

На правах рукописи

БАРНЯКОВ Александр Юрьевич

**ИЗМЕРЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ
ЧЕРЕНКОВСКИХ СЧЕТЧИКОВ АШИФ ДЕТЕКТОРА КЕДР**

**01.04.16 – физика атомного ядра
и элементарных частиц**

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук**

Новосибирск – 2015

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ:

ОНУЧИН
Алексей Павлович – доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск.

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ:

БУДНЕВ
Николай Михайлович – доктор физико-математических наук, Иркутский государственный университет, г. Иркутск, декан физического факультета.

ШАПКИН
Михаил Михайлович – доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации Институт физики высоких энергий» НИЦ «Курчатовский институт», г. Протвино, ведущий научный сотрудник Лаборатории электрослабых процессов.

ВЕДУЩАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерных исследований Российской академии наук, г. Москва.

Защита диссертации состоится «_____» _____ 2015 г. в «_____» часов на заседании диссертационного совета Д 003.016.02 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук.

Адрес: 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 11.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики имени Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук.

Автореферат разослан «_____» _____ 2015 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор физ.-мат. наук, профессор

В.С. Фадин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

Разработка методики регистрации частиц с высоким качеством идентификации в физике элементарных частиц всегда актуальна. Введенная в эксплуатацию система аэрогелевых черенковских счетчиков детектора КЕДР, построенная по уникальной схеме АШИФ, по качеству идентификации находится на уровне лучших в мире систем универсальных детекторов в экспериментах на электрон-позитронных коллайдерах. Долговременная стабильность параметров аэрогелевых счетчиков необходима для получения надежных физических результатов. Программа экспериментов с детектором КЕДР на комплексе ВЭПП-4М включает в себя работу в области энергии Ψ - и Υ - мезонов и исследования двух-фотонной физики. Система черенковских счетчиков АШИФ будет использоваться в этих экспериментах.

Цель работы

Основной целью работы являлось измерение качества идентификации частиц в системе счетчиков АШИФ детектора КЕДР и исследование долговременной стабильности параметров счетчиков.

Личный вклад

Личное участие автора в получении результатов, составляющих основу диссертации, является определяющим. Автор принимал непосредственное участие в разработке и создании системы счетчиков АШИФ детектора КЕДР, руководил ее сборкой, установкой в детектор и вводом в эксплуатацию. Им были получены первые результаты по эффективности регистрации и качеству идентификации частиц в системе, проведены исследования долговременной стабильности счетчиков АШИФ и изучены эффекты, связанные с изменением оптических параметров аэрогеля после адсорбции воды.

Научная новизна

Создана и введена в эксплуатацию уникальная система идентификации частиц для детектора КЕДР на основе аэрогелевых черенковских счетчиков, построенных по оригинальной схеме АШИФ, предложенной и разработанной в ИЯФ СО РАН.

Впервые проведены измерения основных параметров системы. Полученные результаты показали, что качество идентификации частиц в счет-

чиках АШИФ сравнимо с системой DIRC в детекторе BaBar (США) и существенно выше, чем в аэрогелевых счетчиках детектора Belle (Япония) и времяпролетной системе детектора BESIII (Китай).

Впервые исследована долговременная стабильность амплитуды сигнала в счетчиках АШИФ.

Впервые измерена зависимость длины поглощения света в аэрогеле от времени после адсорбции воды.

Научная и практическая ценность результатов

Система счетчиков АШИФ, будет активно использоваться в экспериментах с детектором КЕДР, что позволит повысить качество получаемых физических результатов. Результаты изучения долговременной стабильности аэрогелевых счетчиков и другие методические наработки и технологии, освоенные при создании системы применяются в детекторе СНД ИЯФ СО РАН и могут быть использованы при создании систем идентификации частиц для новых детекторов или модернизации уже существующих в разных научных центрах: ИЯФ СО РАН (Новосибирск), ОИЯИ (Дубна) и за рубежом: J-Lab (США), CERN (Швейцария – Франция), FAIR (Германия). Методика измерений эффективности регистрации и качества идентификации частиц с помощью космических мюонов, полученная в рамках данной работы, может быть использована для создания процедуры калибровки качества идентификации в системе счетчиков АШИФ детектора КЕДР. Подобная процедура необходима для использования системы в анализе данных, набираемых с детектором КЕДР на комплексе ВЭПП-4М.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Разработка системы аэрогелевых черенковских счетчиков детектора КЕДР.
2. Исследование изменения длины поглощения света в аэрогеле при адсорбции воды.
3. Расчет методом Монте-Карло изменения коэффициента светосбора в счетчике АШИФ при адсорбции аэрогелем воды.
4. Исследование стабильности амплитуды сигнала в счетчиках АШИФ в течение 14 лет.
5. Первые измерения эффективности регистрации и качества идентификации частиц в системе АШИФ детектора КЕДР.

