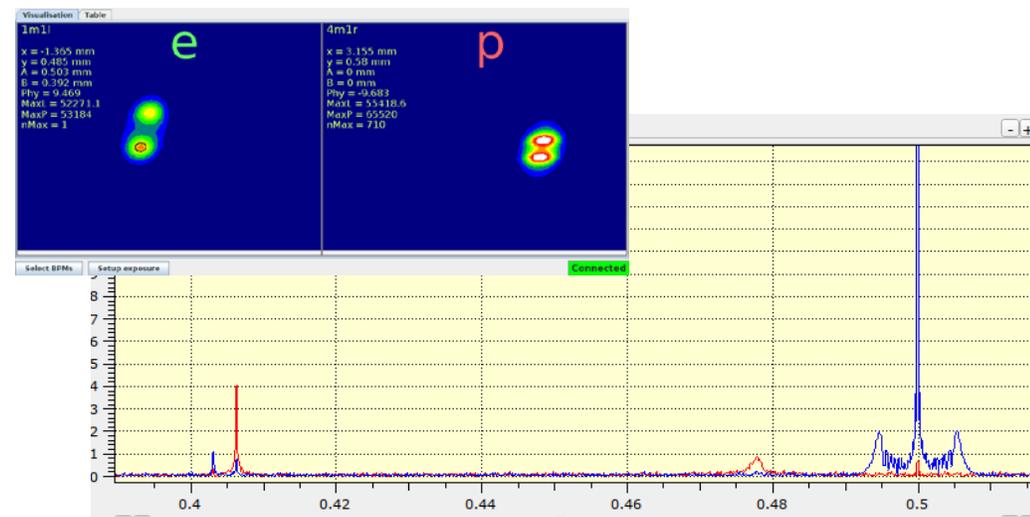
Theoretical lattice



Done!

