



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

На правах рукописи
97 – 14

Дацко Виктор Сергеевич¹

**СВЕТОВОДЫ – СМЕСТИТЕЛИ СПЕКТРА
И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ДЕТЕКТОРАХ
ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ**

01.04.23 - физика высоких энергий

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

¹ Email: datsko@mx.ihep.su

Протвино 1997

Работа выполнена в Институте физики высоких энергий (г.Протвино).

Научный руководитель – доктор физико-математических наук В.И.Рыкалин.

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук В.И. Крышкин,
кандидат физико-математических наук В.И. Южаков. .

Ведущая организация – Московский инженерно-физический институт.

Защита диссертации состоится “_____” _____ 1997 г. в _____ часов на заседании диссертационного совета Д 034.02.01 при Институте физики высоких энергий по адресу: 142284, Протвино Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИФВЭ.

Автореферат разослан “_____” _____ 1997 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 034.02.01

Ю.Г.Рябов

Общая характеристика работы

Актуальность темы

Счётчики полного поглощения (СПП) или калориметры элементарных частиц (АК – адронные калориметры, ЭМК – электромагнитные калориметры) становятся неотъемлемой принадлежностью экспериментальных установок в физике высоких энергий. Их роль особенно возрастает для ускорителей нового поколения с их высокими – (1 - 10 ТэВ) энергиями и беспрецедентными интенсивностями (светимости проектирующихся машин $\sim 10^{33} - 10^{34} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$), поскольку при таких энергиях энергетическое разрешение калориметров становится достаточным для большинства физических задач, а, кроме того, благодаря высокому (до ~ 10 нс) быстродействию калориметров. В таких условиях это наиболее надёжно работающий прибор.

Среди многих возможных конструкций СПП наиболее массовой является гетерогенная конструкция типа “сэндвич”, металл-сцинтиллятор. В этой конструкции пластины металла перемежаются с пластинами пластического сцинтиллятора такой же, как у металла, площади. Количество таких пар металл-сцинтиллятор и их размеры зависят от типа СПП (адронный или электромагнитный) и от требуемых параметров прибора так же, как и толщина металла и сцинтиллятора. Светосбор со сцинтилляционных пластин осуществляется с помощью световодов-сместителей спектра (ССС) в виде пластин, пристыкованных к боковым сторонам отдельных модулей, либо волоконных ССС, пронизывающих модули насквозь.

К началу работ по теме промышленность не изготавливала ССС, а математическая модель, описывающая работу ССС, была неадекватна их поведению. В области, прилегающей к ССС (до 5 см для адронных), калориметры имеют нелинейный отклик на влетевшую частицу (“горячие пятна”), существовавшие конструкции электромагнитных модулей обладали значительными “мертвыми зонами” (до 15 % от размера модуля), что затрудняло их применение.

Цель диссертационной работы состояла в следующем:

1. Разработать математическую модель ССС.
2. Разработать технологию и создать аппаратуру для изготовления ССС.
3. Разработать методику и создать аппаратуру для измерения характеристик ССС.

4. Разработать простую конструкцию модуля СПП для испытания ССС в реальных условиях эксперимента и замены модулей ЭМК из свинцового стекла в условиях высоких загрузок.
5. Создать СПП для испытания различных модификаций ССС и вариантов СПП.
6. Создать математическое обеспечение для обработки данных, получаемых от СПП.
7. Разработать методы борьбы с "горячими пятнами - hot spots" в СПП.

Научная новизна работы

Созданы первые отечественные, вошедшие в практику эксперимента, световоды-смесители спектра. Создана научно-техническая база, позволившая обеспечить потребности ИФВЭ в ССС (примерно за десятилетие создано $\sim 10^4$ СССПТ).

Впервые решена задача правильного описания быстрого роста кривой затухания света в световодах. Задача решалась численно с помощью разработанного для этой цели программно-математического обеспечения (ПМО — программа TRNSPR регистрационный номер №960168) и проверялась экспериментально, на стенде.

Разработана базовая конструкция модуля электромагнитного СПП с отсутствием "мертвых зон".

Создано программно-математическое обеспечение для обработки данных стенда для испытания СПП и ССС (программа VIRASYM, регистрационный номер №960579).

Разработана методика борьбы с "горячими пятнами - hot spots" в СПП подавлением черенковского излучения, возникающего в ССС. Эта задача впервые решена использованием светофильтрующей плёнки на поверхности световода.

Впервые для подавления черенковского излучения, возникающего в ССС, использовалось различие во временах высвечивания сцинтилляторов и ССС.

Практическая ценность работы

Изготовлено к 1995 году около 10 тыс. ССС, из них около 7 тыс. использовано в различных экспериментах.

Алгоритмы программы TRNSPR могут быть использованы для определения физико-химических свойств материалов.

Создана общедоступная библиотека программ INEPLIB с программами цифровой фильтрации, условной и безусловной минимизации и т.д., всего около 70 модулей.

Введены в практику и ныне широко используются люминофоры жёлто-зелёного свечения – кумарины.

Разработана технология и подготовлена документация к производству электромагнитных калориметров в ИФВЭ. Изготовлены в ОЭП опытные партии калориметров: 25 модулей размером 38 x 38 x ~ 700 мм³ и 25 модулей размером 100 x 100 x ~ 700 мм³ для испытательного стенда. (Чертежи 4747-00-00-00 и 4748-00-00-00.)

