

Г-577

2477/2-76

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



28/11/76

10 - 9605

Н.Н.Говорун, З.М.Иванченко

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
МНОГОАБОНЕНТНОЙ СИСТЕМЫ ОБМЕРА
СНИМКОВ С ТРЕКОВЫХ КАМЕР

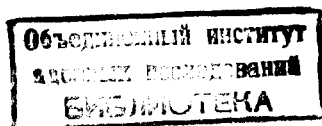
1976

10 - 9605

Н.Н.Говорун, З.М.Иванченко

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
МНОГОАБОНЕНТНОЙ СИСТЕМЫ ОБМЕРА
СНИМКОВ С ТРЕКОВЫХ КАМЕР**

Направлено в журнал "Программирование"



При проведении современного физического эксперимента с использованием траекторных детекторов получают сотни тысяч стереоснимков событий. Процесс обработки фильмовой информации начинается с отбора интересных событий. Затем производится обмер этих событий и обработка результатов обмера по большой системе программ, конечным этапом которой является статистическая обработка по всем обчисленным и идентифицированным событиям.

Такие системы (аппаратура и программы) созданы во всех крупных физических центрах нашей страны и за рубежом. В составе систем обработки функционируют автоматические и автоматизированные системы для измерения снимков. Наряду с ними во всех, практически, крупных физических центрах созданы и системы /1-4, 13-17/ на базе полуавтоматических измерительных приборов.

В ОИЯИ с 1967 по 1975 г.г. был создан последовательно ряд систем /1-4/ для обмера камерных снимков на базе полуавтоматических измерительных приборов, работающих на линии с ЭВМ БЭСМ-3М, Минск-22, и затем с БЭСМ-4. Эти системы различаются как информационно-логическими возможностями измерительной аппаратуры и ресурсами ЭВМ, так и возможностями, предоставляемыми математическим обеспечением системы.

Ввод в эксплуатацию в последние годы автоматизированных систем на базе сканирующих автоматов /5-12/ и электроннолучевой труб-

ки/6/ не уменьшило значения и роли полуавтоматической измерительной системы в решении задачи массовой обработки камерных снимков ОИЯИ. Указанные системы работают с высокой производительностью на этапе измерения при обработке сравнительно простых типов событий и предъявляют высокие требования к качеству пленки. Развитие средств общения человека с ЭВМ и участие человека в процессе измерения значительно расширяют возможности этих систем. Но очевидно, что работа таких сложных и дорогих установок будет эффективной, если события, для измерения которых требуется вмешательство человека, составляют небольшую часть от общего числа событий. Для обмера снимков со сложными событиями (когда, в основном, работает человек), полуавтоматическая система является экономически более выгодной, а, зачастую, и единственно возможной. Это обусловило дальнейшее развитие^{/4/} всех основных компонентов полуавтоматической системы ОИЯИ: измерительной аппаратуры, управляющей ЭВМ и математического обеспечения.

В качестве управляющей ЭВМ используется ЭВМ БЭСМ-4, дополненная каналом связи и схемой прерывания по внутренним и внешним причинам. В систему включены ряд новых просмотрово-измерительных столов САМЕТ, дополненных специальной электроникой^{/10/}, позволяющей реализовать режим программного автосопровождения под управлением ЭВМ.

В данной работе основное внимание уделяется вопросам общей организации управления вычислительным процессом ЭВМ и процессом измерения при одновременной работе в реальном времени до 21 измерительного прибора.

Конкретные алгоритмы и программы, обеспечивающие функционирование системы именно как системы измерения фидельной информации, в работе не рассматриваются. Эта часть системы с описанием

конкретных алгоритмов программ (подвод кадра, вывод измерительной метки в зону измеряемого объекта, контроль функционирования системы и работы оператора, структура языкового обеспечения диалога и т.д.) изложены в работах^{/4,10,11/}.

1. Задачи и краткая характеристика

Полуавтоматы и ЭВМ обмениваются 45-разрядными словами. Информация в направлении измерительный прибор - ЭВМ содержит координаты измеренных точек, служебную информацию и различные требования оператора. Для обратной связи используется световое табло, посредством которого оператор информируется об очередном этапе измерения и качестве работы измерительной системы.

В задачи математического обеспечения полуавтоматической измерительной системы входит:

- проверка измерительной аппаратуры;
- управление процессом обмера камерных снимков;
- прием и сортировка результатов измерений;
- экспресс-анализ поступающей в ЭВМ информации с целью контроля за работой измерительной аппаратуры и оператора;
- паспортизация и накопление результатов измерений камерных снимков для последующей обработки;
- автоматизированный выпуск, размножение и корректировка технической документации математического обеспечения системы.

Перечисленные задачи в той или иной степени решаются в любых автоматизированных измерительных системах, но методы их решения и степень сложности определяются конкретной системой, масштабом и динамикой экспериментальных исследований в физическом центре, ресурсами ЭВМ и информационно-логическими возможностями измерительной аппаратуры.

Математическое обеспечение полуавтоматической измерительной системы ПУОС-САМЕТ-БЭСМ-4 характеризуется следующими основными чертами:

1. Высокой реактивностью, позволяющей обслуживать поступающие требования в реальном ритме измерений без потери информации на линии между измерительными приборами и ЭВМ.

2. Универсальностью и гибкостью системы, обеспечивающими одновременную работу измерительных приборов в режиме обмера снимков на пленках различных физических экспериментов, простое подключение новых блоков программ контроля и обработки без изменения основного центрального ядра системы.

3. Высоким качеством измерений благодаря автоматическому контролю поступающей информации и работы измерительной аппаратуры, что сводит количество отказов на этапах дальнейшей обработки (геометрия-идентификация - статистический анализ) к минимуму.

4. Надежностью работы и программной устойчивостью. Алгоритмы системы продолжают функционировать и при наличии ложной информации, а также в случае частичных отказов в работе измерительной аппаратуры и сбоев в работе ЭВМ.

5. Система имеет достаточно удобные средства для взаимодействия человека с машиной.

II. Структура и функции математического обеспечения системы

В рассматриваемой системе работа измерительных полуавтоматов типа ПУОС и САМЕТ на линии с ЭВМ БЭСМ-4 организована с помощью комплекса программ под общим названием ПАУТИНКА. Математическое обеспечение состоит из трех основных компонентов (рис.1):

1. средства автоматизации программирования.
2. специализированная операционная система (ОС).
3. система контроля (СК).

Средства автоматизации программирования

Использование ЭВМ класса БЭСМ-4 для решения приведенных выше задач в реальном масштабе времени почти однозначно определило язык для написания программ. Это машинно-ориентированный язык символического кодирования. Преимущество программирования на таких языках заключается в том, что в результате получаются программы, оптимально использующие ресурсы и особенности ЭВМ.