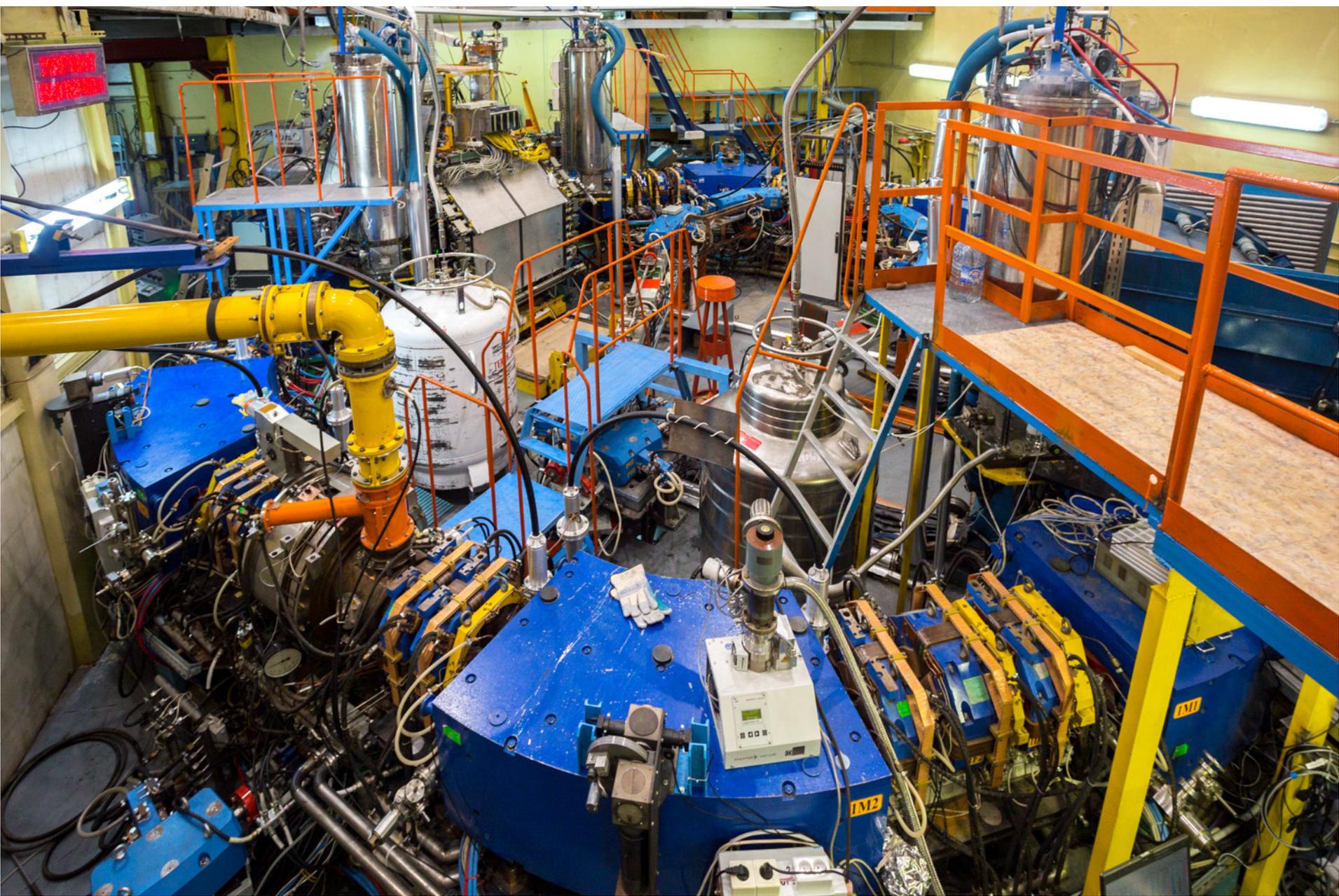


Coherent motion @ half-integer resonance



Планы модернизации

- Новые источники питания ВЧ-500 (24 шт). Ю.Актёршев (лаб.6.0, 2021)
- ВЧ ВЭПП: доп. пьезотюнеры, закупка 0.8 млн. В.Волков (лаб.6-2, 2021?)
- ВЧ БЭП: транзисторный усилитель, закупка у Триада-ТВ, 10 млн (лаб.6-2, 2022?)
- Апгрейд 10кА/2МВт источника питания БЭП (и ВЭПП): новая элементная база + быстрая и надёжная переполюсовка. 2млн + 1 год, К.Горчаков (лаб.6.0, 2022?).
- Замена источников импульсного питания АККОРД на «ГИД-160», 3млн + 1 год (лаб.6-0, ?)
- Апгрейд криогеники: дистанционная заливка под током: 30млн + 1.5года. Е.Пята (?)

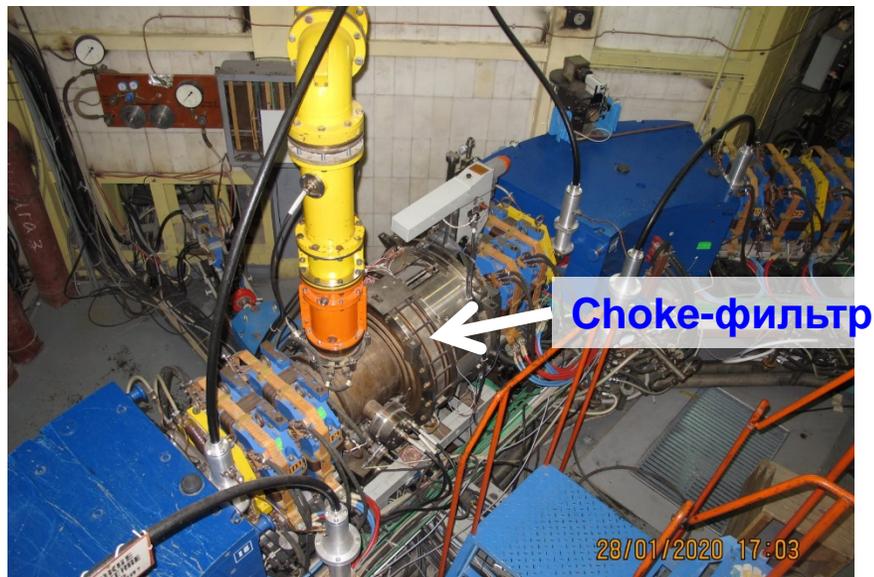


Спасибо всем участникам работы!

