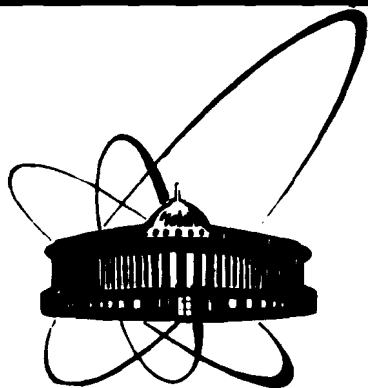


89-851



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

Г 73

Д13-89-851

Ю. Н. Готра, Н. И. Зимин, Ал. И. Зинченко,  
Р. Б. Кадыров, В. Н. Поздняков, И. А. Руфанов,  
А. Б. Садовский, В. Г. Тимофеев, И. А. Тяпкин  
Э. Н. Цыганов

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕНТРАЛЬНОЙ  
ДРЕЙФОВОЙ КАМЕРЫ УСТАНОВКИ УКД

Направлено в журнал "Nuclear Instruments and Methods"

1989

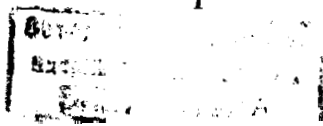
## I. ВВЕДЕНИЕ

Основной целью настоящей работы было изучение с помощью математического моделирования особенностей работы центральной дрейфовой камеры (ЦДК), проектируемой для универсального калориметрического детектора (УКД)<sup>1/1</sup>. Эту установку предполагается создать для работы на встречных рр-пучках с энергией 3\*3 ТэВ ускорительно-накопительного комплекса (УНК) в ИФВЭ (Серпухов). ЦДК как основной элемент трековой системы будет обеспечивать:

- визуализацию событий;
- возможность отбора частиц с большим импульсом, содержащих основную информацию о структуре события, на фоне большого числа частиц с малыми импульсами;
- получение высокого пространственного разделения треков заряженных частиц в плотных струях;
- получение хорошего разделения  $\pi/e$  с помощью нормировки полной энергии частиц, измеренной калориметрами, на их импульс;
- определение точки и направления входа заряженных частиц в детектор переходного излучения;
- определение импульса и знака заряда частиц;
- измерение ионизационных потерь частиц;
- разделение одновременных событий.

Для определения наилучших условий измерения параметров треков, для выбора оптимальной конфигурации дрейфовой камеры, разработки наилучших алгоритмов восстановления координат и разделения близких треков была создана моделирующая программа. Она позволяет детально изучить влияние основных процессов, происходящих в детекторе, на его характеристики. В программе были учтены следующие процессы:

- первичная и вторичная ионизация,
- дрейф электронов с учетом продольной и поперечной диффузии,
- флуктуации газового усиления,
- распространение сигнала вдоль резистивной проволоки (деление заряда),
- влияние на форму сигнала считывающей электроники,
- вклад шумов,
- оцифровка сигнала с помощью быстрых АЦП.



## 2. ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ

Кратко охарактеризуем основные физические процессы, которые были учтены при моделировании. Ионизационные потери частицы разыгрывались на основе алгоритма, использующего экспериментальные данные по среднему числу кластеров ионизации в слое данного вещества и средней энергии образования электрон-ионной пары для релятивистской частицы<sup>/2/</sup> (метод "функции Ландау"). При моделировании предполагался точечный размер образуемого кластера.

В используемой версии программы каждый электрон кластера прослеживался до попадания на проволоку или до выхода за пределы ячейки детектора. Применялся алгоритм пошагового слежения, причем величина шага определялась из требования малости изменения электрического поля, направления и скорости дрейфа. Конечная точка каждого шага смещалась случайным образом на величину, определяемую диффузией. Использовались экспериментальные зависимости коэффициентов диффузии и скорости дрейфа от величины поля<sup>/3/</sup>.

При попадании электрона на анодную проволочку разыгрывался сигнал, определяемый выражением<sup>/4/</sup>

$$I(t) \approx \frac{I_0}{1+t/t_0}, \quad (1)$$

где  $I_0$  - амплитуда, определяемая газовым усилением;  $t_0$  - постоянная убывания анодного тока:

$$t_0 = \frac{p r_a}{2 \mu E_a}, \quad (2)$$

где  $p$  - давление,  $r_a$  - радиус анодной проволочки,  $\mu$  - подвижность ионов,  $E_a$  - напряженность поля у поверхности анода.

Флуктуации газового усиления моделировались на основе распределения Пойа<sup>/5/</sup>:

$$P(A) = \sqrt{A} \exp(-1.5A), \quad (3)$$

где  $A = n/n_0$  - отношение числа электронов в лавине, образованной от одного электрона, к среднему числу электронов в лавине. Предполагая, что камера работает в пропорциональном режиме (для обеспечения возможности измерения ионизации), мы не учитывали влияния ионного облака на газовое усиление.

