

31/x-83



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

5782/85

9/11-83

P10-83-462

Ю.С.Анисимов, Ю.В.Заневский, А.Б.Иванов,
Г.А.Черёмухина, С.П.Черненко

ПРОГРАММНЫЕ И АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА
ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ
С ДВУМЕРНЫХ
МНОГОПРОВОЛОЧНЫХ ДЕТЕКТОРОВ

1983

ВВЕДЕНИЕ

Многопроволочные пропорциональные камеры /МПК/ в настоящее время широко используются для проведения медико-биологических исследований ^{/1+3/}. МПК имеют большую рабочую площадь, хорошее пространственное разрешение, быстрое действие, высокую чувствительность, и вследствие этого позволяют определять с большой точностью пространственно-временные характеристики потоков ионизирующего излучения, сокращать время экспозиции и радиационную нагрузку. Считывание индуцированного на катодные плоскости заряда дает возможность получать двумерную информацию для заряженных и нейтральных частиц с обычной трехэлектродной камеры. Созданные на основе МПК детекторы успешно конкурируют с традиционными - рентгеновской пленкой, сцинтилляционными гамма-камерами, одноканальными электронными счетчиками, а в ряде случаев полностью вытесняют их.

Важнейшим фактором эффективного использования МПК в смежных областях научных исследований явилось интенсивное развитие и проникновение в прикладные исследования средств вычислительной техники. Использование ЭВМ /как правило, мини- или микро-ЭВМ/ позволило реализовать количественные методы анализа, автоматизировать эксперимент, повысить скорость и точность измерений.

В последнее время усилился интерес к цифровой обработке изображений, представляющей комплекс преобразований, направленных на повышение информативности изображений и коррекции "неидеальности" детектирующих устройств ^{/4,5/}. Проблема практической реализации подобных преобразований, состоящая в необходимости обеспечения оперативной обработки, успешно решается в настоящее время благодаря: а/ росту вычислительных мощностей современных малых ЭВМ, б/ рациональным приемам обработки.

Другим весьма полезным и широко применяемым элементом детекторов на основе МПК являются графические дисплеи, в особенности телевизионного типа. Эти устройства обеспечивают отображение данных в наиболее удобной для человека форме, обладают высокой информативностью, надежны и компактны. Основное преимущество телевизионных дисплеев состоит в способности их воспроизводить качественное цветное изображение. Как известно, оно более информативно, чем одноцветное или полутонное, легче воспринимается оператором, позволяет хорошо передавать мелкие детали, подчеркнуть отдельные графические образы. Преимущество использования цвета для передачи количественной информации об отдельных участках изображения бесспорно. В работе ^{/6/} указывается

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ
ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
МПК

также на эффективность применения специально подобранной цветовой шкалы для отображения "рельефных" картин. При этом реализуется в 1,5 раза и более по сравнению с черно-белой шкалой число различных градаций зарегистрированных интенсивностей. Таким образом применение цветных телевизионных дисплеев в установках с МПК весьма желательно, поскольку указанные детекторы дают весьма подробную информацию об исследуемом объекте и требуют, следовательно, соответствующих качественных устройств визуализации.

1. АППАРАТУРА СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК КООРДИНАТНЫХ ДЕТЕКТОРОВ

Завершающим этапом создания детектирующей установки является комплексное исследование ее характеристик. Помимо исследования параметров, стендовые испытания позволяют выработать методику контроля характеристик детектора, выявить оптимальные алгоритмы управления и обработки информации.

Для исследований детекторов на основе МПК, предназначенных для радиографического изучения объектов, создан стенд, включающий: 1/ ЭВМ ЕС-1010, 2/ электронную аппаратуру регистрации информации с МПК с ЛЗ /линиями задержки/, 3/ цветной дисплей, созданный на основе телевизионной графической системы GMR-27^{/7/}.

