

# ВЭПП-2000

в 2018 году

Дмитрий Шварц

on behalf of VEPP-2000 team

Научная сессия ИЯФ

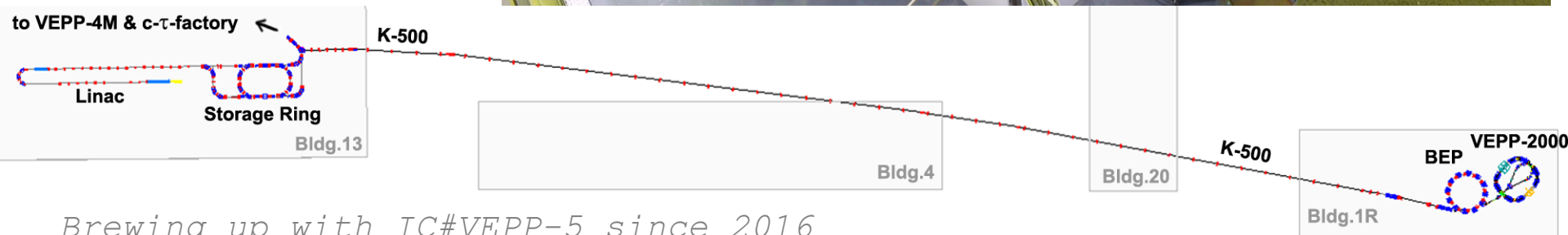
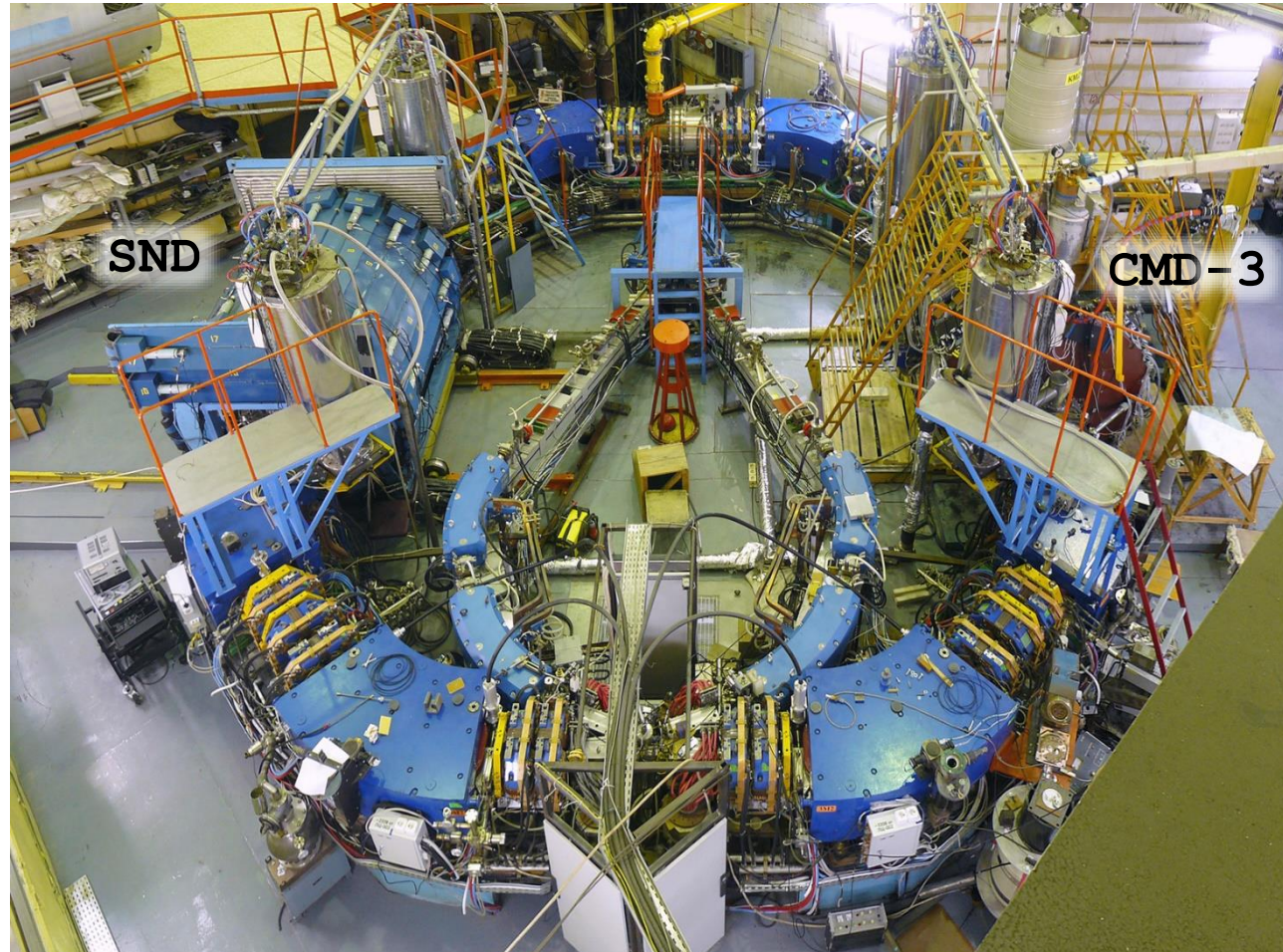
22.02.2019

# ВЭПП-2000

## Parameters @ 1 GeV

|                |   |
|----------------|---|
| Circumference  | 24.388 m  |
| Energy range   | 150 ÷ 1000 MeV                                      |
| N of bunches   | 1×1   |
| N of particles | 1×10 <sup>11</sup>                                  |
| Betatron tunes | 4.14 / 2.14   |
| Beta*          | 8.5 cm  |
| BB parameter   | 0.1   |
| Luminosity     | 1×10 <sup>32</sup> cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> |

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



Brewing up with IC#VEPP-5 since 2016

# Концепция встречных круглых пучков

Аксиальная симметрия силы от стороны встречного сгустка + x-y симметрия транспортных матриц IP2IP выливаются в дополнительный интеграл движения. Динамика остаётся нелинейной, но – одномерной!

Lattice requirements:

- Лобовая встреча
- Равные  $\beta$ -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).*

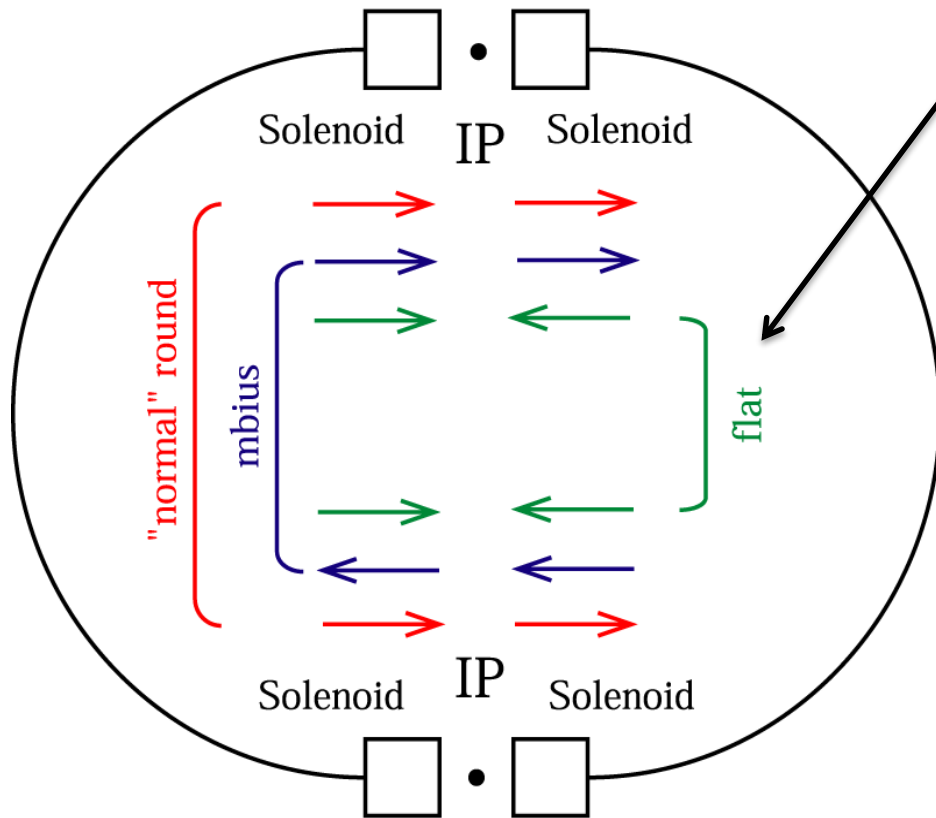
*L.M. Barkov, et al, Proc. HEACC'89, Tsukuba, Japan, p.1385.*

*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.*

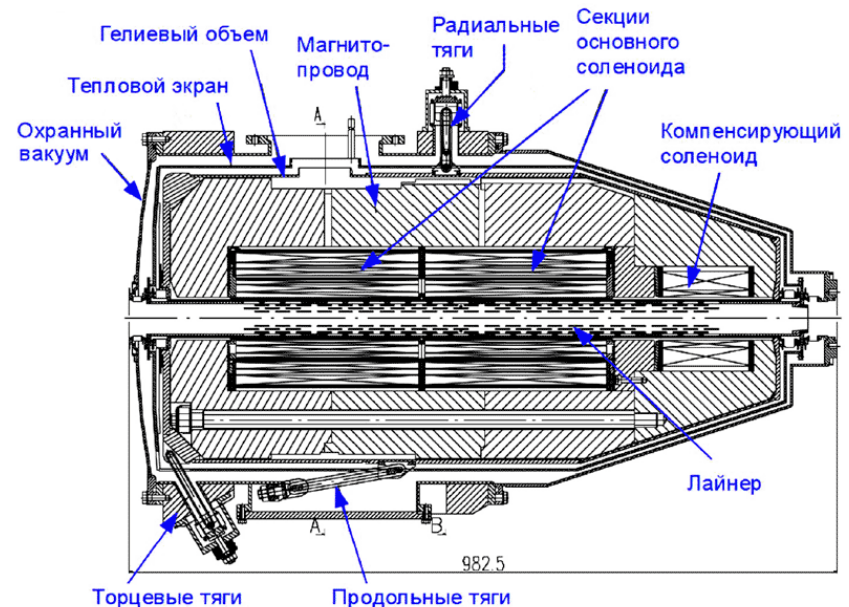
# Круглые пучки @ ВЭПП-2000



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

И моделирование, и экспериментальные тесты дают недостаточную ДА в режимах с циркулярными модами.

Короткие соленоиды ниже 600 МэВ



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

# Хронология 2018 (1)

с 11.2017 – эксперимент RHO2018, сканирование от 500 МэВ вниз.

Ура!  
Выполнили  
программу!

04.02.2018 – 274 МэВ: нижняя точка сканирования.  
с фев – работа с BeamShaker (ака «молотилка», «шайтан-машина»).

