

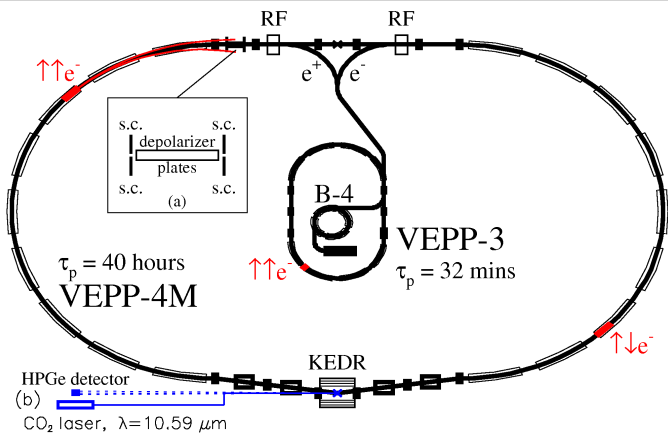
Эксперимент КЕДР

В. Блинов

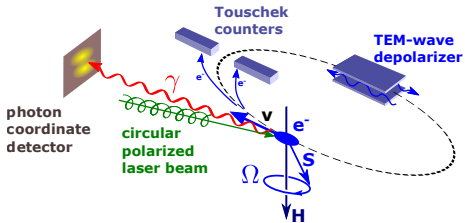
Институт Ядерной Физики им. Будкера СО РАН

План:

- 1 Комплекс ВЭПП–4М + КЕДР
- 2 Физическая программа
- 3 Результаты 2018 года
- 4 Программа набора статистики и модернизации
- 5 Заключение

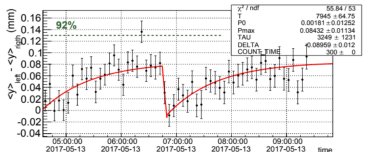
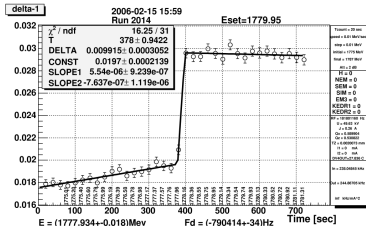


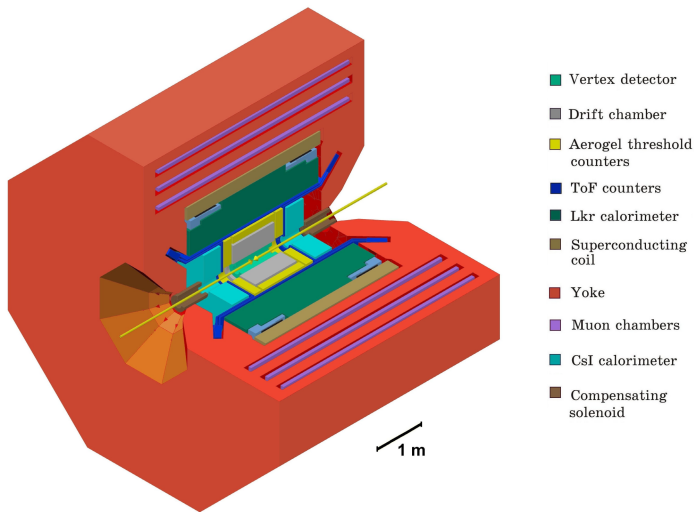
Энергия пучка: 1 ÷ 5 ГэВ
 Число банчей: 2 × 2
 Светимость: (1 ÷ 80) × 10³⁰ см⁻²с⁻¹
 Измерение энергии методом РД:
 E < 3 ГэВ, тушековский поляриметр
 E > 3 ГэВ, лазерный поляриметр



Метод резонансной деполяризации с измерением частоты деполяризации по

- $E < 3 \text{ ГэВ}$: внутрисгустковое рассеяние $\Delta E/E = (5 \div 15) \times 10^{-6}$, $(10 \div 30) \text{ кэВ}$
За время эксперимента проведено 3089 калибровок энергии
- $E > 3 \text{ ГэВ}$: асимметрия рассеяния циркулярно поляризованных лазерных фотонов
- Создана новая система сбора, обработки и хранения данных
- Идет изготовление и запуск нового GEM-детектора
- Проведены первые калибровки энергии на $E = 4 \text{ ГэВ}$