В качестве языка программирования при создании и отладке программного комплекса ПАУТИНКА использовался автокод I:I. Система автоматизации программирования включает транслятор с этого языка и набор вспомогательных системных программ, носящих название АС-СЕМБЛЕР/7/.

Вторым важным компонентом средств автоматизации программирования является интерпретирующая система ИС-2И, созданная на основе интерпретирующей системы ИС-2⁸/путем добавления к ней ряда блоков, в том числе и блоков для обеспечения работы в режиме статической загрузки. ИС-2И включает в себя библиотеку программных модулей, программу-интерпретатор ИС-2, организующую динамическую загрузку и перезагрузку стандартных программ в процессе счета, блок БЗСП - запоминания стандартных программ, работа которых не закончена к моменту стирания при недостатке свободного места на рабочем поле ИС, программу редактирования библиотеки программных модулей (ПРЕ-ЛИС) и программу редактирования библиотеки информационно-управляющих таблиц (РЕКЗ). К БЗСП ИС-2 обращается при работе с программами статистической обработки результатов, когда объем памяти для

накопления значений статистических рядов превышает размеры рабочего поля оперативной памяти.

Кроме динамической загрузки программных модулей, в системе используется и метод статической загрузки программы, что значительно сокращает время обработки, так как в процессе статической загрузки программы происходит только считывание и передача управления на начало программы. Эти модули вызываются в оперативную память, минуя программу интерпретатор ИС-2.

Модульный принцип построения ПАУТИНКИ, стандартизация отдельных блоков с целью использования их при обработке информации для различных физических экспериментов совместно с системой ИС-2И представляют собой удобный аппарат, который не только сокращает время создания программного обеспечения, но и позволяет легко расширять систему, изменять отдельные функциональные блоки, адаптироваться к новым физическим экспериментам, не изменяя при этом основных структурных компонентов математического обеспечения системы.

Третьим компонентом средств автоматизации программирования является система АСТРА^{9/}, используемая для автоматизированного выпуска размножения и корректирования технической документации для программного комплекса ПАУТИНКА.

Специализированная операционная система (ОС) организует одновременную работу группы терминальных устройств, на которых измеряются снимки для различных физических экспериментов и управляет вычислительным процессом ЭВМ. ОС в значительной степени определяет эффективность использования вычислительных ресурсов, реактивность ЭВМ и устойчивость функционирования измерительно-вычислительного комплекса в целом.

Основные функции ОС:

- начальный (повторный) пуск системы;
 - обработка прерываний и управление вычислительным процессом ЭВМ согласно дисциплине диспетчеризации с абсолютными приоритетами;
 - управление в режиме диалога процессом измерения फिल्मовой информации в соответствии с последовательностью этапов, требуемых каждым конкретным экспериментом, и информацией, полученной при просмотре пленок. Для каждого эксперимента можно задать свою схему измерения;
 - обмен с внешними запоминающими устройствами;
 - ведение диалога с оператором ЭВМ;
 - сбор и упорядочение всех результатов измерений, относящихся к одному событию, расстановка служебных признаков и меток каждого элемента события и накопление информации на магнитной ленте во входном формате программ дальнейшей обработки, сортировка информации на этой ленте;
 - формирование и печать протокола работы каждого из измерительных приборов и всей системы в целом.
- ОС представляет собой совокупность программных модулей (рис. 1), которые размещаются в оперативной памяти ЭВМ и на магнитных барабанах. Резидентная часть включает наиболее часто используемые программные модули ОС.
- Система контроля (СК), как и ОС, выполнена в виде набора управляющих и исполнительных модулей, которые в совокупности осуществляют:
- генерацию программы обработки каждого измеренного фрагмента события из программных модулей системной библиотеки;

- управление контролем;
- выполнение логических и математических проверок поступающей информации;
- контроль работы измерительной аппаратуры и отдельных структурных компонентов ЭВМ.

Особое место в структуре программного комплекса ПАУТИНКА занимают системная библиотека программных модулей, библиотека информационно-управляющих таблиц и массивы статусной информации. К этим структурным единицам в процессе своего функционирования обращаются как ОС, так и СК. Отдельные элементы этих компонентов решают конкретные задачи и, тем самым, ориентируют измерительно-вычислительную систему на обзор снимков с трековых детекторов. Заменяя или расширив эти элементы, не изменяя основного ядра системы (ОС и СК), можно использовать ее для обмера и перевода любой другой графической информации в цифровую.

Рассмотрим более подробно конструкцию этих структурных единиц.

Системная библиотека программных модулей, формируемая программой ПРЕЛИС, размещается на магнитной ленте. Во время загрузки системы библиотека переписывается на магнитные барабаны, где она занимает 8К памяти. С точки зрения использования во время счета модули библиотеки можно разделить на три типа:

- Обычные стандартные программы (СП). Динамическую загрузку и перезагрузку этих модулей в оперативную память организует ИС-2.
- Запоминаемые стандартные программы. Загрузку и перезагрузку этих модулей в оперативную память организует ИС-2, но эти модули отличаются от обычных СП тем, что переписываются во вторичную память блоком БЗСП в тех случаях, когда обычные СП на рабочем поле

в оперативной памяти стираются. В основном, это массивы данных, используемых для управления работой измерительной аппаратуры, различные статистические таблицы. Номера этим библиотечным модулям присваиваются из определенного диапазона.

- Программные модули, для которых используется метод статической загрузки. Эти программы пишутся и транслируются для работы в определенной области оперативной памяти и, настроенные таким образом, хранятся в библиотеке. Специальный блок осуществляет считывание в требуемую область оперативной памяти и передачу управления на начало программы, минуя ИС-2.

Библиотека информационно-управляющих таблиц состоит из каталога физических экспериментов, информация для которых может быть измерена в системе, и самих таблиц, каждая из которых описывает конкретный физический эксперимент. Эта библиотека формируется и хранится на системной магнитной ленте и может содержать до 50 различных физических экспериментов. Строка каталога содержит номер эксперимента и адрес соответствующей ему таблицы в библиотеке (номер зоны магнитной ленты). Для автоматического редактирования библиотеки используется программа-редактор РЕКЗ. В процессе работы измерительной системы формируется и размещается на магнитном барабане рабочая (временная) библиотека физических экспериментов, измерение для которых ведется в данный момент времени.

Таблицы имеют переменную длину. Для хранения рабочей библиотеки отводится 4К памяти на магнитном барабане. Информационно-управляющая таблица содержит как конструктивные особенности камеры, условия эксперимента и допустимые отклонения для контролируемых параметров, так и схему обмера события, схемы обработки каждого фрагмента события, т.е. конкретный набор программных модулей и условий в операционной системе и в системе контроля.

