

**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

Б447

P10-87-639

А.В.Беляев, В.И.Краснослободцев, В.И.Мороз,
Я.Нивицки, В.С.Рихвицкий, З.Хоффман,
Д.Ж.Ажмуханбетова*, А.П.Стельмах, В.Н.Семенов

**ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ
СИСТЕМА ПАИС**

Общее описание

*Казахский химико-технологический институт,
Чимкент

1. Система полуавтоматических измерений

Изучение взаимодействий элементарных частиц и ядер методикой трековых камер с фильмовым съемом информации требует проведения большого объема измерений координат. Значительная часть работы должна выполняться на полуавтоматических приборах, обеспечивающих надежную обработку сложных событий. Производительность приборов и качество измерений существенно повышаются при организации из полуавтоматических приборов и управляющей ЭВМ измерительной системы /1-15/. Ниже рассматривается полуавтоматическая измерительная система ПАИС, заменившая систему ПУОС-САМЕТ-БЭСМ-4 /1-3/.

Объектом измерения в ПАИС является состоящий из нескольких проекций стереоснимок следов (треков) взаимодействия частиц, т.е. стереоснимок зарегистрированного события.

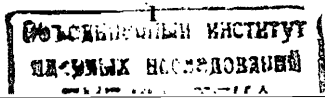
В процессе измерения каждого события в ЭВМ вводится служебная информация и затем выполняется последовательное совмещение измерительной марки с реперными крестами и точками на треках. При совпадении марки с точкой оператор нажимает на отсчетную кнопку, что приводит к автоматическому считыванию координат (x, y) и передаче их через ряд буферов в память управляющей ЭВМ. Полученные в результате этого данные имеют определенную упорядоченную структуру, они состоят из служебной алфавитно-цифровой информации, идентифицирующей данное событие и содержащей описание его топологии, и данных стереопроекции. Последние включают номер проекции и результаты измерения (на данной проекции) координат реперных крестов, треков и особых точек. В информацию о треке входит его номер и координаты x, y измеренных точек (по 16 бит каждая).

При работе ПАИС средний темп поступления информации в управляющую ЭВМ составляет 4-5 пар координат/с.

До 1986 г. такие измерения в ОИЯИ проводились на системе ПУОС-САМЕТ-БЭСМ-4 /1-3/, которая сейчас заменена системой ПАИС (ПУОС-САМЕТ-ЕС-1033).

2. Требования к системе и ее конфигурация

Архитектура системы ПАИС и структура программного обеспечения определялись рядом требований, из которых можно выделить следующие:



а) нужно поддерживать одновременную работу до 40 приборов (2I-на начальном этапе), разнесенных на расстояние в сотни метров;

б) измерения должны контролироваться до уровня пространственной реконструкции включительно (режим ТРАОК-МАТОН);

в) должна соблюдаться преемственность с системой ПУОС-САМЕТ-БЭСМ-4;

г) одновременно должно обрабатываться несколько экспериментов, система должна иметь средства, позволяющие ее настраивать на новые эксперименты;

д) нужно экономить затраты на разработку и эксплуатацию системы и принять меры для повышения надежности;

е) нужно обеспечить минимальное время реакции системы на действия (запросы) операторов;

ж) обеспечить длительное функционирование и развитие системы.

Требованиям а)-б) удовлетворяет система с достаточно мощной центральной управляющей ЭВМ, в качестве которой была выбрана ЭВМ ЕС-1033.

Кроме требований а)-ж) при выборе архитектуры и программного обеспечения учитывались перечисленные ниже положения 1)-4), которые были сформулированы с учетом сделанного выбора центральной ЭВМ.

1) Предпочтительнее комплектовать систему, в том числе и ЕС ЭВМ, надежным стандартным оборудованием, чем разрабатывать специальное оборудование.

2) При подключении к управляющей ЕС ЭВМ измерительных приборов нужно соблюдать принятые в ЕС ЭВМ соглашения о пассивных и активных устройствах.

3) Следует обеспечить с помощью терминалов гибкую развитую связь операторов, работающих на полуавтоматах, с управляющей ЭВМ; нужно использовать терминалы с форматизованным экраном и функциональной клавиатурой, что облегчает и ускоряет диалог программы с оператором, обеспечивает естественную реализацию принципа умолчания и сжатия нескольких шагов диалога в один.

4) При разработке программного обеспечения следует использовать только средства ОС ЕС (включая стандартные расширения); управляющая программа должна полностью быть под управлением ОС ЕС.

Изложенные соображения легли в основу построения системы ПАИС (рис.1). Система построена из модулей, каждый из которых состоит из терминала ЕС-7927.01 (или ЕС-7917) и измерительного прибора (ПУОС, САМЕТ и др.). В электронную аппаратуру прибора введены специально разработанные интерфейсы INT (для приборов ПУОС) или INT/S (для приборов САМЕТ), работающие со стороны ЭВМ по протоколу малого интерфейса локальной терминальной системы ЕС-7920 /17-19/. Интерфейс INT

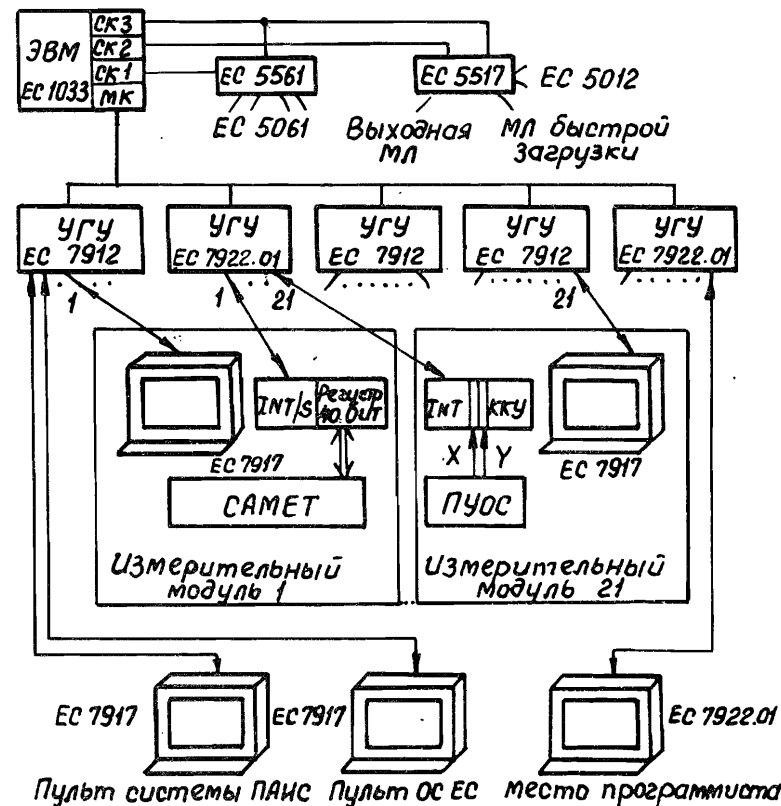


Рис.1. Блок-схема системы ПАИС.

