

E-741

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**  
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ  
И АВТОМАТИЗАЦИИ

10 - 6849

**ЕРМОЛАЕВ**

Виталий Васильевич

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН  
НА ЛИНИИ С АВТОМАТИЧЕСКИМИ  
И ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКИМИ УСТРОЙСТВАМИ  
В СИСТЕМАХ ОБРАБОТКИ ФОТОГРАФИЙ  
С ТРЕКОВЫХ КАМЕР**

Специальность 05 260 -  
приборы экспериментальной физики

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

(Диссертация написана на русском языке)

Дубна 1972

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

Научный руководитель – кандидат технических наук  
Ю.А.КАРЖАВИН

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук В.А.КОПЫЛОВ-СВИРИДОВ,  
кандидат технических наук Б.С.РОЗОВ

Ведущее предприятие: Институт теоретической и экспериментальной физики, г.Москва.

Автореферат разослан " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 1972 г.

Защита диссертации состоится " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 1973 г.  
на заседании Ученого совета Лаборатории вычислительной техники и автоматизации, г.Дубна, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета

Е.А.ЛОГИНОВА

10 - 6849

ЕРМОЛАЕВ

Виталий Васильевич

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН  
НА ЛИНИИ С АВТОМАТИЧЕСКИМИ  
И ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКИМИ УСТРОЙСТВАМИ  
В СИСТЕМАХ ОБРАБОТКИ ФОТОГРАФИЙ  
С ТРЕКОВЫХ КАМЕР

Специальность 05 260 -  
приборы экспериментальной физики  
Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

(Диссертация написана на русском языке)

Последнее десятилетие характеризуется широким применением электронных вычислительных машин (ЭВМ) в различных областях экспериментальной ядерной физики. Резкое увеличение количества поступающей в ходе эксперимента информации, усложнение экспериментального оборудования, рост стоимости проведения эксперимента на современных физических установках обусловили поиски путей наиболее эффективной обработки получаемых данных.

Одну из важнейших областей применения ЭВМ в физике высоких энергий представляет обработка фоточувствительной информации с пузырьковых камер, являющихся в настоящее время наиболее мощными и сложными детекторами элементарных частиц. Фотографические методы регистрации ядерных взаимодействий, используемые в методике пузырьковых камер, обладают огромной информационной емкостью. Для типичных водородных камер одна стереопроекция содержит 50+70 тысяч изображений пузырьков, не считая реперных меток, царапин и т.д.<sup>/1/</sup>. При измерении такого снимка на автоматическом сканирующем устройстве получается около 100 тысяч отсчетов<sup>/2/</sup>. Производительность пузырьковых камер достигает нескольких миллионов фотографий в год.

В экспериментальной ядерной физике широкое распространение находит также методика, основанная на использовании искровых камер. Несмотря на развитие бесфильмовых методов вывода информации с искровых камер, фотографический метод остается наиболее простым, универсальным, а в ряде случаев единственно возможным. Как правило, эксперименты с искровыми камерами основаны на статистическом анализе большого количества событий (типичным является обработка для одного эксперимента нескольких сотен тысяч событий).

Очевидно, что задача обработки указанных выше потоков информации, поступающих с пузырьковых и искровых камер, требует высокоавтоматизированных измерительных устройств и вычислительных машин.

Реферлируемая диссертация является результатом работ, выполненных автором с 1963 по 1971 год в Объединенном институте ядерных исследований, и посвящена созданию систем обработки filmовой информации с использованием электронных вычислительных машин на линии с автоматическими и полуавтоматическими измерительными установками.

Диссертация состоит из 4-х глав.

Глава I посвящена созданию в 1966-1968 г.г. в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ измерительного центра на базе вычислительной машины БЭСМ-3М<sup>3+8/</sup>. Структурная схема измерительного центра приведена на рис.1. Его основу составляют следующие системы:

1) система оперативной обработки экспериментальных данных с бесфильмовых магнито-стрикционных<sup>9/</sup> (БИКМ) и ферритовых<sup>10/</sup> (БИКФ) искровых камер;

2) система обработки фотографий с трековых камер на измерительных полуавтоматах (установках типа ПУОС<sup>11/</sup>) в режиме непосредственной связи с ЭВМ;

3) система обработки фотографий с искровых камер на основе сканирующего автомата АЭЛТ-1<sup>7/</sup>.

Для обеспечения режима работы БЭСМ-3М на линии с различного рода физическими установками сотрудниками ОИЯИ была проведена ее модернизация: установлен второй куб оперативной памяти емкостью 4К и организован программный канал ввода-вывода МКС-1<sup>12/</sup>.