В связи с тем, что в рассматриваемом варианте дрейфовой камеры предполагается определять координату вдоль проволоки по методу деления заряда, и так как наилучшие условия для применения этого метода достигаются при высокой резистивности проволоки<sup>/6/</sup>, то необходимо было учесть изменение амплитуды и формы сигнала при

его распространении. Для этого решалось уравнение "телеграфистов"<sup>/7/</sup>:

$$\frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2} = CL \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2} + RC \frac{\partial u(x,t)}{\partial t}, \quad (4)$$

где  $u(x,t)$  - напряжение,  $x$  - координата точки вдоль проволоки,  $t$  - время,  $R, L, C$  - сопротивление, индуктивность, емкость проволоки на единицу длины. Из-за малого входного сопротивления усилителей граничные условия на концах проволоки

$$u(0,t) = u(l,t) = 0, \quad (5)$$

где  $l$  - длина проволоки.

Предусилители, расположенные на обоих концах чувствительной проволочки, характеризуются следующими временными константами:  $t_i$  определяет интегрирующие свойства цепи,  $t_d$  - дифференцирующие. Эти константы выбирались из условия одновременного получения хорошего координатного разрешения (за счет уменьшения времени спада импульса, определяемого ионным током) и сохранения информации о заряде, т.е. об ионизационных потерях частицы.

Шумы системы учитывались посредством случайного изменения уровня pedestala. Их величина оценивалась на основе имеющихся экспериментальных данных по системам аналогичного типа<sup>/6/</sup>. Кроме того, было проведено исследование влияния шумов на характеристики камеры.

На конечном этапе сигнал оцифровывался с помощью быстрых АЦП, причем тактовая частота АЦП варьировалась. В работе<sup>/8/</sup> была предложена процедура нелинейной оцифровки сигнала, которая позволяет эффективно увеличить динамический диапазон используемых АЦП. В частности, восьмибитные АЦП можно применять как десятибитные. Отсчет АЦП дается выражением

$$C = \text{Int} \left( \frac{256U}{U_0 + aU} \right), \quad (6)$$

где  $U$  - входное напряжение,  $U_0$  - постоянный входной уровень,  $a = 0.75$ . Тогда, чтобы получить показания по линейной шкале, нужно осуществить преобразование

$$L = \frac{C}{1 - aC/256}. \quad (7)$$

Постоянный уровень  $U_0$  выбирается из условия, что максимальное входное напряжение

$$U_{\max} = \frac{U_0}{1-a} = 4U_0. \quad (8)$$

Результаты работы моделирующей программы приведены на рис.1

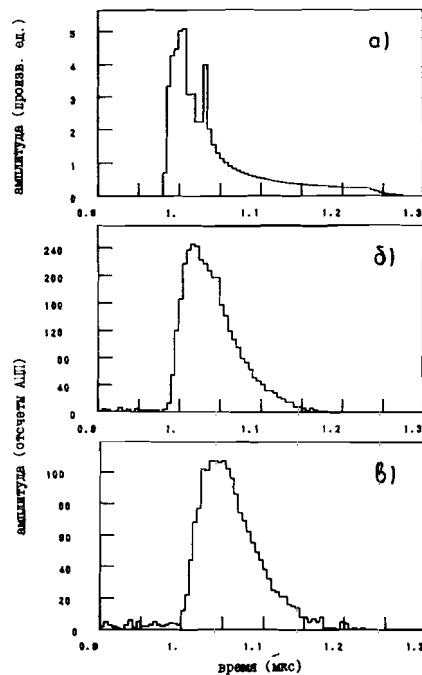


Рис.1. а) Форма сигнала с дрейфовой камеры без учета влияния резистивной проволоочки; б) и в) показания АЦП, расположенных на обоих концах проволоочки, пересчитанные в линейную шкалу.

(а), где показана форма сигнала от прохождения частицы без учета влияния резистивной проволоочки и электроники. Постоянная  $t_0$  составляет около 2 нс. На рис.1 (б и в) приведены показания АЦП, расположенных на обоих концах проволоочки, пересчитанные в линейную шкалу. Упомянутые выше параметры системы взяты следующими: длина проволоки 3 м,  $R=3$  кОм/м,  $L=1,5$  мкГ/м,  $C=10$  пФ/м,  $t_i=5$  нс,  $t_d=300$  нс, тактовая частота АЦП 200 МГц. Расстояние от точки прихода электронной лавины до ближнего конца проволоки ( $z$ - координата частицы) составляет 1 м.