(INT/S) подсоединен через коаксиальный кабель (полудуплексная связь, длина кабеля ≤ 1200 м) к микропроцессорному УГУ (устройству группового управления) ЕС-7922.01М *).

Терминал ЕС-7917, входящий в состав модуля, связан через коаксиальный кабель (длина ≤ 600 м) с микропроцессорным УГУ ЕС-7912. (Допускается использование в составе модуля терминала ЕС-7927.01, подсоединенного к ЕС-7922.01М.)

* Можно использовать ЕС-7922.01.

Все терминалы и приборы через соответствующие УТУ подключены к МК (мультиплексному каналу) ЕС ЭВМ. При обмене данными с ЭВМ через МК эти УТУ практически не влияют друг на друга, "прозрачны". (ЭВМ ЕС-1033 имеет три селекторных канала, к которым подсоединены контроллер дисков ЕС-556I и контроллер ЕС-55I2, управляющий 4 НМЛ ЕС-50I2. Для подключения УТУ можно использовать и селекторные каналы).

Устройство микропроцессорных УТУ ЕС-7922.0IM и ЕС-79I2 таково, что в каждый момент времени УТУ может обеспечивать фактическую связь одного терминала или интерфейса с каналом. Для сокращения времени реакции системы ПАИС на действия оператора было сведено к минимуму взаимодействие управляющей программы (RAPS) с внешней памятью ЭВМ.

а) С помощью специальной трассировочной программы /16/ были определены системные программные модули, необходимые при нормальной работе системы ПАИС (программы RAPS); при загрузке эти программные модули помещаются в оперативную память.

б) Вывод накопленной в результате измерений информации осуществляется с помощью метода доступа QSAM (последовательный с очередями) на один из НМЛ. Использование QSAM позволяет продолжать измерения, не ожидая конца записи на выходную магнитную ленту. (Выходная МЛ читается только при перезапуске системы; программа RAPS, анализируя все записи на ленте, восстанавливает состояние базы данных).

в) На каждое УТУ в программе RAPS определено по одному независимому процессу ввода/вывода, что позволяет максимально совместить выполнение обмена через МК с вычислениями. Эти процессы ввода/вывода информации с измерительных модулей реализованы под управлением RTS (супервизора реального времени ОС ЕС).

Типичное распределение памяти ЭВМ ЕС-1033 при работе ПАИС имеет следующий вид:

- | | |
|---|-------------|
| 1) ОС, включая системные программные модули, | 296 К |
| 2) RAPS + RTSMCP + База данных, | 330 К |
| 3) { TSO MCP + TSO | { 184 К |
| { Раздел TSO | |
| ИЛИ
Программа геометрического контроля ГЕОМК | (210-320) К |

3. Организация движения информации

В самом общем виде движение информации в системе ПАИС имеет приведенную ниже последовательность П.1-П.7. Связь между фазами П.4-П.7 осуществляется через очереди.

П.1. Подготовка информации

Оператор нажимает на кнопку "Отсчет" измерительного прибора или на клавишу алфавитно-цифрового (графического) символа на клавиатуре

Таблица 1. Формирование графических символов во внутреннем коде ЕС-7922 из 40 бит информации, принимаемой INT от измерительного прибора

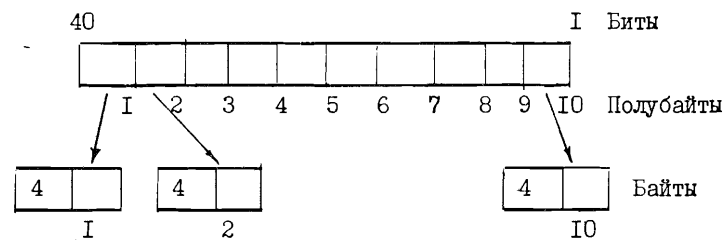


Таблица 2. Кодировка информации при передаче по цепи прибор - INT - ЕС-7922 - ЕС ЭВМ.

- Полубайты, принимаемые INT от измерительного прибора.
- Сформированный в INT байт, соответствующий графическому символу (внутренний код ЕС-7922).
- Графические символы.
- Байты, передаваемые в канал (перекодировка осуществляется внутри ЕС-7922) или принимаемые от канала.

№ строки	Кодировка															
A	0	I	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
B	40	4I	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F
B	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Г	7C	CI	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	DI	D2	D3	D4	D5	D6

терминала ЕС-79I7 (ЕС-7927.0I), входящего в состав измерительного модуля.

Нажатие на кнопку "Отсчет" прибора ПУОС вызывает передачу содержимого счетчиков X, Y в буферную память интерфейса INT. По внутренним цепям прибора передается 40 бит десятию полубайтами (37 бит-0).

Нажатие на клавишу графического символа на клавиатуре терминала вызывает запись соответствующего кода во внутреннюю память адаптера МВРА 7932 терминала ЕС-79I7 или внутреннюю память терминала ЕС-7927.0I (в обоих случаях емкость памяти рассчитана на 1920 символов).

Таблица 3. Форматы слов обмена в малом интерфейсе локальной системы ЕС-7920.

X - не используется (0).
P - четность.

M - модель (480 байт - 0, 1920 байт - 1).

Бит	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Данные УГУ → ВУ	I	0	Курсор	Атрибут	8		7	5		3	2	I	0	P
Управление 1 УГУ → ВУ	I	I	0	Опрос	Чтение	Запись	Система готова	Снять блокировку клавиатуры	Очистить незашиф. поля	Запрет	Подтверждение	X	0	P
Управление 2 УГУ → ВУ	I	I	I	Опрос	X	Формат	печати	Запуск печати	Звуковой сигнал	X	X	0	0	P
Данные ВУ → УГУ	I	0	Курсор	Атрибут	8		7	5		3	2	I	M	P
Состояние ВУ → УГУ	I	I	Занято	Ошибка в ВУ	Ошибка передачи	Висящие данные	Код ИВ	X	M	P	X	M	P	P

Отметим, что эти операции выполняются под управлением только электронных схем измерительного прибора или терминала.