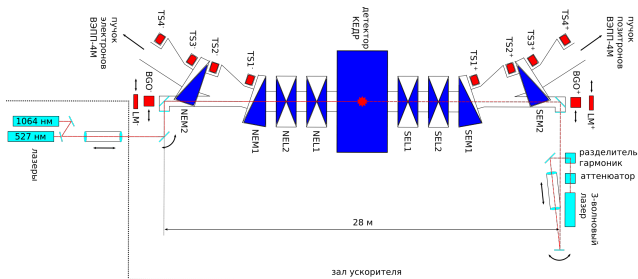




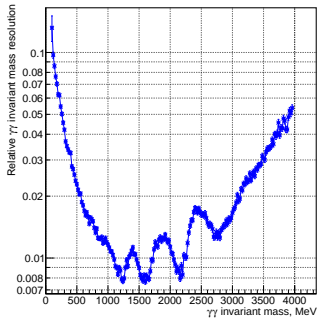
- Все системы детектора находятся в адекватном для выполнения физической программы состоянии



- Модернизация инженерных систем детектора
- Модернизация системы сбора данных детектора
- Лазерный поляриметр
- Система регистрации рассеянных электронов (позитронов)
- Новая дрейфовая камера
- Тестовый пучок электронов на ВЭПП-4



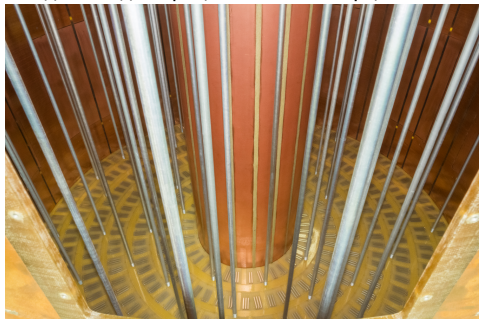
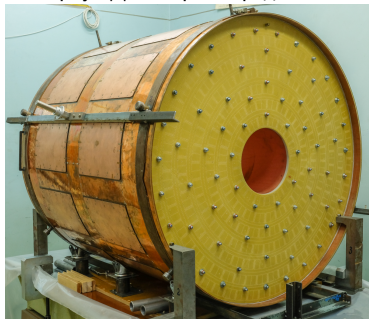
- Система работает в составе детектора
- Непрерывно работает система лазерной и BGO калибровки СРЭ



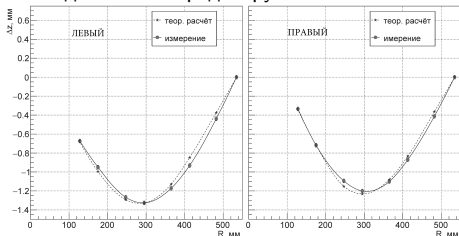
В 2018 году сделано:

- Разработано, изготовлено и включено в работу 12 двух-хитовых Т-плат для DAQ СРРЭ. Это позволит уменьшить потери из-за наложения событий при работе на большой светимости (Ю.В. Усов, А.И. Текутьев, сек. 3-12). Проверка качества работы плат пока не закончена. Планируется замена всех 90 Т-плат.
- Произведено несколько модификаций триггера для повышения эффективности при работе с большой светимостью.
- Переписана программа реконструкции треков в СРРЭ для полноценного использования GEM'ов. Улучшены алгоритмы построения треков в условиях большого фона и перекрёстных наводок.
- Продолжается работа по автоматизации энергетических калибровок СРРЭ с использованием лазеров и BGO.

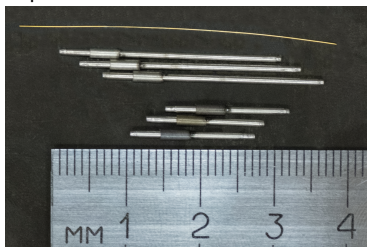
- Корпус ДК собран, преднатяжение создано. Идёт процесс вклейки торцов.



