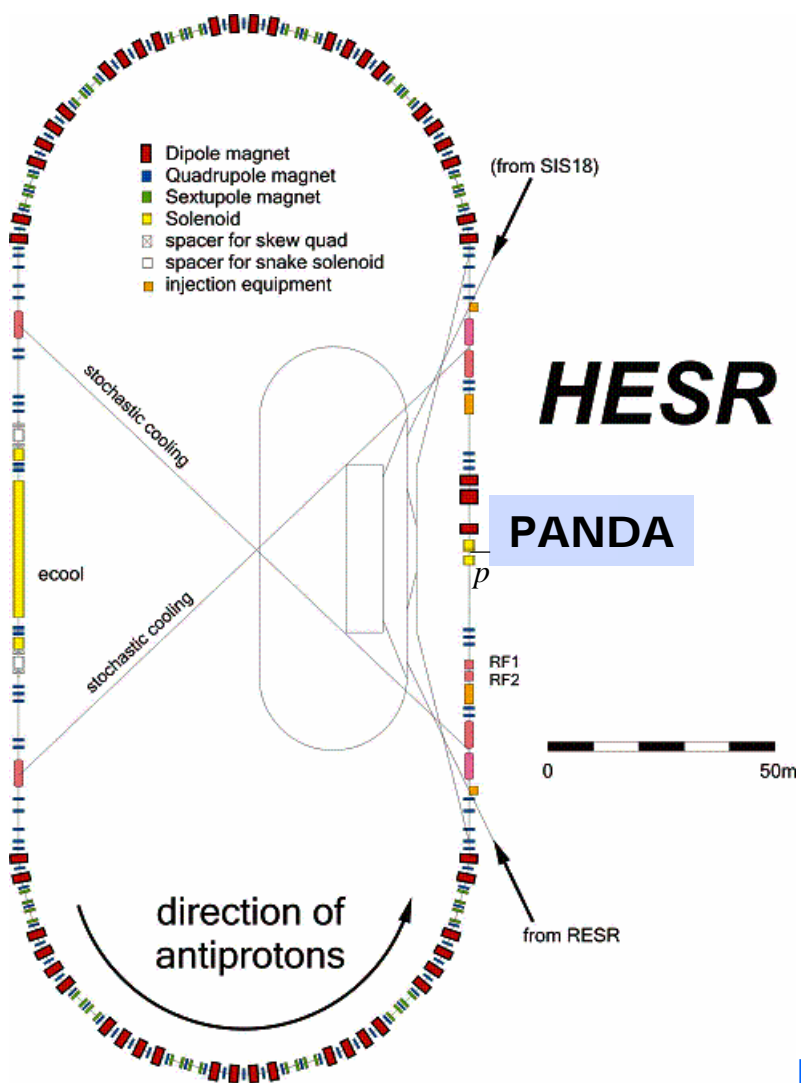


*Эксперимент*  **panda**

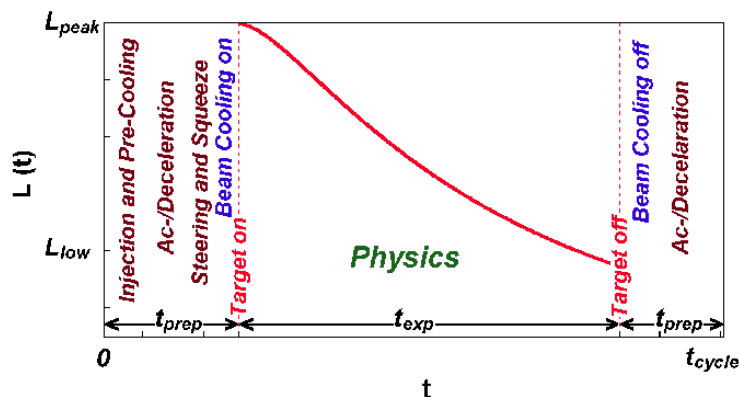
*Ю. Нарышкин*

# High Energy Storage Ring



## Parameters of HESR

- Injection of at 3.8 GeV/c
- Momentum range (1.5-14.5 GeV/c)
- Storage ring for internal target operation
- Luminosity up to  $L \sim 2 \times 10^{32} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$
- Beam cooling (stochastic & electron)



$t_{exp} = 2 \text{ h}$   
 $t_{prep} = 5 \text{ min}$

High luminosity mode:  $L = 2 \times 10^{32} \text{ [cm}^{-2}\text{s}^{-1}]$ ,  $\sigma_p/p \sim 10^{-4}$   
 High resolution mode:  $L = 2 \times 10^{31} \text{ [cm}^{-2}\text{s}^{-1}]$ ,  $\sigma_p/p \leq 2 \cdot 10^{-5}$

# Основные пункты физической программы эксперимента

## Charmonium ( $c\bar{c}$ -bar) Spectroscopy

**Unprecedented precise measurements of masses, widths and BR**

## Exotic states

**Glueballs ( $gg$ )**

$$\bar{p}p \rightarrow f_2(2000 - 2500) \rightarrow \phi\phi$$

**Hybrids ( $gq\bar{q}$ -bar)**

$$\bar{p}p \rightarrow [\bar{\eta}_{c0,1,2}, \bar{h}_{c0,1,2}, \bar{\chi}_{c1}] \eta \rightarrow DD^* \eta$$