Апробация работы

Результаты диссертации опубликованы в работах [1]-[34] докладывались на сессии АН СССР 1986 г., [16], Всесоюзной Конференции “Органические люминофоры и их применение в народном хозяйстве”, Харьков, 1984 г., [13,14], II Всесоюзной конференции “Состояние и перспективы разработки и применения сцинтилляторов и сцинтилляционных материалов в XII пятилетке”, Харьков, 1986 г., [17,18], Международном симпозиуме “Исследования на координатных детекторах в физике высоких энергий”, Дубна, 1988 г., [4]. Зарегистрированы в государственном реестре программа TRNSPR с государственным регистрационным номером №960168 [33] для определения параметров люминесцирующих сред и программа VIRASYM с государственным регистрационным номером №960579 для испытания СПП и ССС. По материалам диссертации получены 9 авторских свидетельств [10], [21] - [28] и зарегистрировано 6 рационализаторских предложений². Ещё две заявки на изобретения рассматриваются ВНИИГПЭ по поводу выдачи патентов.

На защиту выносятся

1. Методы и аппаратура для изготовления световодов-смесителей спектра.
2. Методы и аппаратура для определения характеристик световодов-смесителей спектра.
3. Программа обработки данных СПП с разделением сильноперекрывающихся пиков с большой разницей в амплитудах.
4. Методы борьбы с собственным черенковским излучением световодов.
5. Расчёт кривой затухания света в протяжённых сцинтилляторах и световодах.
6. Метод изготовления светофильтров с использованием неорганических пигментов.

Структура и объём диссертации

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и приложения. Работа изложена на 172 страницах, включая 78 рисунков и список литературы, содержащий 377 работ.

Содержание работы

Во введении определяются цели и задачи исследования, проводившегося в ходе диссертационной работы, обосновывается актуальность решаемых в диссертации задач и приводится план расположения материала.

Первая глава носит обзорный характер. Первый её параграф посвящен рассмотрению прохождения света по световодам прямоугольного сечения и обсуждению основных характеристик ССС (коэффициент перехвата, длина поглощения, коэффициент адиабатических потерь), аналогичных представленным на рис.1 маркерами,

²№4064, №5008, №6041, №7060, №7087, №7088

обозначенными (1). Во втором параграфе описываются методы изготовления ССС с распределением люминофора и светофильтрующих красителей по объёму световода. В третьем параграфе приводятся методы нанесения плёнок на прозрачные подложки. В четвёртом параграфе рассматриваются характеристики СПП, влияние на эти характеристики ССС и метод борьбы с собственным черенковским излучением световода.

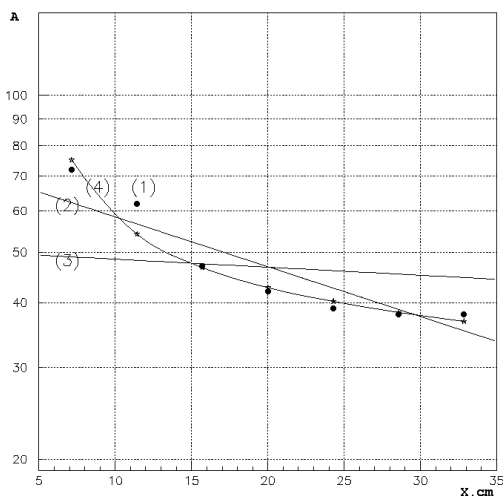


Рис. 1. Зависимость амплитуды от координаты точки возбуждения сигнала.

Вторая глава посвящена световодам-смещителям спектра поверхностного типа — СССПТ. В первом параграфе представлена программа TRNSPR, предназначенная для расчёта прохождения света в ССС. Показано, что выражение хорошо описывает поведение кривой (4) на рис.1, представляющей прохождение света по ССС прямоугольного сечения.

$$f_1(z) = \int_{200nm}^{600nm} f_{FMP}(\lambda) f_{emiss.}(\lambda) d\lambda \int_0^{\arcsin \frac{1}{n}} [K_1 + K_2 f_{Reilei}(\lambda, \vartheta)] \cdot e^{-\frac{z}{l_0(\lambda) \cdot \cos \vartheta}} \sin \vartheta d\vartheta \cdot \int_0^{\arcsin \frac{1}{n}} \rho_1^{N_x(\vartheta, \varphi)} \cdot \rho_2^{N_y(\vartheta, \varphi)} d\varphi. \quad (1)$$

Во втором параграфе описывается изготовление СССПТ методом окунания в толуольные растворы, приводятся характеристики использовавшихся для этого люминофоров (пиразолины), описываются: конструкция устройства для механизированной полировки торцов световодов и конструкция устройства для их изготовления. В третьем параграфе описывается изготовление СССПТ за счёт диффузии люминофора в поверхность полимерной матрицы, методы повышения эффективной прозрачности СССПТ, методы получения и характеристики поверхностных светофильтров (рис.2) на основе полимерной матрицы, схема фотометра для контроля концентрации люминофора, конструкции для изготовления СССПТ. В четвёртом параграфе рассмотрены установки для исследования характеристик СССПТ, в том

числе приставки к спектрофотометру для исследования спектральных зависимостей длины поглощения от длины волны распространяющегося по нему света.

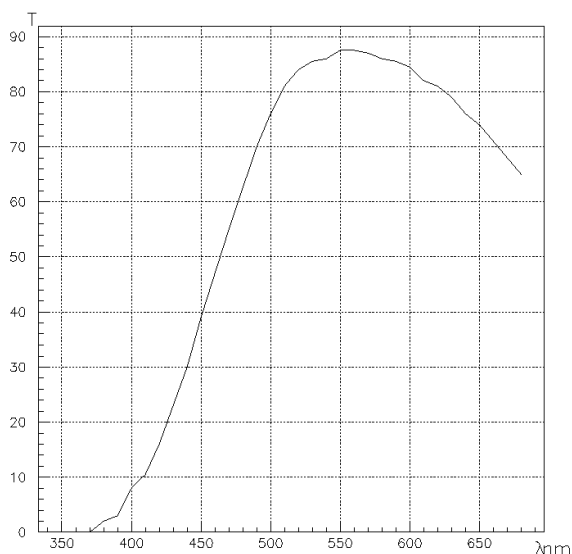


Рис. 2. Спектр пропускания светофильтра на основе $CuCl_2$.