Апробация работы

Доклады о работах по теме диссертации были представлены на следующих российских и международных конференциях: Instrumentation on

Colliding Beam Physics (Новосибирск, 2008, 2014), Сессии-конференции секции ядерной физики ОФН РАН (Москва, 2012, 2014), 13th Pisa Meeting on Advanced Detectors (La Biodola Isola d'Elba (Italy), 2015).

Материалы диссертации опубликованы в 43 печатных работах, включая статьи в российских и зарубежных журналах и в сборниках трудов всероссийских и международных конференций.

Объем и структура работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения. Полный объем диссертации **107** страниц машинописного текста, включая **77** рисунков, **6** таблиц и список литературы из **95** наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность исследований, проводимых в рамках данной диссертационной работы, сформулированы научная новизна и практическая значимость представляемой работы.

В первой главе диссертации представлен обзор черенковских счетчиков, внесших заметный вклад в развитие методики экспериментов на встречных электрон-позитронных пучках.

Во второй главе приводится описание детектора КЕДР и его систем. Детектор КЕДР — универсальный детектор с продольным магнитным полем 0.6 Тл. Продольное магнитное поле создает сверхпроводящий соленоид длиной 2.84 м с внутреннем диаметром 3.24 м, который находится внутри железного ярма массой 700 тон. Детектор состоит из координатной системы на основе вершинного детектора (ВД) и дрейфовой камеры (ДК), системы пороговых аэрогелевых черенковских счетчиков (АЧС), времяпролетной системы (ВПС) на основе сцинтилляционных счетчиков, электромагнитного калориметра на основе жидкого криптона (LKr) в баррельной части и кристаллов йодистого цезия легированного натрием (CsI) в торцах, системы мюонных камер (МК) на основе стримерных трубок и системы регистрации рассеянных электронов (СРРЭ). Детектор КЕДР обладает рядом преимуществ по сравнению с другими универсальными детекторами.

- В цилиндрической части электромагнитного калориметра в качестве радиатора используется 27 тон жидкого криптона. Внутренний слой калориметра имеет структуру электродов в виде чередующихся продольных и поперечных полосок. Это позволяет определять координату конверсии γ -квантов с энергией 100 МэВ с точностью ~ 1 мм, что на порядок лучше, чем в калориметрах на основе кристаллов CsI.

- Уникальная система регистрации рассеянных электронов дает высокую эффективность регистрации двухфотонных процессов и хорошее разрешение по инвариантной массе. Наличие такой системы в десятки раз повышает эффективность детектора к изучению двух-фотонных процессов по сравнению с детекторами не оснащенными подобной системой.
- Система идентификации частиц на основе пороговых аэрогелевых черенковских счетчиков построена по уникальной схеме светосбора АШИФ (Аэрогель ШИфтер Фотоумножитель). Данная схема была предложена и разработана в ИЯФ СО РАН. Система обеспечивает π/K -разделение в диапазоне импульсов от 0.6 до 1.5 ГэВ/с на уровне 4σ , что не уступает по качеству разделения в этом же диапазоне импульсов системе DIRC детектора BaBar (США) и лучше, чем система аэрогелевых счетчиков детектора Belle (Япония), и чем времяпролетная системы детектора BESIII (Китай).

Третья глава содержит подробное описание метода АШИФ, конструкции аэрогелевых счетчиков детектора КЕДР, системы в целом и процедуры сборки счетчиков. Так же приводится описание схемы и результаты эксперимента со счетчиками АШИФ на выведенном пучке адронов в ОИЯИ г. Дубна.