## Nucleon Structure

**Proton time-like form factors**  $\bar{p}p \rightarrow e^+e^-$

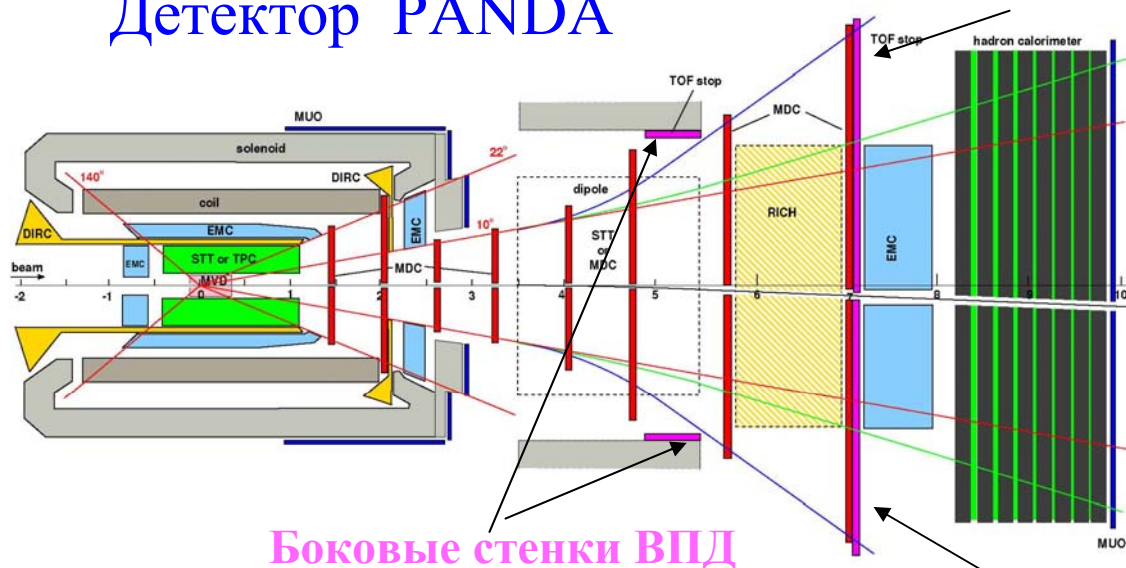
**Hyperon production and polarization**  $\bar{p}p \rightarrow \bar{\Lambda}\Lambda, \bar{p}p \rightarrow \bar{\Xi}\Xi$

## Nuclear Physics: Strangeness Sector

**Double Hypernuclei production via  $\bar{\Xi}$ -capture**  $\bar{p}p \rightarrow \bar{\Xi}^+ \Xi^-$

...

# Детектор PANDA



Боковые стенки ВПД

Передняя стенка ВПД

Угловой акцептанс  
переднего спектрометра:

$\pm 5^\circ$  по вертикали  
 $\pm 10^\circ$  по горизонтали

- передняя стенка

140x5x1.5 см<sup>3</sup>, 20 пластин,  
140x10x1.5 см<sup>3</sup>, 46 пластин

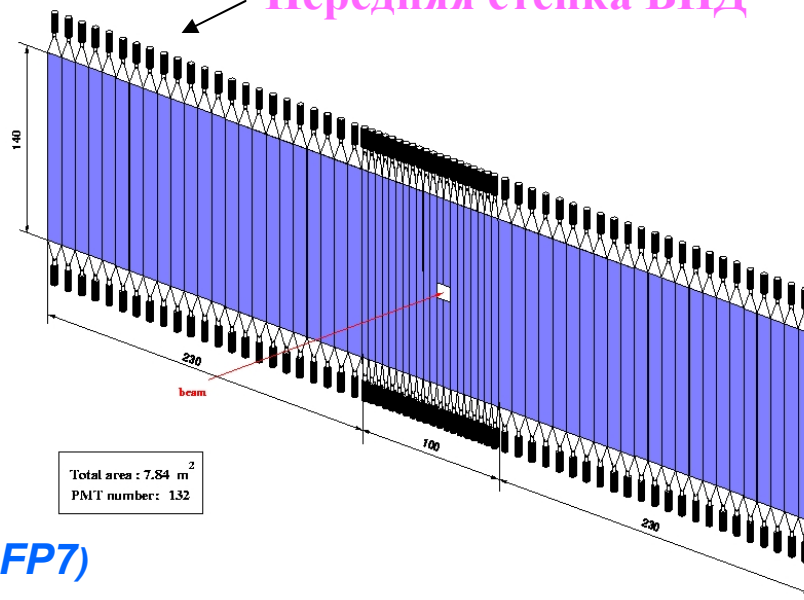
- боковые стенки, внутри дипольного магнита  
100x10x1.5 см<sup>3</sup>, 14 пластин в каждой стенке  
изготовлены из пластикового сцинтиллятора  
BC408.