27.02.2018 – рекордный параметр встречи(?),  $\sigma/\pi$  моды 0.135/0.345 >>  $\xi \sim 0.17$  (@360 МэВ).

03.03.2018 – срыв поля КМД.

научная сессия 2018

23.03.2018 – начало сканирования  $\phi$ -мезона 492-530 МэВ.

04.04.2018 – компьютерная катастрофа: дублирующие друг друга жёсткие диски вышли из строя.

18.04.2018 – закончили  $\phi$ -мезон. Поход вверх по энергии: 550, 575, 600

**19.04.2018 – абсолютный рекорд светимости: в пике до  $5 \cdot 10^{31} \text{см}^{-2} \text{с}^{-1}$  на 550 МэВ.**

26.04.2018 – начало сканирования  $\omega$ -мезона, 380-396 МэВ

02.05.2018 – срыв поля КМД.

18.05.2018 – тестовые измерения стрик-камерой «продольных» эффектов встречи

29.05.2018 – срыв поля КМД.

08.06.2018 – КМД off: пробой на ДК. Начало программы СИ на БЭП (100А\*ч).

22.06.2018 – методические эксперименты на ВЭПП, тёплая оптика.

25.06.2018 – выключение комплекса.

Янв

Фев

Мар

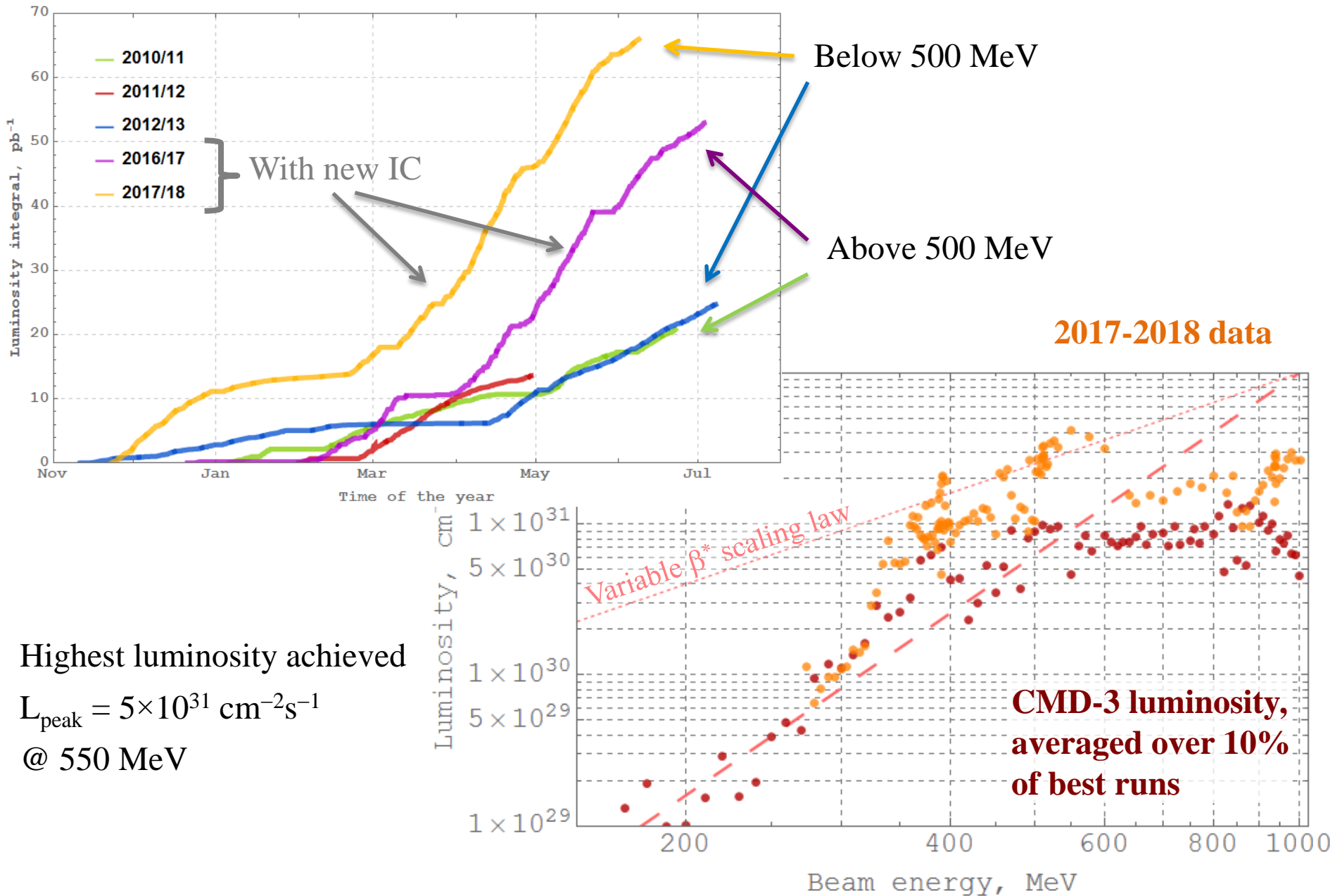
Апр

Май

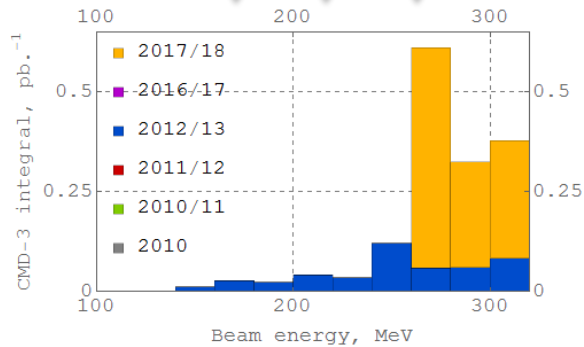
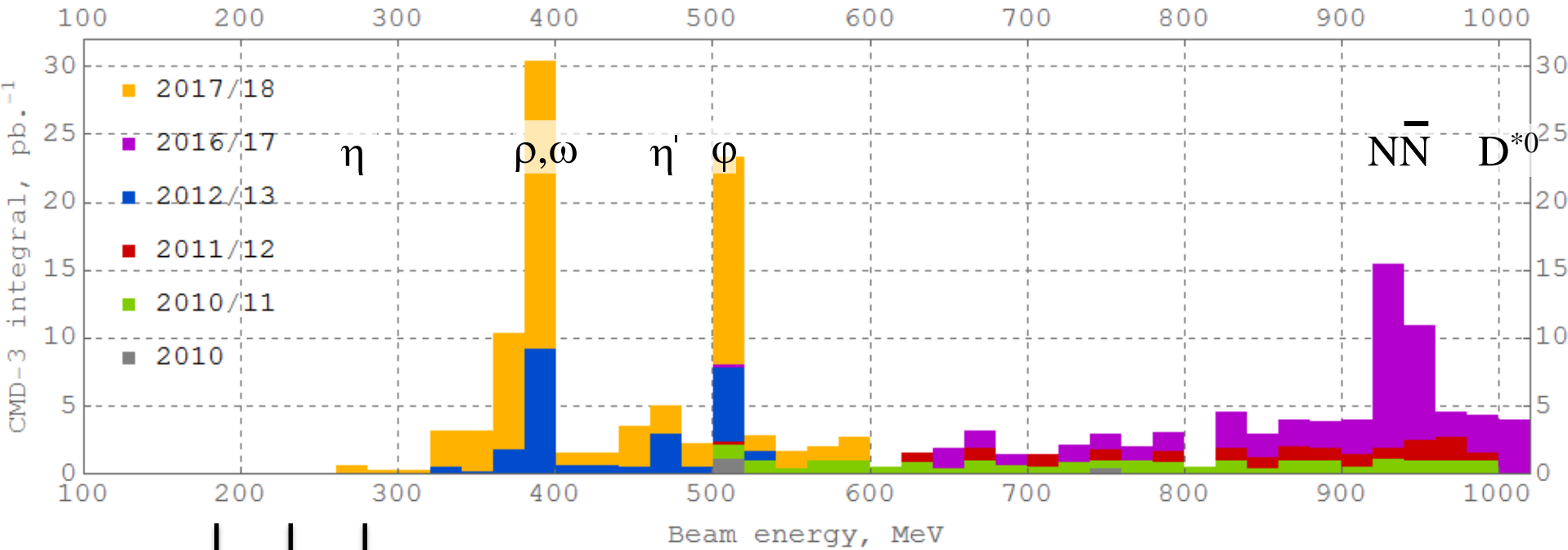
Июнь

