

ОТЗЫВ

официального оппонента Н.М. Буднева на диссертацию В.Е. Шебалина “Реконструкция фотонов и энергетическая калибровка цилиндрического калориметра детектора КМД-3”

Представленную на соискание учёной степени

кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – приборы и
методы экспериментальной физики

Актуальность исследования

С 2010 года в Институте Ядерной Физики имени Г.И.Будкера проводятся эксперименты на электрон-позитронном коллайдере ВЭПП-2000 в диапазоне энергий от 320 МэВ до 2 ГэВ в системе центра масс. Обширная физическая программа экспериментов включает в себя прецизионное измерение полного сечения электрон-позитронной аннигиляции в адроны, изучение свойств легких векторных мезонов и другие задачи.

Коллайдер имеет две области взаимодействия пучков, в одной из которых установлен детектор КМД-3. Поскольку физическая программа экспериментов включает в себя изучение процессов, содержащих нейтральные пионы и фотоны в конечных состояниях важной частью детектора является электромагнитный калориметр. Цилиндрический калориметр детектора КМД-3 имеет комбинированную структуру, он состоит из калориметра на основе сжиженного ксенона и кристаллического CsI калориметра. Его основной задачей является регистрация фотонов, вылетающих под большими углами к оси пучков и измерение их энергии и координат. Для проведения прецизионных экспериментов, калориметр должен обладать высоким энергетическим и пространственным разрешением.

Диссертационная работа В.Е. Шебалина посвящена разработке процедур реконструкции кинематических параметров фотонов и процедур энергетической калибровки цилиндрического калориметра детектора КМД-3. Основным преимуществом жидкоксенонового калориметра в отношении точной калибровки является возможность восстановления траектории движения заряженной частицы, что позволяет существенно уточнить результаты калибровки с использованием космических частиц. При этом существенно уменьшается вклад в систематическую погрешность определения калибровочных коэффициентов от неточности описания импульсных и угловых распределений космических частиц. Процедура энергетической калибровки цилиндрического калориметра состоит из трех выполняемых последовательно калибровок: предварительная калибровка CsI калориметра с помощью космических частиц в специальных заходах, совместная калибровка LXe и CsI калориметров с космическими частицами в экспериментальных заходах и калибровка калориметра с использованием процесса упругого электрон-позитронного рассеяния.

Основные результаты работы докладывались автором на научных семинарах ИЯФ СО РАН, Сессии отделения ядерной физики РАН и международных конференциях.

Достоверность исследования

Разработанные процедуры энергетической калибровки цилиндрического калориметра обеспечивают точность определения калибровочных коэффициентов на уровне 1.5 % для жидкоксенонового и около 3 % для CsI калориметра детектора КМД-3.

Правильность определения калибровочных коэффициентов подтверждается тем, что результаты калибровок разного типа (с использованием различных частиц) согласуются между собой. Кроме того были проведены проверки правильности измерения энергии в калориметре с помощью космических частиц, процесса упругого электрон-позитронного рассеяния и процесса электрон-позитронной аннигиляции в пару фотонов и с помощью других физических процессов.

Достоверность процедуры восстановления кинематических параметров фотонов в цилиндрическом калориметре была проверена с помощью процессов электрон-позитронной аннигиляции в пару фотонов, а также в таких процессах как $e^+e^- \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$, $e^+e^- \rightarrow \pi^0 \gamma$, $e^+e^- \rightarrow \eta \gamma$.

Также о **достоверности** исследования и высокой **степени обоснованности** научных результатов, сформулированных в диссертации свидетельствует подробное описание проведенных экспериментов и публикация результатов в ведущих рецензируемых журналах.

Научная новизна работы

Задача калибровки комбинированного электромагнитного калориметра, состоящего из подсистем с различным принципом работы, решалась впервые. Вследствие его сложной структуры, энергетическая калибровка составного калориметра является нетривиальной задачей. Важным преимуществом жидкоксеронового калориметра является возможность восстановления траектории движения заряженной частицы, что дает дополнительные возможности для проведения точной калибровки калориметра с использованием космических частиц. Благодаря разработанным процедурам калибровок калориметра и восстановления параметров фотонов было достигнуто близкое к проектным значениям энергетическое и пространственное разрешение. Результаты данной работы используются в анализе большинства физических процессов, исследуемых с помощью детектора КМД-3.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы.