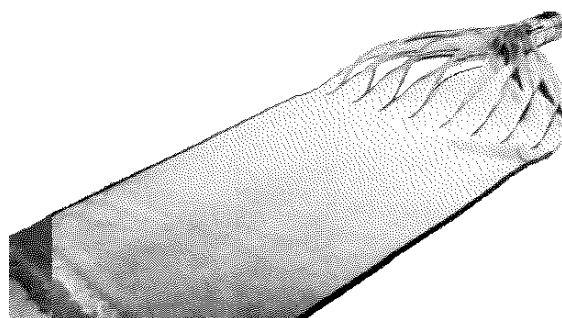


Рис. 3. Фотография СССПТ "ленточный".

В пятом параграфе приводятся сравнительные характеристики СССПТ, изготовленных различными методами (рис.3).

По материалам, изложенным во второй главе, зарегистрированы 6 изобретений и 6 рацпредложений.

В третьей главе описываются методы ослабления интенсивности собственного черенковского излучения в СССПТ. В первом параграфе приведена конструкция модуля электромагнитного СПП, во втором — программно-математическое обеспечение для обработки данных, полученных от исследовательского стенда с СПП. Для этого была написана программа VIRASYM, зарегистрированная в реестре под номером 960579, выделяющая информационные пики из шума и разделяющая сильно перекрывающиеся пики с большой разницей в амплитудах. В третьем параграфе описываются СССПТ с введением поглотителя черенковского излучения в объём световода, в четвёртом — с введением поглотителя черенковского излучения в поверхность полимерной матрицы.

Такие СССПТ на основе ПММА с поглотителем ультрафиолета при дополнительном подавлении плёночным светофильтром позволяют дополнительно улучшить разрешение в зоне горячего пятна в $1.1 \div 1.5$ (рис.4).

В пятом параграфе описывается метод временной дискриминации черенковского излучения.

На рис.5 показано двухкратное улучшение разрешения калориметра при дополнительной временной дискриминации черенковского сигнала.

По материалам, изложенным в третьей главе, зарегистрированы 2 изобретения.

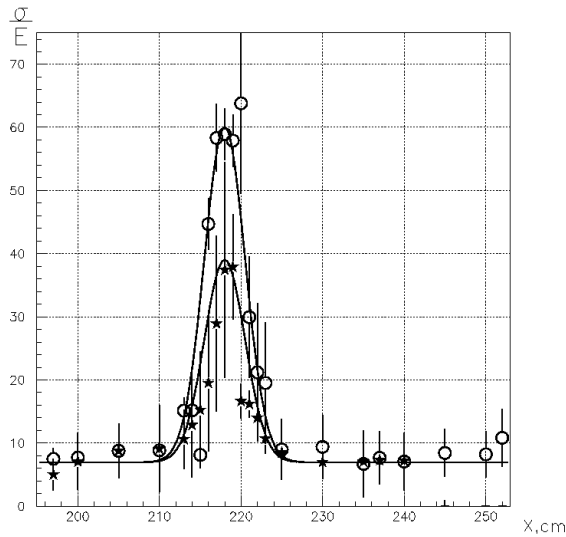


Рис. 4. Зависимость разрешения от координаты влетающей в электромагнитный модуль частицы при дополнительном подавлении плёночным светофильтром.

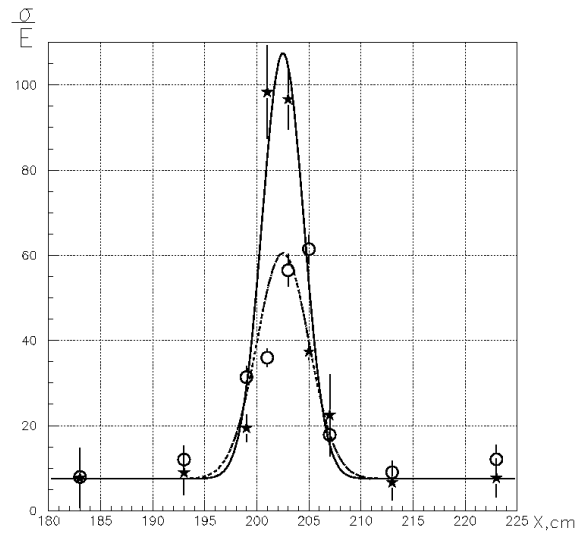


Рис. 5. Зависимость разрешения от координаты влетающей в электромагнитный модуль частицы при дополнительной временной дискриминации сигнала для электромагнитных модулей.

На рис.5 круги — не дискриминируемый канал, звёздочки — канал с дискриминацией, задержка $\tau = 13$ нс.

Четвёртая глава посвящена применению детекторов частиц со светосбором на основе СССПТ в физических исследованиях. В первом параграфе описываются характеристики детектора протонов отдачи с применением СССПТ. Приведена общая схема установки для исследования упругого K^-p - и π^-p -рассеяния (рис.6).

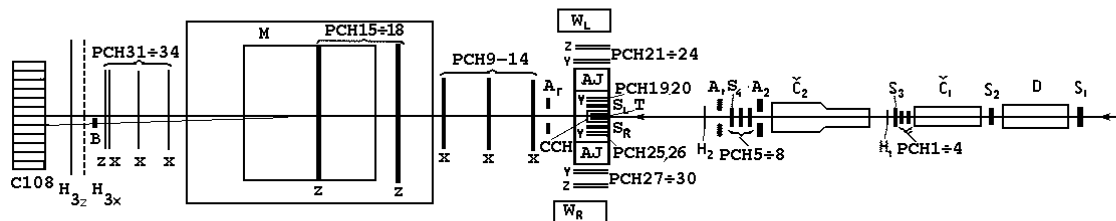


Рис. 6. Схема расположения аппаратуры в эксперименте СИГМА-АЯКС.

