

УДК 621.384.639, 539.12

**ЭЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННЫЙ КОЛЛАЙДЕР ВЭПП-4М:  
СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

**А.Н. Алешаев, В.В. Анашин, О.В. Анчугов, В.Е. Блинов, А.В. Богомяков, Д.Б. Буренков, С.П. Васичев, С.А. Глухов, Ю.М. Глуховченко, О.П. Гордеев, В.Н. Ерохов, К.В. Золотарёв, В.Н. Жилич, А.И. Жмака, А.Н. Журавлёв, В.В. Каминский, С.Е. Карнаев, Г.В. Карпов, В.А. Киселёв, Е.А. Кравченко, Г.Н. Кулипанов, Э.А. Купер, Г.Я. Куркин, Е.Б. Левичев, А.С. Медведко, О.И. Мешков, Л.А. Мироненко, С.И. Мишнев, И.И. Морозов, Н.Ю. Мучной, В.В. Нейфельд, И.Б. Николаев, Д.М. Николенко, И.Н. Окунев, А.П. Онучин, В.В. Петров, П.А. Пиминов, О.А. Плотникова, А.В. Полянский, Ю.А. Пупков, Е.А. Ротов, В.К. Сандырев, В.В. Свищёв, И.К. Седяров, Е.А. Симонов, С.В. Синяткин, А.Н. Скринский, В.В. Смалюк, Е.В. Старостина, Д.П. Суханов, С.В. Тарарышкин, Ю.А. Тихонов, Д.К. Топорков, Г.М. Тумайкин, И.Ф. Утюпин, А.Д. Хильченко, В.М. Цуканов, В.П. Черепанов, А.Г. Шамов, Д.Н. Шатилов, Д.Н. Шведов, С.В. Шиянков, Е.И. Шубин, И.Н. Чуркин**

*Институт ядерной физики СО РАН  
A.N.Skrinsky@inp.nsk.su*

ВЭПП-4М – это электрон-позитронный коллайдер, работающий в широком диапазоне энергий от 0,9 до 5,5 ГэВ. Начиная с 2002 г. на коллайдере проводятся эксперименты по физике высоких энергий с детектором КЕДР. Кроме того, на ускорительном комплексе ВЭПП-4 выполняются другие научные программы, которые включают в себя работу с синхротронным излучением (СИ), эксперименты в области ядерной физики (изучение взаимодействия электронного пучка с внутренней газовой мишенью), проверку СРТ-теоремы, эксперименты в области ускорительной физики и т. д. В данной статье обсуждаются последние результаты, нынешнее состояние и перспективы дальнейшей работы установки.

*Ключевые слова:* электрон-позитронный коллайдер ВЭПП-4М, детектор КЕДР.

**1. Введение**

С 2002 г. на ускорителе ВЭПП-4М проводятся эксперименты на универсальном магнитном детекторе КЕДР [1]. Ускоритель ВЭПП-4М [2] состоит из линейного ускорителя, синхротрона Б-4 и бустерного накопительного кольца ВЭПП-3, рассчитанного на ускорение частиц от 350 МэВ до 2000 МэВ, и основного накопителя ВЭПП-4М, работающего в диапазоне энергий от 0,9 до 5,5 ГэВ. Физическая программа детектора КЕДР направлена на изучение  $\psi$ ,  $Y$ -мезонов и двухфотонной физики.

---

Работа проводится при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, РФФИ (гранты 10-02-00645, 11-02-01064, 11-02-01422, 10-02-00904), СО РАН, Joint Grant 103. Проект Super K-meson Factory поддержан Министерством образования и науки Российской Федерации через Новосибирский государственный технический университет, соглашение 14.V37.21.0777.

Целью первых серий экспериментов было точное измерение масс  $J/\psi$ ,  $\psi(2s)$ ,  $\psi(3770)$ ,  $D$ -мезонов и  $\tau$ -лептона. Также была измерена электронная ширина  $J/\psi$  и  $\psi'$ -мезонов.

Таблица 1

Основные параметры ВЭПП-4М

Периметр кольца, м	366
Радиус поворота, м	34,5
Бетатронные частоты горизонтальных/вертикальных колебаний $Q_H / Q_V$	8,54/7,58
Коэффициент удлинения орбит	0,017
Максимальная энергия, ГэВ	5,5
Натуральный хроматизм $C_H / C_V$	-13/-20
Частота ВЧ, МГц	181,8
Гармоника ВЧ	222
Мощность ВЧ, МВт	0,3
Напряжение ВЧ, МВ	5
Количество сгустков в пучке	2

Для прецизионной калибровки энергии использовался метод резонансной деполяризации (РД) [3]. Непрерывные измерения энергии проводились методом определения максимальной энергии  $\gamma$ -квантов, полученных в процессе обратного комптоновского рассеяния лазерных фотонов на электронах пучка [4, 5]. Основные параметры ВЭПП-4М приведены в табл. 1. Схема комплекса показана на рис. 1.

