

94520

K-893

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ

10 - 7521

КУЗЬМИЧЕВ
Михаил Александрович

**АВТОМАТИЗАЦИЯ СБОРА ИНФОРМАЦИИ
ПРИ ИЗУЧЕНИИ МНОГОЧАСТИЧНЫХ
ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ ФОТОМЕТОДОМ**

Специальность 05 260 - приборы
экспериментальной физики

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

(Диссертация написана на русском языке)

Дубна 1973

Работа выполнена в Физико-техническом институте АН УССР
(г. Харьков)

Научный руководитель: кандидат физико-математических наук
Н.Я.РУТКЕВИЧ

Официальные оппоненты: доктор технических наук А.И.ФИЛИПОВ,
кандидат технических наук Б.С.РОЗОВ

Ведущее научно-исследовательское учреждение:
Институт ядерных исследований АН СССР (г. Москва)

Автореферат разослан "___" _____ 1973 г.

Защита диссертации состоится "___" декабря 1973 г. на заседании Ученого совета Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ в г. Дубне Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета

Е.А.ЛОГИНОВА

Прямое фотографирование следов заряженных частиц в толсто-
слойных фотоэмульсиях является одним из важных методов современной
ядерной физики при изучении реакций на сложных ядрах, которые со-
провождаются вылетом большого числа вторичных частиц и короткожи-
вущих фрагментов. Этот простой и удобный метод при постановке
эксперимента заключает в себе значительные трудности при извлече-
нии информации, зарегистрированной в фотослоях. Аппаратурные до-
стижения в фотометодe серьезно отстают от уровня производительно-
ности и степени автоматизации измерительных установок, обрабатыва-
ющих фотоснимки с пузырьковых камер и других трековых детекторов
/1,2/. Близость фотометода другим трековым методикам в большинст-
ве случаев не означает возможности прямого переноса удачных техни-
ческих решений из одной области в другую. В частности, метод "Бе-
гущий луч", совершивший переворот в технике обмера трековых фото-
документов, для геометрических измерений в фотоэмульсиях пока еще
не реализован. Несмотря на интенсивные разработки отдельных прибор-
ов и комплексов измерительной аппаратуры, существует ряд вопро-
сов, недостаточно ясных на сегодняшний день, с которыми сталкива-
ется каждый разработчик. К числу таких вопросов относятся:

1. Определение оптимальной структуры измерительного комплек-
са.

2. Выбор наилучшего алгоритма функционирования системы.

3. Обоснование точности отдельных приборов, выбор кода, диа-
пазона и шага квантования их отсчетных устройств.

Ответы на эти вопросы могут быть получены в каждом конкретном
случае путем привлечения системы научных методов, от математическо-
го моделирования до исследования операций и инженерной психологии.

Точные количественные оценки для третьей группы вопросов получают-
ся на основе информационного согласования характеристик приборов
со свойствами фотодокументов, которому посвящена вторая глава ре-
феррируемой работы.

Ответы на первые два вопроса приводятся в форме принятия кон-
кретных решений на основе анализа структур и алгоритмов, с привле-
чением критериев оценки эффективности^{/9,10/}.

Материалы представленной диссертации обобщают результаты ра-
бот, выполненных автором в ФТИ АН УССР в 1967-1971 г.г., по созда-
нию комплекса аппаратуры, автоматизирующей сбор и подготовку к об-
работке на ЭВМ данных, полученных при изучении параметров многолу-
чевых звезд в толстых фотоэмульсиях.

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения.

В первой главе рассмотрены физические свойства толстых фото-
слоев и основные этапы автоматизации трудоемких процессов в фото-
методе.

Во второй главе проведен анализ информационных характеристик
простейших фотодокументов и измерительной аппаратуры.

В третьей главе обоснованы структура комплекса измерительных
микроскопов и технические характеристики отдельных приборов.

В четвертой главе описаны цифровые преобразователи углов, ап-
паратура для их аттестации и ряд ключевых вопросов, возникающих
при разработке датчиков.

В пятой главе рассмотрены вопросы параллельного использования
оборудования при сборе данных с группы измерительных установок.

В заключении обсуждаются результаты эксплуатации комплекса.