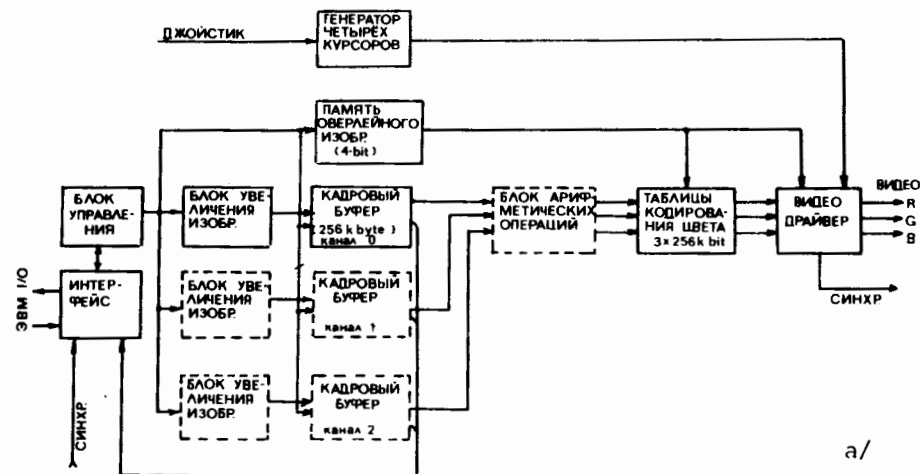
ОЗУ ЭВМ имеет емкость 16 Кслов: деление и умножение чисел с фиксированной запятой - аппаратное; емкость магнитного диска - 0,8 Мбайт, среднее время доступа - 10 мс; диалог ведется с помощью алфавитно-цифрового дисплея "Видеотон-340"; документирование данных осуществляется с помощью АЦПУ /80-колоночным/.

Графический дисплей, обладающий расширенными функциональными возможностями, имеет следующие основные характеристики /рис.1/:

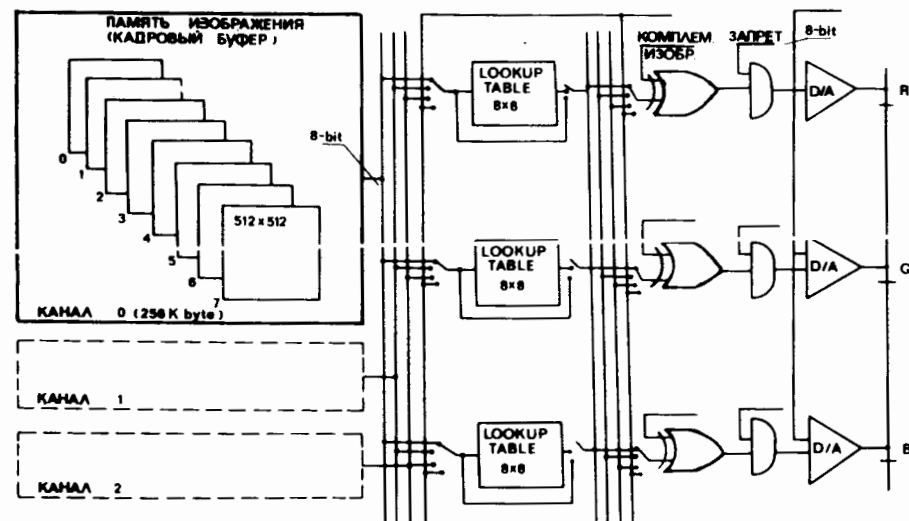
- емкость кадрового буфера - 512x512 точек;
- максимальное число кадровых буферов - 3;
- емкость элемента памяти - байт;
- число одновременно выводимых на экран цветов - 28;
- число видов реализуемых псевдоцветов - 2^{24} ;
- емкость памяти "overlay" - $512 \times 512 \times 2^2$;
- время выполнения одной операции записи - 1,5 мкс;
- число независимых курсоров - 4.

Получение псевдоцветов производится с помощью таблиц кодирования цвета. Дисплей имеет различные моды, существенно упрощающие разработку графического программного обеспечения:

- вывод символьной информации /возможны 4 типа размеров и задание фона/;
- вывод полуграфических элементов /прямоугольники, векторы/;



a/



b/

Рис.1. Блок-схема /а/ и основные узлы дисплейной телевизионной системы GMR-27 /б/. Пунктирной линией обозначены узлы, отсутствующие в данной конфигурации графической системы, но присутствующие в ее полной конфигурации.