Метод светосбора АШИФ (Аэрогель, ШИфтер, Фотоумножитель — АШИФ), был предложен и разработан в ИЯФ СО РАН. Черенковский свет из аэрогеля собирается на переизлучатели, сделанные в виде световодов, переизлучается и частично оказывается в условиях полного внутреннего отражения. Эта часть переизлученного света транспортируется к фотоумножителю, где регистрируется. Коэффициент светосбора на шифтер в данном случае достаточно велик, так как шифтер располагается недалеко от точки излучения и имеет большую боковую поверхность. В сравнении со схемой прямого светосбора схема АШИФ позволяет увеличить размер счетчиков и уменьшить количество фотоприемников во всей системе, и как следствие, количество материала перед калориметрами.

Система АШИФ показана на рисунке 1, включает в себя 160 счетчиков: 80 баррельных и 80 торцевых. Общий объем аэрогеля – 1000 литров. Показатель преломления аэрогеля был выбран 1.05, для того чтобы надежно идентифицировать π - и K - мезоны в диапазоне импульсов от 0.6 до 1.5 ГэВ/с. Система способна работать в магнитном поле до 2 Тл, так как в качестве фотонных детекторов используются ФЭУ на основе микроканальных пластин.

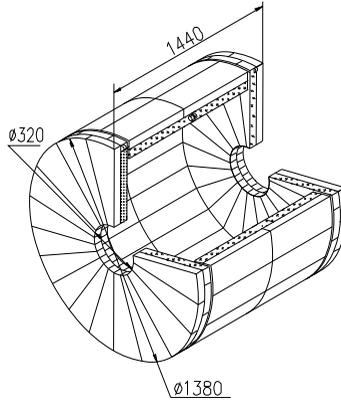


Рис. 1. Система АШИФ детектора КЕДР. Размеры в миллиметрах.

На рисунках 2 и 3 представлена конструкция торцевого и баррельного счетчиков. Внутренняя поверхность счетчиков покрыта диффузно-отражающим материалом на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ). Три слоя пленки ПТФЭ (суммарная толщина 750 мкм) производства фирмы Tetratex отражает $97 \div 98\%$. Важной особенностью всей системы счетчиков является ее двухслойная конструкция. Счетчики располагаются таким образом, чтобы частица с импульсом $0.6 \div 1.5$ ГэВ/с, летящая из точки взаимодействия пучков, не пролетала одновременно через шиф-

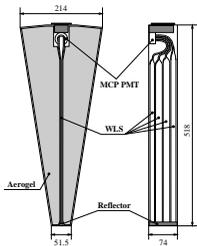


Рис. 2. Торцевой счётчик.

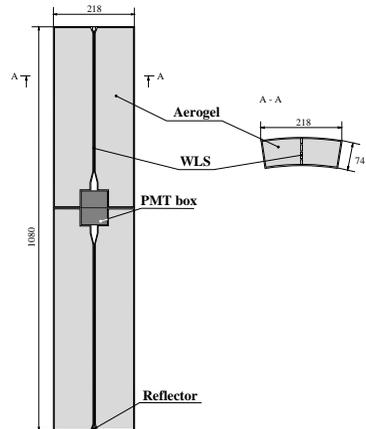


Рис. 3. Два баррельных счётчика в одном корпусе.

теры в двух слоях. При магнитном поле детектора 0.6 Тл вероятность частице с импульсом 0.6 ГэВ/с попасть в шифтер в одном слое равна 10%, для импульса 1.5 ГэВ/с — 5%. Это значит, что для большей части частиц для идентификации можно будет использовать информацию с двух слоев, что значительно улучшает качество идентификации. Количество вещества в счетчиках — 24% радиационной единицы (2 слоя при перпендикулярном пролете частицы).

