

C344.3

Б-959

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Ю.А.Бычков

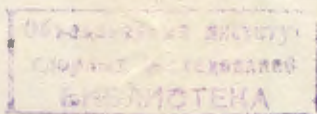
1664

**УСТРОЙСТВО
ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПРОСМОТРА
ЯДЕРНЫХ ФОТОЭМУЛЬСИЙ**

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

**Научный руководитель
доктор физико-математических наук
профессор**

В.А.Петухов



Дубна 1964

1. Ускоренная и автоматическая обработка материалов и данных, полученных в результате физических экспериментов, является актуальной проблемой. Особое значение этот вопрос приобретает при просмотре и измерениях фотографических снимков от пузырьковых и искровых камер, а также в экспериментах с ядерными фотоэмульсиями. Метод толстослойных ядерных фотоэмульсий^{/1/}, имеющий ряд преимуществ, является, однако одним из наиболее трудоемких. В связи с этим неоднократно предпринимались попытки механизировать и автоматизировать различные процессы получения и обработки информации в фотометод. Значительные успехи достигнуты в автоматизации измерений физических и кинематических параметров следов заряженных частиц в фотоэмульсиях. Однако задача автоматизации наиболее трудоемкого процесса - просмотра фотоэмульсий с целью поиска событий - до настоящего времени не получила удовлетворительного решения, хотя имеется ряд удачных попыток автоматизировать просмотр вдоль следа заряженных частиц^{/2,3,8/}.

Принципиальным недостатком такого способа просмотра является ограниченная скорость, связанная с трудностями построения достаточно быстрой следящей системы. Слежение за следом наиболее удачно отвечает требованиям измерения его параметров. Более перспективным с точки зрения скорости поиска событий является автоматический просмотр по площади.

Реферируемая диссертация является попыткой анализа и решения основных вопросов, связанных с созданием устройства автоматического просмотра фотоэмульсий по площади. Диссертация состоит из вводной части, четырех глав и заключительной части.

Во введении обсуждаются в общем плане основные аспекты проблемы применительно к автоматизации просмотра по площади, в результате чего дается обобщенная структурная схема устройства. Основными задачами на пути осуществления такого устройства являются: 1) получение, селекция и накопление информации на фоне значительного шума и помех, характерных для фотоэмульсии; 2) опознавание образов, искомым событиям среди множества других комбинаций различных следов заряженных частиц. При решении второй задачи автором использованы элементы теории опознавания образов^{/4,5/}. В целях облегчения многих конкретных вопросов предполагается, что автоматический просмотр производится в фотоэмульсиях, экспонированных в пучках частиц с малой угловой расходимостью (\sim до 3°), что реально имеет место в физических экспериментах на ускорителях заряженных частиц. Это в значительной мере упростило

Ю.А. Бычков

1684

СЗУУ.З

Б-959

УСТРОЙСТВО
ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПРОСМОТРА
ЯДЕРНЫХ ФОТОЭМУЛЬСИЙ

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
доктор физико-математических наук
профессор

В.А. Петухов

Дубна 1964

2026 рр.

структуру устройства. Так как все устройство является узко специализированным, то обсуждается и обосновывается выбор способа получения, обработки и анализа информации в аналоговой, а не дискретной (цифровой) форме. Даны определения основных параметров просмотрного автомата: углового разрешения, скорости просмотра, эффективности и коэффициента присчета ложных событий.