Таким образом, простой заменой или изменением информационно-управляющих таблиц можно менять схему измерения и контроля измеренной информации, тем самым настраивая систему на решение задач, специфичных для конкретного эксперимента.

Массивы статусной информации (12 слов для одного прибора) формируются по мере включения каждого измерительного прибора в систему и постоянно редактируются в процессе функционирования системы, обеспечивая быстрый поиск различных буферных массивов для накопления информации, информационно-управляющих таблиц, а также позволяя определить состояние процесса измерения в каждый момент времени на любом из измерительных приборов.

Кроме различного рода таблиц, значительный объем памяти ЭВМ ($\approx 20\text{К}$) занимают буферные участки для хранения результатов измерений, рабочие массивы. Это привело к необходимости введения в систему специальных модулей, обеспечивающих поиск и упорядочение информации.

Работа программ поиска сводится к вычислению адреса, по которому размещена нужная информация. В неупорядоченных массивах поиск осуществляется методом перебора.

Программы выборки осуществляют физический перенос найденных записей и массивов непосредственно в требуемый участок оперативной памяти.

Упорядочение массивов производится программами сортировки. С точки зрения использования сортировка делится на внутреннюю и внешнюю. При внутренней сортировке, производимой во время измерения, сортируются входные сообщения, упорядочивается информация, относящаяся к отдельному фрагменту события и ко всему событию в целом.

При внешней - производится сортировка массивов на внешних накопителях (магнитных лентах) в соответствии с заданными ключевыми признаками сортировки (номера физических экспериментов, номера пленок и т.д.). Это делается после завершения всех измерений.

III. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СИСТЕМЫ

Мультипрограммность

На каждом из измерительных приборов, работающих одновременно и независимо друг от друга, измеряются снимки, относящиеся к различным физическим экспериментам. Это означает, что различные приборы требуют различных программ анализа информации и, кроме того, все они находятся на разных фазах процесса измерения. Алгоритмы обработки данных отличаются (иногда значительно) при переходе от эксперимента к эксперименту. С этой точки зрения полуавтоматы можно рассматривать как независимые терминальные устройства, иницирующие в ЭВМ работу нескольких различных программ обработки. Следовательно, разделение времени ЭВМ для одновременного выполнения нескольких различных программ обработки является необходимым условием функционирования рассматриваемой измерительной системы. Это предопределило организацию мультипрограммной работы управляющей ЭВМ. При этом задача решалась таким образом, чтобы у оператора, работающего за пультом полуавтомата, было ощущение, что ЭВМ работает с ним одним, и чтобы работа ЭВМ с остальными приборами не нарушала ритма работы каждого из операторов.

Мультипрограммный характер решения нескольких задач в режиме реального времени обеспечивается в рассматриваемой системе работой диспетчерских программ и модульной структурой всей системы в целом.

Приоритетная дисциплина прохождения программ

Входные данные поступают в ЭВМ независимо от функционирующей в данный момент части программы, в случайные моменты времени и инициируют в ЭВМ решение различных задач: принять информацию, выполнить редактирование накопленной информации (зачеркивание всего события или отдельного элемента его), проконтролировать отдельный элементарный массив в событии или все событие, включить в систему или отключить измерительное устройство, выдать на печать распределение памяти и т.д. Эти задачи неравноценны с точки зрения возможности задержки их решения. Естественно было вычислительный процесс в системе при работе измерительных приборов на линии с ЭВМ в реальном времени организовать на основе приоритетного обслуживания заявок.

Фактически приоритетами наделяются входные сообщения. Каждому входному сообщению (или заявке) присваивается свой приоритет, в соответствии с которым может быть увеличено или сокращено время ожидания обработки этого сообщения. Приоритет присваивается в соответствии с относительной важностью этого сообщения для функционирования системы и последствиями задержки обработки данного сообщения. В некоторых случаях допустима лишь минимальная задержка, когда от содержащейся в сообщении информации зависит протекание процесса управления. Обработку же других сообщений без особого ущерба можно отложить до момента, когда система свободна от обслуживания указанных выше заявок.

При равноценных заявках в рассматриваемой системе некоторым из них присваивается высокий приоритет, если время их обслуживания мало по сравнению с остальными заявками.

Как правило, для обслуживания одной заявки требуется программа одного приоритета. Но существуют заявки, обслуживание которых

разбивается на ряд этапов, каждый из которых требует программ различных приоритетов. Частичное обслуживание заявки должно быть произведено достаточно быстро, а дообслуживание может быть осуществлено в порядке очереди работ более низкого приоритета.

Здесь необходимо еще учитывать результат задержки обработки данных для оператора. Если оператор вынужден бездействовать до тех пор, пока не завершится обработка посланного им сообщения, то оправдано присвоение такому сообщению более высокого приоритета.

Для рассматриваемой системы наиболее важно выполнение без значительных задержек и потерь приема информации от измерительных приборов, реализация различных алгоритмов контроля элементарных массивов события и выдача управляющих кодов оператору измерительного прибора или электронике прибора. Более глубокий анализ полученной информации, связанный с информационными поисками, с большими затратами времени центрального процессора на его выполнение, может быть несколько задержан без какого-либо существенного влияния на ход измерения.

Таким образом, необходимо, чтобы в зависимости от складывающихся в процессе управления ситуаций система могла прервать выполнение программ с более низким приоритетом, запомнить состояние регистров, убрать эту программу из основной памяти и поставить ее в очередь программ, ожидающих обработки.

Основную роль в организации работы системы играет центральный диспетчер, который определяет последовательность обслуживания как внешних заявок, поступающих в систему от измерительных приборов и оператора ЭВМ, так и внутренних заявок, формирующихся в процессе работы отдельных подпрограмм. Центральный диспетчер реализует приоритетное обслуживание заявок с прерыванием вычислений. При этом применяется принцип группового приоритета, когда один и

тот же приоритет обслуживания назначается одновременно нескольким типам заявок, порядок обслуживания которых определяется внутренней подпрограммой-диспетчером (местным диспетчером) данного приоритета.

Для каждого приоритета выделены свои рабочие зоны оперативной памяти для хранения очереди заявок, промежуточных результатов вычислений и информации о состоянии программы в момент прерывания. Выбор организации очереди заявок зависит от характера работы с этой очередью.

Центральный диспетчер получает управление после завершения работы программы обработки прерывания по внешним причинам или в случае завершения работ программ одного из приоритетов, когда все требования этого приоритета удовлетворены. Получив управление, центральный диспетчер запоминает статусное состояние прерванной программы, анализирует все поступившие в систему заявки и предоставляет время центрального процессора той или иной программе, исходя из ее активности и приоритета. Программы данного приоритета считаются активными (приоритет активный), если выполняются все следующие условия:

- программе в принципе разрешена работа;
- работа программы была прервана или
- программа не была прервана, но для нее появилась новая работа.

