

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

А - 91

10-83-168

**АСТАХОВ**  
Анатолий Яковлевич

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ  
ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ  
ДЛЯ СИСТЕМ ОБМЕРА КАМЕРНЫХ СНИМКОВ  
НА БАЗЕ ПРОСМОТРОВО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОРОВ  
БПС-75**

**Специальность: 05.13.06 – автоматизированные системы  
переработки информации и управления**

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

Дубна 1983

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации Объединенного института ядерных исследований.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук  
доктор технических наук

Игорь Владимирович ШТРАНИХ  
Михаил Петрович ГРИШИН

Ведущее научно-исследовательское учреждение:  
Институт физики высоких энергий (г.Серпухов).

Автореферат разослан "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1983 г.

Защита диссертации состоится "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1983 г.

в "\_\_\_" часов на заседании Специализированного совета  
Д047.01.04 при Лаборатории вычислительной техники и автоматизации  
ОИЯИ, г.Дубна, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета  
кандидат физико-математических наук

*Иван*  
З.М.Иванченко

Актуальность проблемы

Анализ развития систем обработки фотографий с трековых камер в ведущих физических центрах указывает на то, что требования к надежности, универсальности и, главное, к эффективности таких систем постоянно возрастают.

Полуавтоматические просмотрово-измерительные приборы обладают высокой степенью адаптации к переменным условиям и к качеству обрабатываемого на фотошленке изображения. Участие человека-оператора в наиболее ответственных операциях по опознаванию полезных событий сделало полуавтоматические приборы незаменимым инструментом в любой современной системе обработки фотографий с трековых камер.

Однако большинство приборов первого поколения, которые использовались в начале 70<sup>х</sup> годов для просмотра и измерений фотографий с трековых камер, были изготовлены в отдельных научных центрах для решения своих конкретных задач. Такой подход порождал проведение многочисленных однотипных разработок. Отсутствие промышленного выпуска полуавтоматических приборов сдерживало их применение.

Эти причины определяют актуальность разработки и промышленного выпуска многоцелевого просмотрово-измерительного прибора.

Цель и задачи работы

Целью работы является создание и исследование комплекса электронной аппаратуры, используемой в системах обмера фотографий с трековых камер. В соответствии с поставленной целью основные задачи диссертации формулируются следующим образом: найти новое решение задачи создания электронной аппаратуры для многоцелевого просмотрово-измерительного проектора; разработать способ оцифровки элементов треков, позволяющий отфильтровывать фон на стадии считывания исследуемого изображения; разработать эффективные схемотехнические решения электронных устройств с целью промышленного выпуска прибора; найти методику тестирования и контроля работоспособности узлов и блоков проектора с помощью ЭВМ; исследовать скоростные характеристики измерительных кареток и алгоритмы управления проектором в системе обработки снимков с гамма-телескопа.

Научная новизна

Дано новое решение задачи создания электронной аппаратуры проектора БПС-75/4, которое обеспечивает возможность работы прибора на линии с ЭВМ различного типа, а также в автономном режиме без участия

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЭВМ. Впервые предложен способ выделения и оцифровки элементов изображений треков по их геометрическим характеристикам. Способ позволяет существенно повысить эффективность кодирования штриховых изображений ядерных взаимодействий. Даны оригинальные технические решения электронной аппаратуры для управления оптико-механическими узлами проектора, а также для фильтрации фона на стадии считывания исследуемого изображения. Предложена методика поэтапного контроля работоспособности узлов и блоков проектора с помощью ЭВМ. Получены данные о скоростных характеристиках измерительных кареток и алгоритмах управления проектором в системе обработки снимков с гамма-телескопа.

### Практическая ценность

Практическая ценность результатов, полученных в диссертации, состоит в том, что на основе проведенных разработок и исследований был создан промышленный образец универсального просмотрово-измерительного проектора БПС-75. Это позволило в 1976-1982 годах выпустить на Экспериментальном заводе научного приборостроения АН СССР серию из 36 приборов<sup>‡</sup>.

