

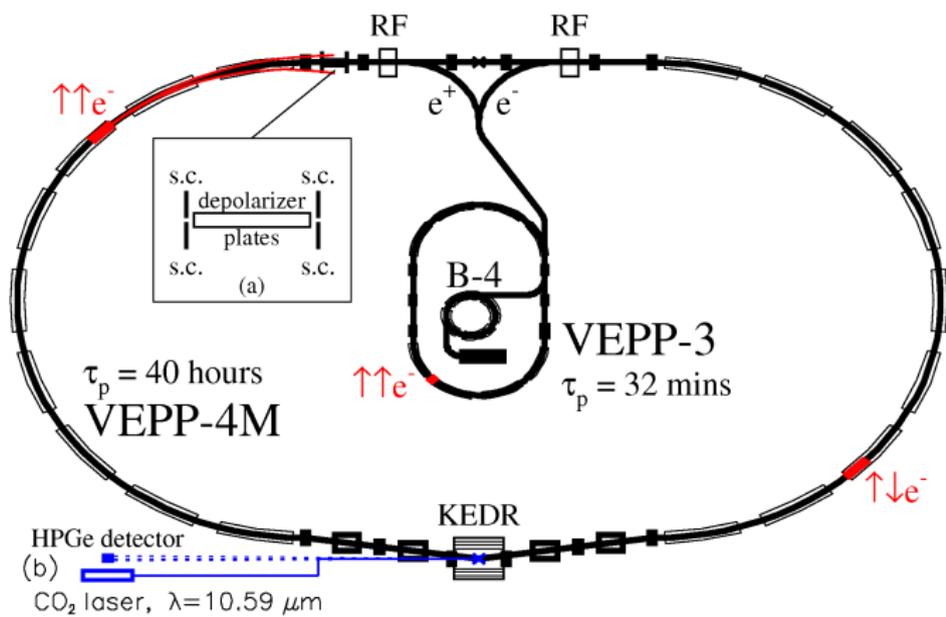
Эксперимент КЕДР

В. Блинов

Институт Ядерной Физики им. Будкера СО РАН

План:

- 1 Комплекс ВЭПП-4М + КЕДР
- 2 Физическая программа
- 3 Результаты 2019 года
- 4 Программа набора статистики и модернизации
- 5 Заключение



Энергия пучка: $1 \div 5$ ГэВ
 Число банчей: 2×2
 Светимость: $(1 \div 80) \times 10^{30} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$

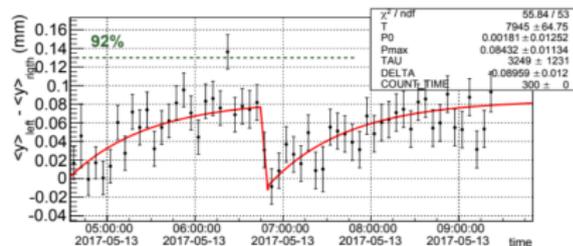
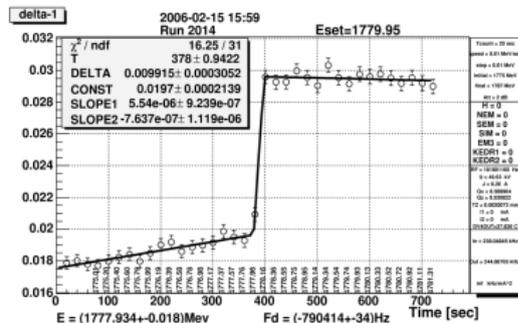
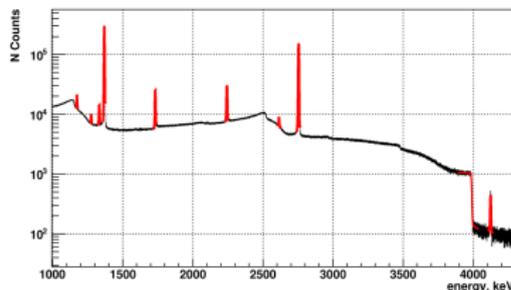
Метод обратного комптоновского рассеяния

- $E < 3 \text{ ГэВ}$: $\Delta E/E = 3 \times 10^{-5}$, 100 кэВ

Метод резонансной деполяризации с измерением частоты деполяризации

- $E < 3 \text{ ГэВ}$: внутрисгустковое рассеяние $\Delta E/E = (5 \div 15) \times 10^{-6}$, (10 ÷ 30) кэВ
За время эксперимента проведено 3089 калибровок энергии

