

Система идентификации ФАРИЧ

А.Ю. Барняков, М.Ю. Барняков, В.Е. Блинов,
А.Р. Бузыкаев, В.В. Гулевич, С.А. Кононов,
Е.А. Кравченко, И.Куянов, А.П. Онучин

Институт Ядерной Физики им. Будкера

А.Ф. Данилюк

Институт Катализа им. Борескова

*Рабочее совещание по проекту ст-фабрики
18-19 октября 2010 г.
ИЯФ, Новосибирск*

Зачем нужна система идентификации?

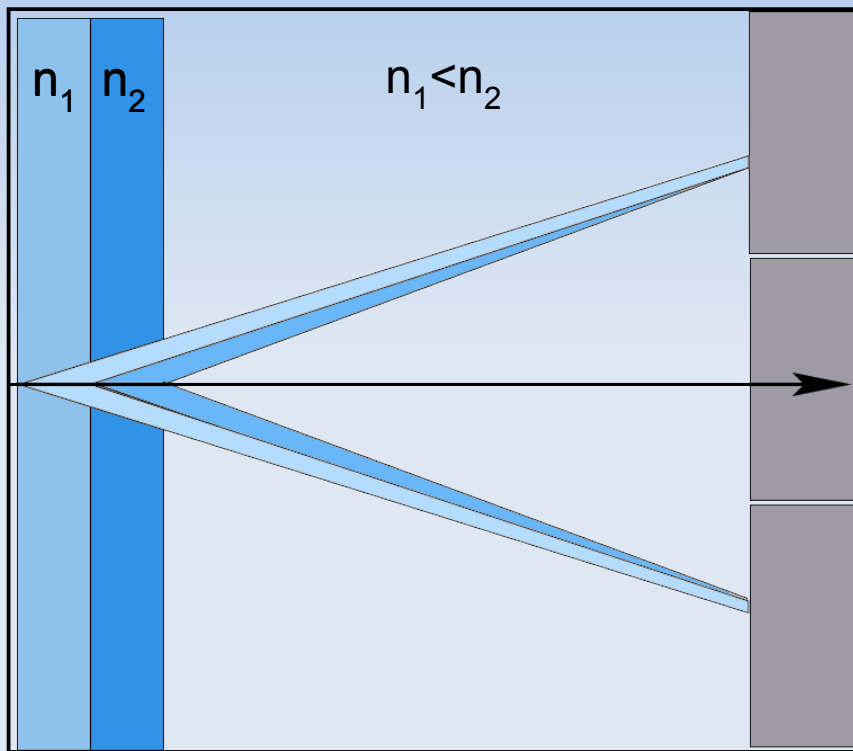
- Восстановление и тагирование D -мезонов (K в к.с.), барионов (p в к.с.) — подавление комбинаторного фона
- Поиск редких распадов — уменьшение фона
- Мюонное тагирование распада τ — удвоение эффективности лептонного тагирования
- Поиск LFV $\tau \rightarrow \mu \gamma$ (проектная чувствительность $Br \leq 10^{-9}$) — подавление фона от $\tau \rightarrow \pi \pi^0 \nu_\tau$ (μ/π разделение)
- Все современные детекторы имеют отдельную систему идентификации частиц

Существующие методы идентификации частиц с импульсом порядка 1 ГэВ/с

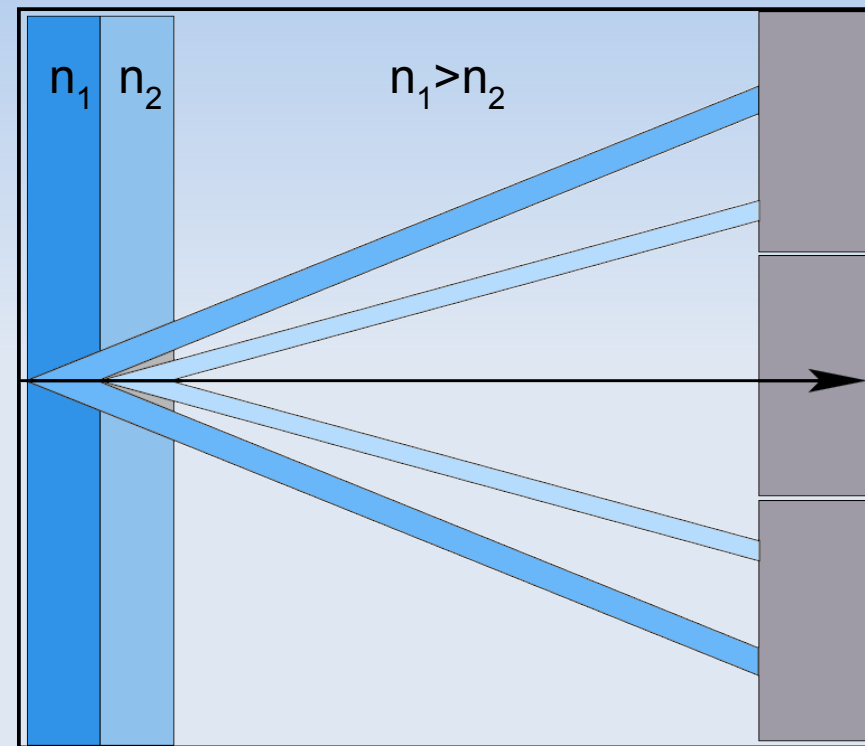
- Традиционные методы dE/dx , TOF: π/K для $P \leq 0.7$ ГэВ/с
- Мюонная система: μ/π для $P \geq \sim 1$ ГэВ/с
- Пороговые черенковские счетчики на основе аэрогеля: работают между порогами π и K (0.6-1.5 ГэВ/с при $n=1.05$)
- RICH с жидкими (C_6F_{14}) и твердыми (LiF , NaF) и радиаторами: DELPHI, SLD, CLEOIII, ALICE и др.
- DIRC (Detector of Internally Reflected Cherenkov light) — впервые реализован на BaBar, успешная и надежная методика, получившая продолжение в проектах для BelleII, SuperB, PANDA, WASA
- Аэрогелевый RICH впервые применен на HERMES (1998), установлен на LHCb, рассматривается для BelleII