Требуемое временное разрешение ВПД  
не хуже 100 пс

ФЭУ R4998 (для 5 см пластин)

ФЭУ R2083 (для 10 см пластин)

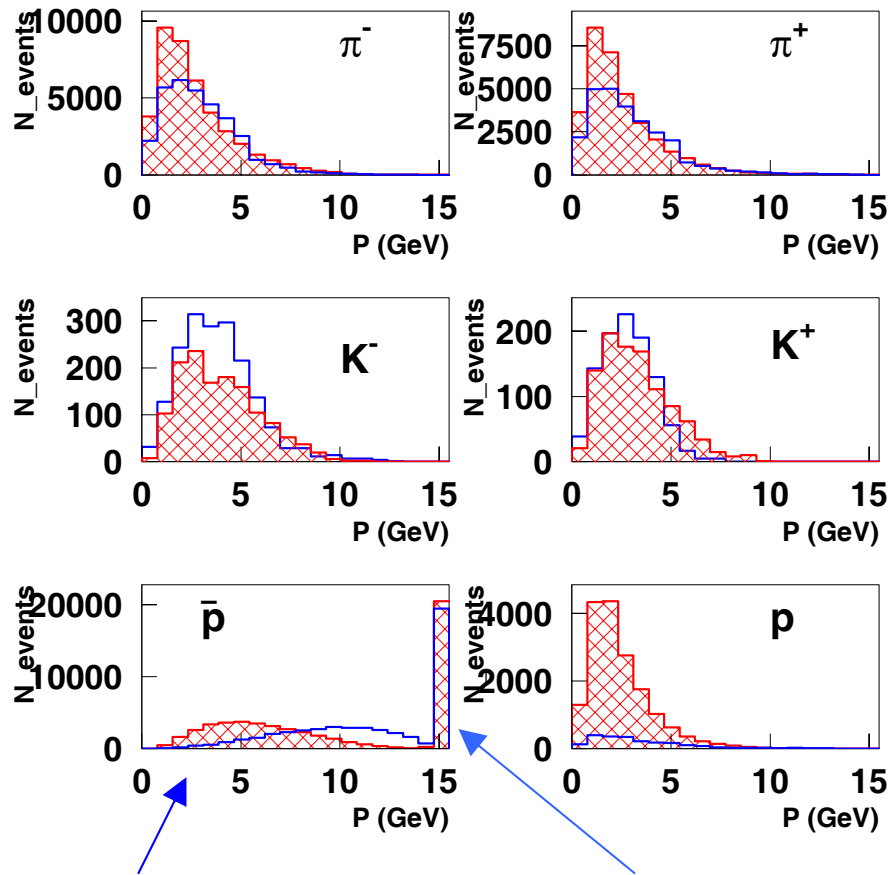
(SiPM для боковых стенок ВПД. European grant FP7)



# Идентификация частиц в переднем спектрометре

- ВПД хорошо разделяет пионы от каонов до импульсов 3 Гэв/с каоны от протонов до импульсов 4 Гэв/с
- RICH (HERMES) хорошо идентифицирует пионы начиная с импульса 2 Гэв/с, протоны с импульса 4 Гэв/с и каоны с импульса 3 Гэв/с
- Идентификация адронов во всем импульсном интервале полностью обеспечивается комбинацией ВПД/RICH

# Монте-Карло моделирование $p_{beam} = 15$ Гэв/с



**PYTHIA**

**DPM**

$\bar{p}p \rightarrow \bar{p}X$

пик упруго рассеянных  $\bar{p}$

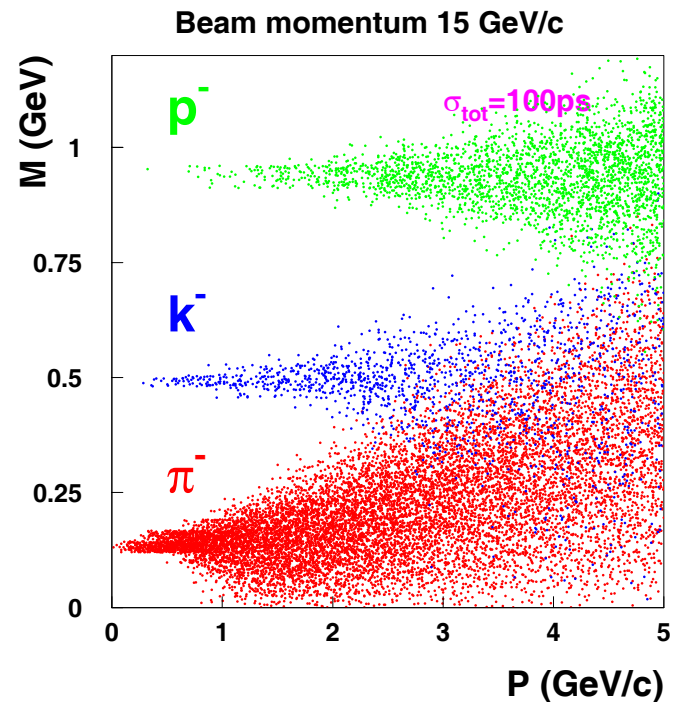
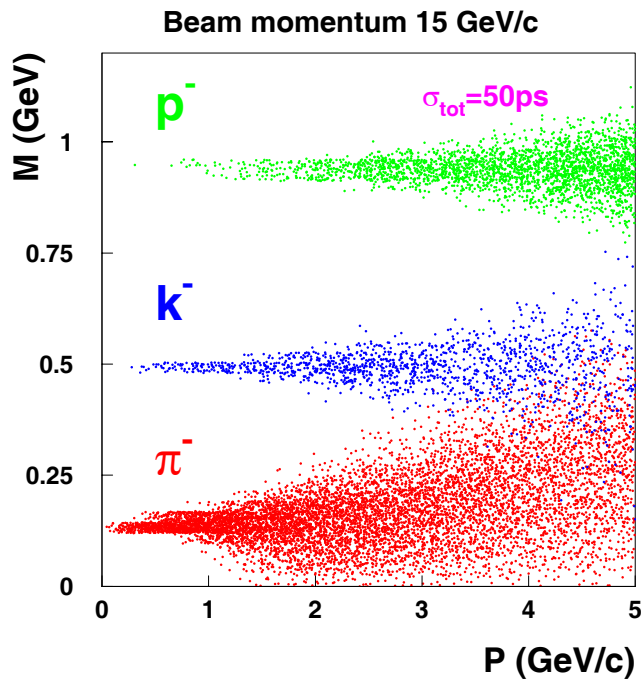
# Mass reconstruction