- $E > 3 \text{ ГэВ}$: асимметрия рассеяния циркулярно поляризованных лазерных фотонов $\Delta E/E = 10^{-5}$, (30 ÷ 50) кэВ



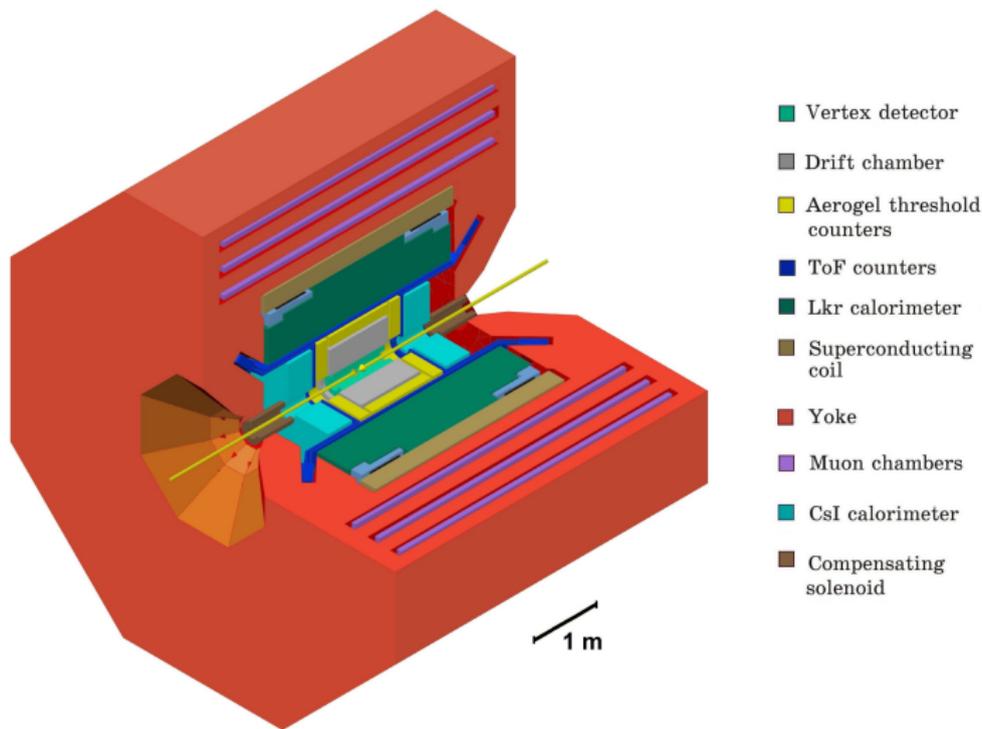
$$E = 4065.8 \pm 0.7 \text{ MeV}$$



Физические задачи



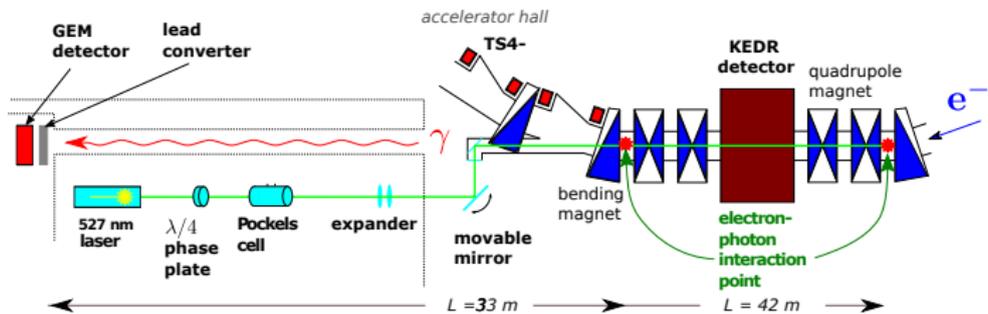
- Измерение масс элементарных частиц
 - Низкая энергия: J/ψ , $\psi(2S)$, $\psi(3770)$, D^0 , D^\pm -мезоны, τ -лептон
 - Высокая энергия: $\Upsilon(1s)$, $\Upsilon(2s)$, $\Upsilon(3s)$, $\Upsilon(4s)$ – мезоны
- Измерения лептонных ширин ψ и Υ – мезонов
- Измерение R в области $2E = 2 \div 10$ ГэВ
- Измерение сечения $\gamma\gamma \rightarrow hadrons$ и другие 2γ -процессы
- Ряд других процессов