Серийные проекторы БПС-75 используются в ведущих физических институтах академий наук СССР и союзных республик, учебных заведениях, а также в институтах Народной Республики Болгарии и Венгерской Народной Республики.

Электронные блоки в стандарте КАМАК, предназначенные для организации диалога оператора с ЭВМ и управления проектором с помощью вычислительных машин, были выпущены Опытным производством ОИЯИ. Они используются в системах управления и обработки физической информации, в частности, в системе обработки снимков с гамма-телескопа.

Предложенные автором методы построения электронной аппаратуры и фильтрации фона, а также схематические решения могут быть использованы при создании следующего поколения полуавтоматических и автоматических устройств обработки физической информации.

### Апробация работ

Основные положения диссертации докладывались на: пленарном заседании Совета по автоматизации при Президиуме АН СССР ( Москва,

<sup>‡</sup> Астахов А.Я. и др. Тезисы докл. II Всесоюзного совещания по автоматизации научных исследований в ядерной физике. 1978 г., изд. "Наука" КазССР, Алма-Ата, стр.46.

1973 г.); пленарном заседании Научного совета по использованию вычислительной техники и средств автоматизации в экспериментальной ядерной физике при Отделении ядерной физики АН СССР ( Москва, 1975 г.); Всесоюзных семинарах по обработке физической информации ( Ереван, 1975 и 1977 гг.); II Всесоюзном совещании по автоматизации научных исследований в ядерной физике ( Алма-Ата, 1978 г.); I Всесоюзной конференции по автоматизированным системам обработки изображений ( Москва, 1981 г.).

Аппаратура, описанная в диссертации, была представлена в виде действующего экспоната на ВДНХ СССР в павильоне "Физика" в 1981 году и награждена бронзовой медалью выставки.

### Публикации

По материалам диссертации опубликовано 15 работ, получено одно авторское свидетельство.

### Структура и объем работ

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и библиографии. Работа изложена на 185 страницах, в том числе содержит 49 рисунков и 2 таблицы. Список литературы включает 89 наименований.

### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы работы, сформулированы цель и основные задачи исследования, приведено краткое содержание диссертации.

В первой главе рассмотрена роль полуавтоматических приборов в системах обработки фотоматериала и проведен анализ состава электронной аппаратуры систем обмера фотографий с трековых камер на базе полуавтоматических приборов.

Рассмотрен состав электронной аппаратуры измерительных систем на базе установок ПУОС. Это системы, в которых установки ПУОС работают в автономном режиме и на линии с ЭВМ, а также в иерархических измерительных системах. Анализируется также состав аппаратуры приборов, созданных на основе установок ПУОС.

Далее рассмотрен состав электронной аппаратуры измерительных систем на базе просмотрово-измерительных проекторов: больших просмотрово-измерительных столов на линии с ЭВМ ТРА-1001, измерительной системы на основе сканирующих измерительных проекторов и ЭВМ "Раз-

дан-3<sup>ж</sup>, комплекса ИФВЭ (г.Серпухов) для обработки фотографий с камеры "Мирабель" (проекторы МПС, ПУОС-2, Адам+Ева, ПУОС-2М)<sup>37</sup>, измерительных устройств SOLAS и NEVAS.

В электронной аппаратуре рассмотренных систем обмера фотографий с трековых камер по функциональному назначению выделены:

- блоки управления оптико-механическими частями проекторов и аппаратура отсчетных систем;
- средства организации диалога оператора с ЭВМ;
- аппаратура связи проекторов с управляющей ЭВМ.

Далее сформулированы задачи, возникающие при разработке аппаратуры каждого типа для универсального просмотрово-измерительного проектора.

1. На примере анализа способов управления измерительными каретками и лентопротяжными механизмами показано, что выполнение операций на этих узлах осуществляется при помощи:

- ручного привода (измерения координат и перемотка пленки на установках ПУОС);
- электропривода, управляемого оператором с помощью схем релейного типа;
- следящего привода, управляемого автономными вычислительными устройствами;
- следящего привода на линии с ЭВМ.