Подключение физической аппаратуры к каналу БЭСМ-3М осуществлялось через центральное устройство связи с внешними объектами (ЦУС) и устройства управления УУ<sub>1</sub> + УУ<sub>4</sub>. В качестве внешнего объекта могла выступать отдельная физическая установка (АЭЛТ-1), либо группа установок (ПУОС<sub>1</sub> + ПУОС<sub>10</sub>). Центральное устройство связи использовалось для коммутации нескольких внешних объектов, обслуживаемых данной ЭВМ. Устройства управления обеспечивали работу на линии с ЭВМ конкретных физических установок с учетом их назначения, структуры, количества и скорости поступления информации. Рассмат-

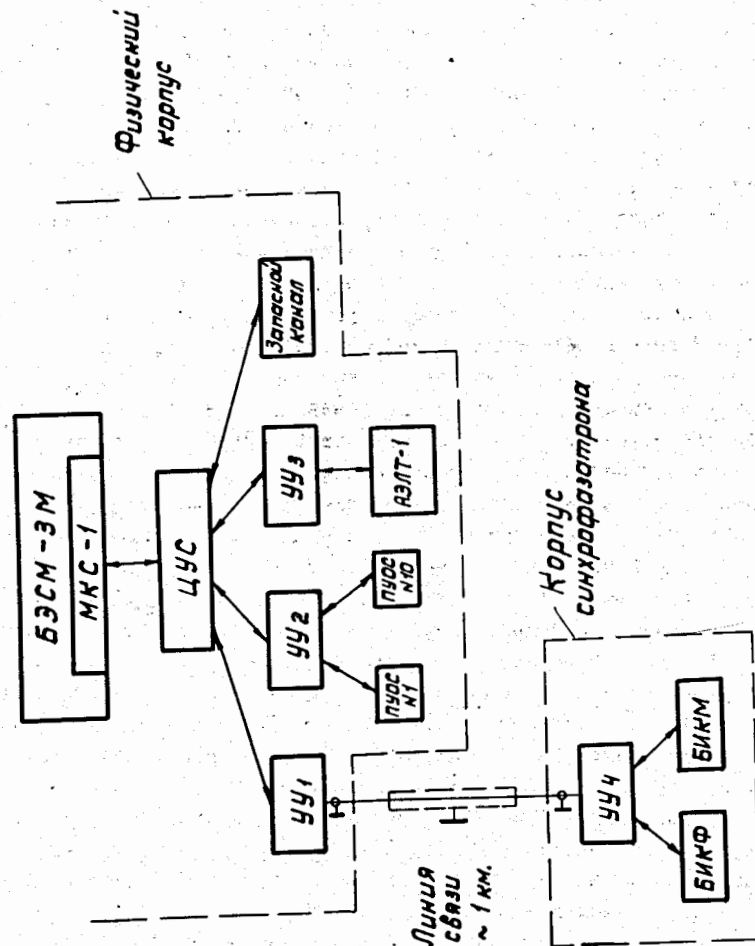


Рис. 1. Структурная схема измерительного центра ЛВЭ.

ривается логическая схема ЦУС. Кратко объясняется назначение управляющих сигналов, используемых в процессе обмена информацией между ЭВМ и внешними объектами.

Для подключения к БЭСМ-3М установок с бесфильмовыми искровыми камерами была разработана линия связи, позволявшая вести передачу данных на расстояние 1 км параллельными 45-разрядными кодами со скоростью 250 000 слов/сек<sup>16/</sup>. Ограничения на скорость передачи накладывались возможностями канала БЭСМ-3М (80 000 слов/сек). Приводится функциональная схема устройства управления выводом данных с искровых камер. Обосновывается выбор в качестве кабеля связи симметричного магистрального высокочастотного кабеля марки МКС. Эксплуатация линии связи началась в 1966 г. рабочими испытаниями установки с 8 проволочными искровыми камерами с ферритовой памятью на линии с БЭСМ-3М<sup>13/</sup>.

В 1967 году в ОИЯИ были завершены работы по созданию измерительной системы на базе полуавтоматических установок ПУОС, работающих в режиме непосредственной связи с БЭСМ-3М<sup>18/</sup>. Описывается блок-схема и логика работы системы "ПУОС - БЭСМ-3М".

Десять измерительных полуавтоматов, оборудованных электроуправляемыми пишущими машинками типа ЭУМ-46Д, могли подключаться к ЭВМ через центральное устройство связи, как один внешний объект. Устройство управления полуавтоматами обеспечивало передачу в ЭВМ в процессе обработки снимков измеренных координат, служебной информации и команд оператора, управляющих работой программ, а также вывод на пишущие машинки сообщений оператору из ЭВМ о ходе и качестве измерений. В начале 1968 года была начата опытная эксплуатация системы из 5 ПУОСов на линии с БЭСМ-3М, позволявшая произвести окончательную отладку электронных схем и управляющей программы, а также получить некоторые параметры, характеризующие степень использования ЭВМ<sup>13/</sup>. Дальнейшим развитием системы явилась система измерительных полуавтоматов на линии с БЭСМ-4, созданная и эксплуатирующаяся в настоящее время в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Одним из внешних объектов, работавших на линии с БЭСМ-3М в измерительном центре ЛВЭ, являлся сканирующий автомат АЭЛТ-1<sup>5,7/</sup>. Автомат был разработан в ОИЯИ для измерения снимков с искровых

