

Г-521

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1-95-105

На правах рукописи
УДК 539.1.074+539.126.13

ГЛАГОЛЕВ

Владимир Викторович

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ КАЛОРИМЕТРИИ,
ИХ ПРИМЕНЕНИЕ
В ИССЛЕДОВАНИЯХ РАСПАДОВ K^+ -МЕЗОНОВ
И В ЭКСПЕРИМЕНТАХ
НА КОЛЛАЙДЕРАХ ТЭВ-НОГО ДИАПАЗОНА ЭНЕРГИЙ

Специальность: 01.04.16 — физика ядра
и элементарных частиц

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна 1995

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем
Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель:

кандидат технических наук

СЕМЕНОВ Алексей
Алексеевич

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук,
профессор

АКИМОВ Юрий
Константинович

доктор физико-математических наук

СЕЛИВАНОВ Владимир
Иванович

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Московский инженерно-физический институт, г. Москва.

Защита диссертации состоится "___" _____" 1995г.
в ___ часов на заседании Специализированного совета
Д-047.01.03 при Лаборатории ядерных проблем Объединенного
института ядерных исследований, г. Дубна Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан "21" _____ 1995 г.

Ученый секретарь Специализированного совета

доктор физико-математических наук

Ю.А. Батусов

Актуальность. Экспериментальное исследование процессов распада K^+ мезонов и, в частности, $K^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu$ распада с определением зависимости формфакторов от переданного четырехимпульса между K и π мезонами является актуальным, поскольку позволяет проверить основные положения стандартной модели электрослабого взаимодействия (например, $V - A$ структуру токов) и низкоэнергетической квантовой хромодинамики.

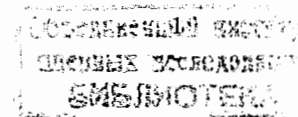
Проведение таких исследований на спектрометрическом комплексе ГИПЕРОН (ОИЯИ-ИФВЭ, Серпухов) было выполнено с использованием разработки, создания и введения в его состав системы безэлектродных широкозонарных дрейфовых камер и ряда методических разработок по улучшению координатного, двухливневого и энергетического разрешения годоскопического электромагнитного (э.м.) калориметра.

Не менее актуальным является развитие методов калориметрии в экспериментах на коллайдерах ТэВ-ного диапазона энергий. Создание детальной вычислительной модели центрального калориметра установки Solenoidal Detector Collaboration (SDC) для Монте-Карло расчетов позволило проводить исследование ряда проблем, связанных с калибровкой калориметров, 'настройкой' параметров программ быстрого моделирования, определением разрешения калориметра, отработкой алгоритмов восстановления и разделения ливней и изучения влияния различных геометрических особенностей на характеристики калориметра.

Актуальна также разработка метода проведения калибровки некомпенсированного центрального калориметра установки ATLAS на адронных струях, основанная на использовании "техники взвешивания", для получения линейной зависимости отклика калориметра от энергии.

Цель работы:

1. Повышение точности определения координат оси э.м. ливня в годоскопическом калориметре с крупным размером ячеек с помощью дрейфовых камер и конвертора. Создание и исследование характеристик безэлектродных широкозонарных дрейфовых камер для этой задачи.



2. Разработка метода восстановления координат и энергии э.м. ливня в калориметре для разных углов попадания e^\pm и γ - кванта в рамках задачи измерения формфактора K_{e3}^+ распада.
3. Создание программной модели центрального калориметра коллайдерной установки и проработка способов калибровки электромагнитной и адронной частей калориметра.
4. Отработка метода калибровки нескомпенсированного калориметра на адронных струях с помощью моделирования.

Научная новизна:

- впервые в экспериментах на ускорителе применена безэлектродная дрейфовая камера, что достигнуто благодаря оптимальному выбору материала для диэлектрических стенок камеры. Созданная система таких камер, в сочетании с остальными детекторами, позволила получить самое точное в мире значение параметра наклона векторного формфактора $\lambda_+ = 0.0284 \pm 0.0027 \pm 0.002$ в распадах $K^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu$;

- впервые система, состоящая из конвертора и безэлектродной дрейфовой камеры, применена для измерения координат ствола э.м. ливня, что позволило достигнуть рекордного значения разрешения $\sigma = 2$ мм (при $E_{e^+} = 3$ ГэВ и толщине конвертора $3 X_0$). В эксперименте, при исследовании процессов взаимодействия адронов различного кваркового состава с ядрами с образованием π^0, η мезонов, использование данной системы улучшило координатное разрешение э.м. калориметра в 3.5 раза;

- предложен новый метод калибровки адронных калориметров будущих коллайдерных экспериментов с помощью реакции $p + p \rightarrow Z^0(e^+e^-) + jet$.

