



ДЕТЕКТОР СНД состояние и планы

(лаб. 3-1, 3-2, 3-12)

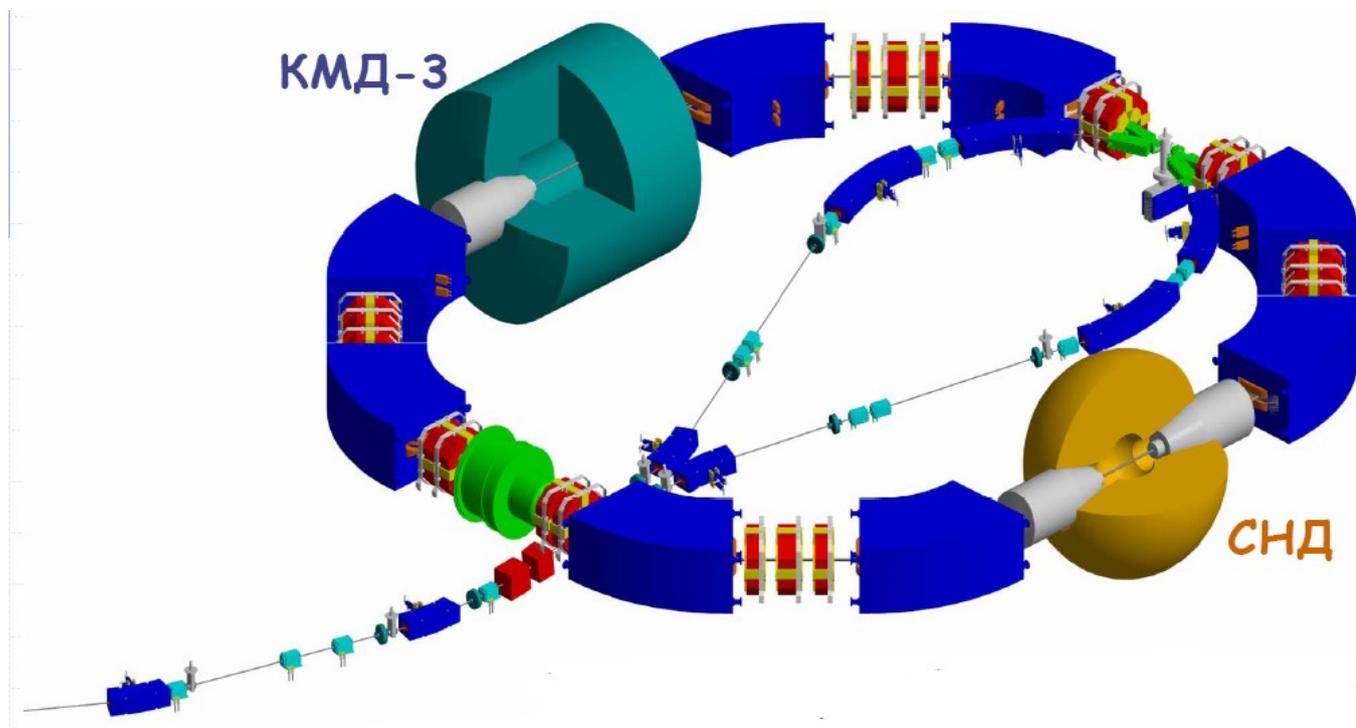
М.Н. Ачасов

НАУЧНАЯ СЕССИЯ ИЯФ

31 января 2020 г.



СНД в 2019 г.



2019 г: набор данных в области энергии **360 – 600 МэВ** и выше **1 ГэВ** (с.ц.м.)

Скорость набора данных в 2011–2013 гг : **20 пб⁻¹/год.**

Скорость набора данных в 2017 г: **50 пб⁻¹/год.**

Скорость набора данных в 2018 г: **90 пб⁻¹/год.**

Скорость набора данных в 2019 г: **70 пб⁻¹/год.**

Предельная ожидаемая, возможная скорость: 1000 пб⁻¹/год.