камер. Сканирование фотоснимков в автомате производится по методу "бегущего луча" с использованием электронно-лучевой трубки (ЭЛТ). Приведена общая блок-схема автомата и кратко рассмотрен принцип его работы. Дается описание устройства управления сканирующим автоматом. Задачей устройства управления является:

- 1) кодировка сигналов, поступающих от сканирующей телевизионной части автомата;
- 2) передача закодированной информации в ЭВМ;
- 3) управление работой автомата в соответствии с командами, принимаемыми из ЭВМ.

На линии с БЭСМ-3М автомат АЭЛТ-1 прошел начальную стадию отладки с программами управления. Были просканированы снимки с искровой камеры и специальные тестовые снимки с целью проверки работоспособности автомата и изучения его характеристик. В дальнейшем АЭЛТ-1 был подключен к ЭВМ БЭСМ-4.

Во 2-ой главе рассматривается система измерительных полуавтоматов на линии с вычислительной машиной БЭСМ-4, созданная в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ<sup>14+16/</sup>.

Конструкция измерительных полуавтоматов предусматривает частичную автоматизацию труда операторов на этапе документальной регистрации данных измерения за счет применения выходного перфорирующего устройства. Однако основная часть работы, связанная с измерением, контролем, передачей информации в ЭВМ, выполняется вручную. На рис.2 представлен процесс обработки снимков с пузырьков камер в ЛВТА ОИЯИ на установках ПУОС с использованием перфоленты в качестве промежуточного носителя информации. Большое количество ручного труда на всех этапах процесса обработки, использование перфораторов в качестве выходных устройств повышает вероятность возникновения ошибок и удлиняет полный цикл обработки до нескольких недель.

Основным преимуществом непосредственной связи полуавтоматов с ЭВМ (рис.3) является возможность оперативного контроля поступающей с установок информации с целью обнаружения и немедленного исправления ошибок операторов и измерительной аппаратуры. Кроме того, устраняется значительная часть ручного труда на некоторых этапах процесса обработки снимков, связанных с проверкой и исправлением перфолент, вводом информации в ЭВМ, перемерами событий и т.д.

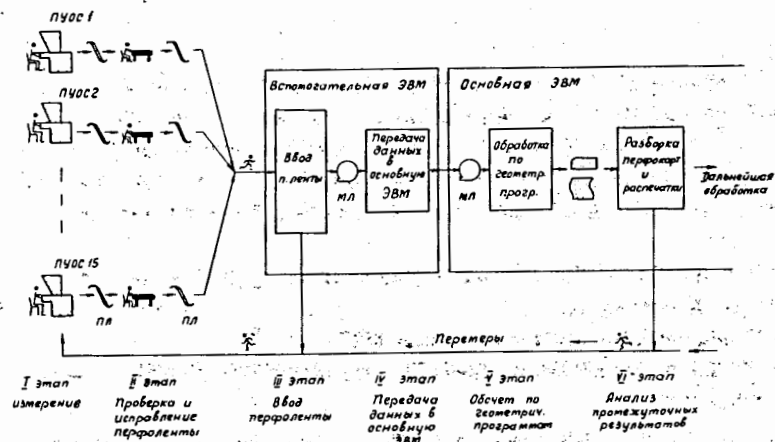


Рис. 2. Процесс обработки фотографий на измерительных полуавтоматах с выводом данных на перфоленту.

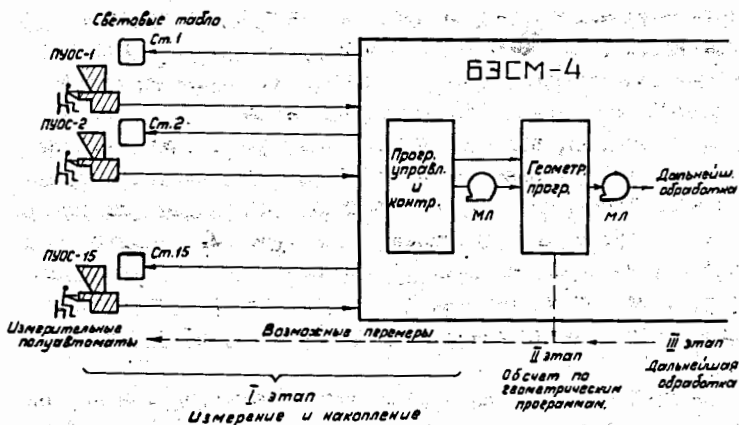


Рис. 3. Процесс обработки фотографий на измерительных полуавтоматах в режиме непосредственной связи с ЭВМ.

В результате сокращается общее время, необходимое для обработки пленочной информации. Приводится общее описание системы "ПУОС - БЭСМ-4".