- увеличение размеров изображения аппаратным способом;
- управление четырьмя курсорами с помощью джойстика /возможно считывание координат курсоров/.

Сопряжение дисплея с ЭВМ производится с помощью относительно простого интерфейса, выполненного в стандарте КАМАК^{/8/}.

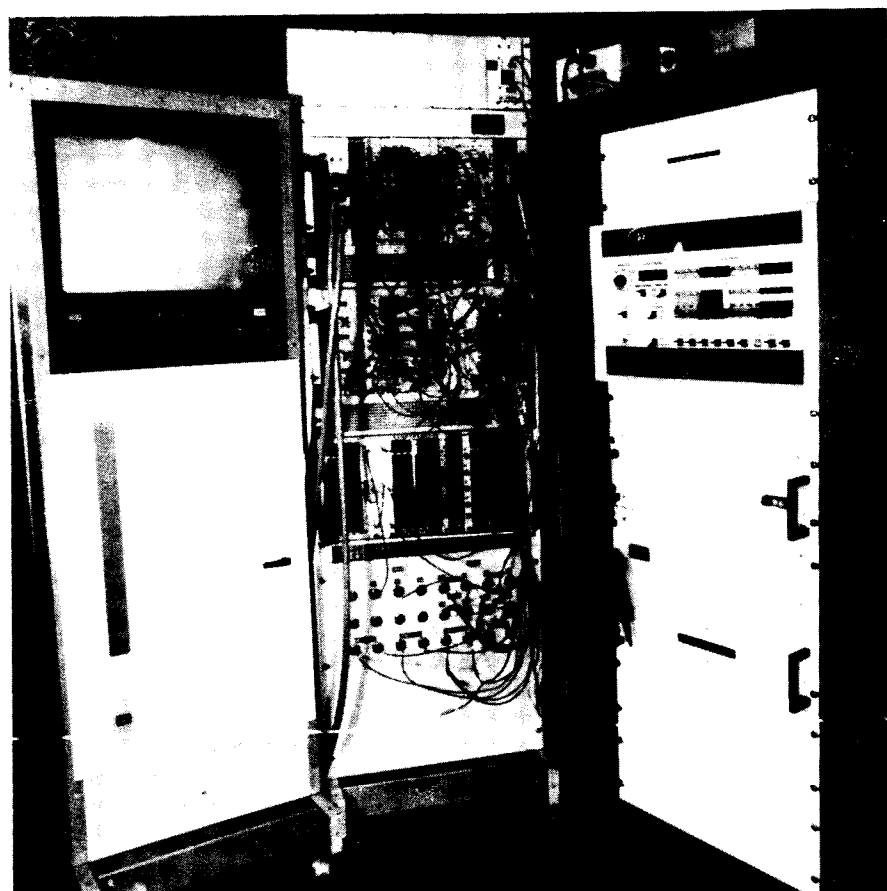


Рис.2. Внешний вид стенда на базе ЭВМ ЕС-1010.

Электронная аппаратура производит предварительный отбор данных и кодирование в цифровую форму^{/9/}. Точность кодирования - $/0,1 \pm 1/$ мм; полностью цифровой способ кодирования исключает необходимость введения поправок на температурный дрейф. Внешний вид стенда показан на рис.2.

2. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Разработанные программы, входящие в систему прикладных программ IMAGE, написаны на языке ассемблер и функционируют под управлением дисковой операционной системы реального времени. Система IMAGE включает 4 типа программ: накопления, статистиче-