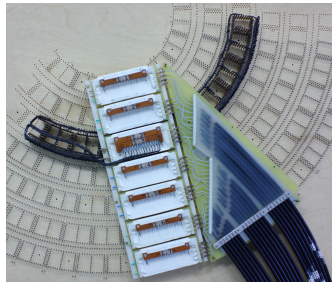
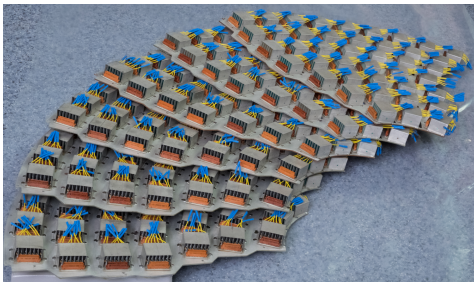
- Прогиб торцевых пластин под действием преднагрузки 3.86 т.



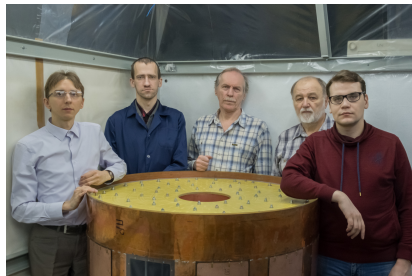
- Пины, инструмент для фиксации проволочек в пинах изготовлены.

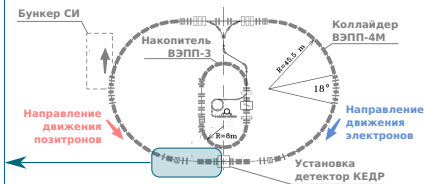


- Сектора предусилителей изготовлены и проверены. Платы оцифровывающей электроники 50 шт. в производстве. Сектора ВВ питания (делители, кабельная трасса) изготовлены и проверены.



- Отработана технология натяжения проволоки на модели ячейки.
- Сигнальный кабель: конструкция кабеля согласована по спецзаказу на ОАО НП "Подольск-Кабель"
- Планируется изготовление экранной проволоки диаметром 70 мкм на АО "Денисовский завод"





Параметры пучка

- Диапазон энергий: $100 \div 3500$ МэВ
- Энергетический разброс: $7.8 \div 2.9$ % ($100 \div 3000$ МэВ)
- Точность определения энергии: лучше 1.8 % (≥ 1000 МэВ)
- Средняя скорость счета: 100 Гц

В 2018 году проведено 15 смен:

- Тестирование прототипов координатных детекторов на базе ГЭУ
- Исследование временного разрешения и эффективности регистрации приборов на основе МКП
- Работы с прототипом системы идентификации ФАРИЧ-3



Физические задачи



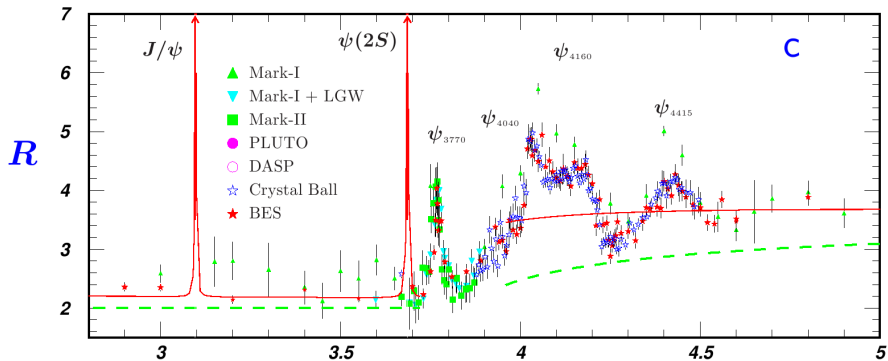
- Измерение масс элементарных частиц
 - Низкая энергия: J/ψ , $\psi(2S)$, $\psi(3770)$, D^0 , D^\pm -мезоны, τ -лептон
 - Высокая энергия: $\Upsilon(1s)$, $\Upsilon(2s)$, $\Upsilon(3s)$, $\Upsilon(4s)$ – мезоны
- Измерения лептонных ширин ψ и Υ – мезонов
- Измерение R в области $2E = 2 \div 10$ ГэВ
-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