Рассматриваются структура и логика работы аппаратуры связи измерительных полуавтоматов с ЭВМ. Обсуждаются вопросы контроля системы. В отличие от системы "ПУОС - БЭСМ-3М", где измеренные координаты и служебная информация запоминались в дополнительных ферритовых регистрах и считывались в ЭВМ параллельными 45-разрядными кодами, данная система предусматривает параллельно-последовательный вывод информации группами по 4 двоичных разряда. При этом используются те же электронные схемы ПУОСа, что и при работе с перфолентой, повышается лишь их тактовая частота. Вместо электроуправляемых пишущих машинок для приема информации из ЭВМ на каждом полуавтомате установлено световое табло, на экран которого в соответствии с заданным кодом проецируется сообщение, состоящее из фразы и цифры.

Приводится описание тестовой программы, используемой для проверки прохождения информации между БЭСМ-4 и полуавтоматами, а также для локализации и устранения обнаруженных ошибок.

Для определения количественных характеристик системы и их зависимости от различных режимов работы проведен теоретический анализ с использованием аналитического метода, базирующегося на непрерывных марковских процессах. Измерительные полуавтоматы на линии с БЭСМ-4 рассматриваются как одноканальная замкнутая система массового обслуживания с несколькими ( $n$ ) пользователями, с ожиданием, с непрерывным временем, с ограниченным потоком заявок. Система имеет  $n + 1$  состояний, характеризующихся количеством ПУОСов, ожидающих обслуживания. Предполагается, что все потоки событий, переводящие систему из одного состояния в другое, являются простейшими. Составлена система дифференциальных уравнений для вероятностей различных состояний системы:  $P_0(t) + P_n(t)$ .

Найдены аналитические выражения для предельных вероятностей  $P_0 + P_n$ , характеризующих поведение системы в установившемся режиме при  $t \rightarrow \infty$ . Определены также такие параметры, как математическое ожидание длины очереди и среднее время обслуживания одной заявки.

Измерения, проведенные в реальной системе, позволили определить параметры входных потоков требований и потока обслуживания заявок. Кроме того, была измерена величина  $P_0$  как отношение времени ожидания заявок на обслуживание к общему времени работы системы для разных  $n$ . Отмечается достаточно хорошее совпадение с результатами вычислений  $P_0(n)$ , полученными аналитическим методом, несмотря на принятые допущения при составлении математической модели системы.

Третья глава посвящена описанию устройства управления оптико-механическим сканирующим автоматом СА для измерения фотографий с пузырьковых камер /17, 18/. В Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ реализована на основе сканирующего автомата СА система обработки фотографий с пузырьковых камер с полным управлением (full or road guidance). Общая схема указанной системы обработки приведена на рис.4. Этапу измерения на СА предшествует этап предварительной обработки снимков на больших просмотрово-измерительных столах БПС-2.

Результаты предварительной обработки снимков накапливаются на магнитной ленте и передаются затем на ЭВМ CDC-1604A, управляющую сканирующим автоматом. Сканирующий автомат состоит из оптико-механического устройства типа "бегущий луч" и электронной части, которая обеспечивает автоматическую работу прибора под управлением ЭВМ.

Устройство управления (УУ) входит в состав электронной части сканирующего автомата. Обеспечивая автоматическую работу установки на линии с ЭВМ, УУ выполняет следующие функции:

- 1 - принимает и дешифрирует команды из ЭВМ;
- 2 - управляет перемещением измерительного стола СА;
- 3 - осуществляет запуск режима измерения после выполнения всех подготовительных операций.

Устройство управления включает в себя также имитатор ЭВМ и блок печати, позволяющие производить настройку аппаратуры сканирующего автомата в автономном режиме.

Управление сканирующим автоматом со стороны ЭВМ осуществляется с помощью команд. Приводится описание управляющих команд. Приводятся логические схемы и дается описание электронных блоков, входящих в состав устройства управления.