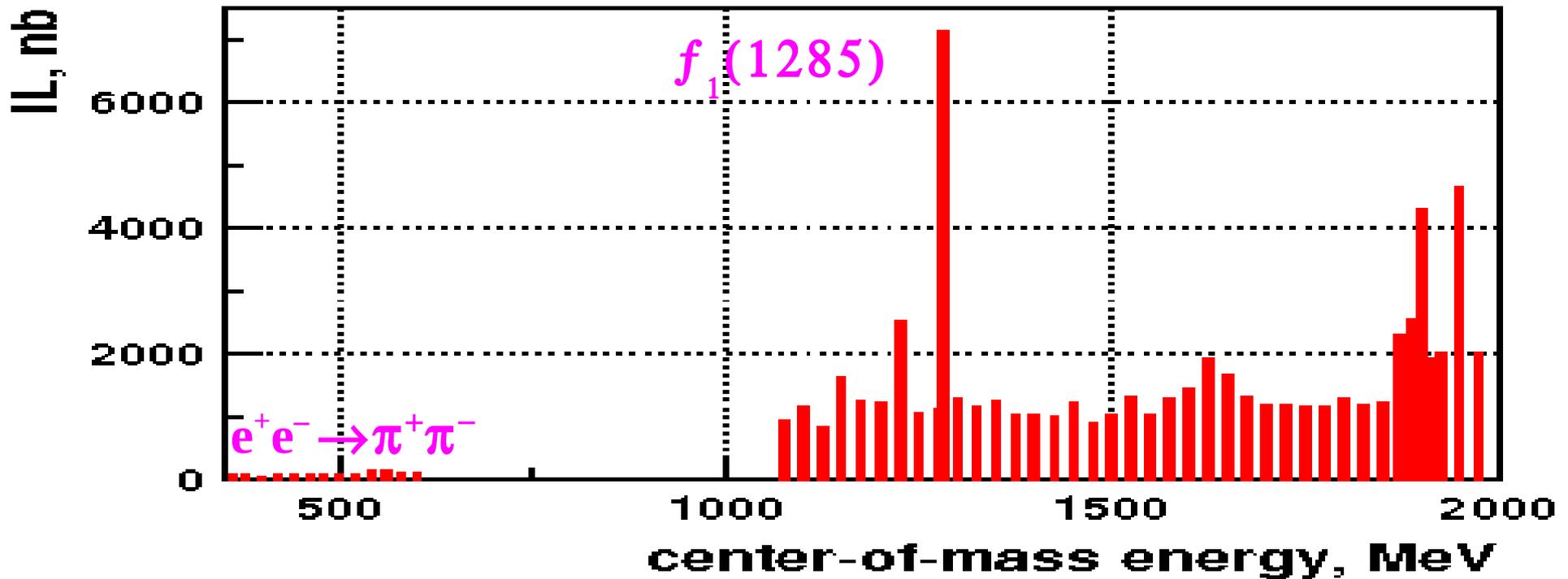
Развитие электроники и системы сбора данных СНД.

Анализ данных 2010 – 2018 гг: **210 пб⁻¹.**



Эксперимент СНД в 2019 году.

В 2019 г. набран $IL=70 \text{ пб}^{-1}$



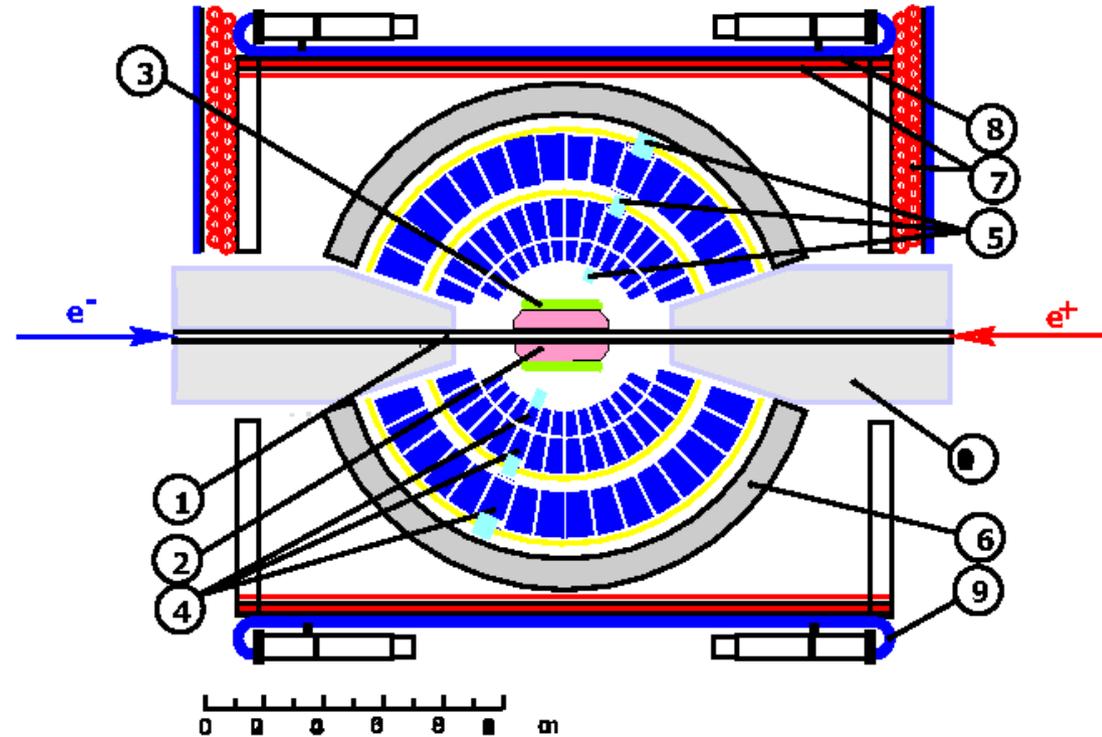
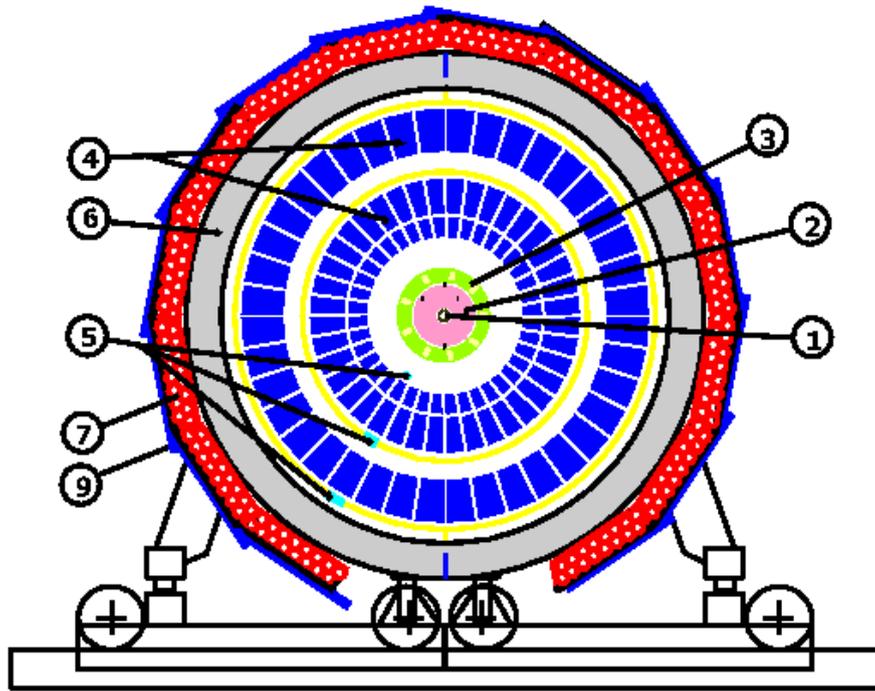
Распределение интегральной светимости по энергии в системе центра масс.

