

518552402

ЕФИ-737(52)-84

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ИНФОРМАЦИИ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ПО АТОМНОЙ НАУКЕ И ТЕХНИКЕ

В.А.ГРИГОРЯН, Н.М.АГАБАБЯН

ИЗМЕРЕНИЕ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ  
С ТРЕКОВЫМИ КАМЕРАМИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ АДРОН-ЯДЕРНЫХ  
И ЯДРО-ЯДЕРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

ЕРЕВАН-1984



V.A.GRIGORIAN, N.M.AGHABABIAN

DATA PROCESSING AND MEASUREMENT  
IN EXPERIMENTS WITH TRACK CHAMBERS FOR THE STUDY  
OF HADRON-NUCLEUS AND NUCLEUS-NUCLEUS INTERACTIONS

Automatic system for measurements and preliminary processing of film information from bubble chambers on the basis of the M-6000 microcomputer is described. The structure of the processing system is presented.

Yerevan Physics Institute

Yerevan 1984

УДК 618.537.591

В.А.ГРИГОРЯН, Н.М.АГАБАБЯН

ИЗМЕРЕНИЕ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ  
С ТРЕКОВЫМИ КАМЕРАМИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ АДРОН-ЯДЕРНЫХ И  
ЯДРО-ЯДЕРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

Описывается автоматизированная система для измерений и предварительной обработки фильмовой информации с пузырьковых камер на базе мини-ЭВМ М-6000. Приведена структура системы обработки.

Ереванский физический институт  
Ереван 1984

## Введение

Несмотря на бурное развитие физических экспериментов с электронной методикой значительную часть научной информации все ещё получают с использованием камерной методики.

Высокая конкурентоспособность, актуальность этой методики обусловлена как рядом её уникальных свойств (наглядность, информативность и т.д.), так и спецификой самих исследуемых процессов. Так, например, при изучении взаимодействий адронов и ядер с ядрами пузырьковая камера предоставляет такие преимущества как большой телесный угол ( $4\pi$ ), возможность регистрации короткоживущих частиц и т.д. Исходному материалу (стереофотоснимок) для исследований с камерной методикой, и в особенности, для тяжелогазоструйных камер, присущи специфические особенности: насыщенность снимка шумами, фоном (7–10% событий имеют сигналы от треков ниже уровня помех), изменение яркости от трека к треку в широких пределах (12–15% событий имеют контрастность порядка  $\sim 0,01$ ), трудно различимые изломы на следах и т.д.

Характеристики физических процессов определяются в процессе обработки результатов измерений ионизированных следов. Необходимо, чтобы вклад этого процесса в суммарную ошибку при определении физических характеристик был меньше, чем вклад других объективных факторов. Допустимый уровень погрешностей для экспериментальных данных таков: для импульсов ( $P_0$ )  $\sim 5\%$ , для углов ( $\varphi_0, \lambda_0$ )  $\sim \pm 0,01$  рад.

Эффективным путем достижения необходимых показателей при обработке камерных фотографий является автоматизация процесса обработки, а также наличие в цепи обработки оператора-измерителя. Это позволяет успешно решать задачи распознавания и обработки, невзирая на сложные условия (в особенности при обработке экспериментальных данных с тяжеложидкостных пузырьковых камер).

#### Общее описание измерительной системы

Во многих физических центрах разработано и действует большое количество систем обработки фильмовой информации с различных трековых детекторов [1,2] .

Одна из таких систем эксплуатируется в Ереванском физическом институте [10,13] .

Система обработки камерных фотографий, представленная на рис.1, используется для обработки фильмовой информации с двухметровой пропановой камеры ЛВЭ ОИЯИ (2 м ПК ЛВЭ), однометровой пропан-фреоновой камеры ЛП ОИЯИ (1 м ПК ЛП), водородной камеры "Людмила" (ВПК "Людмила"), в задачах по изучению механизма двойной перезарядки  $\eta^-$ -мезона на ядрах C, в исследованиях процесса образования кумулятивных протонов во взаимодействиях p, d, He и C с ядрами углерода и т.д.

Система базируется на группе прецизионных измерительных установок (в настоящее время до 7), работающих в двухстороннем "on line" режиме с УВК М-6000. Назначение системы обработки, функции, ею выполняемые, вытекают как из специфики задач, так и из её структуры.