Впервые измерение качества идентификации частиц в счетчиках АШИФ было проведено в 2000 году на вторичных пучках 10 ГэВ протонного синхротрона в ОИЯИ (г. Дубна). Для торцевых счетчиков АШИФ детектора КЕДР были получены следующие основные результаты:

- амплитуда сигнала от релятивистской частицы — 10.6 ± 0.2 фотоэлектрона;
- неоднородность сигнала составила $\pm 15\%$ ($N_{\text{фэ}} = 7.1 \div 9.7$);
- для частиц с импульсом 1.2 ГэВ/с коэффициент подавления пионов равен 1300 при эффективности регистрации каонов 90% (достоверность разделения на уровне 4.5σ);
- временное разрешение счетчика АШИФ на пионах с импульсом 0.86 GeV/c составило $\sigma_{\tau} = 2$ нс;
- основные источники допороговой эффективности: сцинтилляции в тефлоне и черенковский свет от δ -электронов и из тефлона.

Четвертая глава посвящена исследованию причин уменьшения амплитуды в счетчиках АШИФ и их долговременной стабильности. Представлены результаты экспериментов по изучению влияния адсорбированной аэрогелем воды на его оптические параметры: длину поглощения света, показатель преломления, длину рассеяния света. Так же приведены результаты моделирования светосбора в счетчике АШИФ до и после поглощения аэрогелем воды.

Несколько счетчиков в течение 14 лет время от времени тестировались на космических мюонах в специализированном стенде. Зависимость амплитуды сигнала от времени представлена на рисунке 4. Амплитуда счетчика плавно уменьшилась на 35% за первые три года и в течении последних 10 лет не меняется в пределах точности измерений (5%).

Причины понижения амплитуды в счетчиках АШИФ были изучены в 80 счетчиках, проработавших в детекторе с 2003 по 2011 гг.

Основные вклады в общее уменьшение амплитуды

Уменьшение квантовой чувствительности ФЭУ — от 0 до 65%, в среднем 18%.

Ухудшение светосбора в аэрогеле:

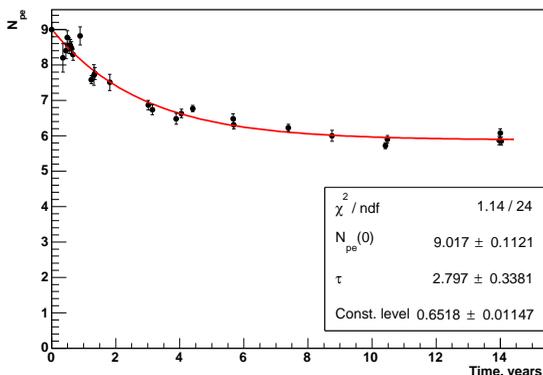


Рис. 4. Зависимость от времени амплитуды счетчика АШИФ, полученная на космических мюонах в стенде.

- в торцевых счетчиках — от 0 до 45%, в среднем 22%;
- в барельных счетчиках — от 15 до 65%, в среднем 34%.

Оптический контакт шифтер-ФЭУ (старая конструкция крепления ФЭУ в счетчике при вводе магнитного поля позволяла прибору повернуться до 15°):

- в торцевых счетчиках — от 0 до 22%, в среднем 7%;
- в барельных счетчиках — от 0 до 55%, в среднем 12%.

Ухудшение WLS — не обнаружено.

Старение тефлона приводит к увеличению коэффициента поглощения в 2 раза (до 4%), что приводит к незначительному уменьшению светосбора примерно на 5%.

Качество счетчика можно восстановить, проведя отжиг аэрогеля и заменив ФЭУ с упавшей квантовой эффективностью. Счетчики первого слоя (80 штук) были восстановлены во время остановки эксперимента в 2011 – 2013 гг.

Аэрогель новосибирского производства (ИК СО РАН с ИЯФ СО РАН) — очень гигроскопичный материал. В счетчиках с диффузным светосбором изменения длины поглощения света приводят к более заметным изменениям коэффициента светосбора, чем любого другого параметра (длины рассеяния и показателя преломления света). Впервые были проведены эксперименты по влиянию воды на оптические параметры аэрогеля, получена временная зависимость параметров после адсорбции аэрогелем воды из атмосферы. Адсорбция воды происходит очень быстро — за $0.2 \div 2$ часа. При этом характерное время уменьшения длины поглощения света

в аэрогеле составляет $5 \div 100$ дней и не зависит от количества адсорбированной воды, если ее массовая доля $> 0.2\%$. Уменьшение длины поглощения света в аэрогеле останавливается на некотором уровне. Для разных партий аэрогеля этот уровень может отличаться в несколько раз. На рисунке 5 для нескольких образцов аэрогеля показано относительное изменение во времени параметра RLC (относительного светосбора), из которого с помощью метода Монте-Карло рассчитывается длина поглощения света в аэрогеле. Длина поглощения света (L_{abs}) в разных образцах аэрогеля после адсорбции воды отличается сильнее, чем после удаления воды посредством отжига (5 часов при $500^\circ C$) (см. рис. 6).