Физические задачи эксперимента 2019 г. :

- Измерение сечений $e^+e^- \rightarrow \text{адроны}$, в частности, $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$, $e^+e^- \rightarrow N\bar{N}$.
- Изучение процесса $e^+e^- \rightarrow f_1(1285)$. (Измерение электронной ширины $f_1(1285)$).



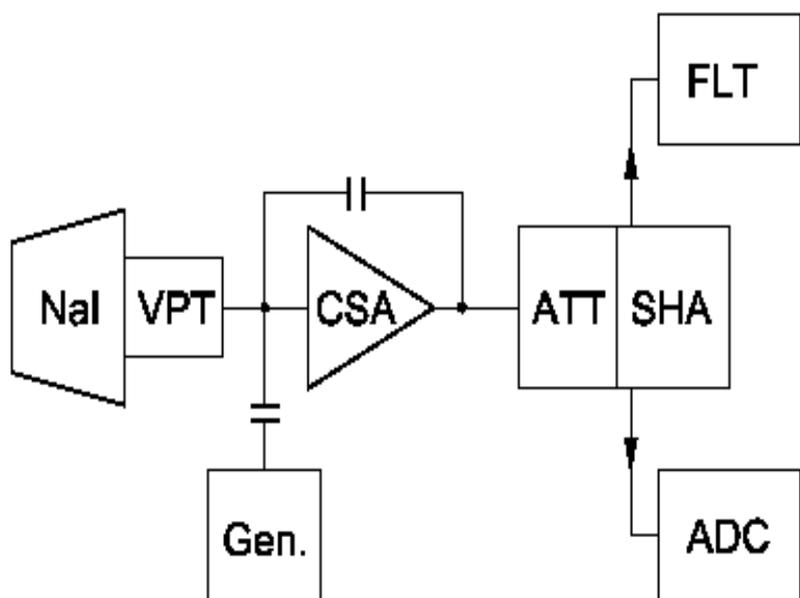
Сферический нейтральный детектор (СНД).



1-вакуумная камера, 2-трековая система, 3-черенковские счётчики, 4-кристаллы NaI(Tl), 5-вакуумные фототриоды, 6-железный поглотитель, 7-пропорциональные трубки, 8-пропорциональные трубки, 9-сцинтилляционные счётчики, 10-соленоиды ВЭПП-2000.



Новая электроника калориметра.



В 2019 г данные набирались с новыми платами АЦП с ПЛИС со встроенным процессором (*Xilinx*) и чтением через *Ethernet*.

Новый АЦП – 24-канальный модуль с параллельными АЦП (flash ADC) с периодом оцифровки $1/3 \times T_{\text{обр}} \approx 27$ нс.

Всего **70** плат.

Канал калориметра измеряет как амплитуду, так и время срабатывания счётчика относительно момента столкновения пучков коллайдера.

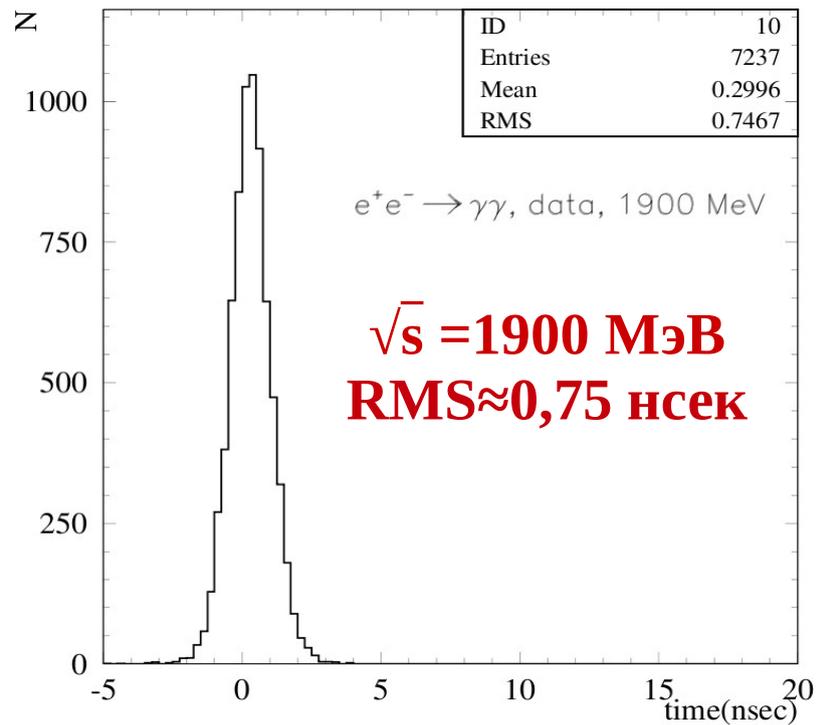
В 2019 г. осваивались новые АЦП:

разрабатывались процедуры определения формы сигнала по космическим μ и событиям процесса $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$, измерения амплитуды и времени.

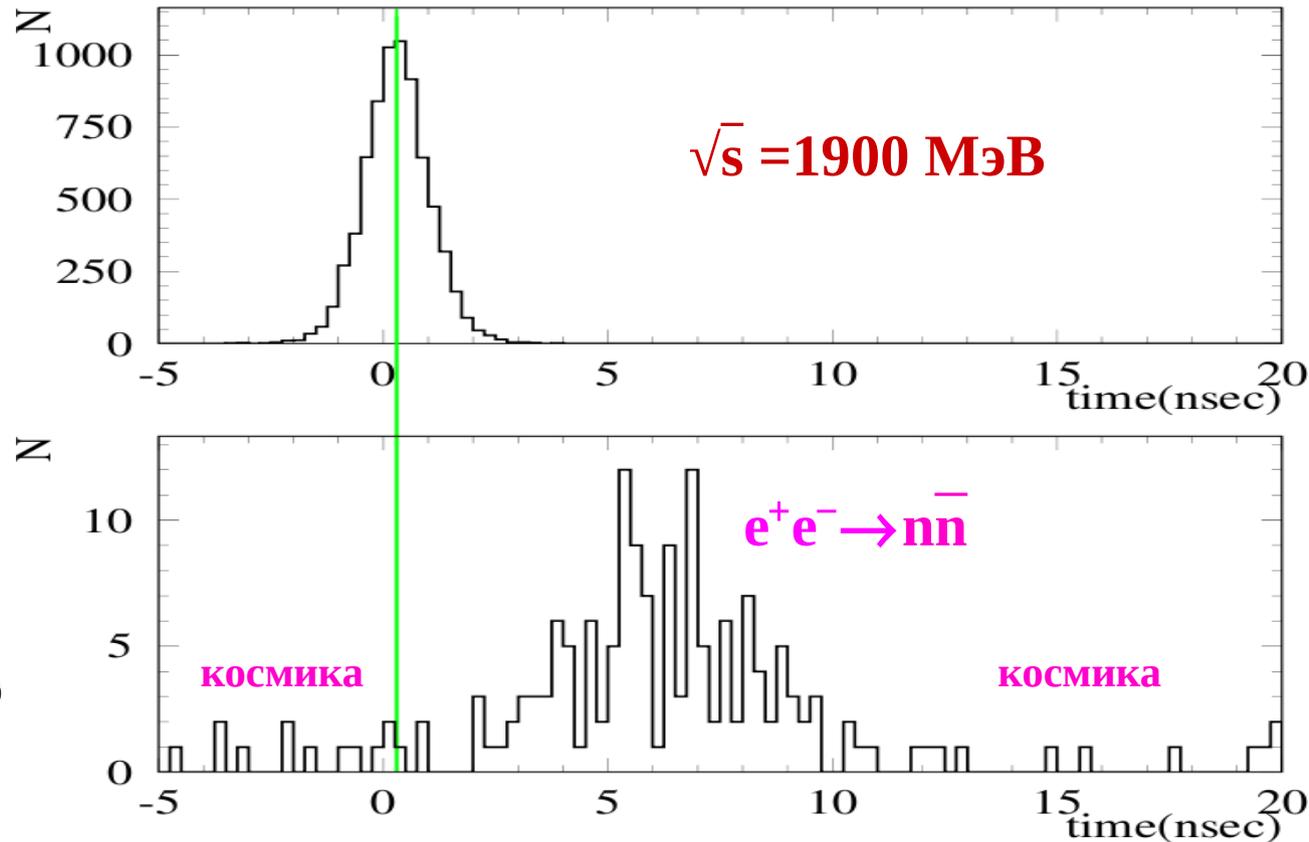


Измерение времени в калориметре.

Среднее время события: $T = \frac{\sum t_i E_i}{\sum E_i}$ t_i – время срабатывания кристалла, E_i – энергосодержание в кристалле.



Среднее время для событий $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$.



Среднее время для событий $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$ и $n\bar{n}$.
Разброс в распределении для $n\bar{n}$ определяется точкой аннигиляции n .



Новая электроника.