Программы считаются неактивными, если выполняется хотя бы одно из условий:

- работа с программами данного приоритета запрещена;
- программа выполнила все требования указанного приоритета, и работы для нее на данном этапе нет.

Самый высокий приоритет имеют программы, обслуживающие требования оператора ЭВМ, самый низкий - фоновая задача. При распределении времени центральный диспетчер анализирует активность программ в порядке убывания их приоритетов и передает управление местному диспетчеру первого же активного приоритета, который работает до тех пор, пока будут обслужены все поступившие к нему требования или не станут активными программы более высокого приоритета.

Если активных программ в данный момент вообще не оказывается, центральный процессор переводит систему в состояние ожидания (пассивная фаза).

Описанная схема работы центрального диспетчера иллюстрируется рис. 2.

Каждую программу, реализующую алгоритмы данного приоритета, можно разделить на три части: ведущая программа или местный диспетчер, набор функциональных программных модулей и массивы информации.

Схемы работы местных диспетчеров в рассматриваемой системе различны для различных приоритетов.

Для четвертого приоритета местного диспетчера вообще нет, так как допускается прохождение только одной фоновой задачи. Ее работой управляет центральный диспетчер.

Местный диспетчер программ первого приоритета получает управление в результате изменения состояния каких-либо ключей пульта управления ЭВМ. Состояние ключей анализируется в определенном порядке (не зависит от порядка включения их), т.е. установлен жесткий приоритет для требований оператора ЭВМ.

Местные диспетчеры программ второго и третьего приоритетов имеют почти одинаковую схему работы (рис.3) и осуществляют обслуживание поступивших требований по принципу: первый пришел - пер-

вый обслуживается. Требования, поступившие в систему, записываются в очередь в порядке поступления и содержат необходимую информацию для вызова соответствующей программы обслуживания требования, содержащегося в заявке. Если буфер, отведенный для хранения очереди, заполняется полностью, происходит редактирование очереди (необслуженные требования перемещаются на начало очереди) и редактирование паспорта очереди.

Такой режим работы оказался вполне приемлемым. Среднее время ожидания выполнения требования второго приоритета составляет 1-2 сек, а третьего приоритета - 3-10 сек, что не нарушает ритма работы операторов измерительных приборов.

Местный диспетчер выбирает из очереди очередную заявку, идентифицирует требование оператора и вызывает соответствующую подпрограмму для выполнения этого требования. Выполнив все требования из очереди, местный диспетчер устанавливает свое статусное слово в начальное состояние и передает управление центральному диспетчеру, имитируя прерывание.

Функциональное назначение программ различных приоритетов следующее:

Первый приоритет - выполнение инструкций дежурного персонала ЭВМ. Таковыми могут быть требования закончить работу системы запретить или разрешить прерывание определенному измерительному устройству, выдать на печать таблицы распределения памяти, включить часы, подсчитывающие свободное время центрального процессора, и другие.

Второй приоритет - анализ и накопление поступающей информации, управление работой измерительных приборов, выполнение инструкций операторов измерительных устройств, контроль работы измерительной системы.

Третий приоритет - контроль принятой информации (например, пространственная реконструкция события).

Четвертый приоритет - фоновая задача: редактирование библиотеки экспериментов и др.

Высшим приоритетом обладают так называемые программы обработки прерываний, которые могут прервать программы всех перечисленных ранее приоритетов. Они включаются в работу специальной схемой прерывания. По окончании выполнения этих программ управление передается в центральный диспетчер, который выбирает новое направление работы системы.

В рассматриваемой системе имеются две программы обработки прерывания. Первая используется при выполнении процедур обмена ЭВМ с полуавтоматами. Вторая прерывающая программа включается в работу, когда возникает ситуация в ЭВМ, приводящая в обычном режиме к АВОСТу. Это прерывание используется для сокращения программных проверок, связанных с возможностью арифметического переполнения, деления на ноль и других остановов ЭВМ. Во всех этих случаях требуется быстрая реакция программы на возникшую ситуацию с тем, чтобы не допустить искажений, задержек или потерь информации.

Следует указать на одну особенность функционирования системы. Так как поступление сообщений операторов носит случайный характер, то система время от времени может оказываться перегруженной при имеющемся количестве терминальных приборов. Такое состояние системы является кратковременным, однако, без специальных мер это приводило бы к потере принятой в ЭВМ информации. Возможность перегрузки определяется прежде, чем она произойдет. Если объем имеющейся в наличии памяти для хранения очередей заявок опускается ниже определенного уровня, система переходит в фазу насыщения,

и ее дальнейшая работа протекает в следующем режиме. Блокируется прерывание системы на время выполнения очередной заявки. Это снижает интенсивность потока информации. Уменьшение интенсивности потока информации приводит, в свою очередь, к уменьшению времени обслуживания принятых заявок и наоборот.

Интерактивность

Рассматриваемая система относится к интерактивным системам и призвана обеспечивать решение задач, инициируемых с терминальных устройств в реальном масштабе времени.

Эффективность взаимодействия человека и ЭВМ в процессе измерений определяется рациональным распределением функций между человеком-оператором и машиной на основе взаимного дополнения и использования тех специфических качеств, которыми обладает каждый из них. Различные информационно-логические возможности двух типов измерительных приборов, используемых в системе, определили два варианта решения задачи управления процессом измерения.

Управление процессом измерения на ПУОСах строится на основе диалога оператора ПУОСа-ЭВМ, представляющем собой двустороннюю связь ЭВМ и оператора в реальном масштабе времени. ЭВМ и оператор обмениваются сообщениями информационного и управляющего характера.

Требование быстроты и удобства (наглядность и обзорность сообщений машины; естественность и эффективность представления информации, лаконизм и однозначность языка оператора) в общении человека с ЭВМ привело к необходимости передавать информацию в виде коротких слов или символов. Техническим средством представления данных оператору прибора является световое табло, на котором по команде ЭВМ могут быть высвечены слова и цифры. В качест-

ве устройства для ввода в ЭВМ используются функциональные кнопки регистры, посредством которых оператор посылает требуемую информацию или управляющие директивы.

Для ведения диалога ЭВМ использует информационное обеспечение диалога, которое представляет собой совокупность информационных массивов, содержащих тексты, посылаемые на световое табло, и словарь допустимых требований оператора.

Общение оператора с ЭВМ строится, в основном, по принципу: требование ЭВМ – действие оператора в соответствии с этим требованием – подтверждение от ЭВМ о правильности (неправильности) действий оператора – новое требование.

Каждый физический эксперимент может иметь свою схему измерений событий с учетом структурных и функциональных особенностей и ограничений. Таким образом, с каждым из операторов, производящих измерения одновременно для различных физических экспериментов, ЭВМ общается по различным схемам диалогового режима.

