



# ДЕТЕКТОР СНД состояние и планы

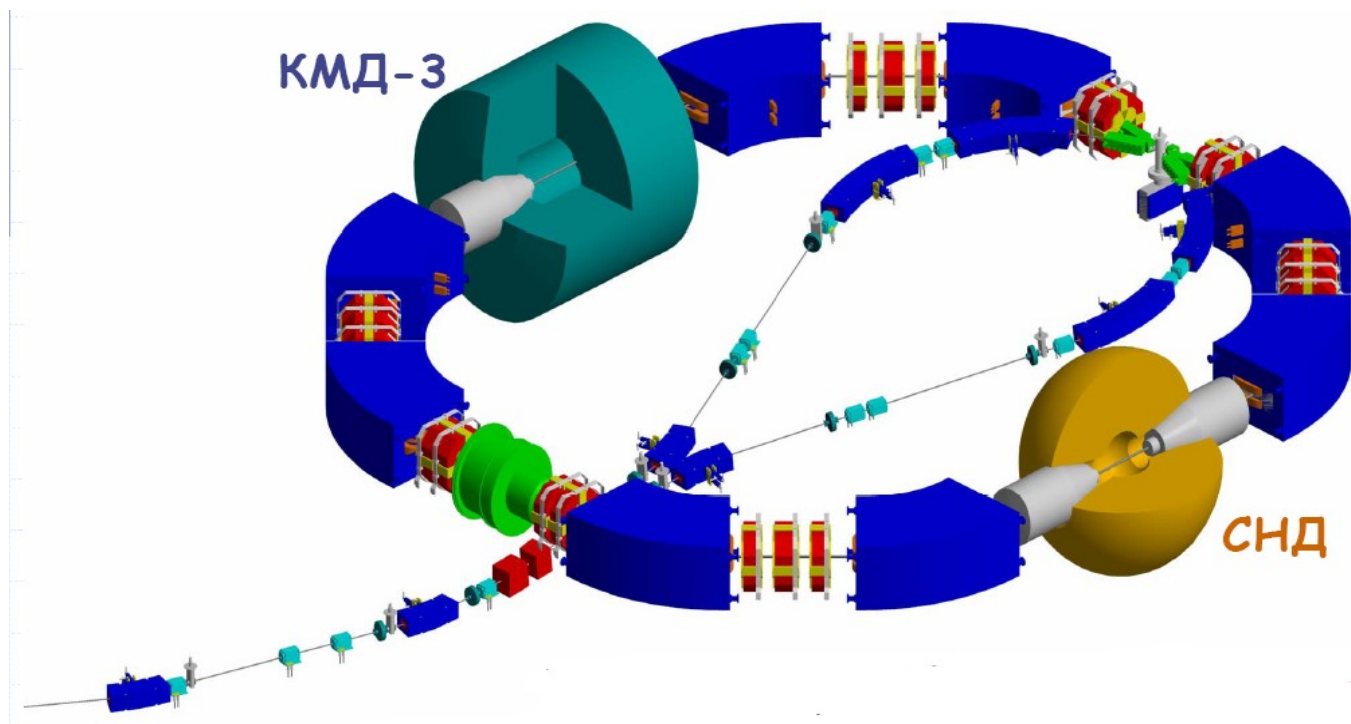
(лаб. 3-1, 3-2, 3-12)

М.Н. Ачасов

НАУЧНАЯ СЕССИЯ ИЯФ  
22 февраля 2019 г.



# СНД в 2018 г.



2018 г: набор данных в области энергии 550 – 1200 МэВ (с.ц.м.)

Скорость набора данных в 2011–2013 гг : 20 пб<sup>-1</sup>/год.

Скорость набора данных в 2017 г: 50 пб<sup>-1</sup>/год.

Скорость набора данных в 2018 г: 90 пб<sup>-1</sup>/год.

Предельная ожидаемая, возможная скорость: 1000 пб<sup>-1</sup>/год.