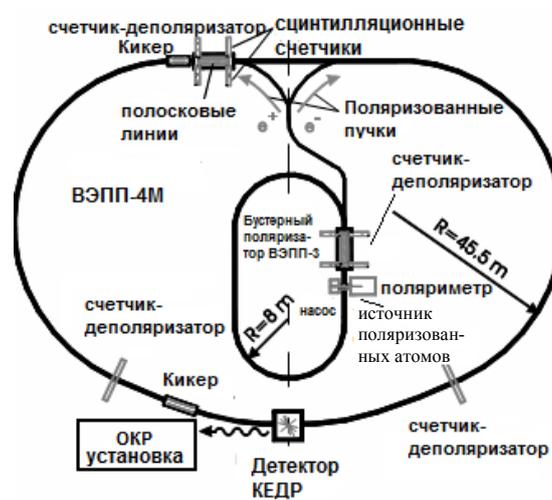


Рис. 1. Схема ВЭПП 4 с указанием основного оборудования для проведения экспериментов по физике высоких энергий: детектор КЕДР, система обратного комптоновского рассеяния (РОКК), внутренняя газовая мишень, счетчики и кикеры, используемые для поляризационных экспериментов

Кроме экспериментов по физике элементарных частиц на ВЭПП-4 существуют и другие экспериментальные программы, такие как работа с синхротронным излучением, эксперименты по ядерной физике с поляризованной/неполяризованной внутренней газовой мишенью, работа с выведенными пучками электронов и  $\gamma$ -квантов для методических целей и т. д.

Поскольку научная программа, изначально запланированная в 2000 г. на следующее десятилетие, близка к завершению, то весьма своевременно было бы обсудить полученные результаты и планы на будущее.

## 2. Физика высоких энергий

Несмотря на умеренную светимость коллайдера, мы имеем возможность проводить эксперименты, дающие интересные и актуальные результаты, благодаря следующим факторам:

- возможности варьировать энергию пучка в широком диапазоне, от 0,9 ГэВ до 5,5 ГэВ;
- рекордной точности ( $\sim 10^{-6}$ ) калибровки энергии пучка, достигнутой на ВЭПП-4 с помощью метода резонансной деполяризации (РД), созданного в ИЯФ в предыдущие годы;
- мониторингу энергии пучка в режиме реального времени в процессе работы на светимость, проводимому с помощью обратного комптоновского рассеяния лазерных фотонов (точность  $\sim 3 \cdot 10^{-5}$ );
- характеристикам универсального магнитного детектора КЕДР с *LKr*-калориметром и аэрогелевыми черенковскими датчиками, сравнимыми с характеристиками лучших детекторов мира.

На рис. 2 показаны результаты длительного экспериментального захода, где энергия измерялась непосредственно методами РД и ОКР, а также определялась с помощью ЯМР-датчика для измерения поля дипольных поворотных магнитов.

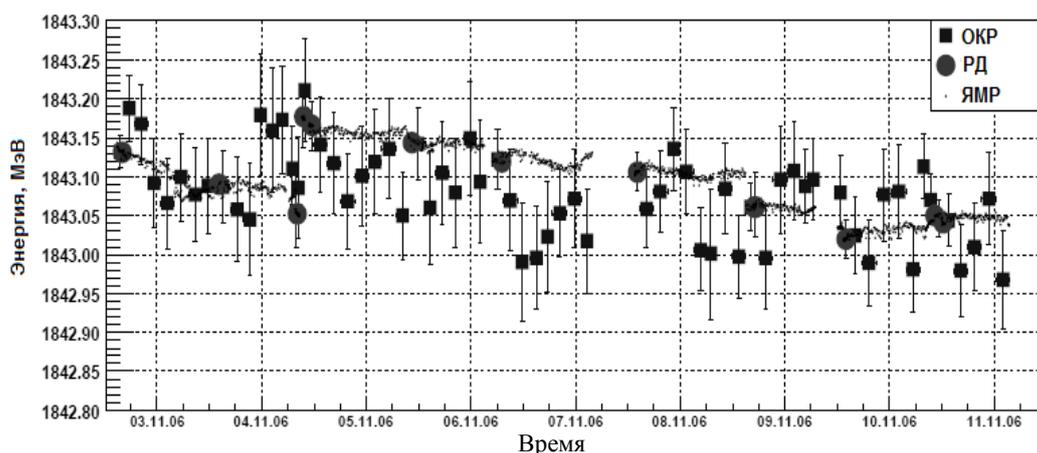


Рис. 2. Измерение энергии пучка в ВЭПП 4М с помощью РД, ОКР и ЯМР

В табл. 2 перечислены частицы, массы которых измерены наиболее точно, по данным Particle Data Group. Массы двух из них ( $J/\psi$  и  $\psi'$ ) определены на ВЭПП-4М.

