

50

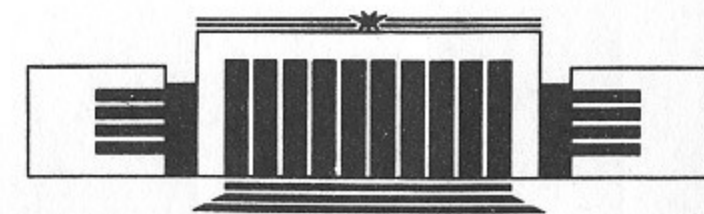


ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СО АН СССР

Ю.Н. Пестов, В.В. Примачек, А.Р. Фролов

КООРДИНАТНОЕ РАЗРЕШЕНИЕ ИСКРОВОГО
СЧЕТЧИКА С ЛОКАЛИЗОВАННЫМ РАЗРЯДОМ

ПРЕПРИНТ 90-72



НОВОСИБИРСК

Координатное разрешение искрового
счетчика с локализованным разрядом

Ю.Н. Пестов, В.В. Примачек, А.Р. Фролов

Институт ядерной физики
630090, Новосибирск 90, СССР

АННОТАЦИЯ

Описан эксперимент по измерению координатного разрешения искрового счетчика с локализованным разрядом на космических частицах. Разрешение вдоль сигнальных полосок счетчика составило 0.5 мм, в поперечном направлении 0.18—0.3 мм в зависимости от рабочего напряжения. Показано, что координатное и временное разрешение не зависят от угла наклона трека к счетчику в интервале 0—60° относительно вертикали.

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ
НОВОСИБИРСК

© Институт ядерной физики СО АН СССР

1. ВВЕДЕНИЕ

Искровые счетчики с локализованным разрядом обладают рекордным временным разрешением $\sigma_t = 25$ пс [1]. В работах [2—4] было показано, что они имеют координатное разрешение на уровне современных трековых детекторов. Однако детального изучения влияния состава газа, рабочего напряжения, угла входа частицы и других факторов на пространственную точность искровых счетчиков при регистрации релятивистских заряженных частиц не проводилось. Исследование этих факторов имеет практический интерес для определения области применимости счетчиков.

Актуальность этих измерений повышается в связи с предложениями об использовании искровых счетчиков с локализованным разрядом в новых физических экспериментах.

В ИЯФ СО АН СССР разрабатывается времяпролетная система для идентификации заряженных частиц на встречных пучках [1, 3]. Предлагаемый вариант системы состоит из двух цилиндрических слоев длинных искровых счетчиков, расположенных на расстоянии 1 м параллельно направлению встречных пучков. Высокое координатное разрешение искровых счетчиков, включенных в детектор в качестве времяпролетной системы, позволит определять продольную z -координату треков, измерение которой затруднено в дрейфовых камерах.

В работе [4] отмечалась другая возможность — использование искровых счетчиков с локализованным разрядом в электромагнитном сэмплинг-калориметре. Хорошее пространственное разрешение счетчиков позволит с высокой точностью определять точку и угол входа частиц в калориметр.

Для изучения пространственного разрешения искровых счетчи-

ков с локализованным разрядом была собрана башня, состоящая из пяти одинаковых счетчиков, и проведены измерения на космических частицах. Два крайних счетчика были включены на совпадения и служили для отбора частиц, прошедших через систему. На трех центральных счетчиках измерялись координаты трека частицы, по которым методом наименьших квадратов проводилась прямая. Затем вычислялись отклонения измеренных координат от проведенной прямой и определялось координатное разрешение искровых счетчиков в предположении их идентичности.

2. КОНСТРУКЦИЯ ИСКРОВЫХ СЧЕТЧИКОВ

В измерениях использовались счетчики с размером электродов $104 \times 104 \times 5$ мм (рис. 1). Анодом (1) служил высокоомный электрод, изготовленный из оксидного стекла, с удельным сопротивлением $1.8 \div 10 \cdot 10^9 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ и диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 10$. В качестве катода (2) использовалась пластина из оптического стекла с проводящим покрытием из нержавеющей стали.

Межэлектродный зазор величиной 0.1 мм задавался стеклянными штабиками, вклеенными в высокоомный электрод. На внешнюю по отношению к зазору сторону высокоомного электрода наклеивались с помощью проводящего клея восемь сигнальных медных полосок (3) шириной 10 мм и расстоянием между ними 2 мм. Точность изготовления и наклейки полосок была не хуже 100 мкм. Сверху на полоски накладывалась стеклянная пластина (4). Это позволяло избежать отклеивания полосок при откачке газа во время заполнения счетчиков и выровнять скорости распространения сигнала по полосковым линиям, образуемым катодом и проводящими полосками.

На рис. 2 показана сборка из пяти искровых счетчиков и центробежного насоса. Расстояние между счетчиками составляло $(18.5_{-0.1}^{+0.3})$ мм. Погрешность определялась точностью изготовления модулей и идентичностью герметизации зазоров между ними. После заполнения рабочей смесью сборка счетчиков отсоединялась от газовой системы наполнения. Центробежный насос обеспечивал в рабочем режиме постоянную циркуляцию газа со скоростью 1 м/с через искровые зазоры. Быстрая прокачка газа была необходима для увеличения времени жизни счетчиков.

Измерения проводились на трех газовых смесях (см. табл. 1)