- I сканирование области $2E = 4.5 \div 7.0$ ГэВ: $LT = 7.4 \text{ пб}^{-1}$, (выполнено)
- II сканирование области $2E = 4.5 \div 7.0$ ГэВ: $LT = 5 \text{ пб}^{-1}$, (не выполнено)
- Пробный набор на $\Upsilon(1S)$ -мезоне, $2E = 9.46$ ГэВ, (не выполнено)

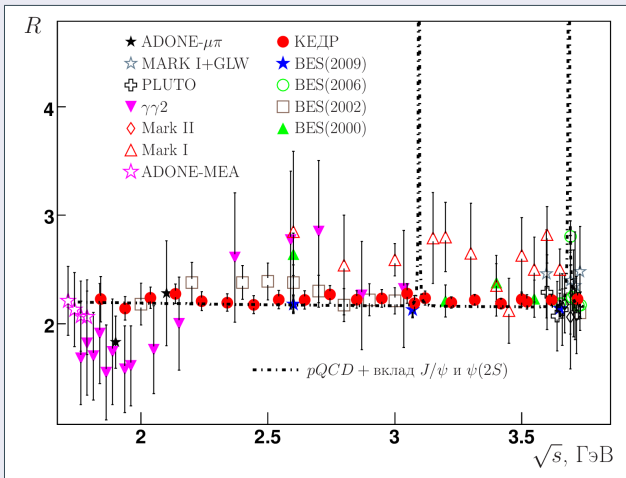
– Набор статистики в сезоне 2017÷2018 был неэффективным

– Необходима работа по повышению эффективности работы комплекса (учет времени работы, поломок и др.)

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

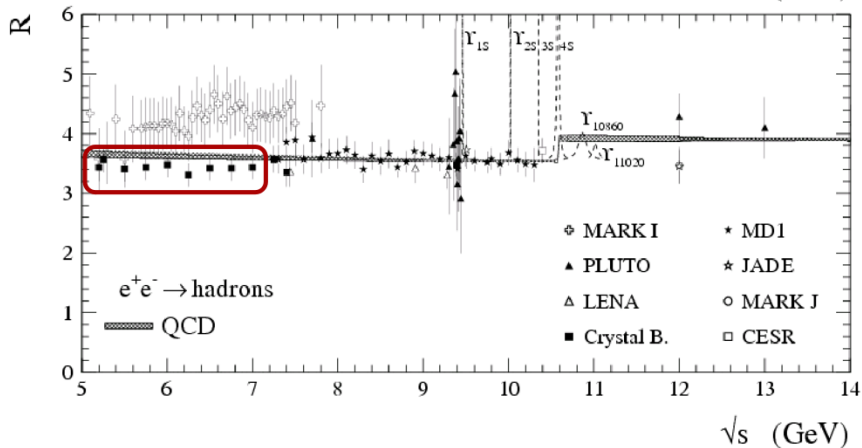


Измерение R при $2E = 1.84 \div 3.7 \text{ ГэВ}$, $\int Ldt \simeq 2.05 \text{ пб}^{-1}$



Measurement of R_{uds} and R between 3.12 and 3.72 GeV at the KEDR detector. *Phys. Lett. B* **753** (2016) 533-541 (Тодышев К.Ю., докторская диссертация)