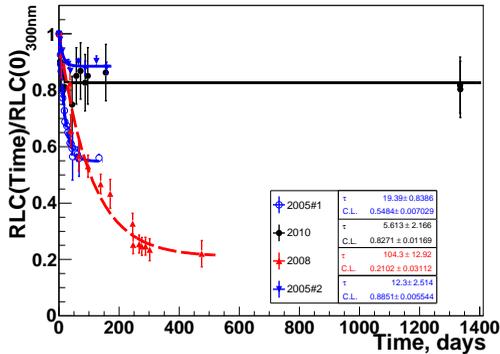


Рис. 5. Зависимость $RLC(300 \text{ нм})$ нормированная на первое измерение от времени для нескольких образцов аэрогеля с $n=1.05$ после насыщения водой.

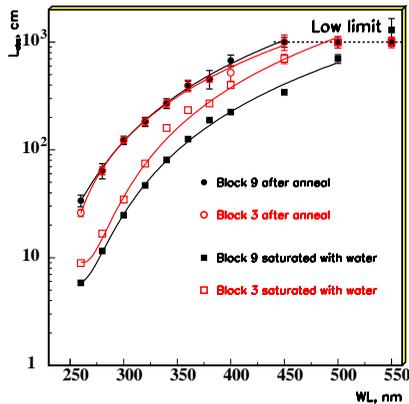


Рис. 6. Зависимость L_{abs} от длины волны для двух образцов аэрогеля после насыщения водой и после отжига.

Полученные данные по длине поглощения после насыщения водой были заложены в моделирование светосбора в торцевом счетчике АШИФ методом Монте-Карло. Расчеты 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. Эффект уменьшения длины поглощения света в аэрогеле после адсорбции воды качественно можно объяснить процессом образования химических соединений воды с примесями, например, такими как железо, массовое содержание которого, согласно химическому анализу, составляет порядка 0.5 ppm. Длина рассеяния света в аэрогеле напрямую зависит от количества адсорбированной воды: поглощение 3% воды приводит к уменьшению длины рассеяния на 10%. Длина рассеяния в аэрогеле восстанавливается при любом способе сушки (отжиг, сушка другими абсорбентами и т.п.). Адсорбция аэрогелем примерно 1% по массе воды приводит к увеличению его показателя преломления на 0.08%.

Пятая глава посвящена измерению эффективности регистрации и параметров идентификации частиц в системе счетчиков АШИФ детектора КЕДР.

Для идентификации частиц можно применять несколько подходов при работе с системой счетчиков АШИФ: использовать информацию с каждого слоя системы независимо, рассматривать совпадение сигналов с двух слоев по «И», по «ИЛИ» или суммировать амплитуду с двух слоев, то есть как «Толстый счетчик». Вариант можно выбрать в зависимости от задачи эксперимента. Для каждого подхода были получены параметры π/K -разделения при помощи космических мюонов с соответствующими импульсами. На рисунке 7 приведена зависимость суммарной амплитуды баррельных счетчиков от импульса космических мюонов, прошедших через аэрогель в обоих слоях системы счетчиков АШИФ детектора КЕДР.

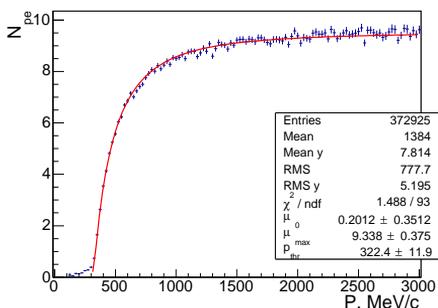


Рис. 7. Зависимость суммарной амплитуды баррельных счетчиков от импульса космических мюонов, прошедших через аэрогель в обоих слоях системы счетчиков АШИФ детектора КЕДР.