*no magnetic field used in simulation (track is assumed to be a straight line)*

$$m = p \sqrt{\frac{t^2}{t_c^2} - 1} \quad t_c = L/c \quad (c = 1)$$

*L is track length*

$$\frac{\delta m}{m} = \sqrt{\left(\frac{\delta p}{p}\right)^2 + \gamma^4 \left(\frac{\delta t}{t}\right)^2}$$



**Эффективное разделение пионов от каонов возможно до импульса частиц 3 Гэв/с, а разделение каонов от протонов до импульса 4 GeV/c**

## Загрузки переднего спектрометра при различных значениях импульса частиц пучка

Загрузки расчины при светимости  $2 \cdot 10^{32}$  см<sup>2</sup>/с

### Количество генерированных событий

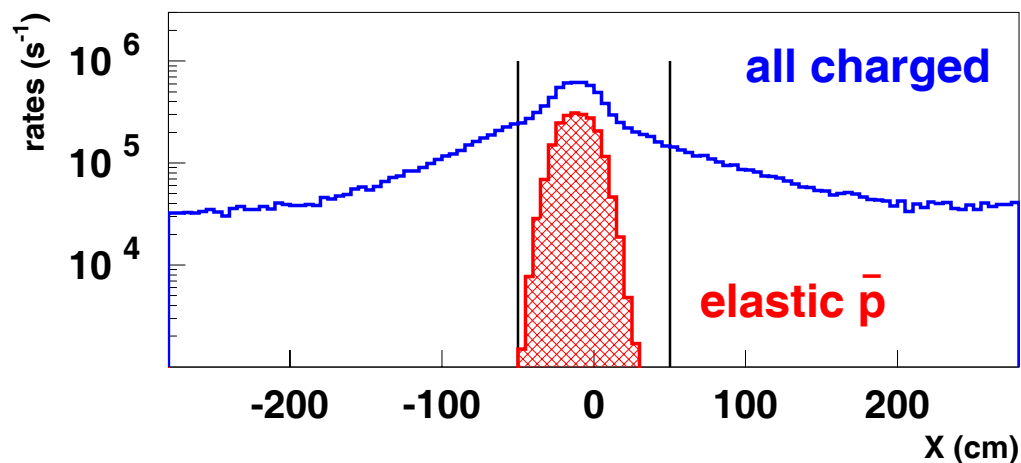
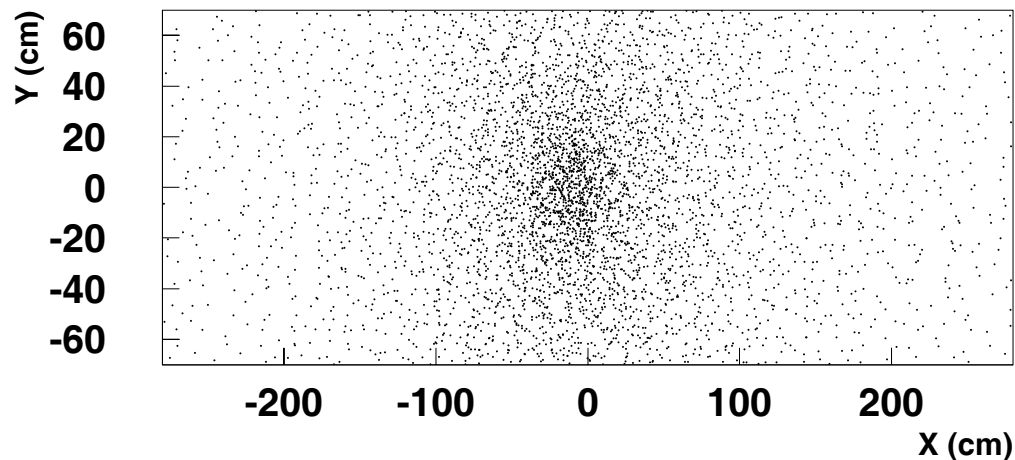
Импульс пучка (GeV/c)	$\sigma_{\text{tot}}$ (mbarn)	4 $\pi$ rates (1/sec)	$\pi^{\pm}$ (1/sec)	K $^{\pm}$ (1/sec)	Proton (1/sec)	Pbar (1/sec) (elastic)
2	90	$1.8 \cdot 10^7$	$7.17 \cdot 10^6$	$6.47 \cdot 10^4$	$2.23 \cdot 10^6$	$2.25 \cdot 10^6$ ( $1.69 \cdot 10^6$ )
5	64.8	$1.3 \cdot 10^7$	$5.4 \cdot 10^6$	$6 \cdot 10^4$	$1.37 \cdot 10^6$	$1.36 \cdot 10^6$ ( $6.94 \cdot 10^5$ )
15	50.8	$1 \cdot 10^7$	$4.15 \cdot 10^6$	$1.48 \cdot 10^5$	$9.16 \cdot 10^5$	$9.18 \cdot 10^5$ ( $3.21 \cdot 10^5$ )