II. В первой главе излагаются основные принципы работы просмотрного автомата и дано краткое описание его блок-схемы. В датчике сигналов происходит преобразование пространственных координат следов, расположенных в объеме фотоэмульсии, во временную последовательность электрических импульсов-сигналов. Изображение фотоэмульсии при помощи объектива и оптической системы проектируется в плоскость изображения, в которой оно сканируется щелевым линейным растром перпендикулярно среднему направлению первичных следов. Растр создается при помощи барабана оптико-механической развертки. Изменения светового потока при сканировании изображения фотоэмульсии воспринимаются фотоумножителем и преобразуются в электрические сигналы. Для просмотра фотоэмульсии по всей глубине объектив совершает медленные возвратно-поступательные перемещения перпендикулярно плоскости фотоэмульсии. Просмотр производится циклически: при перемещении объектива в одну сторону (рабочий ход) и неподвижной фотоэмульсии происходит собственно просмотр в пределах одного поля зрения объектива, при обратном ходе объектива - столик с фотоэмульсией перемещается на соседнее поле и т.д. В блоке предварительной обработки сигналов происходит выделение "полезных" сигналов на фоне шума и их формирование. Полученная таким образом информация послонно (по отношению к фотоэмульсии) и синхронно (по отношению к растру) накапливается в запоминающем устройстве (ЗУ) аналогового типа на магнитном барабане. Синхронность развертки и накопления информации обеспечивается блоком синхронного электропривода. После накопления определенного объема информации она считывается и анализируется в системе логического анализа. Программа накопления, считывания и анализа информации задается блоком программного управления, работа которого синхронизована кадровыми и строчными импульсами от датчика сигналов. Реверсивный электро-механический счетчик отмечает координаты полей. Фиксация координат полей, в которых зарегистрированы события, производится автоматически блоком фоторегистрации по сигналу "событие" от системы логического анализа.

III. Вторая глава посвящена вопросам получения информации от фотоэмульсии в виде электрических сигналов. Проведен сравнительный анализ трех типов датчиков сигналов: 1) с проекционной трубкой "бегущий луч"; 2) с телевизионными трубками с накоплением зарядов (икonosкоп, ортискон, видикон); 3) с оптико-механической разверткой. Обоснован выбор последнего типа датчика сигналов в устройстве автомати-

структуру устройства. Так как все устройство является узко специализированным, то обсуждается и обосновывается выбор способа получения, обработки и анализа информации в аналоговой, а не дискретной (цифровой) форме. Даны определения основных параметров просмотрного автомата: углового разрешения, скорости просмотра, эффективности и коэффициента присчета ложных событий.

II. В первой главе излагаются основные принципы работы просмотрного автомата и дано краткое описание его блок-схемы. В датчике сигналов происходит преобразование пространственных координат следов, расположенных в объеме фотоэмульсии, во временную последовательность электрических импульсов-сигналов. Изображение фотоэмульсии при помощи объектива и оптической системы проектируется в плоскость изображения, в которой оно сканируется шелевым линейным растром перпендикулярно среднему направлению первичных следов. Растр создается при помощи барабана оптико-механической развертки. Изменения светового потока при сканировании изображения фотоэмульсии воспринимаются фотоумножителем и преобразуются в электрические сигналы. Для просмотра фотоэмульсии по всей глубине объектив совершает медленные возвратно-поступательные перемещения перпендикулярно плоскости фотоэмульсии. Просмотр производится циклически: при перемещении объектива в одну сторону (рабочий ход) и неподвижной фотоэмульсии происходит собственно просмотр в пределах одного поля зрения объектива, при обратном ходе объектива - столик с фотоэмульсией перемещается на соседнее поле и т.д. В блоке предварительной обработки сигналов происходит выделение "полезных" сигналов на фоне шума и их формирование. Полученная таким образом информация послыжно (по отношению к фотоэмульсии) и синхронно (по отношению к растру) накапливается в запоминающем устройстве (ЗУ) аналогового типа на магнитном барабане. Синхронность развертки и накопления информации обеспечивается блоком синхронного электропривода. После накопления определенного объема информации она считывается и анализируется в системе логического анализа. Программа накопления, считывания и анализа информации задается блоком программного управления, работа которого синхронизована кадровыми и строчными импульсами от датчика сигналов. Реверсивный электро-механический счетчик отмечает координаты полей. Фиксация координат полей, в которых зарегистрированы события, производится автоматически блоком фоторегистрации по сигналу "событие" от системы логического анализа.