Анализ достоинств и недостатков каждого способа позволяет сделать вывод о том, что при разработке электронной аппаратуры проектора, который может использоваться потребителем как в автономном (без ЭВМ) режиме, так и на линии с ЭВМ различного типа, задача состоит в уменьшении объема электронной аппаратуры, обеспечивающей функционирование прибора под управлением оператора, а также в разработке блоков для автоматического выполнения операций в приборе, схемы которых не зависят от типа используемой вычислительной машины.

2. Для организации диалога оператора с ЭВМ в рассмотренных системах используются разнообразные средства и устройства: клавишные и кнопочные пульта, световые табло, цифровые индикаторы, многопозиционные переключатели и т.п. Все они применяются в различных сочетаниях и композициях друг с другом, образуя вместе со схемами управления пульт общения оператора с вычислительной машиной. У некоторых приборов такой пульт представляет собой телетайп или дисплей.

У всех рассмотренных приборов состав пультов не может изменяться, а схемы управления спроектированы под определенный тип вычислительной машины.

<sup>ж</sup> Препринт ЭТЭФ, № 69, М., 1977.

Из большого разнообразия возможных применений универсального проектора следует вывод о необходимости разработки такого пульта, который позволял бы приспосабливать его к требованиям оператора и обрабатываемого эксперимента, а также подключать к ЭВМ разного типа.

3. Основным назначением аппаратуры связи является согласование форматов и синхронизация работы ЭВМ с отдельными узлами и блоками прибора.

У всех рассмотренных приборов аппаратура связи спроектирована под определенный тип вычислительной машины.

Так как аппаратура управления оптико-механическими частями универсального проектора, а также аппаратура управления элементами пульта общения оператора с ЭВМ должны строиться на основе машинно-независимых схем, то задачей связи такой аппаратуры с ЭВМ является разработка специализированных контроллеров-схем сопряжения проектора с вычислительной машиной конкретного типа.

Во второй главе рассмотрены вопросы выбора структуры электронной аппаратуры проектора БПС-75, разработки электронных блоков для управления оптико-механическими узлами прибора и организации измерений в автономном (без ЭВМ) режиме работы проектора.

Измерительный проектор БПС-75 разрабатывался как универсальный прибор, который может использоваться в качестве самостоятельного устройства для просмотра и измерений фотоснимков с трековых камер, работать в составе более производительных установок, а также применяться в измерительно-вычислительных системах большой производительности<sup>1,3,4,II</sup>.

На основе анализа этапов выполнения операций в приборе в различных случаях его использования показано, что электронная аппаратура такого проектора должна состоять из постоянной и переменной частей. Аппаратура постоянной части - это силовые и логические блоки, а также датчики сигналов, обеспечивающие выполнение операций на оптико-механических узлах проектора.

Требование надежной и эффективной работы проектора в автономном (без ЭВМ) режиме ставит задачу уменьшения объема этой части аппаратуры. На примере анализа альтернативных способов управления измерительными каретками с помощью датчика типа "Спидболл" и статического датчика угол-код показано, что во втором случае объем электронной аппаратуры значительно сокращается. При этом выполнение всех операций на оптико-механических узлах может быть реализовано при помощи комбинаторных схем, которые преобразуют входные сигналы в соответствующие выходные для исполнительных механизмов. Объем аппаратуры сокращен также благодаря использованию одних и тех же блоков для управления лентопротяжными механизмами и измерительными каретками.

Требование работы проектора как в автономном режиме, так и на линии с ЭВМ ставит задачу разработки этой части аппаратуры, приспособленной под двойное управление, т.е. от оператора и вычислительной машины. Эта задача решена путем объединения на входе комбинаторных схем сигналов от датчиков и ЭВМ. Такое решение имеет следующие преимущества. Общий объем электронной аппаратуры не увеличивается, а объем управляющих программ сокращается. При любом применении прибора эта часть электронной аппаратуры не изменяется, режим работы ее отдельных частей и элементов также остается неизменным.