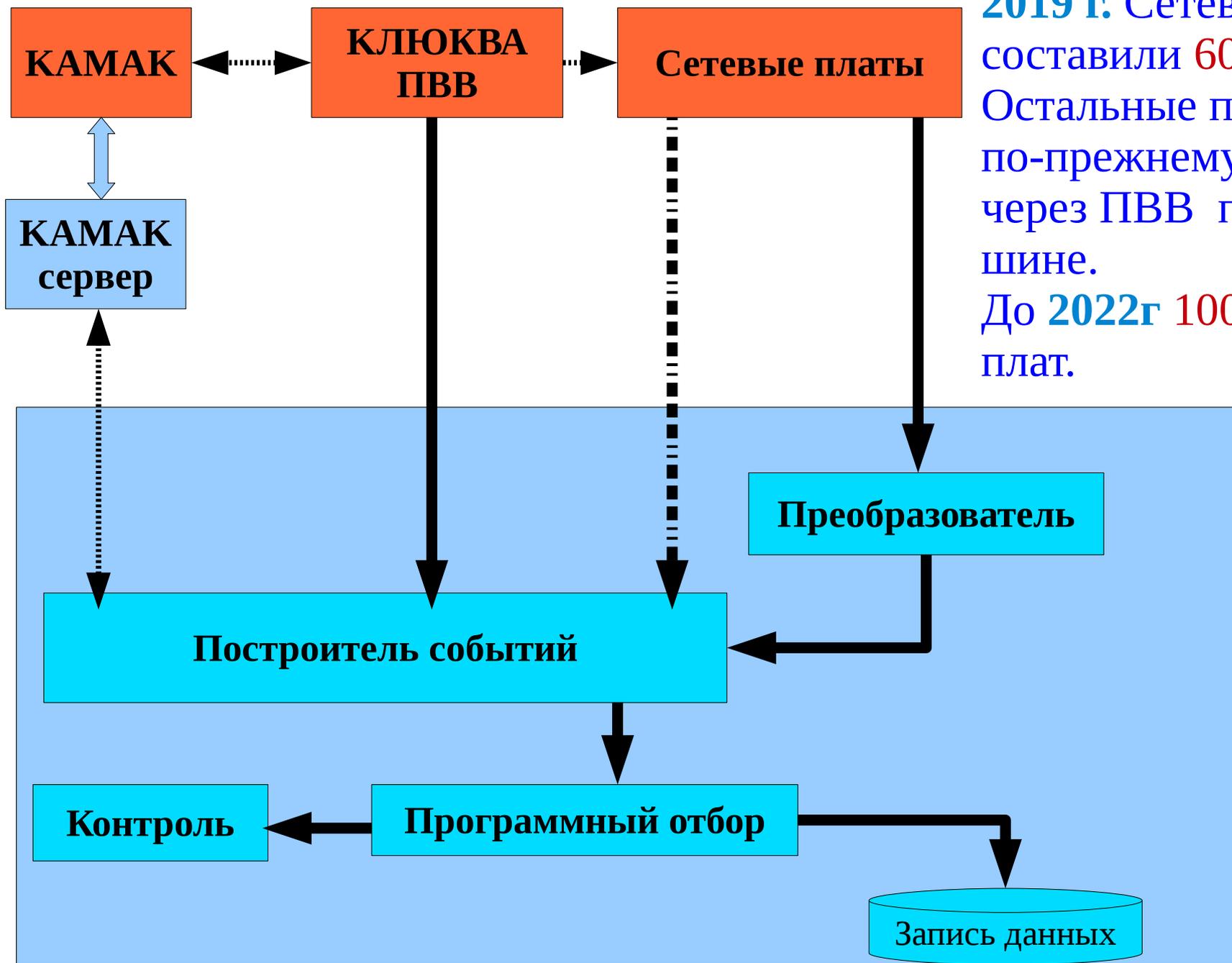
С 2017 г для катодных полосок трековой системы используются **24-х** канальные сетевые платы (12шт) с параллельными АЦП с периодом оцифровки **≈ 27 нс** с ПЛИС со встроенным процессором .

В 2019 году сетевые платы (7шт) с ПЛИС со встроенным процессором используются на черенковском счётчике и счётчиках мюонной системы. Период оцифровки **≈ 5 нс**.

В 2019 году разработан прототип подобной платы для оцифровки сигналов с проволочек дрейфовой камеры.



Система сбора данных СНД.