III. Вторая глава посвящена вопросам получения информации от фотоэмульсии в виде электрических сигналов. Проведен сравнительный анализ трех типов датчиков сигналов: 1) с проекционной трубкой "бегущий луч"; 2) с телевизионными трубками с накоплением зарядов (иконоскоп, ортикон, видикон); 3) с оптико-механической разверткой. Обоснован выбор последнего типа датчика сигналов в устройстве автомати-

ческого просмотра. Значительное место уделено рассмотрению физических процессов образования электрических сигналов от фотоэмульсии в датчике сигналов и выводу соотношений, характеризующих сигналы. Все выводы проведены с учетом дифракционных явлений при образовании оптического изображения фотоэмульсии. Введено понятие безразмерного коэффициента поглощения света D в изображении релятивистских следов и выведены соотношения для сигналов в функции Y - координаты $U_c(y)$ и времени $U_c(t)$ с учетом апертурных искажений, вызываемых конечной шириной сканирующей щели. В предположении, что усредненная вдоль следа одномерная функция распределения коэффициента поглощения света описывается законом

$$D(y) = D_0 e^{-a y^2} \quad (1)$$

спектральным методом получены выражения для сигналов в виде:

$$U_0(y) = \frac{u_0 D_0}{2Y} \sqrt{\frac{\pi}{a}} \{ \Phi[\sqrt{a}(\frac{Y}{2} + y)] + \Phi[\sqrt{a}(\frac{Y}{2} - y)] \} \quad (2)$$

и

$$U_0(t) = \frac{u_0 D_0}{2Y} \sqrt{\frac{\pi}{a}} \{ \Phi[\sqrt{b}(\frac{r}{2} + t)] + \Phi[\sqrt{b}(\frac{r}{2} - t)] \}, \quad (3)$$

где U_0 ; D_0 ; Y ; r ; a и b - постоянные для данного датчика сигналов и фотоэмульсии величины; $\Phi(y)$ и $\Phi(t)$ - интегралы вероятности.

Выражения (2) и (3) хорошо аппроксимируются функциями вида $U(y) = U_0 e^{-a y^2}$ и $U(t) = U_0 e^{-b t^2}$. Получено удовлетворительное согласие с экспериментом. Рассмотрен вопрос о влиянии параметров датчика сигналов на отношение сигнал/шум на выходе фотоумножителя и возможные пути увеличения этого отношения. Даны рекомендации по выбору параметров датчика сигналов: увеличения оптической системы, диаметра поля зрения и формы кадра, формы, размеров и скорости движения сканирующих щелей и др. Анализируется влияние aberrаций оптической системы.

Отдельный параграф посвящен выводу соотношений для временных погрешностей при преобразовании информации в блоке оптико-механической развертки.

В конце главы приведены результаты экспериментов на макете датчика сигналов.

IV. В третьей главе излагаются вопросы, связанные с обработкой, квантованием на два уровня и накоплением информации, полученной от датчика сигналов. Основным является вопрос оптимальной фильтрации сигналов на фоне шума. Рассмотрены критерии оптимальной фильтрации: 1) по максимуму отношения сигнал/шум и 2) по минимуму среднеквадратичной ошибки временного отсчета сигнала. На основании работы автора^{16/} даются рекомендации по выбору структуры оптимального фильтрующего

устройства для сигналов колокольной формы $U_0(t) = U_0 e^{-\beta t^{2,1}}$. Отдельно рассмотрен вопрос амплитудного разделения сигналов и шума в случае перекрывающихся спектров. Описано устройство и приведены экспериментальные данные, полученные на макетах блоков предварительной обработки сигналов и временной фиксации. Для накопления информации перед анализом автором предложено и разработано запоминающее устройство на магнитном барабане, особенностью которого является то, что магнитный барабан служит для накопления не цифровой, а аналоговой информации. Вся электронная часть ЗУ выполнена на транзисторах. Приводятся экспериментальные данные испытаний макетного варианта ЗУ.

V. В четвертой главе подробно рассматриваются принципы работы и выводятся соотношения для параметров системы логического анализа (СЛА), которые являются одновременно и параметрами всего просмотрового автомата: углового разрешения в горизонтальной и вертикальной плоскостях, эффективности, коэффициента присчета ложных событий, скорости просмотра. Отдельно рассмотрены геометрические и временные соотношения. Во все соотношения входят среднестатистические значения величин, являющиеся результатом определенных упрощающих допущений, принятых с учетом условий, близких к самым неблагоприятным. Поэтому полученные выражения дают значения параметров с некоторой гарантией. Для улучшения углового разрешения и эффективности просмотра предложен способ многоканального анализа информации. Угол в плоскости анализа ($3^\circ - 5^\circ$), в котором распределены сигналы от первичных следов в фотоэмульсии, разбивается на "веер" узких ($\sim 0,5^\circ$) угловых каналов. Распределение информации по каналам осуществляется в блоке временных задержек. Анализ информации в каждом канале производится независимо, а результирующие эффекты суммируются. Отдельный параграф посвящен структуре и схемным решениям блока программного управления. Описана принципиальная схема и работа одного из возможных вариантов блока логического анализа.