### 3. ГЕОМЕТРИЯ ДЕТЕКТОРА

Имеющиеся к настоящему времени данные по применению дрейфовых камер в физике высоких энергий позволяют выбрать оптимальную конфигурацию и условия работы такого типа детекторов<sup>9/</sup>. Один из таких вариантов, предложенный для установки УЖД, приведен на рис.2, где показана элементарная ячейка камеры и линии дрейфа электронов в магнитном поле. Основные особенности выбранной конфигурации следующие: фокусирующие проволоочки

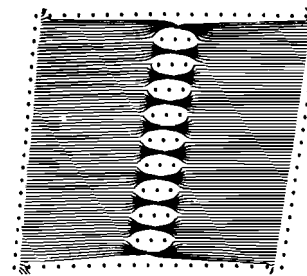


Рис.2. Линии дрейфа электронов в ячейке центральной дрейфовой камеры УЖД. Магнитное поле 1,5 Тл.

позволяют улучшать изохронность сбора электронов, экранирующие проволоочки дают возможность уменьшить влияние чувствительных электродов друг на друга и подстраивать газовое усиление при изменении потенциала фокусирующих. Максимальная длина дрейфа была выбрана равной 30 мм.

Для получения высокого разрешения предполагается использовать "холодную" газовую смесь на основе  $CO_2$ , характеризуемую малой скоростью дрейфа электронов и малой диффузией. Рассмотренная газовая смесь  $CO_2+Isb$  в соотношении 92:8 при атмосферном давлении позволяет получить следующие характеристики: продольный коэффициент диффузии 90 мкм/см при напряженности поля 1.3 кВ/см, скорость дрейфа 10 мм/мкс при этой напряженности.

В данной работе рассматривается упрощенный вариант ячейки с уменьшенным числом чувствительных проволоочек. Кроме того, влияние магнитного поля не учитывалось, поэтому исследуемая ячейка не имела наклона, определяемого углом Лоренца (около  $7^\circ$  при 1.5 Т).

Влияние фокусирующих электродов на изохронность сбора электронов видно на рис.3 и 4, где приведены картины силовых линий и зависимости времени дрейфа электронов от положения вдоль трека частицы для двух вариантов напряжений: а) -4 кВ на фокусирующих

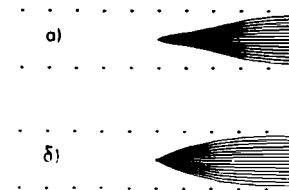


Рис.3. Картины силовых линий в тестовой ячейке для двух вариантов распределения потенциалов: а) -4 кВ на фокусирующих проволоочках и -1 кВ на экранирующих, б) -3 кВ и -3 кВ соответственно.

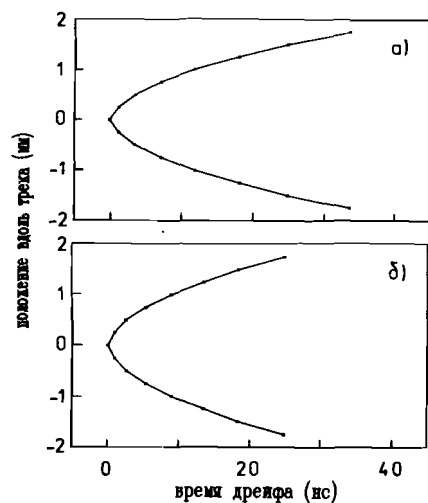


Рис.4. Зависимость времени дрейфа электронов от положения вдоль трека частицы для двух вариантов распределения потенциалов: а) и б) то же, что и на рис.3 б) и а). Координата частицы 10 мм.

проволочках и -1 кВ на экранирующих; б) -3 кВ и -3 кВ, соответственно. Видно, что первый вариант дает лучшую изохронность сбора электронов. Поэтому все приведенные ниже результаты получены для этого варианта. Зависимость времени дрейфа от координаты для выбранной ячейки приведена на рис.5.

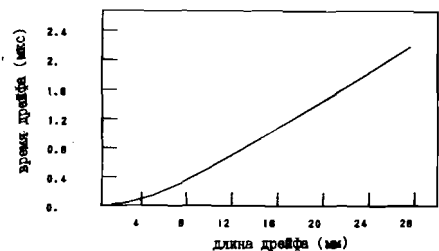


Рис.5. Зависимость времени дрейфа от координаты для тестовой ячейки.

#### 4. МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КООРДИНАТ

Используемые в настоящее время два основных метода восстановления координат - "лидирующей части" (LED) и "центра тяжести" (COG) - дают временную привязку либо к фронту сигнала, либо к его центру тяжести. Рассмотренные нами методы восстановления координат являлись разновидностями этих двух основных методов.

Исследовались три варианта метода "лидирующей части": пороговый метод (THR) дает временную отметку по превышению фронтом сигнала некоторого порога; в методе "пропорционального порога" (CFR) величина порога пропорциональна амплитуде сигнала; непосредственно в методе "лидирующей части" (LED) используется фитирование фронта импульса прямой линией, точка пересечения прямой с нулевым уровнем дает временную отметку.

При восстановлении координаты по центру тяжести импульса применялись два метода: метод "взвешенного центра тяжести" (COG), при котором отсчетам различных каналов АЦП приписывались разные веса, и метод "дифференцирования" (DOS), основанный на поиске взвешенного центра тяжести продифференцированного импульса. Число каналов быстрых АЦП, которые дают вклад в алгоритм, и приписываемые им веса оказались зависимыми от состава газовой смеси и ряда других факторов, т.е., в конечном счете, от формы импульса.