Практическая ценность работы заключается в том, что:

- создана система безэлектродных широкоазорных дрейфовых камер, способных работать на ускорителях;

- успешно внедрена в состав экспериментальной установки ГИПЕРОН система безэлектродных широкоазорных дрейфовых камер, которая использована для исследования зависимости векторного формфактора от q^2 на основе анализа распадов $K^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu$;

- улучшено пространственное разрешение годоскопического э.м. калориметра установки ГИПЕРОН в 3.5 раза с помощью применения безэлектродных дрейфовых камер с конвертором при исследовании процессов взаимодействия адронов различного кваркового состава с ядрами с образованием π^0, η мезонов;

- создана детальная расчетная модель центральных калориметров для Монте-Карло расчетов, которая применена в полномасштабном комплексе программ моделирования установки SDC.

- предложен метод калибровки адронных калориметров коллайдерных установок с помощью реакции $p + p \rightarrow Z^0(e^+e^-) + jet$.

Автор защищает:

1. результаты создания и экспериментального исследования характеристик системы широкоазорных безэлектродных дрейфовых камер, а также применение этой системы в законченном исследовании зависимости векторного формфактора от квадрата переданного четырехимпульса q^2 на основе анализа распадов $K^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu$;
2. результат применения безэлектродных дрейфовых камер с конвертором перед годоскопическим э.м. калориметром, выразившийся в 3.5 кратном улучшении пространственного разрешения э.м. калориметра установки ГИПЕРОН;
3. разработку метода реконструкции энергий и координат попаданий γ и e^\pm в годоскопический э.м. калориметр при произвольных углах входа частиц;
4. создание детальной программной модели центрального калориметра установки Solenoidal Detector Collaboration (SDC) для Монте-Карло расчетов;
5. разработку метода калибровки центрального адронного калориметра установки SDC с помощью реакции $pp \rightarrow Z^0(e^+e^-) + jet$.

Апробация работы. Основные результаты диссертации докладывались на международных конференциях по физике высоких энергий (США, Беркли, 1986 г.; Германия, Мюнхен, 1988 г.) на международном симпозиуме по координатным детекторам (Дубна, 1987 г.), на

международном совещании коллаборации ATLAS (Дубна, 1994 г.), на научно-методических семинарах ЛЯП ОИЯИ, опубликованы в виде журнальных статей и изданий ОИЯИ.

Публикации. В диссертации обобщены результаты работ, выполненных автором в 1984-1994 гг. в ЛЯП ОИЯИ. Основные результаты работ изложены в 11 публикациях.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения, в котором приводятся основные выводы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана актуальность работы, сформулированы цели работы, отмечена ее новизна и практическая ценность, определены основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава диссертации содержит описание конструкции и полученных в опытах на пучке частиц основных характеристик безэлектродных широкоазорных дрейфовых камер [1,2,3], применявшихся при исследовании K_{e3}^+ распада, а также использование безэлектродных камер с конвертором для улучшения координатного разрешения э.м. калориметра.

Название 'безэлектродная' связано с тем, что в камере отсутствуют полеформирующие электроды; остаются только два основных электрода - анод в форме тонкой проволоочки в центре камеры и катод, размещенный на дальнем конце камеры (рис. 1). Стенки камеры выполнены из диэлектрика (обычно из стеклотекстолита), с наружной стороны они металлизированы и заземлены.

На анод подается положительное напряжение U_a , катод заземлен. В момент подачи напряжения силовые линии замыкаются через диэлектрик на внешний заземленный экран. Положительные ионы, возникающие в процессе газового усиления вблизи анода, дрейфуют вдоль силовых линий и оседают на поверхности диэлектрика. Вследствие накопления положительного заряда на поверхности стенок силовые линии деформируются, и в конце саморегулирующегося процесса накопления заряда они все будут направлены к катоду на дальнем конце

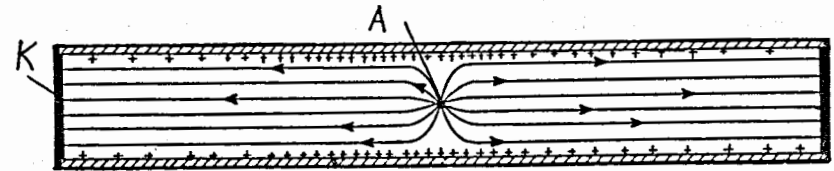


Рис. 1: Схема безэлектродной дрейфовой камеры в равновесном состоянии с накопленным зарядом на поверхности диэлектрика. А - анод, К - катод.

камеры (рис. 1). Таким образом в дрейфовой камере возникает 'идеальное' дрейфовое поле.

Подчеркнем, что ранее безэлектродные дрейфовые камеры использовали только при малой интенсивности излучения - от радиоактивных источников и космического излучения. Нами впервые освоено создание и применение безэлектродных дрейфовых камер для экспериментов на ускорителях [1], что достигнуто благодаря оптимальному выбору материала для диэлектрических стенок камеры (стеклотекстолиту с сопротивлением $\rho_V = (1.5 \pm 0.5) * 10^{14} \text{ Ом} * \text{м}$ и $\rho_S = (7.5 \pm 1.0) * 10^{13} \text{ Ом}$).

