

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

13-88-899

**Ю.И.Давыдов, Д.Г.Джинчарадзе¹, П.Стрмень²,
А.А.Фещенко, В.Б.Флягин, И.Е.Чириков-Зорин**

**ПАРАЛЛЕЛЬНО-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ
СЪЕМ ИНФОРМАЦИИ
С МНОГОПРОВОЛОЧНОЙ, ДРЕЙФОВОЙ КАМЕРЫ**

Направлено в журнал "Nuclear Instruments
and Methods in Physics Research"

¹Тбилисский государственный университет

²Университет им.Я.А.Коменского, Братислава, ЧССР

1988

1. ВВЕДЕНИЕ

Дрейфовые камеры /ДК/ широко используются в различных физических экспериментах. При этом для съема информации с ДК обычно применяются регистрирующие системы параллельного типа ^{1/}, в которых к каждой сигнальной проволочке подключается усилитель-формирователь и время-цифровой преобразователь /ВЦП/.

Регистрирующие системы параллельного типа наиболее полно реализуют свойства ДК, обладают высоким быстродействием и простотой организации. Однако им присущи некоторые недостатки. Как правило, они не позволяют регистрировать более одной частицы в дрейфовом промежутке и осуществлять считывание только значащей информации, по крайней мере на уровне крейта. Но наиболее существенный недостаток таких систем - высокая стоимость, которая определяется использованием большого количества дорогостоящих ВЦП.

Параллельно-последовательная система съема информации с ДК, в которой используется несколько независимых параллельных ветвей с последовательным считыванием информации, по крайней мере, частично лишена перечисленных выше недостатков. В работе описаны принцип построения и функционирования одной ветви системы и результаты испытания варианта реализации такой ветви.

2. ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ

Блок-схема ветви системы регистрации параллельно-последовательного типа показана на рис.1. К каждой сигнальной проволочке подключается традиционный канал регистрации, состоящий из усилителя-дискриминатора и задержки τ_1 , необходимой для компенсации времени выработки триггера.

После задержек сигналы с ДК поступают на схему совпадений /СС/, на второй вход которой подается сигнал "Ворота", вырабатываемый триггером. Длительность импульса "Ворота" определяется максимальным временем дрейфа электронов ионизации в дрейфовом зазоре и для случая, когда время-координатная зависимость ДК линейная, примерно равна

$$T_{\text{вор}} \approx l V^{-1};$$

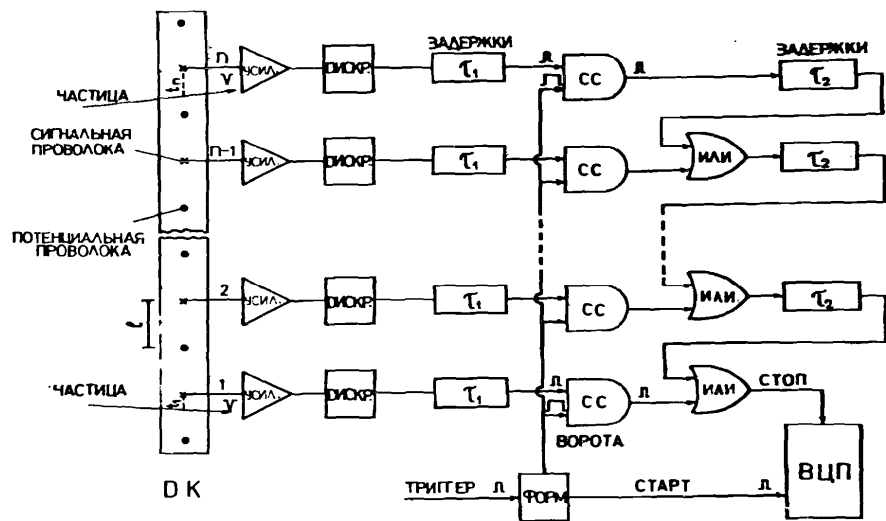


Рис. 1. Блок-схема последовательной системы съема информации с многопроволочной ДК.

здесь и далее V - скорость дрейфа электронов ионизации в газе ДК, ℓ - длина дрейфового промежутка в ДК.