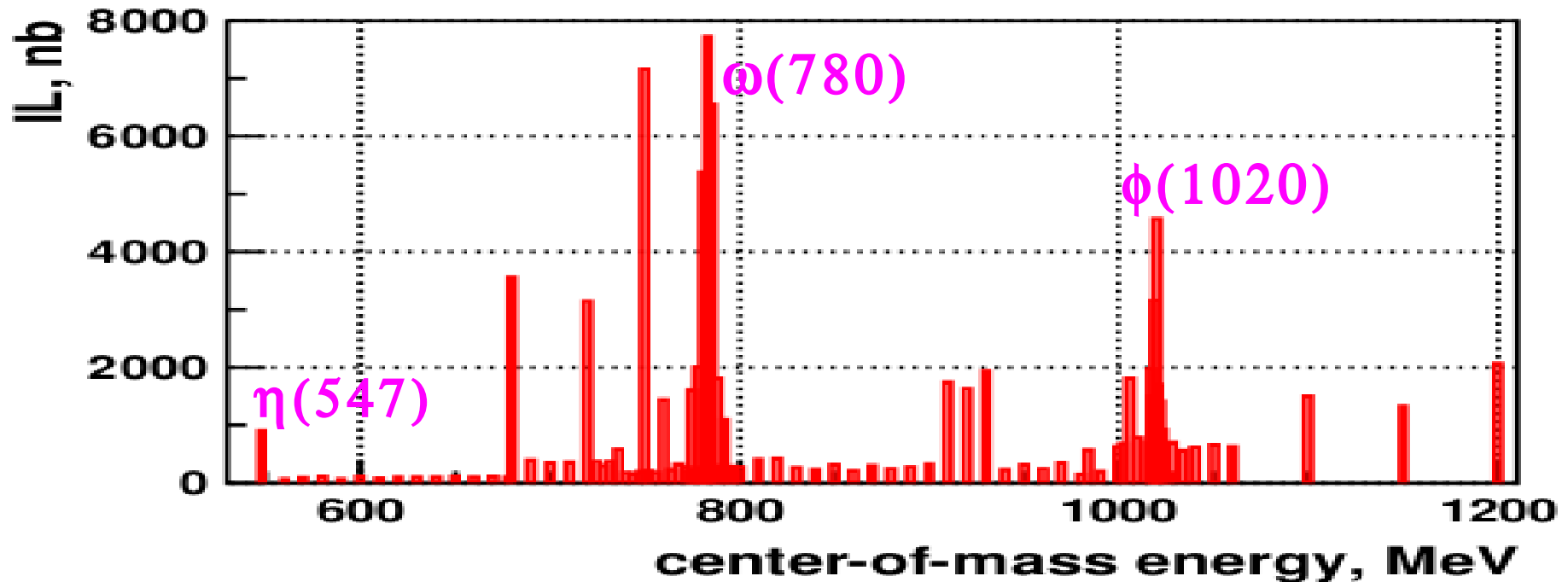
Развитие электроники и системы сбора данных СНД.

Анализ данных 2010 – 2018 гг: 210 пб<sup>-1</sup>.



# Эксперимент СНД в 2018 году.

В 2018 г. (ноябрь 2017–июнь 2018) набран  $\mathcal{I}L=90 \text{ пб}^{-1}$



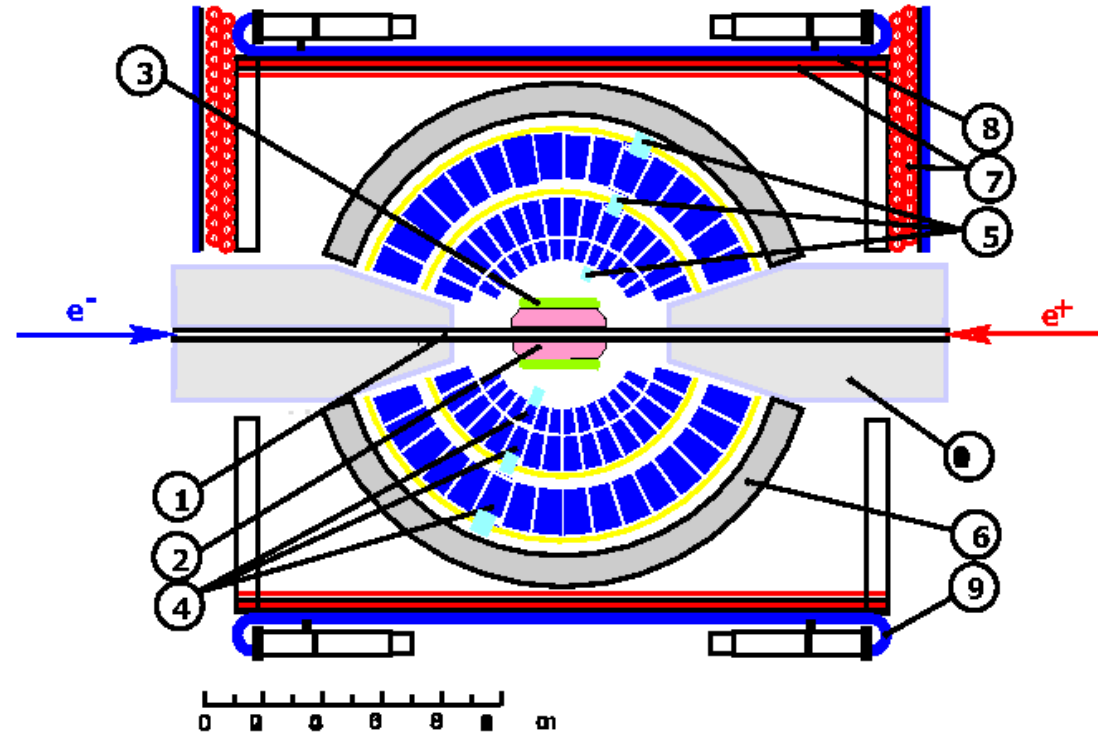
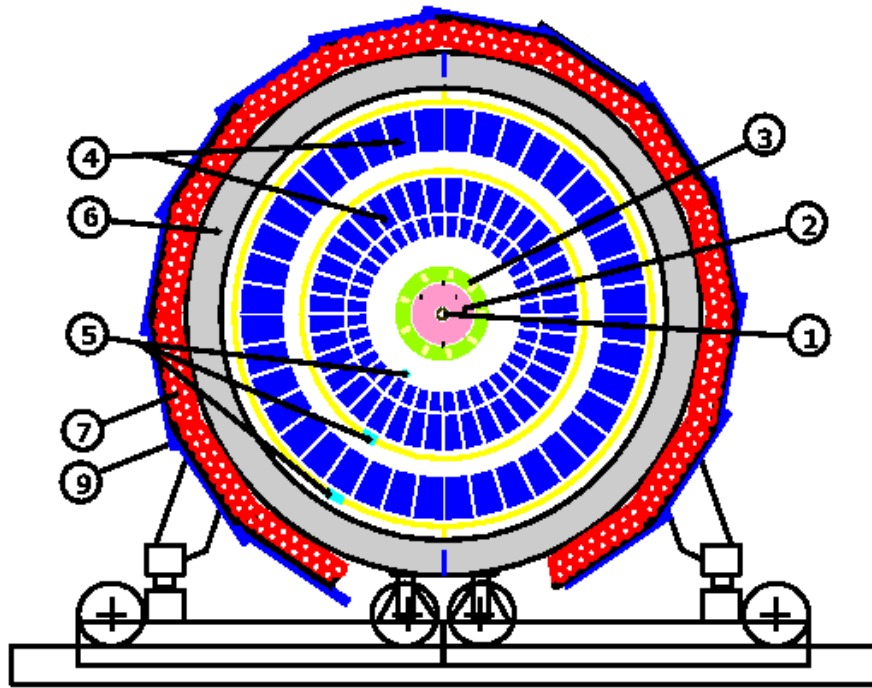
Распределение интегральной светимости по энергии в системе центра масс.