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



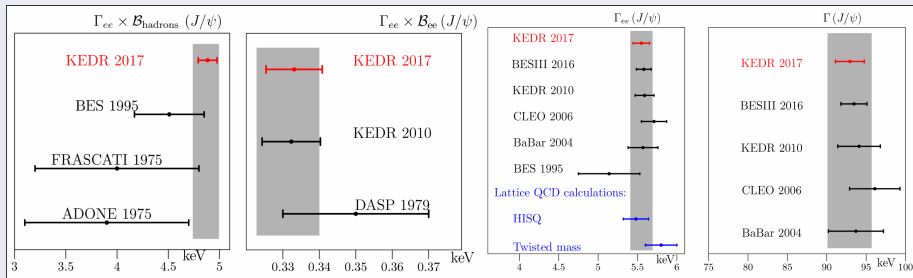
Параметры J/ψ – мезона

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

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

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

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



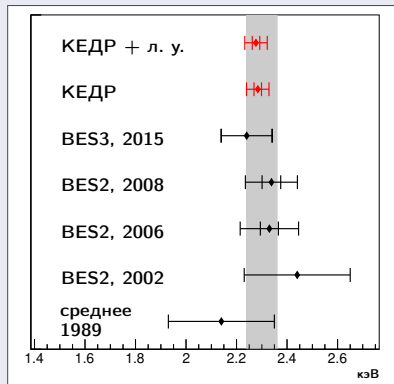
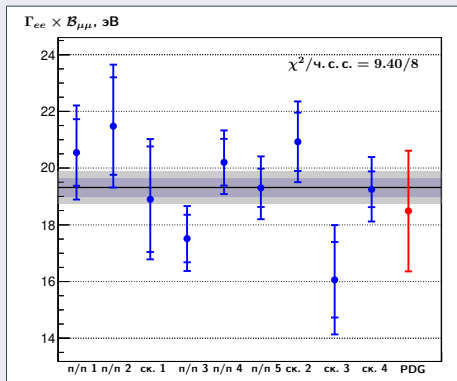
Measurement of $\Gamma_{ee}(J/\psi)$ with KEDR detector, *J. High Energy. Phys.* (2018) 2018:119
(Харламова Т.А., диссертация)

Параметры $\Psi(2S)$ – мезона

$$\Gamma_{ee} \times B_{\mu\mu} = (19.3 \pm 0.3 \pm 0.5) \text{ эВ, КЕДР}$$

$$\Gamma_{ee} \times B_{\mu\mu} = (18.5 \pm 2.1) \text{ эВ, PDG}$$

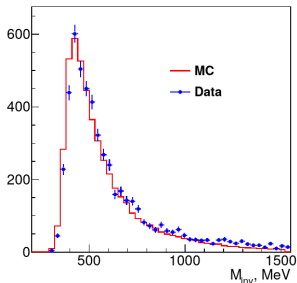
$$\Gamma_{ee} = (2.282 \pm 0.015 \pm 0.042) \text{ кэВ}$$



Measurement of $\Gamma_{ee} \times B_{\mu\mu}$ for $\psi(2S)$ meson. *Physic Letters B. Volume 781, 2018, p. 174-181.* (Сухарев А.М., защищена диссертация в 2018 году)

Результаты по $\gamma\gamma$ – физике

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



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

Data: $5046 \pm 72 \pm 35$,

Data/MC = 1.009 ± 0.030

В 2018 году:

- Проведена обработка $ee \rightarrow ee + LL$ на статистике $\approx 6 \text{ пб}^{-1}$.
- При удовлетворительном согласии эксперимента и моделирования для $ee \rightarrow ee + \mu\mu$ наблюдается превышение моделирования над экспериментом для $ee \rightarrow ee + ee$ при $200 < w_{inv} < 400 \text{ МэВ}$.
- Генератор $ee \rightarrow 4L$ Берендса и др. проверен и доработан с использованием матричных элементов, полученных А.И. Мильштейном и П.А. Крачковым. Результаты для $ee \rightarrow ee + ee$ подтвердились.
- В генератор встроен процесс $ee \rightarrow 2\mu 2\pi$ и учтён вклад узких резонансов, он уже используется в обработке данных BELLE и пригодится на $ст$ -фабрике.

Ведутся анализы



- $Br(J/\psi \rightarrow \gamma\eta_c)$
- $Br(J/\psi \rightarrow \gamma\pi^+\pi^-)$, $Br(J/\psi \rightarrow \gamma K^+K^-)$, $Br(J/\psi \rightarrow \gamma p\bar{p})$
- Измерение масс D -мезонов
- Двухфотонное рождение e^+e^- , $\mu^+\mu^-$, адроны

В 2018 году



- Опубликовано 6 работ (4 по ФЭЧ + 2 по методике)
- Защищена 1 диссертация (Сухарев А.М.)