П.2. Запрос измерительного модуля с логическими номерами П₁,

П₂ терминал на обслуживание

Оператор нажимает на кнопку "Ввод" (приборы ПУСС, САМЕТ) или на функциональную клавишу терминала.

Нажатие кнопки "Ввод" приводит к передаче в INT (INT/S) 40 бит IO полубайтами (37 бит содержит I, остальные - 0). В этом случае в ответ на очередной опрос со стороны УГУ ЕС-7922.01M INT (INT/S) передает в ЕС-7922.01M слово состояния с признаком "висящие данные" и кодом ИВ (идентификатора внимания) П1000. Отметим, что прием СУ (слов управления) от ЕС-7922.01M, в т.ч. и СУ "Опрос", и формирование ответов INT (INT/S) осуществляется в соответствии с протоколом "малого интерфейса" локальной системы ЕС-7920 (табл. 3). При передаче в УГУ каждый из 480 полубайтов, хранящихся в буферной памяти INT, дополняется до целого байта, соответствующего графическому символу в ЕС-7920 (локальной) (табл. 1 и 2).

Нажатие функциональной клавиши терминала ЕС-7927.01 приводит к передаче в УГУ ЕС-7922.01 в ответ на очередной опрос слова состояния с признаком "висящие данные" и кодом ИВ, соответствующим нажатой клавише.

Нажатие функциональной клавиши терминала ЕС-7917 вызывает при очередной кадровой развертке пересылку в адаптер МЕРА7932 кода, соответствующего нажатой клавише, что приводит к передаче в микропроцессор УГУ ЕС-7912 сигнала, аналогичного признаку "висящие данные" и кода ИВ.

Во всех рассмотренных случаях микропроцессорное УГУ ЕС-7922.01M или ЕС-7912 получает признак "висящие данные" и запоминает соответствующий код ИВ. Процесс движения информации на этом этапе осуществляется под управлением микропрограммы (в УГУ) и аппаратуры (INT - ЕС-7927.01, ЕС-7917- МЕРА7932).

Выполнение операции П.1 для стола САМЕТ, входящего в состав измерительного модуля, имеет особенности, т.к. требует обслуживания от ЕС ЭВМ.

Нажатие кнопки "Отсчет" обеспечивает передачу в ЕС ЭВМ координат измеренной точки, что дает возможность своевременно получать от ЕС ЭВМ ответ для блока ПАС (программного автосопровождения) САМЕТ^{2/}. Связь САМЕТ с УГУ ЕС-7922.01M осуществляется через интерфейс INT/S, который имеет буферную память в IO полубайт и счетчик, обеспечивающий 48-кратную передачу и прием информации.

После нажатия на столе САМЕТ кнопки "Отсчет" 40 бит информации (координаты X, Y и 37 бит равный 0) заносятся в память INT/S, что

приводит при очередном внутреннем опросе к передаче в УТУ слова состояния с признаком "высшие данные" и кодом ИВ 11000. Выполнение в УТУ команды КОП 06 вызывает передачу из INT/S в УТУ ЕС-7922.01М 480 байт (группа из 10 байт повторяется 48 раз).

П.3. Передача запроса на обслуживание в управляющую ЕС ЭВМ

УТУ ЕС-7922.01М или ЕС-7912 выставляет на шинах канала ЕС ЭВМ сигнал "Требование абонента" (ТРЕ-А), начиная тем самым "выборку", вводимую со стороны ВУ" /15/.

По завершении выборки в управляющей ЕС ЭВМ возникает прерывание типа "ВУ кончилось", при котором старое PSW (слово состояния программы) запоминается по адресу 56. В битах 16-31 этого PSW содержится код прерывания, в котором биты 16-20 - нулевые, биты 21-31 определяют номер канала и номер ВУ в канале (т.е. $N_{п}$ или $N_{терминал}$). Одновременно в слово состояния канала CSW (адрес 64) в бит 32 помещается 1, что указывает на прерывание, возникшее по инициативе оператора, нажавшего одну из специальных клавиш ВУ. В регистры ЕС ЭВМ загружается новое PSW, обеспечивающее запуск программы обработки прерывания.

П.4. Обработка прерывания

Программа обработки прерывания анализирует логический номер устройства N , вызвавшего прерывание, и причину прерывания (биты 21-31 PSW и бит 32 CSW). Если N совпадает с одним из $N_{п}$ или $N_{терминал}$, описанных в RTS, то управление передается через очередь процессу ввода/вывода для соответствующего УТУ. (Прерывание, возникшее по другим причинам, обрабатывается ОС ЕС).

Работа процесса в/в при вводе и выводе информации завершается обработкой прерываний, возникающих при выполнении последовательностей обмена "Канал кончил", "ВУ кончилось".

П.5. Процесс ввода/вывода (ввод сообщения)

Программа в ЕС ЭВМ выделяет буфер и запускает каналную программу для приема сообщения (программа канала содержит чтение буферной памяти INT, если $N = N_{п}$, или чтение модифицированных полей форматизованного экрана терминала (КОП 06), если $N = N_{терминала}$). Дальнейшие операции выполняются без участия центрального процессора (ЦП ЕС ЭВМ), под управлением спецпроцессоров УТУ и канала.

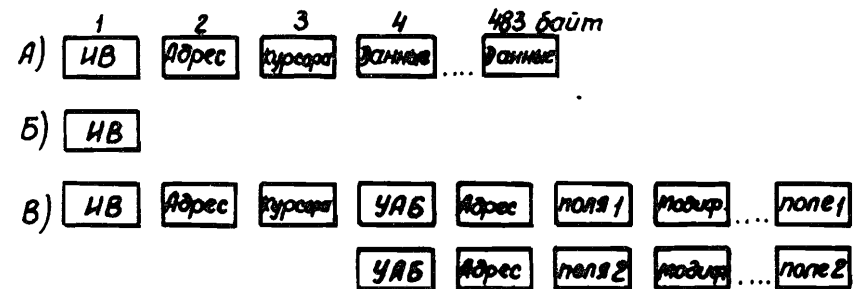
Осуществляется обмен последовательностью сигналов "начальная выборка", в ходе обмена канал передает в УТУ номер устройства N и команду с КОП 06.