Сигналы со схем совпадений суммируются посредством последовательной цепочки задержек и двухвходовых схем "ИЛИ" таким образом, что импульсы с каждого последующего дрейфового промежутка сдвигаются относительно предыдущего на время τ_2 . Такое объединение каналов регистрации по "ИЛИ" с использованием временных задержек $\tau_2 > \ell V^{-1}$ исключает наложение импульсов друг на друга с разных сигнальных проволок.

Итак, представленная схема преобразует сигналы, поступающие со всех каналов регистрации, в последовательно следующие импульсы, временное положение которых определяется номерами сработавших сигнальных проволок и соответствующими временами дрейфа электронов ионизации в дрейфовых зазорах камеры. Поэтому для кодирования временного положения сигналов с ДК достаточно применить один ВЦП с максимальным измеряемым интервалом $\tau \approx n\tau_2$, где n - количество сигнальных проволок.

Конкретные условия, в которых работает камера, определяют выбор соответствующего ВЦП. Например, в случае применения ДК для детектирования одной частицы можно использовать обычный ВЦП. Если ДК предназначена для регистрации многотрековых событий, то необходимо применять многостоповый ВЦП. При этом появляется возможность регистрации нескольких частиц в одном дрей-

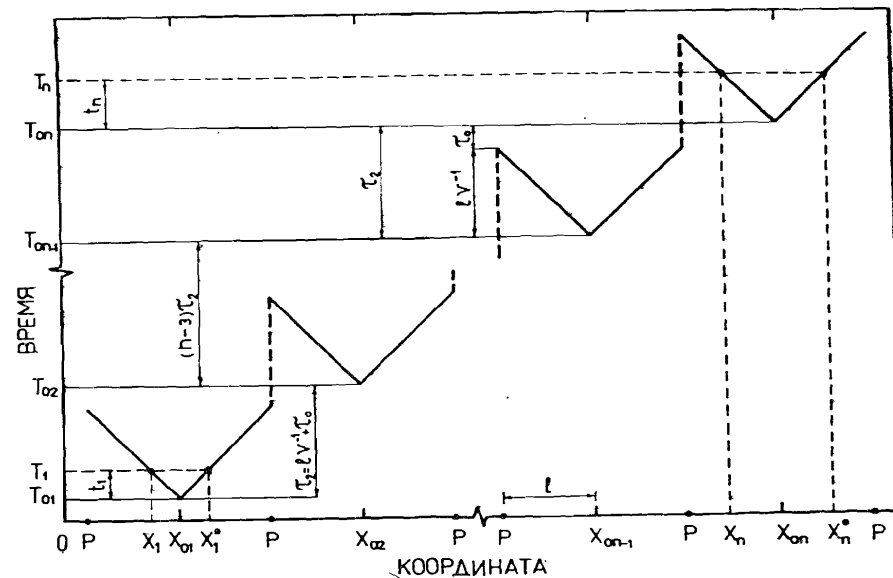


Рис. 2. Передаточная функция ДК с последовательным съемом информации.

фовом промежутке камеры, если расстояние между ними $\Delta X > \tau_0 V$, где τ_0 - мертвое время многостопового ВЦП, однако минимальное двухтрековое разрешение определяется свойствами самих ДК.

Важно отметить, что для исключения неэффективности регистрации частиц в соседних дрейфовых промежутках за счет мертвого времени ВЦП и неоднозначности в определении номеров сработавших проволок нужно применять задержки $\tau_2 \geq \ell V^{-1} + \tau_0$.

Для иллюстрации принципа работы системы регистрации последовательного типа на рис. 2 приведена зависимость измеряемого времени от координаты прохождения частицы через ДК /передаточная функция $T = T(x)$ / при использовании задержек $\tau_2 = \ell V^{-1} + \tau_0$. Передаточная функция системы построена в предположении, что время-координатная зависимость ДК линейная, а задержки схем "ИЛИ" пренебрежимо малы. Эти упрощения несущественны для пояснения принципа работы системы. На оси абсцисс отмечены координаты потенциальных (P) и сигнальных проволок (X_{0i}) ДК, а на оси ординат T_{0i} - времена, соответствующие минимальной задержке сигнала при прохождении частицы через i -ю сигнальную проволоку /константы каналов регистрации/.