В плане технической реализации электронной аппаратуры проектора БПС-75 обоснован выбор в качестве элементной базы микросхем транзисторно-транзисторной логики серии I55, а в качестве конструктивной базы электронной аппаратуры для управления оптико-механическими узлами проектора - стандарта "Винья".

На основе выбранной структуры автором разработаны и реализованы управляющие блоки: блок инверторов и блок выпуска петли, реализующие выполнение всех операций на оптико-механических узлах проектора.

В проекторе возможны следующие операции: непрерывная перемотка пленки, перемотка пленки на один кадр, выпуск буферной петли и вакуумный прижим кадра в фильмовом канале, выборка петли, измерения координат точек<sup>5/</sup>.

В процессе выполнения этих операций используются сигналы с датчиков оптико-механических узлов проектора. В качестве чувствительных элементов в датчиках используются фотодиоды. Исследован режим работы фотодиодов в датчиках и указаны источники помех. Описана схема формирования сигналов с фотодиодов, разработанная автором, обеспечивающая надежную работу управляющих блоков.

В зависимости от условий применения проектора БПС-75 в его составе используется электронная аппаратура для организации измерений и диалога оператора с ЭВМ, а также аппаратура для выполнения под управлением ЭВМ операций на оптико-механических узлах прибора.

При разработке этой аппаратуры должны быть решены две задачи. Во-первых, обеспечение функционирования прибора на линии с ЭВМ разного типа и, как частный случай, регистрация координат точек снимка в автономном (без ЭВМ) режиме работы проектора. Во-вторых, обеспечение адаптации состава аппаратуры к требованиям обрабатываемого эксперимента.

Указанные задачи решены путем стандартизации формата обмена между приборами и ЭВМ, стандартизации логики управления, разработки этой части аппаратуры на основе модульных конструкций с соблюдением механического стандарта и разработки контроллеров-устройств, согласующих

логические стандарты конкретных ЭВМ и аппаратуры проектора. В качестве стандарта сопряжения выбран КАМАК.

Для проведения измерений в автономном (без ЭВМ) режиме работы проектора БПС-75 автором разработаны и реализованы формирователь сигналов с датчика перемещений, блок регистрации координат, блок служебных признаков и контроллер-блок управления перфоратором ПЛ-80<sup>6/</sup>. Описаны особенности технических решений данной аппаратуры и приведены функциональные схемы блоков.

Во второй главе также описана техническая реализация проектора БПС-75.

Проектор состоит из трех основных частей: оптико-механической части, электронной стойки управления и пульта приема-передачи данных. Приведены основные характеристики прибора.

На примере одного фильмопротяжного канала и измерительных кареток рассматривается выполнение всех операций в проекторе, описана работа логических блоков, реализующих эти операции, датчиков сигналов, а также работа всего прибора под управлением оператора.

Далее во второй главе приведены результаты исследования режима измерений на проекторе БПС-75<sup>8/</sup>. Для того, чтобы уменьшить ошибки измерений, зависящие от оператора, повысить производительность проектора на данной операции, необходимо было определить оптимальные скорости измерительных кареток в зависимости от расстояния перемещения.

Для ответа на эти вопросы на проекторе была проведена серия опытов и были получены количественные характеристики различных этапов процесса измерения координат.

По результатам опытов, из условия минимума времени и ошибок измерений, определены значения центрирующей и рабочих скоростей измерительных кареток.

В третьей главе изложены вопросы разработки электронной аппаратуры для работы проектора БПС-75 на линии с ЭВМ.

На примере системы обработки снимков с гамма-телескопа рассмотрены условия работы проектора на линии с ЭВМ<sup>10/</sup>. В данной системе проекторы работают на линии с ЭВМ "Электроника-100И"<sup>12/</sup>.

Каждое событие в искровой камере гамма-телескопа фотографируется на пленку в двух проекциях. Обработка заключается в измерении координат реперных крестов и точек искр всех треков. Измерения координат точек искр производятся в режиме программного сопровождения измерительной метки вдоль трека, что в 2-3 раза уменьшает время съема координат. Время обработки события при измерении координат 12 точек на каждой искре составляет в среднем 16-20 минут.