#### 5. ВЛИЯНИЕ НА КООРДИНАТНОЕ РАЗРЕШЕНИЕ ФЛУКТУАЦИЙ ИОНИЗАЦИИ И ДИФфуЗИИ

Пренебрегая вкладом систематических ошибок, можно представить координатное разрешение в виде<sup>19/</sup>

$$\sigma^2 = \sigma_{\text{diffusion}}^2 + \sigma_{\text{ionization}}^2 + \sigma_{\text{track}}^2 \quad (9)$$

где  $\sigma_{\text{track}}$  - вклад, определяемый шириной трека регистрируемой частицы, т.е. присутствием энергетичных  $\delta$ -электронов. В дальнейшем анализе этот вклад не учитывается. Член  $\sigma_{\text{ion}}$  учитывает три различных механизма. Первый определяется флуктуациями числа кластеров ионизации, второй - флуктуациями числа электронов в кластере, третий обусловлен флуктуациями коэффициента газовой усиления. Член  $\sigma_{\text{dif}}$  определяется диффузией электронов в газе детектора.

Относительный вклад диффузии и флуктуаций ионизации (без учета газовой усиления) для выбранного варианта ячейки дрейфовой камеры может быть виден на рис.6, где приведена зависимость разрешения детектора, определяемого без учета и с учетом диффузии, от координаты. Разрешение определяется по стандартному отклонению распределения времен прихода первого электрона на анодную проволочку. Видно, что вклад флуктуаций ионизации преобладает только вблизи анода, где велика кривизна путей дрейфа электронов.

Интересно оценить влияние различных членов в (9) на разрешение для разных алгоритмов восстановления координат. Из чисто статистического рассмотрения можно получить следующее

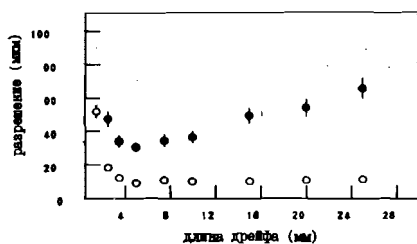


Рис.6. Зависимость координатного разрешения от координаты: белые кружки- без учета диффузии, черные- с учетом вклада диффузии.

выражение для вклада диффузии в разрешение<sup>19/</sup>, получаемое методом "LED":

$$\sigma_{dif}^{LED} \approx \frac{0.91}{\sqrt{\ln(\eta N p n)}} \frac{\sigma_L}{\sqrt{p}}, \quad (10)$$

где  $N$ - среднее число кластеров ионизации, собираемых на анод;  $n$ - среднее число электронов в кластере;  $p$ - давление;  $\sigma_L$ - продольный коэффициент диффузии;  $\eta$ - доля собранных электронов, дающих вклад в определенный алгоритм восстановления координаты. Для метода "центра тяжести" в предположении Гауссовского облака электронов получаем

$$\sigma_{dif}^{COG} \approx \frac{1}{\sqrt{\eta N p n}} \frac{\sigma_L}{\sqrt{p}}. \quad (11)$$

На рис.7 приведены зависимости  $\sigma_{dif}^{LED}$  и полученного методом "LED"

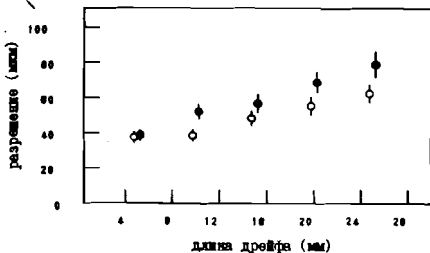


Рис.7. Зависимость координатного разрешения от координаты, полученная методом "LED": белые кружки- теоретические оценки, черные- результаты моделирования.

разрешения от координаты частицы. На рис.8 показаны результаты для метода "центра тяжести". Несмотря на некоторую неопределенность в выборе значений  $\eta$ , можно отметить лучшее соответствие между  $\sigma_{dif}$  и результатами моделирования для метода "LED". Это указывает на преобладающий вклад диффузии в разрешение для этого метода. Для метода "COG" влияние флуктуаций ионизации существенно вплоть до максимальных для выбранной ячейки длин дрейфа.

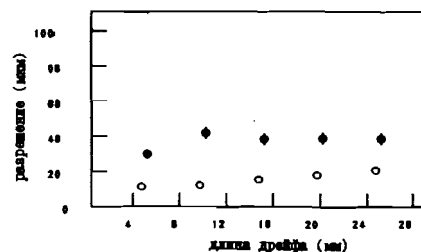


Рис.8. То же, что и на рис.7 для метода "COG".