Исследованы характеристики безэлектродных широкоазорных дрейфовых камер (БШДК) в интенсивных потоках частиц и в условиях резко меняющихся нагрузок. Испытания четырех созданных БШДК с размерами $1 \times 1 \text{ м}^2$ каждая, на пучке показали: камеры обладают хорошим пространственным разрешением (0.2 - 0.4 мм), линейностью и работают с высокой эффективностью ($> 95\%$) вплоть до нагрузок $(3 - 4) \times 10^5$ частиц/с на проволочку.

Разработанные и испытанные БШДК со съемом информации с помощью параллельного АЦП и многостопового ВЦП применены в качестве координатного детектора, расположенного за конвертором для измерения координат оси ливня [4]. Отмечены преимущества данной системы. Тестовые измерения на пучке позитронов с энергией 3 ГэВ показали, что предложенный метод дает рекордное пространственное разрешение $\sigma = 2 \text{ мм}$ и позволяет разделять соседние ливни на расстоянии $\sim 30 \div 35 \text{ мм}$ [2,4].

Применение системы БШДК с активным конвертором перед э.м. калориметром установки ГИПЕРОН (рис. 2) в эксперименте позво-

лило повысить точность определения координаты попадания e^\pm, γ -квантов в 3.5 раза [5] (рис. 3).

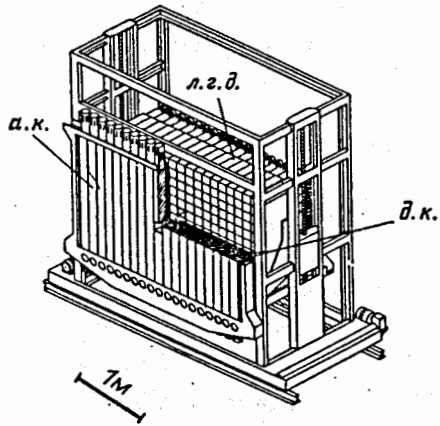


Рис.2: Электромагнитный калориметр установки ГИПЕРОН

Во второй главе описан метод восстановления координат и энергии э.м. ливня в годоскопическом калориметре при различных углах входа e^\pm и γ -квантов, а также приводятся результаты эксперимента по изучению распада $K^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu$, полученные с применением БШДК и данного метода.

Одним из главных инструментов для изучения K_{e3}^+ распада являлся широкоапертурный черенковский 227-канальный ливневый годоскопический детектор спектрометра ГИПЕРОН на основе свинцового стекла.

Для ливневых годоскопических детекторов (ЛГД) распределение энергии по блокам калориметра зависит не только от энергии и координаты частицы, но также и от угла входа частицы в калориметр.

Ранее использовался алгоритм восстановления координат и энергии в ЛГД без учета угла падения e^\pm, γ т.е. алгоритм, разработанный

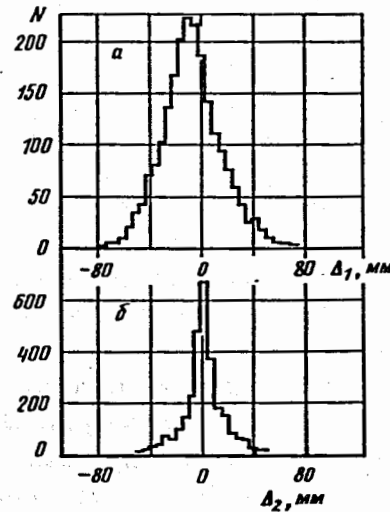


Рис.3: а) координатное разрешение э.м. калориметра, б) координатное разрешение БШДК с конвертером

для нормального угла входа э.м. ливней в калориметр.

Нами изучено распределение энерговыделения в блоках ЛГД из свинцового стекла ($10 \times 10 \times 35$ см³ каждый; $X_0 = 2.5$ см) в зависимости от координаты и угла входа позитронов с энергией 5 ГэВ, разработан алгоритм восстановления координаты осп э.м. ливня, вызванного позитроном с углом входа в диапазоне от 0° до 30° по отношению к нормали ЛГД [6].

Показано, что светосбор в блоках ЛГД сильно зависит от угла попадания позитронов, что приводит к систематическим ошибкам в реконструкции энергии частицы в том случае, когда не учитываются углы входа. Так, при углах входа 20° , систематические ошибки достигают $\approx 20\%$.

Проведенные методические исследования позволили ввести необходимые систематические поправки и исключить большие систематические ошибки, вызванные наклоном ствола ливня к нормали калориметра, при восстановлении координат и энергии частиц (рис. 4).