Июль

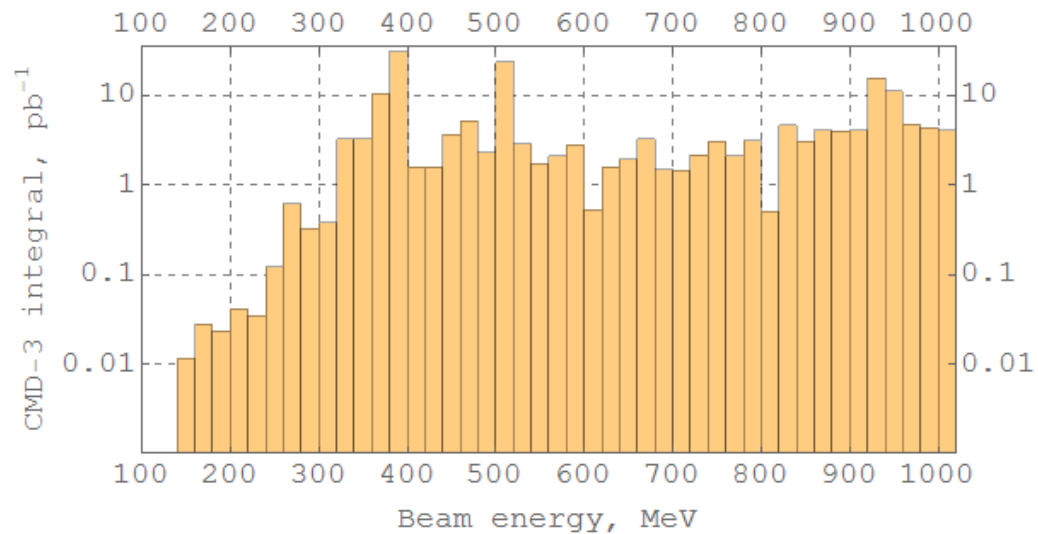
# Набор данных по сезонам



# Распределение набранных данных



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



# BeamShaker

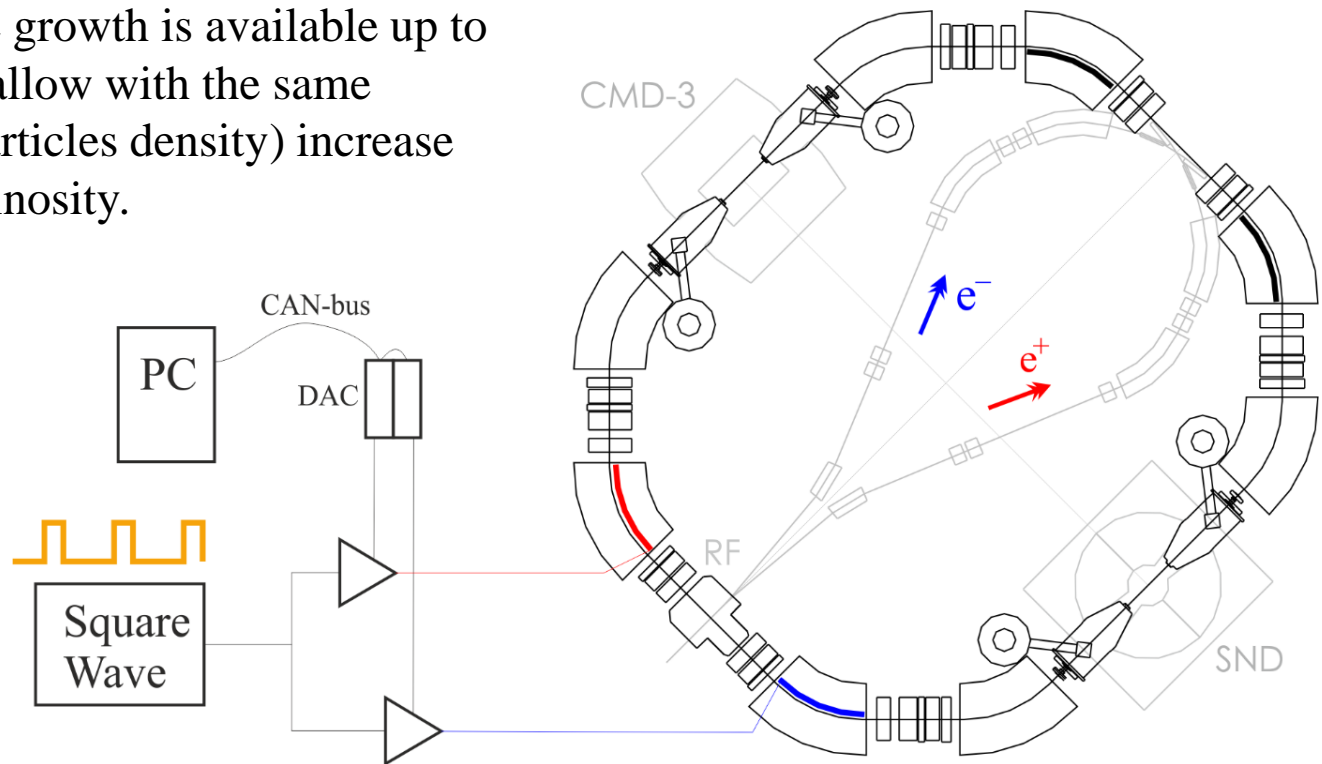
Idea (Ivan Koop): kicked bunch oscillations decoheres very fast in the presence of counter beam's strongly nonlinear field. Weak and fast kicks should effectively increase the emittance similarly to quantum excitation by wiggler.

At low energies emittance growth is available up to aperture restriction. That allow with the same beam-beam parameter (particles density) increase the beam current and luminosity.

Typical values:

50-100 V, 300 ns, 50  $\mu$ s

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



Experimentally: permanent excitation of “strong” beam size prevent it from shrinkage to natural value during injection cycle of “weak” beam, or whatsoever. Very effective suppression of flip-flop meta-stable states.

In addition large emittance results in a lifetime enhancement.



# Шэйкер в работе

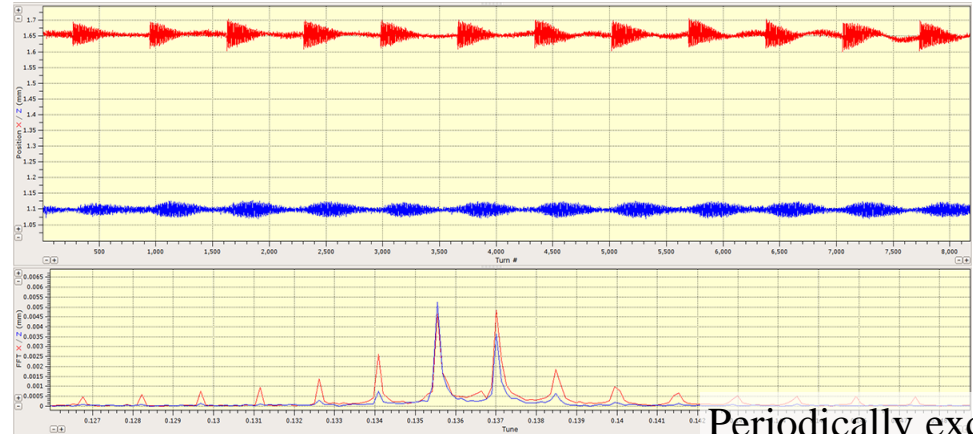
Включайте  
молотилку,  
якорь вам  
глотку!



Инновации?  
Да-да, на  
ВЭП-1 мы  
тоже так  
делали.

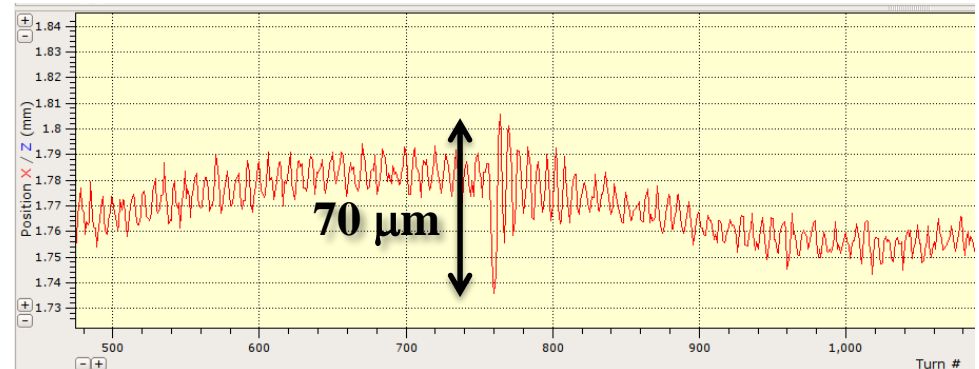


Pickup signal, without counter beam, 360 MeV



Periodically excited  
oscillations gives the  
line spectrum

Pickup signal, with strong counter beam, 274 MeV



@ 274 MeV:

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

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

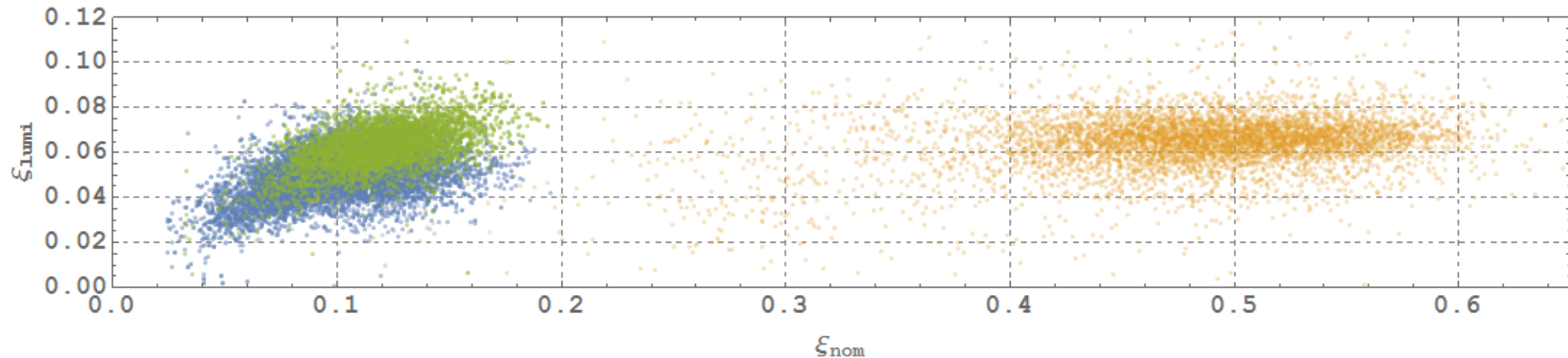
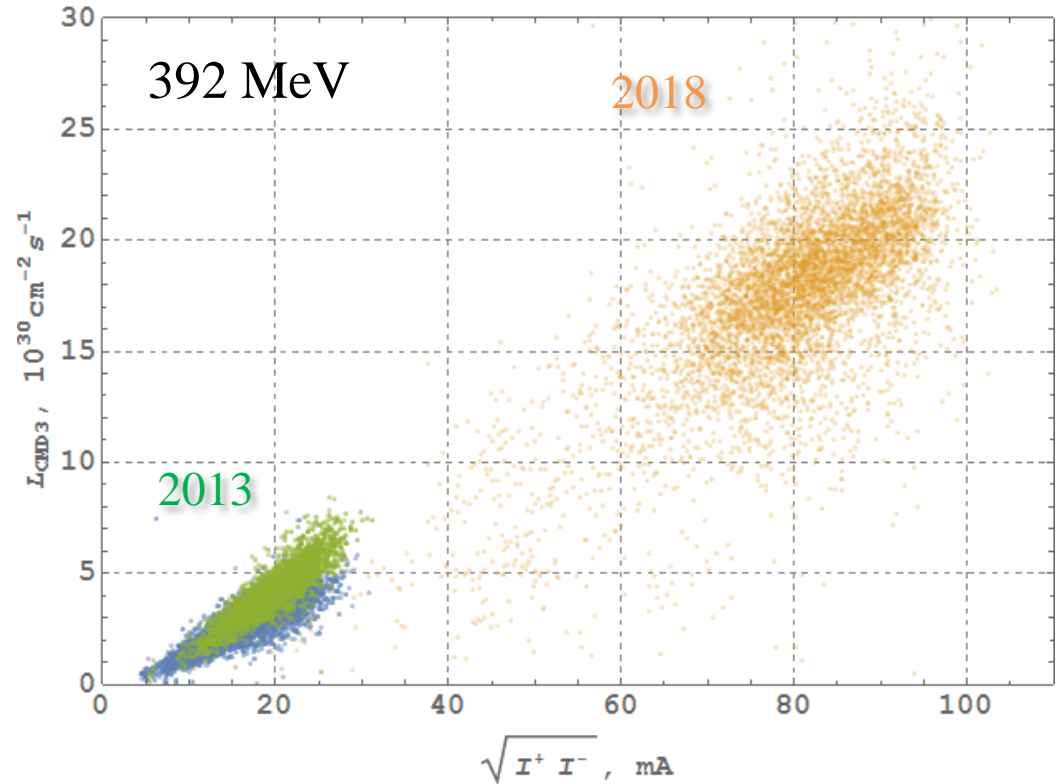
100 turns