## 6. ВЛИЯНИЕ НА КООРДИНАТНОЕ РАЗРЕШЕНИЕ РЕЗИСТИВНОСТИ ПРОВОЛОКИ И ТАКТОВОЙ ЧАСТОТЫ АЦП

Представляло значительный интерес выяснить влияние резистивности проволоки, которая вызывает "расплывание" сигнала при его распространении к концам, на разрешение. К тому же важно было оценить, насколько "быстрым" должен быть АЦП для получения хорошего разрешения. Эти данные получены путем моделирования сигнала с дрейфовой камеры для случаев нерезистивной и резистивной анодной проволоки. В последнем случае трек частицы проходил на расстоянии 50 см от одного края проволоки.

На рис.9а приведены зависимости координатного разрешения от длины дрейфа, полученные для метода "TNR". На рис.9б

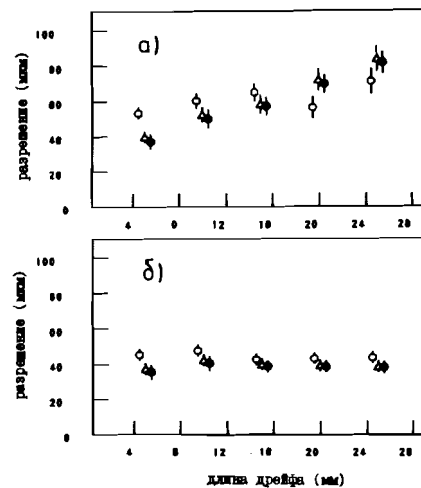


Рис.9. Зависимость координатного разрешения от координаты: а) для метода "TNR", б) для метода "COG". Треугольники- нерезистивная анодная проволока; черные кружки- результаты, полученные с АЦП, ближнего к точке прохождения частицы, белые кружки- с дальнего АЦП. Тактовая частота АЦП 200 МГц.

Зависимость полученных результатов от уровня шумов сигнала тректа может быть проиллюстрирована рис.13, где приведены данные по координатному разведению для метода "ТНР" без учета зависимости отклонения шумового распределения составляют 2 и 5 каналов АЛП. Видно, что небольшое изменение уровня шумов не оказывает сильного влияния на координатное разведение. Таким образом, на основании приведенных данных можно сказать, что во всем диапазоне измеренных координат полученное координатное разведение для дрейфовой камеры выбранной конфигурации составляет около 50 мкм, причем использование

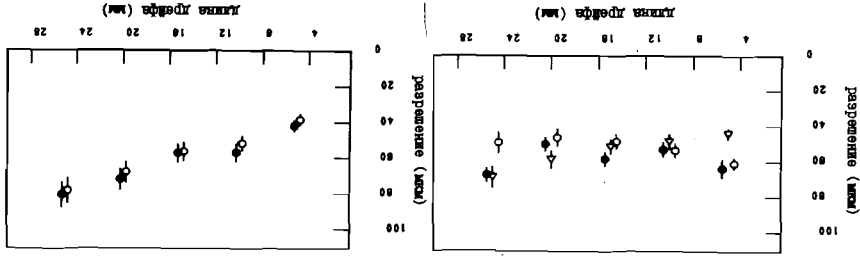


рис.13. Зависимость координатного разведения от координаты, полученные различными методами для дрейфа с резистивной проволокой и чешуйки с резистивной проволокой и полученные методом "ТНР"; белые кружки - стандартное отклонение, 200-мГц АЛП: треугольники - "ТНД", кружки - стандартное отклонение, белое АЛП; белая кружки - "СФР", шумового распределения составляет белое АЛП; черные кружки - "DOS", белое АЛП; черные кружки - 5 отсчетов АЛП. Тактовая частота АЛП 400 МГц.

высокорезистивной анодной проволоки и уменьшение частоты стробирования быстрых АЛП не ухудшает заметным образом эту характеристику камеры.

## 7. ДВУХТРЕКОВОЕ РАЗВЕРЖЕНИЕ

Прохождение двух треков через ячейку дрейфовой камеры моделировалось с помощью искусственно наложенных сигналов с известной временной задержкой  $\Delta t$ , связанной с пространственным разделением сигналов в формуле  $\Delta t = v_{drift} \Delta x$ , где  $v_{drift}$  - скорость дрейфа

представлены результаты, полученные методом "СОС". Частота стробирования АЛП составляла 200 МГц. Видно, что при использовании резистивной проволоки точность восстановления координат заметно не ухудшается. На рис.10 (а и б) представлены результаты по координатному разведению, полученные методами "ТНР" и "СОС" для случая нерезистивной проволоки с использованием 400 и 100 МГц АЛП. Данные с резистивной проволокой, полученные теми же методами АЛП 100-МГц АЛП, представлены на рис.11 (а и б) (см. рис.9 для