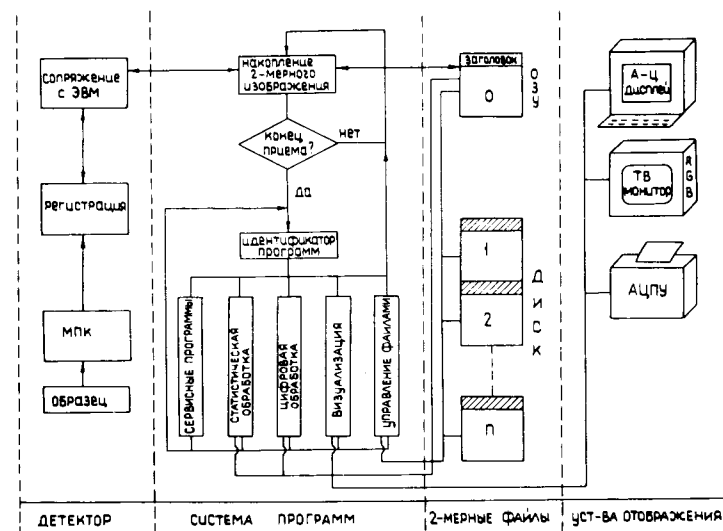


Рис.3. Организация аппаратных и программных средств стенда.

ского анализа, цифровой обработки и отображения информации. Функциональная схема организации аппаратных и программных средств стенда приведена на рис.3.

2.1. Накопление информации

Программа набора данных является резидентом в памяти ЭВМ. Назначение программы - создание двумерного изображения /матрицы чисел/ в буфере ОЗУ посредством инкрементации на 1 адреса ячейки памяти (X_B, Y_B) , вычисленного в соответствии с выражениями:

$$X_B = \frac{X_K - X_0}{K_C}; \quad Y_B = \frac{Y_K - Y_0}{K_C}, \quad //1/$$

где (X_K, Y_K) - информация с кодировщиков, (X_0, Y_0) - "начало координат", K_C - коэффициент "сжатия" / $K_C = 1, 2, 3, \dots$ /.

Константы X_0, Y_0, K_C задаются пользователем перед началом набора. В процессе набора отбираются только удовлетворяющие условию $0 \leq X_B \leq X_0, 0 \leq Y_B \leq Y_0$ события, где (X_0, Y_0) - линейные размеры буфера ОЗУ.

Информация может быть также предварительно обработана перед занесением в буфер. Одной из программ, производящих операции подобного рода, является программа экстраполяции траектории заряженной частицы в точку вылета TRECON (Track Reconstruction).

Для выполнения указанной процедуры используются две точки траектории (X_1, Y_1) , (X_2, Y_2) . В предположении близости трека частицы к прямой линии координаты точки вылета определяются по следующим формулам:

$$X = X_2 + K_x(X_1 - X_2); \quad Y = Y_2 + K_y(Y_1 - Y_2), \quad /2/$$

а угол входа частицы:

$$|\theta| = \arctg \frac{\sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2}}{K_\theta} \quad /3/$$

Константы K_x , K_y , K_θ определяются геометрией прибора.

2.2. Статистическая обработка данных

Назначение программы статистической обработки данных **СТАТУХУ** - получение количественных значений метрологических характеристик детекторов. С этой целью в прямоугольных зонах изображения вычисляется сумма и среднее значение отсчетов, "центр тяжести" в направлениях X и Y , среднеквадратичная погрешность отсчетов в ячейках, среднеквадратичные отклонения координат X и Y от среднего и другая информация. Координаты зон (X_1, X_2, Y_1, Y_2) задаются пользователем списком, размер списка - переменный. Распечатка статистической информации производится на АЦПУ в виде таблиц, соответствующих заданным списком зонам.

2.3. Цифровая обработка изображений

Цифровая обработка изображений является эффективным средством повышения точности и скорости анализа зарегистрированной информации и может поэтому рассматриваться как способ улучшения параметров детектора. В приложении к методике МПК в радиографических исследованиях задача осложняется как большим числом элементов дискретизации, так и требованием оперативности обработки данных. В связи с этим важной проблемой является ограничение объема /а значит, и времени/ вычислений. Число производимых операций определяется а/ типом операции обработки, б/ суммарным числом элементов анализируемого изображения. Это обстоятельство отражено в классификации типов цифровой обработки, основанной на различии числа элементов исходного изображения, привлекаемых для формирования элемента трансформированной картины. При этом все виды обработки рассматриваются как результат воздействия трех типов операторов: точечных, локальных и глобальных /10/.