- Сканирование области $2E = 4.5 \div 7.0$ ГэВ, $\int Ldt = 5$ пб⁻¹.
Измерение R .

- Набор статистики при

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

- 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 $2E < 4$ ГэВ
- Начат набор статистики при $2E = 4.5 \div 10$ ГэВ
- Для выполнения физической программы на этой энергии требуетсякратно 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 !

Luminosity is scaled to E=1900 propto E⁴

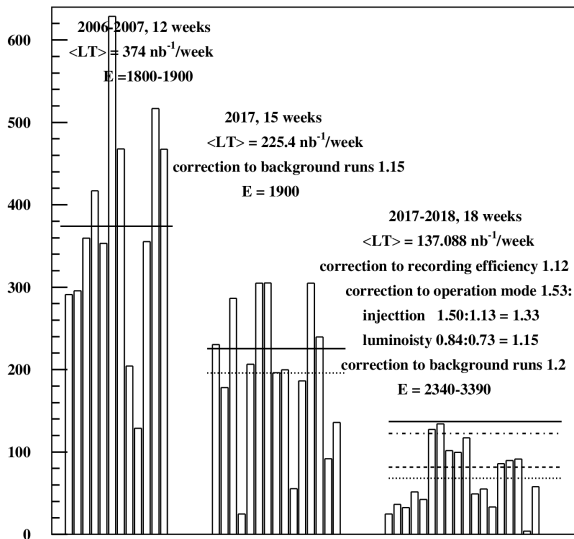


Таблица 1: Работа КЕДР/ВЭПП-4 в сезоне 2017-2018 года

эксперимент	дата		Светимость, нб ⁻¹		КПД	Распределение времени						
			ВЭПП-4	КЕДР исп./запис		набор	ка- либр	не на КЕДР	настр. реж.	неисправности		
										всего	КЕДР	ВЭПП-4
$\psi(3770)$	27 нояб – 10 дек	14 дней	316	223	88%	42%	11%	8%	11%	5%	63%	47%
R-2	18 дек – 30 дек	43 дня	750	450/484	74%	47%	8%	18%	14%	14%	8%	94%
R-4	30 дек – 8 фев	9 дней	850	345/571	75%	82%	6%	0%	0%	48%	92%(CSI)	8%
R-6	9 фев – 2 март	21 день	1156	544/787	75%	35%	7%	39%	1%	45%	78%(ДК,TRG)	22%
R-8	3 марта – 11 марта	8 дней	922	599/636	77%	77%	4%	0%	2%	17%	55%(ДК)	43%
R-10	11 марта – 8 апреля	28 дней	882	618	78%	26%	8%	26%	3%	36%	2%(ВД)	98%
R-12	8 апреля – 23 апреля	14 дней	1341	904	73%	60%	6%	23%	1%	9%	19%(ДК)	81%
R-14	23 апреля – 1 мая	8 дней	1294	1003	84%	78%	7%	0%	6%	10%	29%(МК)	71%
R-16	2 мая – 24 мая	22 дня	1027	765	87%	26%	6%	60%	3%	6%	1%	98%
R-10	24 мая – 2 июня	9 дней	930	763	87%	43%	13%	9%	29%	4%	9%(CSI)	91%
R-4	3 июня – 18 мая	15 дней	442	332	90%	26%	3%	52%	10%	9%	22%(ДК)	80%
всего за сезон	27 ноября 2017 – 21 июня 2018	206 дней	10430	6546/7449	80%	40%	6%	28%	7%	13%	16%	84%