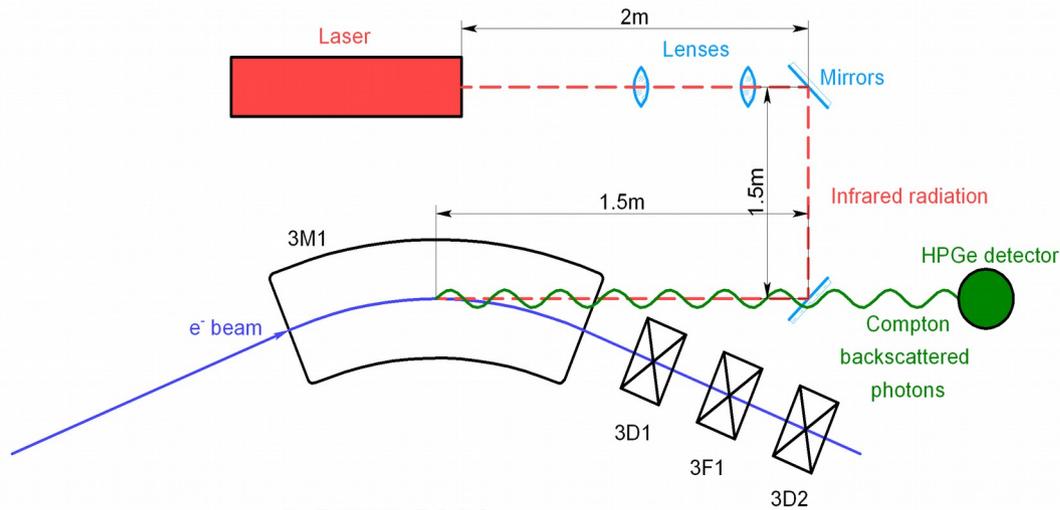


2019 г. Сетевые платы составили 60%.
Остальные платы по-прежнему читаются через ПВВ по общей шине.
До 2022г 100% сетевых плат.

Вычислительная ферма



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



Два источника фотонов:

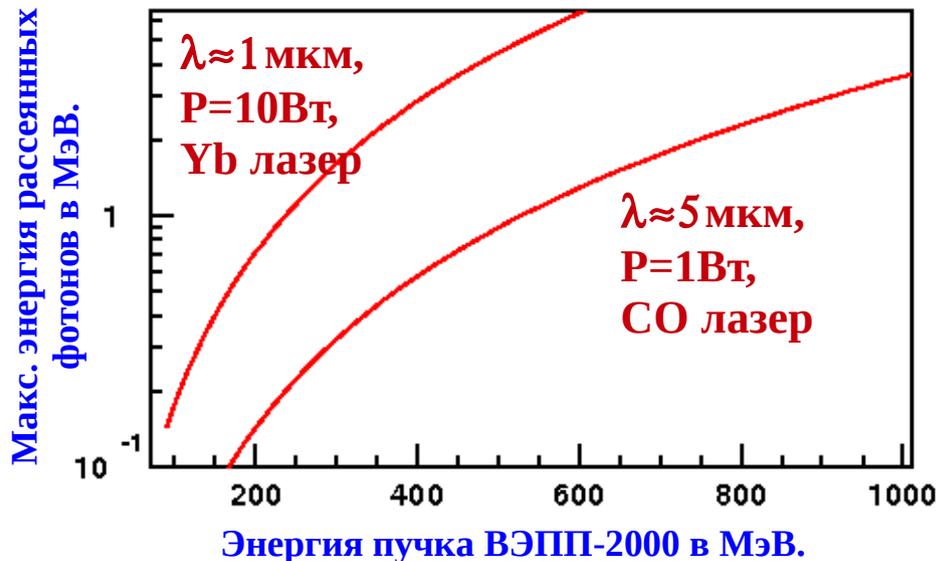
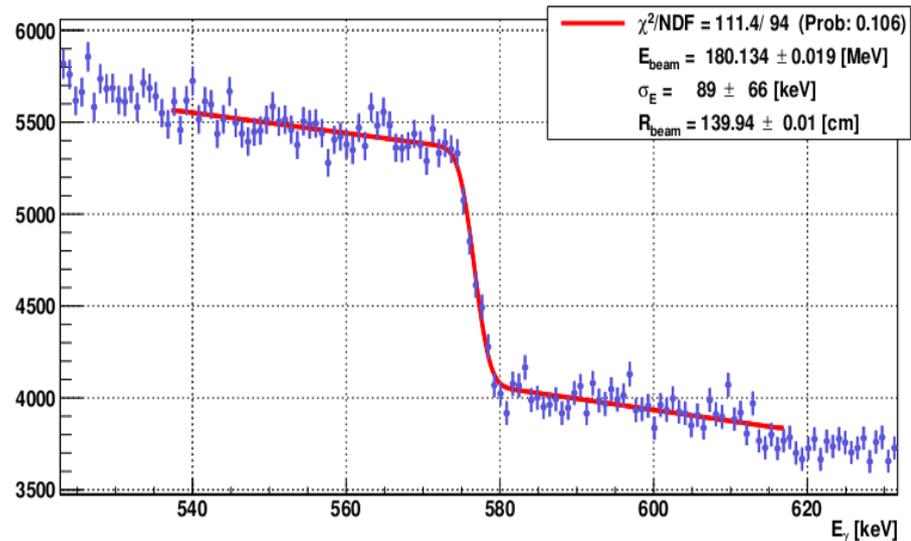
Уб и **СО** лазеры.

СО для энергии выше **500 МэВ**,

Уб для энергии до **500 МэВ**.

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

2019.12.13 [15:30:02 - 20:30:21] 2019.12.13. Live-time: 4 hours 42 min 37 s (5 files).



Впервые методом ОКР была измерена энергия пучка до 180 МэВ.