Если $N = N_{терминала}$ и была нажата одна из функциональных клавиш ПД1, ПД2, ПД3, СТРН ЭКР, то УТУ сразу передает в канал код ИВ и отключается последовательностью сигналов "ВУ кончилось".

В остальных случаях, УТУ ЕС-7922.01, получив команду с КОП 06, останавливает внутренний опрос и направляет в INT (если $N = N_{п}$) или в терминал ЕС-7927.01 слово управления, содержащее указание передать содержимое внутренней (буферной) памяти в ЕС-7922.01, (табл. I-3), эта передача занимает ~10 мс (INT) и ~40 мс (ЕС-7927.01).

УТУ ЕС-7912, получив команду с КОП 06, переносит информацию из внутренней памяти терминального адаптера MECA7932 в буферную память микропроцессора УТУ.

Интерфейсы INT, INT/S имитируют терминал ЕС-7927.00 с неформатизованным экраном. Поэтому в ответ на команду с КОП 06, ЕС-7922.01



Структура информации передаваемой в канал ответ на команду "чтение модифицированных полей" (КОП 06)

А) ЕС 7922.01М-INT, ИВ = 11000

Б) ЕС 7922.01М-ЕС 7927.01 или ЕС 7912-ЕС 7917, ИВ соответств. клавишам ПД1, ПД2, ПД3, СТР ЭКР

В) ЕС 7922.01М-ЕС 7927.01 или ЕС 7912-ЕС 7917 (с форматизованным экраном)

ИВ соответствует нажатой функциональной клавише (кроме перечисленных в Б)

Адрес курсора, адрес поля - 11 битный двоичный код, образованный 3:7 битами первого и 2:7 битами второго байта.

Данные - результаты измерений ЧАБ - 11

Рис.2.

передает в канал полученную от интерфейса информацию в формате, приведенном на рис.2: (А). Формат информации, передаваемой в ЕС ЭВМ с терминалов ЕС-7927.01 и ЕС-7917, показан на рис.2 (Б,В).

II.6. Обработка сообщения

Принятое сообщение обрабатывается в основной части программы RAPS, которая формирует выходные сообщения, помещает их в буфера выходных сообщений и ставит на очередь к процессу ввода/вывода. На этом же этапе освобождается буфер входных сообщений. Программа RAPS вносит изменения в банк данных, который содержится в оперативной памяти; все сформированные в банке записи копируются в последовательный набор данных на магнитной ленте. Прочитав этот набор, можно восстановить текущее состояние программы на любой момент времени, что необходимо для перезапуска системы или анализа ее состояния в особом случае. Набор данных на МЛ необходим также для формирования выходных данных (по экспериментам) и статистического анализа работы системы.

II.7. Процесс ввода/вывода (вывод сообщения)

В системе ПАИС постоянно используется вывод сообщений на терминалы ЕС-7917 (ЕС-7927.01) и интерфейсы INT/S, которые входят в состав измерительных модулей.

Вывод сообщения начинается с команды SIO, после выполнения подготовительных команд. Если признак результата 0, то в канал передается команда канала и он начинает работать. Центральный процессор ЕС ЭВМ переходит к обработке другого сообщения, а если его нет, то в состоянии ожидания.

Для вывода сообщения используются каналные команды стирание/запись (КОП 05) и запись (КОП 01). Информация передается из канала в УГУ в следующей последовательности:

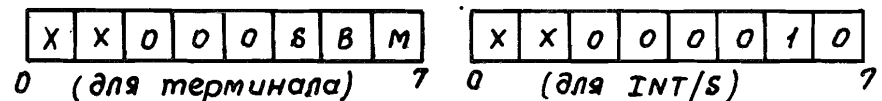
КОП команды канала,

СУЗ (символ управления записью), приказы и а/ц (алфавитно-цифровые) данные.

СУЗ является первым байтом в буфере выходных сообщений (рис.3). КОП, СУЗ и приказы определяют алгоритм преобразования а/ц данных, вводимых в буфер УГУ из канала.

Команда с КОП 05 используется при полной замене картины на экране терминала и при передаче вектора перемещения с компонентами (ΔX , ΔY) через INT/S в ПАС САМЕТ.

При выполнении этой команды содержимое буферной памяти УГУ вначале заполняется символами ПУС (пусто), адрес буфера и адрес курсора устанавливаются 0. Начальное состояние буферов и адресных регистров УГУ, приказы и а/ц данные, принимаемые из канала, определяют оконча-



X - любой

S = 1 вызывает звуковой сигнал

B = 1 сбрасывает код ИВ и разблокирует клавиатуру

M = 1 сбрасывает биты модификации полей форматизованного экрана

Рис.3. Формат СУЗ.

тельное состояние буфера, который передается в ВУ (терминал, INT/S). УГУ определяет объем передаваемого буфера - 480 или 1920 символов, по значению бита I3 слова состояния, получаемого от ВУ (табл. 3). Поток данных, направляемых в ВУ, предшествуют слова управления, которые УГУ формирует, исходя из КОП и СУЗ.

Величины ΔX , ΔY программой RAPS формируются в виде целых чисел (в отсчетах САМЕТ) и кодируются в группу из 10 байт в соответствии с табл. 2(Г). Эта группа помещается в буфер выходных сообщений таким образом, что она занимает в сформированном буфере УГУ (0-479 байт) позиции 470-479, при этом каждый байт перекодируется в УГУ (табл. 2(Б)). (Байты 0-469 могут быть заполнены любыми допустимыми символами). Из УГУ ЕС-7922.01М в INT/S передается 480 слов данных (табл. 3), содержащих байты данных, младшие полубайты которых записываются в память INT/S. По завершении передачи в памяти INT/S остаются последние 10 полубайт данных, которые содержат информацию о ΔX , ΔY . (Эти данные передаются в САМЕТ через 40-разрядный регистр в требуемом формате для управления блоком ПАС ^{1/2}).

Команда с КОП 01 используется для ввода частичных изменений на экране терминала. Ее исполнение отличается тем, что до начала передачи из канала в УГУ приказов и а/ц данных УГУ копирует в свой буфер все содержимое экрана (1920 байт) адресованного терминала, на что требуется ~32 мс. Поток приказов и а/ц данных воздействует на этот буфер УГУ. Отметим, что команда с КОП 05 выполняется почти в два раза быстрее, чем с КОП 01.