ФАРИЧ

RICH с многослойным аэрогелевым радиатором



Однокольцевой



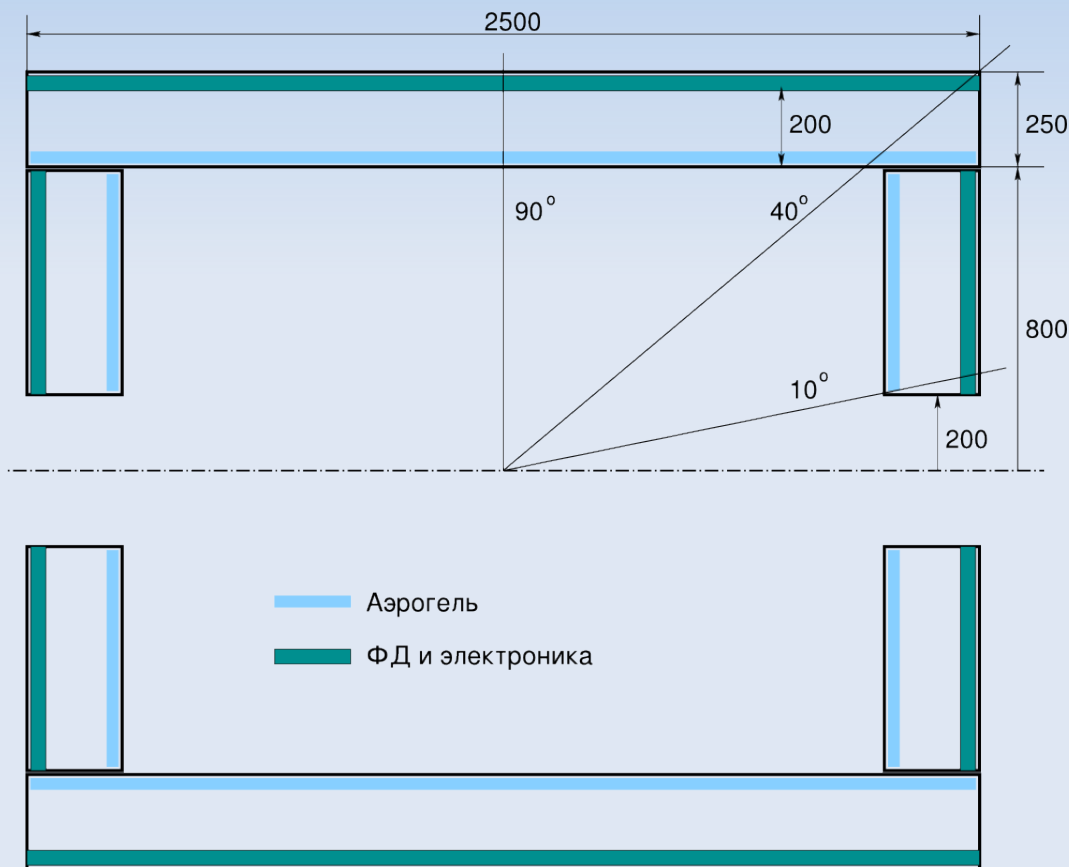
Многокольцевой

Уменьшение ошибки черенковского угла по сравнению с одним слоем достигается за счет уменьшения вклада толщины в ошибку.

Почему ФАРИЧ?

- Наилучшее разрешение по скорости частицы по сравнению с другими методами в этом диапазоне импульсов
- Позволяет разделять μ и π в районе 1 ГэВ/с и ниже, что трудно достижимо другими методами
- Сложно реализовать в барели из-за магнитного поля → необходимы фотодетекторы нечувствительные к магнитному полю (Г-ЛФД)

Система ФАРИЧ для ст фабрики

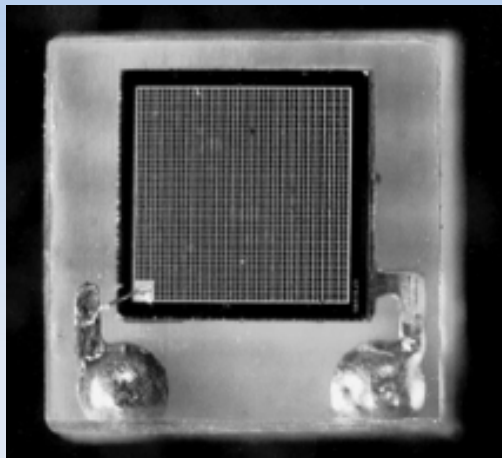


Параметры

- Фокусирующий аэрогелевый радиатор:
 $n_{\text{max}} = 1.07$, 4 слоя
обсуждается использование NaF для малых импульсов
- ФД: МРРС $3 \times 3 \text{ мм}^2$ с шагом 4 мм
- Площадь ФД: 21 м^2
- ~1 млн. каналов

Фотонный детектор: Г-ЛФД

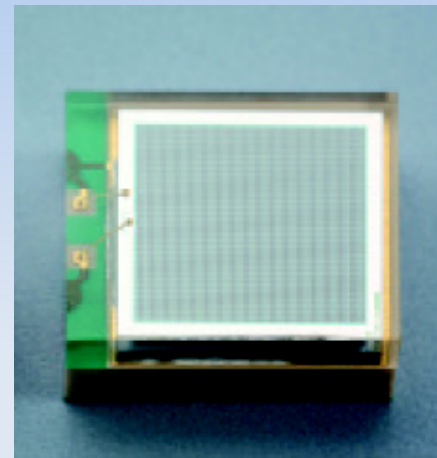
MRS APD (ЦПТА)



- Модель 149-35
- $2.1 \times 2.1 \text{ мм}^2$
- Частота шумов 10 МГц
- $\text{PDE}(600\text{нм}) = 40\%$
- Усиление $\sim 4 \cdot 10^5$

Есть версия с $f_{\text{шум}} \sim 1 \text{ МГц}$

MPPC (Hamamatsu)