### Загрузки переднего спектрометра

Импульс пучка (GeV/c)	Forward rates (1/sec)	$\pi^{\pm}$ (1/sec)	K $^{\pm}$ (1/sec)	Proton (1/sec)	Pbar (1/sec) (elastic)
2	$1.8 \cdot 10^6$	$3.9 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^3$	$1.2 \cdot 10^4$	$1.07 \cdot 10^6$ ( $1 \cdot 10^6$ )
5	$2.17 \cdot 10^6$	$6 \cdot 10^5$	$7.8 \cdot 10^3$	$3.8 \cdot 10^4$	$9.5 \cdot 10^5$ ( $6.75 \cdot 10^5$ )
15	$2.93 \cdot 10^6$	$9.56 \cdot 10^5$	$4.7 \cdot 10^4$	$3.2 \cdot 10^4$	$8.2 \cdot 10^5$ ( $3.22 \cdot 10^5$ )

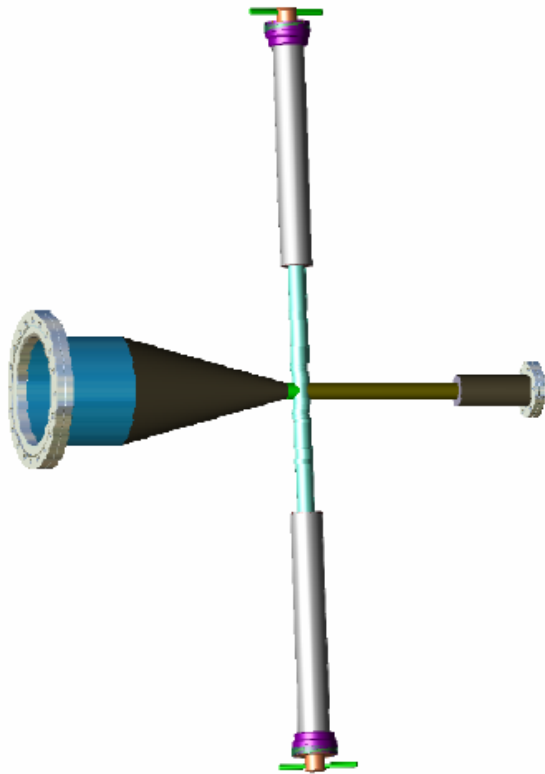


## Загрузки передней стенки ВПД при импульсе пучка 15 Гэв/с



Шаг гистограммы выбран равным ширине центральных пластин (5 см)

# Источники фоновой загрузки

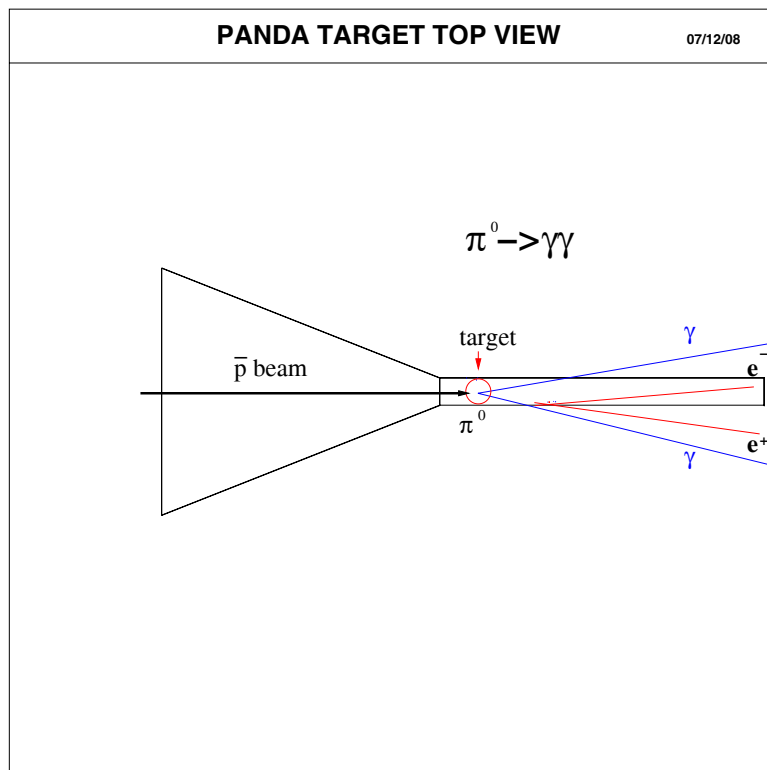


- рождение частиц на стенках вакуумного тракта
- регистрация  $\gamma$  квантов от распада ( $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ ) в сцинтилляторах
- рассеяние пучка на остаточном газе
- рассеяние частиц гало пучка

