

ОТЗЫВ
официального оппонента
на диссертацию Барнякова Александра Юрьевича

«Измерение основных параметров системы счётчиков АШИФ детектора КЕДР»»,

представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Диссертация А. Ю. Барнякова посвящена измерению качества идентификации заряженных частиц в системе черенковских счётчиков АШИФ детектора КЕДР на электрон-позитронном коллайдере ВЭПП-4М и исследованию долговременной стабильности параметров счётчиков. Автор принимал непосредственное участие в разработке и создании системы счётчиков АШИФ, руководил её сборкой и установкой в детектор КЕДР, вводом в эксплуатацию. Были исследованы изменения длины поглощения света в аэрогеле при адсорбции воды, проведён расчёт методом Монте Карло изменения коэффициента светосбора в счётчике при адсорбции воды. Расчёты Монте Карло согласуются с прямыми измерениями. Были проведены исследования стабильности сигнала в счётчиках АШИФ в течение 14 лет. Проведены первые измерения эффективности регистрации и качества идентификации частиц в системе АШИФ на детекторе КЕДР.

Актуальность избранной темы исследования определяется необходимостью высокого качества идентификации частиц в экспериментах физики элементарных частиц. Поскольку эти эксперименты требуют продолжительного времени для набора необходимой статистики, нужно проводить специальные исследования долговременной стабильности работы счётчиков для получения надёжных экспериментальных результатов.

В качестве научной новизны следует отметить оригинальность схемы АШИФ (Аэрогель ШИФтер Фотоумножитель), предложенную и разработанную в ИЯФ СО РАН.

Несомненна научная и практическая ценность полученных в диссертации результатов, поскольку данная система счётчиков будет составлять существенную часть универсального детектора КЕДР, что улучшит качество физических результатов.

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения.

Во **введении** обоснована актуальность описанных в диссертации исследований, сформулированы научная новизна и практическая ценность представляемой работы.

В **первой главе** диссертации дан хороший обзор черенковских детекторов, успешно разработанных на электрон-позитронных коллайдерах.

Вторая глава посвящена описанию детектора КЕДР на e^+e^- коллайдере ВЭПП-4М. Кратко описаны устройство и характеристики трековых детекторов, системы пороговых аэрогелевых счётчиков, времяпролётной системы, электромагнитных калориметров, системы мюонных камер и системы регистрации рассеянных электронов. Описаны также триггер, и система сбора данных.

В **третьей главе** представлено описание метода АШИФ, конструкция аэрогелевых счётчиков детектора КЕДР, процедура сборки счётчиков, система счётчиков в целом. Описана схема и результаты эксперимента со счётчиками АШИФ на выведенном адронном пучке ОИЯИ в г. Дубна. Указанно, что в сравнении со схемой прямого светосбора система АШИФ позволяет увеличить размер счётчиков и уменьшить количество фотодетекторов. В результате уменьшается количество вещества перед калориметрами. Выбранный показатель преломления аэрогеля 1.05 позволяет надёжно разделять π и К мезоны в диапа-

зоне импульсов от 0.6 до 1.5 ГэВ/с. Это достаточный диапазон для энергий в области ψ -мезонов, но может быть недостаточным для области энергий Υ -мезонов, которые также включены в программу экспериментов с детектором КЕДР. По результатам эксперимента на выведенном адронном пучке ОИЯИ были получены следующие результаты для торцевых счётчиков: амплитуда сигнала для релятивистской частицы 10.6 ± 0.2 фотоэлектрона, неоднородность сигнала $\pm 15\%$, коэффициент подавления пионов с импульсом 1.2 ГэВ/с равен 1300 при эффективности регистрации каонов с данным импульсом 90%, временное разрешение счётчика на пионах с импульсом 0.86 ГэВ/с составляет 2 нс, основные источники допороговой эффективности – сцинтилляции в тефлоне и черенковский свет от δ -электронов и из тефлона.