Действие точечных операторов характеризуется тем, что значение элемента выходного изображения определяется только одним

элементом входной картины. К подобным операторам относятся поэлементное сложение, вычитание, умножение и деление двух изображений или изображения и константы, экспоненцирование, возведение в степень и т.д. Локальные операторы используют для вычислений небольшую окрестность точек преобразуемого изображения. Одним из наиболее эффективных локальных операторов являются двумерные фильтры, действие которых задается выражением

$$g'(i, j) = \sum_{k=-K1}^{K2} \sum_{\ell=-L2}^{L2} h(k, \ell) g(i - k, j - \ell), \quad /4/$$

т.е. значение выходного элемента $g'(i, j)$ задается суммой взвешенных /с весом h / исходных элементов окрестности $g(i, j)$. Положительные значения элементов матрицы h дают сглаживающие фильтры; наличие отрицательных коэффициентов позволяет подчеркивать границы, устранять расфокусировку. Глобальные операторы используют для вычисления значений элементов выходного изображения большую часть или всю исходную информацию. Важнейшим из таких операторов является процедура двумерного быстрого преобразования Фурье.

В системе программ **IMAGE** реализованы некоторые точечные и локальные операторы, что позволило добиться оперативности обработки данных на малой ЭВМ вследствие небольшого объема вычислений.

По характеру воздействия указанные операции цифровой обработки разделяются на 2 класса: 1/ реставрации изображения и 2/улучшения интерпретации. Под реставрацией изображения понимаются операции коррекции искажений, возникающих в процессе регистрации радиографического изображения. Сюда относятся преобразования по восстановлению пространственного разрешения, коррекция неоднородности ширины канала и локальных значений эффективности регистрации, геометрической нелинейности. К операциям улучшения интерпретации относятся процедуры повышения контрастности, подавления шумов, изменение диапазона яркостей и т.п. Эти преобразования в некоторых случаях позволяют ускорить и повысить качество визуального анализа радиографических изображений. В программы **IMAGE** включены алгоритмы обоих указанных классов преобразований.

Операции реставрации осуществляются программой **MSDC**, управляющей размещенными на диске файлами накопленных изображений. Эта программа выполняет арифметические и логические действия над соответствующими элементами двух изображений или элементами изображения и константами. Тип операции, константы и указатели файлов на диске /исходного и результирующего/ задаются в диалоговом режиме.

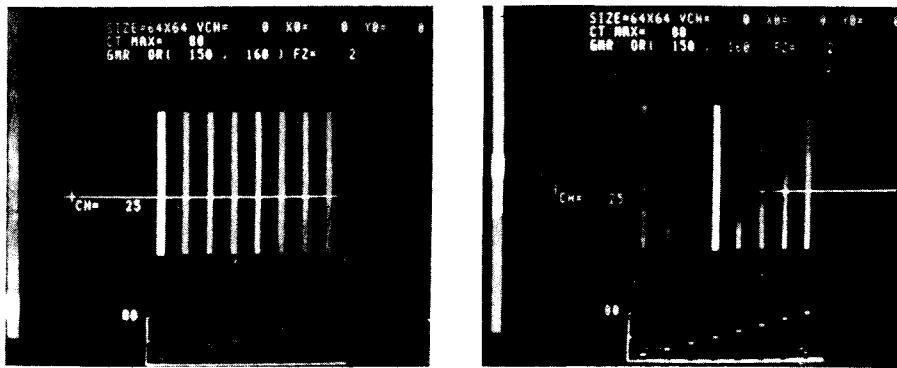


Рис.4. Действие оператора "яркостного среза" /а/ и /б/.

Для улучшения качества интерпретации используются точечные и локальные операторы. К точечным операторам относится программа **SHIFT**, осуществляющая операцию "яркостного среза" - посредством управления таблицами кодирования цвета /рис.4/. Пользователь может изменять шаг "скользящего" окна шкалы и размеры окна. Аналогичную функцию выполняют: программа "дифференциально-го среза", используемая при распечатке изображения на АЦПУ, и программа **RESTR**, осуществляющая такую же операцию над изображением в буфере ОЗУ ЭВМ.