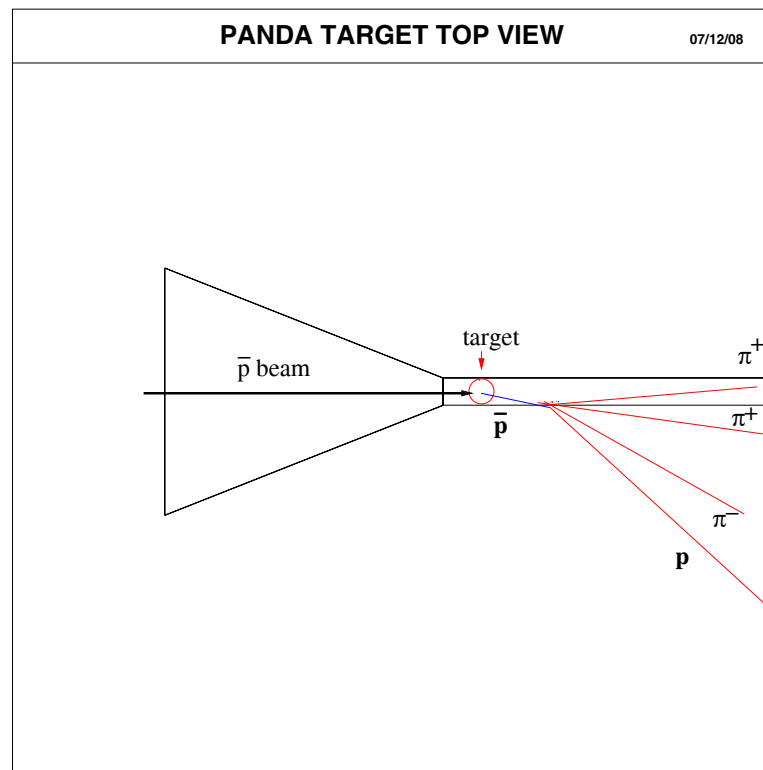
## Вакуумная система в области мишени

- Все компоненты изготовлены из Ti
- Толщина труб маленького диаметра (20 мм) и конуса равны 200  $\mu\text{m}$
- Толщина труб большого диаметра (64,110 .... мм) равна 500  $\mu\text{m}$

# Примеры фоновых событий



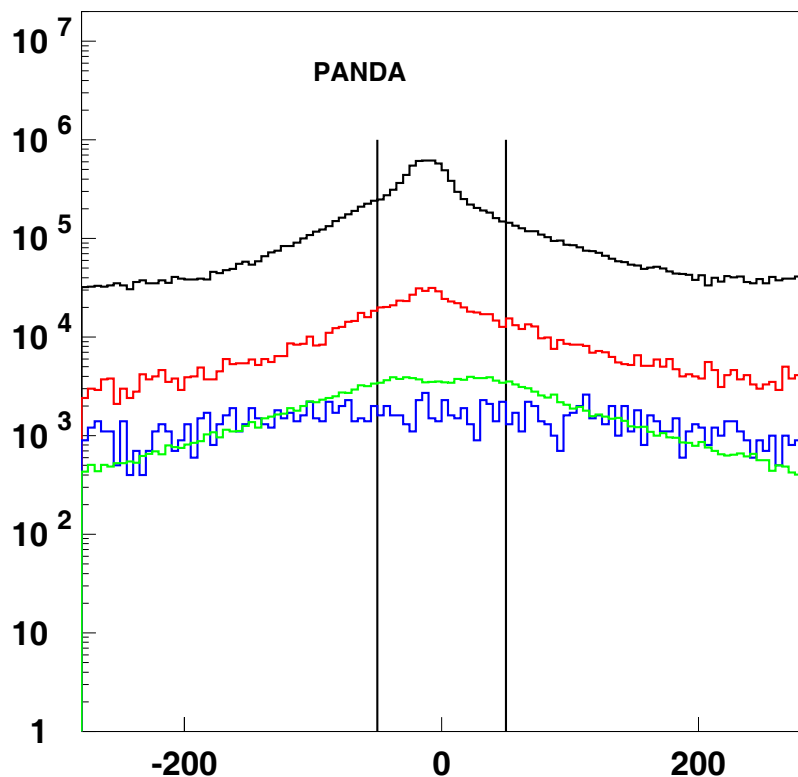
**Рождение  $e^+e^-$  пар на трубах вакуумного тракта**