4. Особенности системы ПАИС

Программа RAPS обеспечивает преемственность ПАИС с системой ПУС-САМЕТ-БЭСМ-4 /I-3/ за счет того, что:

а) сводит к минимуму процедуру переучивания операторов, сохраняя привычную для них последовательность операций;

б) сохраняет в прежнем виде форматы заданий для измерений и форматы результатов измерений.

К преимуществам системы ПАИС следует отнести использование ОС ЕС и RTS со всеми их сервисными средствами, из которых следует отметить:

А) анализ ошибок внешних устройств, обслуживание всех взаимодействий между устройствами системы через супервизоры ОС и RTS, поддержку файловой системы, управление ресурсами памяти и процессора через супервизор ОС, надежный транслятор с языка PASCAL и развитый макроассемблер, поддержку каналов ввода/вывода в ОС и RTS;

Б) легкость (простота, быстрота) приспособления системы к новым задачам за счет использования языка PASCAL (в главной программе) и методов структурного программирования, при этом процедурные примитивы взаимодействия через RTS с интерфейсами приборов и терминалами оформлены в виде пакета программ на Ассемблере;

В) использование дополнительных возможностей ЕС ЭВМ (терминалы ЕС-7920 с форматизованным экраном, диски и т.д.) и с другой стороны - сохранение простоты перезапуска системы (как БЭСМ-4) за счет успешного использования опыта ИК АН УССР в постановке процедуры быстрой загрузки ЕС ЭВМ;

Г) управление полуавтоматами не является единственной задачей на ЭВМ, одновременно выполняется программа геометрического контроля, поддерживается работа ТЭО, в разделе которого выполняются обслуживающие программы и математики могут создавать и отлаживать новые модули развивающейся системы; контрольная геометрия на БЭСМ-4 была рассчитана только на нумерованные треки, на ЕС-1033 контрольная геометрия работает в режиме TRACK-MATCH, с удобной выдачей оператору;

Д) присоединение измерительных приборов через интерфейс INT к УТУ ЕС-7922.01 обеспечивает как однотипность программного обслуживания терминалов и приборов, так и первоначальную обработку сбоев в аппаратуре и линиях связи средствами микропроцессорного УТУ.

Для создания ПАИС потребовалось разработать только интерфейсы INT и INT/S; расширение системы достигается за счет включения в нее дополнительного УТУ ЕС-7922.01 для управления новыми приборами и соответствующим увеличением количества терминалов. Совместимость снизу вверх в сериях ЭВМ РЯД1, РЯД2 и выбор для управления системой вычислительной машины средней мощности серии РЯД1 (ЕС-1033) обеспечивает функционирование и развитие системы, даже если в будущем встретится необходимость заменить ЕС-1033 на ЭВМ следующего поколения.

Представляет интерес сопоставить ПАИС с аналогичными системами.

Система АИСТ-2, рассчитанная на меньшее количество более компактно расположенных приборов, подключается к ЭВМ по каналу унифицированного устройства сопряжения, управляемому блоком "Адаптер" и обменивается с ЭВМ информацией в программном режиме и режиме прерывания /II-14/. Сравнение показывает, что ПАИС менее трудоемка по разработке аппаратуры, но требует больших затрат на покупные изделия - ЭВМ, терминальную систему, что, однако, оправдывается необходимым в наших условиях более глубоким контролем измерений и сервисом, предоставляемым ОС ЕС.

Система ИФВЭ /5-10/ построена из модулей, состоящих из измерительного прибора и мини-ЭВМ общего назначения РРР-В, связанных с большой ЭВМ. При этом в мини-ЭВМ вынесены "все функции программного процессора, обеспечивающие непосредственное управление конкретной аппаратурой проектора и диалог с оператором", что, несомненно, является эффективным решением задачи. Управляющая программа (RTFAS) использует "межпрограммный канал связи". В ПАИС для управления терминалами и обмена информацией с приборами используются УТУ ЕС-7922.01М и МК, которые, по сути, являются спецпроцессорами с программами, нацеленными на эти задачи. В условиях использования ПАИС относительная сложность протокола канала ЕС ЭВМ не только не затрудняет управление терминалами и приборами, но обеспечивает надежную связь и полезный сервис. В ПАИС используется одна центральная ЭВМ, поэтому не было необходимости разрабатывать сетевое управление вычислительной системой.

Внутри ЭВМ связь программ в сеть реализуется средствами очередей данных RTS.

Управляющая программа (RAPS) имеет структурную организацию и написана на языке высокого уровня (PASCAL), она использует специально подготовленные примитивы для взаимодействия с ОС ЕС, RTS, терминальной системой (ЕС-7920) и измерительными приборами; все это облегчает процессы развития и сопровождения системы, ее настройки на новые задачи.

5. Приоритетные соотношения и работа в реальном времени

Для минимизации времени обслуживания измерительных модулей (прибор + терминал) в ПАИС использована возможность параллельной работы центрального процессора ЭВМ ЕС-1033 и периферийных процессоров (МК, СК, УТУ).

Программное обеспечение ПАИС в ЕС-1033 состоит из 7 частей (рис.4):

1) операционная система /2I/ ОС ЕС 6.I (версия 9), поддерживающая работу МЛ, МД, РРВ (режима разделения времени) и пакетного ре-

жима, ОС ЕС обеспечивает выполнение обслуживающих программ и дальнейшую разработку системы;

2) стандартный супервизор реального времени (RTS), поддерживающий приоритетное управление терминалами и приборами ПАИС и связь между различными этапами управления через очереди СРВ;

3) программа управления сообщениями между процессами и устройствами в реальном времени (RTSMCP);

4) программа RAPS управления измерительным процессом (см. рис. 5 и приложение), реализованная в системе программирования PASCAL^{22/}, работающая под смешанным управлением ОС и RTS;