backup

Планы по модернизации ВЧ-систем

«Одномодовый» резонатор ВЭПП-2000



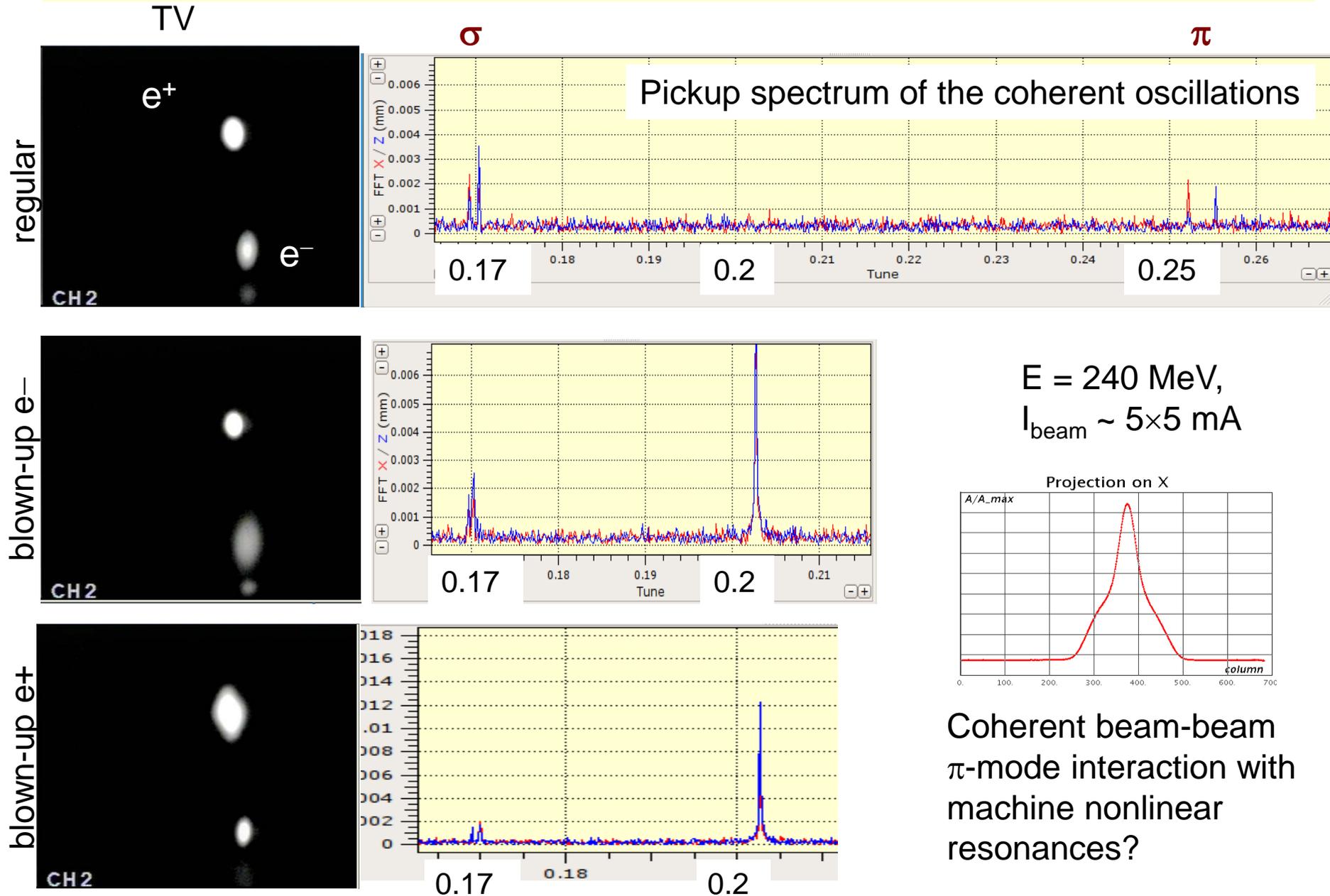
Генератор БЭП



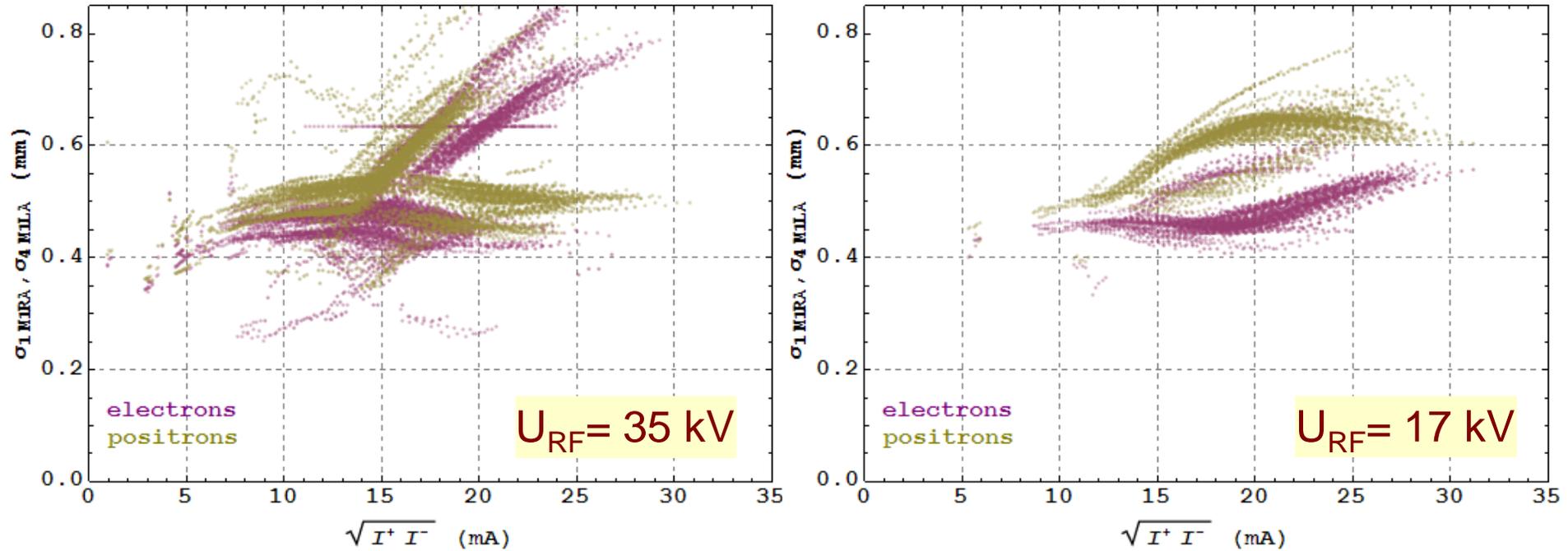
Транзисторный УМ
(пример: НО 700 МГц 20 кВт CW)