Физические задачи эксперимента 2018 г. :

- Измерение сечений  $e^+e^- \rightarrow \text{адроны}$ , в частности,  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$ .
- Изучение  $\omega$  и  $\rho$  мезонов.
- Поиск  $e^+e^- \rightarrow \eta$ . (Измерение электронной ширины  $\eta$ ).



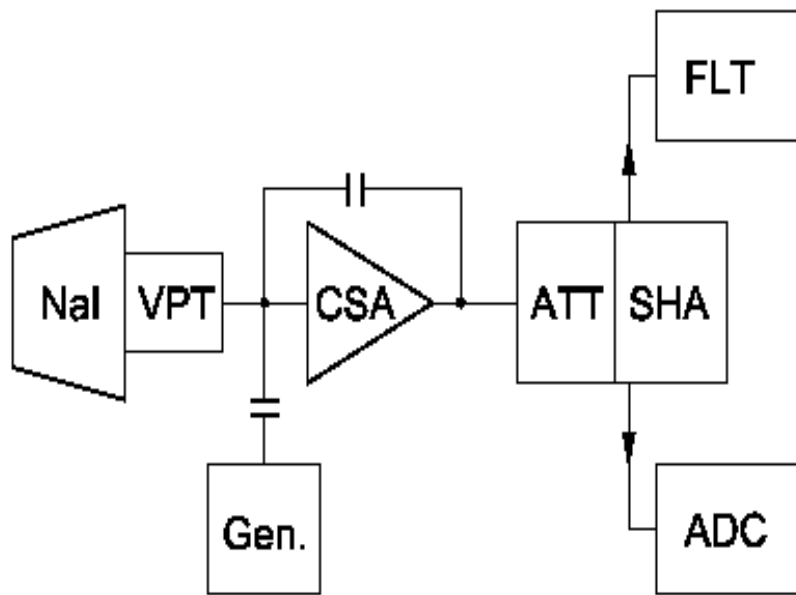
# Сферический нейтральный детектор (СНД).



1-вакуумная камера, 2-трековая система, 3-черенковские счётчики, 4-кристаллы NaI(Tl), 5-вакуумные фототриоды, 6-железный поглотитель, 7-пропорциональные трубки, 9-сцинтилляционные счётчики, 10-соленоиды ВЭПП-2000.