Таблица 2

## Точность измерения масс частиц

Частица	$\Delta M / M$ (PDG)
$p$	$0,1 \cdot 10^{-6}$
$n$	$0,1 \cdot 10^{-6}$
$e$	$0,1 \cdot 10^{-6}$
$m$	$0,1 \cdot 10^{-6}$
$\pi^{\pm}$	$2,5 \cdot 10^{-6}$
$\psi'$	$3,0 \cdot 10^{-6}$
$J/\psi$	$3,5 \cdot 10^{-6}$
$\pi^0$	$4,5 \cdot 10^{-6}$

Кроме масс  $\psi$ -мезонов на ВЭПП-4М с лучшей в мире точностью была определена масса  $\tau$ -лептона:

$$M_{\tau} = 1776,81_{-0,23}^{+0,25} \pm 0,15 \text{ МэВ.}$$

Другие результаты, полученные на ВЭПП-4М/КЕДР, в области физики высоких энергий включают в себя измерение масс  $D^0$ - и  $D^{\pm}$ -мезонов, поиск узких резонансов при электрон-позитронной аннигиляции в диапазоне энергий 0,92...1,55 ГэВ, изучение  $\psi$  (3770),  $\psi$  (2s) и  $\eta_c$ , а также множество других экспериментов, подробно описанных в [6–11].

Следующий экспериментальный сезон на ВЭПП-4М будет связан с работой на высокой энергии, измерением адронных сечений и двухфотонной физикой. Чтобы подготовиться к этому заходу, в 2011 г. мы протестировали работу коллайдера при подъеме энергии до 4 ГэВ. Основной целью было проверить производительность всех систем (источников питания, приемников синхротронного излучения, систем охлаждения магнитов и др.) при повышенной электрической/радиационной мощности, а также настроить параметры пучка для получения оптимальных рабочих параметров. На рис. 3 показаны результаты тестового захода и достигнутая светимость.



Рис. 3. Тестовый заход ВЭПП-4М на энергии 3,5 ГэВ. В левой части графика (конец февраля 2011 г.) показана светимость на низкой энергии

Повышение производительности на высокой энергии обеспечено созданием систем поперечной и продольной обратной связи, установленных на ВЭПП-4М и подавляющих коллективные неустойчивости. На рис. 4 показан график тока электронного пучка за время тестового захода.

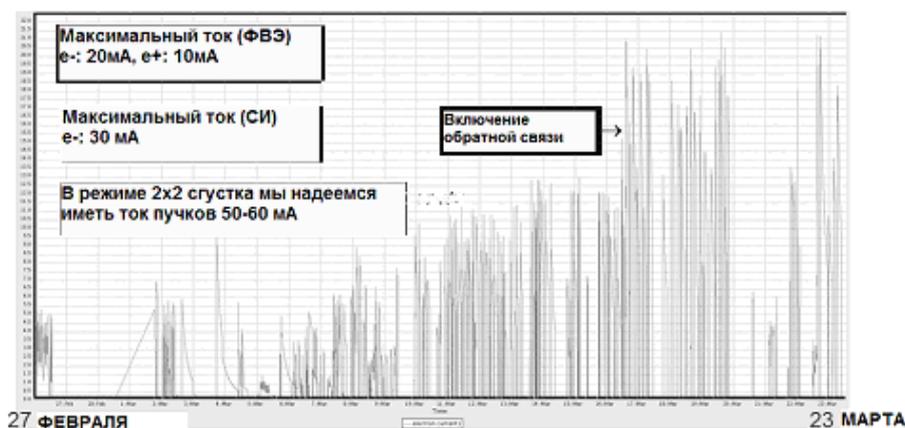


Рис. 4. Ток электронов в ВЭПП-4М (видно, что включение системы обратной связи увеличивает максимальное достижимое значение тока)

### 3. Ядерная физика

В течение нескольких лет на ВЭПП-3 проводились эксперименты по ядерной физике на внутренней газовой мишени (протоны или дейтроны, поляризованные и неполяризованные) [12]. Преимущества нашей установки включают в себя простую процедуру изменения энергии пучка, относительно большой ток (до 150 мА электронов), точную калибровку энергии пучка (методика ОКР также применяется и на ВЭПП-3), использование электронных и позитронных пучков в одной и той же геометрии (и те и другие движутся против часовой стрелки).