К локальным операторам относятся разработанные программы цифровой фильтрации **FILTER** и **MEDIAN**. Программа **FILTER** производит операцию, подобную описываемой выражением 4. Размер матрицы $[h] = 3 \times 3$ элемента. Весовые коэффициенты могут быть как положительными, так и отрицательными, что позволяет реализовать процедуры сглаживания и повышения контрастности. Программа **MEDIAN** реализует медианную фильтрацию в заданной окрестности точек. Действие двумерного медианного фильтра состоит в замене центрального элемента на значение его "медианного" элемента по окрестности $N \times M$ точек, т.е. элемента, для которого существует $(N \times M - 1) / 2$ меньших или равных ему по величине элементов. Достоинства подобного преобразования - малая расфокусировка. Фильтр полезен при подавлении импульсных помех размером менее половины "окна" - $(N \times M) / 2$.

2.4. Отображение информации

Накопленная и обработанная в ЭВМ информация выводится на экран графического дисплея АЦПУ и алфавитно-цифровой дисплей "Видеотон-340". Способы визуализации: двумерное изображение, гистограммы, таблицы.

На АЦПУ выводятся 1/ списком таблицы статистических характеристик зон изображения, 2/ двумерная матрица чисел, отображаемая

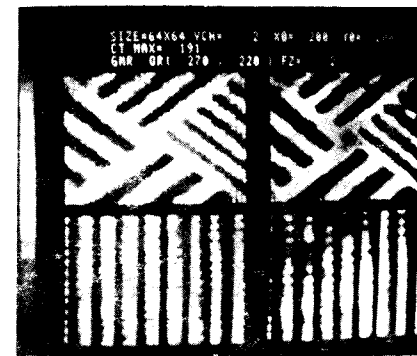


Рис.5. Отображение нескольких кадров на экране дисплея высокого разрешения.

с помощью 10 /или 16/ символов, 3/ гистограммы сечений двумерного изображения $X = \text{const}$ или $Y = \text{const}$. Для распечатки группы гистограмм задаются первый и последний номера списка.

На экране телевизионного монитора отображаются: 1/ двумерное изображение, закодированное псевдоцветами, и цветовая шкала, 2/ символьная информация, 3/ гистограммы распределений отсчетов вдоль сечений выводимого изображения. При выполнении пунктов 2 и 3 используется память "overlay".

К указанным программам относятся:

- **GMRB**, выполняющая вывод на дисплей двумерного изображения из буфера в ОЗУ ЭВМ. Входными данными являются адрес и линейные размеры буфера, координаты начала координат на экране дисплея и масштабные коэффициенты по осям X и Y .
- **COLOR**, управляющая таблицами кодирования цвета; по команде в дисплей заносится одна из нескольких, заранее подобранных и хранящихся в ЭВМ, таблиц.
- **TEXT**, обеспечивающая вывод символьной информации.
- **HIST**, строящая гистограммы сечений изображения по осям X или Y . Координата сечения задается пользователем с помощью курсора, перемещаемого джойстиком.

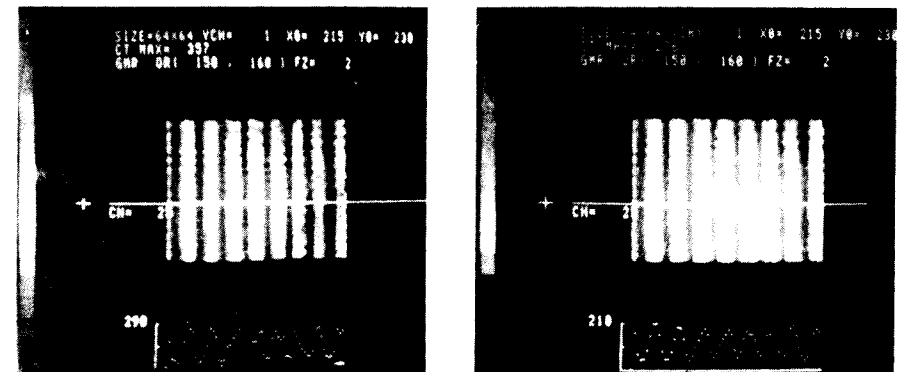


Рис.6. Вывод гистограммы сечения с помощью памяти типа "overlay" исходного /а/ и сглаженного /б/ изображений.