Для систем обработки снимков, где проектор действует на линии с ЭВМ, автором созданы и реализованы:

### 1. Контроллер крейта КАМАК для ЭВМ типа "Электроника-100И" /2/.

Структура данного контроллера выбрана на основании анализа временных затрат ЭВМ на обмен с функциональными блоками КАМАК, а также состава канала ввода-вывода вычислительной машины. Реализация контроллера по выбранной схеме позволила экономить ресурсы ЭВМ за счет сокращения временных затрат на управление самим устройством сопряжения и при выполнении команд блоков.

Описывается логика команд управления контроллером и порядок выполнения команд КАМАК.

### 2. Функциональные блоки в стандарте КАМАК для организации диалога оператора с ЭВМ /6/.

Данные блоки разработаны с учетом использования их в самых разнообразных условиях применения проектора БПС-75. Отличительная их особенность заключается в том, что все вместе они образуют функционально полный набор средств общения человека-оператора с ЭВМ.

Оператор с их помощью имеет возможность посылать в машину команды и различные константы и получать в ответ сообщения в виде цифровых кодов, записей на транспарантах и звуковых сигналов. Эти возможности реализуются с помощью

- блока командных кнопок;
- блока служебных данных;
- блока цифровых индикаторов;
- блока световых табло.

Проанализированы различные способы компоновки средств общения оператора с ЭВМ. Показано, что наиболее эффективным будет применение разработанных блоков для организации диалога оператора с ЭВМ в локальных системах обработки снимков с трековых камер.

Описана техническая реализация блоков. Приведены логические схемы, состав и выполняемые каждым блоком команды. Приводится рабочий вариант аппаратуры для организации диалога оператора с ЭВМ в системе обработки снимков с гамма-телескопа.

### 3. Функциональные блоки в стандарте КАМАК для управления проектором БПС-75 с помощью вычислительных машин /9/.

Особенностью функционирования проектора на линии с ЭВМ является то, что управление им осуществляется программно-аппаратным способом. В соответствии с поставленной задачей и принятым алгоритмом ЭВМ анализирует состояние тех или иных узлов прибора и вырабатывает сигналы, задающие необходимые операции. Эти сигналы поступают в проектор через блоки регистра скорости БРС или БРС1 /9/.

Первый блок предназначен для автоматизации процесса измерений координат снимка, с помощью второго блока выполняются все операции на проекторе под управлением ЭВМ.

Приведен состав аппаратуры проектора БПС-75 на линии с ЭВМ, описана структура и логика выполняемых блоками команд.

В третьей главе приведены результаты исследования алгоритмов управления и разработки методики и программы контроля проектора БПС-75 с помощью ЭВМ /7,8,12/.

С целью получения данных о скоростных возможностях фильмопротяжных механизмов исследован процесс перемотки пленки на заданную длину или на определенное количество кадров. Получены данные о границах зон изменения скоростей в зависимости от длины, на которую надо перемотать пленку. Описаны временной алгоритм разгона до требуемой скорости пленки в фильмопротяжных механизмах и алгоритм синхронной покадровой перемотки пленки.

Для реализации различных способов управления измерительными каретками в режимах программного сопровождения метки вдоль трека определены границы зон для алгоритма изменения скорости в зависимости от разницы между заданной и текущей координатами и для алгоритма динамического торможения.

Для программ, реализующих эти алгоритмы, получены данные о точности выезда в заданную точку, времени перемещения кареток на фиксированные расстояния, требуемой емкости памяти.

По отношению к методам программного контроля вся аппаратура проектора разделена на программно-управляемые блоки в стандарте КАМАК и оптико-механические узлы с управляющей электроникой.

Проверка аппаратуры первого типа сводится к послышке в блок выполняемых им команд КАМАК и анализу ответных кодов и сигналов. При этом активная роль отводится оператору. Это связано с тем, что некоторые блоки содержат элементы (индикаторы, переключатели), правильность работы которых проверить невозможно только программным способом. Заключение об исправности блоков делает оператор на основе сообщений в тестовых программах и своих наблюдений за работой индикаторов, транспарантов и т.п. Приведена блок-схема программы и описана работа тестов для шести типов функциональных блоков.