Вкратце функции системы заключаются в следующем:

- сбор и сортировка результатов измерений на всех этапах обработки;
- экспресс-анализ поступающей в ЭВМ информации;

- управление процессом обработки камерных фотографий на группе одновременно (и независимо) работающих измерительных устройств, в том числе обрабатывающих различные по характеру физические задачи;
- проверка правильности функционирования аппаратуры в тестовом режиме.

### Средства обеспечения

Рассмотрим отдельные аспекты аппаратурно-программных средств, обеспечивающих функционирование системы обработки фотоснимков.

На рис. 2 показана блок-схема измерительной установки ПУОС-ИМ. Оптико-механическая часть установки ПУОС-ИМ базируется на модернизированном промышленном микроскопе УИМ-23. В УИМ-23 изменен узел перемещения измерительных кареток, изменена система питания осветителя, улучшена освещенность в блоке проекционной насадки. Установка оснащена узлом отсчета координат на основе дифракционных решеток.

На измерительной установке ПУОС-ИМ обрабатываются фотоснимки и с тяжеложидкостных камер (пропановые, пропан-фреоновые), и с водородных камер. Первые отличаются наличием значительных шумов, фона, насыщенностью снимка, низкой контрастностью треков и т.д. Высокая предельная точность прибора ( $2,5\mu$ ), хорошая освещенность изображения на экране, большое увеличение ( $30\times$ ) позволяет измерителю успешно идентифицировать интересующие экспериментатора события.

Основным узлом блока электроники ПУОС-ИМ является отсчетный канал координат  $x$  и  $y$  с соответствующими реверсивными счетчиками.

Определенный интерес представляет примененный в отсчетном канале способ коррекции систематической ошибки отсчета при ре-

версах направления движения измерительной каретки.

Возникновение этой ошибки обусловлено логикой построения отсчетного канала в соответствии с условием

$$t_{\text{заг.сч.имп.}} < t_{\text{заг.знак}}, \quad (I)$$

где  $t_{\text{заг.сч.имп.}}$  - время задержки в канале формирования счетных импульсов;

$t_{\text{заг.знак}}$  - время задержки в канале определения знака (для управления схемой реверса). Невыполнение этого условия (I) диктует необходимость существенного ограничения частоты поступления счетных импульсов либо из-за ограниченной разрешающей способности отсчетного канала при большой частоте, ведет к просчетам. Эти недостатки органически присущи отсчетному каналу при построении его по логике

$$f_{\text{сч.имп.}} < \frac{1}{t_{\text{заг.сч.имп.}}}; t_{\text{заг.сч.имп.}} > t_{\text{заг.знак}}, \quad (2)$$

где  $f_{\text{сч.имп.}}$  - частота поступления счетных импульсов.

Схемы, логика функционирования которых соответствуют (2), нашли широкое распространение [4,5]. Они обеспечивают устойчивую, безошибочную работу при некотором ограничении скорости (счетный импульс, пришедший за время  $t_{\text{заг.сч.имп.}}$ , будет утерян - это "мертвое" время устройства). В ряде случаев, когда скорость перемещения (следовательно и  $f_{\text{сч.имп.}}$ ) не может быть жестко регламентирована (это полностью относится к измерительным установкам с визуальным центрированием), целесообразно построение отсчетных каналов в соответствии с (I). Такая логика предоставляет измерителю более комфортные условия работы. Единственным ограничением при этом является

$$f_{\text{сч.имп. (рев)}} < \frac{1}{T_{\text{заг.рев}}}. \quad (3)$$

Для измерительных систем, определяющих перемещение подвижных частей, условие (3) априори выполнимо, вследствие большой



них потерь времени на распространение сигнала по цепям кольцевого опроса (потери времени становятся значительными при наличии большого количества источников, находящихся на значительном удалении друг от друга и от ЭВМ). Не исключается повторная ложная регенерация сигнала кольцевого опроса, имеются сложности в организации цепей опроса. С целью обеспечения надежности информационного обмена, возможного увеличения количества обслуживаемых источников информации и упорядочения дисциплины их приоритетов в описываемой системе выбран конвейерный метод приоритетного подключения источников информации (измерительных установок ИУОС-ИМ) к коллективно используемому ресурсу [9, 13]. Этот принцип обслуживания впервые предложен в [7] Евреиновым Э.В. для однородных структур и сред.