**Рождение адронов на трубах вакуумного тракта**

# Загрузки передней стенки ВПД при импульсе пучка 15 Гэв/с

Загрузки расчески при светимости  $2 \cdot 10^{32}$  см<sup>2</sup>/с



**все заряженные частицы**

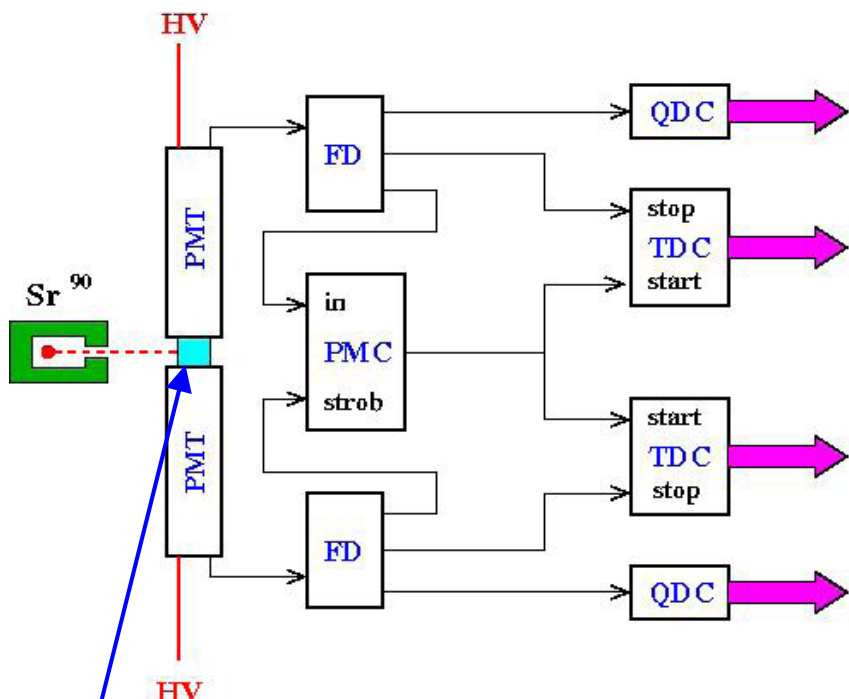
**заряженные частицы образованные при взаимодействии в трубах вакуумного тракта**

**$e^+e^-$  пары рожденные  $\gamma$ -квантом от распада ( $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ ) в трубах вакуумного тракта**