Таблица 2: Работа КЕДР/ВЭПП-4 в разных сезонах

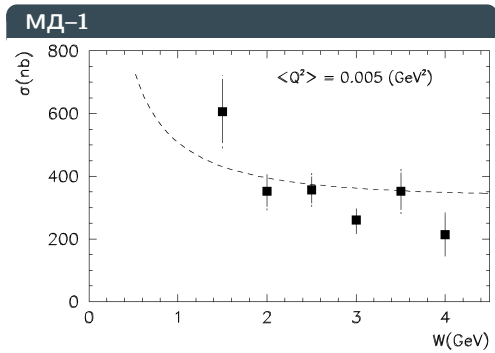
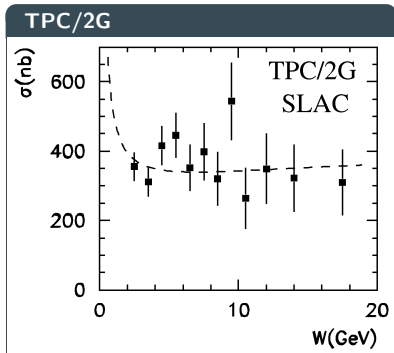
эксперимент	дата		Светимость, нб ⁻¹		КПД	Распределение времени						
			ВЭПП-4	КЕДР исп./запис		набор	ка- либр	не на КЕДР	настр. реж.	неисправности		
										всего	КЕДР	ВЭПП-4
ψ scan	6 окт. 2006 – 3 февр 2007	120 дней	7352	6256	89%	62%	26%	5%		7%	32%	62%
$\psi(3770)$	10 февр 2017 – 11 июня 2017	121 день	3291	2734	84%	39%	5%	27%	9%	7%	25%	68%
R scan	27 ноября 2017 – 21 июня 2018	206 дней	10430	6546/7449	80%	40%	6%	28%	7%	13%	16%	84%

Отчёт о работе комплекса ВЭПП-4М/КЕДР
с 20/12/2017 00:00:00 по 21/06/2018 00:00:00 (183 days)

<i>Результаты</i>	
Записанная светимость	7226.07 нб ⁻¹
КПД детектора КЕДР	79.46 %
Произведённая светимость	10114.25 нб ⁻¹
Средняя светимость	237.88 · 10 ²⁸ см ⁻² ·с ⁻¹
Число калибровок энергии	13 шт.
Среднее время на калибровку	5 hours 11 mins
Средний КПД перепуска (e^-/e^+)	68.5 % / 61.9 %

<i>Распределение времени</i>		183 days
Набор статистики	42%	76 days 1 hour
Калибровка систем	6%	10 days 13 hours
Калибровка энергии	2%	2 days 19 hours
Работа не на КЕДР	5%	9 days 9 hours
Профилактика	3%	5 days 17 hours
Работа не на КЕДР - СИ	22%	40 days 16 hours
Настройка режима ВЭПП	6%	10 days 22 hours
Неисправности	15%	26 days 19 hours
<i>в том числе:</i>		
- КЕДР	14%	3 days 20 hours
- ВЭПП	85%	22 days 16 hours
- КЕДР + ВЭПП	1%	5 hours 4 mins

<i>Поломки КЕДРа</i>		
КЕДР	14%	3 days 20 hours
Systems	87%	5 days 8 hours
Vertex detector	16%	19 hours 54 mins
Drift chamber	31%	1 day 15 hours
Time of flight	5%	6 hours 47 mins
CsI calorimeter	3%	3 hours 23 mins
LKr calorimeter	36%	1 day 21 hours
Muon system	2%	2 hours 26 mins
Luminosity system	0%	15 mins
Tagging System	2%	2 hours 50 mins
Aerogel threshold counters	0%	38 mins
Trigger system	5%	6 hours 30 mins
Computers	9%	13 hours 13 mins
Soft	89%	11 hours 49 mins
PC	8%	1 hour 1 min
VAX	0%	0
Service	1%	48 mins
Инженерия	0%	0
Кондиционер	0%	0
Электроснабжение	100%	48 mins
Криогеника	0%	0
Магнитная система	0%	0



! Для стыковки с данными других экспериментов необходимо измерение сечения $\gamma\gamma \rightarrow \text{hadrons}$ до $W_{\gamma\gamma} = 4 \text{ ГэВ}$