Выведенные пучки электронов и гамма-квантов в ИЯФ СО РАН



В.С. Бобровников

Институт Ядерной Физики им. Г.И. Будкера

Международная сессия-конференция секции ядерной физики ОФН РАН

07 ноября 2013





### Комплекс ВЭПП-4М

Энергия пучка 1÷5 ГэВ

Число банчей:  $2 \times 2$ 

Светимость:  $(1 \div 80) \times 10^{30} \text{ см}^{-2} \text{c}^{-1}$ 

### Проектные параметры выведенных пучков

	$e^-$	$\gamma$
Энергия [ГэВ]	$0.1 \div 3.0$	$0.05 \div 1.5$
$\sigma_E/E$ [%]	$0.5\div1.5$	$\simeq 0.5$
Интенсивность [Гц]	$10 \div 100$	$\simeq 1000$

### Задачи и цели установки

- Тестирование (разработка) новых типов детекторов элементарных частиц для научных и прикладных исследований.
- Первые эксперименты на пучке выведенных электронов это работы с прототипами детектора черенковских колец на основе фокусирующего аэрогеля (ФАРИЧ), который планируется использовать в качестве системы идентификации в детекторе PANDA (Германия) и в детекторе для ScTau-фабрики, строительство которой планируется в ИЯФ СО РАН. Пучок электронов с низкой энергией 100 МэВ планируется использовать для тестирования прототипа калориметра для эксперимента Comet (Япония)
- Пучок меченых гамма-квантов планируется использовать для тестирования прототипа калориметра детектора для ScTau-фабрики.



Принцип получения

### Выведенный пучок гамма-квантов

- Для формирования пучка гамма-квантов будет использоваться импульсный лазер. Пучок лазерного излучения вводится внутрь вакуумной камеры коллайдера ВЭПП-4, где он взаимодействует с пучком электронов в месте встречи пучков внутри универсального магнитного детектора КЕДР.
- Лазерные фотоны взаимодействуют с электронами пучка посредством комптоновского рассеяния. В результате чего в узком конусе направленном вдоль пучка электронов, формируется пучок гамма-квантов. Измерение энергии гамма-кванта производится с помощью уникальной системы регистрации рассеянных электронов (СРРЭ) с точностью около 0.5%.





Принцип получения

### Выведенный пучок электронов

- Методика формирования пучка выведенных электронов заключается в следующем. В гало электронного пучка коллайдера ВЭПП-4 вводится подвижный пробник в котором образуются тормозные гамма-кванты, обратная конверсия в электроны (процесс рождения электрон-позитронной пары в мишени) осуществляется непосредственно в экспериментальном зале установки.
- Для обеспечения разделения электронов и позитронов, а также выделения электронов по энергии применяется дипольный магнит с требуемыми параметрами. Импульс электронов измеряется по их отклонению в известном магнитном поле, для этого используется координатная система позволяющая с нужной точностью измерять положение отдельных электронов в заданных точках.





### Инфраструктура электронного пучка

### Расположение помещений и научного оборудования установки

- Установка занимает два смежных помещения:
  - экспериментальный зал в котором расположено научное оборудование и происходит работа с выведенными пучками на прототипах детекторов;
  - пультовая расположены стойки с электроникой для контроля и управления работой установки.



### Оборудование для работы с электронным пучком:





# Расположение оборудования в сезоне 2011 (тестирование прототипа ФАРИЧ #1)



Выведенные пучки электронов и гамма-квантов в ИЯФ СО РАН



۰

### Исследование параметров пучка

• Два режима работы установки:

baseLine 
$$\Rightarrow E_{e^-} = 1.5 \div 3.0 \, \Gamma$$
  $\Rightarrow$  B

• cometLine  $\Rightarrow E_{e^{-}} = 0.06 \div 1.2 \ \Gamma \Rightarrow B$ 

Режим	R [см]	$E_{beam}$ [ГэВ]	В [кГс]
baseLine	666.7	3 (max)	15.0 (max)
cometLine	272.7	1	12.2

Расположение оборудования для "cometLine"



Расположение оборудования для "baseLine"



Корреляция энерговыделения в BGO с zGem



Выведенные пучки электронов и гамма-квантов в ИЯФ СО РАН



### Исследование параметров пучка



 Полученный энергетический разброс при фиксированной площади триггера



 Средняя загрузка полезных событий составила около 50 Гц при полной загрузке ~110 Гц. Среднее время жизни пучка на ВЭПП-4 составило ~ 5 часов.