# Светимость и параметр встречи

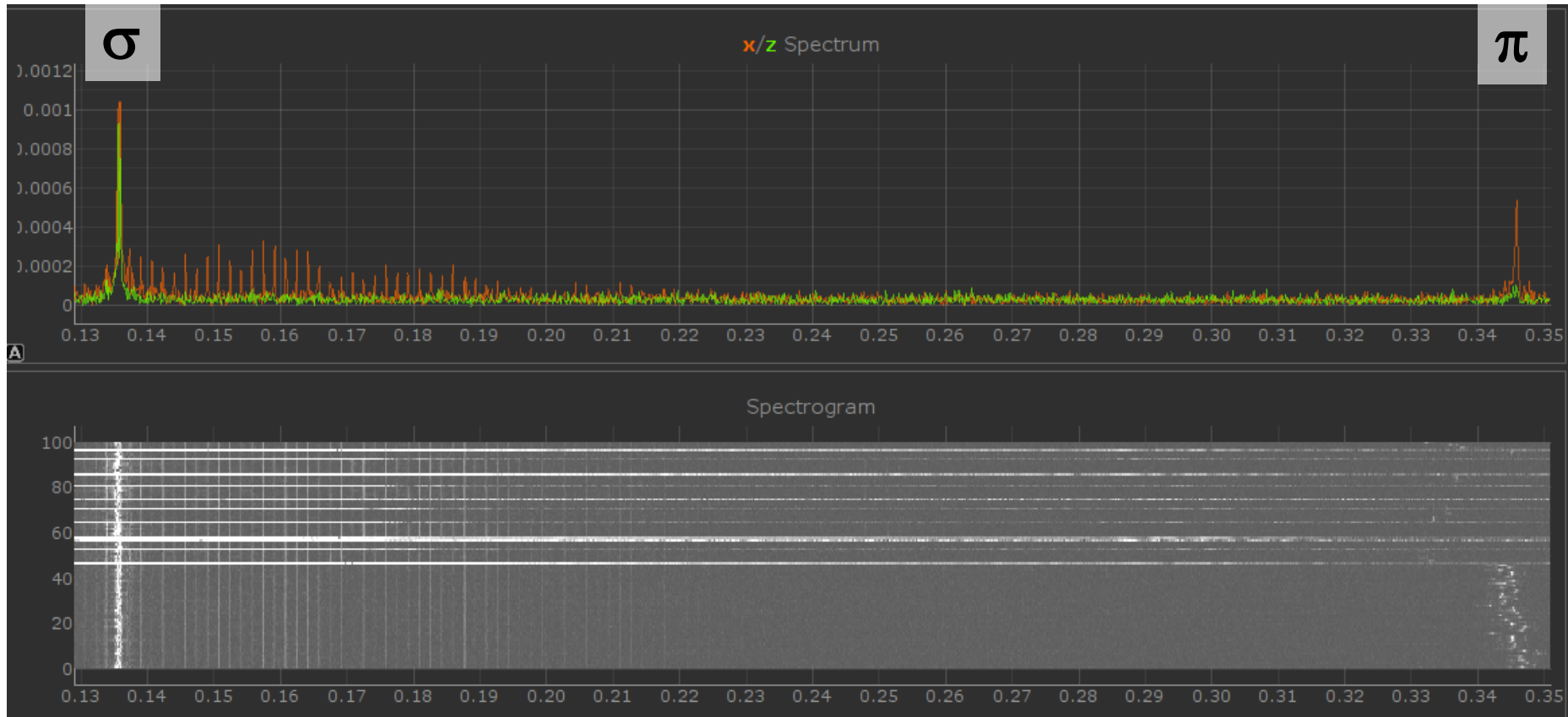
$$\xi_{nom} = \frac{N^- r_e \beta_{nom}^*}{4\pi\gamma\sigma_{nom}^{*2}} \text{ - normalized beam current}$$

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

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



# 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)

# Пробные наблюдения стрик-камерой

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

Streak-camera always observing electron bunch.

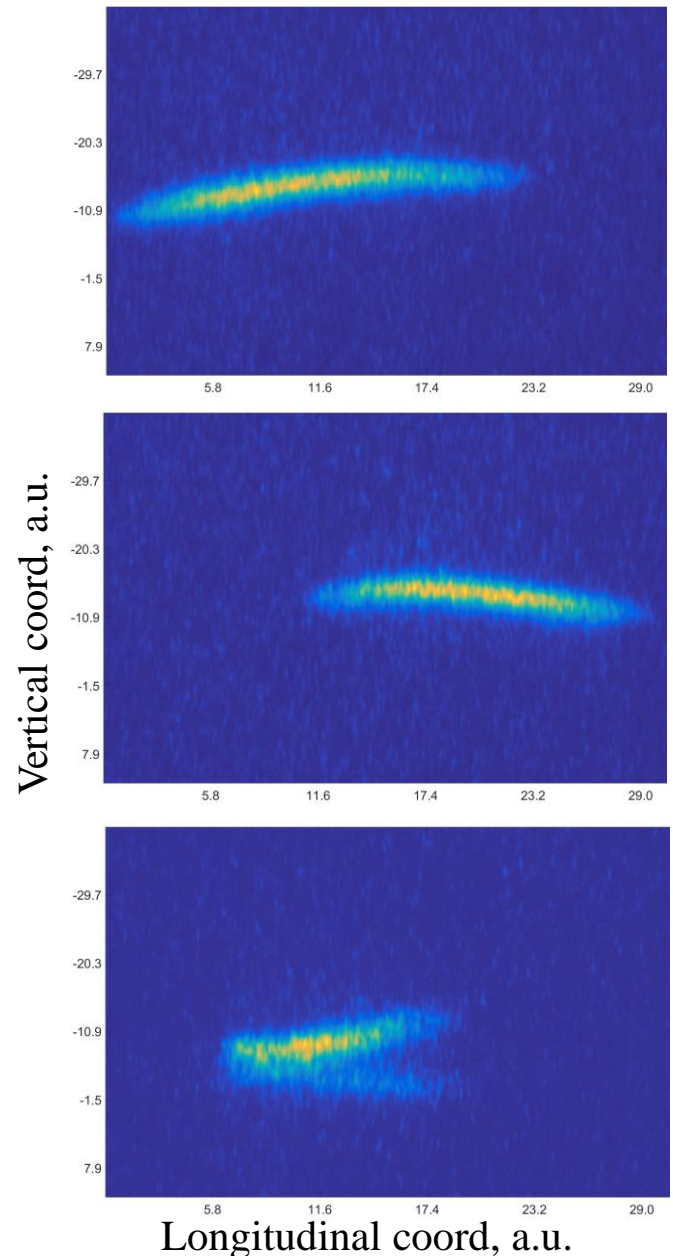
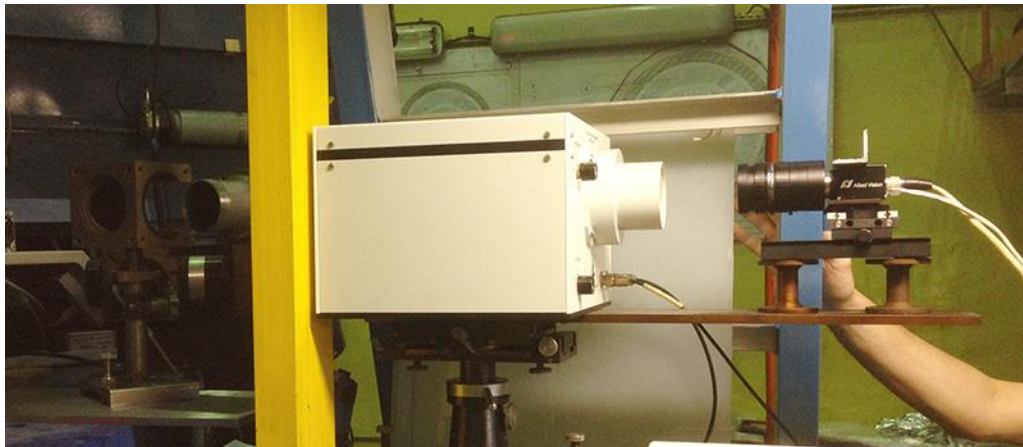
Beamshaker switched off.

Both currents above beam-beam threshold.

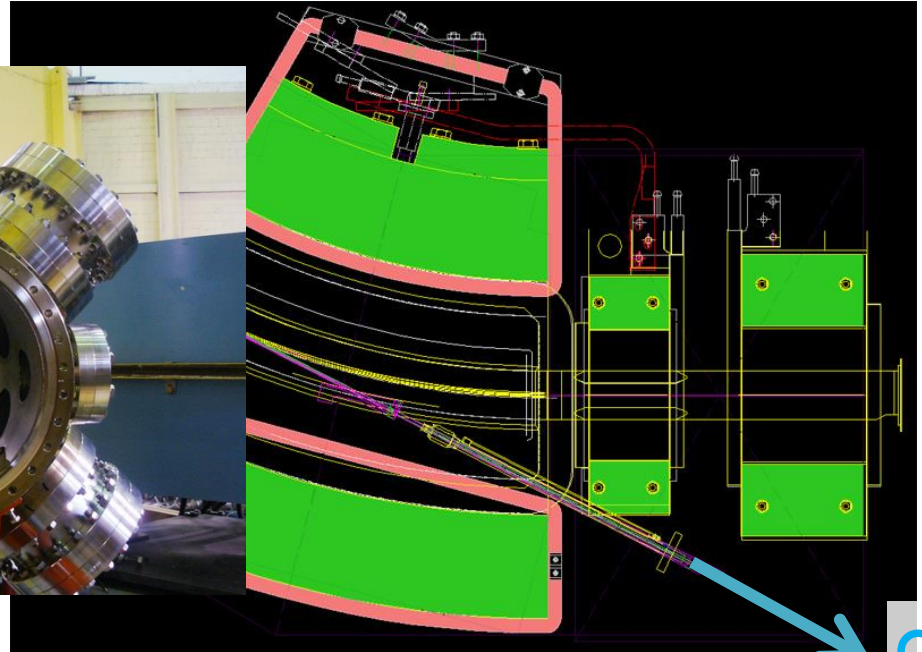
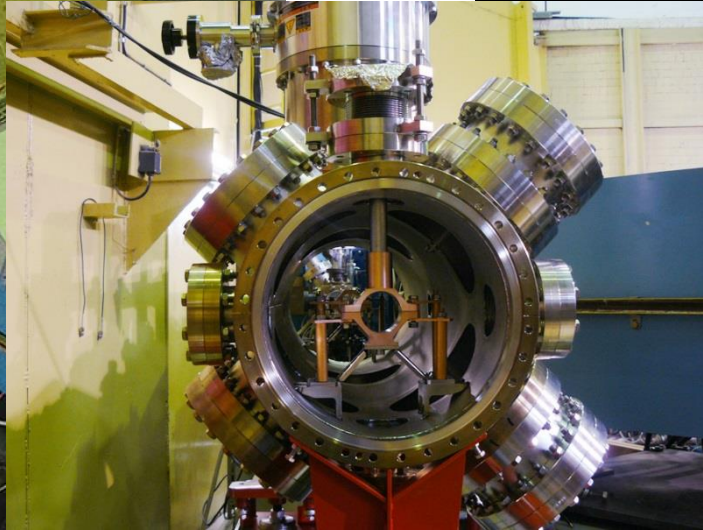
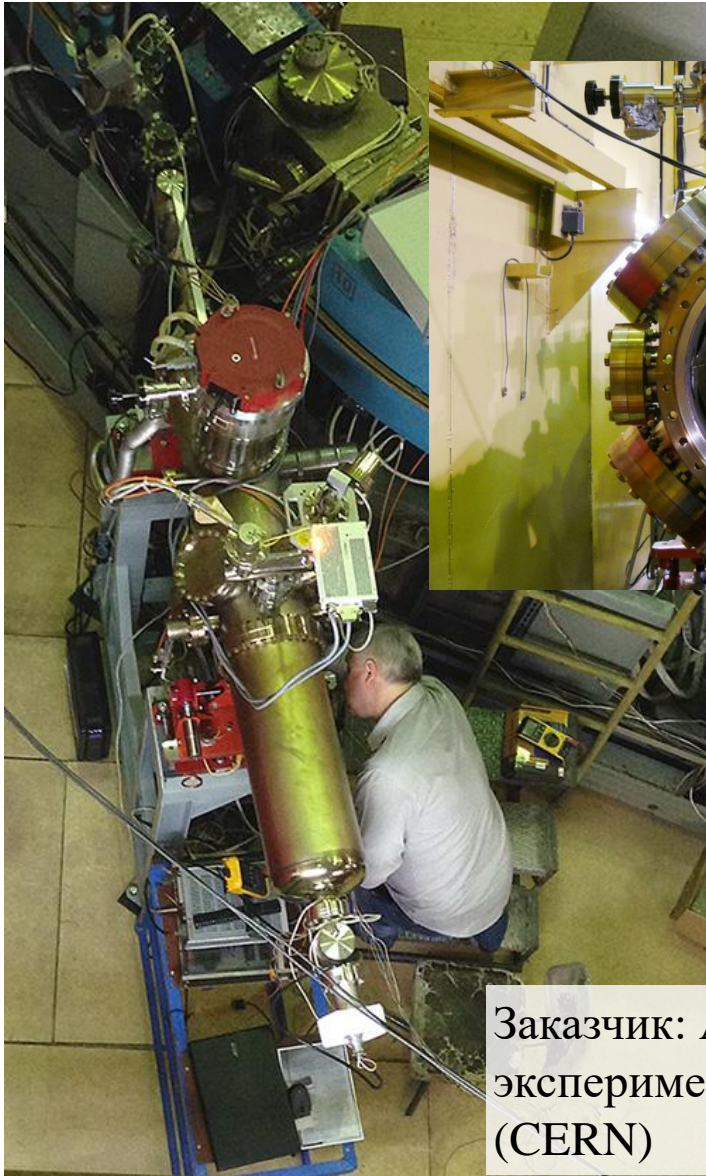
$E = 392.5 \text{ MeV}$