# Новая электроника калориметра.



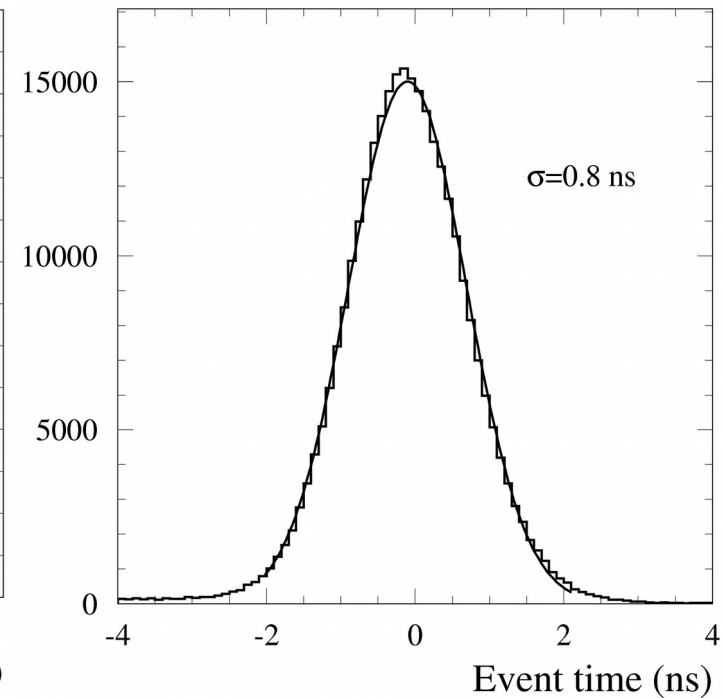
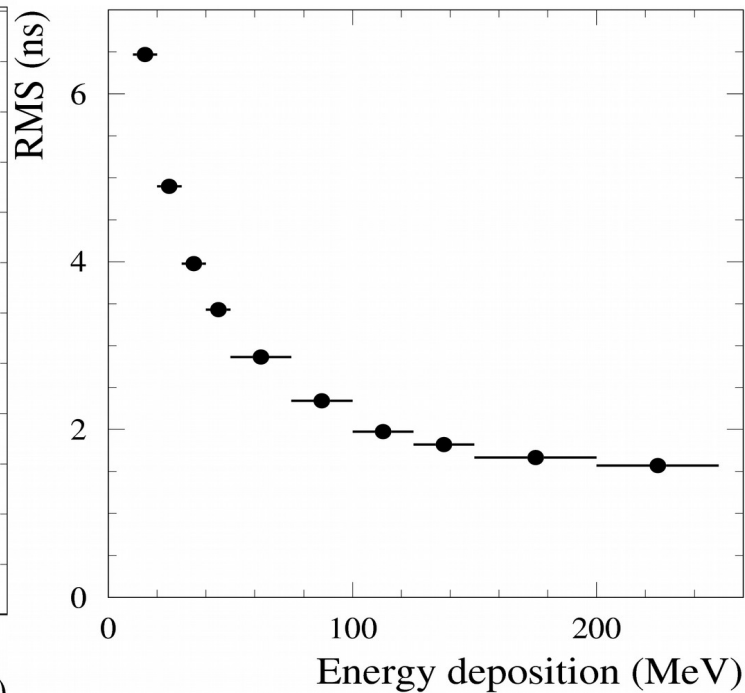
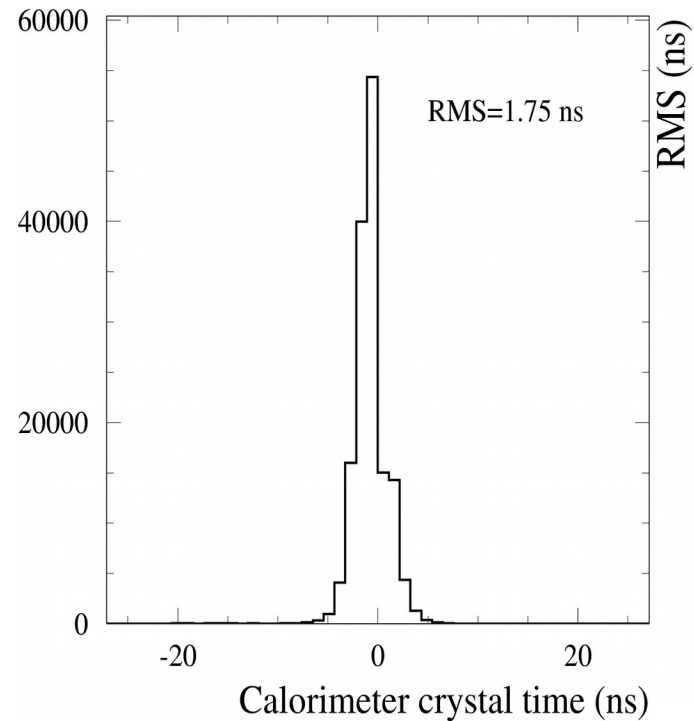
В 2018 г произошёл переход на новые платы усилителей-формирователей и АЦП с ПЛИС со встроенным процессором (*Xilinx*) и чтением через *Ethernet*. Новый АЦП – 24-канальный модуль с параллельными АЦП (flash ADC) с периодом оцифровки  $1/3 \times T_{\text{обр}} \approx 25 \text{ нс}$ .

Новый канал помимо амплитуды позволяет определять время срабатывания счётчика. Ожидается, что при энерговыделении **100 МэВ** временное разрешение будет лучше **1 нс**.