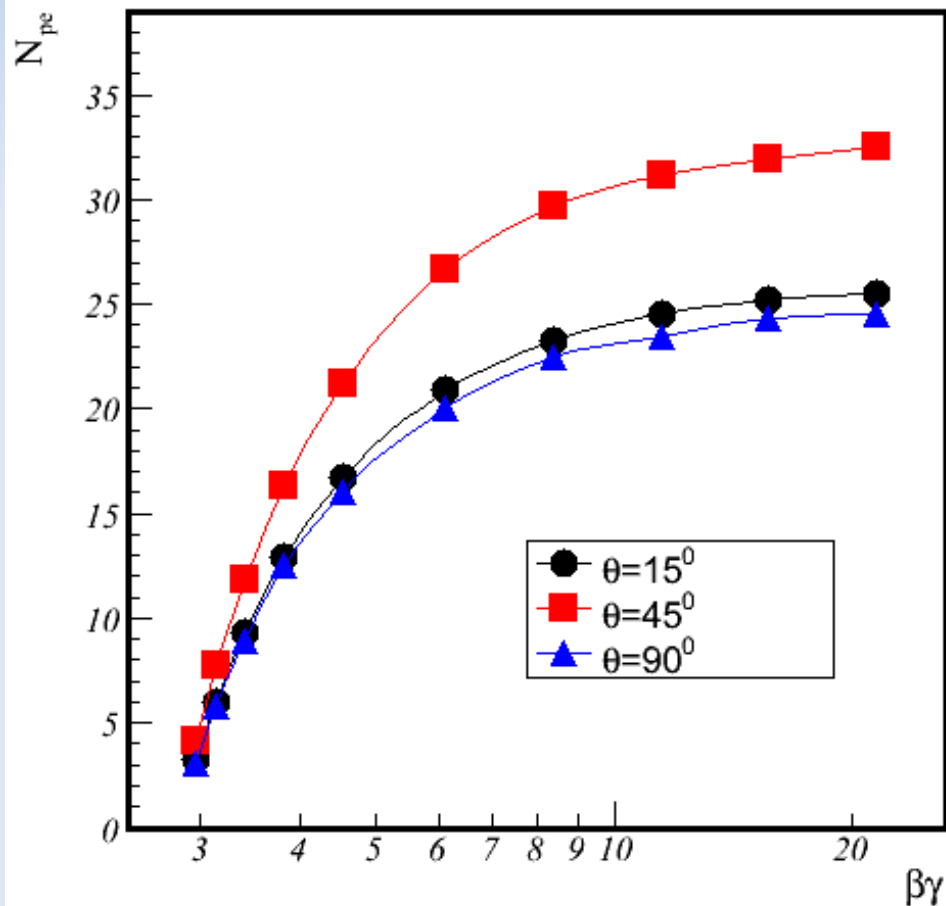


- Модель S10391-050
- $3 \times 3 \text{ мм}^2$
- Частота шумов 6 МГц
- $\text{PDE}(500\text{нм}) = 30\%$
- Усиление $8 \cdot 10^5$