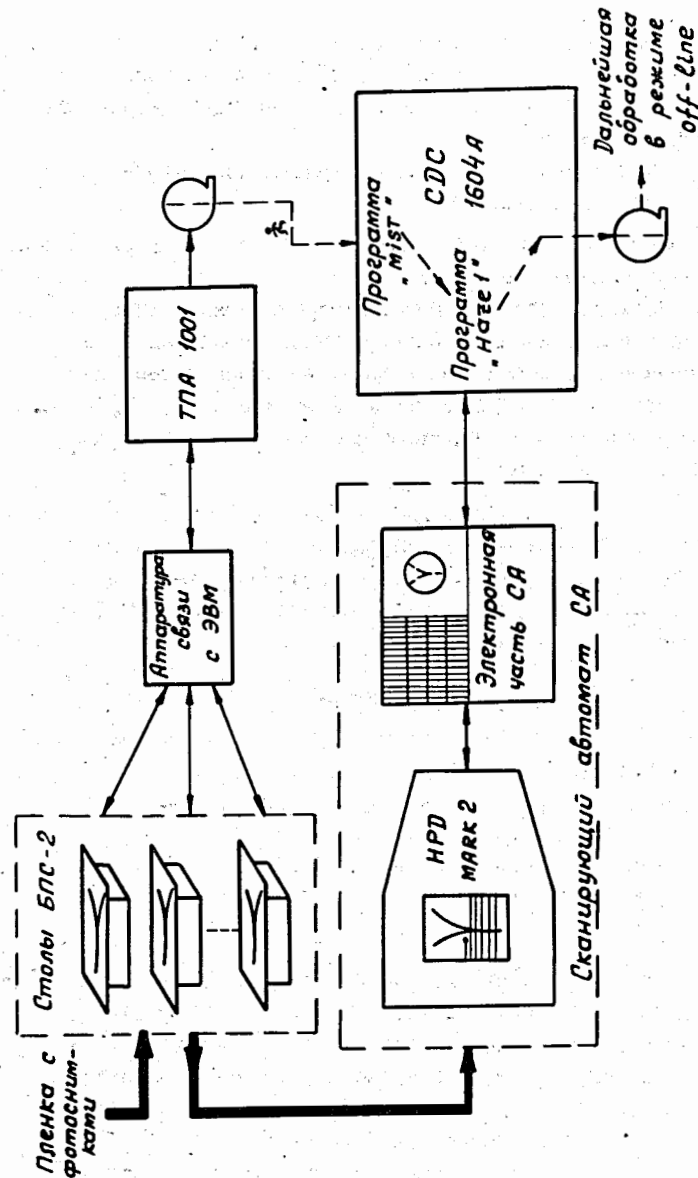


Рис. 4. Общая схема системы обработки снимков на основе сканирующего автомата СА.

В приемном блоке осуществляется прием и дешифрация команд, поступающих из ЭВМ, или имитатора ЭВМ. Принимаемые команды могут быть зафиксированы (в режиме настройки) с помощью цифropечатающего устройства БЗ-15.

Блок управления перемещением измерительного стола СА выполняет несколько функций:

- 1) осуществляет измерение перемещений стола в двух взаимно-перпендикулярных направлениях  $X$  и  $W$ ;
- 2) обеспечивает установку стола перед началом измерения в некоторое исходное положение по заданным координатам  $X_0$  и  $W_0$ ;
- 3) обеспечивает перемещение стола во время измерения с заданной скоростью ( $S$ ) до заданной координаты  $X_k$  ( $W_k$ );
- 4) обеспечивает по специальной команде из ЭВМ возврат стола в нулевое положение.

Блок управления сканированием осуществляет контроль выполнения команд, предшествующих измерению, выдает в другие блоки СА параметры сканирования, вырабатывает сигнал начала измерения, осуществляет запись в буферную память СА координат  $X$  и  $W$ , а также контрольных кодов  $Z$ , поступающих из ЭВМ.

Приводится описание имитатора ЭВМ, позволяющего производить проверку и настройку отдельных узлов СА, а также всего прибора в целом. Имитатор работает в 4-х основных режимах: в режиме имитации управляющих сигналов, в режиме приема информации, в режиме выдачи команд и в режиме комплексной проверки. В режиме комплексной проверки осуществляется имитация полного цикла сканирования, включая подготовительные операции и сам процесс измерения, то есть проверяется функционирование прибора в условиях, максимально приближенных к рабочим.

В главе 4 рассматривается система больших просмотрово-измерительных столов БПС-2 на линии с малой вычислительной машиной ТРА 1001/19+24/. Система предназначена для "грубого" обмера снимков с водородных камер с целью получения предварительной информации, необходимой для управления работой сканирующего автомата СА. В состав системы входят: вычислительная машина ТРА 1001, разработанная в ВНР Центральным институтом физических исследований/25/,

шесть больших просмотрово-измерительных столов БПС-2/19/, аппаратура связи БПС-2 - ТРА 1001, программное обеспечение. ЭВМ ТРА 1001 имеет следующие основные характеристики: длина слова - 12 разрядов, оперативное запоминающее устройство - 8К, цикл памяти - 10 мксек. Имеются программный и автономный каналы данных.

В состав внешних устройств входят: телетайп ASR -33 и читающее устройство с перфоценты FS -1500. В используемом варианте ЭВМ дополнительно укомплектована накопителем на магнитной ленте типа СДС 608А.

Большие просмотрово-измерительные столы БПС-2, разработанные в ЛВТА ОИЯИ, предназначены для обработки снимков, выполненных на неперфорированной пленке шириной 35, 50 и 70 мм. Имеется возможность одновременного просмотра и измерения трех стереопрооекций. Для связи с ЭВМ столы оборудованы оперативными пультами управления. Внешний вид стола БПС-2 представлен на рис.5.