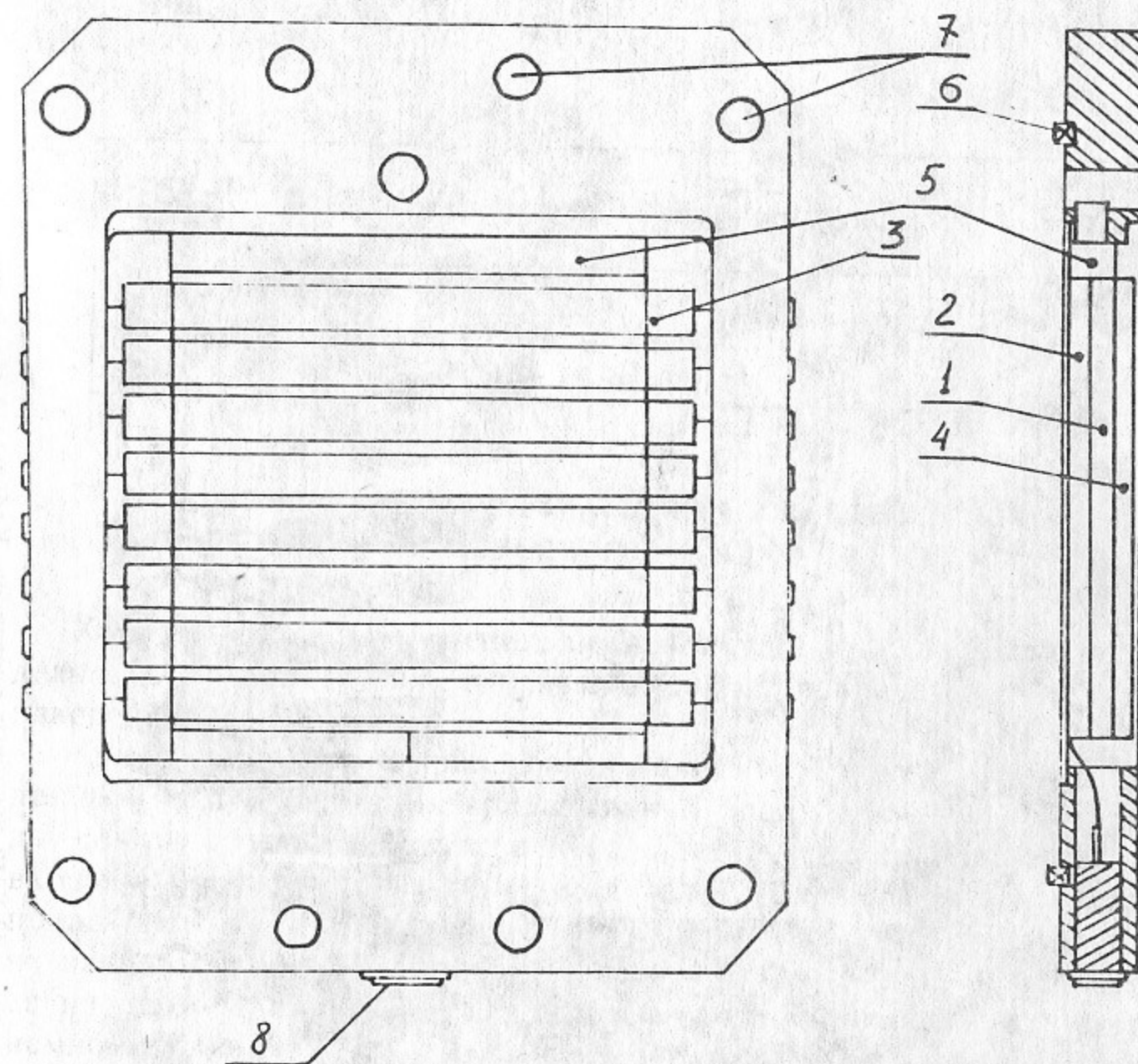


Рис. 1. Конструкция искрового счетчика с локализованным разрядом.

1—анод, 2—катод, 3—сигнальные полоски, 4—стеклянная пластина, 5—фильтр, 6—резиновое уплотнение, 7—отверстие для крепежных болтов, 8—высоковольтный разъем.

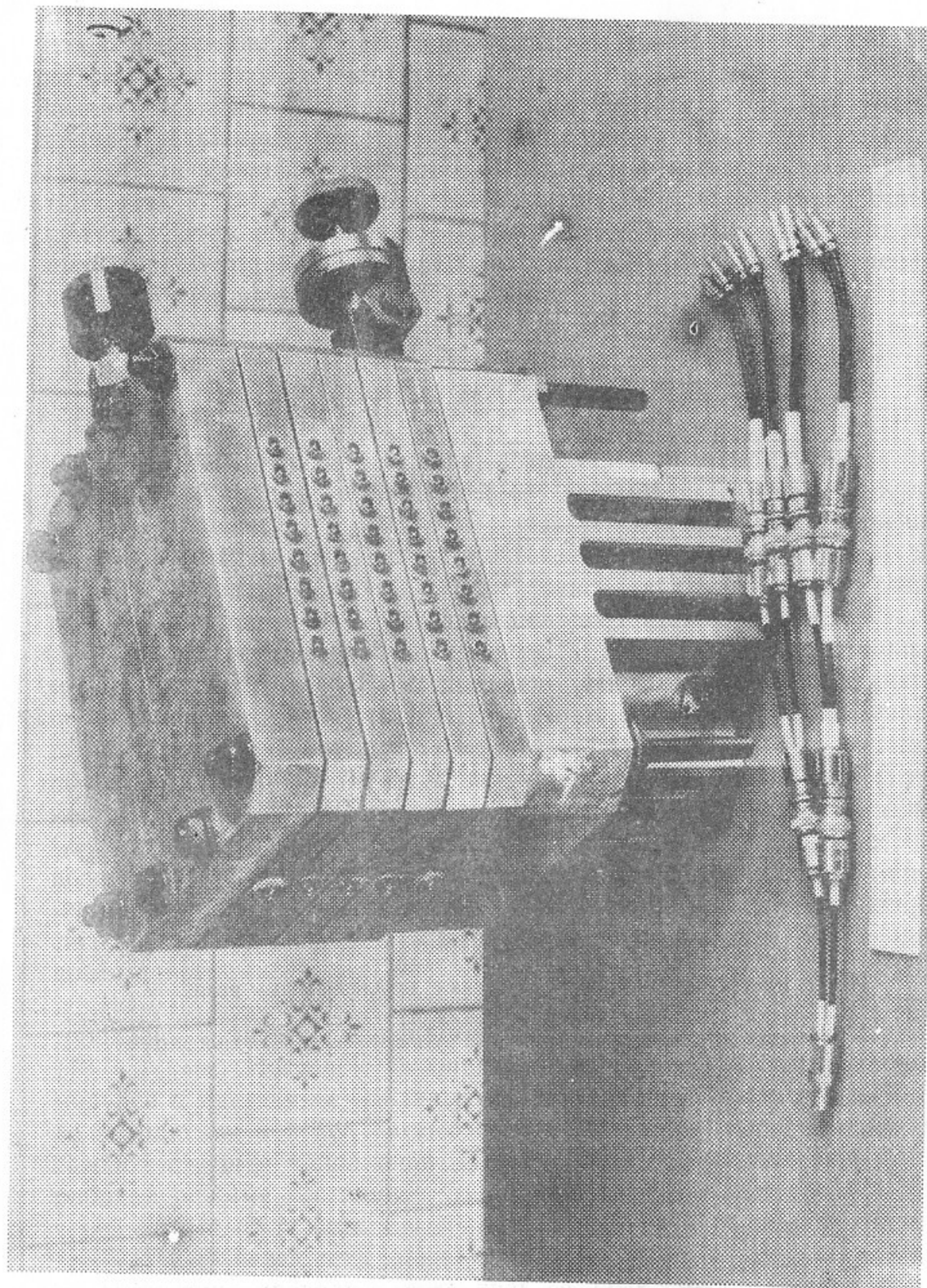


Рис. 2. Сборка из пяти искровых счетчиков. Кабельный сумматор.

при полном давлении 12 атм, которое обеспечивало эффективность искровых счетчиков на уровне 96% (цифры — парциальные давления газов в атм, Д — дивинил, Эт — этилен, Из — изобутан, Ар — аргон).

Таблица 1

Номер смеси	Газовый состав	Полное давление	Порог кВ
1	0.15 Д + 0.30 Эт + 1.2 Из + Ар	12	2.22
2	0.05 Д + 0.15 Эт + 1.6 Из + Ар	12	2.34
3	0.30 Д + 0.30 Эт + 2.4 Из + Ар	12	3.03

3. ИЗМЕРЕНИЕ КООРДИНАТЫ ПО РАСПРЕДЕЛЕНИЮ НАВЕДЕННОГО ЗАРЯДА

Координата в направлении, перпендикулярном полоскам, определялась по центру тяжести амплитудного распределения заряда, наведенного на полоски.

Схема электроники приведена на рис. 3,а. Триггером при сборе данных были совпадения срабатываний крайних счетчиков. Заряды с каждой полоски трех центральных счетчиков поступали на входы зарядо-чувствительных усилителей. Сигналы с усилителей подавались на 32-х канальный коммутатор сигналов (в измерениях использовалось 24 канала). Цикл измерения амплитуд начинался по приходу сигнала со схемы совпадений и происходил в автономном режиме. Сигналы с усилителей запоминались устройством выборки-хранения. После этого первая амплитуда подавалась на преобразователь А-Т. Затем время преобразовывалось в код с помощью 13-разрядного преобразователя ИВИ [5]. Параллельный код с ИВИ по передней панели передавался в блок быстрой памяти МЗУ, работающий в буферном режиме [6]. Синхронизация цикла измерений осуществлялась по сигналу с блока памяти о записи числа. Время опроса одного канала равнялось 7 мкс, из них 4 мкс — время оцифровки максимальной амплитуды. Цена деления шкалы измерителя была 0.1 пК, динамический диапазон 650 пК. Дифференциальная нелинейность каналов определялась в основном блоками оцифровки и составляла 1.5%, интегральная нелинейность была не хуже 0.05%.