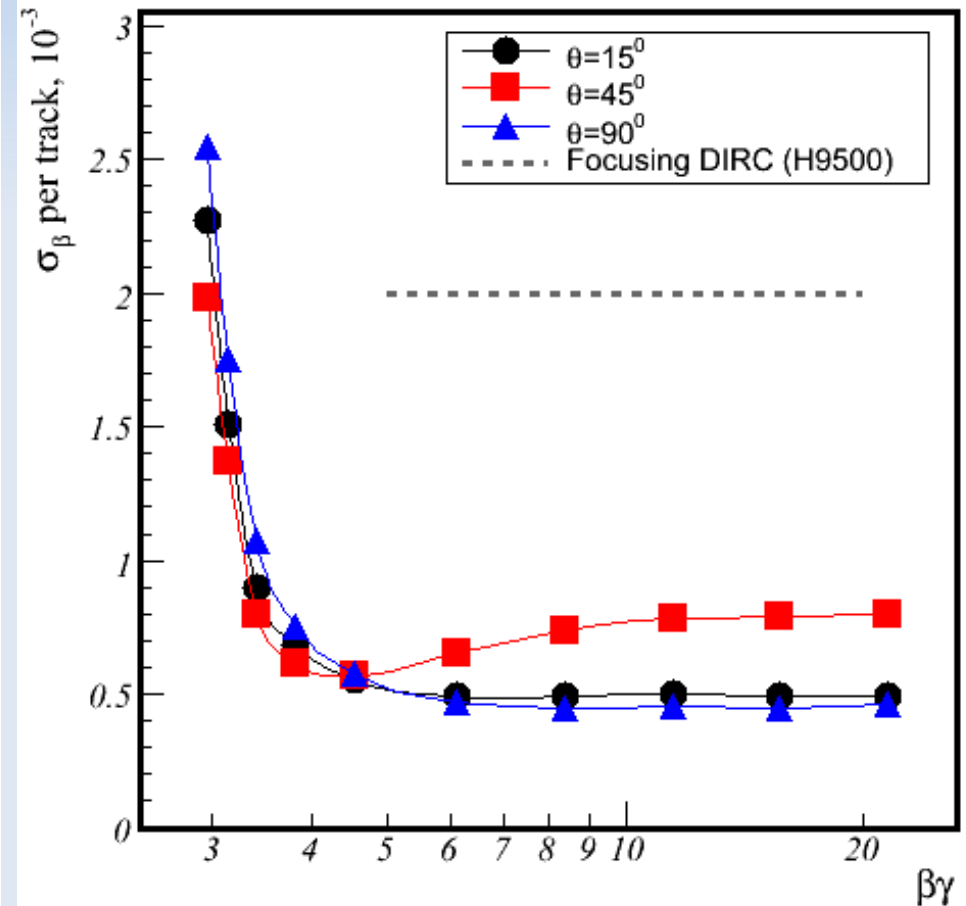
Не поставляется в Россию

Моделирование

Число фотоэлектронов

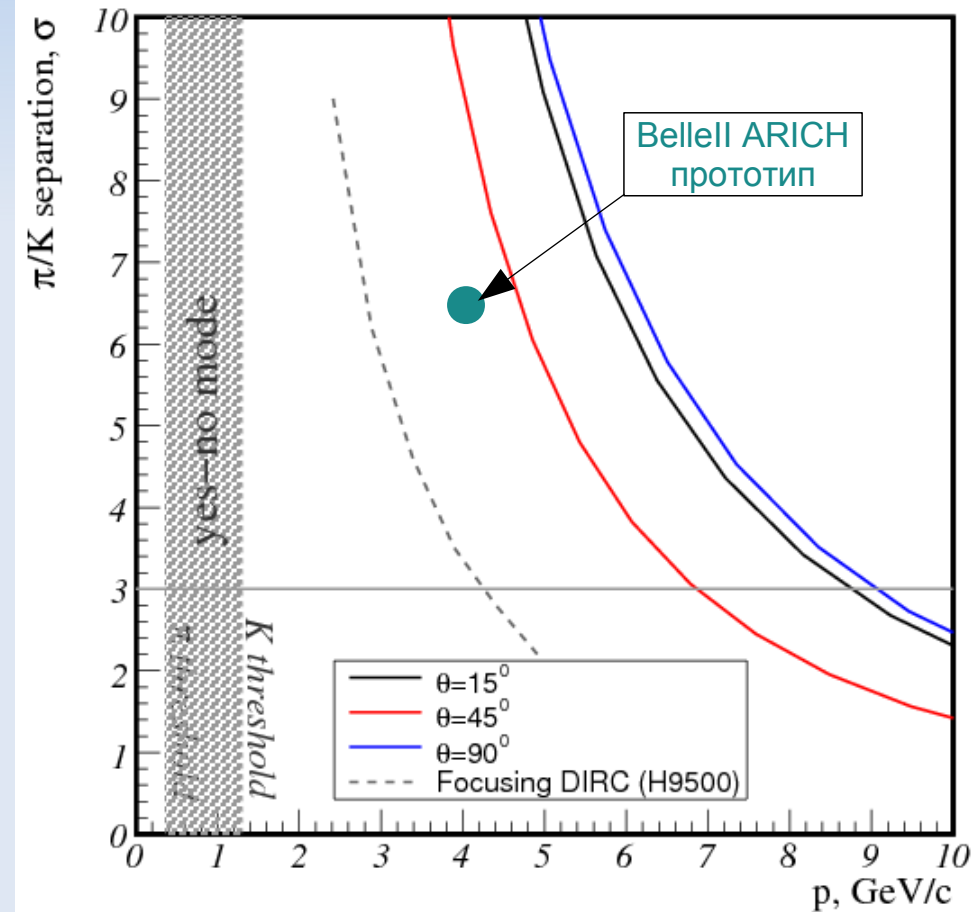


Разрешение по скорости

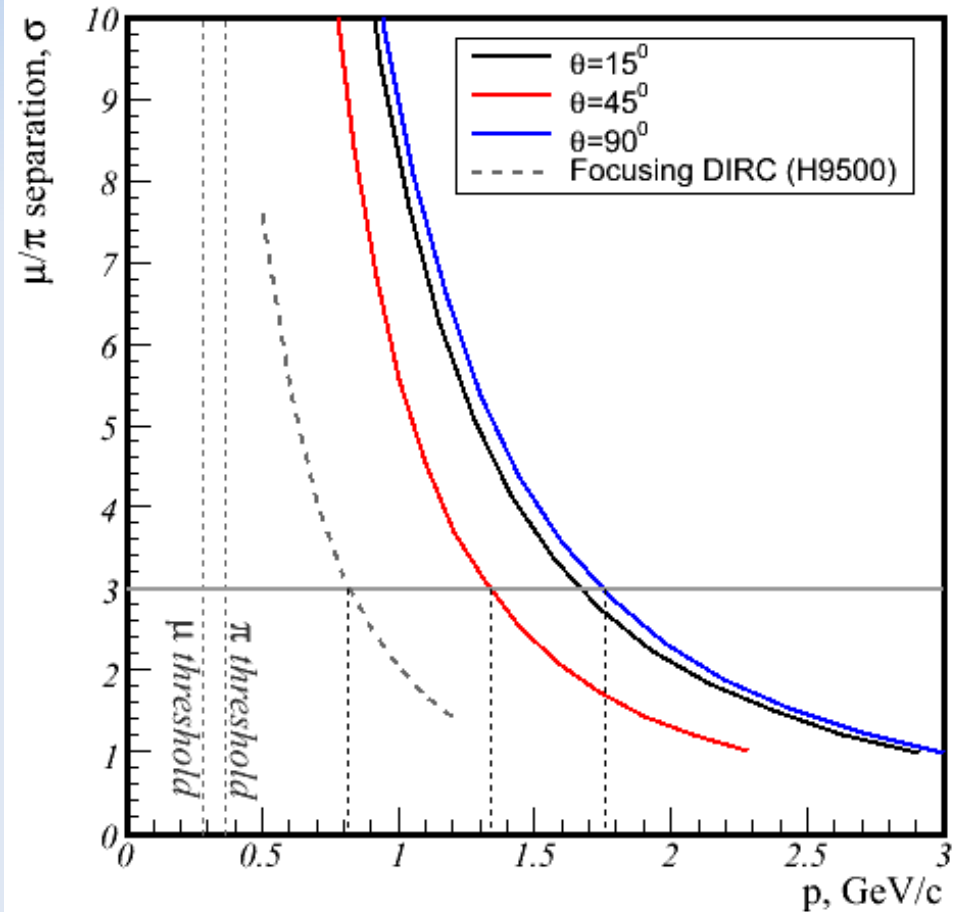


Моделирование

π/K -разделение



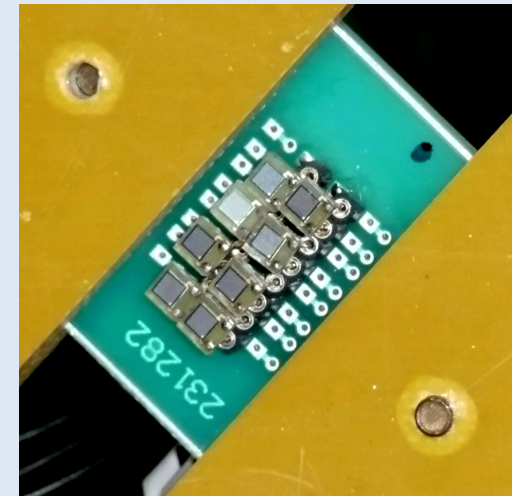
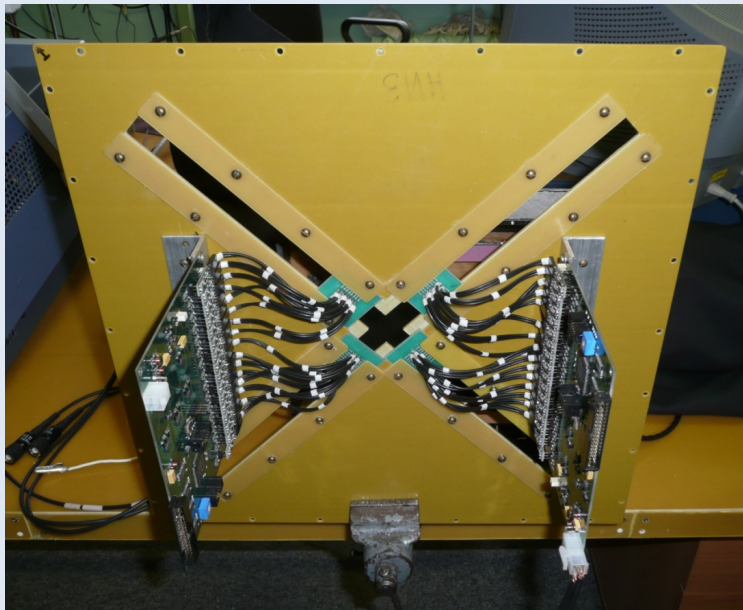
μ/π -разделение