туды с двух слоев счетчиков от импульса частиц, прошедших через аэрогель в обоих слоях баррельной части системы. Суммарная амплитуда в среднем по баррельной части системы составляет 9.3 ± 0.3 фотоэлектрона. Эффективность регистрации мюонов с импульсом $P > 1$ ГэВ/с равна $[1 - (2 \pm 1) \cdot 10^{-4}]$.

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. Вероятности ложной идентификации в зависимости от порога, полученные для частиц, соответствующих каонам и пионам с импульсом $940 \text{ MeV}/c < P_{K,\pi} < 1450 \text{ MeV}/c$ показаны на рисунке 8. Сплошной линией показана зависимость для первого слоя системы, пунктиром – для второго.

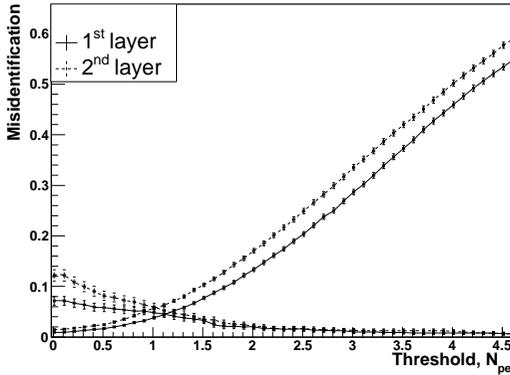


Рис. 8. Зависимость вероятности ложной идентификации пионов и каонов в диапазоне импульсов $940 \text{ MeV}/c < P_{K,\pi} < 1450 \text{ MeV}/c$ от порога на амплитуду для первого (сплошная линия) и второго слоя системы (пунктирная линия).

Эффективность регистрации “каонов” и вероятность ложной идентификации “пионов”, а так же достоверность π/K -разделения в числе σ при пороге 0.5 фэ для каждого слоя в зависимости от импульса представлены в таблице 1.

На рисунке 9 показаны вероятности ложной идентификации для варианта «Толстый счетчик», на рисунке 10 – для варианта «ИЛИ», на рисунке 11 – для варианта «И».

Для сравнения трех подходов к π/K -разделению в двухслойной системе на рисунке 12 представлены эффективности регистрации каонов и вероятности ложной идентификации пионов.

Таблица 1. Эффективности регистрации “каонов”, вероятности ложной идентификации “пионов” и достоверность π/K -разделения в числе σ в диапазоне импульсов $P_1 < P_{K,\pi} < P_2$ для I-го и II-го слоев системы при пороге на амплитуду 0.5фЭ.

P_1 МэВ/с	P_2 МэВ/с	I-ый слой			II-ой слой		
		ε_K	$1 - \varepsilon_\pi$	σ	ε_K	ε_π	σ
450	660	>0.97	0.18±0.01	2.8	>0.97	0.17±0.01	2.9
660	940	0.95±0.02	0.026±0.003	3.8	0.90±0.02	0.031±0.003	3.3
940	1200	0.96±0.01	0.012±0.002	4.0	0.94±0.01	0.016±0.002	3.7
1200	1430	0.94±0.01	0.010±0.002	3.9	0.92±0.01	0.015±0.002	3.6
1430	1540	0.86±0.02	0.002±0.001	3.5	0.86±0.02	0.004±0.002	3.3
1540	1660	0.68±0.04	0.010±0.003	2.5	0.70±0.04	0.013±0.003	2.5
1660	1790	0.39±0.03	0.005±0.002	2.3	0.35±0.03	0.009±0.002	2.0

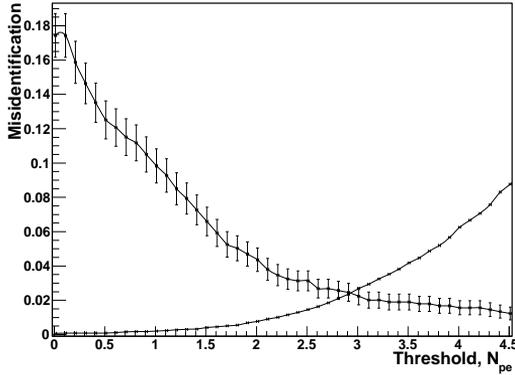


Рис. 9. Вероятность ложной идентификации пиона как каон и каона как пион в диапазоне импульсов от 940 до 1450 МэВ/с для варианта «Толстый счетчик» (получено на мюонах соответствующей скорости).