На рис.6 $S_1 - S_4$, A_1 , A_2 , A_7 , B — сцинтилляционные счетчики; H_1 , H_2 , H_{3x} , H_{3z} — сцинтилляционные годоскопы; \check{C}_1 , \check{C}_2 — пороговые черенковские счетчики; D — дифференциальный черенковский счетчик; $PCH1 \div 34$ — пропорциональные камеры;

Т — жидководородная мишень; S_R, S_L — сцинтилляционные запускающие счетчики; ССН — цилиндрическая камера; АЖ — цилиндрический сцинтилляционный спектрометр; W_L, W_R — плоские сцинтилляционные спектрометры; М — магнит.

Схема детектора протонов отдачи приведена на рис.7.

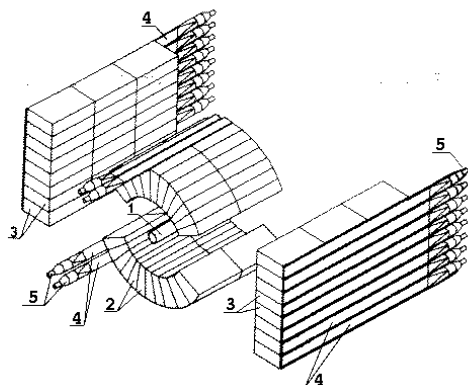


Рис. 7. Схематическое изображение цилиндрического сцинтилляционного спектрометра. 1 — жидководородная мишень, 2 — блоки сцинтилляторов цилиндрического спектрометра, 3 — блоки сцинтилляторов прямоугольных спектрометров, 4 — СССПТ, 5 — фотоумножители.

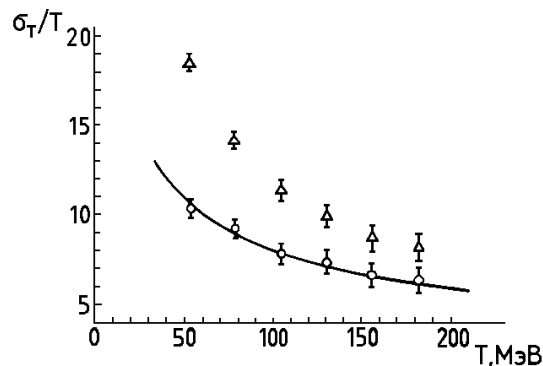


Рис. 8. Зависимость относительного энергетического разрешения плоских спектрометров от E_p : без компенсации — треугольники, с компенсацией — круги; кривая — результат аппроксимации.

Приведена зависимость энергетического разрешения спектрометра в диапазоне кинетических энергий протонов $50 \div 200$ МэВ: $\left(\frac{\sigma_t}{T}\right)^2 = \frac{.74^2}{T(\text{МэВ})} + .03$, (где T — кинетическая энергия протонов в МэВ), проиллюстрированная рис.8. Видно, что собственное энергетическое разрешение спектрометра изменяется от 10 до 6% при $E = 50 \div 200$ МэВ.

Во втором параграфе приводятся энергетическое и пространственное разрешения электромагнитных и адронных калориметров с использованием СССПТ с подавлением черенковского излучения.

По описанным технологиям было изготовлено значительное количество ССС. Как правило, это были СССПТ с распределением по объёму ПММА поглотителя УФ в виде пластификатора, используемого при производстве оргстекла. В этом случае можно достичь более высокой прозрачности ССС, что принципиально для АК, у которых длина модуля достигает 1.5 и более метров. Зависимость от собственного черенковского сигнала для АК заметно меньше, чем для ЭМК, что иллюстрирует табл.1 и рис.9 - 15.

Для электромагнитных СПП достаточно высокая прозрачность СССПТ позволяет изготавливать их более тонкими, например из оргстекла толщиной 1 мм,

что пропорционально уменьшает количество черенковского света, возникающего в самом СССПТ, по сравнению с ССС фирм Nuclear Enterprise или Vicron. Таким образом, обычно изготавливались ССС для АК толщиной 3 мм, а для ЭМК – 1 мм. Параметры детекторов, в которых применялись изготовленные для них СССПТ, сведены в таблицу.

Таблица. Точностные характеристики калориметров с СССПТ.

Калориметр	Энергия,	Энергетическое разрешение, %	Координатное разрешение, мм
	ГэВ		
№1	200	6.8	4 ÷ 14
	40	14.	4 ÷ 14
	38	11.	4 ÷ 14
	18.5	16.	4 ÷ 14
№2	40	10	~ 20
№3	37.5	14.5	~ 20
№4	40	12	~ 17
	37.5	13	

Общий вывод для АК состоит в том, что зависимость разрешения по энергии, основной характеристики калориметров, от расстояния до ССС выражена слабо и ею можно пренебречь (см. рис.9 – 15).