Глава I. ФОТОЭМУЛЬСИИ - ТРЕКОВЫЙ ДЕТЕКТОР В ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Сочетание свойств мишени, детектора и фотодокумента в одном
препарате обуславливает единство его физических и информационных
характеристик^{/3/}. Сложный атомный состав (свыше 10 сортов ядер) и
большая плотность (до 4 г/см^3) делают фотоэмульсию эффективной ми-
шенью с высокой тормозной способностью и большой вероятностью
ядерного взаимодействия. Как детектор, фотоэмульсию характеризуют:
отличная дискриминационная способность и хорошее угловое и энерге-
тическое разрешение. Как фотодокумент, фотоэмульсия сохраняет со-
бытия в весьма компактном трехмерном виде.

Перечисленные свойства фотослоев дают важные преимущества фо-
тометоду при идентификации неизвестных частиц и изучении новых ка-
налов ядерных реакций.

Большинство работ с фотослоями - просмотр пластинок, изме-
рение пробегов частиц, изучение структуры следов - осуществляются с
помощью микроскопов при типичных увеличениях $140\times-800\times$. Неотъемле-
мым участником этих работ является оператор-микроскопист.

Автоматизация трудоемких операций в фотометоду на современном
этапе ставит своей целью упрощение труда оператора, повышение его
производительности, снижение удельного веса субъективных оценок
при измерениях. Можно указать ряд научно-исследовательских лабора-
торий и групп, успешно работающих в этой области^{/4-6/}. Наиболее
последовательные и существенные достижения в области создания се-
рийной аппаратуры связаны с разработками КБ ЛОМП, в частности, с
освоением прибора МПЭ-1^{/7/}.

Большой удельный вес ручных работ при сборе информации в фотометоде является его основной особенностью и недостатком.

С одной стороны, этот факт объясняется тем, что размеры следов в фотослоях соответствуют предельным разрешениям оптических приборов, и здесь неприменим метод бегущего луча для прямого сканирования фотодокументов, с другой стороны, анализ показывает, что объем информации, которая содержится в фотослоях, зачастую превышает возможности современных вычислительных систем по приему и автоматической обработке данных.

Глава II. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФОТОДОКУМЕНТОВ И ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ

Тот факт, что события, зарегистрированные на трековых фотодокументах, представляют собой простые геометрические фигуры (пучки прямых или парабол), позволяет рассматривать фотоснимки как простейшие источники визуальной информации^{/8/}. Любой след можно представить в виде совокупности малых площадок, яркость которых отлична от яркости фона, т.е. изображение предполагается двухградационным. Если связать размеры элементарной площадки изображения с величиной флуктуаций, размывающих границы следов или положение зерен серебра в фотослоях, то энтропия простейшего источника визуальной информации определится выражением

$$H_c = \log_2 \frac{S}{2\pi e \sigma_0} \text{ дит}, \quad (I)$$

здесь S - площадь фотодокумента, σ_0 - среднеквадратичная величина флуктуаций, π, e - константы.

Выражение (I) получено при допущении, что флуктуации, размывающие следы, подчинены статистике двумерного нормального кругового распределения (двумерный белый шум).

H_c означает длину двоичного кода, достаточного, чтобы описать любую точку фотодокумента.

$\frac{S}{2\pi e \sigma_0}$ определяет, следовательно, число площадок, которые можно выделить на фотодокументе на грани их разрешения.

Измерительное устройство преобразует визуальную информацию в сообщение, внося дополнительную неопределенность (шум квантования) в положение измеряемых точек следа.

Анализ этого явления приводит к оценке энтропии сообщения.

$$H_c = \log_2 \frac{S}{2\pi e \sqrt{\sigma_0^2 + \sigma_n^2}} \text{ дит}, \quad (2)$$

здесь σ_n - среднеквадратичная величина эквивалента шума квантования идеального кодера.

Шум квантования имеет статистику, отличную от статистики "белого шума", и поэтому он заменен белым шумом равной энтропии.

Для реальных приборов за σ_n принимается среднеквадратичная погрешность измерений, в которую входит и ошибка квантования. В этом случае она должна быть меньше или, по крайней мере, одного порядка с суммарной ошибкой других узлов прибора.