Рассматривается логика работы системы и особенности обмена данными между ЭВМ и просмотрово-измерительными столами.

Приводится описание электронных блоков, с помощью которых осуществляется подключение столов БПС-2 к программному каналу ТРА 1001. Указанные электронные блоки выполнены на двухсторонних печатных платах с использованием интегральных гибридных микросхем.

Описывается программа-диспетчер (DISP), обеспечивающая управление последовательностью обработки снимков на столах БПС-2; прием необходимой информации со столов на каждом этапе измерения; выдачу указаний оператором о качестве измерений; вызов обслуживающих подпрограмм, осуществляющих контроль и первичную обработку поступающих со столов данных. Настройка программы для обработки разных экспериментов производится с помощью специальных управляющих таблиц. Программа написана на символическом языке и занимает вместе с управляющими таблицами и буферными массивами нулевой куб (4К) оперативной памяти ТРА 1001.

Приводится описание программы "MASK", работающей совместно с программой-диспетчером и представляющей собой набор обслуживающих подпрограмм, которые используются при измерении на столах БПС-2 "масок" на снимках с пузырьковых камер для сканирующего автомата СА. На выходе "MASK" формируется магнитная лента,



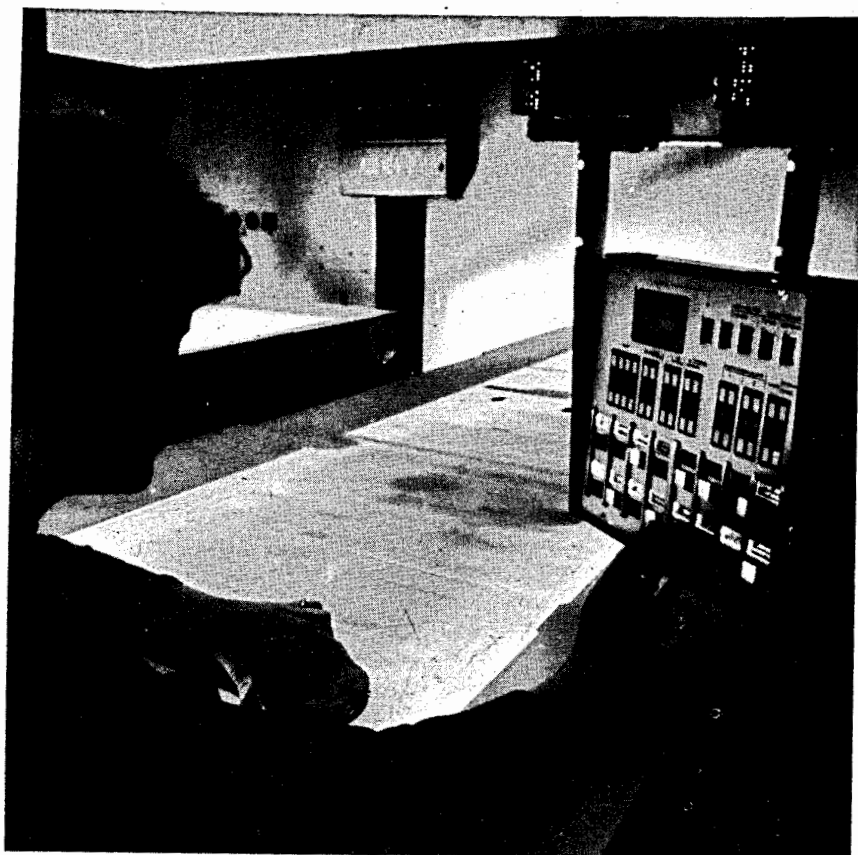


Рис. 5. Внешний вид большого просмотрово-измерительного стола БПС-2.

содержащая данные измерений с нескольких столов. Обслуживающие подпрограммы, входящие в " MASK ", размещаются в первом кубе оперативной памяти ТРА 1001.

Основные результаты диссертации можно сформулировать с следующим виде:

1. Выполнен ряд работ по созданию в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ измерительного центра на базе вычислительной машины БЭСМ-3М для обработки фильмовой информации, поступающей с трековых камер, а также для накопления и анализа данных в реальном масштабе времени в экспериментах с бесфильмовыми искровыми камерами, проводимыми на синхрофазотроне 10 Гэв. В процессе создания измерительного центра было разработано центральное устройство связи, обеспечивающее подключение к каналу БЭСМ-3М различной физической аппаратуры; предложена и выполнена линия связи протяженностью 1 км для обмена данными между ЭВМ и установками с бесфильмовыми искровыми камерами, расположенными в измерительных павильонах ускорителя; разработан комплекс аппаратуры связи измерительных установок ПУОС с ЭВМ; разработано устройство управления сканирующим автоматом на электронно-лучевой трубке.

Измерительный центр на базе вычислительной машины БЭСМ-3М успешно функционировал в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ в 1966 + 1968 г.г., обеспечив проведение ряда интересных физических экспериментов.