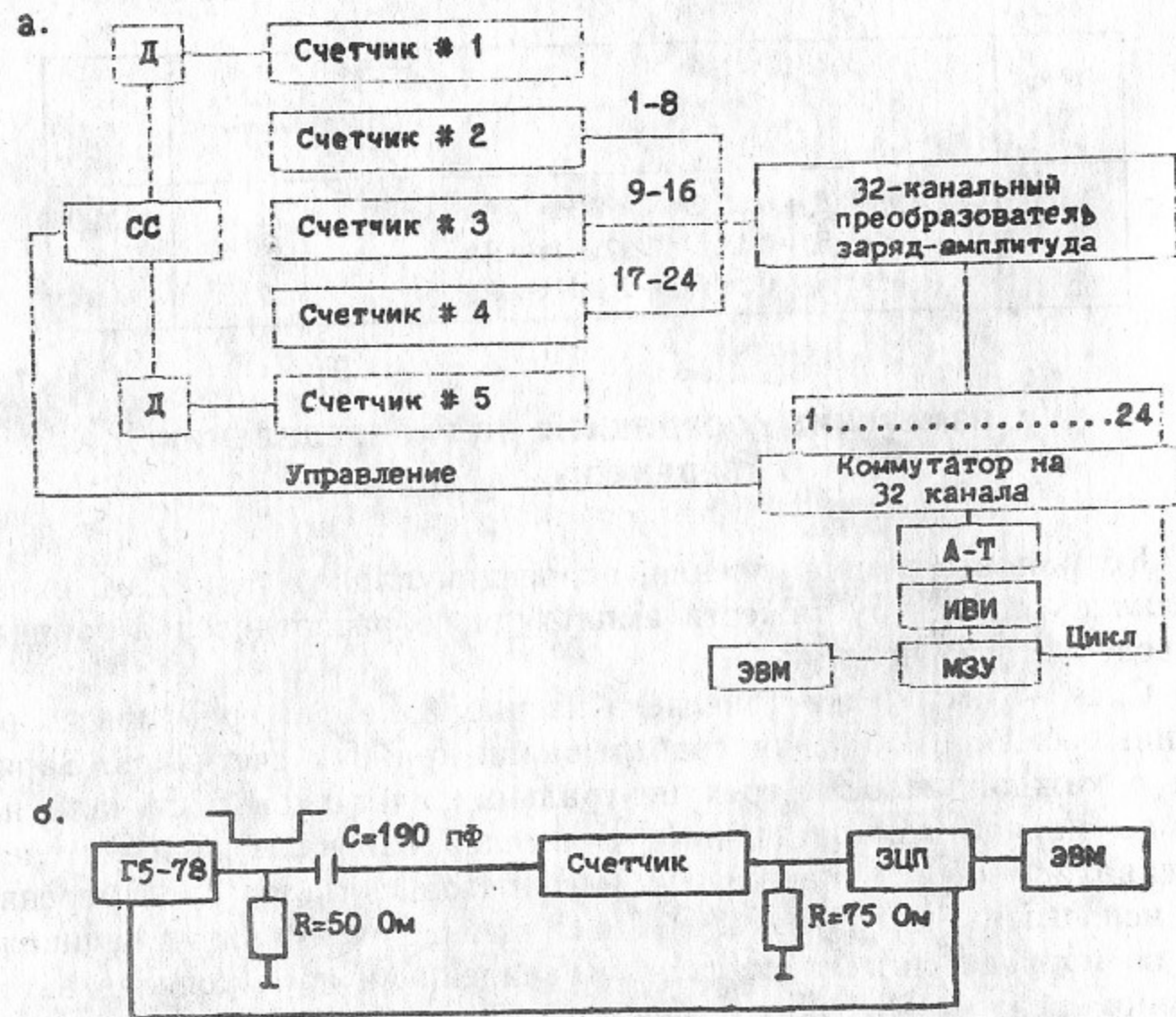


Рис. 3. Блок-схема электроники:

а — измерение координат по центру тяжести наведенного заряда, б — калибровка измерительных каналов. Обозначения: Д — дискриминатор, СС — схема совпадений, А-Т — преобразователь амплитуда-время, ИВИ — измеритель временных интервалов, МЗУ — блок быстрой памяти, Г5-78 — генератор сигналов, ЗЦП — один из каналов измерителя зарядов.

В режиме набора статистики происходила отбраковка событий с максимумом распределения заряда на крайних полосках, так как для определения центра тяжести в данной работе использовались три полоски: полоска с максимальной амплитудой и две боковых. На этом этапе не учитывалась небольшая разница в коэффициентах усиления каналов преобразователя заряд-цифра. При дальнейшей обработке событий в off-line эта отбраковка повторялась с точным учетом коэффициентов усиления.

Скорость набора отбракованных в on-line событий составила 0.1 — 0.2 Гц.

В табл. 2 приведены условия набора статистики: номера газовых смесей (табл. 1), рабочие перенапряжения и число событий для каждой точки по перенапряжению.

Таблица 2

Номер смеси	Рабочее перенапряжение U/U_0	Число событий
1	1.58; 1.69, 1.80, 1.91, 2.03	1000
2	1.71	1000
3	1.81, 1.98	1000

Измерения пьедесталов и коэффициентов усиления каналов ЗЦП, необходимых при обработке событий, проводились по схеме рис. 3,б. Импульс большой длительности с генератора подавался через емкость на один конец полоски счетчика. Величина емкости выбиралась такой, чтобы сигнал на входном сопротивлении измерителя зарядов (75 Ом) имел ту же длительность, что и сигнал со счетчика. Сигнал на измеритель брался с противоположного конца полоски.

Алгоритм обработки событий продемонстрирован ниже на примере анализа статистики, набранной при перенапряжении $U/U_0 = 1.91$ для газовой смеси № 1 (табл. 1).

В качестве первого приближения для координаты брался центр тяжести наведенного заряда, определяемый по трем полоскам — полоске с максимальной амплитудой и двум боковым:

$$Y_c = \frac{\sum q_i y_i}{\sum q_i} \quad (1)$$

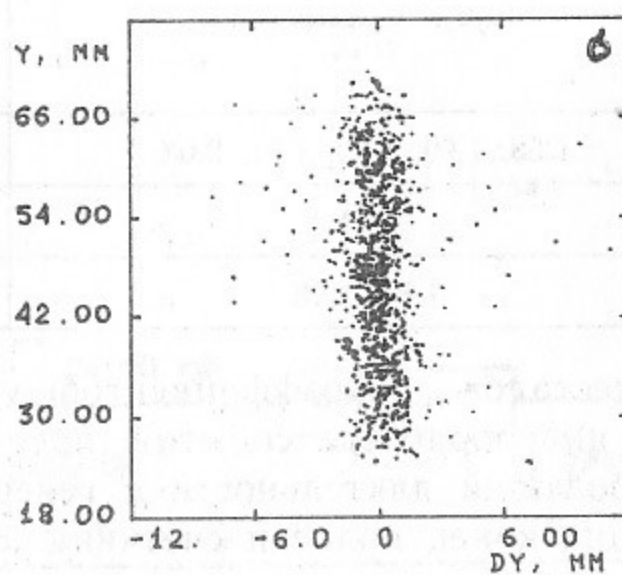
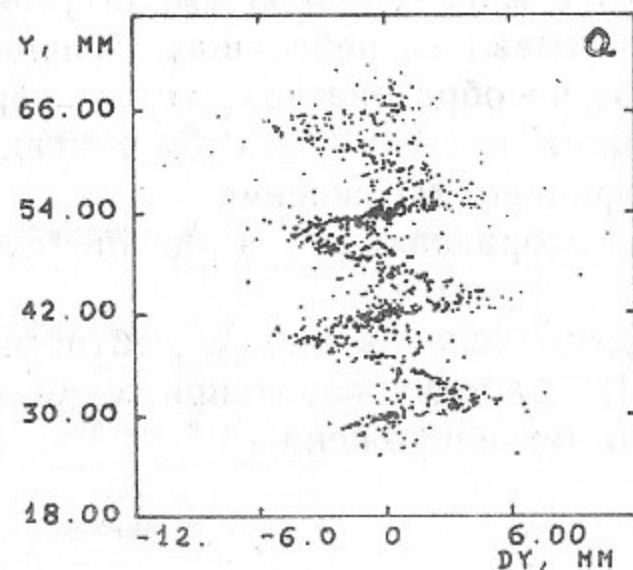


Рис. 4. Поперечная координата: двумерное распределение событий на плоскости отклонение—координата, смесь № 1 (Табл. 1) $U/U_0=1.91$.

где q_i, y_i —наведенные заряды и координаты для соответствующих полосок. По трем координатам по методу наименьших квадратов проводилась прямая и строилась гистограмма отклонений от прямой координаты на первом счетчике. В предположении одинаковых расстояний между счетчиками отклонение определялось как,

$$dY_c = (y_1 - 2 \cdot y_2 + y_3) / 6, \quad (2)$$

где y_1, y_2, y_3 —координаты на первом, втором и третьем счетчиках. Полученное распределение аппроксимировалось функцией Гаусса. Считая разрешения счетчиков равными для координатной точности имеем:

$$\sigma Y_c = \sqrt{6} \cdot \sigma_0, \quad (3)$$

где σ_0 —стандартное отклонение подогнанного распределения.

На рис. 4,а показано двумерное распределение событий на плоскости отклонение—координата. Периодическое изменение среднего отклонения с ростом координаты событий указывает на систематику, возникающую из неточности формулы (1) для вычисления координат при использовании конечного числа полосок. Второе приближение в вычислении координат связано с введением поправки, учитывающей этот эффект. Для вычисления поправки было рассчитано распределение наведенного заряда на полосках от искры. Для разных положений искры относительно центра полоски определялись заряды на основной и двух боковых полосках и по ним вычислялся центр тяжести. Разница между истинным положением искры и вычисленным давала нужную поправку для координаты, см. рис. 5. Кроме того, была исследована зависимость поправки от величины области пробоя и показано, что она слабо меняется при изменении диаметра области пробоя от 0 до 2 мм.

Двумерное распределение отклонение—координата с учетом поправки показано на рис. 4,б.

Учет поправки привел к улучшению разрешения от 480 до 350 мкм., см. рис. 6. При подгонке брались в обработку события, лежащие в пределах $\pm 1.15\sigma_0$ от максимума распределения.

Следующая поправка была связана с более точным вычислением зарядов, наведенных на полоски. Наличие емкостной связи между ними приводило к зависимости заряда на данной полоске от зарядов на соседних, а поправка была равна :

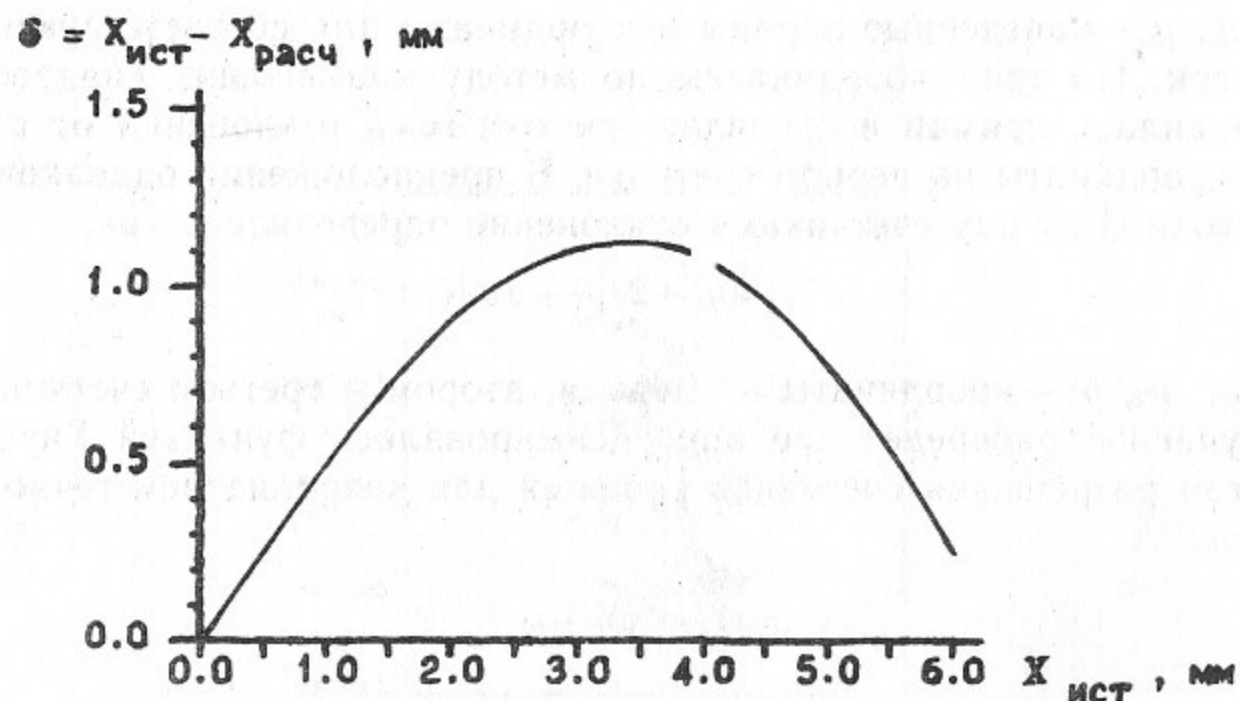


Рис. 5. Зависимость поправки к центру тяжести наведенного заряда от координаты искры относительно центра полоски.

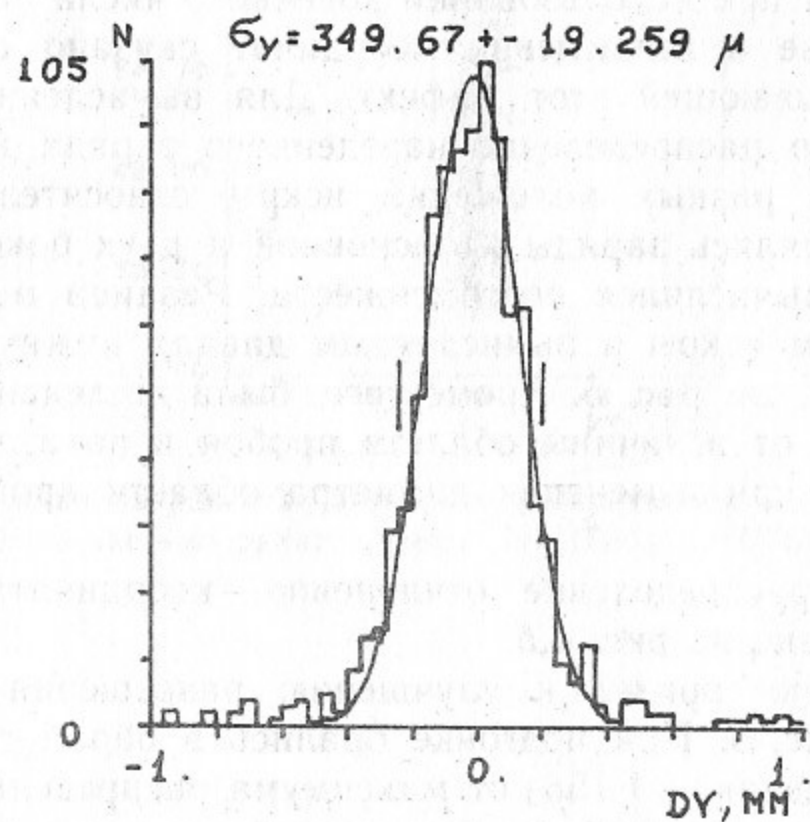


Рис. 6. Поперечная координата: распределение отклонений от прямой на первом счетчике для смеси № 1 (Табл. 1) $U/U_0=1.91$ после внесения поправки на систематический сдвиг.

$$dq_i = -c_1 \cdot (q_{i-1} + q_{i+1}) \quad (4)$$

где q_i — наведенные заряды, c_1 — коэффициент емкостной связи.

Величина коэффициента c_1 определялась из дополнительных измерений с генератором и составила 3%. Кроме того, в данном эксперименте емкость катода на землю была недостаточно большой и поэтому появлялась зависимость сигналов с полосок от полного наведенного заряда. Эта зависимость выражалась следующим образом:

$$q_i = q_i + c_2 \cdot \Sigma q_i \quad (5)$$

где q_i — сигналы с полосок, c_2 — коэффициент, учитывающий изменение потенциала катода во время пробоя. В программу обработки событий было внесено измеренное значение коэффициента емкостной связи и найден коэффициент $c_2=2\%$, минимизирующий координатное разрешение. Учет поправок привел к улучшению разрешения на 10% и оно составило 310 мкм.

Как указывалось в описании конструкции башни расстояния между счетчиками имели разброс. При учете этой систематики формула (2) переходит в формулу:

$$dY_c = \frac{y_1(1+\alpha)^2 - y_2(2+3\alpha+\alpha^2) + y_3(1+\alpha)}{6+6\alpha+2\alpha^2} \quad (6)$$

где y_1, y_2, y_3 — координаты, $\alpha = \frac{L_{12}}{L_{23}}$ — относительная разница расстояний, L_{ij} — расстояния между соответствующими счетчиками. Коэффициент α был введен в подгонку прямой в качестве третьего независимого параметра. Максимум распределения по α соответствовал искомой величине и был равен 2.5%. Учет поправки привел к улучшению разрешения до 280 мкм.

Измеренное координатное разрешение складывалось из собственного разрешения счетчиков, вклада многократного рассеяния частиц в материале электродов искровых счетчиков, разрешения электроники, точности изготовления полосок и их выставки друг относительно друга.

При точности наклейки полосок 100 мкм (см. описание конструкции счетчиков) была рассчитана ошибка в определении координаты. Она оказалась равной 80 мкм на краях полоски и 25 мкм в центре, а средний по полоске вклад в разрешение составлял не более 45 мкм.

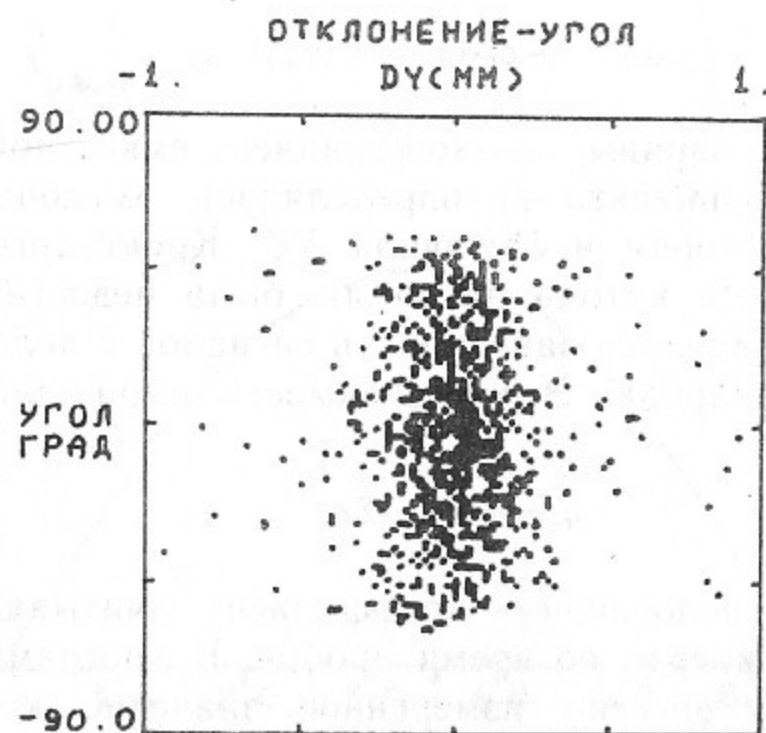


Рис. 7. Поперечная координата: двумерное распределение событий на плоскости угол-отклонение для смеси № 1 (Табл. 1) $U/U_0=1.91$.

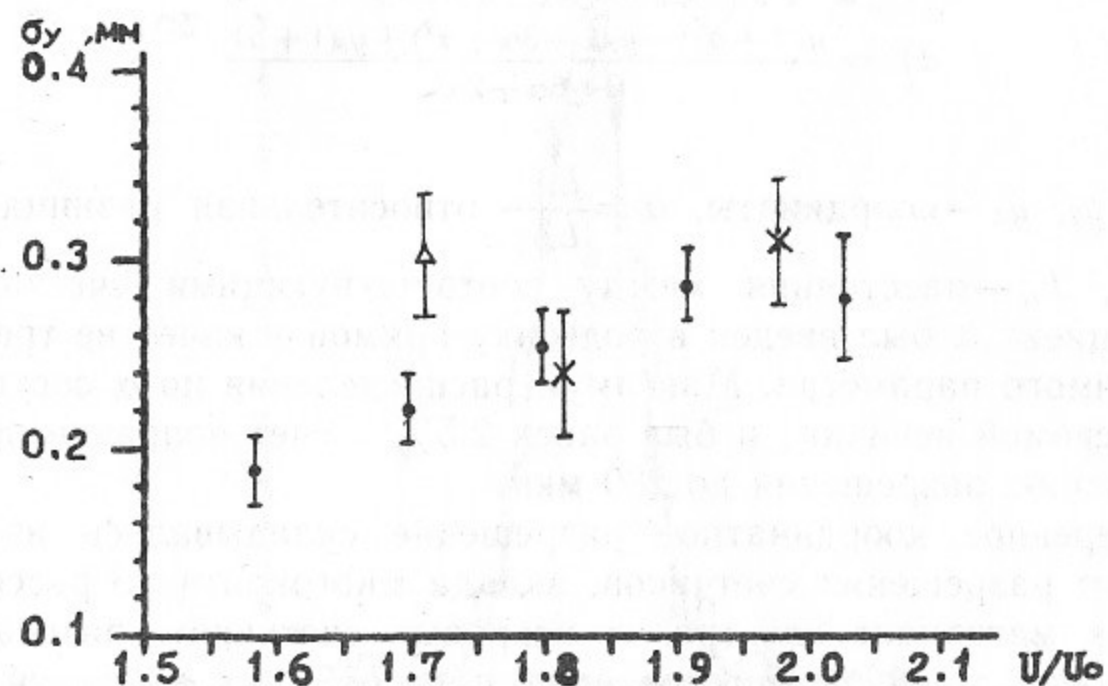


Рис. 8. Поперечная координата: зависимость координатного разрешения от перенапряжения для разных газовых смесей (Табл. 1).

● — смесь № 1; Δ — смесь № 2; ○ — смесь № 3.

Можно показать, что вклад в координатное разрешение от электронного шума определяется как:

$$\sigma Y_c = a \cdot \left(\frac{\sigma_q}{q_0} \right) \cdot \sqrt{2 + 3 \cdot \left(\frac{Y_c}{a} \right)^2} \quad (7)$$

где σ_q — разрешение электроники, q_0 — средняя величина заряда, снимаемого со счетчика, Y_c — координата измеряемая от центра полоски, a — ширина полоски. Средняя амплитуда сигнала при $U=4.25$ кВ 250 пК, собственное разрешение электроники при измерении постоянного сигнала 0.15 пК, шаг по полоскам 12 мм. Тогда вклад шумов в разрешение, усредненный по полоске, меньше 20 мкм.

Для оценки многократного рассеяния было проведено моделирование взаимодействия мюонов с веществом детектора (программа UNIMOD [7]), состоящего из трех искровых счетчиков. Мюон с энергией 500 МэВ, соответствующей максимуму спектра космических лучей у поверхности земли, направлялся перпендикулярно плоскости детектора. Вклад многократного рассеяния в разрешение определялся из отклонений координаты на первом счетчике от проведенной по методу наименьших квадратов прямой и составил 91 мкм.

Вычитая из измеренного координатного разрешения вклад от многократного рассеяния, шумы электроники и точность изготовления и наклейки полосок получаем оценку на собственное разрешение счетчиков равное 250 мкм.

Для определения зависимости координатного разрешения от угла наклона трека было построено двумерное распределение (угол-отклонение) для статистики набранной при перенапряжении $U/U_0=1.91$ и смеси № 1 (табл. 1), см. рис. 7. В пределах точности измерений данной зависимости наблюдалось не было.

На рис. 8 приведены окончательные результаты по координатному разрешению для трех газовых смесей. Наблюдаемая зависимость разрешения от состава газовой смеси и от приложенного напряжения объясняется флуктуациями газового пробоя в искровом счетчике.

4. ИЗМЕРЕНИЕ ПРОДОЛЬНОЙ КООРДИНАТЫ

Координата вдоль сигнальных полосок определялась по измерению разницы времен прихода сигналов на противоположные

концы счетчика. Для снижения числа каналов электроники сигналы с полосок на каждом конце счетчиков суммировались с помощью пассивного кабельного сумматора, см. рис. 2. Точность изготовления плеч сумматора давала разброс задержек при распространении сигнала по разным ветвям до 2—3 пс. Импульсы с искровых счетчиков поступали на низкороговые временные дискриминаторы, выполненные на туннельных диодах, с порогом срабатывания 6 мВ. Выходы дискриминаторов были соединены с блоками время-амплитудных преобразователей Т-А. Каждый блок Т-А обеспечивал временное разрешение от генератора 1.5 пс, интегральную нелинейность 0.12%, дифференциальную нелинейность 8% при диапазоне выходных напряжений 0.6—5 В.

Сигналы с Т-А поступали на запоминающие входы 32-канального коммутатора сигналов, аналогичного описанному выше (в измерениях использовались 6 каналов коммутатора). Дальнейший процесс оцифровки совпадал с измерениями по схеме рис. 3,а и использовал те же блоки оцифровки. Динамический диапазон каждого измерительного канала составлял 21 нс с ценой деления шкалы равной 3 пс.

Каждое событие записывалось на диск ЭВМ.

Нелинейность аппаратуры, связанная в основном с блоками время-амплитудных преобразователей, ограничивала точность определения координат на уровне 2—3 мм. Поэтому была введена калибровка электроники, которая позволяла учесть эту нелинейность. На входы временных дискриминаторов подавались сигналы с генератора импульсов, распределенные равномерно и случайно относительно сигнала «стоп» в Т-А. Распределение числа событий, набранных в каждом канале, давало количественную характеристику неравномерности шкалы чувствительности электроники. С учетом этой неравномерности измеренное время для каждого события, попавшего в канал с номером k , определялось как:

$$T_k = t_0 \cdot \sum_{i=1,k} \eta_i, \quad (8)$$

где η_i — относительная ширина i -го канала, равная отношению числа событий в i канале к среднему числу событий на канал, t_0 — средняя цена деления канала в пс, которая измерялась с помощью воздушной линии задержки.

Точность калибровки определялась качеством генератора, стабильностью аппаратуры во времени и статистикой. Если статистическая точность измерения относительных ширин каналов σ_η , то

погрешность вносимая в измерение времени равна:

$$\sigma_T = t_0 \sqrt{k} \left(\frac{\sigma_\eta}{\eta} \right) \quad (9)$$

Для максимально возможного интервала времени, определяемого динамическим диапазоном, относительная ошибка измерений равна:

$$\sigma_T = 250 \left(\frac{\sigma_\eta}{\eta} \right) \text{ пс.} \quad (10)$$

Исходя из того, что погрешность должна быть меньше ширины канала получаем требование на точность измерения относительных ширин в 1%. В предположении пуассоновского распределения числа событий в канале это соответствует 10000 событий. При максимальной частоте набора для электроники 10 кГц накопление такой статистики требовало 2 часа. Однако измерения показали, что неравномерность шкалы чувствительности имеет плавный характер с масштабом изменений 100—200 каналов. Поэтому для определения относительных ширин каналов в нашем случае оказалось достаточно измерить среднюю чувствительность групп, состоящих из 32 каналов, с линейной аппроксимацией изменения чувствительности внутри группы. При этом необходимая статистика в канале для сохранения точности вычислений сокращалась в $\sqrt{32}$ раз, качество калибровки практически не ухудшалось, а время набора составляло 15 минут на измерительный канал.

Измерения стабильности электроники показали, что калибровочная кривая не менялась в течении месяцев работы.

Качество генератора и точность калибровки оценивались из измерений одной и той же длины воздушной линии задержки в разных местах шкалы измерителя. При длине линии задержки в 275 каналов точность измерений была лучше 0.5 канала.

Введение калибровки позволило улучшить дифференциальную нелинейность до 1.5%, интегральную нелинейность до 0.005% и уменьшить вклад нелинейности аппаратуры в координатную точность до 80—100 мкм.

В табл. 3 приведены условия набора статистики при измерении продольной координаты: номер газовой смеси (табл. 1), рабочее перенапряжение и число событий.