Проверка работоспособности оптико-механических узлов осуществляется комплексным тестом. Контроль тех или иных операций в проекторе выполнен путем подачи от ЭВМ команд и автоматического анализа статуса прибора, состояния регистров, счетчиков и других сигналов. В ходе анализа проверяется как правильность выполнения заданной операции, так и возможность выполнения последующих. Такой подход позволяет

проверить все основные режимы работы оптико-механических узлов, не допуская аварийных ситуаций.

Отдельные тесты выполняют проверку:

- включения проекционных ламп;
- выпуска буферной петли;
- функционирования конечных выключателей кареток;
- скоростей измерительных кареток;
- выборки петли;
- покaдровой перемотки пленки;
- скоростей перемотки пленки.

Приведены блок-схемы отдельных тестов и примеры выдачи диагностики.

В третьей главе даны примеры применения серийных проекторов БПС-75 в различных системах обработки камерных снимков.

В четвертой главе изложены результаты работ, связанных с разработкой и исследованием аппаратуры для выделения и оцифровки элементов треков по их геометрическим характеристикам.

На основе анализа алгоритмов и принципов работы специализированных устройств для выделения элементов треков показано, что процесс фильтрации состоит из нескольких этапов. Вначале штриховая картина на камерной фотографии преобразуется в точечную. Результат этого этапа: координаты точек заносят в промежуточную память, затем совокупности точек преобразуют в набор линейных элементов, а "сливки" элементов изображения производят программными средствами. По существующему методу на стадии преобразования штриховой картины в точечную анализ на принадлежность точки треку или фону не производят. Это приводит к тому, что приходится запоминать и затем заново перерабатывать большой объем фоновых данных.

Чтобы сделать процесс выделения элементов трека одноэтапным и выполнять фильтрацию фона во время считывания исследуемой картины, необходимо определять геометрические характеристики трека и фона, сравнивать их с заданными, по результатам сравнения координаты треков записывать в память, а фон отфильтровывать.

Геометрические характеристики треков и фона на каждой строке разложения изображения - это величины темных и светлых полей (сечений), на последовательных строках - это длина, угол наклона, площадь и другие величины.

Положение линейного элемента в матрице полностью определяется координатами начального и конечного сечений. Объем данных о таком элементе сокращен путем записи в память только этих координат.

Таким образом, применение данного метода выделения и оцифровки

элементов треков дает принципиальную возможность значительно уменьшить объем информации, передаваемой в память для хранения и последующего анализа.

Автором разработаны устройства, реализующие предложенный способ, на основе телевизионной камеры (ТК) на приборах с зарядовой связью (ПЗС). Важным преимуществом ТК на ПЗС является то, что с ее помощью сравнительно легко находить геометрические характеристики изображений.

Функции кодирования координат изображений выполняет интерфейс, который выполнен в стандарте КАМАК и способен за 20 мс передать в память ЭВМ информацию о координатах 6 треков на каждой из 144 строк матрицы<sup>13/</sup>.

Обсуждены различные способы кодирования изображений при съеме информации с матриц ПЗС. Определено количество координат, которое можно передать с одной строки матрицы в память, в зависимости от скорости обмена информацией с ЭВМ. Приведена блок-схема интерфейса и рассмотрено назначение ее функциональных элементов. Описан порядок работы и логика выполняемых интерфейсом команд КАМАК.

В состав интерфейса введена программно-управляемая аппаратура для фильтрации фона на текущей строке разложения изображения. Эта аппаратура определяет величины темных и светлых участков на каждой строке, сравнивает их с заданными и по результатам сравнения выдает разрешение на запись в память координат треков или вырабатывает сигнал на стирание в памяти ранее записанного кода помехи.

Приведена блок-схема аппаратуры и описана ее работа по фильтрации характерных помех.