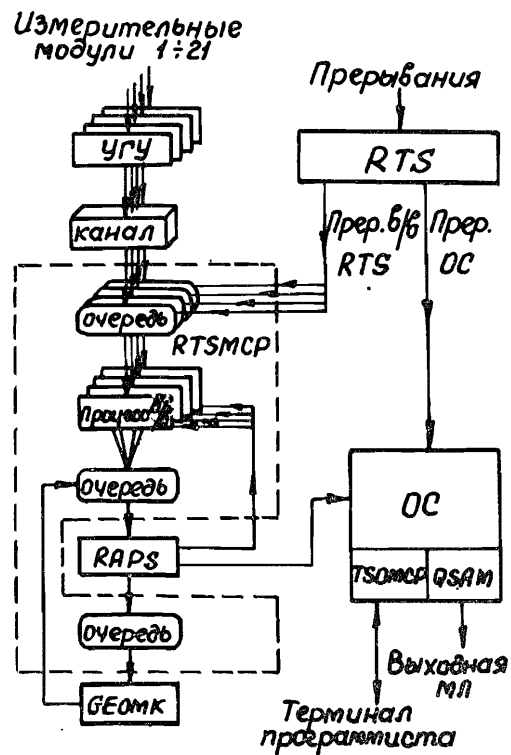
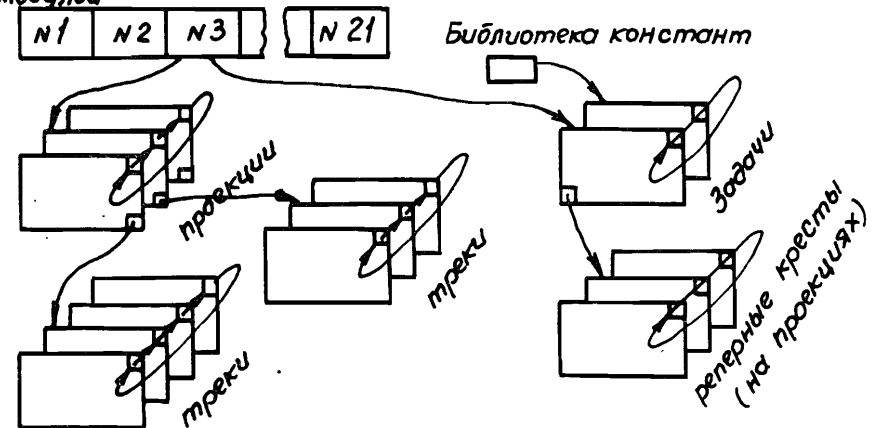


Рис. 4. Схема движения информации.

Раздел описаний текущего состояния измерительных модулей



а) Связь раздела описаний с кольцевыми структурами

```

with process (.iproc.) do
begin (* доступно состояние прибора *)
  with taskptz ↑ do
  begin (* доступные константы текущего эксперимента *)
    with viewptz ↑ do
    begin (* доступны параметры проекции *)
      with trackptz ↑ do
      begin (* доступны координаты трека *)
        end
      end
    end
  end
end
end
end

```

б) Организация доступа к иерархической структуре данных

Рис. 5. Организация памяти в программе

RAPS.

5) программа геометрического контроля GEOMK, использующая ОС, стандартные средства языка ФОРТРАН и подпрограммы связи с измерениями через очереди RTS ;

6) программа управления сообщениями (TSOMCP) для режима разделения времени;

7) пакет программ режима разделения времени (TSO) .

Программы TSOMCP и TSO являются основными средствами, обеспечивающими сопровождение и разработку всего программного обеспечения системы.

В качестве вспомогательных инструментальных средств используются:

- средство быстрого копирования-восстановления дисковых пакетов FDR;
- подсистема быстрой загрузки ЕС ЭВМ;
- SLAM - средство сжатого хранения текстовых данных;
- QQ - малая универсальная терминальная система;
- процедурные средства оператора ЭВМ.

Работа измерительных приборов, терминалов, УТУ, каналов и ЦП внешне не синхронизована. Согласованное движение информации по цепи обработки обеспечивается наличием буферов памяти в приборах, терминалах, УТУ и организацией очередей RTS (в блоке RTSMCP). В системе использована предусмотренная в RTS возможность устанавливать приоритеты очередей и процессов; ниже они перечислены в порядке убывания приоритета: очередь № I к процессу в/в № I, ..., очередь № 4 к процессу в/в № 4, очередь к RAPS, очередь к GEOMK, очередь метода доступа QSAM для записи результатов на МД.

В очереди помещаются "заявки" на обработку, которые в общем случае содержат адрес информационного буфера.

По сигналу "Внимание", пришедшему из канала в ЦП ЭВМ, специальный обработчик прерываний, входящий в RTSMCP и работающий с максимальным приоритетом, ставит заявку с номером устройства в очередь к соответствующему процессу в/в. Процесс в/в, обрабатывая заявку на ввод, выделяет буфер, запускает операцию ввода (канальную программу к УТУ) и ожидает ее окончания. Микропроцессор в УТУ (ЕС-7922.01, ЕС-7912) запрограммирован так, что до завершения начатой операции ввода (приема информации от терминала или INT и передачи ее в канал) не начинает обработку запросов с других терминалов (INT). По завершении в/в происходит прерывание типа "ВУ кончилось", которое анализируется стандартным обработчиком прерываний RTS, далее заявка вместе с адресом буфера помещается в очередь к программе RAPS.

Программа RAPS обрабатывает информацию во входном буфере, помещает результаты в выходные буфера, уничтожает входную заявку и освобождает

входной буфер. Для каждого заполненного выходного буфера программой RAPS составляется заявка, которая помещается соответственно в одну из очередей к процессу в/в, программе GEOMK или методу доступа QSAM.

Процесс в/в (или QSAM), обрабатывая заявку на вывод, запускает операцию вывода, ожидает ее конца и освобождает выходной буфер.

Работа программы GEOMK может быть прервана обработчиком прерываний, процессом в/в, программой RAPS; программа RAPS может быть прервана только обработчиком прерывания и процессами в/в. Такая организация обеспечивает работу микропроцессорных УТУ в их естественном ритме.

6. Управление процессом измерения

Программа RAPS реализует основной алгоритм управления измерительными модулями. Модули действуют асинхронно, измеряемые события относятся к разным экспериментам (задачам).

Рассматривая состояние программы RAPS в какой-либо момент времени, можно утверждать, что она либо

А) обрабатывает информацию, полученную от одного из модулей, либо

Б) ожидает поступление информации от измерительных модулей.

Таким образом обработка сообщений в RAPS идет последовательно, а их прием - параллельно через 4 УТУ.