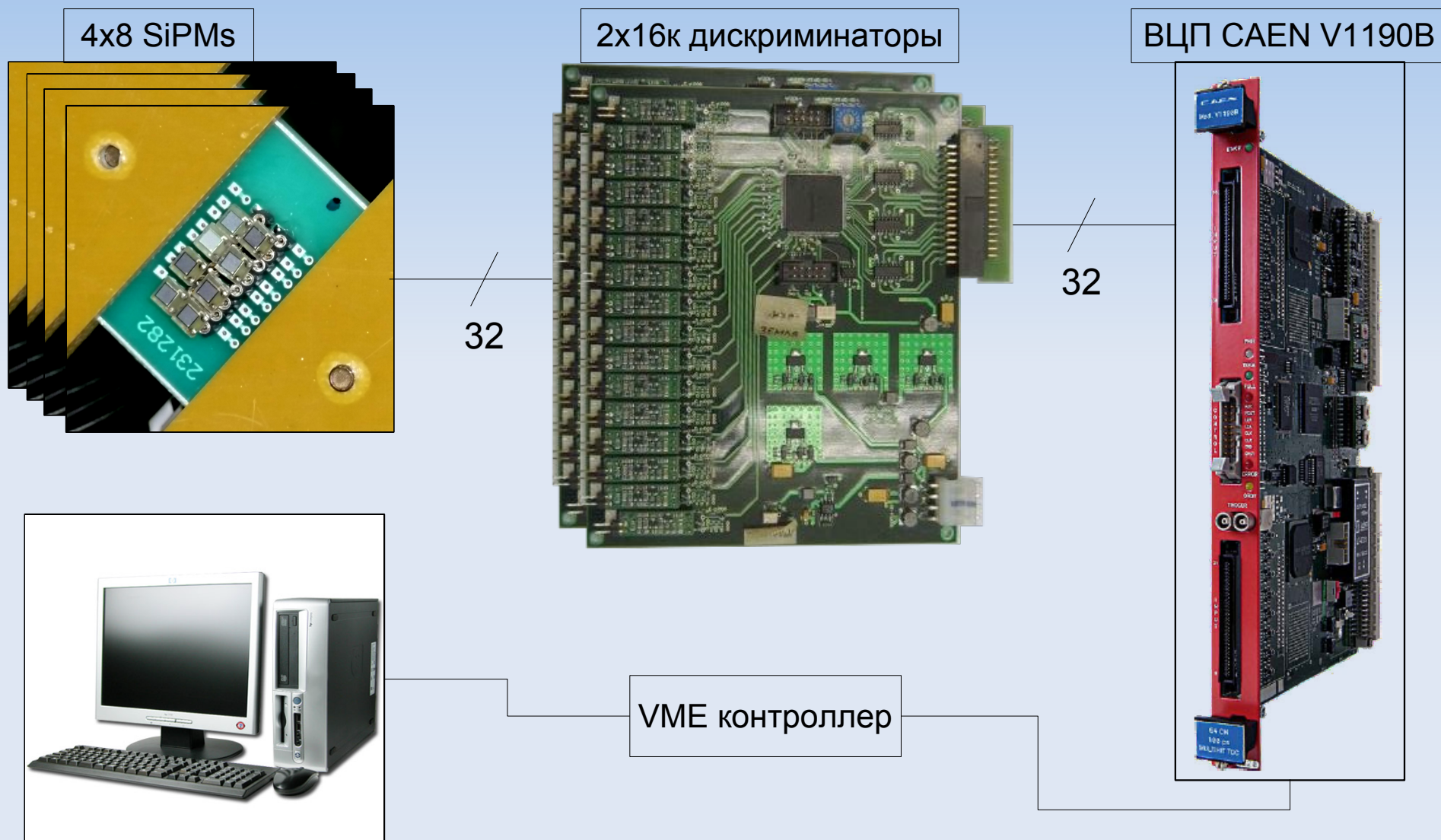
Прототип ФАРИЧ

Имеется

- Бокс (фокусное расстояние 50–700 мм)
- Фотонные детекторы: 32 MRS APD (Г-ЛФД)
- 16-канальные усилители-дискриминаторы (ИЯИ РАН)
- ВЦП CAEN V1190B 64-канальный, многохитовый
- Несколько блоков фокусирующего аэрогеля с базой 200 мм и $n_{\max}=1.05$



Система считывания прототипа



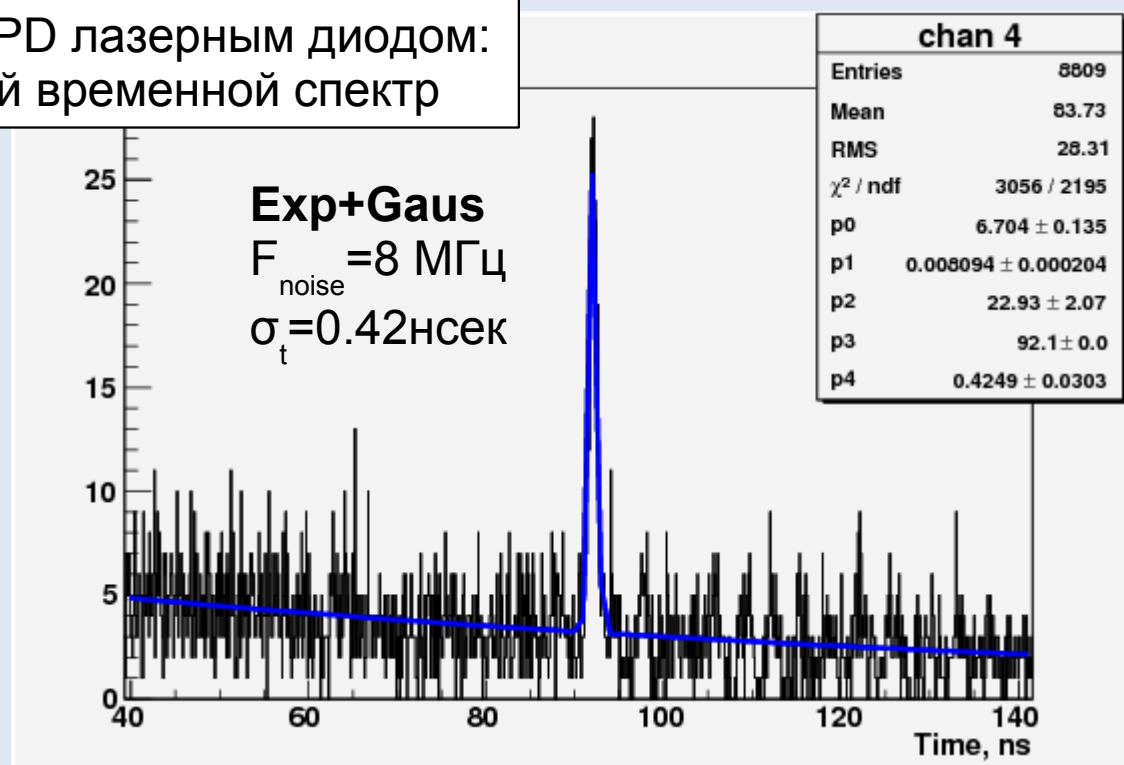
Цель исследования с прототипом

1. Получить однофотонное разрешение по скорости и сравнить с моделированием
2. Сравнить число фотоэлектронов с ожидаемым
3. Установить есть ли коррелированный фон
4. Проверить возможность считывания с ВЦП при высокой шумовой нагрузке каналов