На измерительных приборах ПУОС ЭВМ управляет работой оператора, а работу прибора только контролирует. При измерениях на САМетах общая схема измерения события сохраняется, но на каждом этапе измерения ЭВМ не только контролирует, но и управляет^{10/} работой стола (режим программного автосопровождения).

Эксплуатация измерительно-вычислительной системы поставила проблему организации эффективного диалога не только между оператором-измерителем и системой по поводу решения конкретной задачи, но и между дежурным оператором ЭВМ и системой по поводу работы системы в целом.

Такой диалог позволяет оператору ЭВМ, с одной стороны, получать сведения о состоянии системы в процессе ее функционирования, а с другой, – управлять работой системы, выдавая ей

директивные указания. Информация от программ к оператору поступает в виде сообщений, выдаваемых на цифровую и алфавитно-цифровую печать. Эти сообщения могут носить как чисто информационный характер (например, протокол работы системы), так и запрашивать выполнения оператором некоторых действий (например, требование "смените ленту", когда магнитная лента для накопления результатов измерений заполнена и необходимо вмешательство дежурного оператора для продолжения работы системы).

Связь оператора ЭВМ с системой осуществляется с помощью клавишных регистров пульта управления ЭВМ. Информация, предназначенная для программ операционной системы, может вводиться оператором либо в виде директивных указаний, либо в виде ответов на сообщения этих программ. Возможность ввода директивных указаний позволяет оператору получить информацию о состоянии системы, управлять ходом выполнения отдельных программ, определить степень загрузки ЭВМ, отключить от системы отдельные приборы (запретить работу) или продолжить работу с ними и т.д.

Состояние ключей пульта управления постоянно контролируется центральным диспетчером системы, а требования оператора ЭВМ выполняются первым приоритетом.

Модульная структура

Работая одновременно и независимо друг от друга, операторы измерительных приборов производят обмер снимков, относящихся к различным физическим экспериментам, инициируя тем самым в ЭВМ решение различных задач - программ обработки. Алгоритмы обработки данных отличаются при переходе от эксперимента к эксперименту. Однако некоторые программные модули контроля и обработки (возможно, с небольшими модификациями) являются общими для всех эк-

спериментов. Структура и ориентировочные объемы данных для программ обработки известны заранее и представляют собой массивы, формируемые в процессе приема и первичной обработки входного потока информации. Эти свойства потока задач определяют структуру системы контроля и использование модульного программирования для ее реализации. Весь процесс обработки информации разбит на цепочку элементарных процессов, которым соответствуют программные модули. Основные структурные компоненты системы контроля показаны на рис. 1.

С точки зрения внешнего наблюдателя, функциональной рабочей единицей рассматриваемой системы является заявка оператора "конец массива". Оканчивая измерение какого-либо фрагмента события и посылая "конец", оператор тем самым инициирует заявку на контроль измеренного массива. ОС формирует массив данных, подлежащих анализу, идентифицирует его и передает в СК.

Используя идентификатор массива данных и различные информационно-управляющие таблицы, генератор программы обработки формирует вектор заданий на обработку. Это - одномерная таблица, включающая в себя названия и порядок модулей, определяющий процесс обработки. Каждый модуль может состоять из одной или нескольких подпрограмм. В векторе заданий допускается не более четырех модулей или этапов работы программ обработки для полученного массива информации, которые выполняются последовательно в установленном порядке, и выполнение каждого следующего этапа зависит от успешного выполнения одного или нескольких предшествующих.

Блок управления контролем обеспечивает последовательную загрузку требуемых программных модулей, анализирует результаты работы каждого модуля и организует передачу информации от одного модуля к другому, если нужно. Работа этого блока завершается формированием информации, содержащей результат проведенного анализа

качества измеренной информации. Эта информация используется в ОС для определения очередного этапа процесса измерения и сообщается оператору-измерителю.

Программные модули, используемые для анализа качества выполненных измерений, строятся, в основном, по одной схеме (рис.4). Работа такого модуля начинается с подбора нужных параметров, констант для контроля заданного массива информации (вариации условий работы) (рис.5). Параметры контролируемого фрагмента события задаются оператором-измерителем и ОС и являются внешними для программного модуля. Согласно этим параметрам, из соответствующей информационно-управляющей таблицы выбирается необходимая информация (массивы данных, отдельные параметры для решения задачи). Программа настраивается на обработку определенного массива информации, относящегося к определенной камере. Затем вычисляются контролируемые параметры и пропускаются через систему тестов. Анализ проводится до обнаружения первой ошибки в измерениях.

Такая структура программных модулей позволяет один и тот же модуль использовать при генерации различных программ обработки. Наиболее характерными программными модулями с рассмотренной структурой являются модули /II/ для контроля за качеством измерения реперных крестов и гладкости треков и контрольная геометрия.

Программа обработки информации для каждого эксперимента может быть изменена либо созданием новых модулей, или преобразованием некоторых уже имеющихся, или перестановкой модулей, определяющей процесс обработки информации. При этом для формирования и редактирования библиотеки программных модулей используется программа ПРЕЛИС, а для изменений в библиотеку физических экспериментов - программа РЕКЗ. Модульность структуры совместно с программами ПРЕЛИС и РЕКЗ обеспечивают простое включение новых фи-

зических экспериментов, новых блоков контроля и обработки, не изменяя при этом основных структурных компонентов математического обеспечения.

IV. Динамика работы системы

В системе можно выделить несколько различных состояний или фаз функционирования, основными из которых являются следующие:

1. Фаза пуска системы.
2. Пассивная фаза - отсутствие внешних сообщений и ожидание информации.
3. Рабочая фаза - управление измерительной аппаратурой и процессом измерения, контроль и накопление результатов измерений.
4. Фаза тестового контроля.
5. Фаза завершения работы измерительных приборов.
6. Фаза сортировки накопленной информации по номерам физических экспериментов, номерам фильмовых пленок.

Математическое обеспечение системы хранится на системной магнитной ленте. Работа системы начинается с фазы пуска системы. В этой фазе работают несколько подпрограмм, которые обеспечивают однократное выполнение необходимых подготовительных процедур, настраивающих систему для работы в определенных режимах. Основными из этих подпрограмм являются подпрограмма начального пуска и подпрограмма включения измерительного прибора в систему.

Используя информацию, набранную на клавишных регистрах пульта управления дежурным оператором ЭВМ, подпрограмма начального пуска загружает в память ЭВМ нужный вариант операционной системы и системы контроля, выполняет ряд подготовительных операций для работы с магнитными лентами.

После запуска система переходит в пассивную фазу - фазу отсутствия внешних сообщений и ожидания информации. Работает подпрограмма, обладающая чувствительностью ко всем видам прерывания, которые могут возникнуть в результате работы измерительной аппаратуры, сбоев ЭВМ, а также действий дежурного оператора ЭВМ. В эту фазу система переводится каждый раз, когда все заявки, поступившие в систему, уже выполнены.