1. Circulating  $e^-$ , injecting  $e^+$ . Turn #40.
2. Circulating  $e^-$ , injecting  $e^+$ . Turn #80.
3. Injecting  $e^-$ , circulating  $e^+$ , Turn #40.

Note:  $v_s = 0.002$  ( $T_s = 500$  turns)

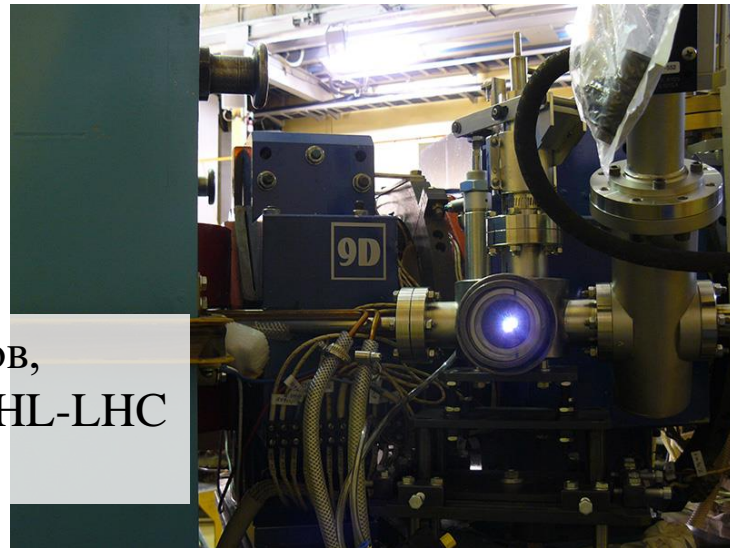


# СИ на БЭП

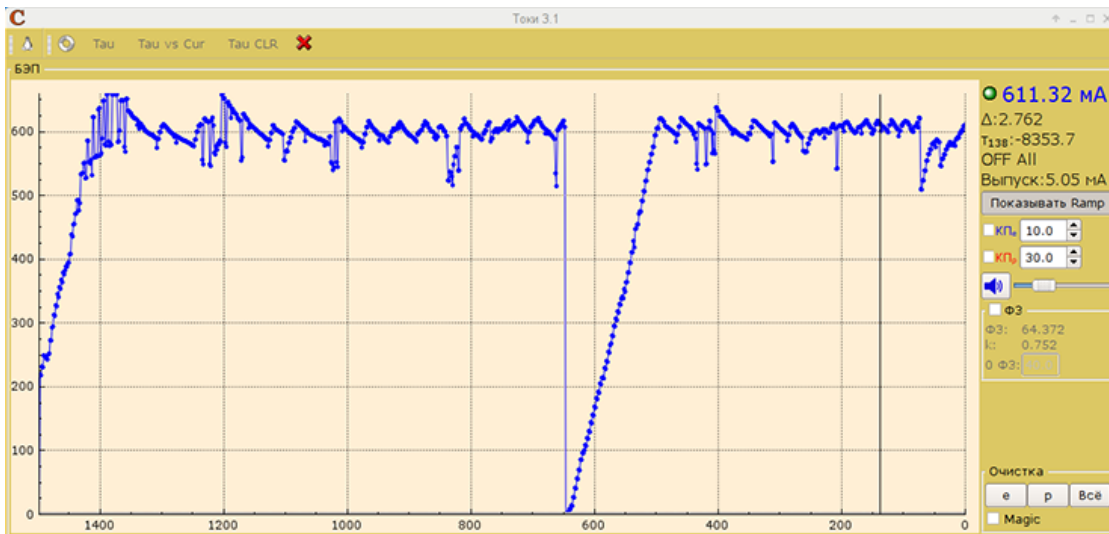
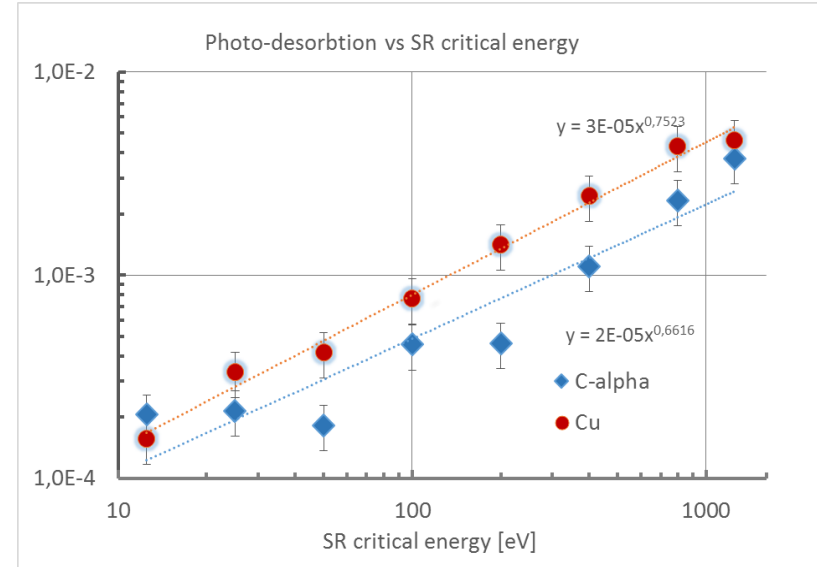
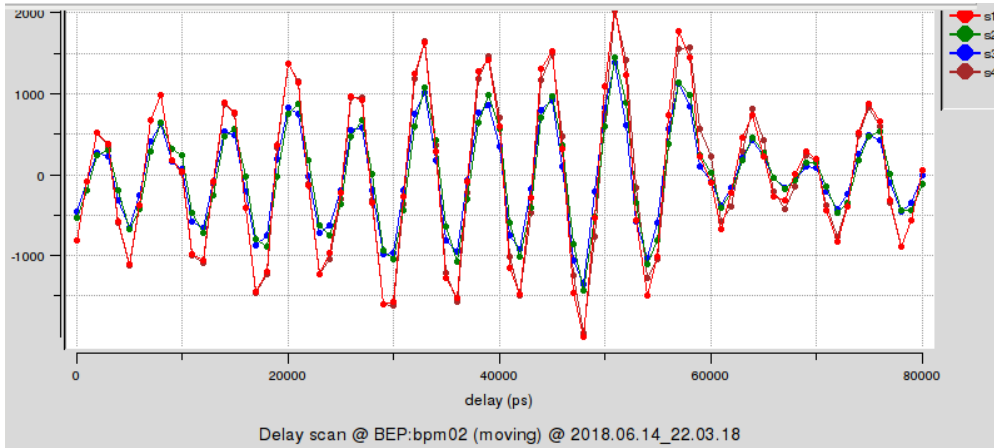


СИ

Заказчик: А.Краснов,  
эксперименты для HL-LHC  
(CERN)



# СИ на БЭП



Зависимость квантового выхода фото-стимулированной десорбции от критической энергии спектра СИ для простой медной камеры (красные точки) и с пленкой аморфного углерода (синие ромбы)

# Хронология 2018 (2)

Авг

Авг – вышел из строя сервер, начался вынужденный апгрейд системы управления.

Сен

Сен – модернизация токовводов 3-х соленоидов. (Ремонт КМД: без выкатывания!)

Окт

Ноя

16.11.2018 – пучок в БЭП.

25.11.2018 – впервые «тёплая» оптика на 700 МэВ.

28.11.2018 – [пережог токоввода на катушке 1S2 \(Nb<sub>3</sub>Sn\)](#).

дек – методические работы с пучком в БЭП/ВЭПП. Ремонт КМД.

Дек

20.12.2018 – захват в «холодной оптике», подвижки соленоидов.

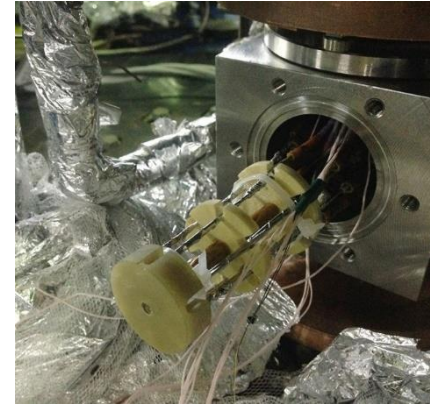
27.12.2018 – первая светимость сезона, 700 МэВ.