**$e^+e^-$  пары рожденные  $\gamma$ -квантом в сцинтилляторе ВПД**

**Шаг гистограммы выбран равным ширине центральных пластин (5 см)**

# Тестовая станция (прототип)



1. FD (С.Волков)
2. CFD (В.Соловей)

TDC\*

TOF

Computer,  
data analysis  
tuple  
 $\Delta t, q1, q2$

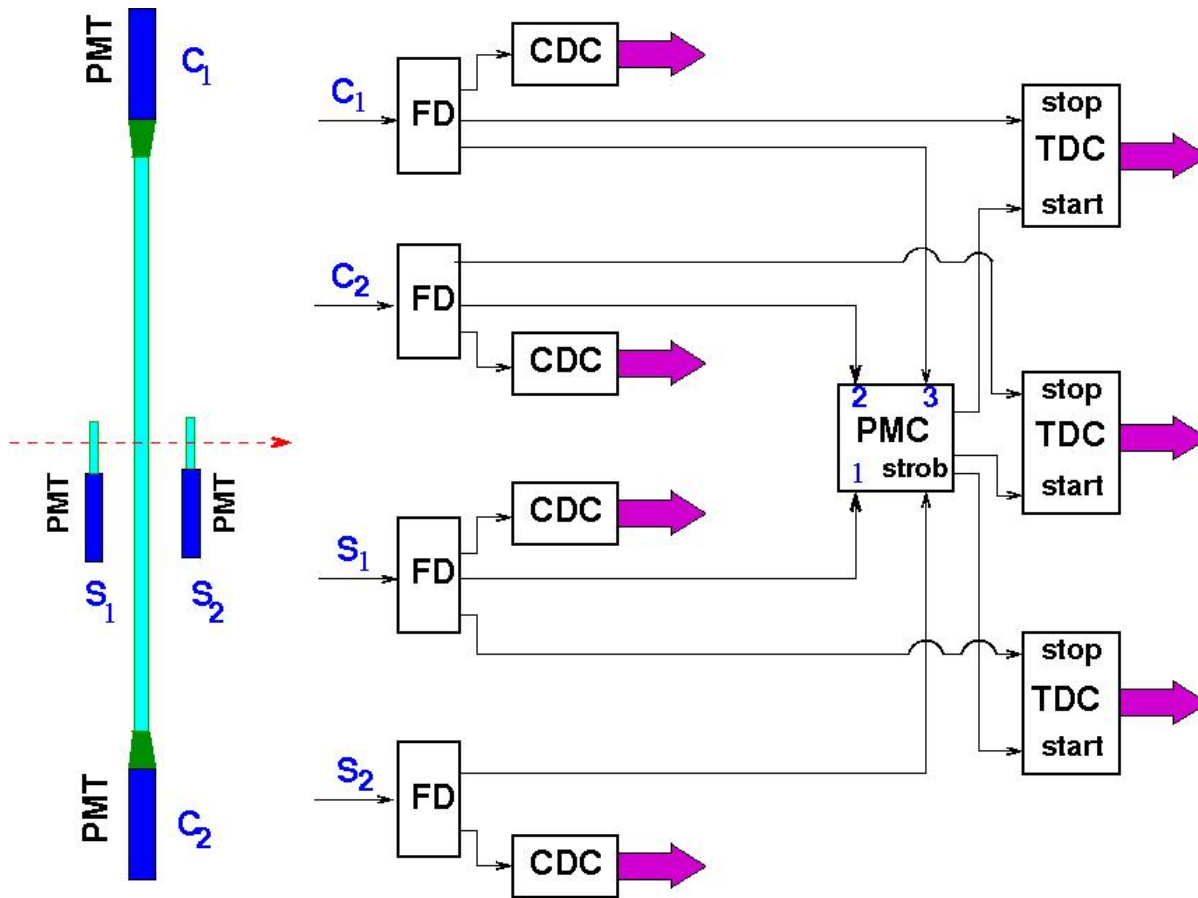
TOF

TOF\*

Сцинтиллятор NE110  
10x12x12 мм<sup>3</sup>  
ФЭУ R4998

Crystall + PMT + electronics = 64.5 ps  
PMT + electronics = 64 ps  
electronics = 20 ps  
PMT(2) = 61 ps  
PMT(1) = 42 ps

# Тестова я станция



# Ближайшие планы

## Монте-Карло моделирование:

- Продолжение работ по моделированию фоновой загрузки детектора с целью выработки рекомендаций для конструкции вакуумного тракта.
- Продолжение моделирования процессов распространения и поглощения света в материале сцинтиллятора и световодов с целью оптимизации их размеров и формы.
- Математическое моделирование способности ВПД (совместно с RICH и другими детекторами) обеспечить надежную идентификацию адронов (пионов, каонов, протонов, анти-протонов) в широком интервале импульсов; моделирование различных физических каналов, например:  
$$\overline{pp} \rightarrow \overline{\Lambda\Lambda}, \quad \overline{pp} \rightarrow \overline{\Lambda_c\Lambda_c}, \quad \overline{pp} \rightarrow \overline{\Omega\Omega}$$

## Создание прототипа детектора:

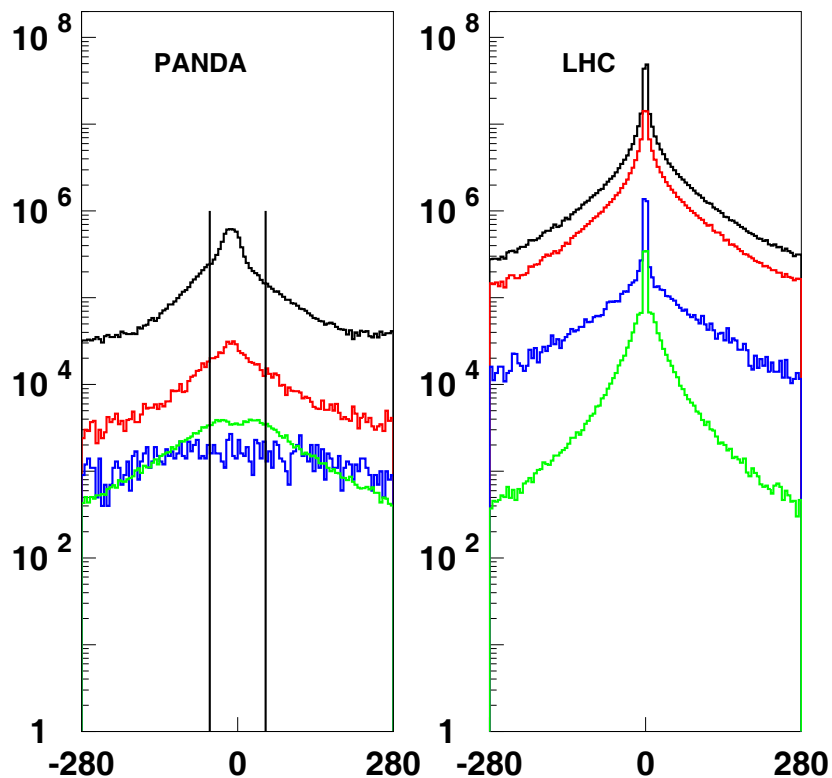
- создание тестовой станции для экспериментального исследования характеристик сцинтилляционного детектора. На основании проведенных выше расчетов разработка прототипов ВПД. **Требуется электроника обладающая высоким временным разрешением!**
- Разработка TDR для ВПД, его защита в 2009 году.
- Испытания на пучке

***Back up slides***



# Загрузки передней стенки ВПД при импульсе пучка 15 Гэв/с

Загрузки расчески при светимости  $2 \cdot 10^{32} \text{ см}^2/\text{с}$



*все заряженные частицы*

*заряженные частицы образованные при взаимодействии в трубах вакуумного тракта*

*$e^+e^-$  рожденные  $\gamma$  от распада ( $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ ) в трубах вакуумного тракта*

*Рождение фотоном  $e^+e^-$  пар в Сцинтилляторе ВПД*

**PANDA @ ( $p\text{-bar}, p$ ) 15 GeV**

**LHC @ ( $p, p$ ) 7 TeV**

*Шаг гистограммы выбран равным ширине центральных пластин (5 см)*