В 2018 г. новые платы **АЦП** (70шт) и **УФ** (160шт) были подключены к калориметру. Разрабатываются процедуры определения формы сигнала по космическим  $\mu$  и событиям процесса  $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$ , временные параметры событий.



# Измерение времени в калориметре (первый взгляд).



Распределение по времени срабатывания кристаллов с энерговыделением более **100 МэВ** для событий  $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$ .

Зависимость среднеквадратичного разброса времени срабатывания кристаллов (**RMS**) от энерговыделения для событий  $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$ .

Среднее время по  $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$  событиям:

$$T = \frac{\sum t_i w_i}{\sum w_i}$$
$$w_i = \frac{1}{RMS_i^2}$$



# Новая электроника.

С 2017 г для катодных полосок трековой системы используются **24-х** канальные сетевые платы (12шт) с параллельными АЦП с периодом оцифровки  $\approx$ **25 нс** с ПЛИС со встроенным процессором .

С 2016 г для черенковского счётчика используются **3-х** канальные сетевые платы (4 шт) с параллельными АЦП с периодом оцифровки  $\approx$ **5 нс** .

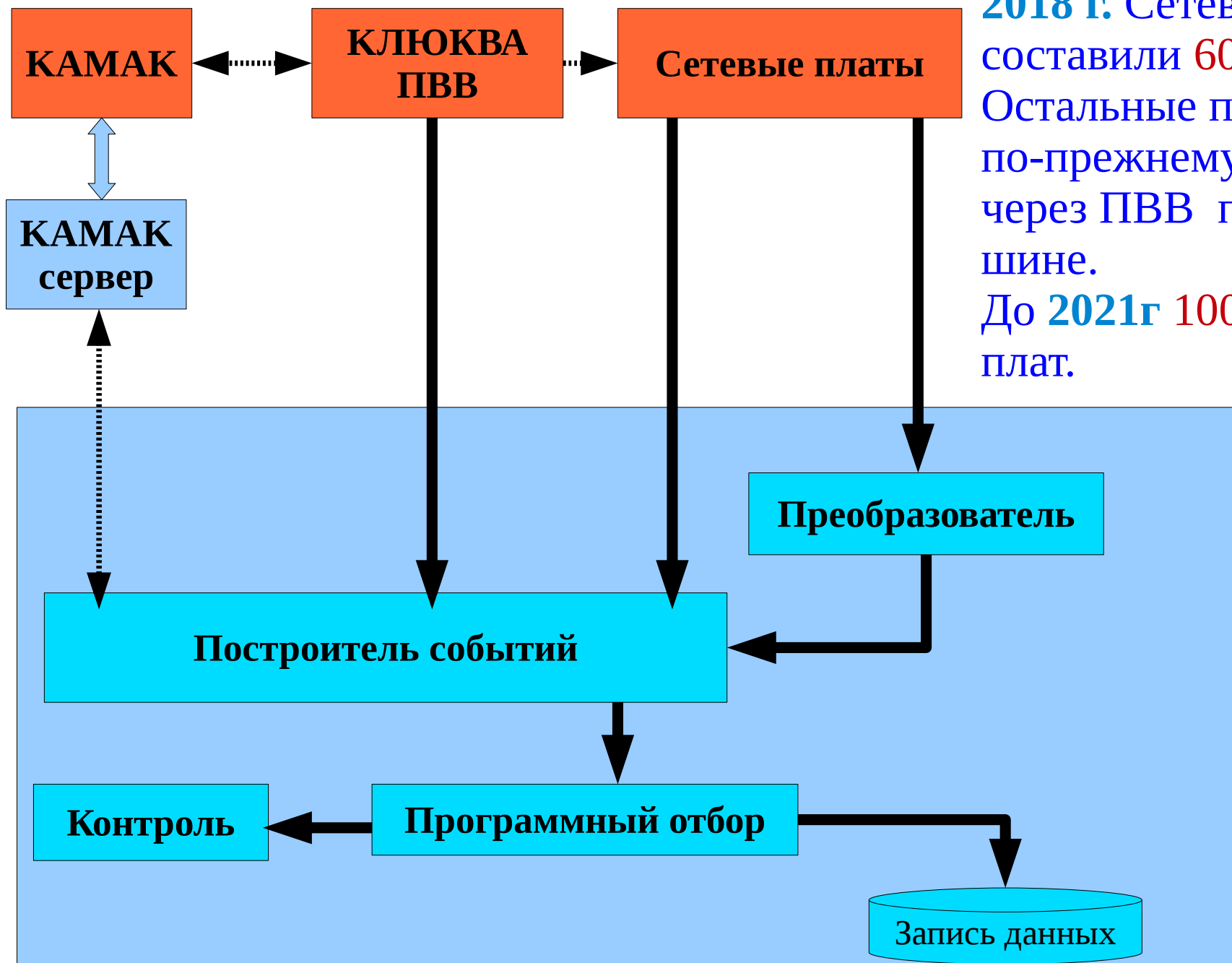
В 2018 году изготовлены сетевые платы (7шт) с ПЛИС со встроенным процессором для черенковского счётчика и счётчиков мюонной системы.