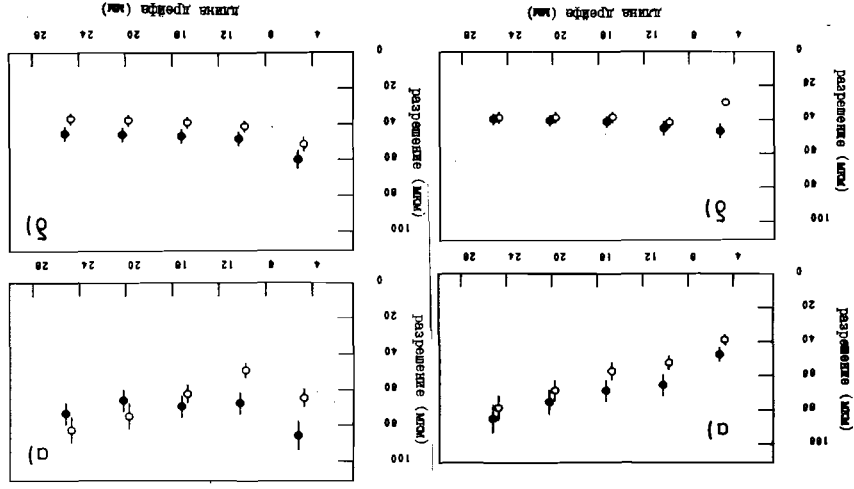


рис.10. Зависимость координатного разведения от координаты: а) для метода "ТНР", б) для метода "СОС", нерезистивная проволока. Белые кружки - тактовая частота АЛП 400 МГц, черные - 100 МГц. рис.11. Зависимость координатного разведения от координаты для случая с резистивной проволокой: а) метод "ТНР", б) метод "СОС". Тактовая частота АЛП 100 МГц. Белые кружки - белое АЛП, черные - белое АЛП.

Результаты использования других методов восстановления координат, описанных выше, показаны на рис.12. Они получены для камеры с резистивной анодной проволокой и 200 МГц АЛП. Сравнение представленных данных позволяет сделать вывод о сходстве результатов, получаемых различными методами. Следует подчеркнуть важность метода "DOS", так как на нем основан алгоритм разделения близких треков, описанный в следующем разделе.

электронов. После этого сигнал пропусклся через "усилительный каскад", оцифровывался, и к нему добавлялись шумы.

Метод, основанный на анализе первой производной, является классическим при разделении сигналов, поступающих от близко расположенных друг от друга треков<sup>/10/</sup>. В этом методе сигналы считаются разделенными, если между временными каналами с первой производной, превышающей порог, находится канал с производной ниже порога. Определение оптимальной высоты порога является основной проблемой этого метода. Низкий порог приводит к дополнительным срабатываниям из-за шума, а высокий не позволяет находить сигналы малой амплитуды.

Мы несколько видоизменили описанный выше метод: отдельный сигнал засчитывался не менее, чем по двум каналам с первой производной, превышающей порог, и двум каналам с производной, меньшей нуля. Это дало выигрыш в эффективности за счет уменьшения величины порога. Удалось получить 80% разделение сигналов при расстоянии между треками 650-670 мкм. Результаты для нескольких длин дрейфа приведены на рисунке 14. Для уменьшения влияния шумов сигнал и его производная усреднялись по трем каналам.

Для более эффективного разделения сигналов мы разработали два новых метода: 1) на основе анализа второй производной; 2) на основе анализа сечений первой производной отрезками.

Метод, основанный на анализе второй производной, позволил получить 80% разделение сигналов при расстоянии между треками 350-400 мкм. Результаты его использования для нескольких длин дрейфа приведены на рисунке 15. Главным достоинством этого метода оказалась возможность установления порога на уровне нуля. Однако трудности по уменьшению влияния шумов привели к серьезному усложнению алгоритма.

Суть наиболее интересного метода, основанного на анализе сечения первой производной отрезками, заключается в определении новой функции-критерия по формуле

$$K_1 = \left[ \sum_{j=1-n_1}^{1+n_2} P_j - 0,5 (P_{1+n_2} + P_{1-n_1}) (n_2+n_1+1) \right] \frac{P_1}{|P_1|}, \quad (12)$$

где  $P_1$ -производная в  $i$ -м канале (рисунок 16). Отдельный сигнал засчитывается, если два канала с  $K_1$ , большим порога, сопровождаются двумя каналами подряд с  $K_1$ , меньшим нуля. Множитель  $P_1/|P_1|$  введен в формулу (12) для подавления дополнительного пика в хвосте сигнала. Наилучшие результаты были получены при сечении первой производной отрезком длиной 5 каналов ( $N=n_1+n_2+1=5$ ).