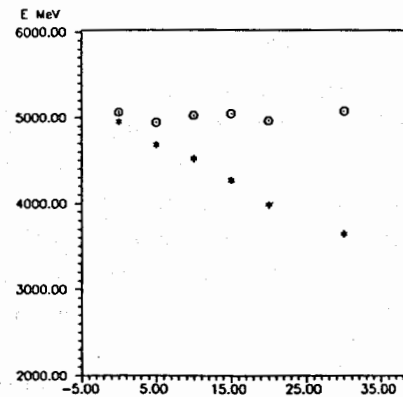


Рис. 4: Сумма энерговыделения в элементах ЛГД (звездочки) и реконструированная энергия ливня (кружки) в зависимости от угла попадания позитрона.

Во втором разделе второй главы приводятся описание и результаты эксперимента по изучению распада $K^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu$ [7], выполненного с применением БШДК и вышеуказанных методических работ.

$K^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu$ распад был исследован на спектрометре ГИПЕРОН. Установка находилась на Серпуховском ускорителе в несепарированном вторичном пучке положительно заряженных частиц с импульсами 5 - 15 ГэВ. Схема установки приведена на рис. 5.

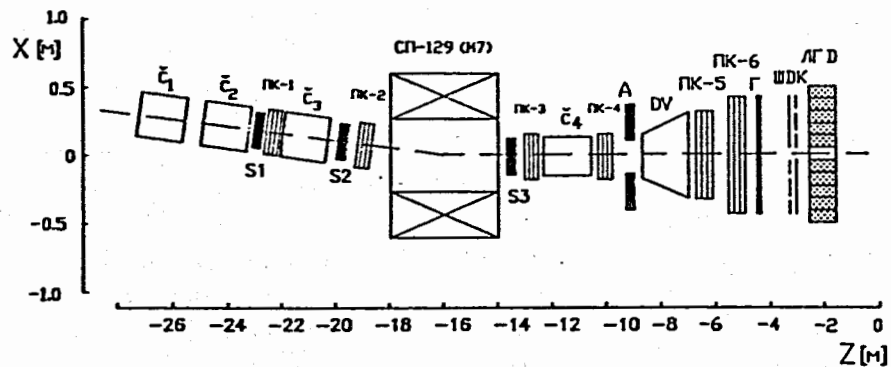


Рис. 5: Схема расположения аппаратуры при проведении эксперимента, где: $S_1 \div S_3$ - сцинтилляционные счетчики, $\check{C}_1 \div \check{C}_4$ - газопороговые черенковские счетчики, $PK_1 \div PK_6$ - пропорциональные камеры, Γ - годоскоп, $ШДК$ - широкоазорные дрейфовые камеры, ЛГД - годоскопический э.м. калориметр, DV - распадный объем, SP-129 - магнит пучкового спектрометра.

Для идентификации пучковых K^+ мезонов использовались газопороговые черенковские счетчики $\check{C}_1 - \check{C}_4$. Значения импульсов K^+ мезонов определялись с помощью пропорциональных камер $PK_1 - PK_4$. Пропорциональные камеры $PK_5 - PK_6$ и широкоазорные дрейфовые камеры использовались для реконструкции треков от заряженных продуктов распада K^+ мезонов. Энергии позитронов и γ - квантов определялись в черенковском годоскопическом детекторе полного поглощения.

Главным условием для выработки триггера являлась регистрация не менее трех ливней в черенковском годоскопическом детекторе полного поглощения (ЛГД) с энергией каждого ливня не менее 0.7 ГэВ. Примерно 10^6 событий было записано на магнитные ленты.

В следующем параграфе представлены критерии отбора K_{e3}^+ распадов при анализе записанных событий.

В рамках параметризации зависимости векторного форм-фактора f_+ от переданного четырехимпульса q^2

$$f_+(q^2) = f_+(0)(1 + \lambda_+ q^2/m_{\pi^0}^2) \quad (1)$$

параметр λ_+ получен модельно независимым образом при сравнении для каждой величины q^2 наблюдаемого числа событий с числом событий, полученным из Монте-Карло вычислений с постоянной величиной $f_+ = f_+(0)$ (рис. 6).

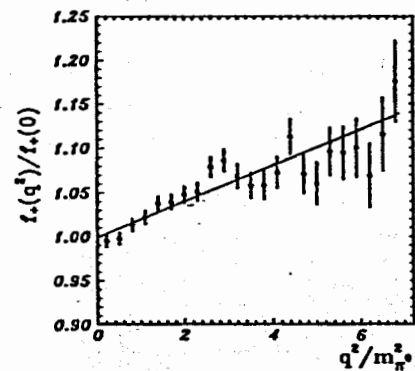


Рис. 6: Отношение $f_+(q^2)/f_+(0)$ для K_{l3}^+ моды распада. Показан результат линейного фита.

С помощью линейного фита (формула 1) получено наиболее точное в мире значение $\lambda_+ = 0.0284 \pm 0.0027$ ($\chi^2 = 27$ для 22 степеней свободы, $P(\chi^2) = 21\%$).