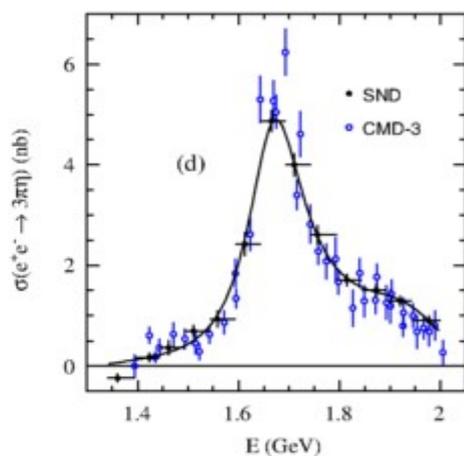
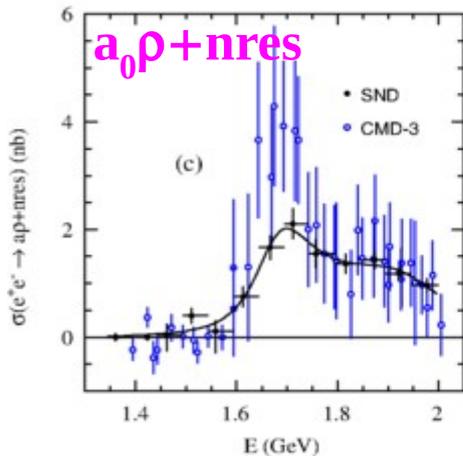
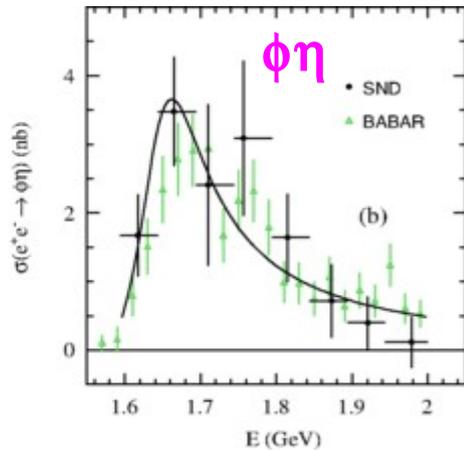
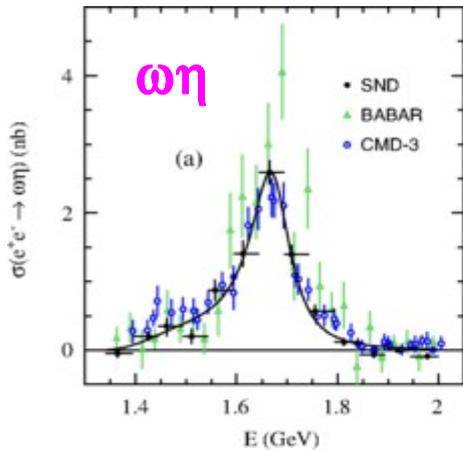
Анализ данных СНД.

Физическая программа эксперимента:

- Измерение сечений процессов $e^+e^- \rightarrow \text{адроны}$.
Измерение сечений и электромагнитных формфакторов, исследование динамики многоадронных процессов.
- Изучение векторных мезонов ρ, ω, ϕ 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 $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\eta$.



Сечение процесса

$e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\eta$ измерено в области энергии

$\sqrt{s} = 1,34 - 2$ ГэВ, $IL = 27 \text{ пб}^{-1}$.

Систематическая ошибка – 7%.

Промежуточные состояния:

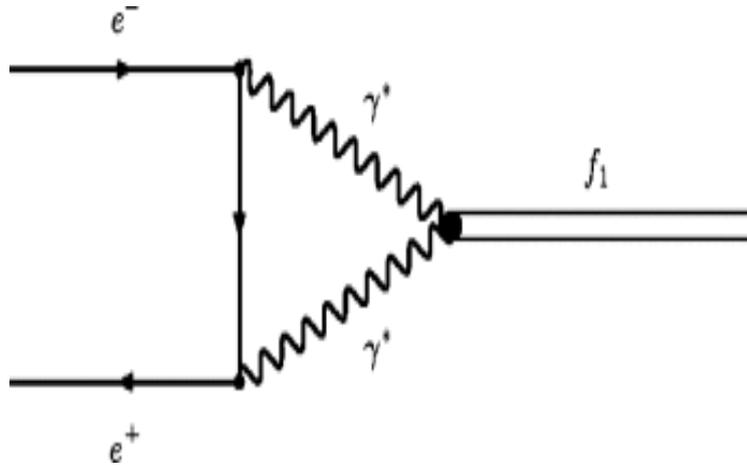
- (1) $e^+e^- \rightarrow \omega\eta \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\eta$,
- (2) $e^+e^- \rightarrow \phi\eta \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\eta$,
- (3) $e^+e^- \rightarrow a_0(980)\rho \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\eta$,
- (4) $e^+e^- \rightarrow \text{nres} \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\eta$.

Для описания сечений процессов $e^+e^- \rightarrow \omega\eta$ и $e^+e^- \rightarrow \phi\eta$ достаточно учесть резонанс $\phi(1680)$.

Опубликовано в *Phys.Rev. D99 (2019) no.11, 112004*.



Поиск процесса $e^+e^- \rightarrow f_1(1285)$.



Измерялась относительная вероятность распада $f_1(1285) \rightarrow e^+e^-$ посредством поиска обратного процесса $e^+e^- \rightarrow f_1(1285)$.

Теоретический расчёт на основе модели ДВМ:

$$Br(f_1 \rightarrow e^+e^-) = (3,5 \pm 1,8) \times 10^{-9}.$$

Эксперимент 2010 – 2012 и 2017 гг, $\sqrt{s} = 1,2 - 1,4$ ГэВ, $IL = 15$ пб⁻¹.