Статус прототипа

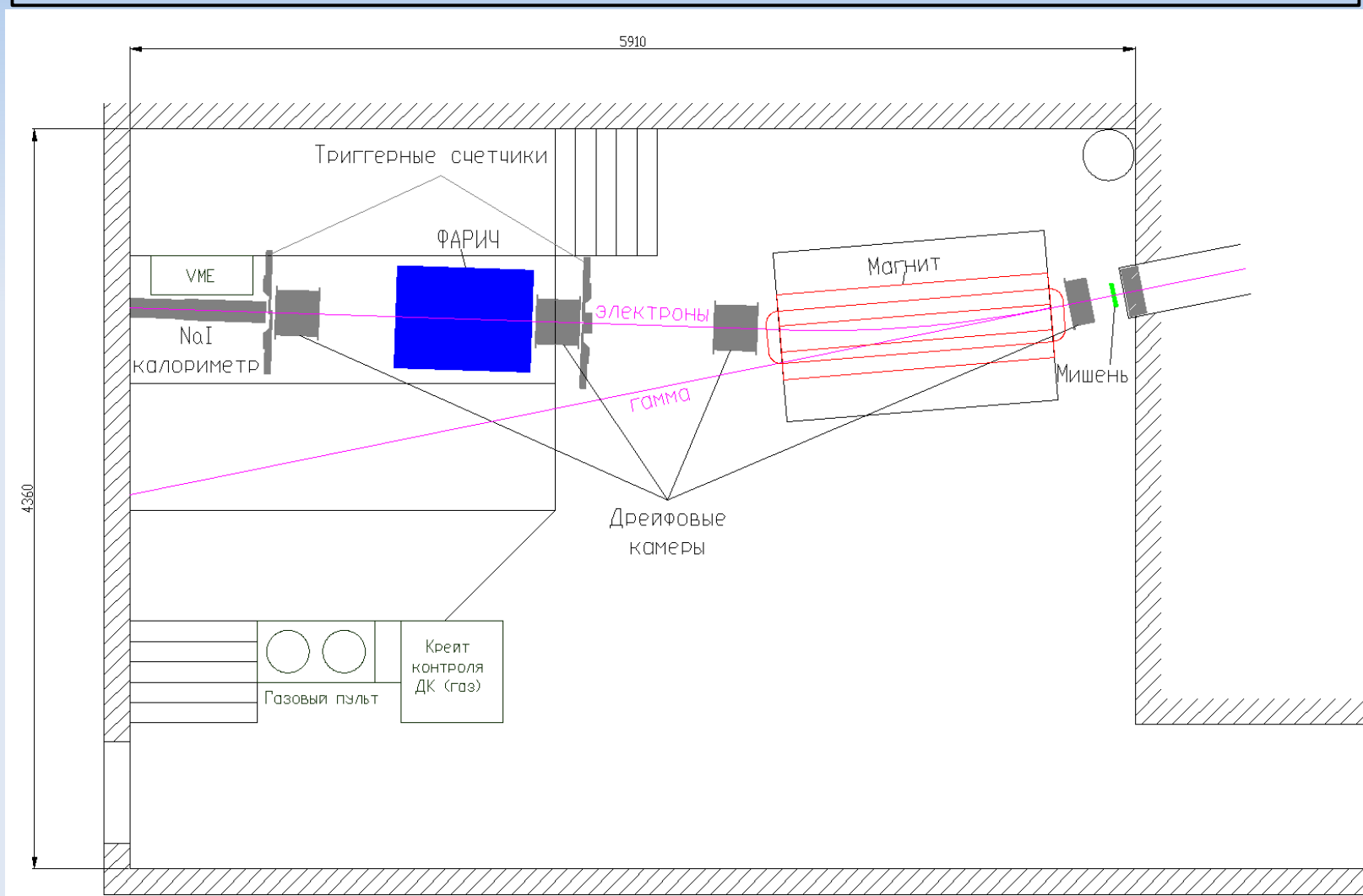
- Все MRS APD испытаны на шумы и усиление
- Налажено одновременное считывание ВЦП всех 32-х ФД
- Первая калибровка временного разрешения 32-х каналов с помощью пикосекундного лазерного диода: $\sigma_t = 0.3\text{--}1.1$ нс
- Переезд прототипа и электроники на пучок планируется на днях

Засветка MRS APD лазерным диодом:
одноэлектронный временной спектр



Тестовый пучок на ВЭПП-4М

План дальней комнаты РОКК



Тестовый пучок на ВЭПП-4М



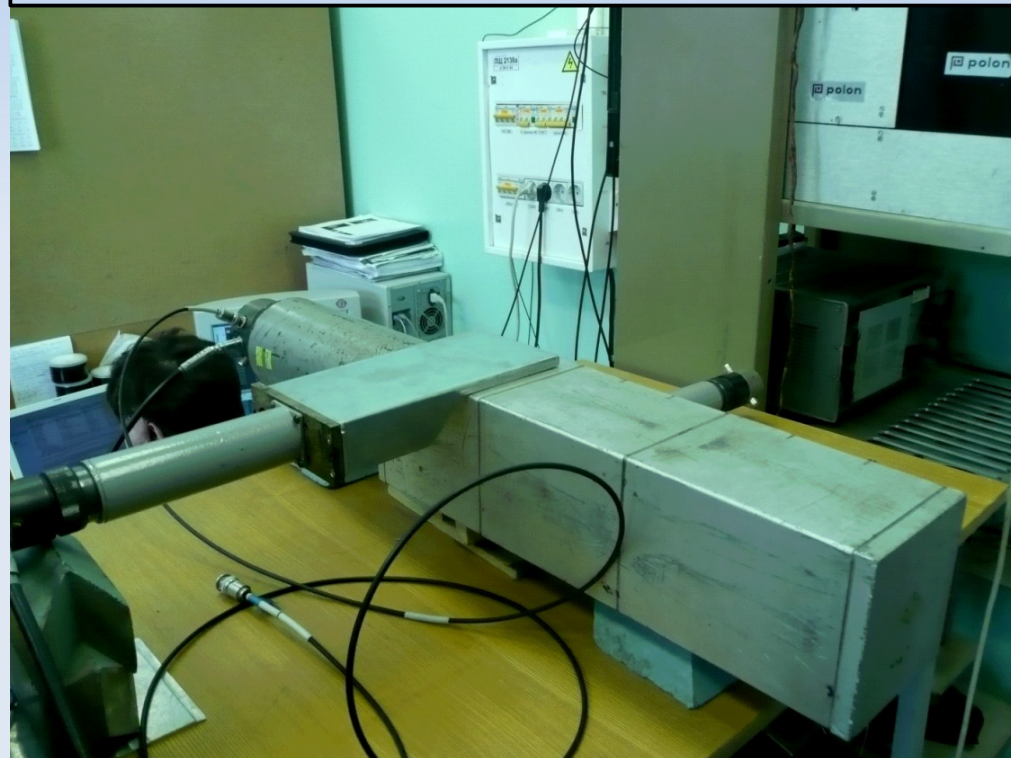
Двухкоординатная
подвижка для
прототипа — точность
выставки 0.1мм