Суть такого метода (блок-схема на рис.3) заключается в совмещении времени обслуживания запроса одного источника с временем поиска другого активного источника. Запросы в систему поступают асинхронно, в случайные моменты времени. Таким образом, совмещение времени обслуживания предыдущего запроса (оно составляет 40-50 мкс; в [2,3] это время  $\sim 30-40$  мс) с временем выбора следующего позволяет существенно увеличить пропускную способность магистрали. Такая организация подключения измерительных установок ИУОС-ИМ к общей магистрали помимо увеличения её пропускной способности, дает возможность обслуживания существенно большего количества удаленных установок, уменьшает "мертвое" (поисковое) время системы, позволяет повысить эффективность системы в целом, что, естественно, сказывается на конечных результатах обработки.

Важным звеном среди средств обеспечения в системе обработки является канал связи между измерительными установками ИУОС-ИМ и управляющей мини-ЭВМ М-6000 (структурная схема канала по-

казана на рис. 3. Канал объединяет следующие шины:

- шины данных - ДД;
- шины управления - АД, АУБ, АУ;
- шины тормозания - ТТ.

Воспользовавшись по магистральной с радиальной организацией информационный канал магистральной системы можно считать каналом начтнеем, поскольку радиальная организация совместной во времени с процессом информации. В магистральной системе канал получает возможность обслуживания информации.

По способу организации магистраль обмена является коллективной в магистрали источника информации такую магистраль можно то называть "единой".

Использование в системах обработки канала с такой организацией более рационально требует минимума аппаратных затрат экономит вычислительные ресурсы, обеспечивая при этом более высокую надежность, чем при использовании стандартной радиальной магистрали 2 К, надежность информационного обмена, упрощение алгоритмов соответствующего программного обеспечения. Совокупность этих факторов, в свою очередь, влияет на увеличение производительности системы, на её эффективность, уменьшается количество повторно обрабатываемой информации.

В системах обработки фильмовой информации в ряде случаев возникает необходимость в длительных паузах (это обработка отказов аппаратуры, сбоях ЭВМ, анализ накопленных файлов и т.д.). Возникает необходимость запрета заявок на обслуживание, защиты данных.

При необходимости длительной монополизации коллективного ресурса (магистрали, ЭВМ) формируется управляющая команда "запрет обращения". которая, воздействуя (аппаратно) на управ-

...и ... системных ... установ-  
... .. сигнала ... заявки  
... .. связи ... .. изме-  
... .. увеличивается достоверность информационного  
... .. его надежность, важным фактором для  
... .. является её контролепригодность, так  
как наличие в системе средств, обеспечивающих функциональный кон-  
троль и при необходимости локализацию неисправностей, в значи-  
тельной мере влияет на производительность и эффективность сис-  
темы в целом. Помимо традиционных средств контроля, к которым  
относится тестовый контроль и функциональный программно-аппа-  
ратный контроль, система оснащена специальными средствами для  
диагностического контроля. Этот контроль основан на структур-  
ной избыточности. Он проводится с помощью аппаратуры встроенно-  
го контроля и имитационных устройств. В структуре диагности-  
руемых узлов создано семейство контрольных точек, позволяющих  
минимальным количеством проверок локализовать константные оди-  
ночные и кратные неисправности. Важным функциональным звеном в  
системах обработки является её программное обеспечение. При раз-  
работке комплекса программ системы учитывался богатый опыт ве-  
дущих физических центров страны [14]. Естественно, что программное  
обеспечение описываемой системы учитывает как специфику решаемых  
ею задач, так и особенности аппаратурных средств системы  
обработки [9] .

Программное обеспечение (ПО) фильмовой обработки функцио-  
нально можно разделить на 2 части:

I. Программы управления работой системы и оператора: прог-  
раммы приема, контроля, сортировки и накопления поступающей  
информации.

2. Программы для вычисления кинематических параметров треков и интерпретации взаимодействия.

Вкратце рассмотрим нижний уровень программного обеспечения, непосредственно взаимодействующий с системой (блок-схема представлена на рис.5). Программное обеспечение имеет модульный принцип организации. В информационном банке системы для организации обслуживания различных физических задач и контроля, и обработки информации имеются следующие информационные массивы:

- каталог физических задач
- таблицы параметров задач,
- каталог программ контроля различных эталов.