Оператор измерительного прибора, начиная свою работу, посылает с кнопочного регистра измерительного полуавтомата заявку на включение прибора в систему, сообщая свой шифр и шифр физического эксперимента, для которого будет измеряться информация. Эта заявка выполняется подпрограммой включения измерительного прибора в систему, которая выделяет зону хранения и формирует в ней начальную статусную информацию для управления работой полуавтомата. На системной магнитной ленте отыскивается таблица параметров, декларирующая заявленный физический эксперимент и записывается на магнитный барабан. Выделяется рабочий буфер на магнитном барабане для накопления события и буфер в оперативной памяти для накопления текущего фрагмента события.

После включения полуавтомата в систему начинается основная рабочая фаза - управление измерительной аппаратурой и процессом измерения, контроль и накопление результатов измерений. Используя управляющую информацию, ЭВМ на световом табло полуавтомата высвечивает требование измерять один из фрагментов события: служебную информацию, реперные кресты, трек, характерные точки. Получив требуемый массив данных, программа присваивает ему соответствующий идентификатор. В оперативную память с магнитного барабана вызывается таблица параметров для соответствующего физического эксперимента. С использованием идентификатора массива по таблице

параметров формируется программа обработки этого массива информации, состоящая из набора стандартных блоков, и происходит передача управления на эту программу. Если в принятой информации не обнаружено ошибок, оператору на табло высвечивается требование измерить следующий фрагмент события. В противном случае оператору сообщается шифр ошибки и требование перемерить забракованную информацию. Хорошо измеренные фрагменты события накапливаются на буфере, отведенном на магнитном барабане для каждого полуавтомата. Контроль за накоплением осуществляет блок управления вводом - выводом информации.

Как только процесс измерения события оканчивается, оно считывается с буфера, контролируется, расставляются служебные признаки и метки отдельных элементов события, определяемые шифром физического эксперимента. Качественно измеренное событие записывается на числовую магнитную ленту (ЧМЛ) или передается для более глубокого анализа с использованием программы геометрической реконструкции.

Программы рабочей фазы, за исключением нескольких достаточно малых блоков, обладают чувствительностью ко всем видам прерываний. Блоки, работающие с запрещенным прерыванием, связаны с перемещением управляющей информации в памяти машины или редактированием очередей заявок.

При поступлении запроса на прерывание, выполнение текущей программы прерывается, запоминается ее состояние и через таблицу прерываний управление передается соответствующей прерывающей подпрограмме. После обработки прерывания управление получает центральный диспетчер, который, анализируя состояние очередей заявок для каждого приоритета, продолжает работу по прерванной программе или выбирает новое направление работы системы.

В фазу тестового контроля оператор полуавтомата переводит систему, если у него появляются сомнения в правильности работы измерительной аппаратуры. С регистра полуавтомата посылается заявка на включение соответствующего теста проверки работы светового табло или отсчетной системы полуавтомата. При переходе системы в фазу тестового контроля измерительной аппаратуры сохраняется вся измеренная информация о событии и статусная информация для этого прибора. Таким образом, при выходе из тестового режима оператор может продолжать свою работу, если его сомнения не подтвердились.

После сбоя в работе система переводится в фазу повторного пуска. По требованию оператора ЭВМ может быть произведено полное обновление всей системы путем загрузки ее с системной ленты или лишь частичное обновление операционной системы, при котором сохраняется информация об измеренных событиях на магнитном барабане и операторам измерительных приборов после обновления посылается требование перемерить только последний фрагмент события, измерение которого не было закончено к моменту сбоя работы системы.

Оканчивая свою работу, оператор посылает в ЭВМ заявку на отключение прибора от системы. Система переводится в фазу завершения работы. При этом происходит перераспределение буферной памяти и на печать выдается итоговая ведомость работы оператора, содержащая шифры оператора и прибора, число измеренных за смену событий и треков, продолжительность работы прибора. Если в процессе измерений проводился статистический учет ошибок, которые имели место на каждом из измерительных приборов, печатается протокол, в котором указываются все типы допущенных ошибок и количество ошибок каждого типа.

После распечатки указанной информации анализируется, остался ли еще хотя бы один прибор, работающий на линии с ЭВМ. Если все приборы окончили работу, печатается суммарный итоговый протокол за сеанс работы всей системы в целом, завершается работа с магнитными лентами и оператору ЭВМ сообщается объем лент, занятый измеренной информацией.

В фазу завершения работы всей системы в целом оператор ЭВМ может перевести систему включением определенной клавиши на регистрах пульта управления ЭВМ.

В фазу сортировки накопленной информации по номерам физических экспериментов и номерам фотопленок система переводится в том случае, когда накоплено несколько числовых магнитных лент. Как правило, это бывает один раз в неделю. Для сортировки информации, накопленной на магнитных лентах, имеется специальная программа сборки, которая с нескольких лент выбирает события, относящиеся к одной фотопленке и одному и тому же физическому эксперименту, и накапливает отобранные события на магнитной ленте БЭСМ-4 или на магнитной ленте СДС в порядке возрастания номеров событий. Эти ленты являются входными для программ геометрической реконструкции при последующей обработке результатов измерений. Программа сборки является автономной программой и работает на машине, когда измерения не ведутся. Движение информации в системе и структура системы изображены на рис.6.

Различные варианты математического обеспечения полуавтоматической измерительной системы, созданные в Дубне, переданы и в другие организации (Институт ядерной физики Каз.ССР, Тбилисский государственный университет, МИФИ), где используются в измерительных центрах этих институтов /13,14/.