Недавние эксперименты были посвящены изучению форм-фактора протона. В конце 90-х годов было обнаружено, что результаты измерений электрического и магнитного форм-фактора протона методом упругого электронного рассеяния зависят от того, поляризован электронный пучок или нет. Сейчас это явление объясняется вкладом в рассеяние двухфотонных процессов. Поскольку этот вклад зависит от заряда электрона, существует возможность оценить двухфотонный вклад экспериментально, сравнив процессы рассеяния электронов и позитронов на протоне. На ВЭПП-3 такой эксперимент проводился первоначально в 2009 г. и был продолжен в 2011 г. согласно модифицированной кинематической схеме. Во время экспериментального захода в ВЭПП-3 инжектировался и ускорялся электронный или позитронный пучок, а затем с помощью детектора регистрировалось его рассеяние на водородной мишени. После 15-20 минут набора данных заряд пучка менялся на противоположный. На рис. 5 показан график набора заряда (интеграла тока).

Экспериментальные данные сейчас находятся в процессе обработки. На рис. 6 представлен времяпролетный анализ зарегистрированных частиц.

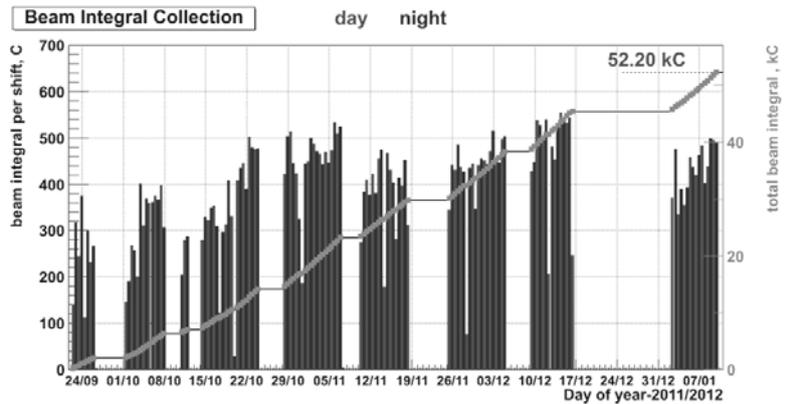


Рис. 5. График набора интеграла в рассеянии ( $e^+p/e^-p$ ) на ВЭПП-3

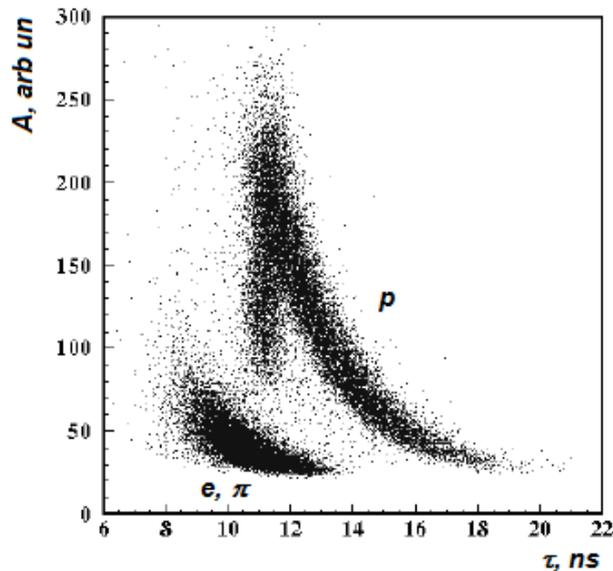


Рис. 6. Определение рассеянных протонов с помощью времяпролетных измерений

#### 4. Выведенный пучок

Для калибровки компонентов детекторов, предназначенных для экспериментов по физике высоких энергий, используются электронные или фотонные пучки с точно определенными свойствами. В 2010 г. на ВЭПП-4М была создана новая экспериментальная установка, предназначенная для этой цели. Электроны высокой энергии, циркулирующие в ускорителе, сталкиваются как с атомами остаточного газа, так и со специально введенной вольфрамовой мишенью, создавая поток жестких  $\gamma$ -квантов, который может быть использован непосредственно или конвертирован в пучок электронов/позитронов [13] (рис. 7).