(2021) 10M

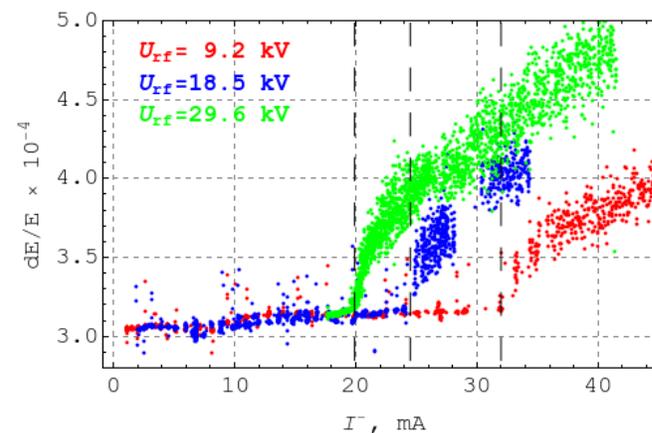
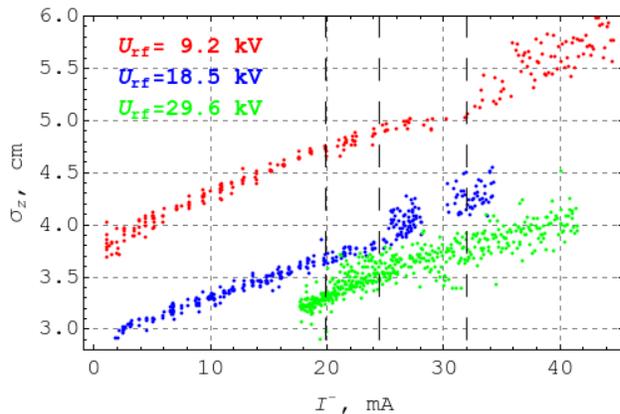
"Flip-flop" effect



Изобретение #1: удлинение сгустка (2013)



- Удлинение: уплощение ямы + микроволновая неустойчивость
- Снижение ВЧ доступно только на низкой энергии!



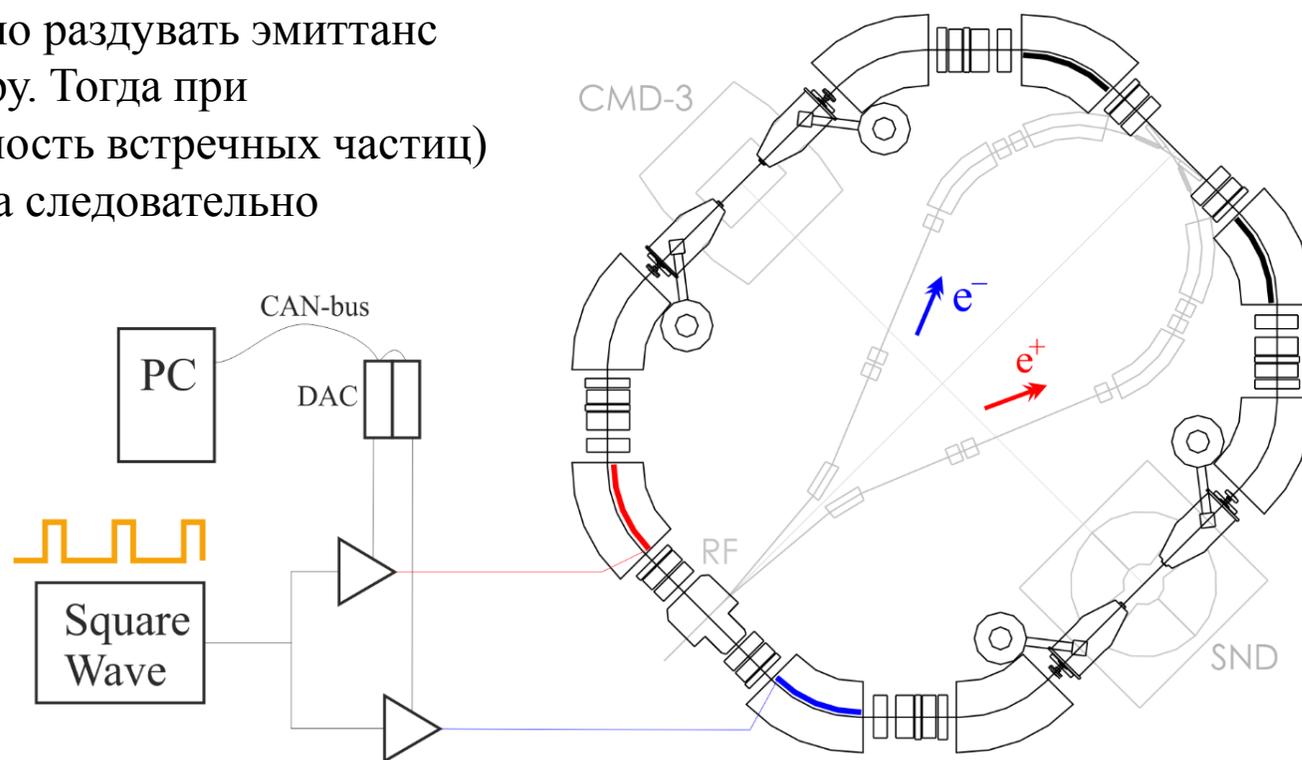
Изобретение #2: BeamShaker (2018)