Янв

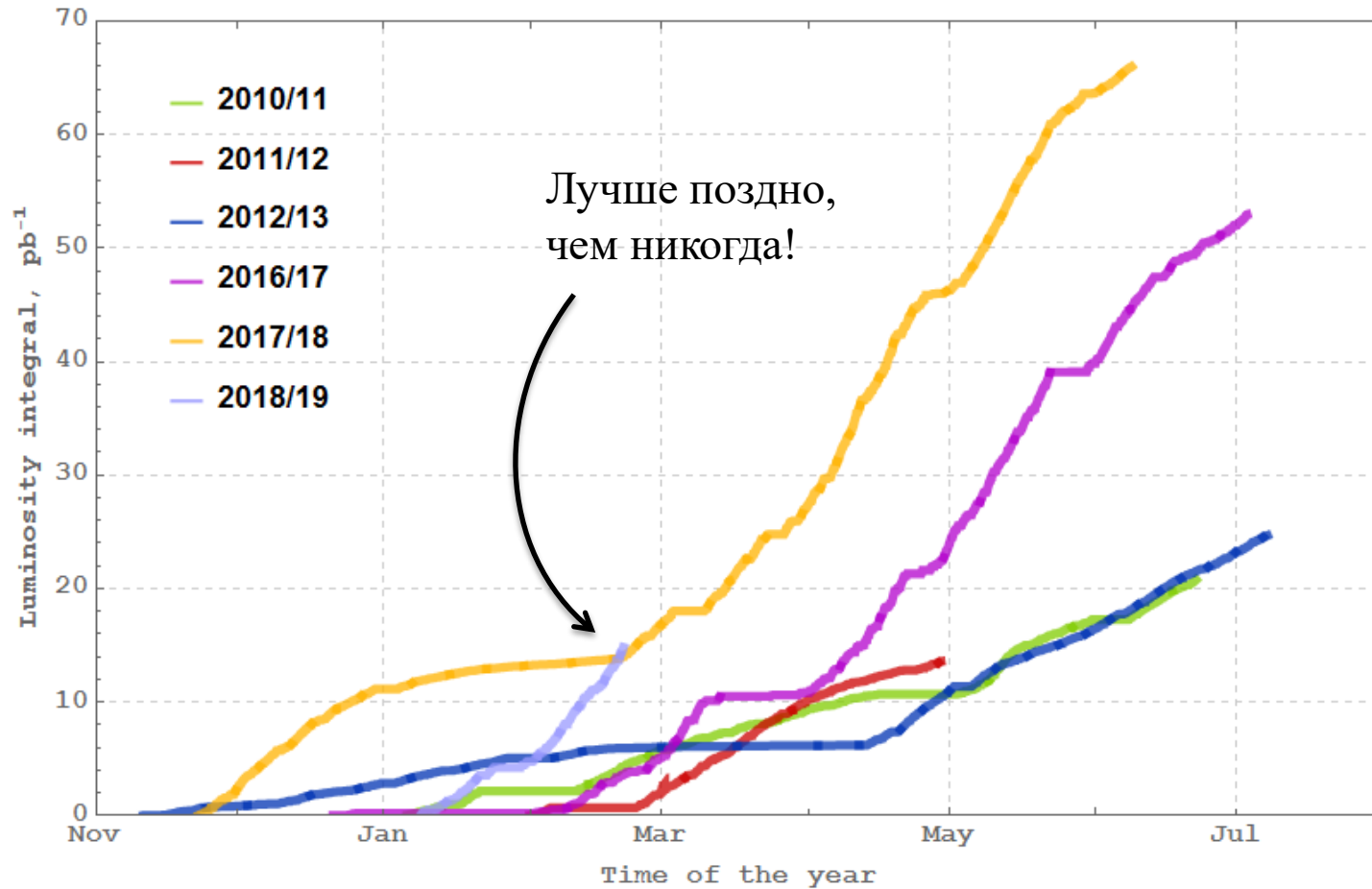
08.01.2019 – начало сканирования по программе вверх от 537.5 МэВ (HIGH2019).

Фев

08.01.2019 – тестовые измерения пооборотным профилометром (фотодиодная линейка).



# Набор данных: сезон 2018/19

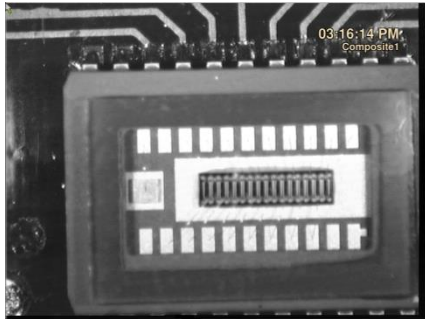




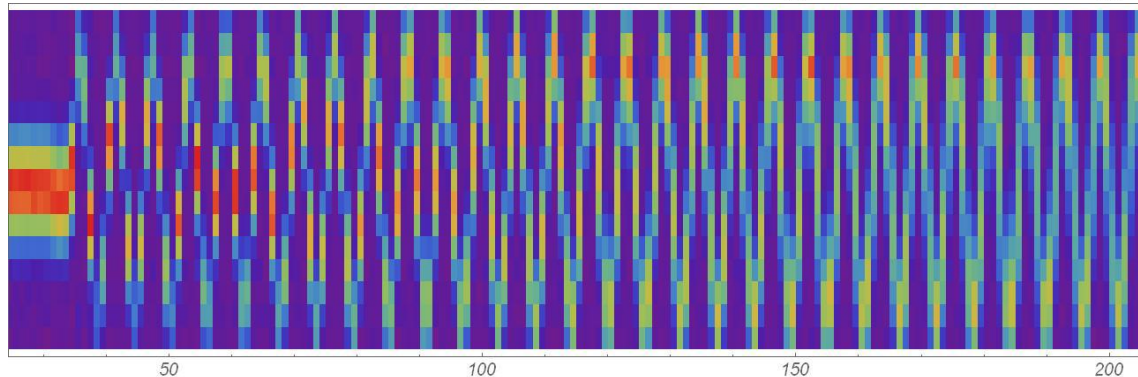
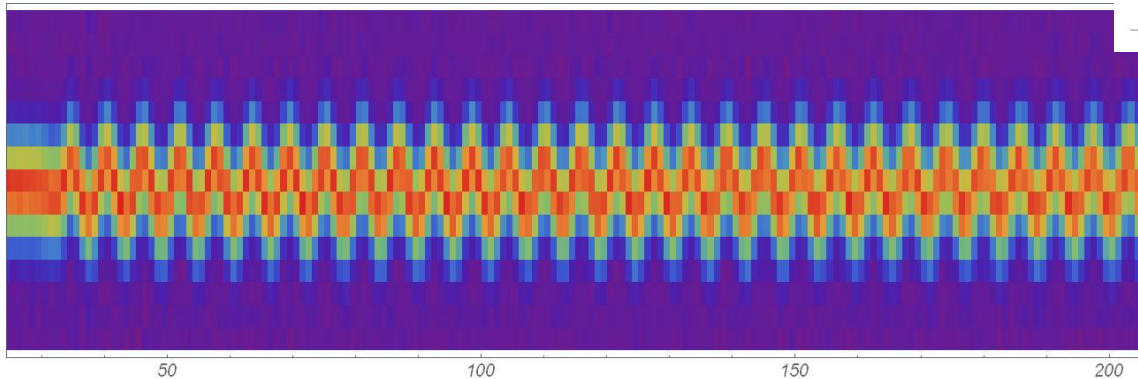
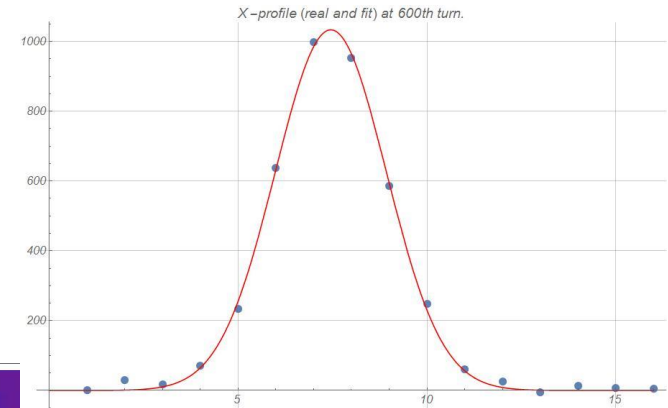
# Фотодиодная линейка