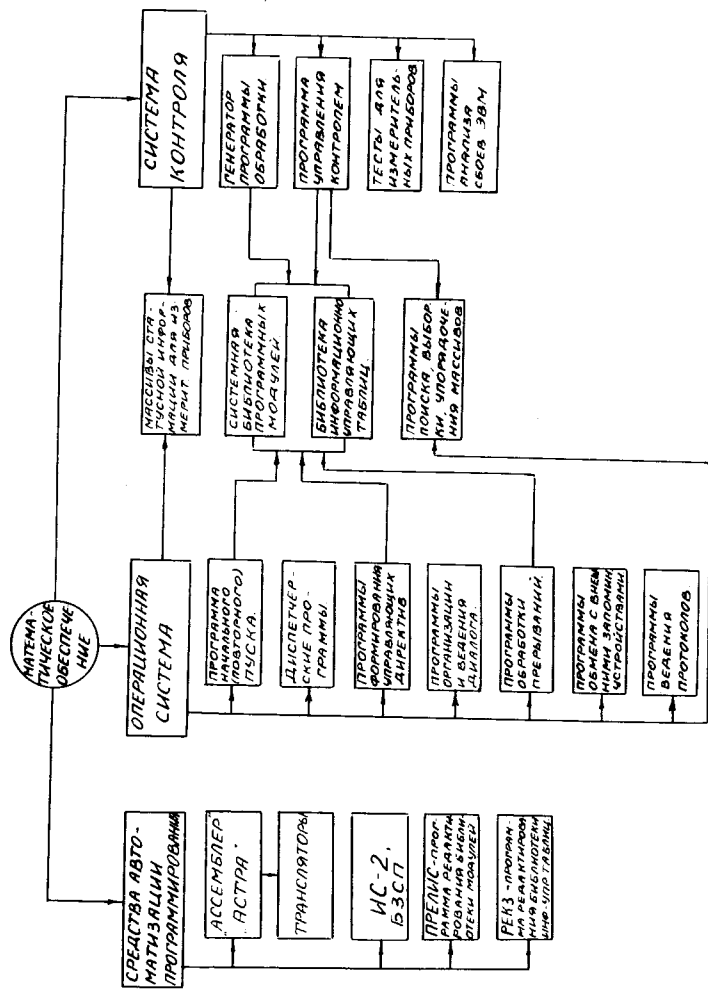


Рис.1. Структура математического обеспечения системы ПУОС-САМЕТ-БЭСМ-4

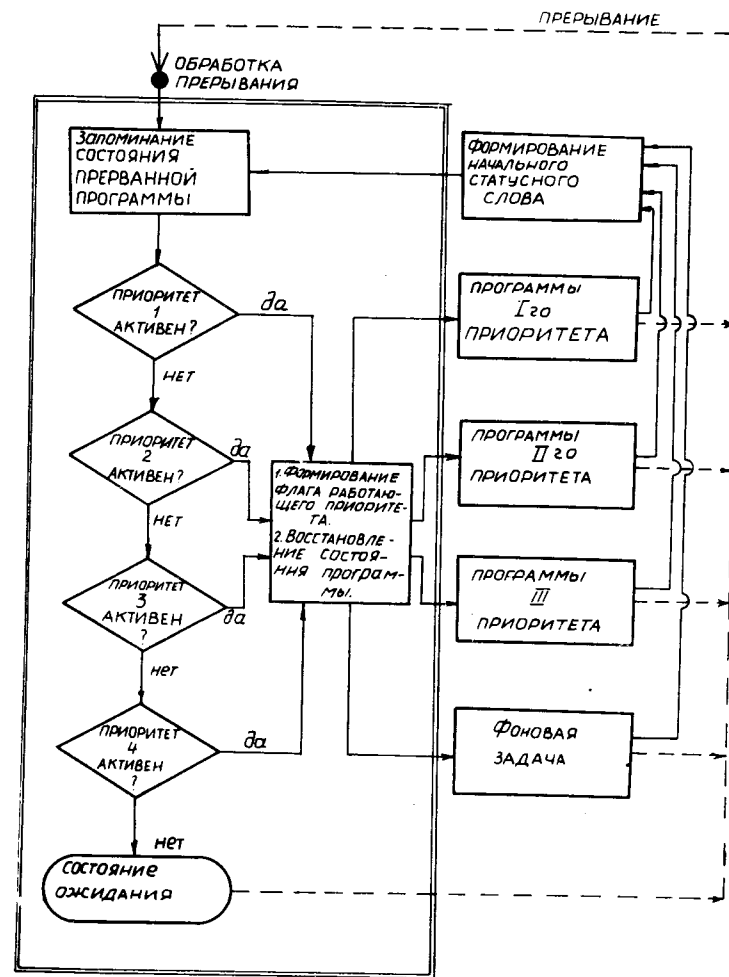


Рис.2. Схема работы центрального диспетчера

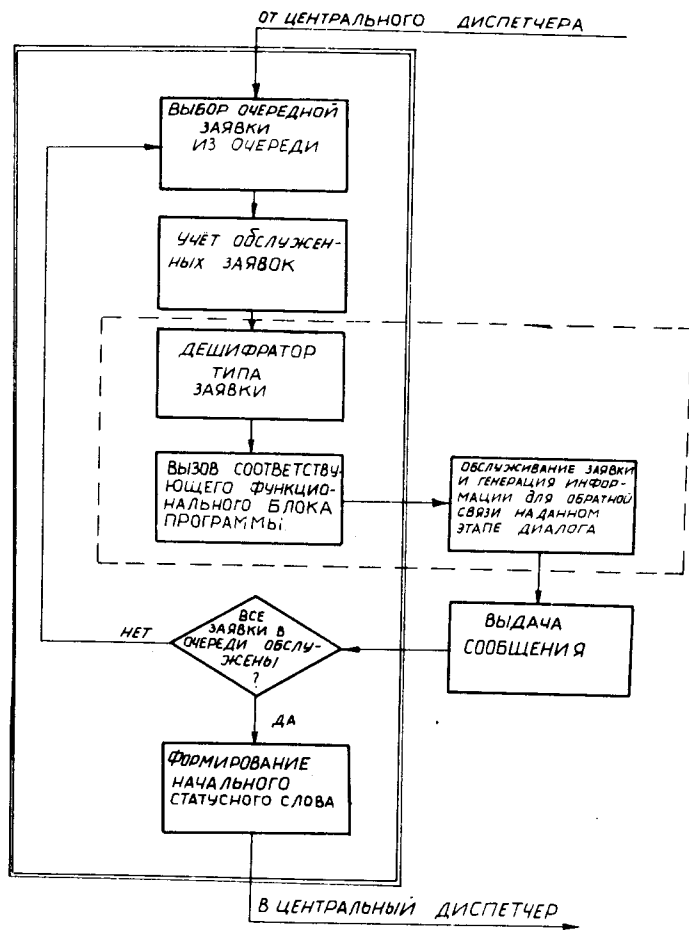


Рис.3. Схема работы местного диспетчера программ второго приоритета

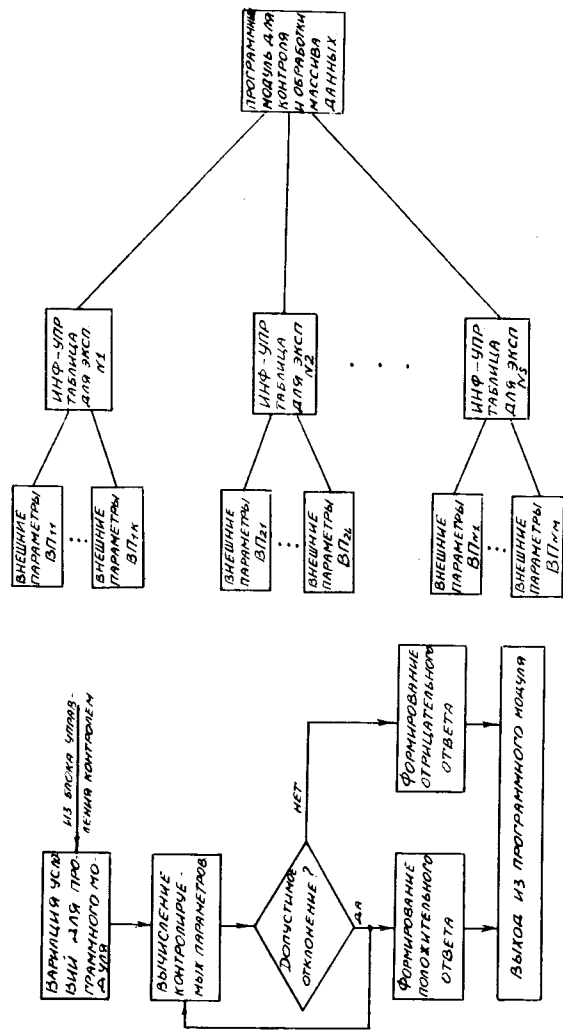


Рис. 4

Рис. 5

Рис.4. Упрощенная схема работы программного модуля для контроля и обработки массива информации

Рис.5. Схема формирования условий для работы программного модуля.

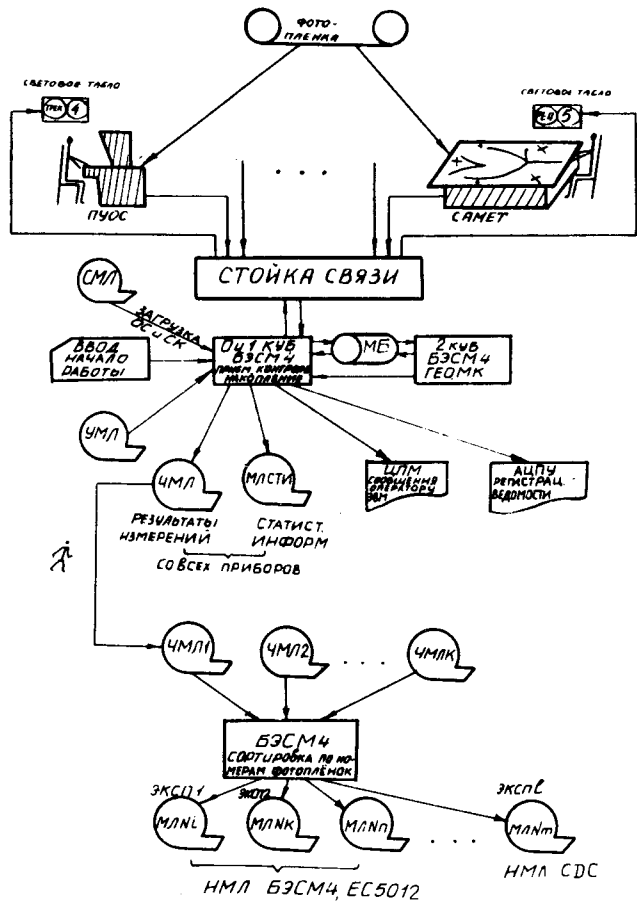


Рис.6. Схема движения информации и структура системы ПУОС-САМЕТ-БЭСМ-4

ЛИТЕРАТУРА

1. В.И.Бондаренко, Н.Н.Говорун и др. Применение электронных вычислительных машин для управления работой операторов в полуавтоматических системах измерения фльмовой информации. ОИЯИ, IO-3426, Дубна, 1967.
2. З.М.Иванченко и др. Управление и организация обработки данных в системе измерительных полуавтоматов на линии с ЭВМ. ОИЯИ, IO-4879, Дубна, 1968.
3. В.В.Ермолаев, З.М.Иванченко и др. Обработка фотографий с помощью полуавтоматической измерительной системы на линии с БЭСМ-4. Труды международного симпозиума по вопросам автоматизации обработки данных с пузырьковых и искровых камер. ДЮ-6142, Дубна, 1971.
4. А.Ф.Виноградов, Н.Н.Говорун и др. Система для измерения камерных снимков на базе полуавтоматических измерительных приборов, работающих на линии с ЭВМ БЭСМ-4. ОИЯИ, IO-8783, Дубна, 1975.
5. В.Я.Алмазов и др. Установка для скоростной автоматической обработки снимков с трековых камер на базе механического сканирующего устройства типа "бегущий луч". ОИЯИ, IO-4513, Дубна, 1969.