Примеры работы указанных программ иллюстрируются рисунками 4 + 6, на которых показаны радиографические изображения, полученные с помощью гамма-камеры^{/11/}.

ЛИТЕРАТУРА

1. Charpak G. *Scal. Instr. and Meth.*, 1978, v. 156, No. 1,2, p. 1.
2. Заневский Ю.В. Многоканальные детекторы элементарных частиц. Атомиздат, М., 1978.
3. Заневский Ю.В. и др. ОИЯИ, P14-82-591, Дубна, 1982.
4. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. "Мир", М., 1982, т. 2.
5. Todd-Pokropek A., Paola R.D. *IEEE Trans.Nucl.Sci.*, 1982, v. NS-29, No.4, p. 1299.
6. Pizer S.M. et al. *IEEE Trans.Nucl.Sci.*, 1982, v. NS-29, No.4, p. 1322.
7. Graphics and imaging solutions from Grinell.Elec.Design, 1982, v. 5, p. 106.
8. Анисимов Ю.С. и др. ОИЯИ, 18-83-292, Дубна, 1983.
9. Иванов А.Б. и др. ОИЯИ, P10-83-300, Дубна, 1983.
10. Twogood R.E. et al. *IEEE Trans.Nucl.Sci.*, v. NS-29, No.3, p. 1076.
11. Анисимов Ю.С. и др. ОИЯИ, P13-81-541, Дубна, 1981.

Рукопись поступила в издательский отдел
1 июля 1983 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

Д3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
Д1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
Д1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
Д4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта. 1980.	5 р. 00 к.
Д2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
Д10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
Д1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
Д17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
Д1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
Р18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
Д2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
Д9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
Д3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Анисимов Ю.С. и др.

P10-83-462

Программные и аппаратные средства для обработки информации с двумерных многопроволочных детекторов

Описаны программные и аппаратные средства для обработки информации с координатных детекторов на основе многопроволочных пропорциональных камер /МПК/. Стенд для исследования характеристик детекторов включает в себя ЭВМ ЕС-1010, электронную аппаратуру регистрации информации с двухкоординатных МПК и цветную телевизионную графическую систему высокого разрешения. Рассмотрены основные характеристики и моды работы графической системы. Созданное программное обеспечение осуществляет накопление информации, статистическую и цифровую обработку данных /изображения/, отображение информации на графический дисплей.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований Дубна 1983

Anisimov Yu.S. et al.

P10-83-462

Software and Hardware for Data Processing from Two-Dimensional Multiwire Detectors

Software and hardware means for data processing from coordinate detectors based on multiwire proportional chambers (MWPC) are described. The stand for studying the detector characteristics consists of the ES-1010 mini-computer, electron hardware means for registration of information from the two-dimensional MWPC and colour television graphic system with a high resolution. The main characteristics and modes of the graphic system are considered. The created software allows one to accumulate the information, data statistical and digital processing (images), visual representation of information on graphic display.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.
Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Анисимов Ю.С. и др.

P10-83-462

Программные и аппаратные средства для обработки информации с двумерных многопроволочных детекторов

Описаны программные и аппаратные средства для обработки информации с координатных детекторов на основе многопроволочных пропорциональных камер /МПК/. Стенд для исследования характеристик детекторов включает в себя ЭВМ ЕС-1010, электронную аппаратуру регистрации информации с двухкоординатных МПК и цветную телевизионную графическую систему высокого разрешения. Рассмотрены основные характеристики и моды работы графической системы. Созданное программное обеспечение осуществляет накопление информации, статистическую и цифровую обработку данных /изображения/, отображение информации на графический дисплей.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Anisimov Yu.S. et al.

P10-83-462

Software and Hardware for Data Processing from Two-Dimensional Multiwire Detectors

Software and hardware means for data processing from coordinate detectors based on multiwire proportional chambers (MWPC) are described. The stand for studying the detector characteristics consists of the ES-1010 mini-computer, electron hardware means for registration of information from the two-dimensional MWPC and colour television graphic system with a high resolution. The main characteristics and modes of the graphic system are considered. The created software allows one to accumulate the information, data statistical and digital processing (images), visual representation of information on graphic display.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.
Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой