

## ОТЗЫВ

официального оппонента Н.М. Буднева на диссертацию А.Ю. Барнякова

«Измерение основных параметров системы черенковских счетчиков

АШИФ детектора КЕДР»,

Представленной на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук

по специальности 01.04.16 — физика ядра и элементарных частиц

### Актуальность исследования

Диссертационная работа А.Ю. Барнякова посвящена разработке и измерению основных параметров системы аэрогелевых черенковских счетчиков детектора КЕДР. Данные счетчики построены по оригинальной схеме АШИФ, предложенной в ИЯФ СО РАН. Разработка новых методов регистрации частиц с высоким качеством идентификации всегда является актуальной задачей в физике элементарных частиц. Систему аэрогелевых черенковских счетчиков планируется использовать в экспериментах с детектором КЕДР. Применение счетчиков АШИФ позволит с высокой достоверностью разделять пионы и каоны, что важно для получения качественно новых физических результатов. Это безусловно определяет высокую *актуальность* данной диссертационной работы. Полученные в работе методические результаты и технологии использовались при разработке системы счетчиков АШИФ детектора СНД, работающего на электрон-позитронном коллайдере ВЭПП-2000 в ИЯФ СО РАН с 2009 года и, несомненно, будут востребованы при разработке счетчиков на основе аэрогеля, переизлучателей спектра или ФЭУ с микроканальными пластинами.

Основные результаты работы докладывались на Сессии Отделения ядерной физики РАН и международных конференциях и вызвали большой интерес у широкого круга специалистов в физике элементарных частиц.

### Достоверность исследования

Подробное описание схем проведенных экспериментов и процедур измерений исследуемых параметров, качественное физическое обсуждение их результатов, детальное сравнение с аналогичными исследованиями, проведенными в других международных научно-исследовательских центрах, публикация результатов в ведущих рецензируемых научных журналах, свидетельствуют о *достоверности исследования* и высокой *степени*

*обоснованности* научных результатов и выводов, сформулированных в диссертации.

### **Научная новизна работы**

В целом диссертация А.Ю. Барнякова представляет собой законченное исследование в области методики экспериментов в физике элементарных частиц, имеющее *несомненную научную ценность*. В ней получены оригинальные результаты *мирового уровня*. Впервые изучено изменение длины поглощения света в аэрогеле после адсорбции воды. Получены результаты исследований долговременной стабильности счетчиков АШИФ. Показано, что счетчики, собранные с применением оригинального метода светосбора, способны эффективно работать на протяжении не менее 14 лет. Достигнутое и проверенное экспериментально качество идентификации пионов и каонов системой счетчиков АШИФ детектора КЕДР не уступает, полученному в системе DIRC детектора BaBar (США) и лучше, чем у системы аэрогелевых счетчиков Belle (Япония) и в ныне работающей время-пролетной системе детектора BESIII (Китай).

Диссертация демонстрирует отличное владение автором самыми *современными* методиками.

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

Во **введении** описана актуальность проведенных исследований, научная новизна и практическая значимость работы.

В **первой главе** приведен обзор черенковских счетчиков, работавших в завершенных, современных, а также в планирующихся экспериментах на электрон-позитронных коллайдерах.

Во **второй главе** описан детектор КЕДР и его системы, в состав детектора входят, в частности счетчики АШИФ, созданию и исследованию свойств которых посвящена настоящая диссертационная работа.

В **третьей главе** представлено подробное описание метода АШИФ, конструкции и основных составляющих (аэрогель, переизлучатель спектра, фотоумножитель, электроника) системы аэрогелевых черенковских счетчиков детектора КЕДР и процедура сборки счетчиков.

**Четвертая глава** посвящена исследованию долговременной стабильности счетчиков АШИФ. Рассмотрены причины и физические механизмы

ответственные за уменьшение амплитуды сигнала счетчиков АШИФ. Детальный анализ причин понижения амплитуды в счетчиках АШИФ детектора КЕДР был проведен на основе 40 торцевых и 40 баррельных счетчиков, проработавших в детекторе КЕДР с 2003 по 2011 гг. Изучался вклад в изменение амплитуды от следующих характеристик счетчика: квантовая эффективность фотоумножителя; светосбор в аэрогеле; длина ослабления света в переизлучателе спектра (шифтере); коэффициент отражения тефлона; оптический контакт (фотокатод-шифтер). В роли «пробных частиц» при исследованиях использовались мюоны, родившиеся в широких атмосферных ливнях, а также пионы с импульсом 0.86 ГэВ/с, полученные на протонном синхротроне в ОИЯИ г.Дубна.

Особенно интересны результаты проведенных впервые исследований влияния воды на оптические параметры аэрогеля. Получена временная зависимость параметров после адсорбции аэрогелем воды из атмосферы. Расчеты методом Монте-Карло показали, что вклад в общее уменьшение амплитуды в счетчиках АШИФ от ухудшения светосбора в аэрогеле можно объяснить уменьшением длины поглощения света в аэрогеле после адсорбции воды. Дано качественное объяснение природы эффекта уменьшения длины поглощения света в аэрогеле при адсорбции воды. В результате предложена новая процедура отбора аэрогеля для производства счетчиков.

В пятой главе описываются процедура и результаты измерений параметров идентификации частиц (разделения  $\pi$ - и  $K$ -мезонов) в области импульсов от 0.6 до 1.5 ГэВ/с в системе счетчиков АШИФ детектора КЕДР.

По первым полученным результатам измерений и расчетам видно, что система счетчиков АШИФ детектора КЕДР не уступает в интересующей области импульсов ни системе DIRC детектора BaBar, ни системе аэрогелевых счетчиков детектора Belle.

**Заключение** посвящено краткому перечислению основных результатов диссертации. Система счетчиков АШИФ в полном объеме (1000 л аэрогеля, 160 счетчиков) установлена в детектор КЕДР и введена в эксплуатацию. Получены первые результаты измерений эффективности регистрации и качества идентификации частиц. Степень разделения  $\pi$ - и  $K$ -мезонов с импульсом 1.2 ГэВ/с равна  $4.3\sigma$ , что сравнимо с достоверностью идентификации частиц в системе DIRC детектора BaBar в этой области импульсов, и существенно лучше, чем в аэрогелевых счетчиках детектора Belle и во время-пролетной системе детектора BES-III.

На протяжении 14 лет проведено измерение ременной стабильности

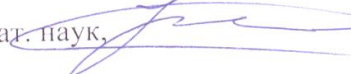
счетчиков АШИФ детектора КЕДР. Амплитуда сигнала уменьшилась с 9 до 6 фотоэлектронов с постоянной времени 3 года и далее остается постоянной с точностью до ошибки измерения. Показано, что амплитуда сигнала упала в среднем на 20% за счет уменьшения длины поглощения света в аэрогеле и на 20% за счет снижения квантовой эффективности ФЭУ.

**Замеченные недостатки.** Из текста диссертации не всегда достаточно ясно, какие результаты получены автором лично, а что сделано совместно и с кем из коллег. Как часто бывает, в диссертации встречаются жаргонные слова, фразы и неясные словосочетания. Есть немногочисленные огрехи в обозначениях, например, в формуле на странице 51 фигурирует обозначение  $N_{ф.э.}$ , а далее следует  $N_{ре}$  – измеренная в телескопе амплитуда счетчика в числе фотоэлектронов.

**Подводя итоги**, можно с уверенностью сказать, что диссертация А.Ю. Барнякова является законченной научной работой. В данной работе решена задача измерения основных параметров аэрогелевых черенковских счетчиков детектора КЕДР, построенных по уникальной методике АШИФ, которая имеет важное значение для развития физики элементарных частиц, что соответствует критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание степени кандидата наук в п.9 “Положения”. Полученное в работе качество идентификации частиц в системе черенковских счетчиков детектора КЕДР находится на уровне лучших в мире подобных систем. Результаты исследований долговременной стабильности счетчиков АШИФ, проведенных в рамках данной диссертации, применялись при создании системы черенковских счетчиков детектора СНД и еще будут востребованы при разработке новых счетчиков на основе аэрогеля.

Основные результаты диссертации опубликованы с достаточной полнотой 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 Александр Юрьевич Барняков безусловно заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 — физика ядра и элементарных частиц.

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

20.11.2015