Триггер и калориметр

Триггерные счетчики $10 \times 10 \text{ см}^2$



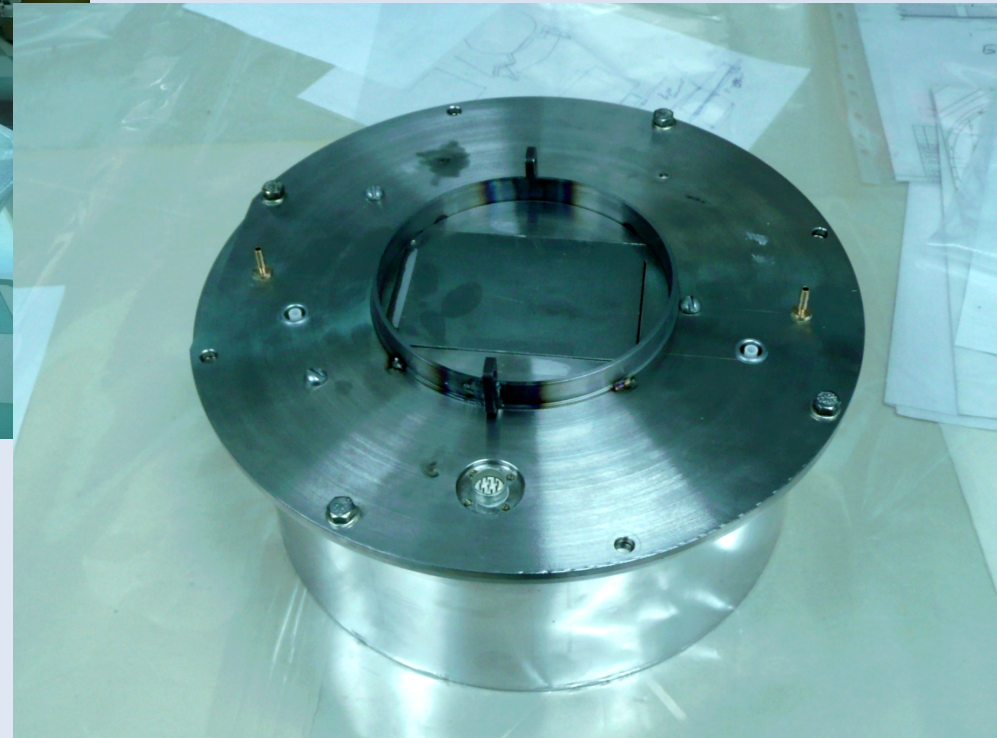
NaI калориметр $10 \times 10 \text{ см}^2$, $L=20X_0$



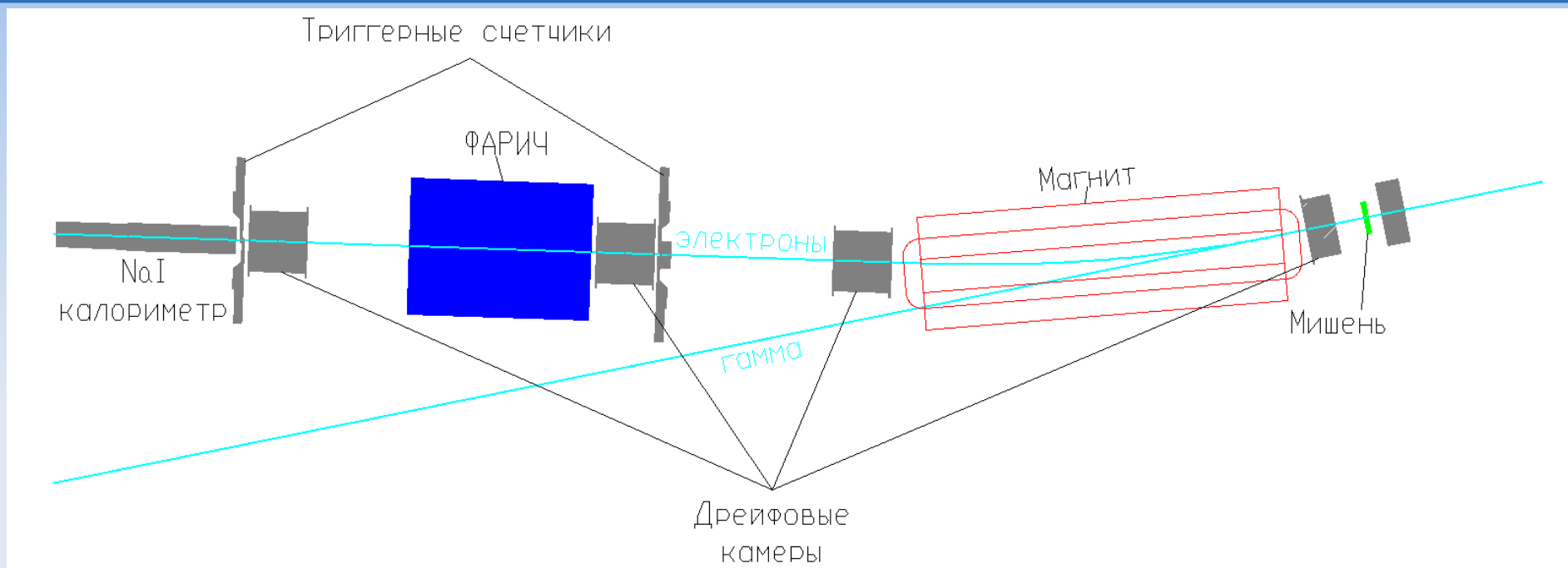
Измерение координаты трека



Однокоординатные
дрейфовые камеры: газ
 $\text{Ar}:\text{CO}_2$, Ве окно $4 \times 8 \text{ см}^2$



Тестовый пучок электронов и меченных гамма-квантов



Расчетные параметры пучка

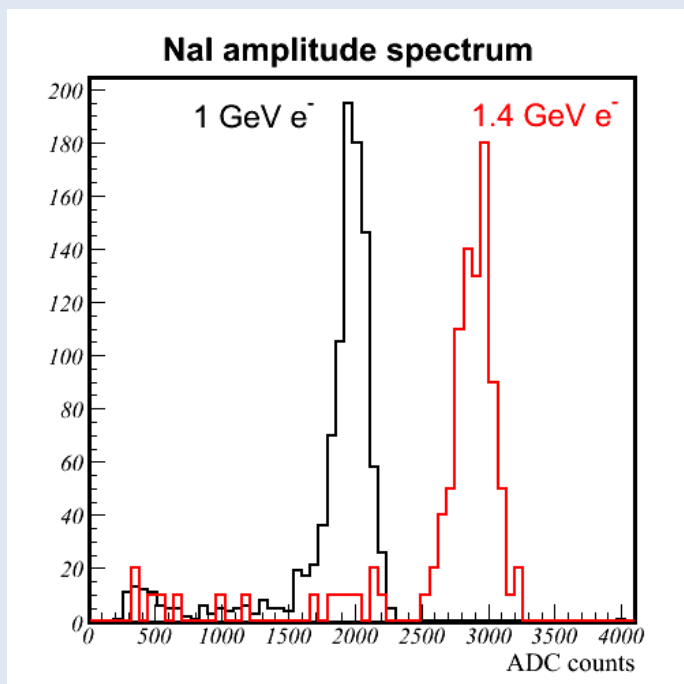
	Электроны	γ -кванты
Энергия, ГэВ	0.5–3.0	0.05–3.0
$\Delta E/E$, %	0.3–0.5	≈ 1
Интенсивность, Гц*	10–100	1000

* С конвертером в гало пучка ВЭПП-4М

Установка всех компонентов —
октябрь 2010г.