VI. В заключительной части реферируемой диссертации подведены итоги проведенных исследований и экспериментальной проверки на рабочем макете просмотрового автомата, которые, в основном, состоят в следующем.

1. Для целей автоматического просмотра ядерных фотоэмульсий, экспонированных в почти параллельных пучках заряженных частиц, наиболее целесообразным является устройство просмотра по площади, построенное по аналоговому принципу.

2. Датчик сигналов с оптико-механической разверткой, совместно с системой предварительной обработки сигналов, при сканировании релятивистских следов с минимальной ионизацией 25-30 зерен на 100 мк следа в фотоэмульсиях с низкой плотностью вуали (1,5-2 зерна на 1000 мк³) и малой загрузкой фоновыми следами позволяют полу-

чить отношение сигнал/шум порядка (3-5). Отношение сигнал/шум растет прямо пропорционально плотности ионизации следа и корню квадратному из освещенности в плоскости изображений. Имеется возможность увеличить отношение сигнал/шум, по крайней мере, в 2 раза.

3. Описанная система получения, обработки и передачи информации обеспечивает временной разброс сигналов на входе логического устройства ~ 5 мксек. Имеется возможность уменьшить этот разброс до ± 1 мксек.

4. На базе рассмотренных принципов возможно практически осуществить устройство для автоматического просмотра ядерных фотоэмульсий с перечисленными ниже значениями параметров:

- а) угловое разрешение в проекции на горизонтальную плоскость - 1° ;
- б) угловое разрешение в вертикальной плоскости $< 20^{\circ}$;
- в) скорость просмотра (при загрузке фотоэмульсии $5 \cdot 10^4$ первичных частиц на см^2 до проявления) - не менее 10 м следов в час;
- г) эффективность просмотра $> 90\%$;
- д) коэффициент присчета ложных событий - не более 1.

5. При многоцелевом использовании устройства автоматического просмотра его целесообразно строить по блочному принципу со сменными функциональными блоками.

Материал диссертации опубликован в работах /6,7,8,10/.

Л и т е р а т у р а

1. С.Пауэл и др. Исследование элементарных частиц фотографическим методом, перевод с английского под редакцией Г.Б.Жданова, ИЛ, М., 1962.
2. А.К.Воронков и др. Прибор для автоматического просмотра ядерных фотоэмульсий методом телевизионного раstra, ПТЭ № 2, 1961; ПТЭ, № 1, 1962.
3. В.В.Глаголев и др. Автоматизация просмотра вдоль следа. Материалы совещания по методике толстослойных фотоэмульсий в Дубне, 1957 г.
4. А.А.Харкевич. Опознание образов, Радиотехника, т.14, № 5, 1959.
5. А.А.Харкевич. О принципах построения читающих машин, Радиотехника, т.15, № 2, 1960.
6. Ю.А.Бычков. Об одной задаче оптимального выделения сигналов на фоне шума. Препринт ОИЯИ 1486, Дубна, 1963.
7. Б.Е.Белоусов, Ю.А.Бычков, П.Н.Гисич, Е.Кац. Автоматическая телевизионная система для просмотра толстослойных ядерных фотоэмульсий, "Вопросы радиоэлектроники", серия 1Х, вып. 3, 1963.

8. Ю.А.Бычков, Ви Чун Вон, Е.Кац. О применении метода "временного кониуса" для точного измерения больших временных интервалов. Препринт ОИЯИ 1377, Дубна, 1963.
9. Duff M.J. Automatic following of track in nuclear emulsions. Report of Meeting held at CERN, January, 1959, CERN - 13, March, 1959.
10. Bychkov Ju.A., Vi Chun Von, Frolov A.M., Katz E., Pacuraru T., Petukhov V.A., Tsislyak O.N., Volkov V.Ja. A method and device for automatic scanning of nuclear emulsions. Nuclear instruments and methods , v.20 (1963).

Рукопись поступила в издательский отдел
5 мая 1964 г.