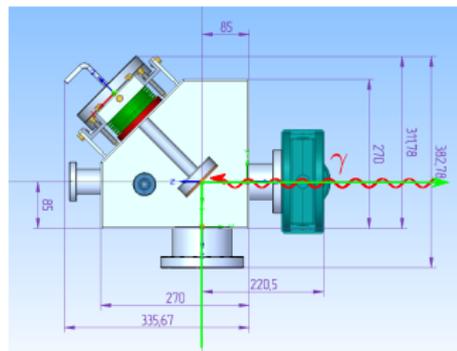
- Все системы детектора находятся в адекватном для выполнения физической программы состоянии



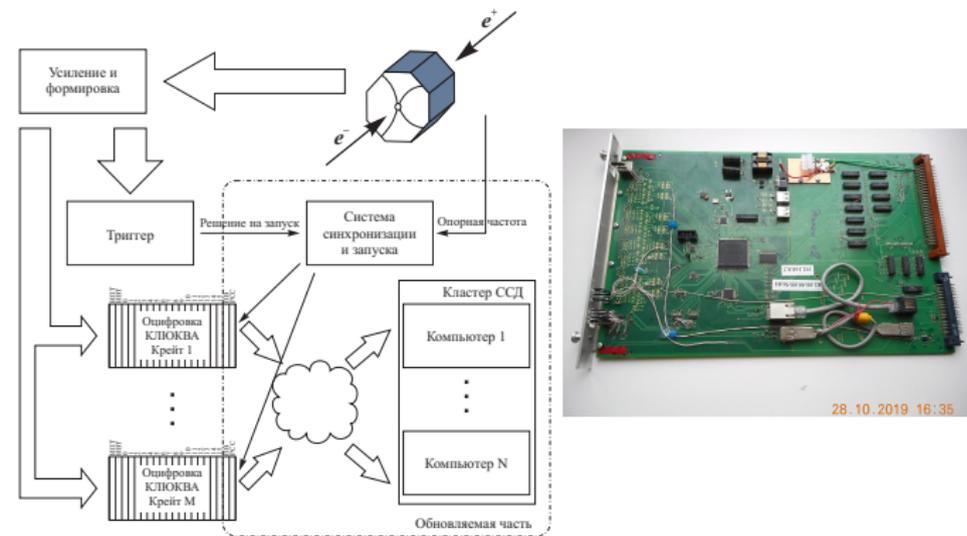
- Модернизация инженерных систем детектора
- Лазерный поляриметр
- Модернизация системы сбора данных детектора
- Система регистрации рассеянных электронов (позитронов)
- Новая дрейфовая камера
- Модернизация системы высоковольтного питания (переход на CAEN)



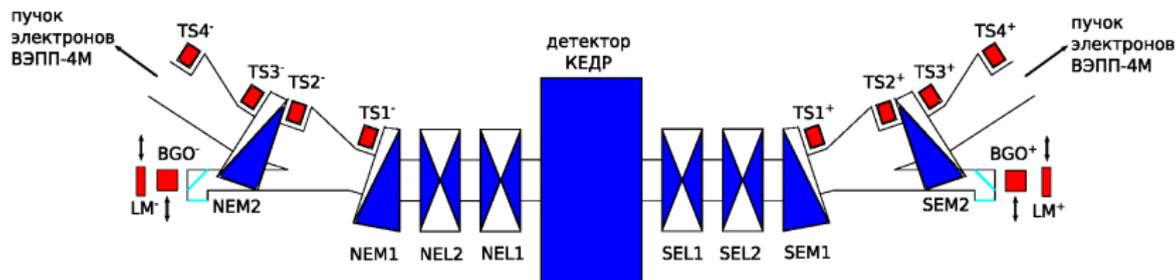
- Скорость счета увеличена в 5 раз
- Сконструирован новый узел ввода лазерного излучения с охлаждаемым водой медным зеркалом
⇒ повышение скорости счета $\simeq 10$ раз !