Первые результаты с пучком

- Несколько заходов с тремя запускающими счетчиками и NaI калориметром в июне этого года
- Работали на гамма-квантах от тормозного излучения электронов на остаточном газе в ВЭПП-4М. $E_e = 2.5$ ГэВ, $I_e = 3-10$ мА
- Свинцовая мишень толщиной $1X_0$ для производства e^+e^- -пар
- Поле в магните настраивалось на энергию электронов 1 ГэВ и 1.4 ГэВ
- Отбор в 1×1 см² перед NaI калориметром



Загрузка: 0.02 – 0.04 Гц/мА *согласуется с ожидаемой*

Для увеличения интенсивности в будущем будет использоваться подвижный конвертер в гало пучка или работа на светимости.

Планы на 2011 год

- Испытание прототипа на пучке
 - До февраля в паразитном режиме, далее специальные заходы на ВЭПП-4М
- Производство новых блоков аэрогеля
 - Интеграционный грант СО РАН до 2011 г.
- После получения результатов с тестового пучка — модернизация прототипа до 64+ каналов
 - 64+ малошумящих Г-ЛФД (ЦПТА) ~500+ тыс. руб.

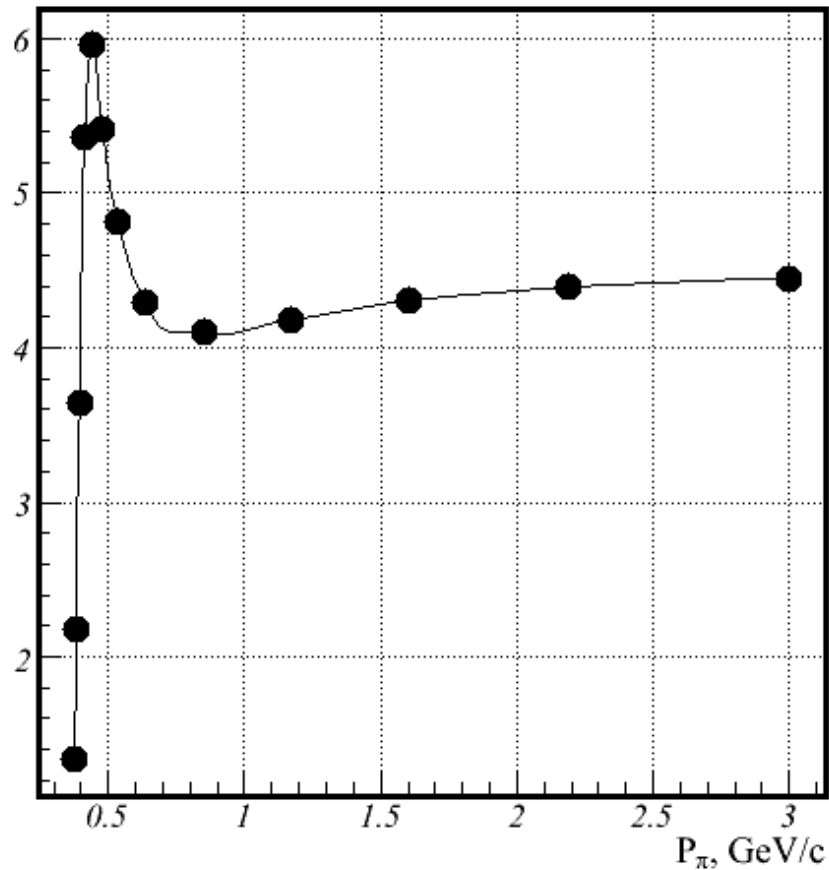
Заключение

- Предложена система идентификации ФАРИЧ с возможностью μ/π -разделения до 1.7 ГэВ/с на уровне $\geq 3\sigma$
- Прототип ФАРИЧ готовится для испытания на пучке
- Получен электронный пучок
- Первая фаза испытаний прототипа: октябрь 2010г. — февраль 2011г.

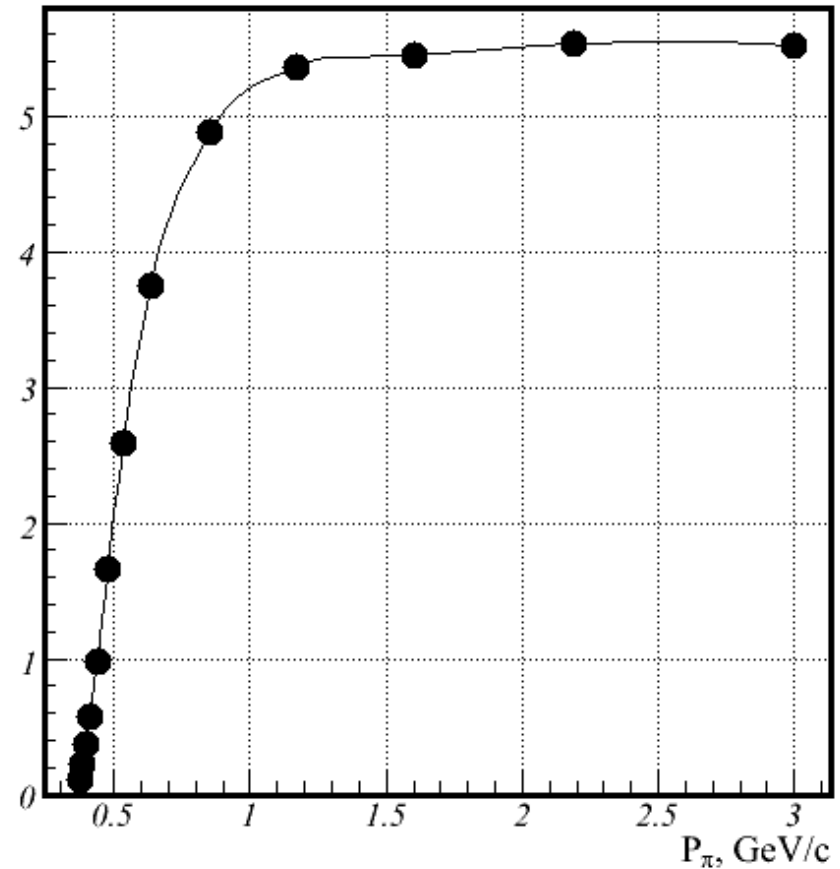
Фон от шумов Г-ЛФД (МРРС)

$\tau=3\text{нс}$, $F_{\text{шум}}=6\text{ МГц}$, ширина кольца $\pm 3\sigma$

Mean number of photoelectron for noise



Signal to noise ratio



По-видимому необходимо охлаждение МРРС или использование Г-ЛФД с меньшими шумами