Из полученных данных можно оценить качество π/K -разделения в единицах σ .

- Вариант «Толстый счетчик» привлекателен тем, что в этом случае амплитуда сигнала больше и можно ставить более высокий порог для подавления шумов и перекрестных наводок, а также амплитуда сигнала более однородна с разных частей системы. Достоверность разделения для частиц с импульсами $P=1.2$ ГэВ/с составляет 4.3σ .
- При варианте «ИЛИ» сильно подавляются нескоррелированные нули при регистрации надпороговых частиц и эффективность регистрации пионов получается достаточно высокой. При $P=1.2$ ГэВ/с достоверность разделения — 4.3σ .

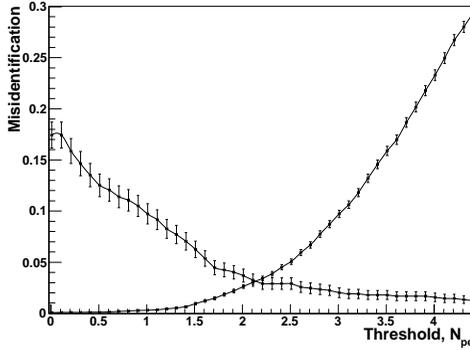


Рис. 10. Вероятность ложной идентификации пиона как каон и каона как пион в диапазоне импульсов от 940 до 1450 МэВ/с для схемы включения слоев системы по «ИЛИ» (получено на мюонах соответствующего импульса).

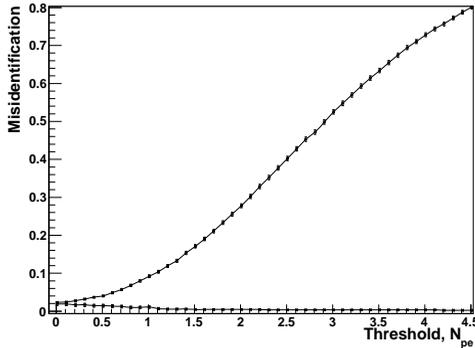


Рис. 11. Вероятность ложной идентификации пиона как каон и каона как пион в диапазоне импульсов от 940 до 1450 МэВ/с для схемы включения слоев системы по «И» (получено на мюонах соответствующего импульса).

- В варианте «И» можно хорошо подавлять независимые допороговые срабатывания и получить высокую эффективности регистрации каонов. Получено π/K -разделение при импульсе $P=1.2$ ГэВ/с на уровне 4.2σ .

На событиях упругого e^+e^- -рассеяния было показано, что в эксперименте КЕДР события с двумя релятивистскими частицами в конечном состоянии при помощи системы счетчиков АШИФ можно подавить более чем в 1000 раз.

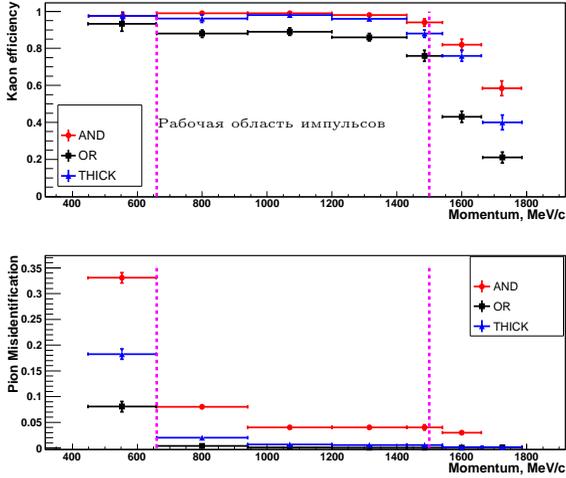


Рис. 12. Эффективность регистрации каонов (вверху) и вероятность ложной идентификации пионов (внизу) в зависимости от импульса частицы для трех вариантов включения счетчиков двухслойной системы АШИФ детектора КЕДР. Для схемы включения по «И» и «ИЛИ» порог составляет 0.5 фотоэлектрона, для «Толстого счетчика» – 2 фотоэлектрона. (Получено на космических мюонах, соответствующей скорости).