- Новая система запуска лазера и управления поляризацией на основе VME (CAEN)
- Новый GEM детектор (1120 каналов) + (2 кГц → 4 кГц)



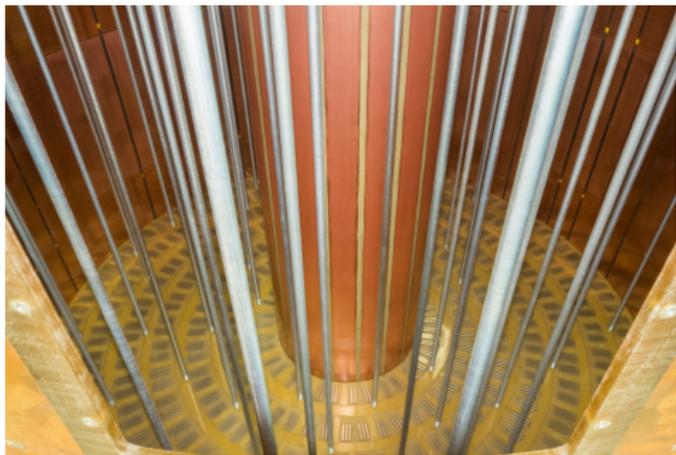
- Разработаны все необходимые блоки электроники
- Развернут стенд тестирования
- Разработаны алгоритмы и структура данных для маршрутизации, поступающих с электроники ССД информации по компьютерам вычислительного кластера для их обработки
- Ведется разработка ПО ССД



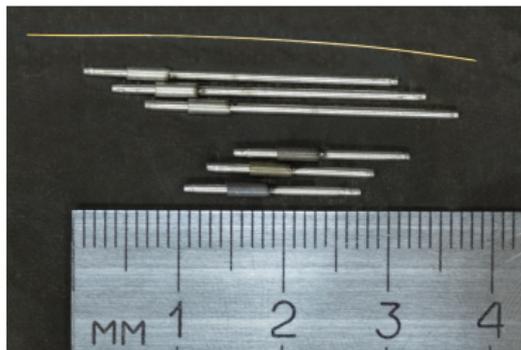
- Система работает в составе детектора
- Статистику, набранную в 2018–2019 годах для измерения R , не предполагается использовать для $\gamma\gamma$ -физики. Для поддержания СРРЭ в работоспособном состоянии записывается каждое второе событие, проходящее триггер с РЭ
- Проведен профилактический ремонт/настройка всех 120 блоков камерной электроники.
- Продолжается разработка новых измерительных плат для повышения эффективности сбора данных СРРЭ



- Корпус ДК собран, преднатяжение создано, торцевые фланцы вклеены. Камера готова к натяжению проволочек.

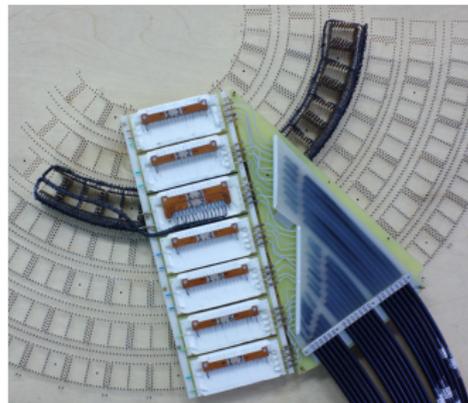
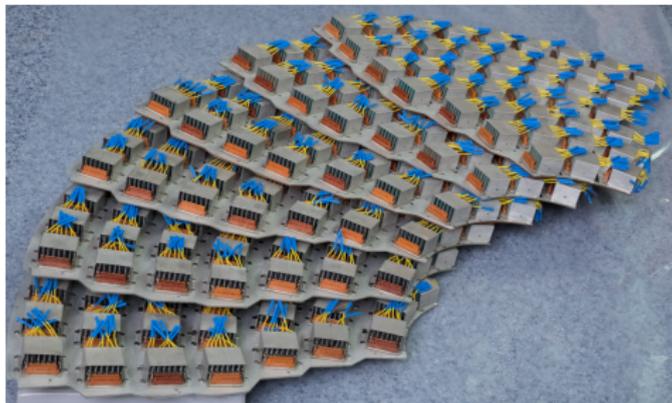


- Пины, инструмент для фиксации проволочек в пинах изготовлены.