Для оценки выигрша в объеме памяти при работе такого устройства необходимо знать соотношение всех сечений треков и фона на строке и сечений, удовлетворяющих условиям искомым треков. Получена оценка выигрша в объеме памяти при работе данной аппаратуры в реальных условиях.

Рассмотрены вопросы применения телевизионной камеры на матрице приборов с зарядовой связью для анализа изображений<sup>14/</sup>.

Сформулированы задачи, которые необходимо решить для реализации автоматического просмотра фотоэмульсий. Показано, что в разрабатываемом в ОИИИ приборе задача определения ориентации следа частицы сведена к определению номера световода, передающего полезный сигнал.

Алгоритм определения номера световода реализован программно-аппаратурным способом.

Сигналы световода передаются с помощью объектива на телевизионную камеру так, чтобы изображение полезного сигнала занимало несколько ячеек матрицы ПЗС по столбцам и строкам. Далее вся картина в теле-

визионной камере с помощью интерфейса кодируется и передается в ЭВМ.

Приведена блок-схема и описана работа программ записи данных из промежуточной памяти интерфейса в ЭВМ и определения номера световода.

Описана методика анализа информации о треках на снимках с искровых камер гамма-телескопа при помощи ТК на ПЭС. Показано, что производительность проектора БПС-75 при обработке снимков с искровых камер гамма-телескопа может быть повышена в 2-3 раза, если в состав прибора ввести телевизионную камеру на матрице ПЭС.

Далее в четвертой главе рассмотрена работа устройства для фильтрации фона на последовательных строках разложения изображения. Если трек и помеха не отличаются по признаку "Ширина на строке", то отделение фона ведут путем прослеживания трека на последовательных строках и вводят другой параметр сравнения, например, длину трека или фона.

Приведена блок-схема устройства, которое решает данную задачу. Приведено описание работы устройства и дан пример выделения элемента трека на фоне характерных помех.

Техническое решение, примененное в устройстве для фильтрации фона на последовательных строках разложения изображения, защищено авторским свидетельством /15/.

В данном устройстве на каждый отфильтрованный элемент трека записывается шесть координат. Это число не зависит от количества строк разложения изображения. Получена оценка выигрыша в объеме памяти при работе устройства.

В заключении приведены основные результаты диссертации.

#### Основные результаты

1. Решена задача создания электронной аппаратуры многоцелевого проектора, предназначенного для систем обработки снимков с трековых камер.

2. Разработана, реализована и внедрена в производство электронная аппаратура для работы проектора БПС-75 в автономном (без ЭВМ) режиме.

Проекторы БПС-75 выпуска Экспериментального завода научного приборостроения АН СССР используются в ведущих физических институтах СССР и стран-участниц ОИЯИ.

3. Разработан и создан комплекс функциональных блоков в стандарте КАМАК, предназначенный для работы проектора БПС-75 в системах обработки камерных снимков на линии с ЭВМ.

4. Получены данные о скоростных характеристиках измерительных кареток и алгоритмах управления проектором.

На основе разработок электронной аппаратуры, базового математического обеспечения и исследований режимов работы создана измерительная система на базе проектора БПС-75 и ЭВМ "Электроника-100И" для обработки фотоснимков с гамма-телескопа.

Созданная система позволила повысить скорость определения координат треков в 2 раза по сравнению с автономным режимом работы прибора, а введение контроля снимаемой информации увеличило ее надежность.

5. Предложена методика тестирования аппаратуры проектора БПС-75. Разработаны и реализованы тестовые программы для проверки работоспособности блоков КАМАК и комплексный тест для проверки функционирования оптико-механических устройств проектора.

6. Предложен новый способ выделения и оцифровки элементов треков по их геометрическим характеристикам.

Способ позволяет отфильтровывать фон на стадии считывания исследуемого изображения.

7. Разработано на новой технической базе и создано устройство для фильтрации фона на текущей строке разложения изображения треков. С помощью данного устройства решена задача автоматического прибора для просмотра ядерных фотозуммульсий.

Применение устройства для анализа изображений на снимках с гамма-телескопа дает возможность поднять производительность проектора БПС-75 в 2+3 раза.