Идея (И.Кооп): когерентные колебания очень быстро расфазуются в присутствии нелинейного поля встречного сгустка. Если слабо, но часто постукивать по пучку – это раздувает эффективный эмиттанс. Аналогия с излучательной «змейкой».

На низкой энергии можно раздувать эмиттанс пока он влазит в апертуру. Тогда при фиксированном ξ (плотность встречных частиц) можно наращивать ток, а следовательно светимость.

Типичные числа:
50-100 V, 300 ns, 50 μ s

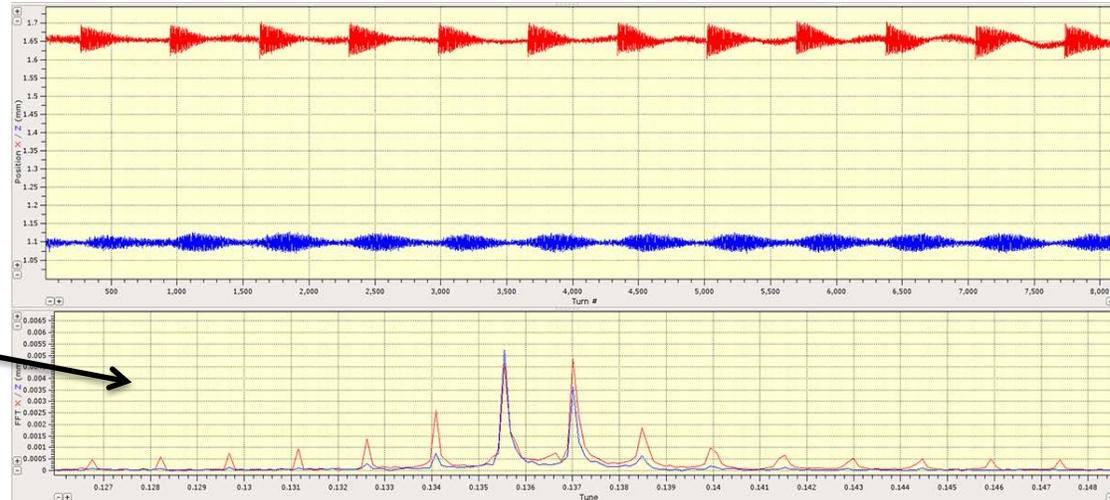
($T_{\text{rev}} = 81.4$ ns)



Реальность: шейкер не даёт сжаться «сильному» пучку (например, при инжекции «слабого»), таким образом подавляется флип-флоп, стабилизируется метастабильное состояние с равными размерами. Вдобавок, сильно лучше время жизни.

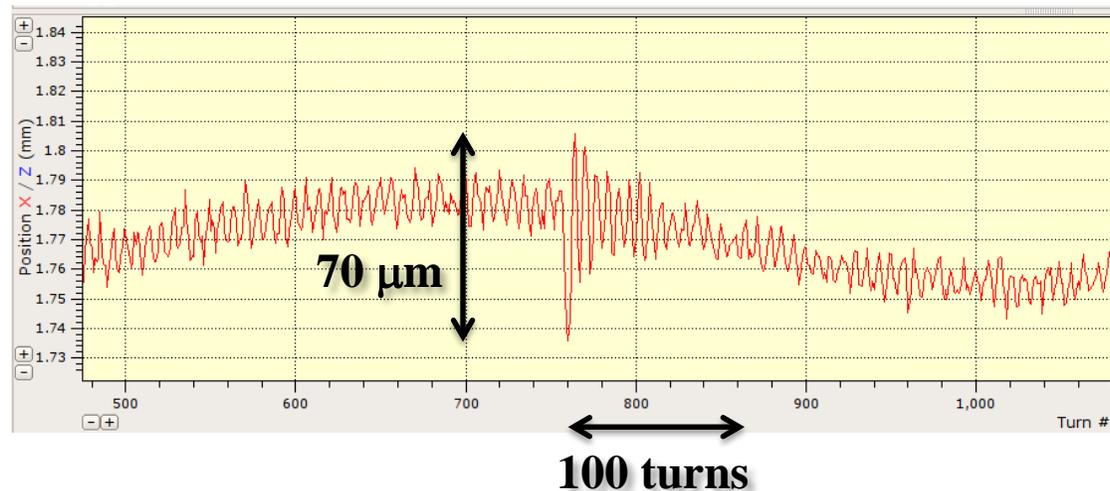
Шейкер: как это работает

Сигнал на пикапе. Без встречного пучка, 360 МэВ



Линейчатый спектр у
периодически
возбуждаемых колебаний

Сигнал с пикапа со встречным пучком, 274 МэВ



@ 274 MeV:

$\sigma_x = 250 \mu\text{m}$ @ pickup

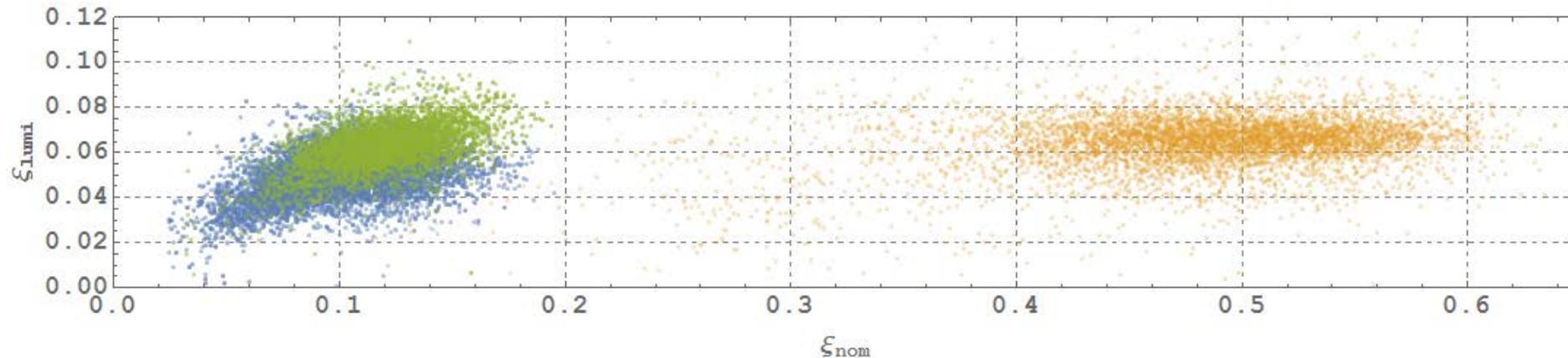
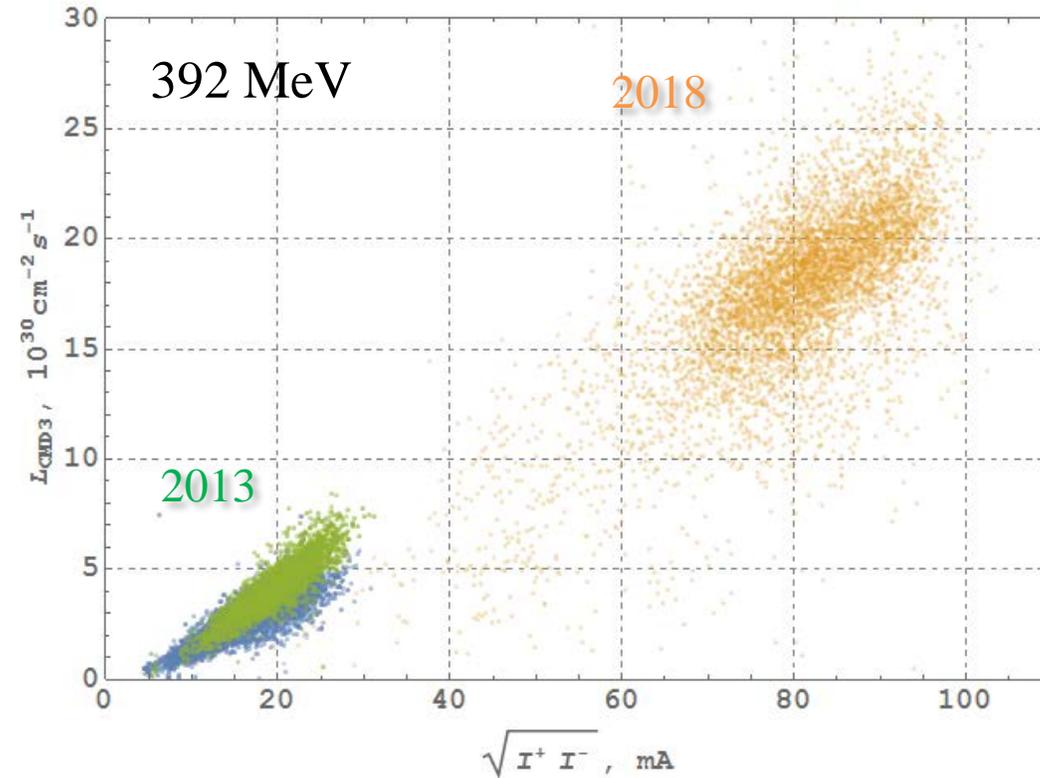
$\tau_{\text{damp}} = 130 \text{ ms} = 1.6 \times 10^6 \text{ turns}$