В 2019 году планируется подключение плат.

В 2018 году начата разработка подобных плат для оцифровки сигналов с проволочек дрейфовой камеры.



# Система сбора данных СНД.



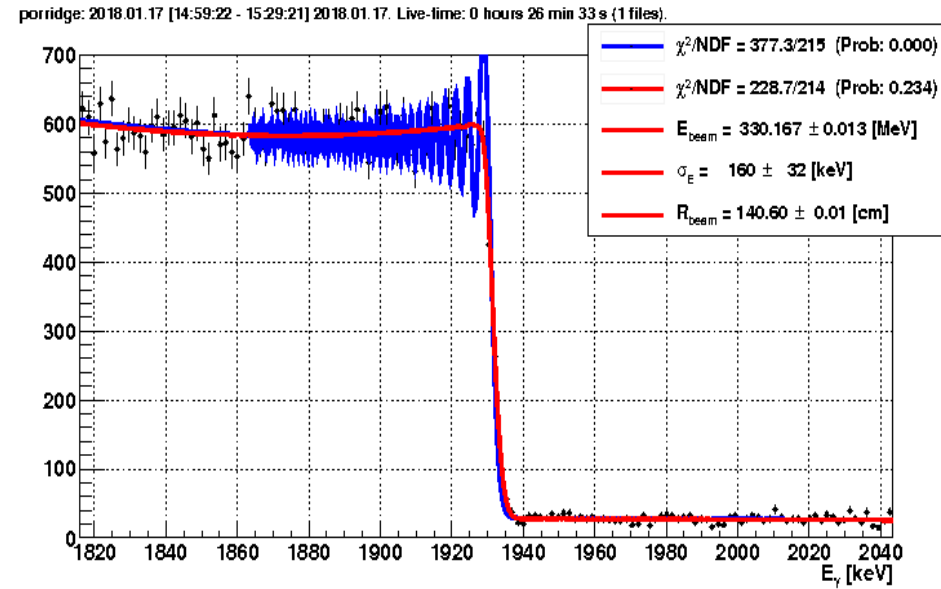
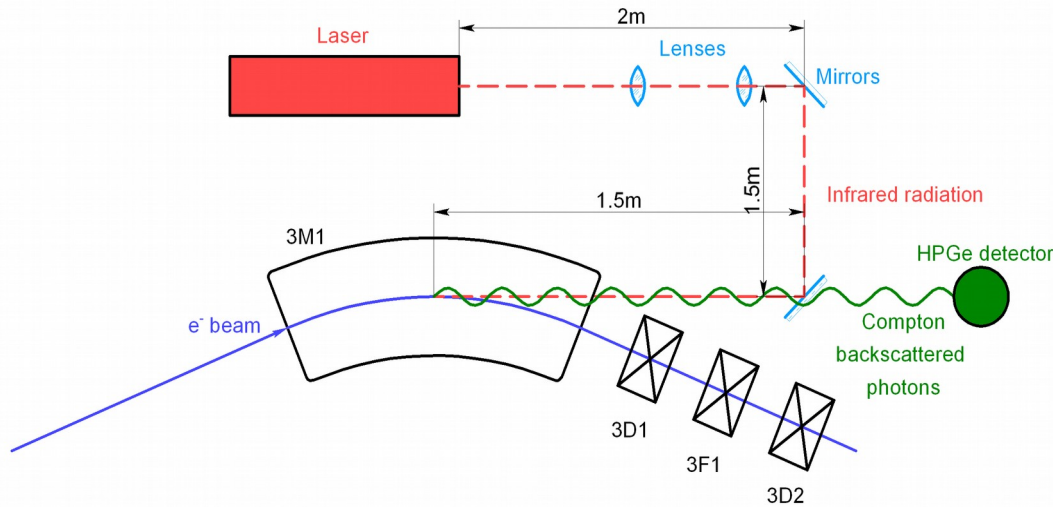
2018 г. Сетевые платы составили 60%.  
Остальные платы по-прежнему читаются через ПВВ по общей шине.  
До 2021г 100% сетевых плат.