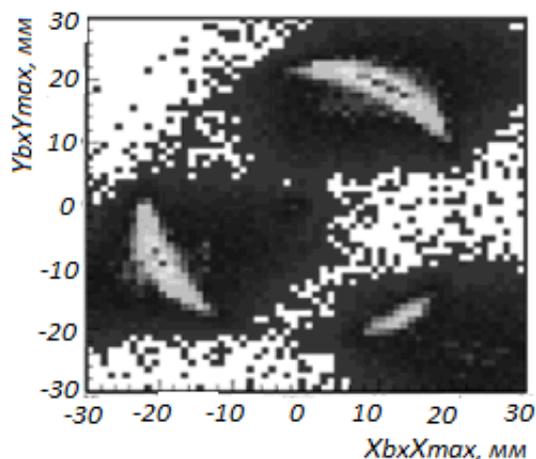


Рис. 7. Кольцо черенковского излучения, наблюдаемое на установке по работе с выведенными пучками СИ на ВЭПП-4М

Экспериментальный зал оснащен коллиматорами, магнитным спектрометром и детекторами. Параметры тестовых фотонных и электронных пучков приведены в табл. 3.

Созданная экспериментальная установка позволила нам впервые в России наблюдать и измерить фокусировку черенковского излучения из четырехслойного аэрогеля с показателем преломления, изменяющимся от слоя к слою.

Таблица 3

#### Параметры выведенного пучка

Параметры	$e^-$	$\gamma$
$E$ , ГэВ	$0,1 \div 3,0$	$0,1 \div 3,0$
$\sigma_E / E$ , %	$0,5 \div 5,0$	$\sim 1$
Интенсивность, Гц	$10 \div 1000$	1000
Разрешение, мм	0,5	–

Ширина сфокусированного кольца черенковского излучения ( $\sim 1$  мм) хорошо согласуется с теоретическими предсказаниями.

Кроме того, в 2011 г. на установке были откалиброваны сцинтилляционные кристаллы для эксперимента СОМЕТ (JPark, Япония).

#### 5. Синхротронное излучение

Эксперименты с синхротронным излучением проводятся на ВЭПП-3 уже больше 30 лет. В экспериментальном зале установлено 12 станций для рентгеновской литографии, дифрактометрии с высоким временным разрешением и дифрактометрии при высоких давлениях, EXAFS, рентгеновского флуоресцентного анализа, рентгеновской микроскопии, изучения рассеяния на малые углы и др. Один из каналов предназначен для стабилизации положения пучка СИ с помощью обратной связи между монитором и ведущими магнитами ВЭПП-3. Полученные результаты подробно освещены в [14].

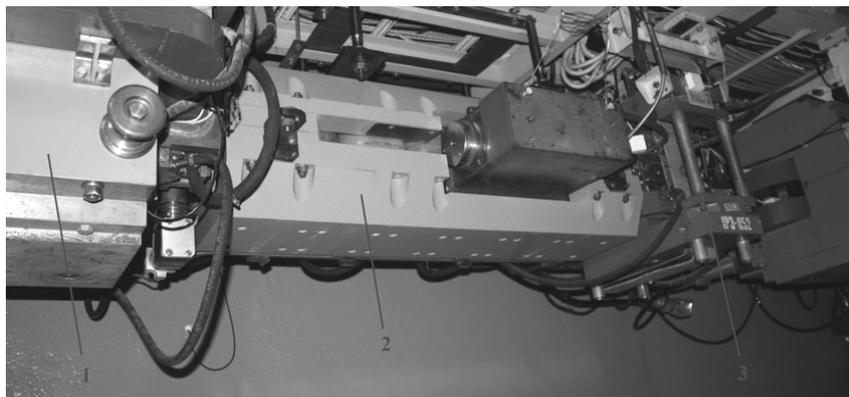


Рис. 8. Новая электромагнитная «змейка», установленная на ВЭПП-4М

Несколько лет назад эксперименты с СИ начали проводиться и в новом зале ВЭПП-4М. В 2011 г. на ВЭПП-4М была установлена новая 7-полюсная электромагнитная «змейка» (рис. 8), чтобы увеличить интенсивность излучения почти на порядок по сравнению с интенсивностью излучения из поворотного магнита, которое использовалось ранее. Поскольку магнитное поле в «змейке» превышает поле в поворотном магните, длина волны излучения уменьшается. Это позволяет начать новую программу экспериментов по дифрактометрии с очень высоким временным разрешением.

#### 6. Ускорительная физика

Развитая система диагностики пучка и другое уникальное оборудование (однооборотные кикеры/пикапы, «тушековский» поляриметр, нелинейные магниты) позволяют нам проводить различные исследования в области ускорительной физики и техники. С целью экономии места мы перечислим здесь лишь небольшую часть из них.

#### 7. Поляризационные эксперименты

На ВЭПП-4М недавно была реализована новая система для прецизионного измерения степени поляризации пучка, основанная на регистрации «тушековских» (т. е. электронов, испытавших внутривпучковое рассеяние) пар электронов. Несколько счетчиков, установленных внутри вакуумной камеры, увеличили эффективность регистрации в 10 раз по сравнению с предыдущей установкой и позволили достигнуть скорости счета рассеянных электронов 1,5–2,0 МГц при токе пучка 2 мА. Была достигнута рекордная точность ( $1,5 \cdot 10^{-9}$ ) измерения частоты деполяризации. Мы надеемся, что такая возможность откроет новые горизонты для экспериментов по калибровке энергии.