Во **введении** описывается актуальность работы и формулируется предмет исследования, а также новизна и практическая значимость работы.

В **первой главе** приводится описание ускорительного комплекса ВЭПП-2000 и детектора КМД-3.

Вторая глава посвящена описанию цилиндрического калориметра детектора КМД-3. Дано подробное описание его подсистем: жидкоксеронового калориметра и калориметра на основе кристаллов CsI, считывающей электроники и программного обеспечения.

В **третьей главе** представлена процедура энергетической калибровки цилиндрического калориметра с помощью космических частиц. Процедура включает в себя предварительную калибровку CsI калориметра с использованием данных только этой подсистемы и совместную калибровку жидкоксеронового и CsI калориметров с использованием космических частиц в экспериментальных заходах.

В **четвертой главе** дано описание процедуры калибровки калориметра с использованием событий электрон-позитронного рассеяния.

Пятая глава посвящена процедурам восстановления кинематических параметров фотонов. Представленная процедура восстановления начальной энергии фотонов не ухудшает энергетического разрешения. Пространственное разрешение определения точки конверсии фотона в электрон-позитронную пару составило около 2 мм. Представлена проверка правильности реконструкции фотонов на основе процессов как $e^+e^- \rightarrow 3\pi$, и, $e^+e^- \rightarrow 3\gamma$. Разрешение калориметра по инвариантной массе нейтрального пиона составило около 11 МэВ.

В **заключении** перечислены основные результаты диссертации. За три года набора экспериментальных данных с детектором КМД-3 с 2010 по 2013 год калориметр на основе


кристаллов CsI продемонстрировал хорошие параметры. Были разработаны процедуры мониторинга работоспособности и стабильности каналов калориметра. Стабильность отклика электроники калориметра составила не хуже 1%. Разработаны процедуры совместной калибровки жидкок senoного и CsI калориметров с помощью космических частиц и с использованием событий упругого электрон-позитронного рассеяния. Погрешность определения калибровочных коэффициентов составила не хуже 1.5% для жидкок senoного калориметра и не хуже 3% для CsI калориметра. Разработаны процедуры реконструкции фотонов и восстановления их кинематических параметров.

Замеченные недостатки.

Замеченные недостатки. К сожалению, в диссертации практически отсутствует литературный обзор, нет сравнения ни собственно детектора КМД-3 с наиболее близкими детекторами, используемыми в других экспериментах, ни, тем более, сравнения достигнутых точностей реконструкции кинематических параметров фотонов и энергетической калибровки цилиндрического калориметра детектора КМД-3, представленных в данной диссертации, с результатами других коллабораций. Из текста диссертации не всегда достаточно ясно, какие результаты получены автором лично, а что сделано совместно и с кем из коллег, однако, определяющий личный вклад автора в выносимые на защиту результаты не подвергается сомнению. Мало ссылок даже на работы с участием автора, в результате, не понятно, какие результаты где опубликованы. Как часто бывает, в диссертации встречаются жаргонные слова, фразы и неясные словосочетания, например, «...из опорного сигнала последовательного линка» (стр.47), «Спираль синего цвета – хиты, сработавшие.....» (стр.56) и т.д. В представленном оппоненту экземпляре диссертации все рисунки черно-белые, что делает их непонятными без обращения к электронному варианту диссертации.

Подводя итоги, можно с уверенностью сказать, что диссертация В.Е. Шебалина является законченной научной работой. Разработанные процедуры энергетической калибровки цилиндрического калориметра КМД-3 обеспечивают точность определения калибровочных коэффициентов на уровне 1.5 % для жидкок senoного и около 3 % для CsI калориметра детектора. Важно, что результаты данной работы используются в анализе большинства физических процессов, исследуемых с помощью детектора КМД-3. Основные результаты диссертации опубликованы в научных изданиях, соответствующих списку ВАК РФ и докладывались на российских и международных конференциях. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Диссертация удовлетворяет всем требованиям, которые предъявляет ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор Василий Евгеньевич Шебалин заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 - приборы и методы экспериментальной физики.

Официальный оппонент, доктор физ.-мат. наук,  Н.М. Буднев
декан физического факультета
ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет»
адрес: 664003 г. Иркутск, бульвар Гагарина, 20
телефон: +7 (3952) 33-21-70; e-mail: nbudnev@api.isu.ru