Вычислительная ферма

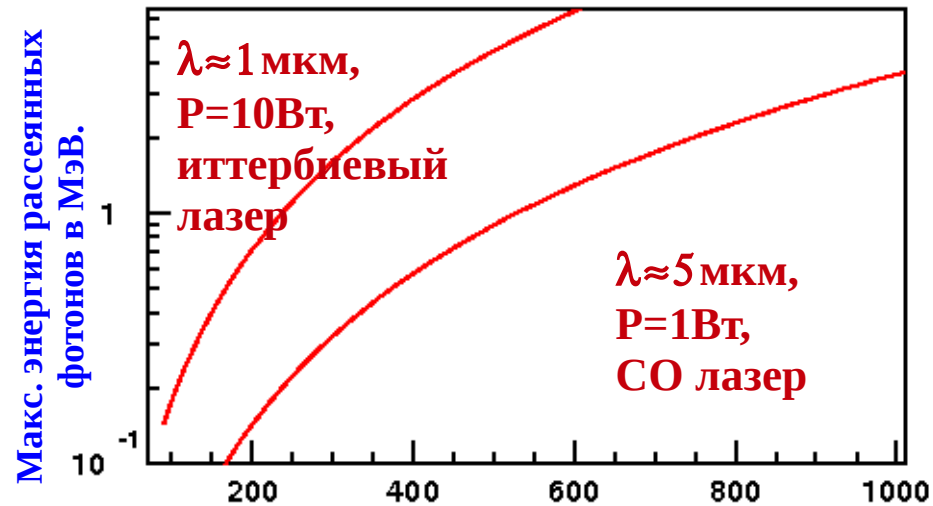




# Система измерения энергии ВЭПП-2000 методом обратного комптоновского рассеяния (ОКР). (лаб. 1-4, 3-1, 11, сек. 1-31)



Энергия пучка ВЭПП-2000 измеряется по положению края спектра рассеянных фотонов. Точность измерения около 30кэВ.



Энергия пучка ВЭПП-2000 в МэВ.

Два источника фотонов:

**иттербиевый и СО лазеры.**

**СО** для энергии выше 500 МэВ,

**Nd:YAG** для энергии до 500 МэВ.



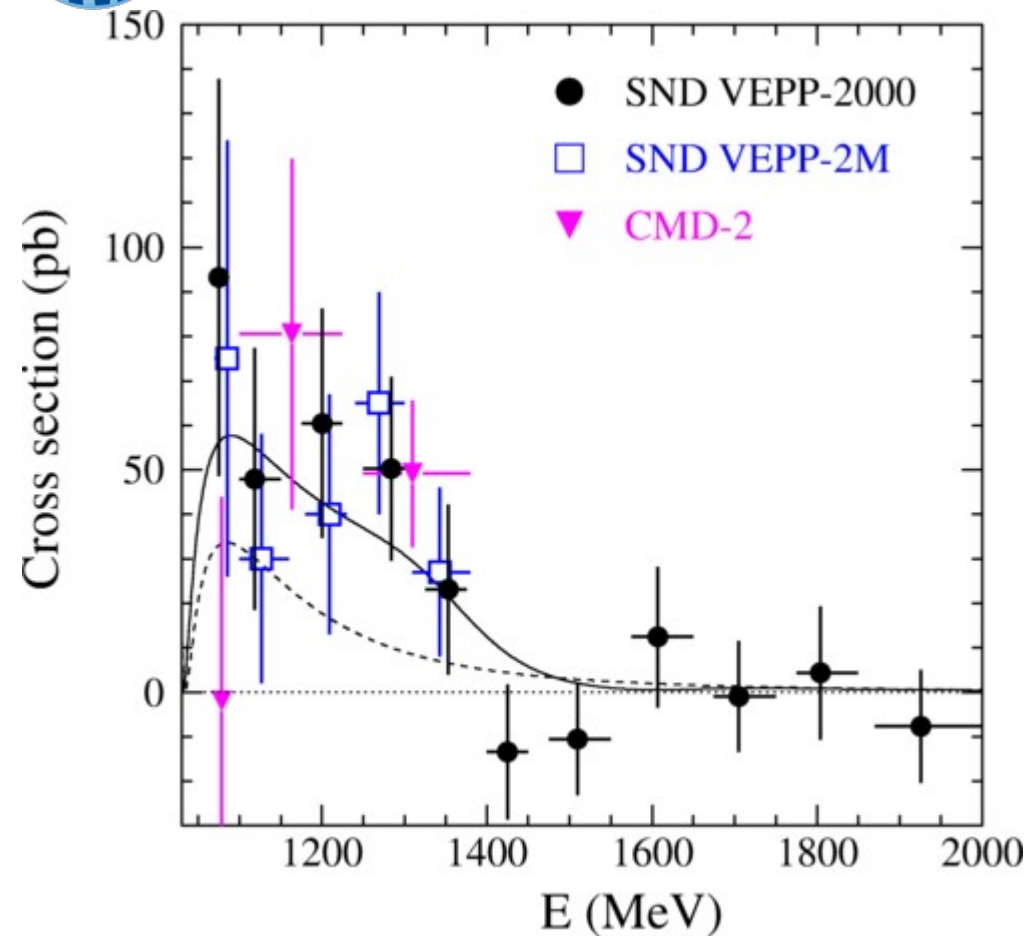
# Анализ данных СНД.