2. Разработана аппаратная часть системы измерительных полуавтоматов на линии с вычислительной машиной БЭСМ-4. Составлена программа "Тест ПУОС", используемая для контроля и поиска неисправностей в системе. С 1970 года система успешно эксплуатируется в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации.

3. Разработано устройство управления оптико-механическим сканирующим автоматом СА (НРД), предназначенным для обработки фотографий с трековых камер. Устройство управления обеспечивает автоматическую работу прибора на линии с вычислительной машиной СДС-1604А. Предложено также электронное устройство, имитирующее работу ЭВМ, что позволяет вести автономную проверку и настройку аппаратуры сканирующего автомата в условиях, приближающихся к реальным. В настоящее время сканирующий автомат находится в опытной эксплуатации и используется для обработки снимков с 1-метровой водородной камеры.

4. Создан комплекс электронной аппаратуры, позволяющей объединить группу из 6 просмотрово-измерительных столов БПС-2 в единую систему на линии с малой вычислительной машиной ТРА 1001.

5. Составлена программа-диспетчер для ЭВМ ТРА 1001, осуществляющая управление процессом измерения, а также прием и накопление информации с больших просмотрово-измерительных столов БПС-2 с помощью специальных управляющих таблиц. Содержание таблицы определяется типом обрабатываемого эксперимента.

6. Составлена программа " MASK ", которая обеспечивает оперативный контроль и первичную обработку данных, поступающих с БПС-2 в режиме измерения "масок" на снимках с водородных камер для оптико-механического сканирующего автомата СА (НРД). Программа работает на ЭВМ ТРА 1001.

В настоящее время система больших просмотрово-измерительных столов БПС-2 на линии с ЭВМ ТРА 1001 находится в эксплуатации и используется для обработки фотографий с 1-метровой водородной камеры и со стримерной камеры высокого давления.

Материалы диссертации докладывались на X конференции по автоматическому контролю и методам электрических измерений (Новосибирск, 1971 г.), на Международной конференции "Вычислительная техника 71" (ВНР, г.Эстергом, 1971 г.), на Международном симпозиуме по вопросам автоматизации обработки данных с пузырьковых и искровых камер (Дубна, 1971 г.).

Основное содержание диссертации опубликовано в работах /3+8/  
/14+24/.

## ЛИТЕРАТУРА

1. W.M.R. Blair. Automation in the measurement of bubble chamber film.  
CERN, DD/68/9, 1968.
2. W.C. Moorhead. Measurement of bubble chamber film using HPD.  
Дубна, Р10-4244, 1968.
3. М.Х.Аникина, Л.С.Барабаш, А.Г.Грачев, В.В.Ермолаев, В.Д.Инкин, Ю.А.Каржавин, И.Н.Кухтина, Ю.Р.Лукстиньш, Л.Г.Макаров, Э.О.Оконов, Г.Г.Тахтамышев, В.И.Устинов, С.А.Хорозов.  
Препринт ОИЯИ, I-3050, Дубна, 1966.
4. В.И.Бондаренко, Н.Н.Говорун, Н.Д.Дикусар, В.В.Ермолаев, Э.М.Иванченко, В.Д.Инкин, Г.М.Кадиков, С.В.Кадикова, В.Н.Капустина, Ю.А.Каржавин, Э.В.Лысенко, Р.В.Малышев, В.И.Мороз, О.К.Нефедьев, В.Н.Садовников, В.И.Семашко, В.Д.Степанов, Г.Н.Тентюкова, В.Б.Флягин, В.Н.Шигаев, А.А.Шуравин. Препринт ОИЯИ, IO-3426, Дубна, 1967.
5. В.В.Ермолаев, А.Д.Злобин, В.Н.Шигаев, В.Н.Шкунденков.  
Препринт ОИЯИ, IO-3483, Дубна, 1967.
6. А.Я.Астахов, В.В.Ермолаев, В.Д.Инкин, Г.М.Кадиков, Ю.А.Каржавин, А.Е.Селиванов, Хон Ген Ха.  
Препринт ОИЯИ, Р10-3592, Дубна, 1967.
7. В.Ф.Борисовский, А.С.Буров, Н.Д.Дикусар, В.В.Ермолаев, А.Д.Злобин, И.Н.Кухтина, И.Н.Скрыль, А.А.Олейник, В.А.Уткин, А.И.Филиппов, В.Н.Шигаев, В.Н.Шкунденков.  
ДАН СССР, 1969, т.185, № 2, с.306.
8. В.В.Ермолаев, В.Д.Инкин, В.Н.Капустина, Ю.А.Каржавин, А.Е.Селиванов, Хон Ген Ха.  
Препринт ОИЯИ, IO-3938, Дубна, 1968.