Выражение (2) позволяет оценить вклад погрешности измерителя в сообщение, а процедура замены шума квантования двумерным белым шумом позволяет обоснованно выбирать шаг квантования прибора и может быть использована при определении класса прибора и доверительного интервала его отсчетов.

На основе (I) и (2) несложно получить выражение для полной информации о событии на фотоснимке и в сообщении. Принимая же за эталон окончательную интерпретацию событий получателем, можно вычислить корреляционную избыточность сообщения.

$R_c = \left(\frac{N}{n+1} - 1\right) \cdot 100\%$ для пучка прямых, исходящих из одной точки,

$R_c = \left(\frac{N}{2n+1} - 1\right) \cdot 100\%$ для пучка парабол,

здесь N - число слов измерителя, затраченных на описание события, n - число следов в событии.

Выведенные оценки проверены на ряде фотодокументов.

Энтропия фотоснимков современных пузырьковых камер составляет 20-25 бит (10^6-10^7 площадок), энтропия фотоэмульсии $60 \times 40 \times 0,2 \text{ мм}^3$ равна 30 битам в пределах слоя, видимого в объектив, и до 38 бит во всем объеме эмульсии.

Измерительные приборы зачастую имеют необоснованно малый шаг квантования, а избыточность сообщений ряда автоматических измерителей превышает $10^4\%$. Информационная модель позволяет применить ряд критериев оценки эффективности^{/9/} существующих и вновь проектируемых измерительных систем. В частности, оценка по информационному критерию показывает совершенство большинства измерительных приборов, в то время как обобщенный критерий вскрывает большие резервы даже у приборов типа НРД и SR.

Глава III. КОМПЛЕКС АППАРАТУРЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МНОГОЧАСТИЧНЫХ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

Разработанный комплекс аппаратуры состоит из трех функционально ориентированных звеньев, обеспечивающих просмотр фотопластинок, калибровку тормозной способности фотослоев и обмер геометрии ядерных распадов. Выбор структуры комплекса и обоснование ее оптимальности произведены с помощью критериев работ^{/9,10/}.

Группа из 5 просмотровых микроскопов обеспечивает проверку качества облучения, проявления фотопластинок и обнаружение интересных событий. Просмотр фотослоя $30 \times 40 \times 0,2 \text{ мм}^3$ требует от оператора смены 10^5 полей зрения микроскопа, что проявляется в больших затратах времени на нахождение одного события и быстром износе механических узлов микроскопов. Уменьшить число вспомогательных операций при просмотре позволяет разработанный метод паспортизации событий, смысл которого сводится к отметке обнаруженных распадов на свободном поле пластинки - паспорте препарата. Для реализации метода просмотровые приборы оборудованы приспособлениями для нанесения отметок на пластинке, а измерительные микроскопы - проекционными приставками для быстрого поиска отметок в паспорте. Потребовалась, кроме того, определенная стандартизация размеров формы пластинок и приспособлений для их крепления на предметных столиках.

В целом применение метода паспортизации позволяет экономить ресурс механики измерительных приборов и затрачивать минимальное время на повторный поиск события. Сравнение паспортизации с известным методом экспонирования координатной сетки на поверхности фотослоя показывает, что первый требует на четыре вспомогательных операции меньше и имеет лучшие значения информационного критерия и критерия технического совершенства.

Калибровочные работы составляют значительную долю всех видов измерений в фотоэмульсиях. Для уточнения тормозной способности эмульсий и вычисления усадки слоев в составе комплекса предусмотрен полуавтоматический калибровочный микроскоп^{/II/}, разработанный на базе серийного прибора МБИ-8М.

Прибор оснащен системой автоматического отсчета и записи координат, высвобождающей оператора от большой группы сложных опера-

ций, благодаря чему его внимание сосредоточивается на визировании объектов. Прослеживание длинных следов в трех измерениях усовершенствуется с помощью электромеханического привода столика, которым оборудован микроскоп^{/12/}.

В состав схемы входят: цифровой датчик направления, двухканальный линейный интерполятор и исполнительные шаговые двигатели. Разработанная схема обеспечивает безинерционный реверс и остановку столика, плавно регулирует скорость движения препарата от 1-100 мк/сек, при точности обработки заданного направления $\pm 1,4^\circ$.