*О.Мешков, В.Борин, М.Тимошенко, Ю.Жаринов, Г.Карпов*

Линейка



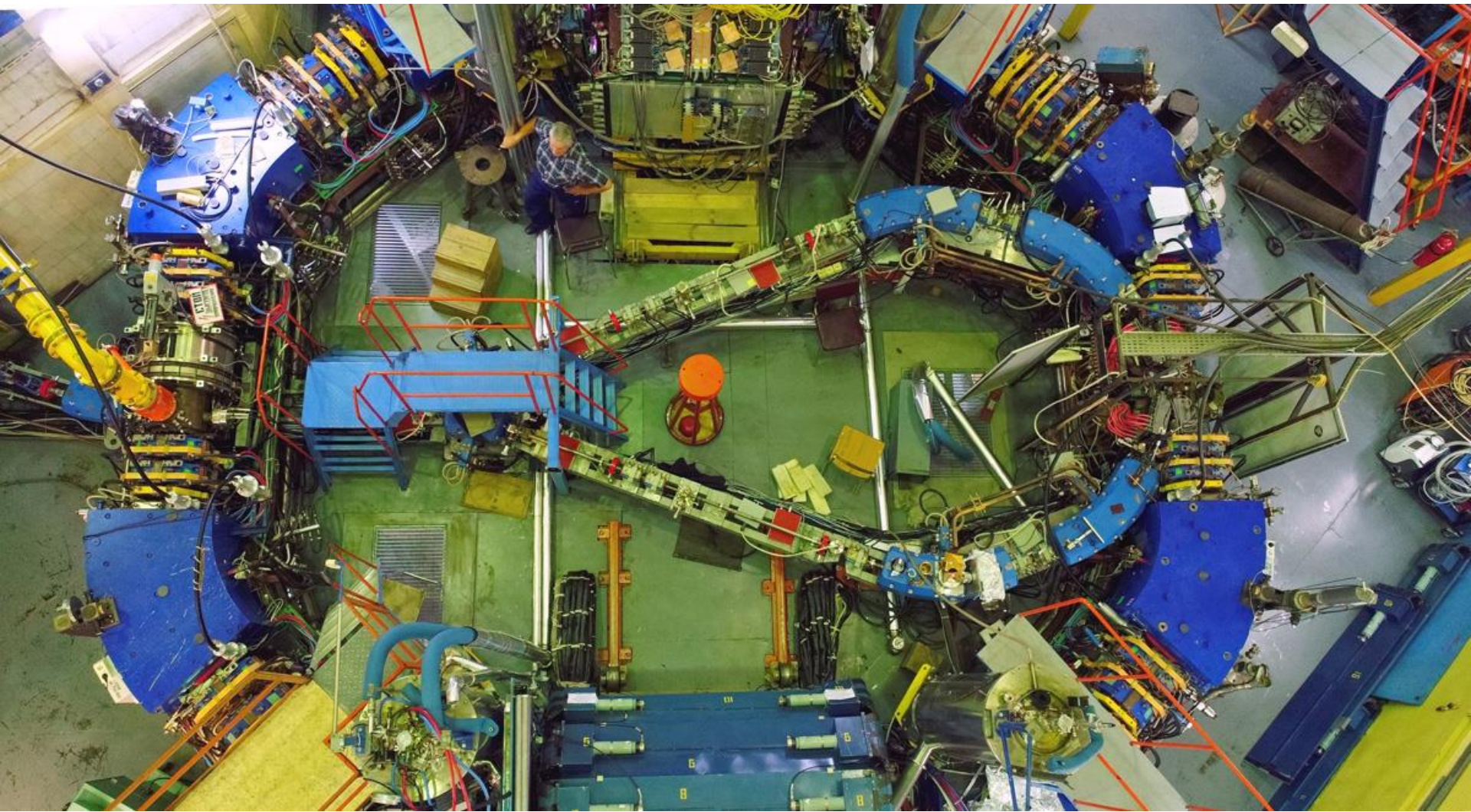
Профиль на  
600-м обороте



Примеры измерений  
ударенного пучка

# Планы модернизации

- Новые источники ВЧ-500 (24шт). С.Васичев О.Беликов
- Апгрейд 10кА, 2МВт источника питания БЭП (и ВЭПП): новая элементная база + быстрая и надёжная переполюсовка. К.Горчаков.
- Замена источников импульсного питания АККОРД на ГИД-160 (?)
- Апгрейд криогеники: заливка под током + дистанционная заливка. Е.Пята
- Второй ВЧ-резонатор на ВЭПП-2000 для управления длиной сгустка: feasibility study.

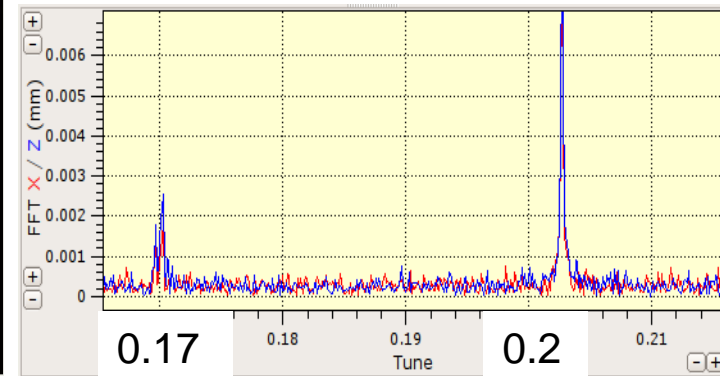
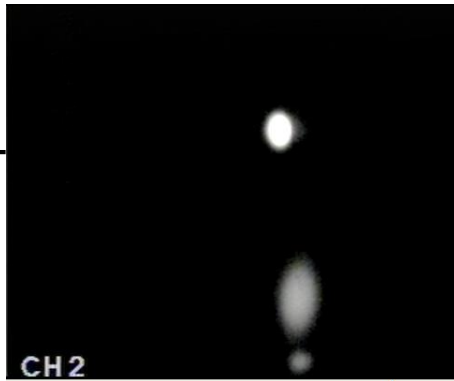
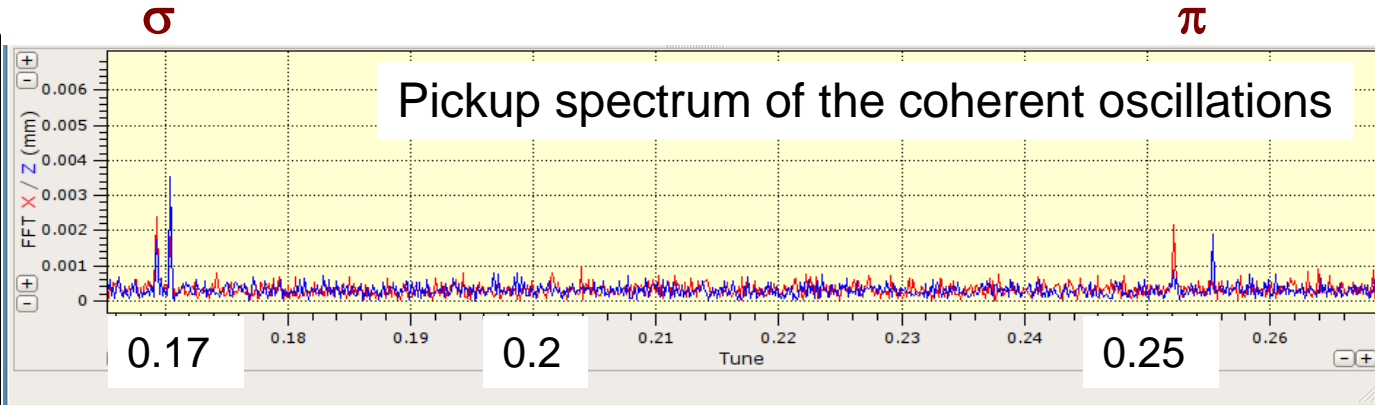
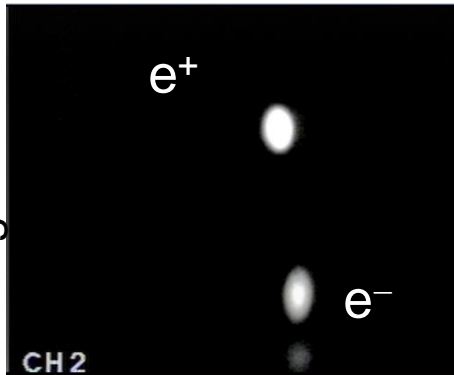


**Спасибо всем участникам работы!**

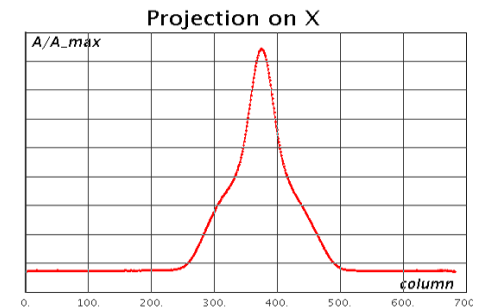
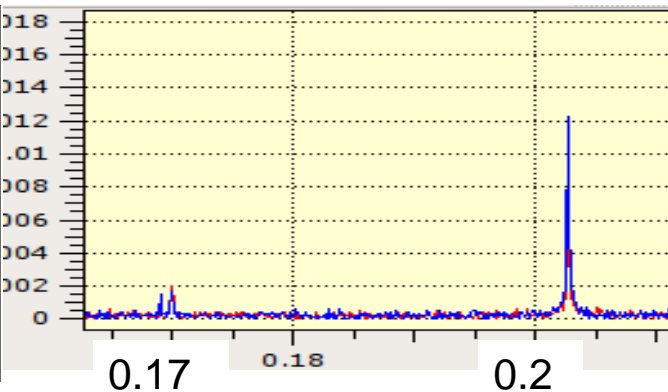
**backup**

# "Flip-flop" effect

TV

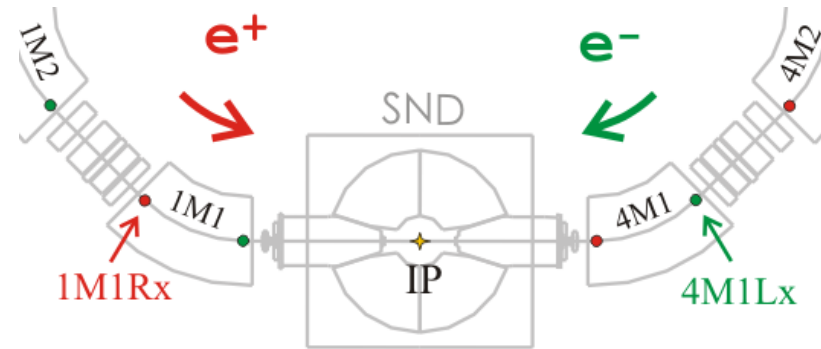
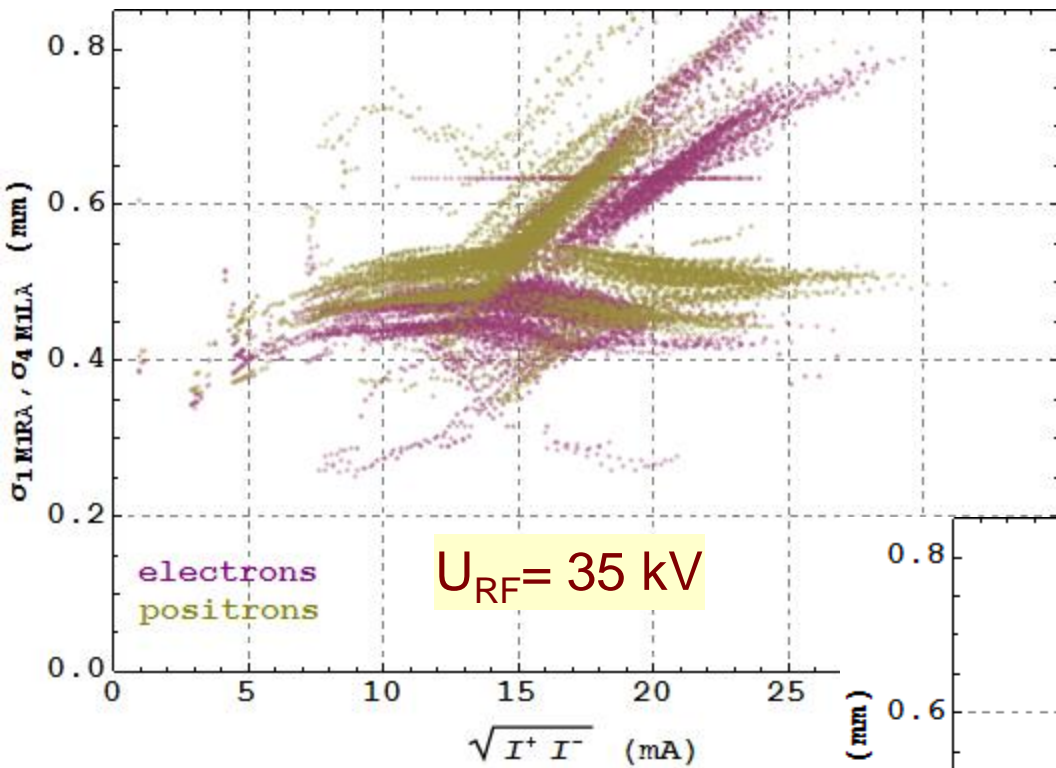