Другое интересное направление – проверка СРТ-теоремы методом сравнения частот прецессии спина электронов и позитронов. Ранее подобные эксперименты уже проводились в ИЯФ на коллайдере ВЭПП-4М, и сейчас мы надеемся увеличить разрешение по частоте прецессии до  $10^{-8}$ .

На рис. 9 показан процесс медленной деполяризации электронов при тонком сканировании частоты деполяризатора, которое соответствует скорости изменения энергии 2,5 эВ/с.

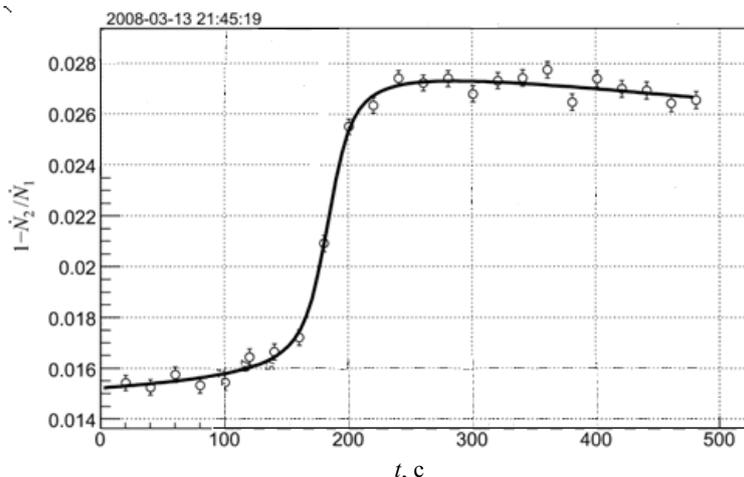


Рис. 9. Изменение энергии при резонансной деполяризации,  
 $E = (1852,266978 \pm 3,48 \cdot 10^{-6})$  МэВ

### 8. Вращение пучка в продольной фазовой плоскости

В настоящее время широко обсуждается проблема генерации сверхкоротких электронных сгустков (для спектроскопии на СИ с пикосекундным разрешением, экспериментов по лазерному и плазменному ускорению и т. д.) Наш эксперимент основывался на методе, описанном в [15], когда пучок поворачивается в вертикальной плоскости под действием короткого когерентного удара вследствие связи вертикального и синхротронного движения. Для этого нужно иметь достаточно большое положительное значение хроматизма (в нашем случае – вертикального). Данное экспериментальное исследование связано с вопросом: позволит ли нам естественное «раскогеренивание» (из-за наличия зависимости частоты колебания от амплитуды частицы) наблюдать поворот пучка в принципе? На рис. 10 (слева) показан сигнал с пикап-электродов как функция номера оборота. Правый график соответствует повороту пучка в плоскости ( $y$ - $s$ ). Вертикальный хроматизм в данном измерении составлял +5.

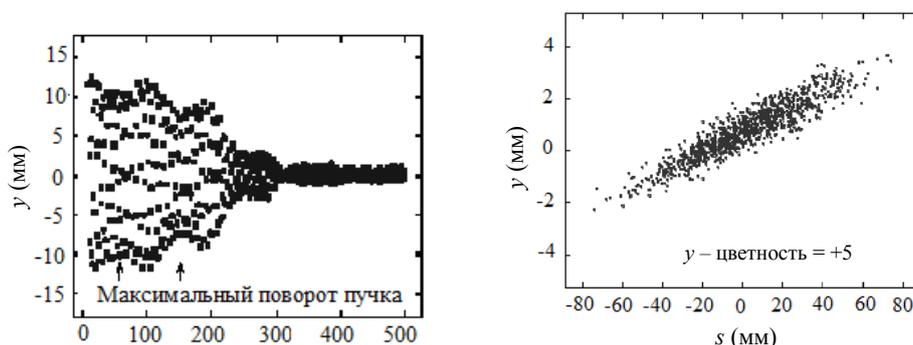


Рис. 10. Поворот пучка и «раскогеренивание» после вертикального удара. Стрелками на левом рисунке ( $N_e = 2,8 \cdot 10^9$ ) показаны моменты максимального поворота пучка (~ половина частоты синхротронных колебаний)

Эксперимент показал [16], что на ВЭПП-4 данный метод работает для токов  $< 1$  мА в сгустке ( $N < 1010$  частиц). Для более интенсивных пучков «раскогеренивание» бетатронных колебаний становится невозможным вследствие *head-tail* эффекта.