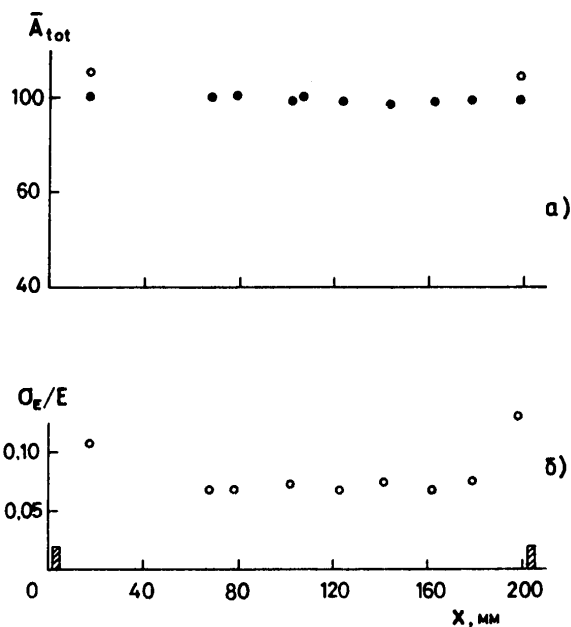


Рис. 9. (а) Зависимость амплитуды адронного пика от точки входа в 20 x 20 см² модуль (в относительных единицах). Светлые точки – при отсутствии коррекции. Тёмные точки – после коррекции с использованием координатной информации (эта коррекция ведёт к значимым изменениям только на границе, вблизи ССС). x=0 здесь и ниже соответствует границе между модулями. (б) Зависимость энергетического разрешения МНС-200 от точки входа в 20x20 см² модуль.

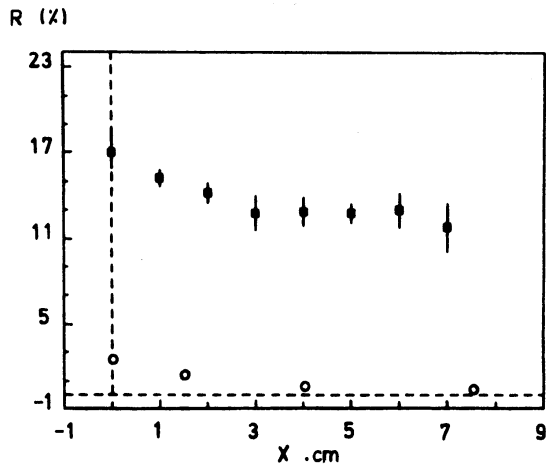


Рис. 10. Зависимость энергетического разрешения калориметра от координаты регистрируемой частицы.

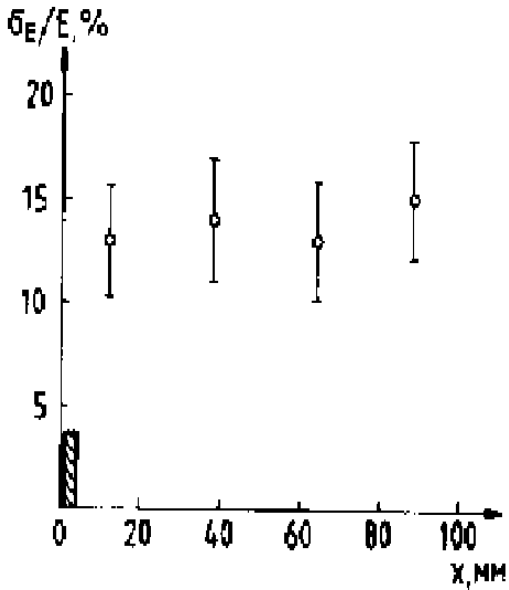


Рис. 12. Зависимость энергетического разрешения от координаты области попадания адронов со средней энергией $\langle E \rangle \approx 23$ ГэВ в счётчик калориметра. Поперечный размер счётчика разбит на области шириной 25 мм.

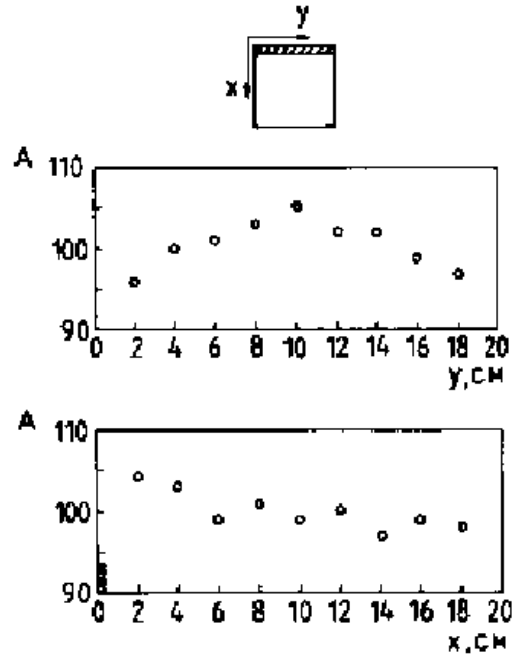


Рис. 11. Зависимость средней амплитуды мюонных импульсов от координаты области облучения счётчика калориметра. Заштрихованным прямоугольником показано положение ССС.

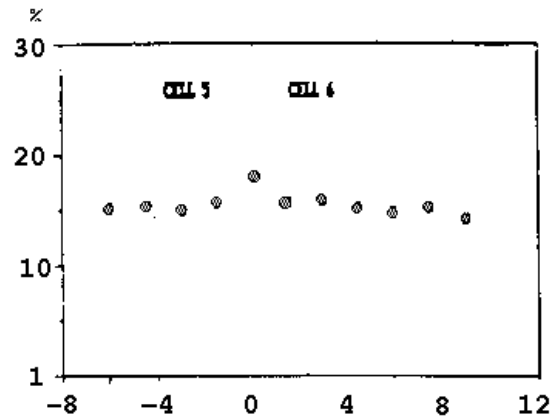


Рис. 13. Зависимость энергетического разрешения калориметра σ_E от точки попадания X_0 в модуль π^- с $E=37,5$ ГэВ.