$E = 240 \text{ MeV}$ ,  
 $I_{\text{beam}} \sim 5 \times 5 \text{ mA}$

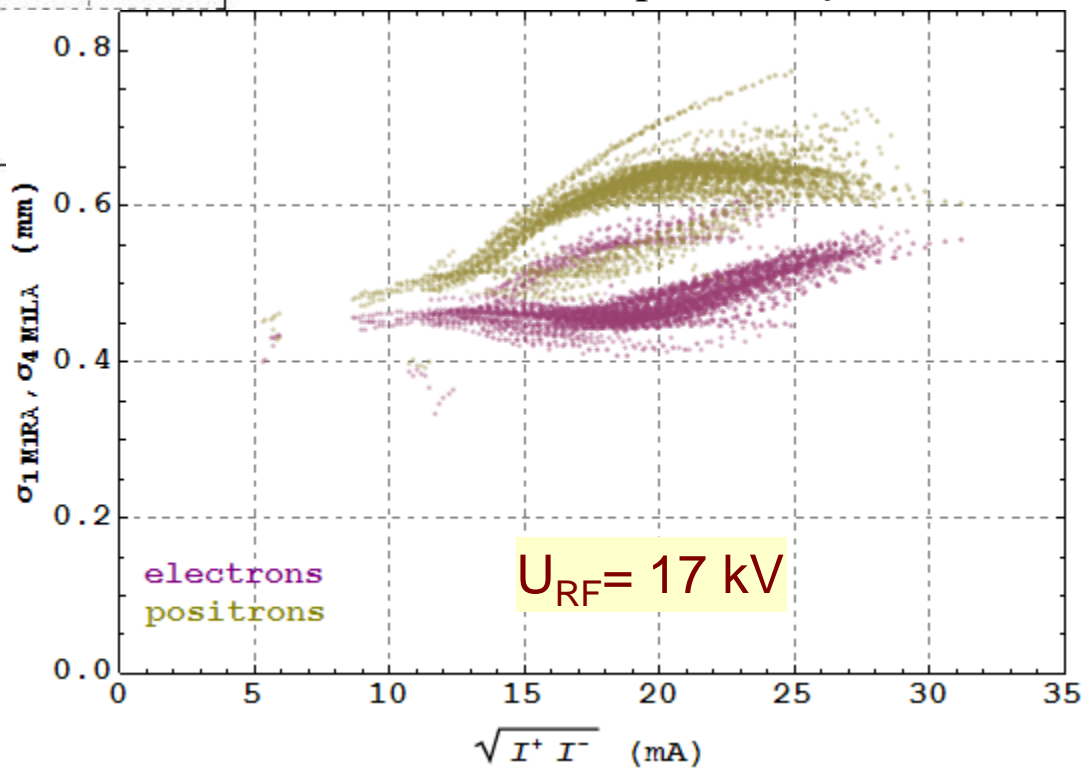
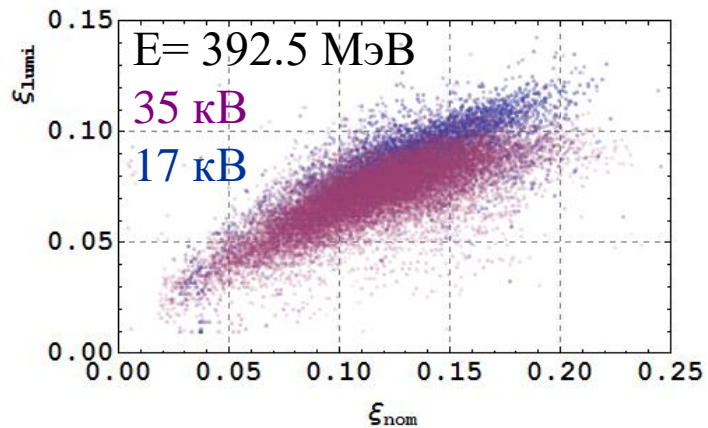


Coherent beam-beam  
 $\pi$ -mode interaction with  
 machine nonlinear  
 resonances?

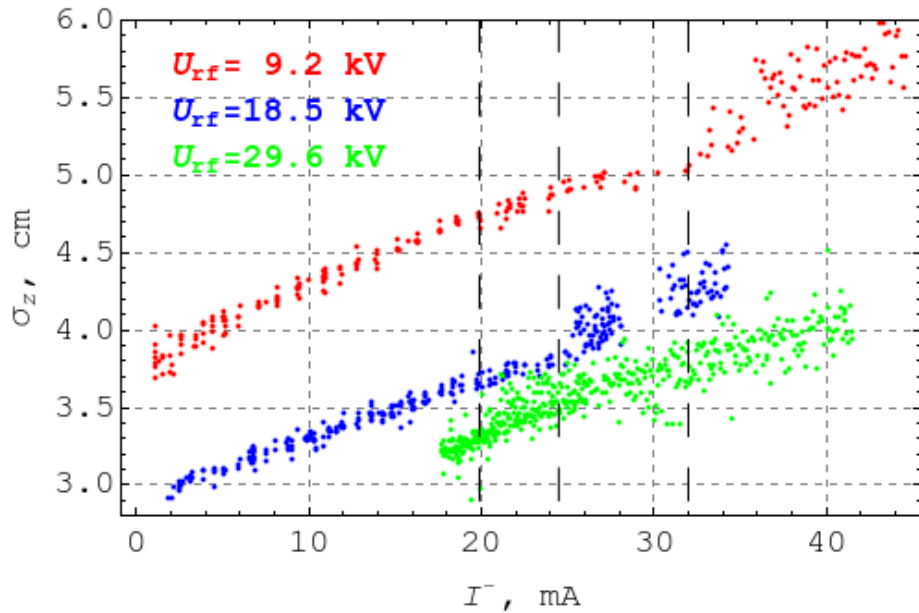
# Подавление флип-флопа



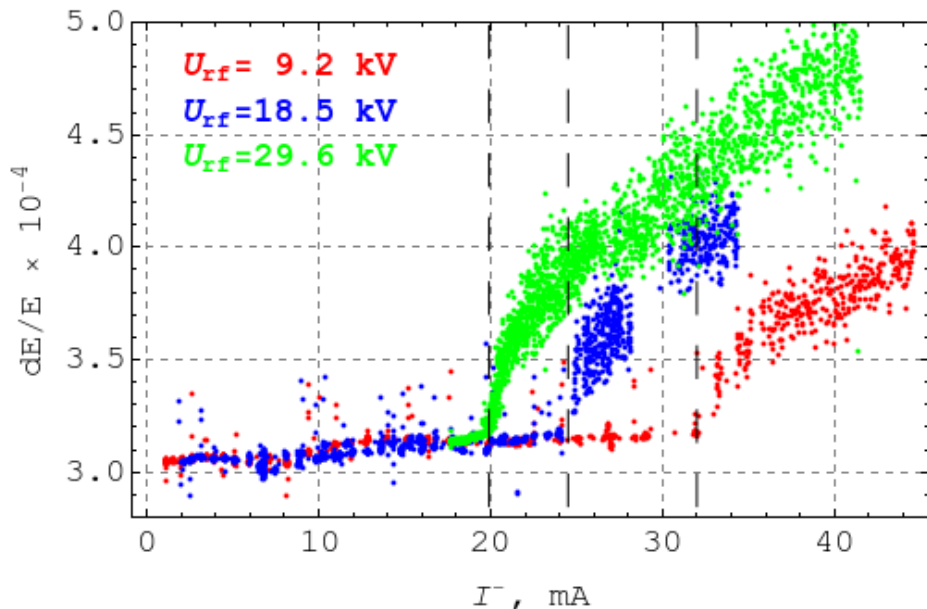
$I = 15\text{ mA}$  corresponds to  $\xi \sim 0.1$



# Удлинение сгустка: микров. неуст.



Bunch length measurement with phi-dissector as a function of single beam current for different RF voltage @ 478 MeV.



Energy spread dependence, restored from beam transverse profile measurements.

# Статусная страница



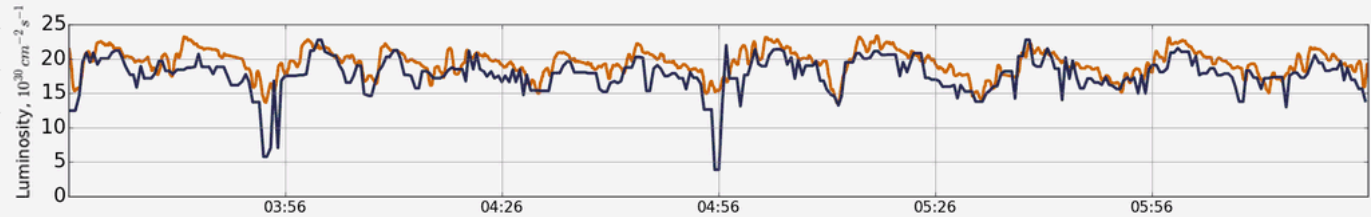
## VEPP-2000 Status

Energy 395.472 MeV

29-05-2018  
06:26

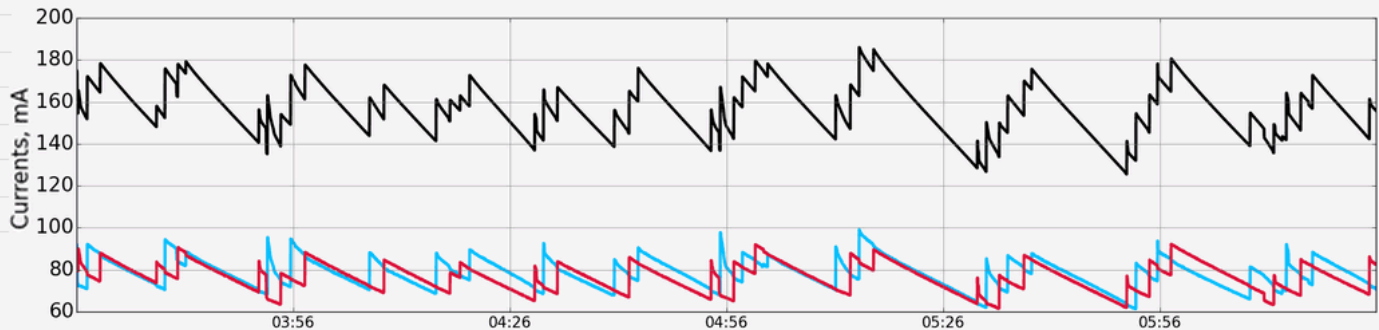
### Luminosity

|       |   |
|-------|---|
| ■ SND | 20.9 $10^{30} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ |
| ■ CMD | 25.0 $10^{30} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ |



### Currents

|              |          |
|--------------|----------|
| ■ FZ current | 155.9 mA |
| tau FZ       | 2458.0 s |
| ■ e- current | 71.1 mA  |
| tau e+       | 1852.0 s |
| ■ e+ current | 82.6 mA  |
| tau e-       | 1745.0 s |



### BEP currents

|                  |         |
|------------------|---------|
| ■ e- BEP current | 37.3 mA |
| ■ e+ BEP current | 0.0 mA  |