6. Н.В.Барашенкова и др. Программный комплекс управления и опознавания для сканирующего автомата с мониторинговой системой диалога человек - ЭВМ. ОИЯИ, P10-8860, Дубна, 1975.
7. В.А.Загинайко, И.Н.Силин. Автокод "Ассемблер". ОИЯИ, Б1-11-4514, Дубна, 1968.

8. М.Р.Шура-Бура. Интерпретирующая система ИС-2 для М-20.
Москва, ВЦ АН СССР, 1965.
9. К.М.Железнова и др. АСТРА - система автоматизации программирования для ЭВМ БЭСМ-4. ОИЯИ, ДЮ-7707, Дубна, 1974.
- Ю. Н.П.Богачев, Н.Н.Говорун и др. Режим программного автосопровождения на просмотрово-измерительных столах САМЕТ. ОИЯИ, РЮ-8748, Дубна, 1975.
- Ц. З.М.Иванченко. Накопление и анализ информации с целью контроля полуавтоматической измерительной системы, работающей на линии с БЭСМ-4. ОИЯИ, Ю-6141, Дубна, 1971.
12. В.М.Котов и др. Спиральный измеритель. Общее описание и результаты определения точностных характеристик. ОИЯИ, Ю-7939, Дубна, 1974.
13. М.А.Ташимов, Е.В.Лобанов, Измерительно-вычислительная система ПА-БЭСМ-4 для обработки фильмовой информации. Алма-Ата, ИВК-12, 1974.
14. Н.С.Амаглобели и др. Сообщения АН ГрССР, 73, 2, 1974.
Тбилиси, 1974.
15. В.Н.Говорун и др. Система просмотра и измерений снимков с камеры "Мирабель" с использованием проекторов ПУОС-2.
Труды международного симпозиума по вопросам автоматизации обработки данных с пузырьковых и искровых камер. ОИЯИ, ДЮ-6142, Дубна, 1971.
16. H.C.Albrechet et. al., The Cobweb DATA REDUCTION SYSTEM,
UCRL, 18528, 1968.
17. M.F.C.Moore, Computer guidance of an on-line IEP,
CERN, DD/DA/68/13, 1968.

Рукопись поступила в издательский отдел
15 марта 1976 года.