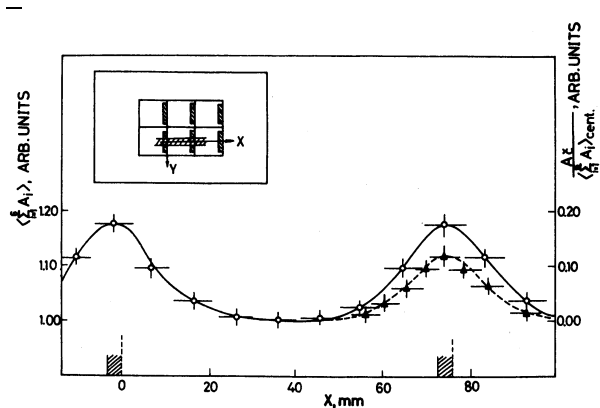


Рис. 14. Неоднородность отклика СППС. Представлены зависимости: светлые точки – суммарной амплитуды сборки $\langle \sum_{i=1}^6 A_i \rangle$, и темные точки – относительного вклада переизлучаемого черенковского света ССС в суммарную амплитуду от координаты X. Заштрихованы области, занимаемые ССС ($t=3$ мм).

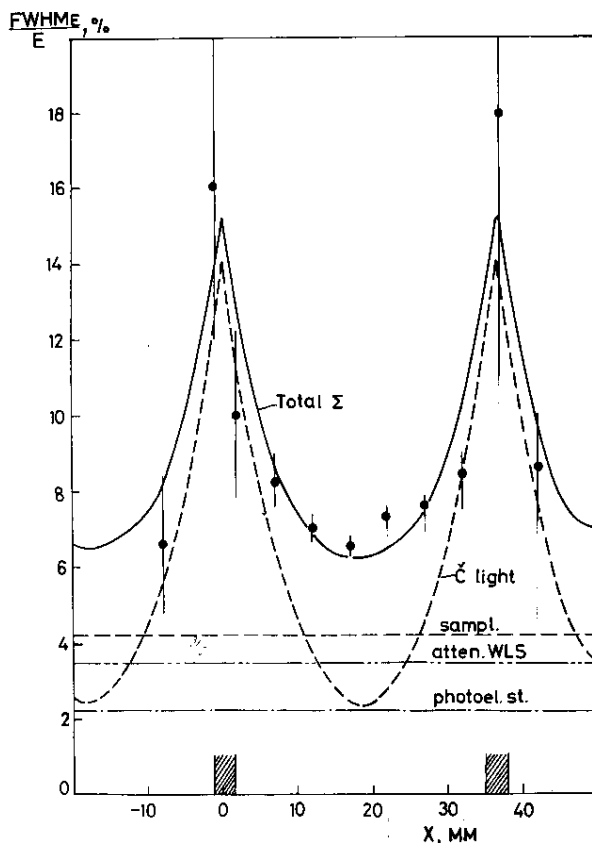


Рис. 15. Зависимость энергетического разрешения СППС от координаты X точки входа электронов ($E_e \approx 26$ ГэВ) в детектор. Представлены основные вклады в разрешение и их сумма, тёмные точки — экспериментальные результаты.

Так, в работах [11,12] (№4 в таблице, рис.10) было найдено ухудшение разрешения при переходе от центра модуля к краю на $5 \div 6\%$ в области ~ 2 см. В работе [7] (№2, рис.11 и 12) был сделан вывод о том, что разрешение практически не зависит от координаты попадания частицы. В работе [3] (№3, рис.13) в двухсантиметровой зоне около СССПТ амплитуда сигнала меняется на $\sim 6\%$, а

разрешение ухудшается на $\sim 25\%$. В работах [8,19] (№1, рис.9) наблюдался слабый рост амплитуды вблизи ССС ($\sim 5\%$), и в этой же зоне обнаружилось ухудшение разрешения примерно на четверть, что при поперечном размере модуля 200 мм практически не мешает работе.

Третий параграф посвящён радиационной стойкости СССПТ и компонент ССП. Найдены радиационно стойкие материалы, спектры пропускания которых показаны до и после облучения на рис.16,17.

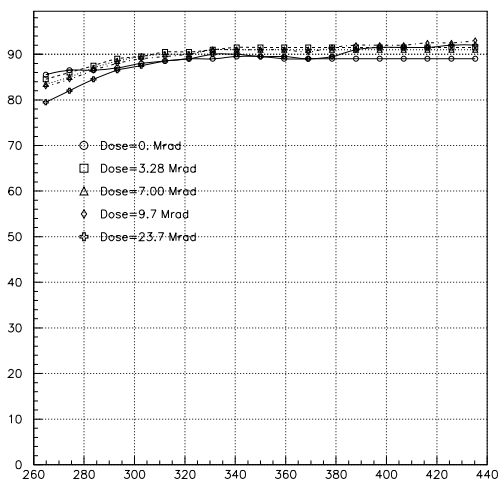


Рис. 16. Спектры пропускания MgF_2

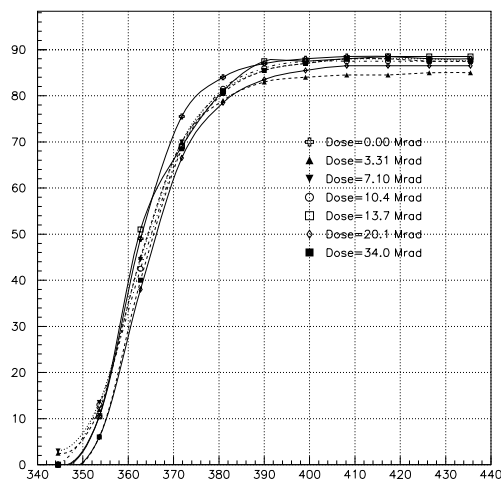


Рис. 17. Спектры пропускания окошек ФЭУ-115.