### 9. Наблюдение пересечения резонанса

Пооборотное измерение положения центра тяжести пучка с помощью пикапов уже давно стало рутинным инструментом диагностики в циклических ускорителях. Недавно мы создали на ВЭПП-4М уникальный монитор синхротронного излучения, позволяющий пооборотно измерять поперечный профиль пучка в течение 217 оборотов. Быстрый измеритель профиля основан на мультианодном ФЭУ Hamamatsu R5900U-00-L16 с размером одного анода 0,8 мм [17]. В качестве примера возможностей нового устройства были проведены измерения профиля пучка как функции времени в процессе пересечения нелинейного резонанса. Наблюдения устойчивого резонансного «островка» и захвата частиц, а также эволюция профиля пучка позволяют надеяться на дальнейшее улучшение стабильности и тока пучка в условиях частот, близких к резонансу.

### 10. Планы и перспективы

Программа экспериментов по физике высоких энергий на ВЭПП-4М, утвержденная научным сообществом ИЯФ в 2000 г. на ближайшее десятилетие, практически завершена. Последний оставшийся пункт из этого списка – эксперимент с подъемом энергии до 4,5–5 ГэВ, связанный с измерением адронного сечения  $R$  в широком диапазоне энергий и двухфотонной физикой. Мы ожидаем, что данный эксперимент будет завершен в течение 2-3 лет. Возникает вопрос: какие исследования могут проводиться на нашей установке после этого? Ответ на него непрост, но ясно одно: экспериментальные программы для ВЭПП-4М должны быть многообещающими, интересными и соответствовать будущим запросам современных научных сообществ. Среди всех планов мы очень кратко упомянем следующие.

- Продольно поляризованные электрон-позитронные пучки и эксперименты с ними. На будущих суперфабриках безусловно будут использоваться продольно поляризованные электрон-позитронные пучки. Но мировой опыт работы с такими пучками очень мал, поэтому идея генерации и изучения продольно поляризованных электронов и позитронов в циклических ускорителях выглядит достаточно привлекательной и актуальной. Сильной стороной комплекса ВЭПП-4 является возможность поляризовать пучки в ВЭПП-3 за приемлемое время (~30 мин).

- Превращение ВЭПП-4М в источник СИ. Сейчас рассматривается несколько сценариев, начиная от умеренной модернизации накопительного кольца (скажем, только вставка современных виглеров и ондуляторов), заканчивая полной реконструкцией с заменой всех магнитов и вакуумных элементов на новые. В последнем случае предварительное исследование показало, что можно получить горизонтальный эмиттанс 1 нм при энергии пучка 3 ГэВ и токе 250 мА.

- Новый электрон-позитронный коллайдер в туннеле ВЭПП-4М. Его проект (под рабочим названием Super  $K$ -meson Factory) основан на схеме Crab Waist [18] и рас-

смагивается как прототип Super C  $\tau$  Factory. Схема коллайдера с двумя отдельными кольцами позволяет получить пиковую светимость от  $10^{34}$  см<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup> на энергии  $\phi$ -мезона (0,5 ГэВ в пучке) до  $5 \cdot 10^{34}$  см<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup> на энергии  $\psi$ -мезона (1,55 ГэВ в пучке).