Из рисунка видно, что для каждой сигнальной проволоки ДК выделен определенный временной интервал $(T_{0i}, T_{0i} + \ell V^{-1})$ ВЦП. Таким образом, один ВЦП обслуживает $n = \tau / \tau_2$ сигнальных прово-

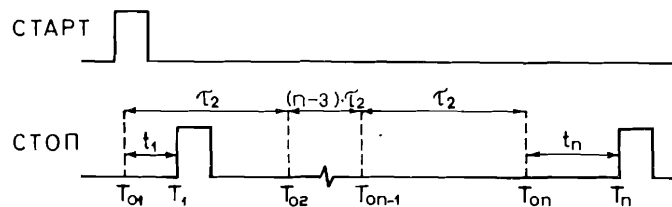


Рис.3. Временная диаграмма работы системы съема информации при регистрации двух частиц, показанных на рис.1.

лочек. При этом введение дополнительной задержки τ_0 , как было отмечено выше, устраняет неоднозначность в определении номеров сработавших проволочек и неэффективность регистрации частиц в соседних дрейфовых промежутках.

Двузначность передаточной функции системы обусловлена лево-правой неопределенностью координат, измеряемых ДК. Она легко устраняется известными способами.

В качестве иллюстрации на рис.2 отмечена неоднозначность в измеряемых координатах (X_1, X_1^* и X_n, X_n^*), которая возникает при детектировании частиц, показанных на блок-схеме, а на рис.3 - временная диаграмма работы системы считывания при регистрации этих частиц.

Истинное значение времени дрейфа электронов ионизации, как видно из рис.2,3, определяется выражением

$$t_1 = T_1 - T_{01}.$$

где T_1 - время, регистрируемое ВЦП.

Отметим, что данная система позволяет считывать информацию с n -сигнальных проволочек, которые могут принадлежать нескольким камерам, расположенным в любой конфигурации.

Применение временных ворот перед схемами "ИЛИ" в системе считывания существенно уменьшает вероятность регистрации "старых" треков, не связанных с изучаемым событием, что очень важно при больших нагрузках. В случае малых нагрузок ($I < 1/\tau$) нет необходимости применять схемы совпадений и задержки τ_1 , а следует подключить выходы дискриминаторов к схемам "ИЛИ", тем самым существенно упростив систему съема информации. При этом достаточно включить одну компенсирующую задержку τ_1 на вход-стоп ВЦП.

Описанная последовательная система съема информации с ДК обладает относительно большим временем считывания, но позволяет значительно сократить количество дорогостоящих ВЦП и осуществлять кодирование только значащей информации.

В заключение отметим, что применение данной системы особенно выгодно для съема информации с дрейфовых камер /трубок/ с малыми /1-5 мм/ дрейфовыми промежутками - мини-дрейфовых камер /МДК/ ^{2,3/}, которые обладают рядом ценных свойств и в настоящее время интенсивно развиваются.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

С целью проверки работоспособности последовательной системы съема информации был разработан макет регистрирующей электроники МДК на ЭСЛ-интегральных схемах. В качестве задержек / $\tau_1 = 500$ нс, $\tau_2 = 200$ нс/ использовались скрученные пары /100-парный телефонный кабель/, по которым передавались парафазные сигналы в уровнях ЭСЛ длительностью ~40 нс.

Чувствительность усилителей составляла ≈ 2 мВ/мкА; шумы приведенные ко входу, ~0,8 мкА, входное сопротивление ~80 Ом, собственное время нарастания ~5 нс.

Для измерения времени использовался ВЦП ^{4/} прямого преобразования с обращенной временной шкалой, способный обработать с точностью 1 нс до 256 сигналов в течение 16 мкс.

Контроль за температурным дрейфом индивидуальной задержки каждого канала регистрации /константы канала/, проверка и калибровка всей системы регистрации в процессе работы производились тестовыми сигналами, которые подавались от генератора на входы усилителей.

Временное разрешение макета системы съема информации, измеренное при помощи тестовых сигналов, составляло $\sigma_t < 1$ нс.

Испытания регистрирующей электроники проводились совместно с исследованием характеристик МДК ^{2,5/} на пучке заряженных частиц с импульсом 10 ГэВ/с.