В ПО заложена возможность редактирования информационного банка.

Таким образом, описываемая система обработки фотоснимков информации предоставляет возможность одновременной обработки двух и более физических задач с различных трековых детекторов.

### Заключение

В заключение приведем некоторые интегральные характеристики системы обработки фотоснимков.

Дискретность отсчета - 2,5 мкм.

Среднеквадратичная погрешность - 4-5 мкм

Производительность - 40-50 трек/час для одного прибора.

Количество повторных измерений - 10-20%.

Как уже отмечалось, система позволяет вести одновременную обработку двух и более физических задач (в том числе с различных трековых детекторов).

Основная масса повторных измерений вызвана спецификой тяжеложидкостных камер: сильный фон, сливающиеся на одной из проекций треки, трудно различимые изломы, существенное изменение

кривизны траектории малоэнергичных треков с большой длиной пробега и т.д. Для водородных камер типа "Людмила" количество повторных измерений колеблется от 5 до 7 %.

Повышение эффективности обработки, её производительности позволило ЕРФИ увеличить свой вклад в статистику совместных исследований. Так, например, в сотрудничестве по двухметровой пропановой камере ЛВЭ ОИИТ вклад ЕРФИ при исследовании взаимодействий типа  $\alpha$  ( $C_3H_8$ ) составляет  $\sim 15-20\%$ .

В настоящее время система используется для обработки камерных фотографий с однометровой ППК ЛЯП ОИЯИ и двухметровой ППК ЛВЭ ОИЯИ. Средняя множественность обрабатываемых событий для двухметровой ППК колеблется от 5 до 30 треков, а для однометровой ППК составляет 5 треков.

В результате обработки фильмового материала получены следующие физические результаты:

- исследована корреляция между выходом кумулятивных протонов и относительным выходом малоэнергичных ионов ( $P=100-500$  МэВ/с) во взаимодействиях  $p$ ,  $d$ ,  $He$  и  $C$  с ядрами углерода при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон [10] .
- определено полное сечение взаимодействия  $\eta^-$  - мезонов с ядрами углерода при импульсе 4,9 ГэВ/с [11] .

Авторы выражают признательность Г.А.Вартапетяну и З.А.Киракосян за поддержку и постоянный интерес к работе.

Авторы благодарят А.С.Нанасяна за ценные советы, а также Э.Г.Бадаляна и Г.В.Навасардяна за полезные деловые обсуждения.