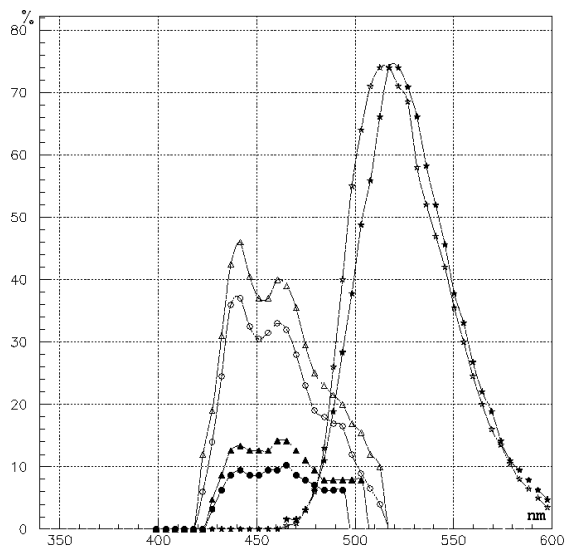


Рис. 18. Эмиссионные спектры сцинтилляторов (треугольники и круги) и СССПТ (звёздочки).

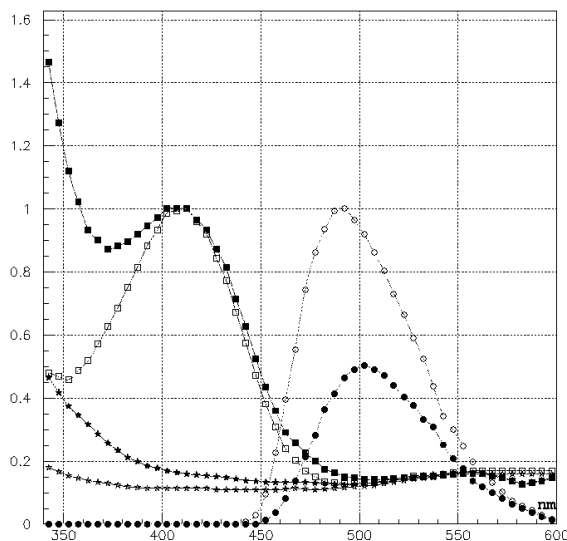


Рис. 19. Характеристики объёмного ССС.

Исследованы в полях излучений ССС и СССПТ. Эмиссионные спектры ССС (рис.19) и СССПТ (рис.18) показывают значительное превосходство СССПТ перед ССС (светлые маркеры — до облучения, темные — после). Радиационная стойкость СССПТ на основе ПММА оказывается по меньшей мере не хуже, чем ПС.

В **заключении** перечислены основные результаты работы, состоящие в следующем:

1. Разработана математическая модель ССС.
2. Создана и внедрена в практику методика изготовления СССПТ.
3. Предложены и исследованы методы подавления собственного черенковского света СССПТ.
4. Создано программное обеспечение для обработки информации с АК и ЭМК, позволяющее разделять сильноперекрывающиеся пики с большой разницей в амплитуде.
5. Разработана технология производства модулей СПП.
6. Намечены пути перехода к радиационно-стойким световодам и сцинтилляторам.
7. По тематике диссертации зарегистрированы 9 изобретений и 6 рационализаторских предложений, 2 заявки на изобретение находятся в стадии рассмотрения во ВНИИГПЭ.

Список литературы

- [1] Алди Д., ... Дацко В.С. и др. Измерение разрешения комбинированного годоскопического калориметра при энергиях 18 и 38 ГэВ. Препринт ИФВЭ 87-130, 1987; Geneva, preprint CERN/EP 87-160. // NIM, 1988, v268A, №1, p112.
- [2] Алди Д., ... Дацко В.С., и др. Идентификация частиц в комбинированном годоскопическом калориметре. Препринт ИФВЭ, 88 - 182, Протвино, 1988; // NIM, 1989, v276A, №1; Geneva, preprint CERN/EP 88-162.
- [3] Алеев А.Н., Дацко В.С., и др. Характеристики адронного калориметра установки "Меченые нейтрино". // ПТЭ, №5, 1990.
- [4] Акименко С.А., Белоусов В.И., Блик А.М., Дацко В.С. и др. Характеристики модуля электромагнитного калориметра со светосбором на основе спиралей из спектросмещающего волокна. Препринт ИФВЭ 87-132, 1982. Межд. симп. "Исслед. на коорд. детект. в физике выс. энергий". Дубна, 1988, с.270.
- [5] Акименко С.А., Белоусов В.И., Блик А.М., Дацко В.С. и др. Исследование макетов сцинтилляционных калориметров на УНК. Препринт ИФВЭ 88-106, Протвино, 1988.
- [6] Антипов Ю.М., Горин Ю.П., Дацко В.С. и др. Исследование секции большого цилиндрического сцинтилляционного спектрометра. Дубна, препринт ОИЯИ 13-82-763, 1982.
- [7] Антипов Ю.М., Дацко В.С. и др. Годоскопический адронный калориметр типа сэндвич (Fe-сцинтиллятор). Дубна, препринт ОИЯИ P13-89-830, 1989.
- [8] Бинон Ф., Брикман К., Буянов В.М., Дацко В.С. и др. Модульный адронный калориметр. Препринт ИФВЭ 86-109, Протвино, 1986; // NIM, A256, №3, p.444-448; Geneva, preprint CERN/EP 86-150, 1986.
- [9] Буянов В.М., Дацко В.С. и др. Модуль электромагнитного детектора ГЕПАРД-2000. Препринт ИФВЭ, 89-45, 1989.
- [10] Гагауз И.Б., Ген Н.С., Васильченко В.Г., Дацко В.С. и др. Координатно-чувствительный счётчик. А.С. СССР №1152377, 1983.
- [11] Гаврищук О.П., Дацко В.С. и др. Энергетическое и пространственное разрешение адронного калориметра типа сталь-сцинтиллятор с 15-см ячейкой. Дубна, препринт ОИЯИ P1-90-227, 1990.
- [12] Гаврищук О.П., Дацко В.С., Еремеев Р.В. и др. Влияние черенковского излучения в спектросмещающем световоде на характеристики адронного калориметра. Дубна, препринт ОИЯИ P1-90-295, 1990.