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] **Anashin V.V. et al.** Status of the KEDR detector // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A. – 2002 – V. 478 (1–2). – P. 420–425.
- [2] **Anashin V.V. et al.** VEPP-4M collider: Status and plans // EPAC – 1998. – V. 1 – P. 400–402; V.V. Anashin et al. Ускорительный комплекс ВЭПП-4 // BINP Preprint. – 2011-20 – P. 136.
- [3] **Blinov V.E. et al.** Absolute Calibration of Particle Energy at VEPP-4M // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A – 2002 – V. 494(1–3) – P. 81–85.
- [4] **Muchnoi N.Yu. et al.** Fast and Precise Beam Energy Monitor Based on the Compton Backscattering at the VEPP-4M Collider // EPAC 06, Edinburgh, Scotland. – 26–30 Jun 2006. – P. 1181–1183.
- [5] **Blinov V.E. et al.** Review of beam energy measurements at VEPP-4M collider ☆: KEDR/VEPP-4M // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A – 2009. – V. 598 – P. 23–30.
- [6] **Балдин Е.М. и коллаборация КЕДР** Изучение процесса  $J/\psi \rightarrow e^+e^-$  на детекторе КЕДР // Ядерная физика. – 2009. – Т. 72. – № 3. – С. 531–536.
- [7] **Анашин В.В. и др.** Эксперименты по физике пучков заряженных частиц на электрон-позитронном коллайдере ВЭПП-4М // ЖЭТФ (JETP). – 2009. – Т. 136 (4) (V.109 (4)) – С. 690 (P. 590–601).
- [8] **Blinov V.E. et al.** Tau mass measurement at KEDR / V.E. Blinov et al. // Nuclear Physics B (Proc. Suppl.). – 2009. – V. 189. – P. 21–23.
- [9] **Blinov V.E. et al.** Measurement of  $D^0$  and  $D^+$  meson masses with the KEDR detector // Phys. Letters B. – 2010. – V. 686. – P. 84–90.
- [10] **Blinov V.E. et al.** Measurement of  $\Gamma_{ee}(J/\psi) \cdot B(J/\psi \rightarrow e^+e^-)$  and  $\Gamma_{ee}(J/\psi) \cdot B(J/\psi \rightarrow \mu^+\mu^-)$  // Phys. Letters B. – 2010. – V. 685. – P. 134–140.
- [11] **Blinov V.E. et al.** Search for narrow resonances in  $e^+e^-$  annihilation between 1.85 and 3.1 GeV with the KEDR detector // Phys. Letters B. – 2011. – V. 703. – P. 543–546.
- [12] **Barkov L. et al.** Photoreactions with tensor-polarized deuterium target at VEPP-3 // Journal of Physics: Conference Series. – 2011. – V. 295–012106.
- [13] **Barnyakov A.Yu. et al.** Focusing Aerogel RICH for particle identification and momentum measurement // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A. – 2011. – V. 639. – P. 290–293.
- [14] Ежегодный отчет ИЯФ СО РАН, Новосибирск, Россия. – 2011. – 233 с.
- [15] **Guo W. et al.** Generating picosecond x-ray pulses in synchrotron light sources using dipole kickers // Phys. Rev. ST Accel. Beams. – 2007. – 10–020701.
- [16] **Петренко А.В.** Модельно-независимый анализ и калибровка моделей поперечного движения пучка в накопителях: дис. ... канд. физ.-мат. наук: 25.12.2012 / А.В. Петренко; ИЯФ СО РАН, Новосибирск, Россия. – 2012. – 135 с.
- [17] **Gurko V. et al.** Study of electron beam profile with multi-anode photomultiplier // ICFA Beam Dynamics Newsletter. – April 2009. – № 48 – P. 218–226.
- [18] **Raimondi P.** Status on SuperB effort // 2nd Workshop on Super B Factory, LNF-INFN, Frascati – 16–18 March 2006.

*Aleshaev A.N., Anashin V.V., Anchugov O.V., Blinov V.E., Bogomyagkov A.V., Burenkov D.B., Cherepanov V.P., Churkin I.N., Glukhov S.A., Glukhovchenko Yu.M., Gordeev O.P., Erokhov V.N., Kaminsky V.V., Karnaev S.E., Karpov G.V., Kiselev V.A., Khilchenko A.D., Kravchenko E.A., Kulipanov G.N., Kuper E.A., Kurkin G.Ya., Levichev E.B., Medvedko A.S., Meshkov O.I., Mironenko L.A., Mishnev S.I., Morozov I.I., Muchnoi N.Yu., Neufeld V.V., Nikolaev I.B., Nikolenko D.M., Okunev I.N., Onuchin A.P., Petrov V.V., Piminov P.A., Plotnikova O.A., Polyansky A.V., Pupkov Yu.A., Rotov E.A., Sandirev V.K., Sedlyarov I.K., Shamov A.G., Shatilov D.N., Shvedov D.N., Shiyankov S.V., Shubin E.I., Simonov E.A., Sinyatkin S.V., Skrinisky A.N., Smaluk V.V., Starostina E.V., Sukhanov D.P., Svishev V.V., Tararishkin S.V., Tikhonov Yu.A., Toporkov D.K., Tsukanov V.M., Tumaikin G.M., Utupin I.F., Vasichev S.P., Zhilich V.N., Zhmaka A.I., Zhuravlev A.N., Zolotarev K.V.*

#### **e<sup>+</sup>e<sup>-</sup> COLLIDER VEPP-4M: STATUS AND PROSPECTS**

VEPP-4M is an electron-positron collider operating in the wide beam energy range from 0.9 GeV to 5.5 GeV. Since 2002 experiments on HEP are conducted at the collider with detector KEDR. Besides HEP, there are other scientific programs at the VEPP-4 accelerator complex including SR experiments, nuclear physics studies with internal gas target, CPT-theorem verification, accelerator physics experiments, etc. The paper discusses the recent results, present status and prospective plans of the facility.

*Keywords:* e<sup>+</sup>e<sup>-</sup> collider VEPP-4M; KEDR detector.

*Статья поступила 8 января 2013 г.*