Обработав входное сообщение, RAPS формирует одно или несколько выходных сообщений и вносит изменения в БД (базу данных)*), размещенную в ОП (рис.5). Поэтому работа RAPS не задерживается из-за ожидания завершения обмена с интерфейсами, терминалами, МД или дисками, что повышает быстродействие системы. Размещение БД целиком в ОП требует соответствующей организации управления памятью с целью ее экономии. При необходимости внести в БД новую запись, содержащую, например, результаты измерений реперных крестов или трека на проекции, память под запись выделяется в процессе работы программы стандартной процедурой динамического размещения NEW языка PASCAL, освобождение памяти - процедурой DISPOSE. Программа RAPS объединяет записи в БД в кольцевые структуры, используя предусмотренные языком переменные ссылочных типов (указатели) (рис.5 а).

Объекты измерений в ПАИС состоят из подобъектов, которые, в свою очередь, имеют подобъекты и т.д.; отражением такой картины является иерархическая структура данных. В языке PASCAL каждый объект (подобъект) измерения представляется соответствующей переменной - записью

*) БД на языке PASCAL представлена разделом описаний программы RAPS.

комбинированного типа; описание совокупности этих записей составляет концептуальную модель данных /23/. Компонентами записи являются поля-характеристики объекта и поля-указатели на записи подобъектов. Объект может иметь несколько однотипных подобъектов, записи которых различаются идентифицирующим полем и связываются полями-указателями в кольцевой список.

В программе RAPS последовательно использованы особенности языка PASCAL, обеспечивающие четкую связь между структурой данных и сопряженной с ней структурой обрабатываемых операторов.

В процессе работы на измерительном модуле оператор вводит в программу RAPS информацию, которую условно можно разделить на информацию, определяющую структуру объекта измерений, и на координаты точек. Структура объекта определяет структуру данных и совокупность программных блоков (процедур), обрабатывающих введенные данные. После ввода в RAPS информации, содержащей список номеров-идентификаторов подобъектов высшего уровня, программа дает возможность поочередно уточнять информацию о каждом из этих подобъектов, включая и его внутреннюю структуру.

Отметим, что фрагмент программы, заключенный между ключевыми словами BEGIN (*Модуль*) и END (*Модуль*), написан для обработки информации, поступающей от одного измерительного модуля; при этом номер модуля в тексте программы не упоминается. Связь с разделом БД, относящимся к модулю, приславшему сообщение, устанавливается префиксом WITH...DO (рис.5 б).

Рабочая точка программы задается в записи PROC набором значений JOB, STATE1, STATE2. (эти значения выбираются из списков констант JOBCLASS, FRAMECLASS, VIEWCLASS соответственно, а сами константы используются как метки участков программы). Иерархическая структура из операторов ветвления CASE JOB OF ..., CASE STATE1 OF ..., CASE STATE2 OF ... выводит программу в рабочую точку на начало обработки принятого сообщения. Каждый участок программы, на который передается управление оператором CASE ... OF ..., начинается с префикса WITH ... DO, который делает доступным для программы ветвь соответствующего уровня в иерархической структуре базы данных. Последовательная передача управления операторами CASE ... OF от BEGIN (*Модуль*) до рабочей точки выявляет цепочку операторов с префиксом WITH ... DO, которые в совокупности делают доступной для программы нужную младшую ветвь в структуре БД. Поэтому в тексте программы идентификаторы в вычислительных формулах и параметрах процедур употребляются без всяких уточнений. В этих условиях, в случае ошибки при составлении программы компилятор PASCAL обнару-

жит неуместность упоминания или недоступность идентификатора, что предупреждает случаи порчи или неправильного использования базы данных.

Обработка принятого сообщения завершается изменением в БД значений набора переменных, что определяет следующую рабочую точку программы.

В приложении приведена схема программы RAPS и даны необходимые пояснения.

При создании системы ПАИС архитектура системы, основные схемные и программные решения были предложены и реализованы А.В.Белыевым, В.И.Краснослободцевым, В.И.Морозом, Я.Нивицки, В.С.Рихвицким, Э.Хофманом; Д.Ж.Ажмухамбетова принимала участие в настройке некоторых блоков операционной системы, А.П.Стельмах - в разработке и отладке программы геометрического контроля измерений, В.Н.Семенов принимал участие в разработке и отладке электронного блока для подсоединения контроллеров приборов ПУОС-КАМАК и ЕС ЭВМ через клавиатуру терминала ЕС-7917 (эта связь использовалась на начальном этапе подготовки математического обеспечения системы ПАИС).

Авторы выражают благодарность Кузнецовой Е.С., Останевич Т.Т., Родионову Н.М., Халкину А.В., Чернышевой Г.Н., Ломаченковой Г.С., Иордановой Ю., Петровой М.А. за помощь в освоении системы.

Приложение

Схема программы RAPS.

```

PROGRAM RAPS .... (* Основная программа. *)
CONST
  MAXPROC = 24; (* Число параллельных процессов в программе, *)
                (* которое равно сумме чисел модулей (терминал + *)
                (* прибор) и терминалов - пультов измерительной *)
                (* системы. *)
TYPE
  ATTENTION =....; (* Перечисление всех возможных названий функций *)
                  (* нальных клавиш локальных терминалов ЕС-7927, *)
                  (* ЕС-7917 и кода ИВ интерфейса INT (INT/S). *)
  JOBCLASS =....; (* Перечисление названий режимов работы, *)
  FRAMECLASS=....; (* Перечисление названий этапов измерения собы- *)
                  (* тия. *)
  VIEWCLASS =....; (* Перечисление названий этапов измерения *)
                  (* проекции. *)

```

```

.....
..... (* Описание иерархической структуры базы данных. *)
.....
PROGRES = RECORD (* Описание процесса. *)
PROC : PROTYPE; (* Состояние процесса. *)
TASKPTR; TASKREF; (* Указатель на запись текущей задачи *)
VIEWPTR; VIEWREF; (* Указатель на запись текущей проек- *)
(* ции. *)
.....
END;

VAR
.....
ATTCODE: ATTENTION; (* Название функциональной клавиши. *)
SOURCE * ALFA; (* Имя источника сообщения. *)
IPROC : 1..MAXPROC; (* Номер процесса (измерительного модуля). *)
PROCESS: ARRAY (.1..MAXPROC.) OF PROGRES; (* Формирование в базе *)
(* данных разделов PROGRES по одному на *)
(* каждый процесс. *)
PROCEDURE ... (* Процедуры: А) интерфейса с MСPRTS , Б) управ- *)
..... (* ления экраном локального терминала ЕС-7927, *)
..... (* В) программы RAPS . *)
BEGIN (* Начало исполняемой части основной программы. *)
LOOP (* Бесконечный цикл. *)
WAIT; (* Накопленные в предыдущем исполнении цикла *)
(* буфера направляются в очереди к процессам *)
(* ввода/вывода; если в очередях нет входных *)
(* сообщений управление передается от RTS в *)
(* ОС и начинается ожидание следующего входного *)
(* сообщения. При поступлении (наличии) входного *)
(* сообщения RTS получает (сохраняет) управле- *)
(* ние, что обеспечивает завершение процедура *)
(* WAIT , которая составляет каталог полей *)
(* входного сообщения. *)
SRCE (SOURCE); (* Выборка из полей входного сообщения имени *)
AID (ATTCODE); (* источника и названия функциональной клавиши. *)
IPROC := TERMINUM (SOURCE); (* Номер процесса, соответствующий *)
(* источнику по имени SOURCE . *)
WITH PROCESS (.IPROC.), PROC DO (* Включение в сферу видимости *)
(* последующей программы раздела базы данных и *)
(* записи состояния процесса, соответствующего *)
(* измерительному модулю, от которого получено *)
(* обрабатываемое сообщение (см. рис.5 а) *)