В диссертации обоснован принцип работы подобных схем цифровой автоматики и методика выбора числа разрядов датчика направления.

Обмер следов на калибровочном микроскопе производится в декартовой системе координат. Для оцифровки положения двухкоординатного столика в плоскости препарата и по нормали к ней служат позиционные многооборотные датчики углов, сочлененные с винтовыми механизмами подачи столика и механизмом тонкой фокусировки.

Выбор шага квантования по осям X, Y, Z произведен на основе выводов главы 2, шаг определяется для данного прибора в основном величиной погрешностей винтовых пар и направляющих.

Микроскоп обеспечивает обмер до 500 следов за смену при изучении спектров первичного облучения или коэффициента усадки слоя. Среднеквадратичные ошибки определения пробегов не превышают 1,75 мкм при шаге квантования $h = 1,1$ мкм по осям X, Y и 0,2 мкм по Z .

Для обмера малых объектов, не превышающих в поперечнике 400-500 мкм, разработан микроскоп-микрометр^{/13/}. Серийный прибор МБИ-3 оснащен окулярным микрометром, позволяющим обмерять проекции пробегов частиц на плоскость препарата и углы между ними. Обмер

звезд производят по увеличенному изображению в плоскости измерительной сетки микрометра, глубину погружения следов определяют микромеханизмом фокусировки. С целью автоматизации отсчетов окулярный микрометр и механизм фокусировки оснащены цифровыми датчиками углов. Столик прибора используется только для центровки следов относительно измерительной сетки. Микроскоп дополнительно оборудован проекционным приспособлением для быстрого поиска звезд. По отметке в паспорте, видимой на матовом экране приспособления, оператор может вывести выбранное событие в поле зрения микроскопа, вследствие чего расход времени на вспомогательные операции значительно сокращается, и меньше изнашиваются механические узлы прибора.

Особенности топологии звезд учтены в конструкции микрометра. Центр звезды является точкой, из которой видны начальные участки всех следов, именно эти участки наиболее точно определяют углы разлета частиц.

Принимая центр события за опорную точку, углы между проекциями следов и длину проекции можно обмерить с помощью сетки, выполненной в виде витка архимедовой спирали, центр которой соединен с концом радиальной риски. Ось вращения сетки совмещают с центром звезды и последовательно обмеряют углы радиальной риски, затем пробег и глубину погружения с помощью спирального биштриха и механизма фокусировки.

Разработанный микрометр^{/14/} исключает лифты при измерениях, облегчает процесс визирования и обеспечивает измерение пробегов и углов с помощью одного и того же кодирующего преобразователя. Выбор числа разрядов преобразователя произведен с учетом погрешностей визирования следов оператором и дисторсий оптики микроскопа.

В основном погрешность измерений определяет дисторсия, однако вклад ее, даже для апохромата 90° , не превышает 0,4% радиуса поля зрения.

При выборе шага квантования по глубине учитывалась кривизна поля изображения и погрешности, допускаемые оператором при фокусировке. Ошибка кривизны поля зрения связана квадратичной зависимостью с радиусом поля зрения и корректируется программой обработки. Шаг квантования выбран в соответствии со среднеквадратичными погрешностями фокусировки $\sigma_f = 0,39$ мкм. Обмер событий на микроскоп-микрометре производится в цилиндрической системе координат. Цена отсчета: по углам $\Delta\varphi = 0,7^\circ$, по пробегам $\Delta L = 0,8$ мкм; 0,3 мкм; 0,2 мкм/ 20° , 60° , 90° /, по глубине $\Delta Z = 0,4$ мкм.