Третья глава диссертации посвящена разработке методов калибровки калориметров для установок на коллайдерах ТэВ-ного диапазона энергий.

Обсуждается ключевая роль калориметрии в проведении широкой программы исследования физических процессов, таких как: поиски Хиггса в Стандартной модели; поиск частиц в рамках Минимального Суперсимметричного расширения Стандартной модели; проверка Суперсимметрии с помощью процессов с недостающей поперечной энергией от не взаимодействующих стабильных Суперсимметричных частиц.

Энергетическое разрешение калориметра можно записать в виде:

$$\frac{\sigma_E}{E} = \frac{a}{\sqrt{E}} \oplus b \quad (2)$$

где: E - энергия налетающей частицы; a член - (сэмплинг член) возникает из-за флуктуаций в развитии ливня и сэмплинг флуктуаций; b член - (константный член) отвечает за различные неоднородности.

отклика калориметра, утечку части энергии за пределы детектора и за неточность калибровки.

Отмечено, что при энергиях частиц более 100 ГэВ для э.м. и более 400 ГэВ для адронного калориметров в энергетическом разрешении преобладает вклад от константного, а не от сэмпинг члена, как это было при низких энергиях. Отсюда вытекает необходимость проведения особо прецизионной калибровки калориметров, так как неточности калибровки наряду с утечками энергии и неоднородностями структуры калориметра определяют величину константного члена.

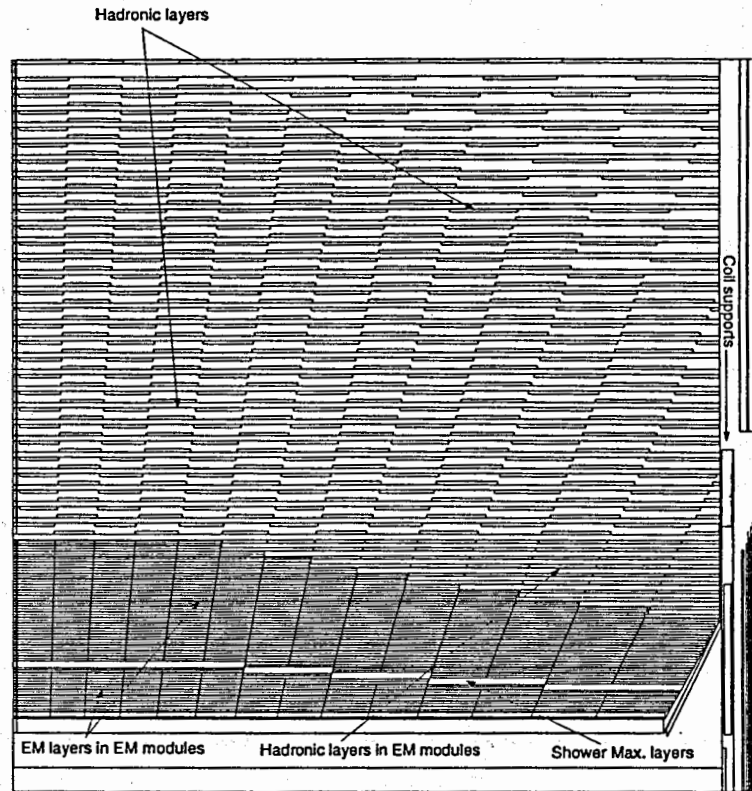


Рис. 7: Боковой срез barrel калориметра. Показаны э.м. и адронные слои а также слои shower max. детектора.

Для э.м. и адронного калориметров планируется проводить ком-

бинированные методы калибровки: калибровки, выполняемые перед сборкой калориметра для его отдельных модулей, а также калибровки модулей в составе калориметра.

В следующем разделе третьей главы содержится описание детальной расчетной модели калориметров Solenoidal Detector Collaboration (SDC) [8], которая используется при решении многих задач моделирования, для настройки параметров программ "быстрого моделирования", для изучения влияния различных геометрических особенностей на характеристики калориметра и для задачи калибровки калориметра.

Детальная структура barrel калориметров, воспроизведенная с помощью модели для Монте-Карло вычислений, показана на рис. 7. Модель позволяет получить величину энерговыделения с любых активных и пассивных элементов калориметров.

Исследована возможность калибровки центральных э.м. калориметров SDC в составе установки [9]. Предполагается, что калибровка будет сделана с помощью отдельных электронов от распадов $W \rightarrow e\nu$ и $Z \rightarrow e^+e^-$ и импульсы этих электронов будут измеряться трековой системой. Рождение W, Z бозонов в pp взаимодействиях при $\sqrt{S} = 40$ TeV разыграно с помощью программ PYTHIA и JETSET. Моделирование показывает, что такая калибровка потребует по крайней мере 1 неделю для области псевдобыстрот $|\eta| < 2.5$.