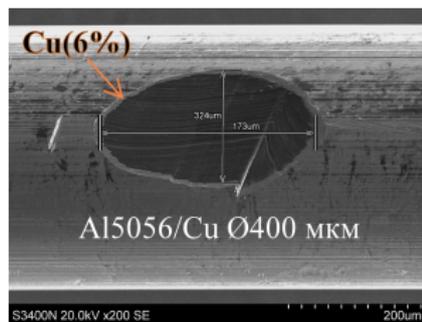
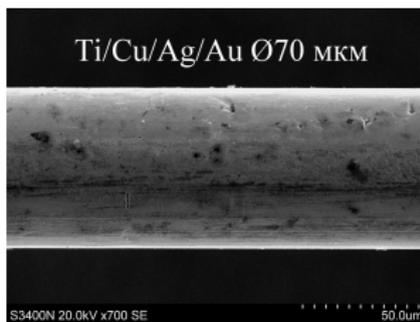
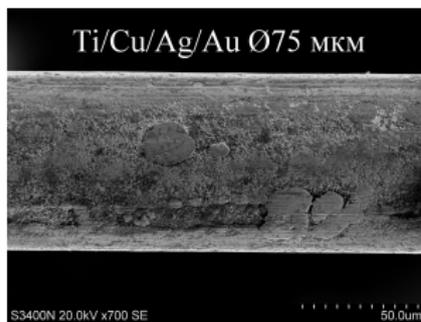


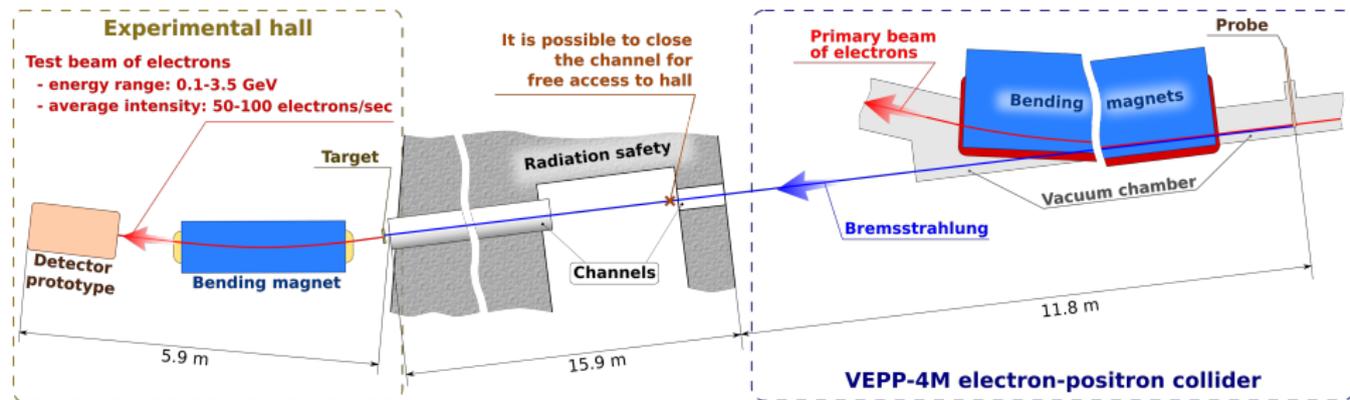
- Сектора предусилителей, ВВ питания (делители, кабельная трасса) изготовлены и проверены. Платы оцифровывающей электроники 50 шт. изготовлены, из них 17 шт. проверены и настроены.



- Отработана технология натяжения проволоки на модели ячейки.
- Сигнальный кабель: конструкция кабеля согласована по спецзаказу на ОАО "Подольск-кабель". Планируется возобновление заявки на изготовление и поставку.

- Началу процесса натяжения проволочек мешает отсутствие экранной проволоки. Всего в ДК около 16 тыс. проволочек, из них 2.5 тыс. – экранные. Требуемое количество проволоки: не менее 4100 метров. Диаметр 70 мкм. Материал: основа – титан, покрытие 1 мкм – медь, покрытие 0.7 мкм – золото.
- Ведётся отработка технологии изготовления проволоки на АО "Денисовский завод" (Владимирская область).





В 2019 году проведено 8 смен:

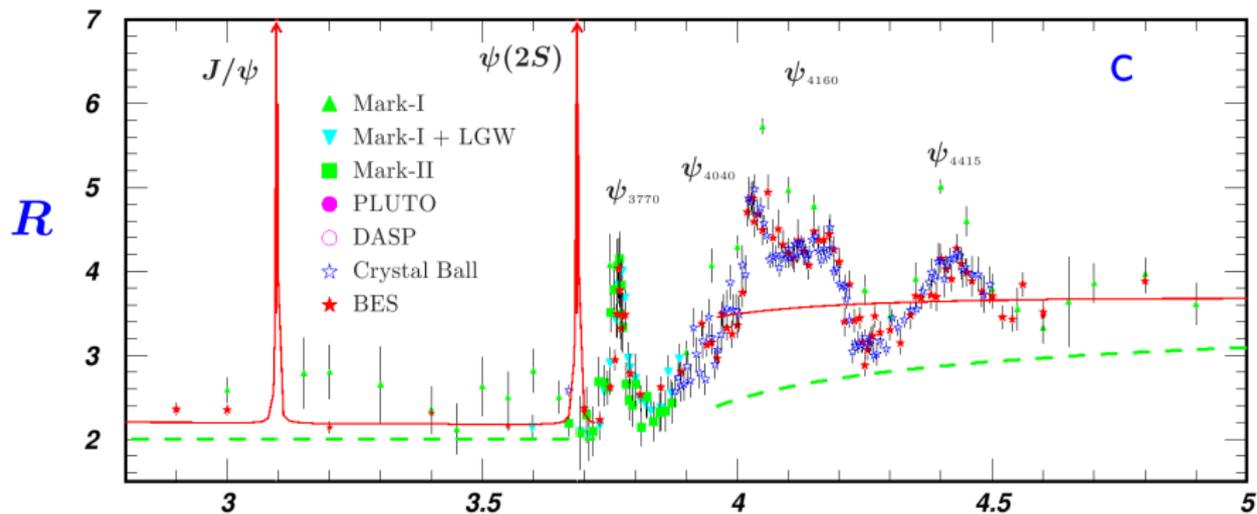
- технические смены – выставка линии пучка
- набор данных с прототипом ФАРИЧ–3 – проверка считывания SiPM с новой электроникой, тестирование образцов аэрогеля с цирконием
- эксперименты с кристаллами LYSO – измерение временного разрешения и черенковской компоненты в излучении

Планы на 2020

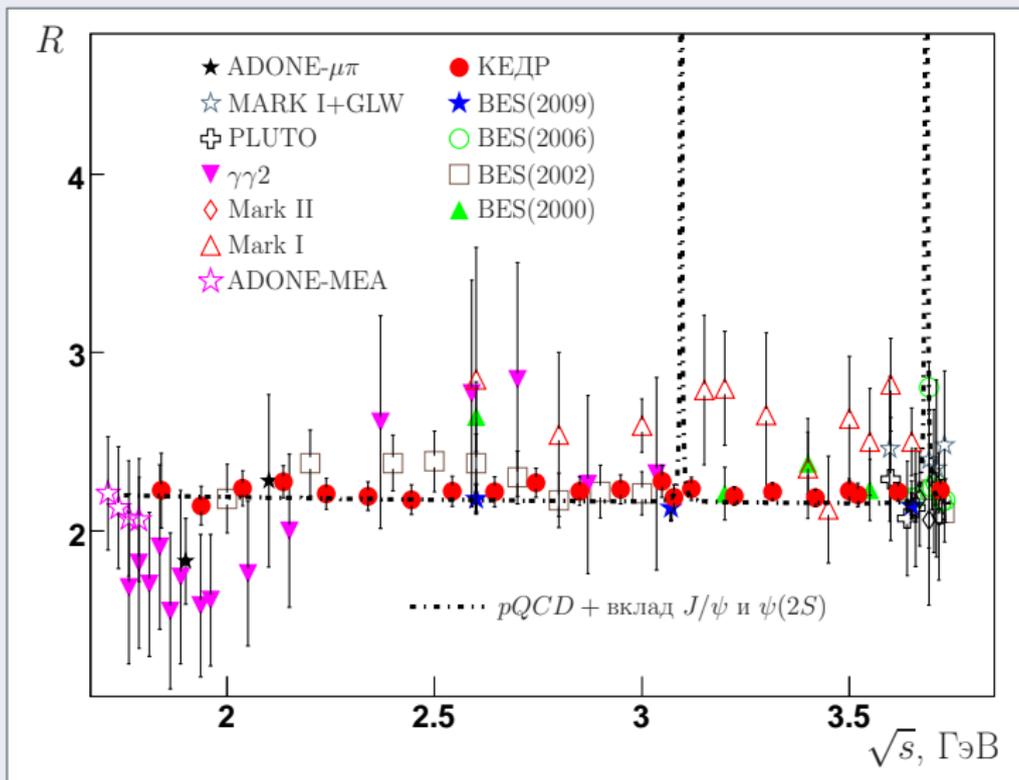
- переход на новую электронику CAEN (высоковольтное питание, система сбора данных)
- собрать и запустить в эксплуатацию детекторы на основе ГЭУ для координатной системы пучка
- автоматизация установки величины магнитного поля в поворотном магните