Экспериментальная установка состояла из блока МДК, сцинтилляционных счетчиков для выработки триггера и описанной системы съема информации. Усилители и пассивный разветвитель тестового сигнала располагались непосредственно на камерах, дискриминаторы - на небольшом расстоянии от камер, а остальная электроника размещалась в измерительном домике.

Такое построение канала регистрации дает возможность работать с низкими порогами срабатывания и делает усилитель более устойчивым к самовозбуждению, позволяет избежать высокой плотности электроники, размещенной на камере.

Блок МДК состоял из трех камер, расположенных одна за другой в едином газовом объеме, при этом средняя камера /МДК-2/ имела дрейфовый промежуток 3 мм, а внешние - 4 мм. Внешние МДК

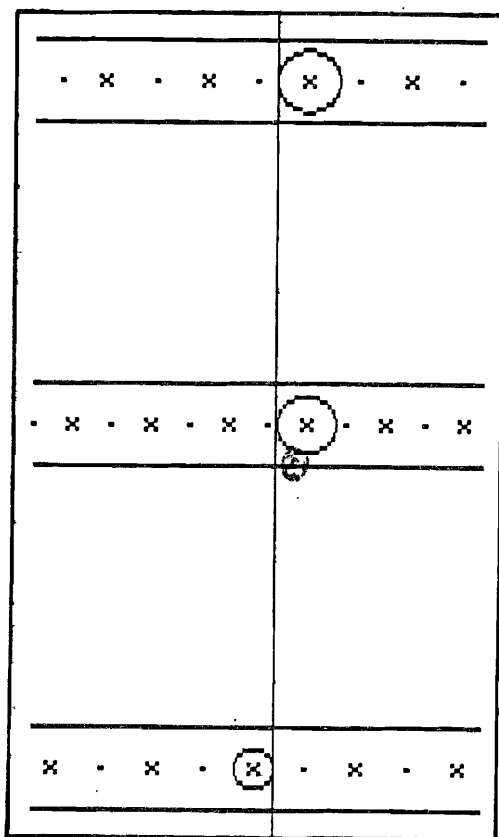


Рис. 4. Пример реконструированного трека в блоке МДК.

в блоке располагались таким образом, что сигнальные проводочки одной находились напротив потенциальных проводочек другой камеры. На рис. 4 приведена конфигурация блока МДК и пример реконструированного трека частицы.

Необходимо заметить, что информация со всех трех координатных плоскостей блока регистрировалась одним ВЦП.

Для иллюстрации работы системы на рис. 5 показана корреляция между временами, регистрируемыми в соседних МДК блока, при прохождении частиц. В этих измерениях внешними МДК отбирались частицы, падающие строго перпендикулярно плоскостям камер. На приведенной гистограмме хорошо видна нелиней-

ность дрейфовой характеристики вблизи потенциальной проводочки МДК-2.

В процессе испытаний была измерена зависимость пространственного разрешения МДК от длины дрейфа для нормально падающих частиц /рис. 6/. Как известно, пространственное разрешение дрейфовой камеры определяется выражением

$$\sigma_x^2 = \sigma_s^2 + \sigma_D^2 + \sigma_0^2,$$

которое учитывает статистические флуктуации плотности ионизации (σ_s), диффузию электронов при дрейфе в электрическом поле (σ_D) и аппаратные ошибки (σ_0), включающие разрешение электроники, флуктуацию газового усиления, точность изготовления камеры и т. п.

На рис. 6 приведены оценки слагаемых пространственного разрешения МДК. Вклад, обусловленный аппаратурой, составлял ~37 мкм.