Предложен метод для калибровки адронного калориметра в составе установки SDC после калибровки э.м. калориметра [10]. При использовании реакций $pp \rightarrow Z^0(e^+e^-) + jet$ возможно восстановить импульс Z^0 (для моды $Z^0 \rightarrow e^+e^-$) в э.м. калориметре. Далее используется баланс поперечного импульса для определения импульса струи и калибровки адронного калориметра. Моделирование показывает, что такая калибровка может быть проведена на SDC за 2 месяца работы ускорителя.

В последнем разделе третьей главы рассмотрена проблема калибровки нескомпенсированных калориметров на адронных струях [11]. Расчетная калибровка калориметров установки ATLAS проведена с помощью полномасштабной программы моделирования для центральной области псевдобыстрот $\eta = 0.4 - 0.6$ (см. рис. 8). Банки одноструйных событий сгенерированы для энергий 20, 50, 100, 500 ГэВ и 1 ТэВ.

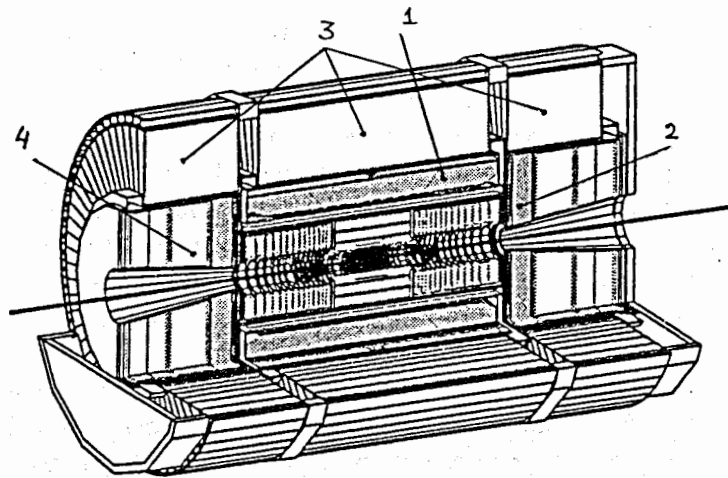


Рис. 8: Схема калориметров установки ATLAS
(1 – EM barrel, 2 – EM endcap, 3 – HA barrel, 4 – HA endcap)

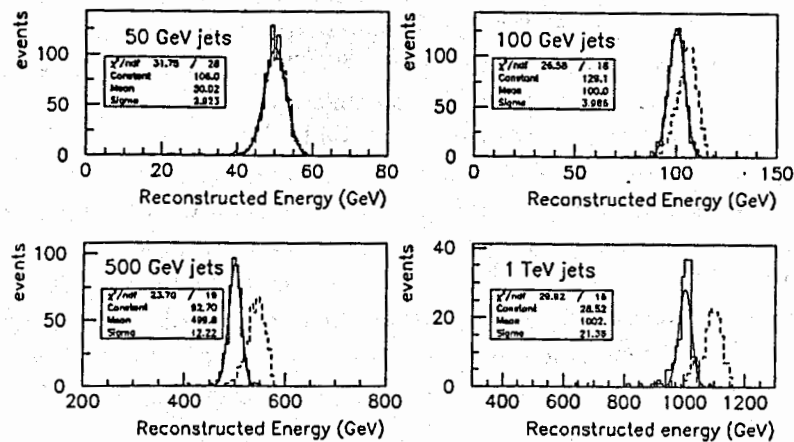


Рис. 9: Сравнение реконструированных энергетических спектров, полученных с применением стандартной калибровки (пунктирная гистограмма) и техники взвешивания (непрерывная гистограмма). Сплошная кривая показывает фит распределением Гаусса спектров, полученных техникой взвешивания

Применение стандартной калибровки с фиксированными коэффициентами, отражающими лишь соотношение между активным и пассивным веществом для различных частей калориметра, приводит к нелинейному отклику калориметра. Этот эффект проявляется из-за нескомпенсированной структуры калориметра. Для восстановления линейности характеристики калориметра и улучшения его энергетического разрешения нами была модернизирована и применена для калориметров установки ATLAS так называемая 'техника взвешивания' [11].

Процедура техники взвешивания предполагает использование некоторых параметров, которые обеспечивают правильное восстановление энергии с помощью искусственного подавления большого локального энерговыделения от э.м. компоненты адронного ливня.