- II сканирование области $2E = 4.5 \div 7.0$ ГэВ: $LT = 4.8 \text{ пб}^{-1}$

Результаты измерения R в области $2E = 2.8 \div 5.0$ ГэВ

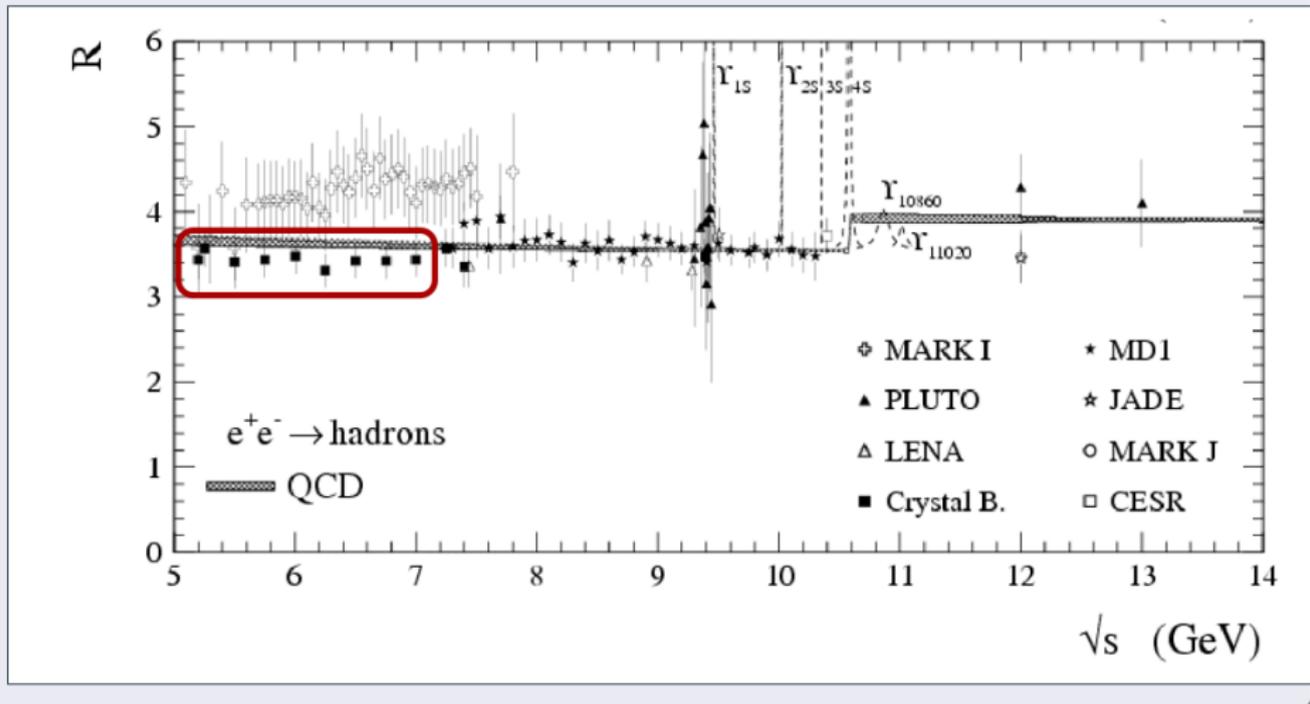


Измерение R при $2E = 1.84 \div 3.72$ ГэВ, $\int Ldt \simeq 3.4$ пб $^{-1}$



(Тодышев К.Ю., докторская диссертация)