Светимость и параметр встречи

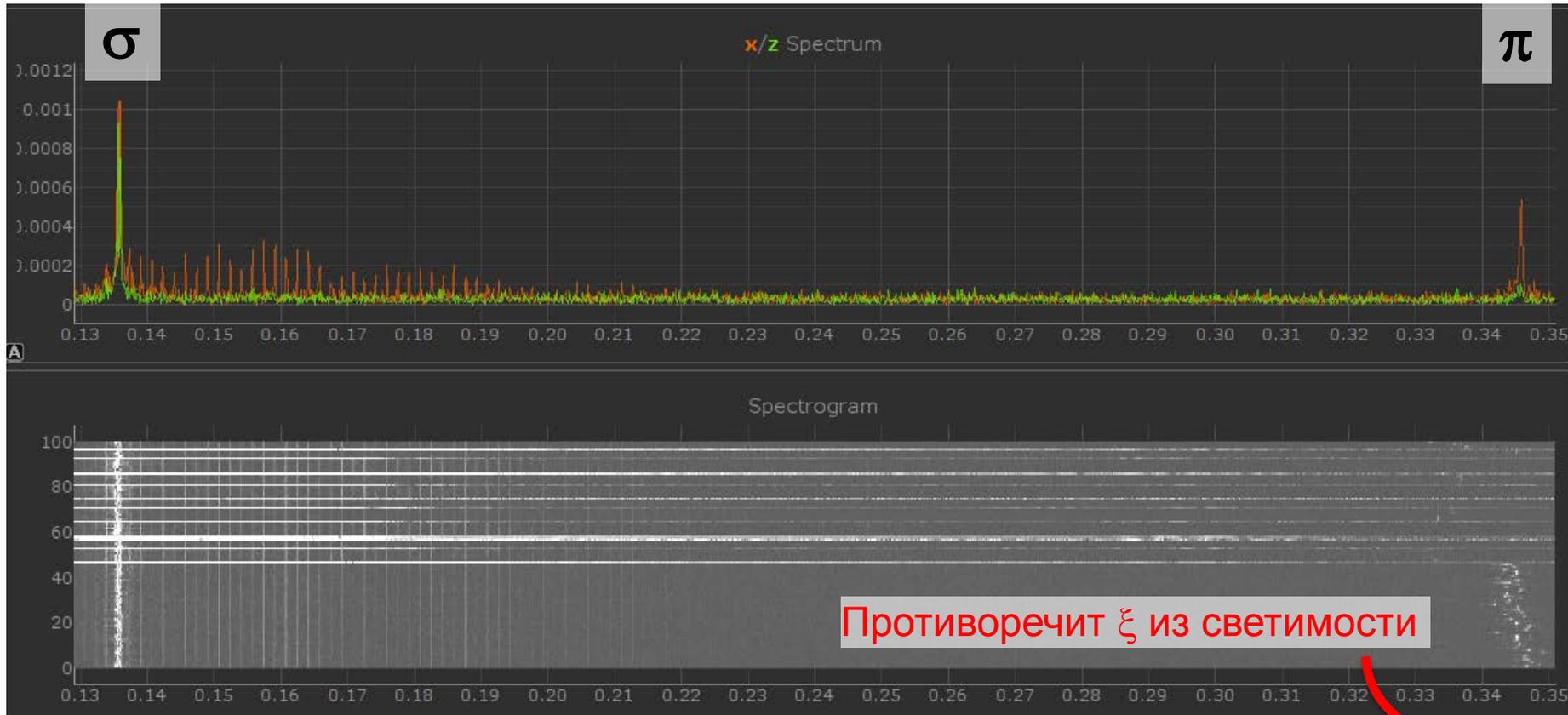
$$\xi_{nom} = \frac{N^- r_e \beta_{nom}^*}{4\pi\gamma\sigma_{nom}^{*2}} \text{ - normalized beam current}$$

$$\xi_{lumi} = \frac{N^- r_e \beta_{nom}^*}{4\pi\gamma\sigma_{lumi}^{*2}} \text{ - "beam-beam parameter"}$$

$$L = \frac{N^+ N^-}{4\pi\sigma^{*2}} f_0 = \frac{N f_0 \gamma}{r_e} \frac{\xi_{lumi}}{\beta_{nom}^*}$$