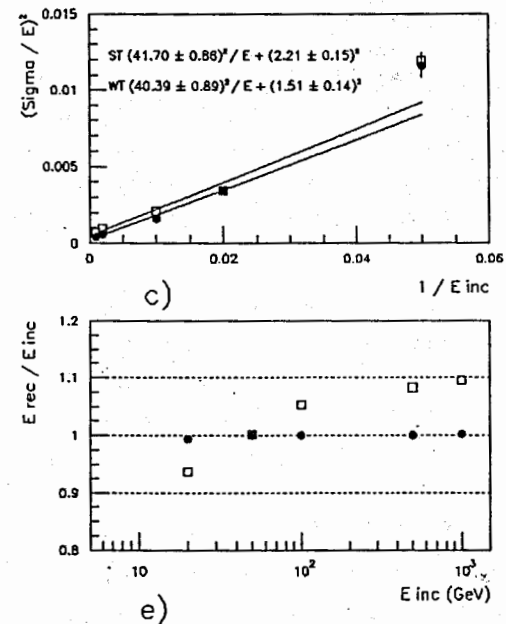


Рис. 10: Энергетическое разрешение и линейность калориметра для адронов; \square - стандартная калибровка при 50 ГэВ, \bullet - 'техника взвешивания'

Сравнение восстановленных в калориметре энергетических спектров, полученных путем стандартной калибровки и применением техники взвешивания показано на рис. 9. Для 50 ГэВ эти спектры практически совпадают, что обусловлено проведением стандартной калибровки именно при этом значении энергии.

На рис. 10 показаны линейность и энергетическое разрешение калориметра, откалиброванного стандартным образом и с помощью применения техники взвешивания.

По сравнению с методом стандартной калибровки техника взвешивания восстанавливает линейность отклика и улучшает константный член в энергетическом разрешении калориметра.

В заключении сформулированы основные результаты диссертации:

1. Разработана и создана система широкоазорных дрейфовых камер нового типа - безэлектродных ДК с размерами $1 \times 1 \text{ м}^2$, испытания которых на пучке показали: камеры обладают хорошим пространственным разрешением (0.2 - 0.4 мм), линейностью и работают с высокой эффективностью ($> 95\%$) вплоть до нагрузок $(3 - 4) \times 10^5$ частиц / с на проволочку.
2. Применена система безэлектродных широкоазорных дрейфовых камер в составе спектрометрического комплекса ГИПЕРОН, что позволило увеличить статистику восстановленных событий распада K_{es}^+ на 25% и получить самое точное в мире значение параметра наклона векторного формфактора $\lambda_+ = 0.0284 \pm 0.0027 \pm 0.0020$.
3. Достигнута рекордная точность 2 мм в определении координаты оси э.м. ливня системой 'конвертор - безэлектродные дрейфовые камеры' со съемом информации с помощью параллельного АЦП. Применение данной системы на установке ГИПЕРОН улучшило координатное разрешение э.м. калориметра с поперечными размерами $2 \times 1 \text{ м}^2$ в 3.5 раза.
4. Предложен и экспериментально реализован метод реконструкции энергии и координат попадания γ и e^\pm в годоскопический э.м. калориметр при произвольных углах входа частиц. Метод позволил устранить систематические ошибки при восстановлении координат и энергии ливня.
5. Впервые создана и применена для расчетной калибровки калориметра детальная вычислительная модель центрального калориметра Solenoidal Detector Collaboration (SDC) для Монте-Карло

расчетов на базе программы GEANT в рамках системы программ полномасштабного моделирования установки SDC. Модель позволяет провести 'настройку' параметров программ быстрого моделирования, определить разрешение калориметра, отработать алгоритмы восстановления и разделения ливней и изучить влияние различных геометрических особенностей на характеристики калориметра.

6. Предложен новый способ калибровки центрального адронного калориметра SDC в составе установки с помощью реакции $pp \rightarrow Z^0(e^+e^-) + jet$. Показано, что центральный адронный калориметр возможно откалибровать до необходимой точности (2 %) за двухмесячный срок. Такая калибровка может быть проведена во время основного набора данных на ускорителе.
7. Показано, что калибровка нескомпенсированного центрального калориметра установки ATLAS на адронных струях, основанная на использовании "техники взвешивания", позволяет добиться линейной зависимости отклика калориметра от энергии и уменьшить константный член в энергетическом разрешении в 1.5 раза.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. A.M.Artykov, Yu.A.Budagov, V.Hlinka, V.V.Glagolev, A.A.Omelyanenko, M.N.Omelyanenko, E.Kladiva, V.M.Korolev, P.Povinec, A.A.Semenov, S.V.Sergeev, B.Sitar, M.Seman, P.Yanik, A.B.Yordanov, J.Spalek. "How to use electrodeless drift chambers in experiments at accelerators" *Nucl.Instr. and Meth. A255, (1987) 493-500.*
2. A.M.Artykov, G.S.Bitsadze, Yu.A.Budagov, A.M.Blik, V.Hlinka, V.V.Glagolev, I.A.Minashvili, A.A.Omelyanenko, M.N.Omelyanenko, E.Kladiva, V.M.Korolev, P.Povinec, A.A.Semenov, S.V.Sergeev, B.Sitar, M.Seman, A.S.Solovyev, A.B.Yordanov, R.V.Tsenov, J.Spalek. "Recent advances in wide-gap drift chambers developing for the spectrometer HYPERON" *Acta Physica Slovaca vol. 36 (1986) no.4 p.255-265.*

3. А.М.Артыков, В.В.Глаголев, В.Глинка, Э.Кладива, Б.Ситар. "Параметры диэлектрика и формирование электрического поля в безэлектродных дрейфовых камерах" *Приборы и техника эксперимента*, 1989, 1, с.66-70
4. А.М.Artykov, G.S.Bitsadze, Yu.A.Budagov, A.M.Blik, V.Hlinka, V.V.Glagolev, I.A.Minashvili, A.A.Omelyanenko, E.Kladiva, V.M.Korolev, A.A.Semenov, S.V.Sergeev, B.Sitar, A.S.Solovyev, A.B.Yordanov, R.V.Tsenov, J.Spalek. "Improvement of Accuracy of Determining Electromagnetic Shower Position by a Wide-Gap Drift Chamber" *Nucl.Instr. and Meth. A251*, (1986) p.61-66.
5. Г.С.Бицадзе, Ю.А.Будагов, В.В.Глаголев, Ю.Ф.Ломакин, С.Н.Малюков, А.А.Омельяненко, Н.А.Русакевич, А.А.Семенов, Ю.Н.Харжеев, В.Глинка, П.Повинец, Б.Ситар, Э.Кладива, М.Семан, Й.Шпалек, А.Б.Йорданов, Л.Б.Литов, Р.В.Ценов, А.М.Артыков, В.М.Маниев, И.А.Минашвили, Р.Г.Салуквадзе, Д.И.Хубуа, А.Н.Захарченко. "Координатное разрешение годоскопического электромагнитного калориметра апертурой $2 m^2$ с активным конвертором и дрейфовыми камерами" *Приборы и техника эксперимента*, 1990, 2, с.70
6. G.S.Bitsadze, Yu.A.Budagov, V.V.Glagolev, Yu.F.Lomakin, L.K.Lytkin, S.N.Maljukov, A.A.Oleinik, N.A.Russakovich, N.L.Russakovich, S.V.Sergeev, G.V.Velev, A.G.Volodko, G.A.Chlachidze, D.I.Hubua, I.A.Minashvili, E.V.Aslanjan, A.B.Jordanov, L.Litov. "Reconstruction of the coordinate and energy of the electromagnetic shower in the lead-glass hodoscope calorimeter at different entrance angles of 5 GeV positrons" *Nucl.Instr. and Meth. A311*, (1992) p.472.
7. S.A.Akimenko, V.I.Belousov, G.S.Bitsadze, A.M.Blick, Yu.A.Budagov, I.E.Chirikov-Zorin, G.A.Chlachidze, Yu.I.Davydov, V.P.Dzhelepov, A.A.Feshchenko, V.B.Flyagin, V.V.Glagolev, V.Hlinka, D.I.Hubua, A.B.Jordanov, Yu.N.Kharzheev, E.Kladiva, V.N.Koloso, V.M.Kutin, L.B.Litov, Yu.F.Lomakin, L.K.Lytkin, S.N.Malyukov, V.M.Maniev, I.A.Minashvili, A.A.Oleynik, V.I.Romanovskiy, N.A.Russakovich, N.L.Russakovich, A.A.Semenov, S.V.Sergeev, B.Sitar, A.S.Soloviev, J.Spalek, R.V.Tsenov, G.V.Velev, V.B.Vinogradov,

A.G.Volodko. "Measurement of the $K \rightarrow \pi e \nu$ form factors" *Phys. Letters B 259* (1991) p. 225.

8. V.V.Glagolev, W.Li, D.Schmid, M.Turcotte. "The CP package in the SHELL Version 8 Environment: a highly detailed GEANT description of the SDC central calorimeters" *SDC-Note, SDC-93-565*
V.V.Glagolev, D.Schmid, J.Siegrist, M.Takashima, M.Turcotte, W.Li. "Detailed GEANT description of the SDC central calorimeters" *Сообщения ОИЯИ, E1-94-67*
9. V.V.Glagolev, D.Pantea, I.Chirikov-Zorin, S.Tokar, Yu.A.Budagov. "SDC electromagnetic calorimeter calibration using electrons from decays of W and Z bosons" *SDC-Note, SDC-93-562*
10. J.A.Budagov, V.V.Glagolev, W.Li, J.Siegrist. "Possibility of the central hadron calorimeter in situ calibration using $pp \rightarrow Z^0 + jet$ interactions" *SDC-Note, SDC-93-604*
J.A.Budagov, V.V.Glagolev, W.Li, J.Siegrist. "Possibility of the SDC central calorimeter in situ calibration using $p+p \rightarrow W(e\nu)+X$ and $p+p \rightarrow Z^0(e^+e^-)+jet$ interactions" *Сообщения ОИЯИ, E1-94-66*
11. A.Astvatsaturov, M.Bosman, J.Budagov, V.Glagolev "ATLAS calorimeters energy calibration for jets" *ATLAS Note TILECAL-No-46, Сообщения ОИЯИ E13-94-522*

Рукопись поступила в издательский отдел
15 марта 1995 года.