В заключении приведены основные научные результаты, полученные в рамках диссертационного исследования:

1. 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.

– Эффективность регистрации мюонов с импульсом $P > 1$ ГэВ/с равна $[1 - (2 \pm 1) \cdot 10^{-4}]$.

– Степень разделения π - и K -мезонов с импульсом 1.2 ГэВ/с равна 4.3σ , что сравнимо с достоверностью идентификации частиц в системе DIRC детектора ВаВаг в этой области импульсов, и существенно лучше, чем в аэрогелевых счетчиках детектора Belle и во времяпролетной системе детектора BES-III.

2. На протяжении 14 лет проведено измерение временной стабильности счетчика 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.

3. Исследованы причины уменьшения амплитуды сигнала для 40 счетчиков, проработавших в детекторе КЕДР 7 лет. 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.

4. Впервые измерена зависимость длины поглощения света в аэрогеле от времени после адсорбции воды.

– Длина поглощения выходит на новый постоянный уровень. Этот уровень не зависит от количества поглощенной воды, если ее массовая доля больше 0.2%.

– Для разных партий аэрогеля этот уровень разный.

– Характерные времена уменьшения длины поглощения для разных партий аэрогеля находятся в интервале от 5 до 100 суток.

– Моделирование методом Монте-Карло уменьшения коэффициента светосбора в счетчике за счет изменения длины поглощения хорошо согласуется с результатами измерений.

Основные результаты диссертации содержатся в следующих публикациях:

1. Анашин В. В., ..., Барняков А. Ю. и др. Детектор КЕДР // Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2013. Т. 44, No 4. С. 1264-1345.
2. Barnyakov A. Yu., Barnyakov M. Yu., Bobrovnikov V. S. et al. Test of aerogel counters for the KEDR detector // Nucl. Instr. and Meth. 2002. Vol. A478, no. 1-2. P. 353-356.
3. Barnyakov A. Yu., Barnyakov M. Yu., Bobrovnikov V. S. et al. ASHIPH counters for the KEDR detector // Nucl. Instr. and Meth. 2002. Vol. A494, no. 1-3. P. 424-429.
4. Barnyakov A. Y., Barnyakov M. Y., Bobrovnikov V. S. et al. Threshold aerogel Cherenkov counters of the KEDR detector // Journal of Instr. 2014. Vol. 9, no. 09. P. C09005.
5. Barnyakov A. Yu., Barnyakov M. Yu., Bähr J. et al. Development of aerogel Cherenkov detectors at Novosibirsk // Nucl. Instr. and Meth. 2005. Vol. A553, no. 1-2. P. 125-129.
6. Barnyakov A. Yu., Barnyakov M. Yu., Barutkin V. V. et al. Influence of water on optical parameters of aerogel // Nucl. Instr. and Meth. 2009. Vol. A598, no. 1. P. 166-168.
7. Barnyakov A. Yu., Barnyakov M. Yu., Bobrovnikov V. S. et al. Operation and performance of the ASHIPH counters at the KEDR detector // To be publish in Nucl. Instr. and Meth. Vol. A. Frontier Detector for Frontier Physics, 13th Pisa Meeting on Advanced Detectors, La Biodola, Isola d'Elba (Italy), May 24-30, 2015.

БАРНЯКОВ Александр Юрьевич

**Измерение основных параметров системы
черенковских счетчиков АШИФ детектора КЕДР**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата физико-математических наук

Сдано в набор 22.10.2015 г.

Подписано к печати 22.10.2015 г.

Формат 60×90 1/16 Объём 1,0 печ.л., 0,8 уч.-изд.л.

Тираж 100 экз. Бесплатно. Заказ № 21

Обработано на IBM PC и отпечатано
на ротапинтере ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН,
Новосибирск, 630090, пр. академика Лаврентьева, 11.