- [13] Дацко В.С. и др. Оптические характеристики сцинтилляторов и световодов - сместителей спектра. Тезисы докладов Всес. конф. "Орган. люмин. и их прим. в нар. хоз." - Харьков, 5-7 дек. 1984, с.51.
- [14] Дацко В.С. и др. Световоды - сместители спектра с подавлением черенковского излучения полимерной матрицей. Тезисы докладов Всес. Конф. "Орган. люмин. и их прим. в нар. хоз." 5-7 дек. Харьков, 1984, с.52.
- [15] Дацко В.С. и др. Апертурные счетчики спектрометра ГАМС. Протвино, Препринт ИФВЭ 85-35, Протвино, 1985. // ПТЭ, 1986, №3, с.70-72.
- [16] Дацко В.С. и др. Световоды - сместители спектра поверхностного типа для калориметров и сцинтилляционных счётчиков. Доклад на сессии отделения ядерной физики АН СССР, - Москва, 27 - 30 января 1986.
- [17] Дацко В.С. и др. Изучение потерь в световодах крупногабаритных сцинтилляционных счетчиков методом двойного люминесцентного преобразования и излучения. II Всес. конф. "Состояние и персп. разработ. и прим. сцинт. и сцинтилляционных материалов в XII пятилетке". - Харьков, 1986.
- [18] Дацко В.С. и др. Сравнительные характеристики световодов - сместителей спектра различных типов. II Всес. конф. "Состояние и персп. разработ. и прим. сцинт. и сцинтилляционных материалов в XII пятилетке". - Харьков, 1986.
- [19] Дацко В.С. и др. Исследование энергетического и пространственного разрешения модульного адронного калориметра при энергиях 18 и 38 ГэВ. Препринт ИФВЭ 87-85, Протвино, 1987.
- [20] Дацко В.С. и др. Электролюминесцентный детектор переходного излучения. - М., ФИАН, №312, 1987.
- [21] Дацко В.С. и др. Способ изготовления светофильтра. А.С. №1332251, 1985; БИ. №31, 1987, с.176.
- [22] Дацко В.С. Рыкалин В.И. Способ изготовления световодов - сместителей спектра. А.С. №1547539, 1987; БИ., №2, 1991, с.212.
- [23] Дацко В.С. и др. Способ изготовления поверхностных световодов-сместителей спектра на основе полиметилметакрилата. А.С. №1436665, 1987; БИ, №10, 1992, с.239.
- [24] Дацко В.С. и др. Калориметр с дискриминацией черенковского излучения. А.С. №1349525, 1987; БИ, №20, 1988, с.266.
- [25] Дацко В.С. Способ изготовления пластмассовых световодов - сместителей спектра и сцинтилляторов. А.С. №1660493, 1990; БИ, №4, 1994, с.188.

- [26] Дацко В.С. и др. Устройство для изготовления пластмассовых световодов-смесителей спектра и сцинтилляторов. А.С. №1671022, 1990; БИ., №4, 1994, с.188.
- [27] Дацко В.С. Способ измерения толщины переизлучающего слоя на поверхности световода-смесителя спектра. А.С. №1767959, 1991; БИ, №13, 1994, с.201.
- [28] Дацко В.С. и др. Световод - смеситель спектра для адронных и электромагнитных калориметров. А.С. №1215499, 1987; БИ, №10, 1987, с.297.
- [29] Дацко В.С. Фильтрация спектрометрических сигналов с помощью преобразования Фурье. Препринт ИФВЭ 93-7, Препринт, 1993.
- [30] Дацко В.С. Мотяков В.Б. Сообщение о библиотеке программ ИФВЭ. Препринт ИФВЭ 93-32, Препринт, 1993.
- [31] Дацко В.С., Мотяков В.Б., Садилов С.С. Сообщение о библиотеке программ ИФВЭ. Препринт ИФВЭ 94 - 113, Выпуск 2., Протвино, 1994.
- [32] Дацко В.С. Замечания по поводу методики тестирования радиационной стойкости элементов конструкции счетчиков полного поглощения (СПП). Препринт ИФВЭ 95-57, Протвино, 1995.
- [33] Дацко В.С., Дацко Н.А. Определение параметров люминесцирующих оптических материалов. Препринт ИФВЭ 95-131, Протвино, 1995.
- [34] Дацко В.С. К методике тестирования радиационной стойкости конструктивных элементов калориметров. // ПТЭ, 1996, №3, стр. 43.

Рукопись поступила 27 марта 1997 г.

В.С.Дацко

Световоды – сместители спектра и их применение в детекторах элементарных частиц.

Оригинал-макет подготовлен с помощью системы \LaTeX .

Редактор Н.В.Ежела

Технический редактор Н.В.Орлова

Подписано к печати 7.04.97 Формат $60 \times 84/8$. Офсетная печать.

Печ.л. 1,87. Уч.-изд.л. 1,44. Тираж 100. Заказ 966. Индекс 3649.

ЛР №020498 06.04.92.

ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий

142284, Протвино Московской обл.

Индекс 3649

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т 97-14, И Ф В Э, 1997