Таблица 3

Номер смеси	Рабочее перенапряжение U/U_0	Число событий
1	1.67, 1.78, 1.89, 2.00	5000
2	1.71, 1.82	5000
3	1.86, 1.94, 2.03	5000

Для коррекции относительных коэффициентов передачи каналов время-амплитудного преобразователя и учета интегральной нелинейности набранная статистика перекачивалась во вторичные файлы с использованием ранее набранных калибровочных кривых. Координата на каждом счетчике определялась как разность времен прихода сигналов на противоположные концы полосок.

Из координатного распределения и известных размеров рабочей области верхнего из трех счетчиков была определена цена деления канала, которая составила 200 мкм/канал. Координатное разрешение, как и в случае поперечной координаты, определялось из отклонений на верхнем счетчике от проведенной по методу наименьших квадратов прямой.

Распределение отклонений от прямой после калибровки показано на рис. 9 для смеси № 1 (табл. 1) и перенапряжения $U/U_0=1.89$.

На рис. 10 представлены результаты измерений для трех газовых смесей. Видно, что разрешение для данной смеси не зависит от приложенного напряжения и целиком определяется ее составом. При этом результирующее разрешение складывается из собственного разрешения счетчика, вклада электроники и сумматоров, многократного рассеяния.

Вклад от многократного рассеяния вычислялся выше и равен 91 мкм.

Собственное разрешение электроники и неодинаковость плеч сумматора измерялись с помощью генератора сигналов с передним фронтом 0.75 нс, имитирующим сигналы со счетчика. Сигнал с генератора раздваивался. Импульс с одного конца подавался на «стоп» Т-А а с другого последовательно на каждую из полосок, которые с противоположной стороны были объединены сумматором. Набранные гистограммы для всех полосок каждого счетчика суммировались и ширина результирующего распределения опреде-

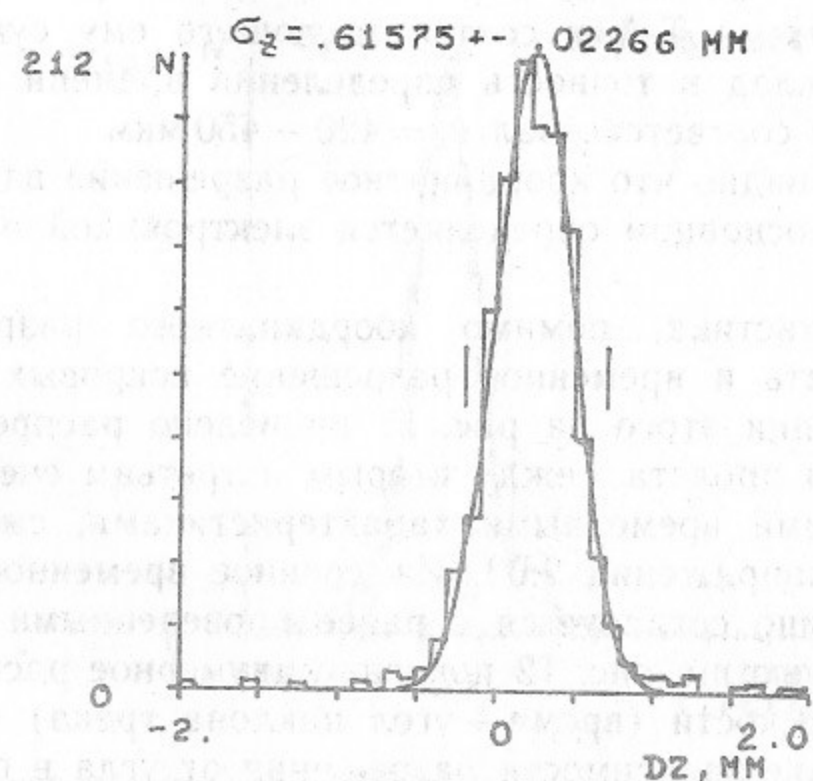


Рис. 9. Продольная координата: распределение отклонений от прямой после калибровки, смесь № 1 (Табл. 1) $U/U_0=1.91$.

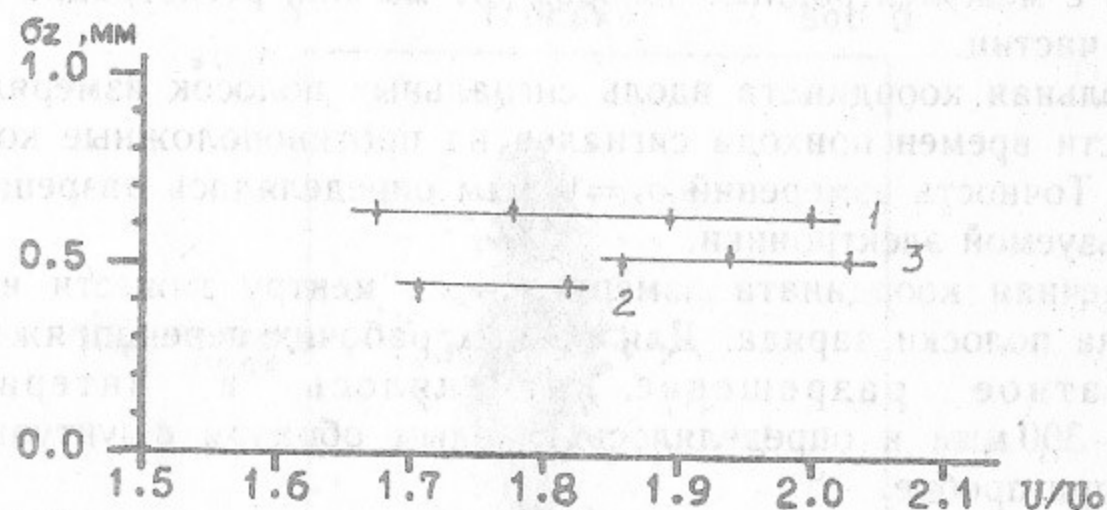


Рис. 10. Продольная координата: зависимость координатного разрешения от перенапряжения для разных газовых смесей (Табл. 1), цифры — номер смеси по Табл. 1.

ляла вклад в разрешение от электроники и сумматоров. Измерения для каждого входа Т-А и соответствующего ему сумматора показали, что их вклад в точность определения времени прихода сигнала со счетчика соответствовал $\sigma_z = 420 - 450$ мкм.

Таким образом, видно что координатное разрешение вдоль сигнальных полосок в основном определяется электроникой и составляет 450—500 мкм.

Набранная статистика, помимо координатного разрешения, позволяла определить и временное разрешение искровых счетчиков. Для иллюстрации этого на рис. 11 приведено распределение событий по времени пролета между вторым и третьим счетчиками для смеси с лучшими временными характеристиками, смесь № 3 (табл. 1), на перенапряжении 2.03. Измеренное временное разрешение в 28 пс хорошо согласуется с ранее проведенными измерениями [3]. Кроме того, на рис. 12 показано двумерное распределение событий на плоскости (время—угол наклона трека) из которого видно отсутствие зависимости разрешения от угла в пределах точности измерений.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе измерено пространственное разрешение искровых счетчиков с межэлектродным зазором 0.1 мм при регистрации космических частиц.

Продольная координата вдоль сигнальных полосок измерялась по разности времен прихода сигналов на противоположные концы счетчика. Точность измерений $\sigma_z = 0.5$ мм определялась разрешением используемой электроники.

Поперечная координата измерялась по центру тяжести навешенного на полоски заряда. Для разных рабочих перенапряжений координатное разрешение изменялось в интервале $\sigma_y = 180 - 300$ мкм и определялось главным образом флуктуацией разряда при пробое.