Экспериментальное изучение погрешностей центровки следов группой операторов позволило определить оптимальную ширину следов ($h_0 = 1,5$ мм), при которой среднеквадратичная погрешность центровки минимальна $\sigma_{min} = 39$ мкм. При выборе увеличения оптической системы следует учитывать видимую ширину следа. В фотоэмульсиях ширина следов после увеличения обычно не достигает h_0 , поэтому для их центровки лучше применять шкалу из двойных штрихов, оптимальное расстояние между которыми определяется выражением

$$h = \frac{h_0}{\Gamma_{20}^x} \quad \Gamma_{20}^x - \text{увеличение глазной линзы окуляра.}$$

Среднеквадратичная погрешность центровки следа при этом равна

$$\sigma_{00} = \frac{\sigma_{min}}{\Gamma_M^x}, \quad \text{здесь } \Gamma_M^x - \text{увеличение микроскопа.}$$

Погрешности механизма фокусировки удается исключить на основе рекомендаций работы^{/15/}, предполагающих изучение закона накоп-

ления ошибки, локализацию рабочей области механизма и выборку его люфтов. Среднеквадратичные ошибки, полученные в результате многократного обмера одной звезды, хорошо согласуются с проектными величинами $\sigma_f = 0,86^\circ$, $\sigma_L = 0,6$ мкм, $\sigma_Z = 0,67$ мкм (для апохромата 60°).

Глава IV. ЦИФРОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ УГЛОВ

В четвертой главе приведены результаты разработки набора контактных цифровых преобразователей. Контактные датчики используются при небольших скоростях вращения и обеспечивают безошибочный отсчет в статическом состоянии. Эти недостатки не являются решающими в микроскопии. Большая мощность выходных сигналов и практически идеальное отношение сигнал-помеха являются важными преимуществами контактных цифровых преобразователей. В сочетании с винтовыми механизмами, широко применяемыми в микроскопах, контактные позиционные датчики обеспечивают шаг квантования микронного диапазона.

При разработке преобразователей решены вопросы выбора конструкции кодирующего и считывающего узлов, выбора кодирующей шкалы и габаритного расчета датчика, а также вопросы технологии изготовления кодирующего диска и считывающих щеток. Ниже приводится краткое описание преобразователей.

I. Микрометр для угловых и линейных измерений^{/14/} представляет собой насадку на окулярную трубку микроскопа. В поворотном корпусе микрометра смонтированы: 9-разрядный кодирующий диск и окуляр с измерительной сеткой. На основании датчика крепится блок считывающих щеток, скользящих по токопроводящему рисунку цифрового диска. Отсчеты снимаются в коде Грея. Микрометр обеспечивает обмер углов с шагом $0,7^\circ$ и пробегов с шагом $1/512$ радиуса поля зрения.

2. Датчик направления^{/16/} конструктивно выполнен аналогично микрометру. В отличие от последнего он содержит диск с функциональной шкалой и два блока щеток для отсчета синуса и косинуса угла наклона вектора скорости. Измерительная сетка выполнена в виде перекрестия. Датчик обеспечивает считывание синуса угла с шагом $1,5^\circ$ и используется в схеме электромеханического привода столика.

3. 13-разрядный преобразователь предназначен для работы совместно с винтовыми механизмами подачи столика и фокусировки микроскопа. Датчик содержит два кодирующих диска. Первый закреплен на оси датчика и служит для оцифровки угла поворота винта; девять разрядов его шкалы считываются блоком скользящих щеток. Второй диск связан с осью через редуктор (1:16), четыре старших цифры его шкалы, отсчитанные методом двухрядного чтения, указывают полные обороты винта (от 0 до 15). Цена отсчета угла $0,7^\circ$.

4. 16-разрядный датчик "Волна" разработан для расширения диапазона оцифровки поля препаратов при сохранении шага квантования, достигнутого 13-разрядным датчиком. Конструктивно он представляет собой аналогичную двухдисковую систему, однако его счетчик обеспечивает оцифровку 128 оборотов винта. Достигнуто это за счет разработки волнового редуктора^{/17/}, обладающего совершенной кинематикой и практическим отсутствием люфтов. Малые погрешности передачи обеспечены определенным выбором габаритов зубчатой пары. Датчик может использоваться в двух вариантах: с контактным или фотоэлектрическим считыванием.

Отсчеты точного диска и счетчика оборотов — два девятиразрядных кода Грея. Младшие два разряда счетчика служат для логической корректировки его кодов.

При разработке датчиков решены вопросы коррекции токопроводящих рисунков цифровых шкал и вопросы исправления кодов счетчиков оборотов.

Простая схема коммутации двух блоков щеток исправляет коды малоразрядных счетчиков. Для счетчиков с числом разрядов более пяти разработана таблица программной коррекции. Число оборотов корректируется в зависимости от результата сравнения состояния избыточных разрядов счетчика и двух старших цифр точного диска.