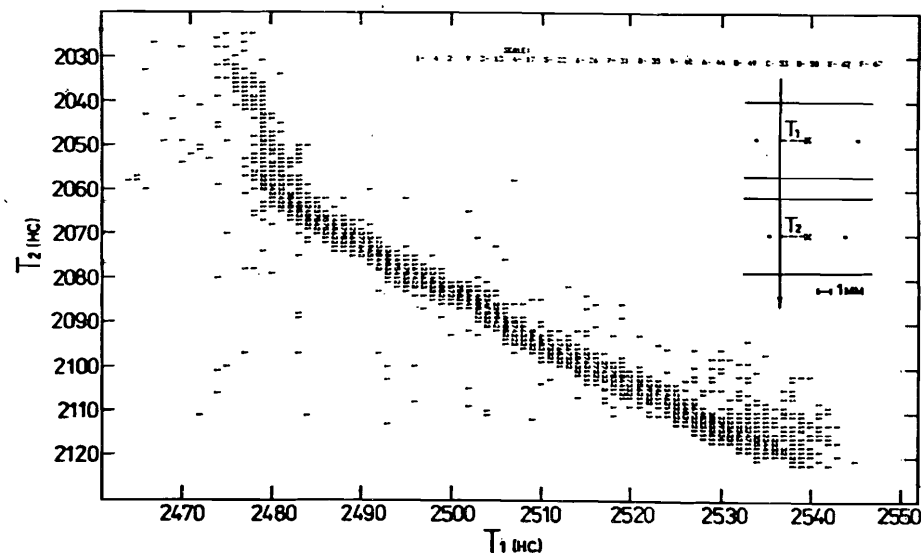


Рис. 5. Корреляция между регистрируемыми временами МДК-1 / $T_{01} \approx 2540$ нс/ и МДК-2 / $T_{02} \approx 2120$ нс/ для частиц, падающих нормально плоскостям камер.

Он прежде всего зависит от качества регистрирующей электроники и в прецизионных детектирующих системах с дрейфовыми камерами составляет $\sigma_0 = 20 \div 50$ мкм.

Испытания, проведенные на пучке частиц, продемонстрировали работоспособность последовательной системы съема информации с ДК. Система имеет высокое временное разрешение, поэтому может быть использована для регистрации информации с прецизионных дрейфовых камер.

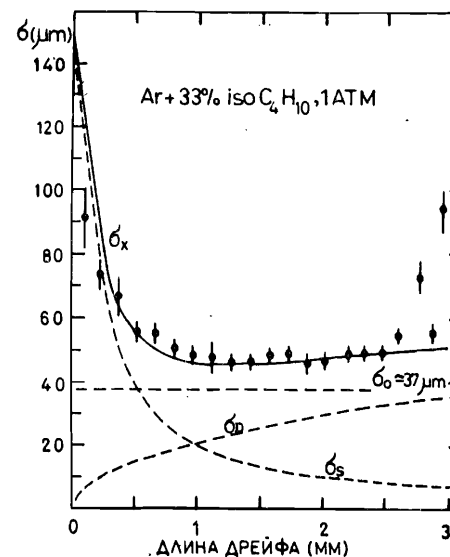


Рис. 6. Пространственное разрешение МДК с длиной дрейфа 3 мм и его слагаемые.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chauvat P. et al. - Preprint CERN-EP/82-198, Geneva, 1982.
2. Chirikov-Zorin I.E. et al. - Nucl. Instr. and Meth., 1987, A260, p.142.
3. Bouclier R. et al. - Preprint CERN-EP/87-14, Geneva, 1987.
4. Budagov Yu.A. et al. - Nucl. Instr. and Meth., 1985, A234, p.302.
5. Давыдов Ю.И. и др. - ОИЯИ, 13-86-327, Дубна, 1986.

Рукопись поступила в издательский отдел
27 декабря 1988 года.

Давыдов Ю.И. и др.

13-88-899

Параллельно-последовательный съем информации с многопроволочной дрейфовой камеры

Описывается система съема информации с дрейфовых камер параллельно-последовательного типа, позволяющая существенно сократить количество используемых время-цифровых преобразователей. Приводятся результаты апробирования макета регистрирующей электроники мини-дрейфовых камер на пучке частиц с импульсом 10 ГэВ/с. Показано, что данная система может быть использована для съема информации с прецизионных дрейфовых камер $/\sigma \approx 50 \text{ мкм}/$.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1988

Перевод О.С.Виноградовой

Davydov Yu.I. et al.

13-88-899

Parallel-Series System for Readout of Information from Multiwire Drift Chambers

The system for readout of information from the drift chambers of parallel-series type is described. It allows one to essentially reduce a quantity of time-to-digital converters used. The results of testing the prototype of readout electronics for mini-drift chambers on a particle beam of 10 GeV/c momentum are presented. It is shown that this system could be used for readout of information from the precision drift chambers ($\sigma \approx 50 \text{ }\mu\text{m}$).

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1988