Когерентные моды встречных пучков



$$\Delta \nu = \arccos(\cos(\pi \nu_0) - 2\pi \xi \sin(\pi \nu_0)) / \pi - \nu_0$$

$$\nu_\sigma = 0.135, \nu_\pi = 0.345$$

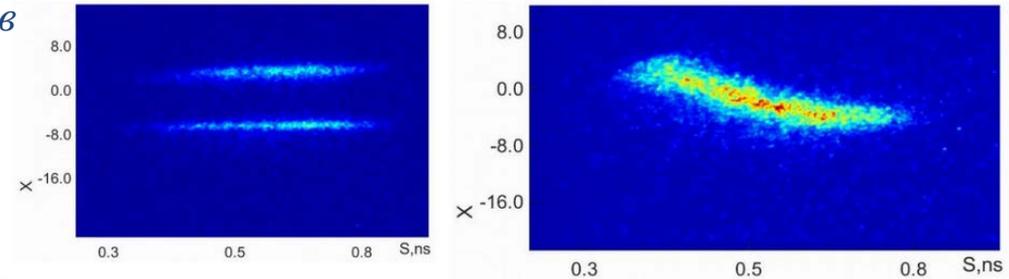
$$\Delta \nu = 0.21 \rightarrow \xi = \mathbf{0.17/IP}$$

Here the Yokoya factor $Y = 1$, due to fast kick method of eigen modes excitation and due to short period analysis (studied @ VEPP-2M; simulated for VEPP-2000 by D.Shatilov)

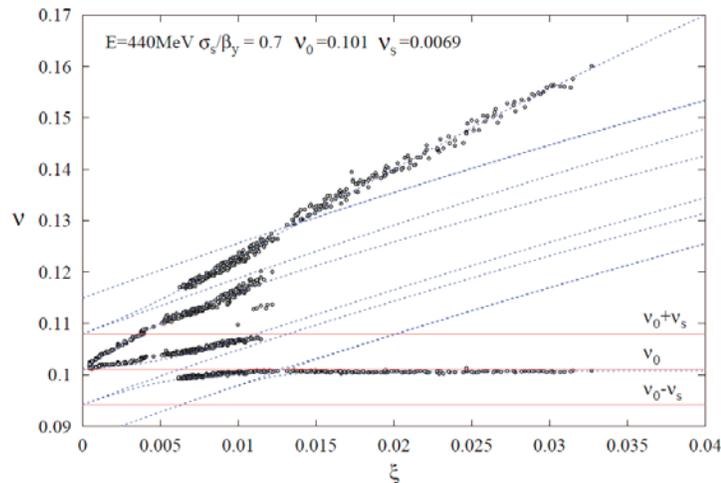
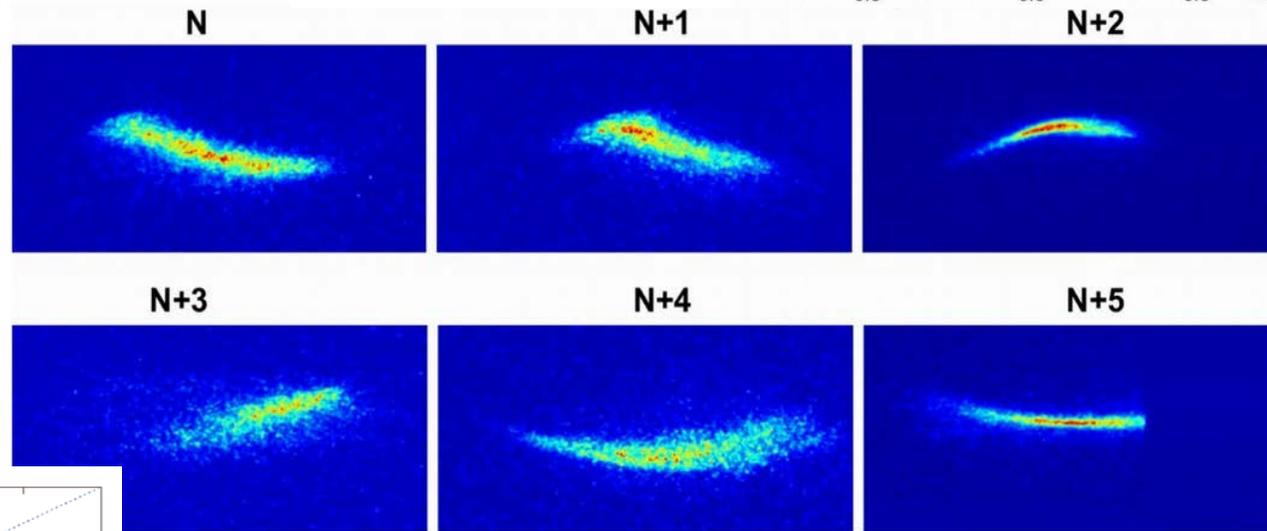
Наблюдение стрик-камерой

О.Мешков, В.Борин, М.Тимошенко, Ю.Жаринов

Инжекция порции электронов:
1) к электронам, 2) к позитронам



Шесть последовательных оборотов инжектированного сгустка e- при запредельном токе e+.



Всё уже изучено до нас:

E.A. Perevedentsev, A.A. Valishev,
Phys.Rev.ST Accel.Beams 4 (2001) 024403