Весьма важной практической задачей является аттестация вновь изготовленных или прошедших профилактику цифровых преобразователей. Для автоматизации процесса проверки разработан прибор, осуществляющий непрерывный контроль отсчетов датчика и составление его выпускного аттестата. Полуавтомат состоит из механического устройства, вращающего вал датчика, регистрирующей части и электронного узла, контролирующего состояние датчика. В момент изменения кода электроника выдает сигнал на пишущее устройство. На испытание 9-разрядного преобразователя затрачивается 20 минут, выпускной аттестат содержит все отсчеты и их расположение внутри поля допуска. По аттестату можно сделать немедленное заключение о годности датчика, а при необходимости более тщательно изучить характер погрешностей его работы.

Глава V. СБОР И ОБРАБОТКА ДАННЫХ

Накопление данных, полученных на калибровочном и измерительном микроскопах, осуществляется устройством вывода на перфоленту (УВПЛ). Перфолента обеспечивает комплексу автономность при низких затратах на организацию сбора и хранения данных.

Средний темп поступления информации с полуавтоматов не превышает 2 бит/сек.

Номинальные возможности вывода на перфоленту составляют 150-1200 бит/сек. Большой запас по пропускной способности создает предпосылки для параллельного использования оборудования УВИЛ. Разработан электронный диспетчер, который распределяет рабочее время устройства вывода между пятью потребителями. Каждый абонент на время обслуживания своей заявки получает питание на пульт установки, на датчик координат и электромагниты собственного перфоратора, остальное время эти узлы остаются обесточенными. Коллизии между потребителями полностью исключены, несмотря на то, что все их информационные шины объединены на входе УВИЛ диодными сборками и распараллелены на выходе. Применение диспетчера втрое повышает эффективность сбора данных.

В главе У выведена упрощенная оценка среднего времени ожидания подобных систем. Реально в установке используются три входа (калибровочный микроскоп занимает два стандартных входа). Среднее время ожидания обслуживания составляет $15,3 \cdot 10^{-3}$ сек., т.е. пренебрежимо мало по сравнению со временем обслуживания $t = 0,5$ сек.

Накопленная информация выдается на ЭВМ М-220 для обчета. Система математического обеспечения^{/18/} включает набор программ, обслуживающих калибровочные работы, программы геометрической реконструкции и кинематического анализа, а также программы физической интерпретации и статистической обработки результатов.

Комплекс аппаратуры эксплуатируется с середины 1969 г. Предварительные физические результаты его работы опубликованы /19/. Иллюстрацией эксплуатационных характеристик могут служить следующие цифры: при обмере четырех лучевых "звезд" $C + \alpha \rightarrow 4\alpha$ из

10000 событий 45% проходят кинематический анализ с первого предъявления. После повторного обмера забракованных событий эта цифра возрастает до 60%. Причины отбраковки 40% звезд совпадают с теоретическим прогнозом и заключаются в следующем:

1. Один или несколько следов вышли из эмульсии.
2. Аномально большой коэффициент усадки слоя в районе звезды.
3. Данный распад неверно отнесен к реакции на углероде.

Из 15% событий, успешно обчисленных при повторном обмере, 80% приходится на ошибки операторов и 20% на счет сбоев аппаратуры.

Расчетная производительность комплекса 8000+10000 событий в год. Достигнуто 15-кратное повышение производительности труда при обмере сложных распадов только за счет упрощения обмера и совмещения его с подготовкой данных для обработки на ЭВМ.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Разработан комплекс аппаратуры для изучения многочастичных реакций фотометодом. В состав комплекса входят:

- а) группа просмотровых микроскопов;
- б) установка для калибровки фотослоев;
- в) полуавтоматический микроскоп-микрометр для обмера геометрии звезд;

г) установка централизованного сбора информации на УВИЛ.

2. Рассмотрен процесс обмера трековых фотодокументов с позиции теории информации. Получены простые выражения для энтропии трековых фотодокументов, энтропии кодированного сообщения и для обоснованного выбора шага квантования измерительных приборов.

Выведены оценки корреляционной избыточности кодированных сооб-

чений. Произведен выбор оптимальной структуры комплекса и сравнительная оценка эффективности отдельных его звеньев.