В работе одновременно с продольной координатой измерялось временное разрешение искрового счетчика. Полученное разрешение для перенапряжения $2.03\sigma_t = 28$ пс согласуется с ранними измерениями [3].

Экспериментально показано, что как координатное, так и временное разрешение не зависят от угла наклона трека в диапазоне $0 - 60^\circ$ относительно вертикального направления.

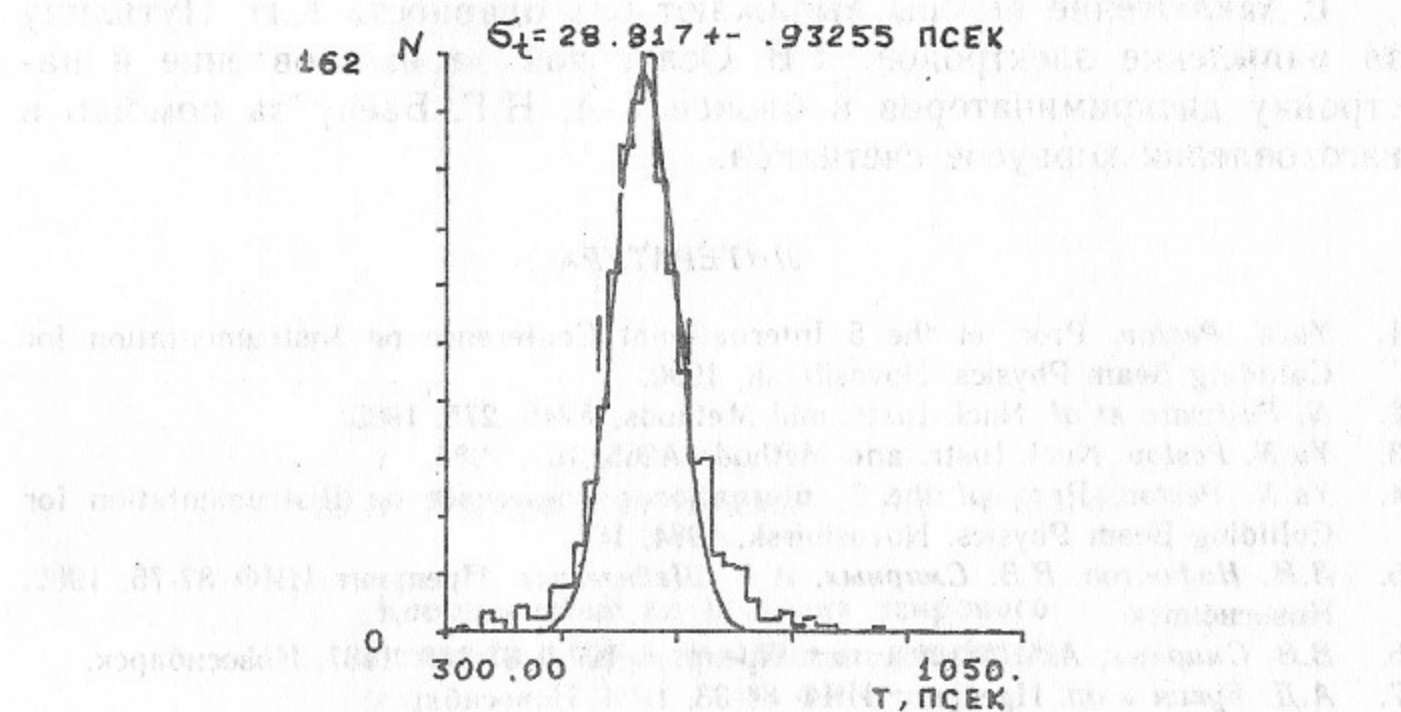


Рис. 11. Распределение событий по времени пролета между вторым и третьим счетчиками, смесь № 3 (Табл. 1) $U/U_0 = 2.03$.

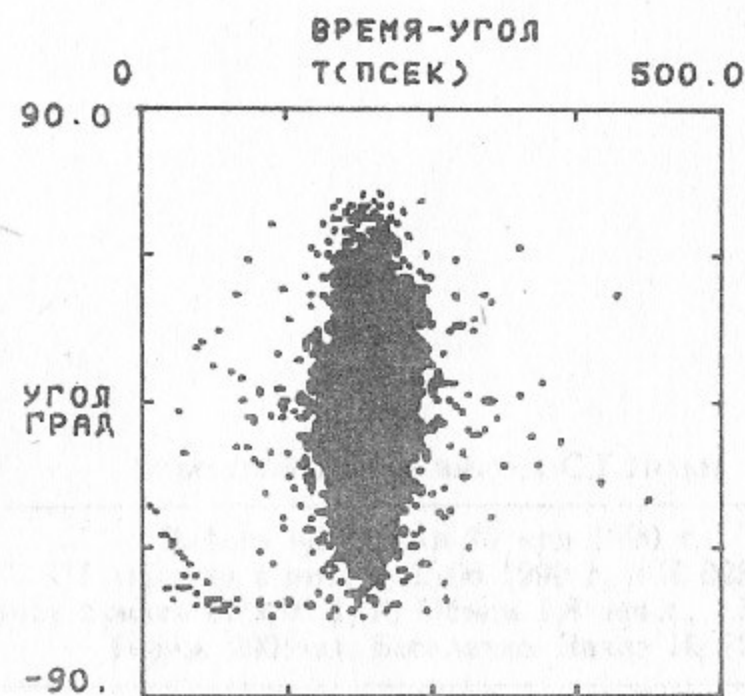


Рис. 12. Двумерное распределение событий на плоскости угол-время, смесь № 3 (Табл. 1) $U/U_0 = 2.03$.

В заключение авторы выражают благодарность К.Н. Путилину за напыление электродов, Т.В. Ослоповой за изготовление и настройку дискриминаторов и блоков Т-А, Н.Г. Баеву за помощь в изготовлении корпусов счетчиков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Yu.N. Pestov. Proc. of the 5 International Conference on Instrumentation for Colliding Beam Physics. Novosibirsk, 1990.
2. N. Fujiwara et al. Nucl. Instr. and Methods, A240, 275, 1985.
3. Yu.N. Pestov. Nucl. Instr. and Methods A265, 150, 1988.
4. Yu.N. Pestov. Proc. of the 3 International Conference on Instrumentation for Colliding Beam Physics. Novosibirsk, 1984, 163.
5. В.И. Нифонтов, В.В. Смирных, А.А. Шейнгейзхт. Препринт ИЯФ 82-75, 1982, Новосибирск.
6. В.В. Смирных, А.А. Шейнгейзхт. Препринт ИЯФ 87-110, 1987, Новосибирск.
7. А.Д. Букин и др. Препринт ИЯФ 84-33, 1984, Новосибирск.

Ю.Н. Пестов, В.В. Примачек, А.Р. Фролов

**Координатное разрешение искрового
счетчика с локализованным разрядом**

Ответственный за выпуск С.Г. Попов

Работа поступила 16 мая 1990 г.
Подписано в печать 25.06 1990 г. МН 02335.
Формат бумаги 60×90 1/16 Объем 1,8 печ.л., 1,5 уч.-изд.л.
Тираж 200 экз. Бесплатно. Заказ № 72

Набрано в автоматизированной системе на базе фото-
наборного автомата ФА1000 и ЭВМ «Электроника» и
отпечатано на ротапинтере Института ядерной физики
СО АН СССР,
Новосибирск, 630090, пр. академика Лаврентьева, 11.