Физическая программа эксперимента:

- Измерение сечений процессов  $e^+e^- \rightarrow \text{адроны}$ .  
Измерение сечений и электромагнитных формфакторов, исследование динамики многоадронных процессов.
- Изучение векторных мезонов  $\rho, \omega, \phi$  и их возбуждённых состояний  $\rho', \rho'', \omega', \omega'', \phi', \dots$   
Параметры мезонов определяются путём подгонки измеренных сечений теоретическими моделями.
- Двухфотонная физика  $e^+e^- \rightarrow e^+e^- + \text{адроны}$ .
- Рождение С-чётных резонансов:  $e^+e^- \rightarrow S, P, A, T$ .



# Процесс $e^+e^- \rightarrow \pi^0\gamma$ .



Сечение процесса  $e^+e^- \rightarrow \pi^0\gamma$  измерено в области энергии  $\sqrt{s} = 1,075 - 2$  ГэВ,  $IL = 41 \text{ пб}^{-1}$ .

Выше 1,4 ГэВ сечение измерено впервые и согласуется с нулём.

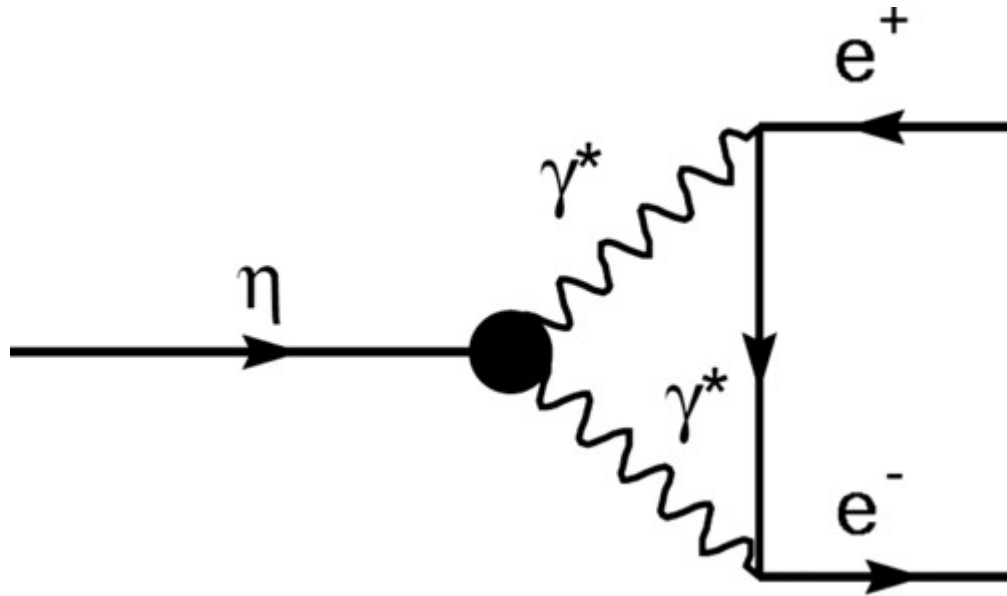
Ниже 1,4 ГэВ сечение согласуется с предыдущими измерениями СНД и КМД-2 на ВЭПП-2М.

Для описания сечения  $e^+e^- \rightarrow \pi^0\gamma$  кроме суммы вкладов  $\rho(770)$ ,  $\omega(782)$ ,  $\phi(1020)$  резонансов (пунктирная линия) необходимо добавить вклады  $\rho(1450)$  и  $\omega(1420)$  резонансов. Значимость вкладов  $\rho(1450)$  и  $\omega(1420)$  составляет  $4\sigma$ .

Опубликовано в *Phys.Rev. D98* (2018) no.11, 112001.



# Поиск процесса $e^+e^- \rightarrow \eta$ .



Измерялась относительная вероятность распада  $\eta \rightarrow e^+e^-$  посредством поиска обратного процесса  $e^+e^- \rightarrow \eta$ .  
Модельно независимый нижний предел:  $Br(\eta \rightarrow e^+e^-) = 1,78 \times 10^{-9}$ .

Эксперимент 2018г,  $\sqrt{s} = m_\eta = 547,865 \pm 0,017$  МэВ,  $IL = 654$  нб<sup>-1</sup>.

Энергия пучков измерялась методом ОКР.

Отбирались события  $e^+e^- \rightarrow \eta \rightarrow 3\pi^0 \rightarrow 6\gamma$ .

При эффективности отборов 14% не отобрано ни одного события.

Установлен верхний предел:  $Br(\eta \rightarrow e^+e^-) < 7 \times 10^{-7}$  90% CL.

Предыдущий предел:  $Br(\eta \rightarrow e^+e^-) < 2,3 \times 10^{-6}$  90% CL.

Опубликовано в *Phys. Rev. D* 98 (2018) no.5, 052007



# Заключение.

- В 2018 г СНД набрал **90 пб<sup>-1</sup>** в области энергии **550–1200 МэВ**.
- Продолжается поэтапная модернизация электроники и системы сбора данных.
- Продолжается обработка данных, набранных в 2010–2018 гг.
- Опубликовано 5 статей, сделано 5 докладов на международных конференциях.
- Грантов РФФИ – 4, участие в работах по гранту РФФИ № 14-50-00080