8. Разработано устройство для фильтрации фона на последовательных строках разложения изображений актов ядерных взаимодействий. Это техническое решение защищено авторским свидетельством.

Применение данного устройства для съема координат треков позволяет значительно уменьшить объем памяти, используемый для регистрации данных в камерных экспериментах.

#### Работы, положенные в основу диссертации

1. Астахов А.Я., Ермолаев В.В., Зайцев В.И., Семенов В.Н., Скрыль И.И. Универсальный просмотрово-измерительный стол БПС-3У, предназначенный для обработки снимков с трековых камер. ОИЯИ, IO-6629, Дубна, 1972.
2. Астахов А.Я., Никитюк Н.М. Контроллер для связи ЭВМ ТРА-1 с крейтом в стандарте КАМАК. ОИЯИ, IO-7842, Дубна, 1974.
3. Астахов А.Я., Скрыль И.И. Универсальный измерительный проектор модульной конструкции, предназначенный для систем обработки снимков с трековых детекторов. В кн: Обработка физической информации. Ереван, Изд. ЕрПИ, 1976, стр.386; 135-140.



4. Астафьев В.П., Астахов А.Я., Беляев А.В., Беляков В.Н., Бовин Н.П., Ермолаев В.В., Зайцев В.И., Зарубина Л.Е., Калмыкова Л.П., Карпова В.П., Комов Г.М., Курятникова Р.П., Мещяреков М.Г., Павлова В., Селиванов А.Е., Скрыль И.И. Слепнев С.К., Смирнов А.М., Степанова Т.А., Сусов Ю.И. Измерительный проектор БПС-75. ОИЯИ, IO-9880, Дубна 1976.
5. Астахов А.Я., Беляков В.Н., Скрыль И.И. Режимы работы измерительного проектора БПС-75. ОИЯИ, IO-9927, Дубна, 1976.
6. Астахов А.Я. Пульт приема передачи данных измерительного проектора БПС-75. ОИЯИ, IO-IOI35, Дубна, 1976.
7. Астахов А.Я., Навасардян Г.В. Программа проверки блоков пульта приема-передачи данных проектора БПС-75. ОИЯИ, IO-IO274, Дубна, 1976.
8. Астахов А.Я., Комов Г.М., Скрыль И.И. Результаты исследований режима измерений на проекторе БПС-75. ОИЯИ, PIO-IO642, Дубна, 1977.
9. Астахов А.Я., Комов Г.М. Аппаратура и алгоритмы управления проектором БПС-75 от ЭВМ. ОИЯИ, PIO-III22, Дубна, 1977.
- IO. Астахов А.Я., Навасардян Г.В. Операционная система для обработки снимков с гамма-телескопа. ОИЯИ, IO-III20, Дубна, 1977.
- II. Астахов А.Я., Скрыль И.И., Сусов Ю.И. Измерительный модуль на базе просмотрово-измерительного проектора БПС-3У. В кн: Обработка физической информации. Ереван, Изд. ЕрФИ, 1978, стр.403.
12. Астахов А.Я., Комов Г.М. Тестовые программы для проектора БПС-75. ОИЯИ, PIO-I2554, Дубна, 1979.
13. Астахов А.Я., Комов Г.М. Интерфейс телевизионной камеры на матрице приборов с зарядовой связью для автоматической обработки изображений треков частиц. ОИЯИ, PIO-80-227, Дубна, 1980. То же в ПГЭ, № 3, 1982, стр.64-68.
14. Аверин С.А., Астахов А.Я., Комов Г.М. Применение телевизионной камеры на приборах с зарядовой связью для анализа изображений фурье-образов и снимков с искровых камер гамма-телескопа. В кн: Автоматизированные системы обработки изображений. М.; Наука, 1981, стр.106.
15. Астахов А.Я., Комов Г.М. Устройство для определения координат треков. Авт.свид. СССР № 854164 от 28 марта 1980 г. Бюлл.ОИЯИ, 1982, № 14, стр.324.

Рукопись поступила в издательский отдел  
21 марта 1983 года.