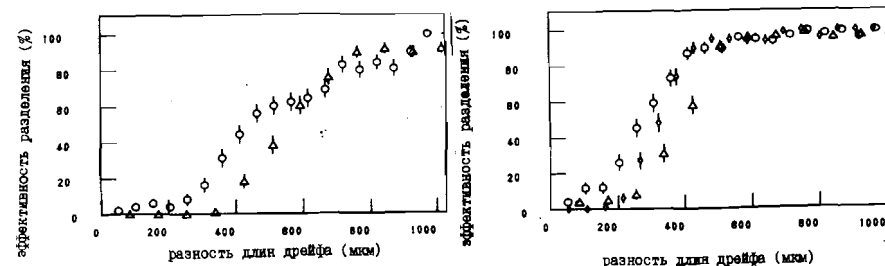


Рис.14. Эффективность разделения треков как функция расстояния между ними для сигналов, поступающих на середину сигнальной проволочки, методом, основанным на анализе первой производной. Тактовая частота АЦП 200 МГц. Треугольники соответствуют длине дрейфа 5мм, ромбы - 15мм, кружки - 25мм.

Рис.15. Эффективность разделения сигналов, поступающих на середину сигнальной проволочки, для метода, основанного на анализе второй производной. Тактовая частота АЦП 200 МГц. Треугольники соответствуют дрейфовому промежутку 5мм, ромбы - 15мм, кружки - 25мм.

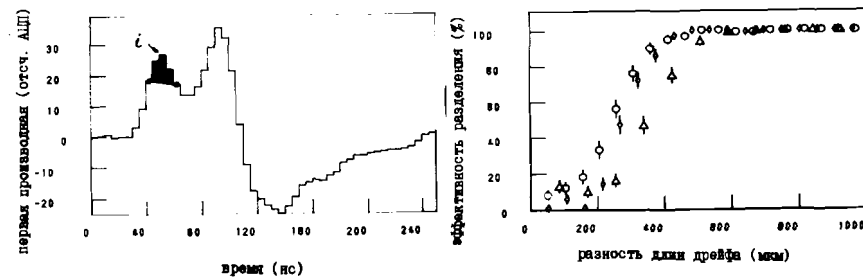


Рис.16. Пример использования метода, основанного на анализе сечения первой производной отрезками с закрепленными концами. Площадь заштрихованной поверхности равна значению функции-критерия в  $i$ -ом временном канале. Длина отрезка составляет 5 каналов.

Рис.17. Эффективность разделения сигналов, поступающих на середину сигнальной проволочки, для метода, основанного на анализе сечения первой производной отрезками с закрепленными концами. Тактовая частота АЦП 200 МГц. Треугольники соответствуют дрейфовому промежутку 5мм, ромбы - 15мм, кружки - 25мм.



80% разделение сигналов достигается при 320 мкм. Результаты для нескольких длин дрейфа приведены на рисунке 17.

Для более полного изучения этого алгоритма был построен график зависимости расстояния между треками, при котором происходит 80% разделение сигналов, от координаты вдоль анодной проволоочки. Он приведен на рисунке 18. Видно, что хуже всего разделяются сигналы, приходящие на середину проволоочки.

Был рассмотрен также случай, когда накладываются сигналы, приходящие в разные точки на проволоочке. Результаты такого моделирования приведены на рисунке 19. Видно, что между сигналами появляется дополнительное время задержки, связанное с прохождением заряда по проволоочке, которое облегчает разделение сигналов с одного из ее концов.

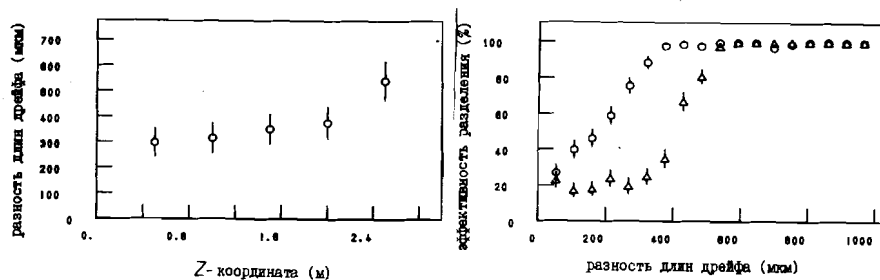


Рис.18. График зависимости расстояний между треками, при которых разделяется 80 процентов сигналов, от координаты поступления заряда на сигнальную проволоочку. Использован метод разделения сигналов, основанный на анализе сечения первой производной отрезками с закрепленными концами. Тактовая частота АЦП 200 МГц. Длина дрейфа 15 мм.

Рис.19. Эффективность разделения сигналов методом, основанным на анализе сечения первой производной отрезками с закрепленными концами, при различных координатах поступления на проволоочку на расстоянии 1м от ее конца, другой - 2м. Длина дрейфа 15мм. Тактовая частота АЦП 200 МГц. Кружки - первым приходит сигнал с координатой вдоль проволоочки 1м, треугольники - первым приходит сигнал с координатой 2м.