9. А.С.Гаврилов, И.А.Голутвин, Ю.В.Заневский, С.С.Кирилов, В.А.Кулаков, Л.Г.Макаров, Э.Н.Цыганов.  
ПТЭ, № 6, 1966.
10. Л.С.Барабаш, А.Г.Грачев.  
Препринт ОИЯИ, 2660, Дубна, 1966.
11. В.Я.Алмазов, И.А.Голутвин, В.Д.Инкин, Ю.А.Каржавин, В.Д.Неустроев, В.Д.Степанов.  
Препринт ОИЯИ, 1352, Дубна, 1963.
12. Е.Д.Городничев, А.П.Кретов, Г.М.Кадыков, О.К.Нефедьев, В.Н.Садовников, В.Н.Шигаев.  
Труды IV Симпозиума по радиоэлектронике. Прага, 1967, с.151.
13. З.М.Иванченко, Р.В.Мальшев, В.Н.Шигаев.  
Сообщение ОИЯИ, IO-4879, Дубна, 1969.
14. В.В.Ермолаев, Ц.И.Иоселиани, Ю.А.Каржавин, Н.А.Проценко, В.Ф.Рубцов, В.Н.Семенов, В.Д.Степанов, О.С.Шудра.  
Сообщения ОИЯИ, IO-5973, Дубна, 1971.
15. Н.Н.Говорун, В.В.Ермолаев, З.М.Иванченко, Ц.И.Иоселиани, Р.В.Мальшев, Ю.А.Каржавин, В.Ф.Рубцов, В.Н.Семенов, В.Н.Шигаев, О.С.Шудра.  
Сообщения АН Груз.ССР, 63, № 2, 1971, с.297.
16. В.В.Ермолаев, З.М.Иванченко, Е.С.Кузнецова, А.П.Кретов, Р.М.Лебедев, Р.В.Мальшев, Р.А.Позе, Н.А.Проценко, В.Ф.Рубцов, В.Д.Степанов, Г.Н.Чернышова.  
Сборник докладов Международного симпозиума по вопросам автоматизации обработки данных с пузырьковых и искровых камер, 12-16 октября 1971 г.  
ОИЯИ, Д10-6142, Дубна, 1972, с.342.
17. В.Я.Алмазов, Ю.Г.Войтенко, В.В.Ермолаев, В.Д.Инкин, Ю.А.Каржавин, В.М.Котов, В.К.Ляпустин, М.Г.Мещеряков, Л.Е.Селиванов, О.Хи.Ен, И.И.Скрыль, Ю.И.Сусов, В.И.Устинов.  
Труды X конференции по автоматическому контролю и методам электрических измерений. Новосибирск, 1971, с. 32-37.
18. В.В.Ермолаев, В.Д.Инкин, Ю.А.Каржавин, В.Ф.Рубцов.  
ПТЭ, 1972, № 2, с.232.

19. В.Я.Алмазов, В.Н.Беляков, В.В.Ермолаев, В.И.Зайцев, Л.Г.Калмыкова, Ю.А.Каржавин, М.Г.Мещеряков, Г.А.Ососков, В.В.Павлова, Г.А.Погодина, Р.А.Позе, В.Ф.Рубцов, В.Н.Рубцов, В.Н.Семенов, И.И.Скрыль, В.И.Устинов.  
Сборник докладов Международного симпозиума по вопросам автоматизации обработки данных с пузырьковых и искровых камер, 12-16 октября 1971 года; ОИЯИ, Д10-6142, Дубна, 1972, с.213.
20. А.Я.Астахов, В.В.Ермолаев, В.Д.Инкин, Ю.А.Каржавин, В.М.Котов, М.Г.Мещеряков, В.И.Мороз, Р.Позе, Ю.И.Сусов, И.И.Скрыль.  
Сборник докладов Международного симпозиума по вопросам автоматизации обработки данных с пузырьковых и искровых камер, 12-16 октября 1971 г.; ОИЯИ, Д10-6142, Дубна, 1972, с.439.
21. В.В.Ермолаев, Л.П.Калмыкова, Ю.А.Каржавин, В.Н.Семенов, В.И.Устинов.  
Сообщения ОИЯИ, IO-6451, Дубна, 1972.
22. В.В.Ермолаев, Ю.А.Каржавин, Г.А.Погодина, В.Н.Семенов, В.И.Устинов.  
Сообщения ОИЯИ, IO-6132, Дубна, 1971.
23. В.В.Ермолаев, Л.П.Калмыкова, Ю.А.Каржавин, Г.А.Ососков, Г.А.Погодина.  
Сообщения ОИЯИ, IO-6516, Дубна, 1972.
24. В.В.Ермолаев, Л.П.Калмыкова, Ю.А.Каржавин, Г.А.Ососков, Г.А.Погодина, В.Ф.Рубцов.  
Сообщения ОИЯИ, IO-6517, Дубна, 1972.
25. TRA Computer manual. Technical Library. КФК1 4693, 1969, Budapest.

Рукопись поступила в издательский отдел  
18 декабря 1972 года.