3. Разработан набор контактных цифровых преобразователей различного назначения:

а) окулярный микрометр и датчик направления — насадки к микроскопам;

б) I3- и I6-разрядные датчики для работы с винтовыми механизмами приборов.

4. Разработан полуавтомат для проверки датчиков и составления их выпускных аттестатов.

5. Разработана электроника для сбора данных в режиме разделения времени центрального устройства вывода между пятью абонентами.

6. Выведены приближенные оценки времени ожидания в однолинейной системе без потерь.

Основные результаты докладывались на XX ежегодном совещании по ядерной спектроскопии (г. Ленинград, I2. I970 г.), на заседании эмульсионного комитета (г. Дубна, 05. I97I г.), на совещании по инженерно-техническим вопросам физического эксперимента (Харьков, I2. I972 г.), отмечены грамотой молодежной научно-технической конференции, посвященной I00-летию со дня рождения В.И. Ленина (Харьков, 04. I970 г.) и опубликованы в статьях и авторском свидетельстве /8, II, I2, I3, I4, I6, I9, 20/.

ЛИТЕРАТУРА

1. International conference on data handling systems in high-energy physics. CERN 70-21 (1970).
2. Автоматическая обработка данных с пузырьковых и искровых камер. Сб. под ред. Б.С.Розова. Атомиздат, М., (1971).

3. С.Науэлл, П.Фаулер, Д.Перкинс. исследование элементарных частиц фотографическим методом, ИИЛ (1962 г.).
4. А.Е.Воронков, И.Д.Мурин, Л.В.Сухов, и В.Штраух. Труды III международного совещания по ядерной фотографии. Изд-во АН СССР, М. (1962).
5. В.В.Мараев, И.И.Трухин, В.М.Щербаков. ПТЭ № 3, 50 (1967 г.).
6. Г.М.Букат, В.И.Верхогляд, Н.М.Вершилова, Ф.Г.Лепехин, М.М.Макаров, В.В.Саранцев, Л.Н.Ткач, И.И.Шитикова. ПТЭ №4, 57 (1967 г.).
7. Р.М.Рогозин, В.М.Ракитин, Н.М.Федорова. ПТЭ № 3, 213 (1966 г.).
8. М.А.Кузьмичев. Вопросы атомной науки и техники, серия "Автоматизация физического эксперимента", ХФТИ 72-8, I09, Харьков (1971 г.).
9. И.В.Кузьмин. Оценка эффективности и оптимизации автоматических систем контроля и управления. Энергия, М., (1967).
10. А.С.Касаткин, И.В.Кузьмин. Оценка эффективности автоматизированных систем контроля. Энергия, М., (1967).
11. Н.Д.Заика, М.А.Кузьмичев, Н.Я.Руткевич. ПТЭ № I, 63 (1971 г.).
12. Н.Д.Заика, М.А.Кузьмичев. ПТЭ № I, 61 (1971 г.).
13. М.А.Кузьмичев, Н.Я.Руткевич. ПТЭ № I, 271 (1971 г.).
14. М.А.Кузьмичев. Авторское свидетельство № 257031. Бюллетень № 35 Комитета по делам изобретений и открытий при Совете Министров СССР (1969 г.).
15. И.М.Долинский, Г.Е.Скворцов, Г.А.Матвеева. Оптико-механическая промышленность № 5, 24 (1964 г.).
16. М.А.Кузьмичев, В.В.Каширин, Е.С.Кириков. ПТЭ № I, 255, (1971 г.).
17. C.W.Musser Machine Design N 14, 128/1960.
18. А.Р.Линецкий, Е.Л.Макаровский, Н.Я.Руткевич. ПТЭ № 6, 52 (1970).
19. А.П.Ключарев, Н.Я.Руткевич, М.А.Кузьмичев, А.Р.Линецкий. Изв. АН СССР, серия физическая т. XXXIV № 8, I7I9 (1970 г.).
20. М.А.Кузьмичев, Н.Я.Руткевич. Вопросы атомной науки и техники. Сб. ХФТИ 72-8, I39, харьков (1971).

Рукопись поступила в издательский отдел
25 октября 1973 года.