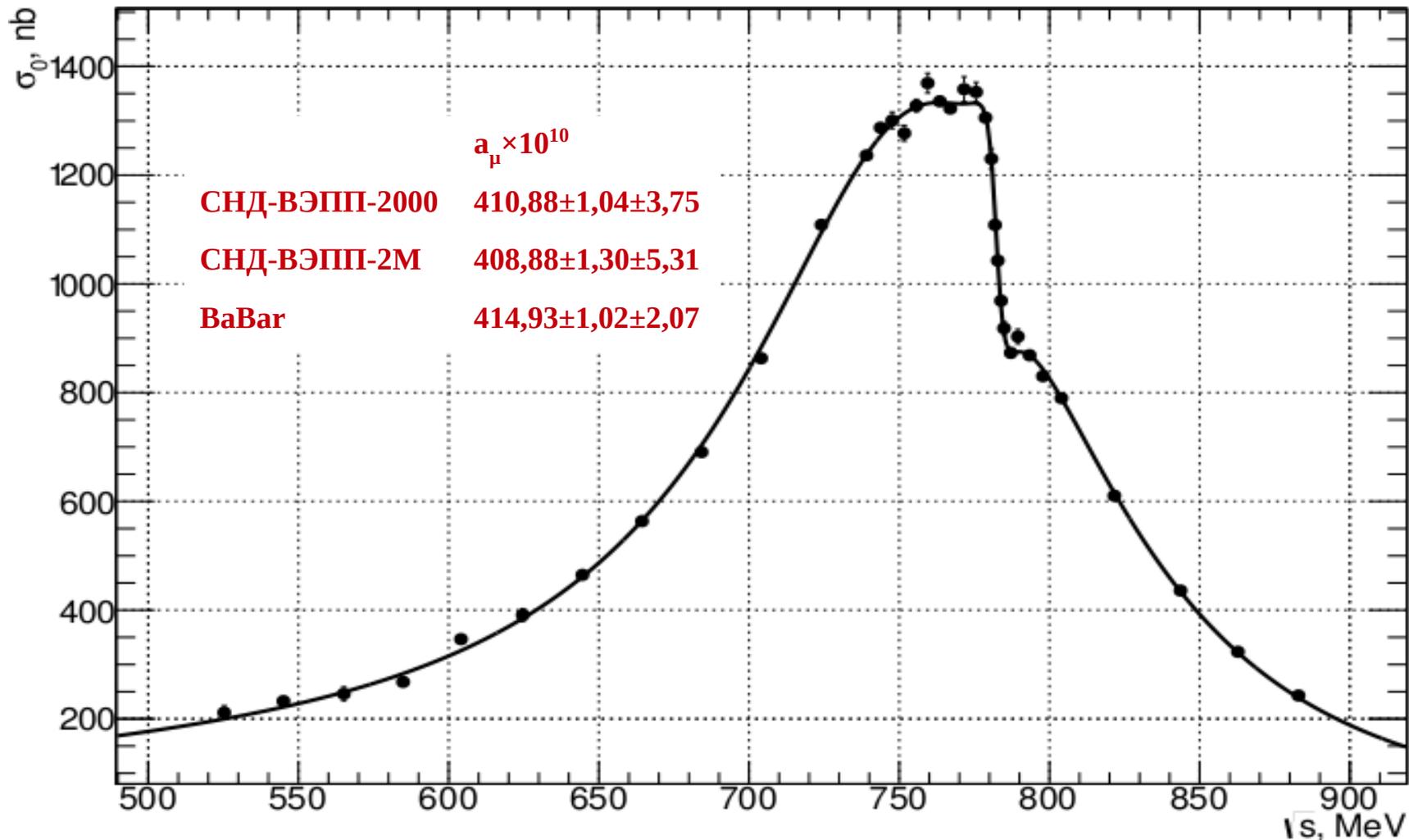
Отбирались события $e^+e^- \rightarrow \eta \pi^0 \pi^0 \rightarrow 6\gamma$. Эффективность отборов 1%.

В пике $f_1(1285)$ ($IL = 3,4$ пб⁻¹) отобрано 2 события (ожидаемый фон 0,25 событий), вне пика 0 событий (ожидаемый фон 0,9 событий)

Измерена величина: $Br(f_1 \rightarrow e^+e^-) = (5,1^{+3,7}_{-2,7}) \times 10^{-9}$. Значимость $2,5\sigma$.

Опубликовано в *Phys. Lett. B*800 (2020) 135074.

Процесс $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$.



Завершён анализ процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$ в области энергии $\sqrt{s} < 1$ ГэВ.

Использованы данные 2013г $\mathcal{L} \approx 5 \text{ нб}^{-1}$.

Систематическая ошибка – 0,8 %.

Сечение согласуется с измерениями КМД-2 и СНД на ВЭПП-2М.



Заключение.

- В 2019 г СНД набрал **70 пб⁻¹** в области энергии **360–600 МэВ** и выше **1 ГэВ**.
- Продолжается поэтапная модернизация электроники и системы сбора данных.
- Продолжается обработка данных, набранных в 2010–2018 гг.
- Опубликовано 3 статьи, сделано 8 докладов на международных конференциях.
- Грантов РФФИ – 2.