Результаты измерения R в области $2E = 5.0 \div 14.0$ ГэВ



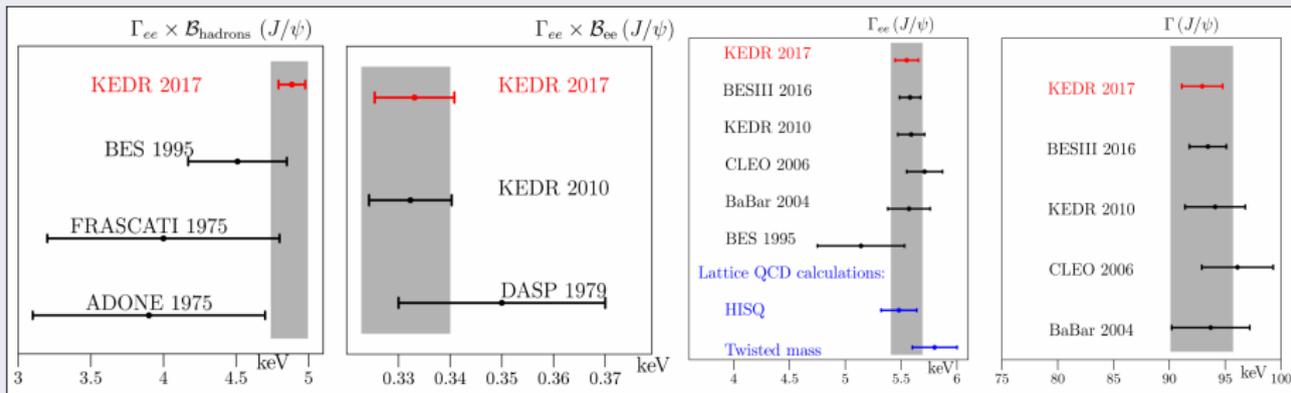
Параметры J/ψ – мезона

$$\Gamma_{ee} = (5.550 \pm 0.056 \pm 0.080) \text{ кэВ}$$

$$\Gamma_{ee} \times B_h = (4.884 \pm 0.048 \pm 0.078) \text{ кэВ}$$

$$\Gamma_{ee} \times B_{ee} = (0.3331 \pm 0.0066 \pm 0.0004) \text{ кэВ}$$

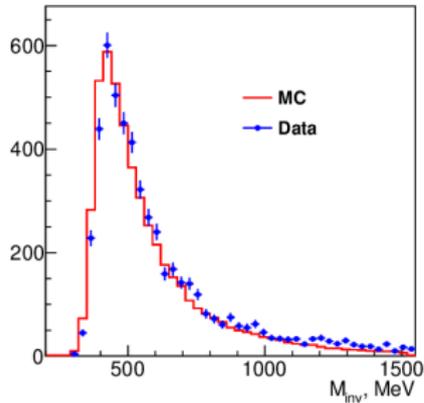
$$\Gamma = (92.94 \pm 1.83) \text{ кэВ}, (\Gamma_{ee} = (5.55 \pm 0.14 \pm 0.02) \text{ кэВ}, \text{ PDG 2016})$$



(Харламова Т.А., кандидатская диссертация)

Результаты по $\gamma\gamma$ – физике

$$e^+e^- \rightarrow e^+e^- + \mu^+\mu^-$$



$$E_b \approx 1.8 \text{ ГэВ}, \approx 6 \text{ пб}^{-1}$$

$$\text{Data: } 5046 \pm 72 \pm 35,$$

$$\text{Data/MC} = 1.009 \pm 0.030$$

- Продолжается обработка $ee \rightarrow ee + LL$ на статистике $\approx 6 \text{ пб}^{-1}$. Проверена эффективность идентификации мягких электронов на событиях $ee \rightarrow ee\gamma$. Обнаружена разница в данных моделирования и эксперимента, объясняющая противоречие в наблюдаемых сечениях $ee \rightarrow ee + ee$ и $ee \rightarrow ee + \mu\mu$. Ведется работа по улучшению моделирования.
- Для уточнения радиационных поправок в конечном состоянии к процессу $ee \rightarrow ee + ee$ запрошена помощь теоретиков (Роман Герасимов).

- Завершение сканирования области $2E = 4.5 \div 7.0$ ГэВ, $\int Ldt = 1.5$ пб⁻¹. Измерение R .

- Набор статистики при

$$\left. \begin{array}{l} 2E = 9.46 \text{ ГэВ}, \quad \Upsilon(1S) \\ 2E = 10.02 \text{ ГэВ}, \quad \Upsilon(2S) \\ 2E = 10.36 \text{ ГэВ}, \quad \Upsilon(3S) \end{array} \right\} \int Ldt = 10 \div 30 \text{ пб}^{-1}$$

- Набор при $2E = 8.0 \div 10^*$ ГэВ, $\int Ldt = 200$ пб⁻¹. Двухфотонная физика.

* Повышение энергии до 5 ГэВ в пучке позволит обогатить физическую программу измерением масс и лептонных ширин семейства Υ – мезонов при наборе интеграла светимости для двухфотонной физики.

- Завершено выполнение физической программы при $2E < 7$ ГэВ
- Начат набор статистики при $2E > 7$ ГэВ
- Для выполнения физической программы на этой энергии требуется кратно повысить надежность работы комплекса ВЭПП-4М и набрать $\int Ldt \simeq 200 - 250$ пб⁻¹.

Команда установки детектор "КЕДР" - январь 2014 (фото А.А. Осипова)



Спасибо за внимание !