Четвёртая глава посвящена долговременной стабильности счётчиков АШИФ, а также исследованию причин уменьшения амплитуды в счётчиках со временем. Несколько счётчиков, в том числе протестированные на адронном пучке в ОИЯИ, никогда не устанавливались в детектор КЕДР. Они время от времени тестировались на космических мюонах в специализированном стенде в течение 14 лет. Наблюдение показало плавное уменьшение амплитуды счётчиков на 35% за первые 3 года и в течение последующих 10 лет не меняющаяся в пределах точности измерений. Основные вклады в общее уменьшение амплитуды: уменьшение квантовой чувствительности ФЭУ, ухудшение светосбора в аэрогеле, ухудшение оптического контакта шифтер-ФЭУ при вводе магнитного поля. Качество счётчика можно восстановить, проведя отжиг аэрогеля и заменив ФЭУ с упавшей квантовой эффективностью. Конструкция крепления ФЭУ в счётчике изменена. Впервые были проведены эксперименты по влиянию воды на оптические параметры аэрогеля, получена временная зависимость параметров после адсорбции воды аэрогелем из атмосферы. Получен очень интересный результат: адсорбция воды происходит очень быстро (0.2-2 часа), при этом характерное время уменьшения длины поглощения света в аэрогеле составляет 5-100 дней и не зависит от количества адсорбированной воды, если её массовая доля $> 0.2\%$.

Пятая глава посвящена исследованию системы счётчиков АШИФ в детекторе КЕДР, измерению эффективности регистрации и качества идентификации заряженных частиц. Исследование проводилось на космических мюонах. Для определения параметров π/K разделения из допороговой области отбирались мюоны со скоростями, соответствующими каонам с заданным импульсом, а из надпороговой области – пионам с таким же импульсом. В результате были получены эффективности регистрации каонов и вероятности ложной идентификации пионов как каонов как функции импульса заряженной частицы при пороге на амплитуду 0.5 фотоэлектрона для каждого из двух слоёв системы, а также для системы “Толстый счётчик” при пороге на амплитуду 2 фотоэлектрона. Показаны также зависимости вероятностей ложной идентификации пиона как каон и каона как пион от величины порога на амплитуду, которые обосновывают правильность выбранных величин порогов в системе АШИФ.

В заключении перечислены основные результаты, полученные в работе. Полученные результаты показали, что качество идентификации частиц в системе счётчиков АШИФ сравнимо с лучшими мировыми достижениями (система DIRC в детекторе BaBar) и выше чем в аэрогелевых счётчиках детектора Belle и времяпролётной системе детектора BESIII. Результаты исследования долговременной стабильности аэрогелевых счётчиков и другие методические наработки, описанные в диссертации, могут быть использованы в других научных центрах при создании систем идентификации частиц.

В качестве замечания можно отметить отсутствие определений некоторых приведённых в диссертации величин. Например, в таблице 5.1 на странице 85 диссертации приведены эффективности регистрации каонов, вероятности ложной идентификации пионов и достоверность π/K разделения в числе σ . Не совсем понятно, как эта достоверность вычислялась. Для диапазона импульсов 450-660 МэВ/с вероятность ложной

идентификации пиона как каон равна 17%, при этом достоверность π/K разделения равна 2.9σ . При существенном уменьшении вероятности идентифицировать пион как каон до 3.1% при импульсах 660-940 МэВ/с достоверность разделения увеличивается незначительно (до 3.3σ). Из рисунка 4.6 на странице 53 следует, что существует один ФЭУ, у которого квантовая эффективность увеличилась после 8 лет работы. Можно было бы попытаться дать этому объяснение.

Отмеченные недостатки не влияют на качество результатов, полученных в диссертации.

Текст автореферата полностью соответствует содержанию диссертации. По теме диссертации опубликовано 7 статей в ведущих российских и международных журналах.

Представленная диссертационная работа А. Ю. Барнякова является законченным научным исследованием и полностью удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц и критериям, установленным в п.9 “Положения о порядке присуждения учёных степеней”. Автор диссертации, А. Ю. Барняков, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник лаборатории электрослабых процессов
ГНЦ ИФВЭ (г. Протвино)
адрес: 142281, Московская область, г. Протвино, пл. Науки, д.1
тел: +7 (4967) 7 17231; e-mail: Mikhail.Shapkin@ihep.ru

М.М. Шапкин

Подпись М.М. Шапкина подтверждаю,
Учёный секретарь ГНЦ ИФВЭ
кандидат физико-математических наук



Ю.Г. Рябов