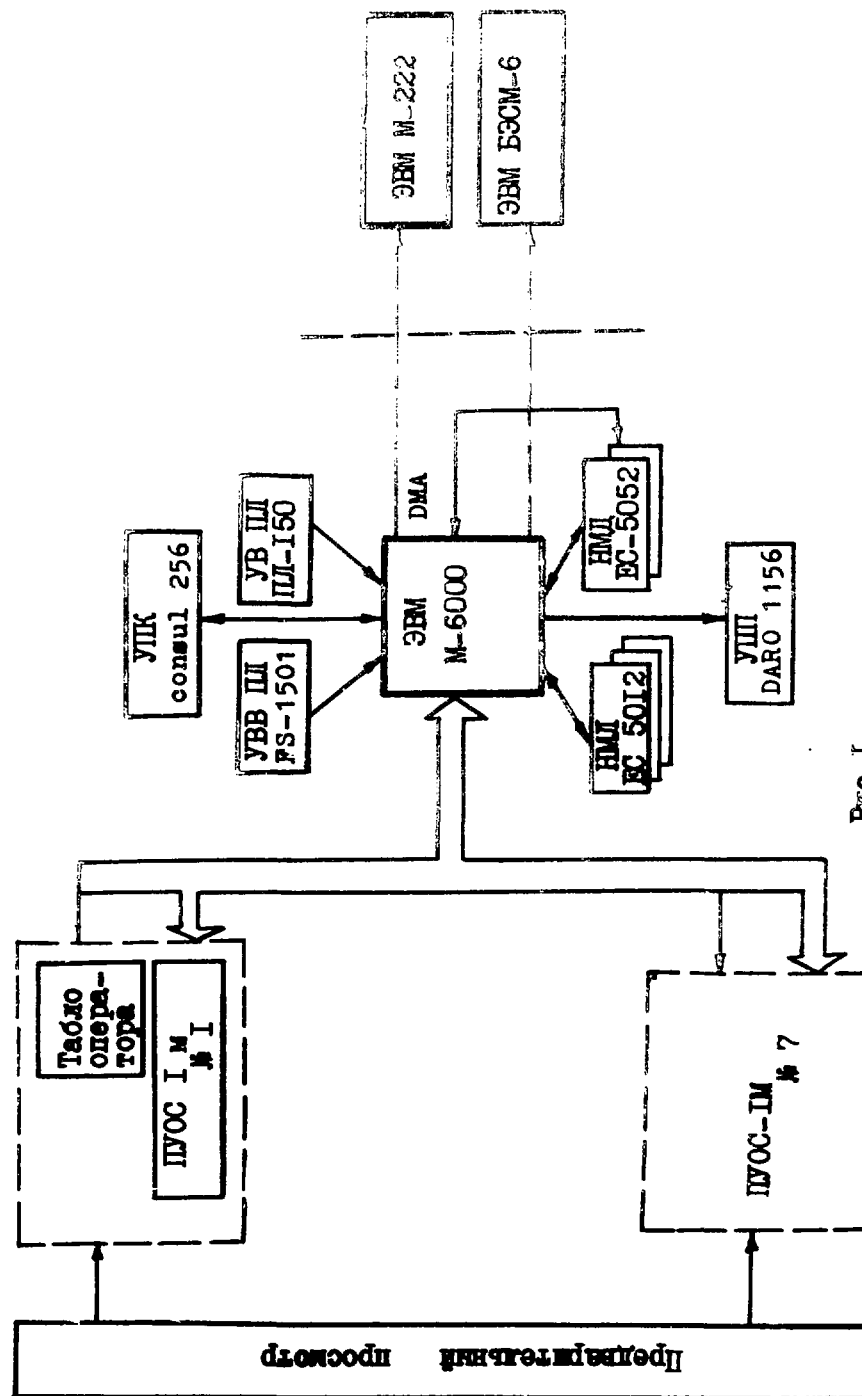


Рис. 1

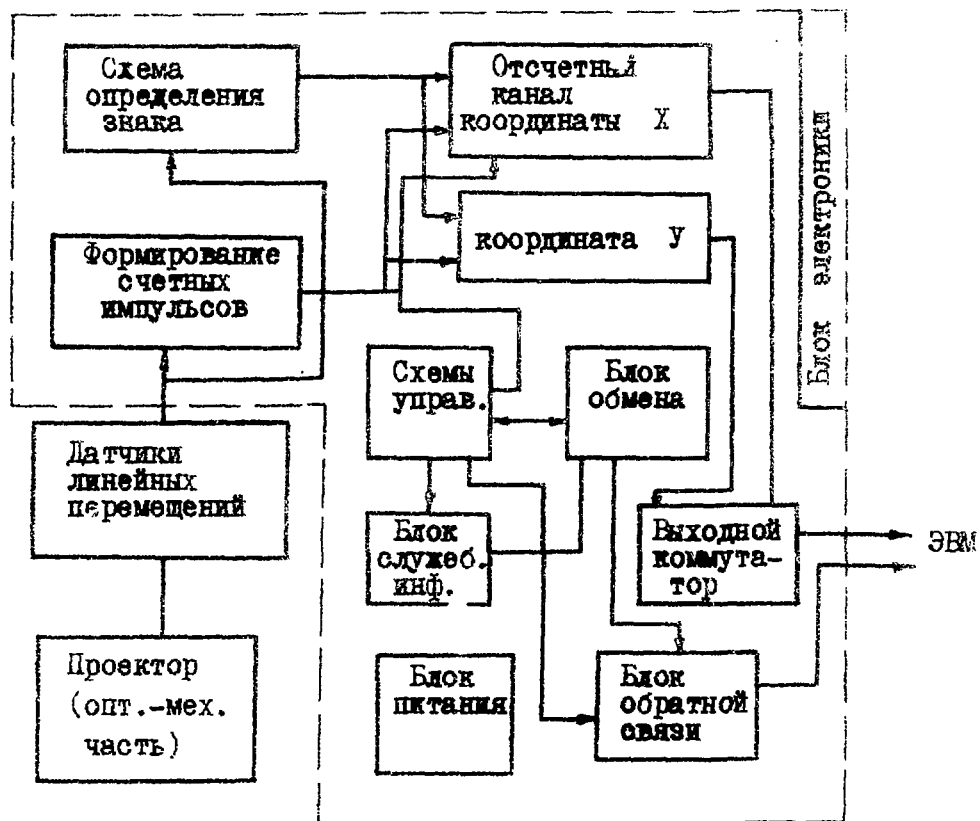