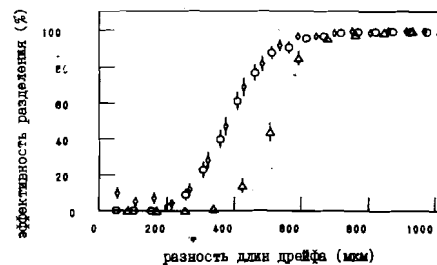


Рис.20. Эффективность разделения сигналов, поступающих на середину сигнальной проволоочки, для метода, основанного на анализе второй производной. Тактовая частота АЦП 100 МГц. Треугольники соответствуют длине дрейфа 5мм, ромбики - 15мм, кружки - 25мм.

Для оценки влияния резистивности сигнальной проволоочки на разделение сигналов был рассмотрен случай с проволоочкой, имеющей сопротивление 2 кОм/м. При этом 80% разделение сигналов достигается при расстоянии между треками на 50 мкм меньше, чем раньше.

Сдерживающим фактором при повышении чувствительности любого из рассмотренных методов являются "лишние срабатывания". Почти во всех описанных методах количество "лишних срабатываний" составляет до 15 процентов. Однако, используя последний метод анализа с отрезком, закрепленным в интервале 6 каналов, и высотой порога 15 каналов, получили 80% разделение сигналов для расстояния между треками 400 мкм при уровне "случайных срабатываний" менее 2 процентов.

Влияние частоты АЦП на двухтрековое разрешение было рассмотрено на примере метода разделения сигналов по второй производной. Для 100 МГц АЦП 80% разделение сигналов было достигнуто при расстоянии между треками 480 мкм, что на 130 мкм хуже, чем для 200 МГц АЦП. Результаты моделирования для трех длин дрейфа приведены на рис.20.

## 8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные результаты по математическому моделированию ячейки ЦДК УКД позволяют оценить влияние ряда процессов, происходящих в детекторе, на основные его характеристики.

Показано, что использование в качестве рабочей газовой смеси на основе  $CO_2$  и применение для регистрации сигнала быстрых АЦП обеспечивают принципиальную возможность получения координатного разрешения на уровне 50 мкм и двухтрекового разрешения на уровне 500 мкм для выбранной конфигурации ячейки. Следует отметить, что полученные результаты носят неполный характер. В частности, не

учтено ухудшение характеристик для наклонных треков, т.е. не параллельных плоскости чувствительных проволочек; не учтено влияние магнитного поля. В дальнейшем предполагается продолжить работы по моделированию ЦДК УДК.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Denisov S.P. UNK 5/1 E, preprint IHEP, Serpukhov, 1988.
2. GARFIELD, a drift chamber simulation program, HELIOS note 154, 1986.
3. SLD Design Report, SLAC-Report-273, 1984.
4. J.Va'vra, Nucl. Instr. and Meth. 217 (1983) 322.
5. Lapique F., Pluz F., Nucl. Instr. and Meth. 175(1980) 297.
6. Radeka V., Rehak P., IEEE Trans. on Nucl. Sci. NS-25, No 1, 1978.
7. Radeka V., Rehak P., IEEE Trans. on Nucl. Sci. NS-26, No 1, 1979.
8. Bock P. et al., Nucl. Instr. and Meth. A242(1986) 237.
9. Va'vra J., Nucl. Instr. and Meth. A244(1986) 391.
10. Schalle D. et al., Nucl. Instr. and Meth. A242(1986) 247.

Рукопись поступила в издательский отдел  
22 декабря 1989 года.

Готра Ю.Н. и др.  
Некоторые результаты моделирования характеристик  
центральной дрейфовой камеры установки УДК

D13-89-851

Представлены результаты математического моделирования центральной дрейфовой камеры (ЦДК) универсального калориметрического детектора (УДК), проектируемого для работы на встречных пучках ускорительно-накопительного комплекса (УНК) (Сerpухов, СССР). Описана методика расчета основных физических процессов в детекторе: ионизации, дрейфа электронов, деления заряда на резистивной проволочке, влияния считывающей электроники на форму сигнала. Дан анализ использования различных методов восстановления координат и разделения близколежащих треков. Показано, что дрейфовая камера предложенной конфигурации, работающая при выбранных условиях, позволяет обеспечить принципиальную возможность получения 50 мкм координатного разрешения и 500 мкм двухтрекового разрешения.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1989

Gotra Yu.N. et al.  
Some Results of Simulation of Central Drift  
Chamber Characteristics for the UCD Detector

D13-89-851

The results of the mathematical simulation for the Central Drift Chamber (CDC) of the Universal Calorimetric Detector (UCD) designed for the use in  $p\bar{p}$ -colliding beam experiments at the UNK (Serpukhov, USSR) are presented. The method of calculation of the main physical processes in the detector (ionization, electron drift, charge diffusion on the resistive wire, influence of the read-out electronics on the signal shape) are described. Various methods of coordinate reconstruction and adjacent track separation were analysed here. As is shown in the drift chamber of the proposed construction working in the chosen conditions one can achieve 50  $\mu\text{m}$  coordinate and 500  $\mu\text{m}$  two-track resolution.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1989