```

```

BEGIN (* Модуль *)
LOOP
..... (* Выход в рабочую точку программы в соответствии с *)
..... (* текущей записью состояния процесса. Принятое сооб- *)
..... (* щение обрабатывается пока не встретится EXIT , *)
..... (* что вызывает выход из цикла и переход к процедуре *)
(* WAIT *)
(* Перед EXIT в записи состояния указывается следу- *)
..... (* ющая рабочая точка. *)
END (* EXIT *)
END (* Модуль. *)
END (* Бесконечный цикл *)
END. (* Основная программа. *)

```

Литература

1. Виноградов А.Ф. и др. ОИЯИ, IO-8783, Дубна, 1975.
2. Богачев Н.П. и др. ОИЯИ, P10-8748, Дубна, 1975.
3. Дачко Н.А. и др. ОИЯИ, IO-II500, Дубна, 1978.
4. Иванченко Э.М. и др. ОИЯИ, IO-4879, Дубна, 1969.
5. Белокопытов Ю.А. и др. ИФВЭ 80-168, ОМБТ, Серпухов, 1980.
6. Юрпалов В.Д. ИФВЭ 80-96, ОФИ ОЭА, Серпухов, 1980.
7. Каминский Л.Г. и др. ИФВЭ 82-84, ОМБТ, Серпухов, 1982.
8. Белокопытов Ю.А. и др. ИФВЭ 80-54, ОЭА, ОМБТ, ОЭЛИК, Серпухов, 1980.
9. Иванов Ю.Н. и др. ИФВЭ 81-148, ОЭА, Серпухов, 1981.
10. Иванов Ю.Н. и др. ИФВЭ 81-27, ОЭА, Серпухов, 1981.
11. Каспин А.И., Соколов В.Л. ИТЭФ-94, М., 1982.
12. Веребрюсов В.С., Каспин А.И. ИТЭФ-46, М., 1984.
13. Веребрюсов В.С. и др. ИТЭФ-II, М., 1985.
14. Каспин А.И. и др. ИТЭФ-7, М., 1986.
15. Ермолов П.Ф. и др. ПТЭ, 1985, № 4, с. 228.
16. Бавижев А.Д., Кореньков В.В. ОИЯИ, II-84-393, Дубна, 1984.
17. Пыхтин А.Я. и др. Комплексы ЕС-7920 - новые терминалы с широкими возможностями. В сб.: "Вычислительная техника социалистических стран", вып. 4, "Статистика", М., 1978.
18. Зверев В.И., Кетков Ю.Л., Максимов В.С. Алфавитно-цифровые дисплеи ЕС-7920 в диалоговых системах. "Наука", М., 1986.
19. Беляев А.В. и др. ОИЯИ, P10-86-624, Дубна, 1986.
20. Дроздов Е.А., Комарницкий В.А., Пятибратов А.П. Электронные вычислительные машины Единой серии. Машиностроение, М., 1981.

21. Данилочкин В.П. и др. Операционная система ОС ЕС. Справочное пособие. "Статистика", М., 1980.
22. Йенсен К., Вирт Н. ПАСКАЛЬ. "Финансы и статистика", М., 1982.
23. Дейт К. Введение в системы баз данных. "Наука", М., 1980.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

Д7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р.55 к.
Д2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р.00 к.
Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р.50 к.
Д2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р.30 к.
Д1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р.50 к.
Д10,11-84-818	Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983.	3 р.50 к.
Д17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/	7 р.75 к.
Д11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р.00 к.
Д13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р.80 к.
Д4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.	3 р.75 к.
Д3,4,17-86-747	Труды V Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1986.	4 р.50 к.
	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. /2 тома/	13 р.50 к.
Д1,2-86-668	Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. /2 тома/	7 р.35 к.
Д9-87-105	Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. /2 тома/	13 р.45 к.
Д7-87-68	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986	7 р.10 к.
Д2-87-123	Труды Совещания "Ренормгруппа-86". Дубна, 1986	4 р.45 к.

Рукопись поступила в издательский отдел
14 августа 1987 года.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79. Издательский отдел Объединенного
института ядерных исследований.

ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Беляев А.В. и др.

P10-87-639

Полуавтоматическая измерительная система
ПАИС. Общее описание

В 1981-1986 гг. разработана и внедрена система ПАИС для полуавтоматических измерений с трековых камер. Для связи приборов ПУОС, САМЕТ и операторов с ЕС-1033 применена локальная терминальная система ЕС-7920 (ROBOTRON) и ЕС-7912 ЕС-7917 (MERA-ELZAB). Использование спецпроцессоров канала, ЕС-7922.М, ЕС-7912 позволило совместить операции по приему и обработке информации. Математическое обеспечение написано на PASCAL и опирается на ОС ЕС, RTS и их сервисные средства.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод О.С.Виноградовой

Belyaev A.V. et al.

P10-87-639

Semiautomatical Measuring System PAIS.
General Description

Semiautomatical measuring system PAIS has been worked out and elaborated in 1981-1986. PUOS, SAMET devices and operating personnel were connected with the ES-1033 computer by means of the local terminal system ES-7920 (ROBOTRON) and ES-7912 - ES-7917 (MERA ELZAB). Special processors of the channels, ES-7922.01M, ES-7912 made possible to combine the received information with the data analysis. Software was written in PASCAL language, and operating systems OS ES, RTS and their service sets were used.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987