8 / 17



### Тестирование прототипов детектора ФАРИЧ

- Прототип ФАРИЧ #1 (сезон 2011)
  - Доклад С.А. Кононова,  $Y_{\rm hit}\text{-}Y_{\rm track},\,mm$ секция «Экспериментальные методы» Y -20 -10 -6 -20 \_8 10 40 60 X-X<sub>track</sub>, mm Xhit-Xtrack, mm Выведенные пучки электронов и гамма-квантов в ИЯФ СО РАН

Прототип ФАРИЧ Phillips (сезон 2013)



- Полученные параметры выведенного электронного пучка:
  - диапазон энергий от 60 МэВ (режим низкой энергии) до 3 ГэВ (режим высокой энергии);
  - энергетический разброс пучка при фиксированной области триггера ( $10 \times 10 \, {\rm Mm}^2$ )
    - в режиме высокой энергии: ≃3.6 % для 1.5 ГэВ, ≃2.6 % для 3.0 ГэВ;
    - в режиме низкой энергии: ≃7.8 % для 0.1 ГэВ, ≃2.7 % для 1.0 ГэВ;
  - средняя загрузка полезных событий ≃50 Гц.
- На электронном пучке (2011 ÷ 2013 гг) успешно проведена серия экспериментов для тестирования прототипов детектора ФАРИЧ.
- В планах на новый сезон (2014 г):
  - провести испытания прототипа калориметра для детектора Comet (Япония) и продолжить тестирование ФАРИЧ;
  - завершить обустройство инфраструктуры для выведенного пучка меченных гамма-квантов и начать работу с ним (измерение параметров).
- Данная работа поддержана грантом РФФИ 12–02–31523 мол\_а "Выведенные пучки электронов и гамма-квантов для разработки новых детекторных технологий" (2012–2013 гг)

## Калибровка шкалы и разрешения ВGO-калориметра

- Калибровка по краю тормозного излучения проводилась в 2 точках по энергии ВЭПП-4М: 1.85 ГэВ и 3.0 ГэВ.
- Край комптоновских гамма-квантов определяется как:

$$w_{max} = E_{beam} \frac{x}{1+x},$$

fx где:  $E_{beam}$  – энергия пучка электронов в ВЭПП–4М $x=4w_0E_{beam}/m_e^2, w_0$  – энергия фотонов лазера (1.165 эВ и 2.33 эВ для 1 и 2 гармоник соответственно)

Получаем следующий набор точек:

$E_{vepp}$ [ГэВ]	Край спен 1 гарм.	стра [МэВ] 2 гарм.
1.85	—	115
3.0	152	290

#### Калибровка энергетической шкалы

### Калибровка энергетического разрешения



at Cantolype

### Поворотный магнит



Внутренний диаметр приваренной трубки 8 мм Внешний диаметр приваренной трубки 10 мм

Параметры магнита			
Длина:	1600 мм		
Ширина:	500 мм		
Высота:	280 мм		
Вся апертура (Ш $ imes$ B):	310×20 мм		
Рабочая апертура (Ш $ imes$ B):	150×20 мм		
Максимальное поле:	15 кГс		

### Калибровка магнитного поля с помощью датчика ЯМР (точность ±0.5 Гс)



Выведенные пучки электронов и гамма-квантов в ИЯФ СО РАН



 Выбор оптимальной толщины и места расположения свинцовой мишени (МС)



### Выведенные пучки электронов и гамма-квантов в ИЯФ СО РАН

• Зависимость полезной загрузки от энергии

выведенного пучка (EXP)



Criter Cardopp

### Пример описания геометрии для моделирования в Geant-4



# Научное оборудование в экспериментальном зале





# Пультовая установки, вид на место оператора