Рис. 2

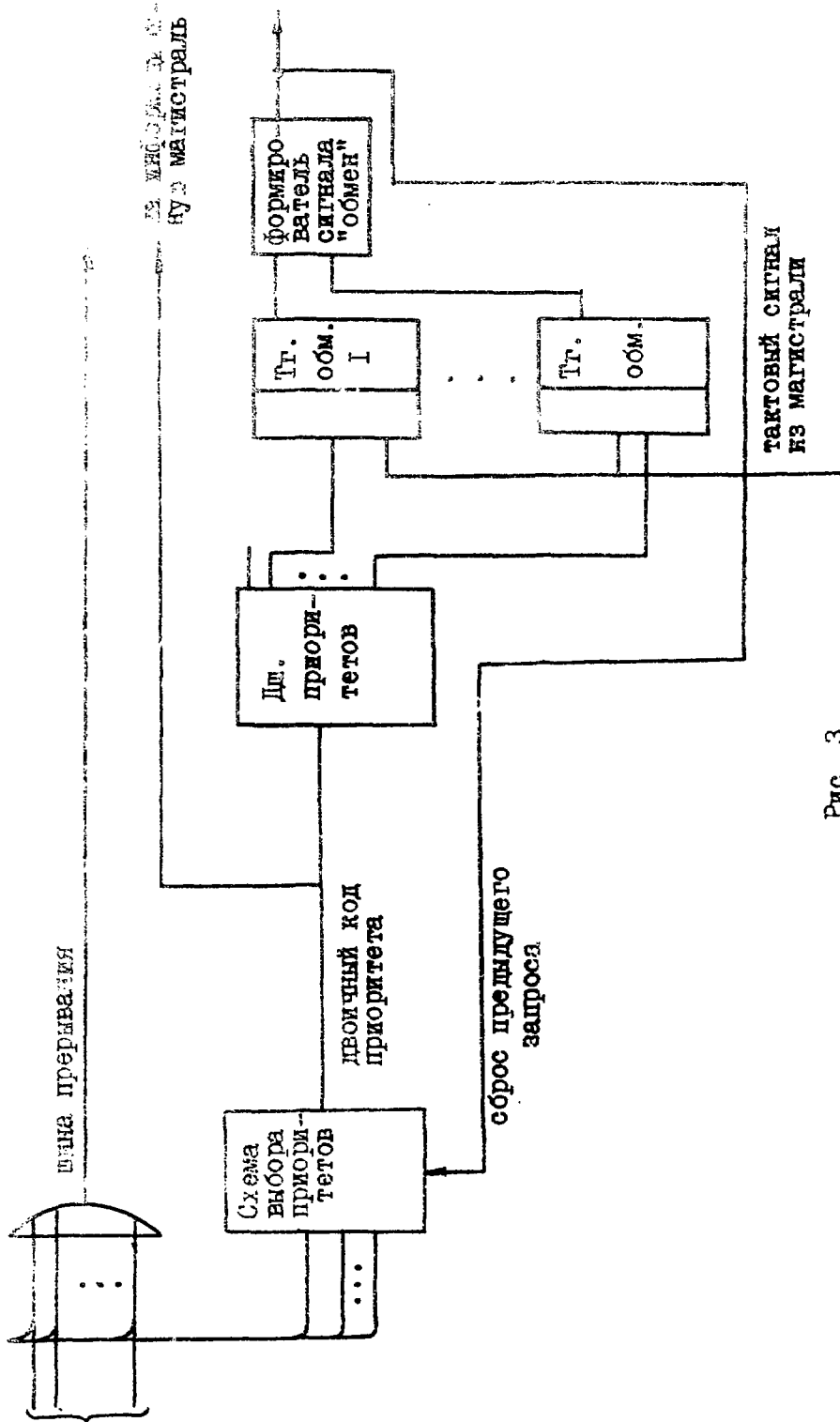


Рис. 3

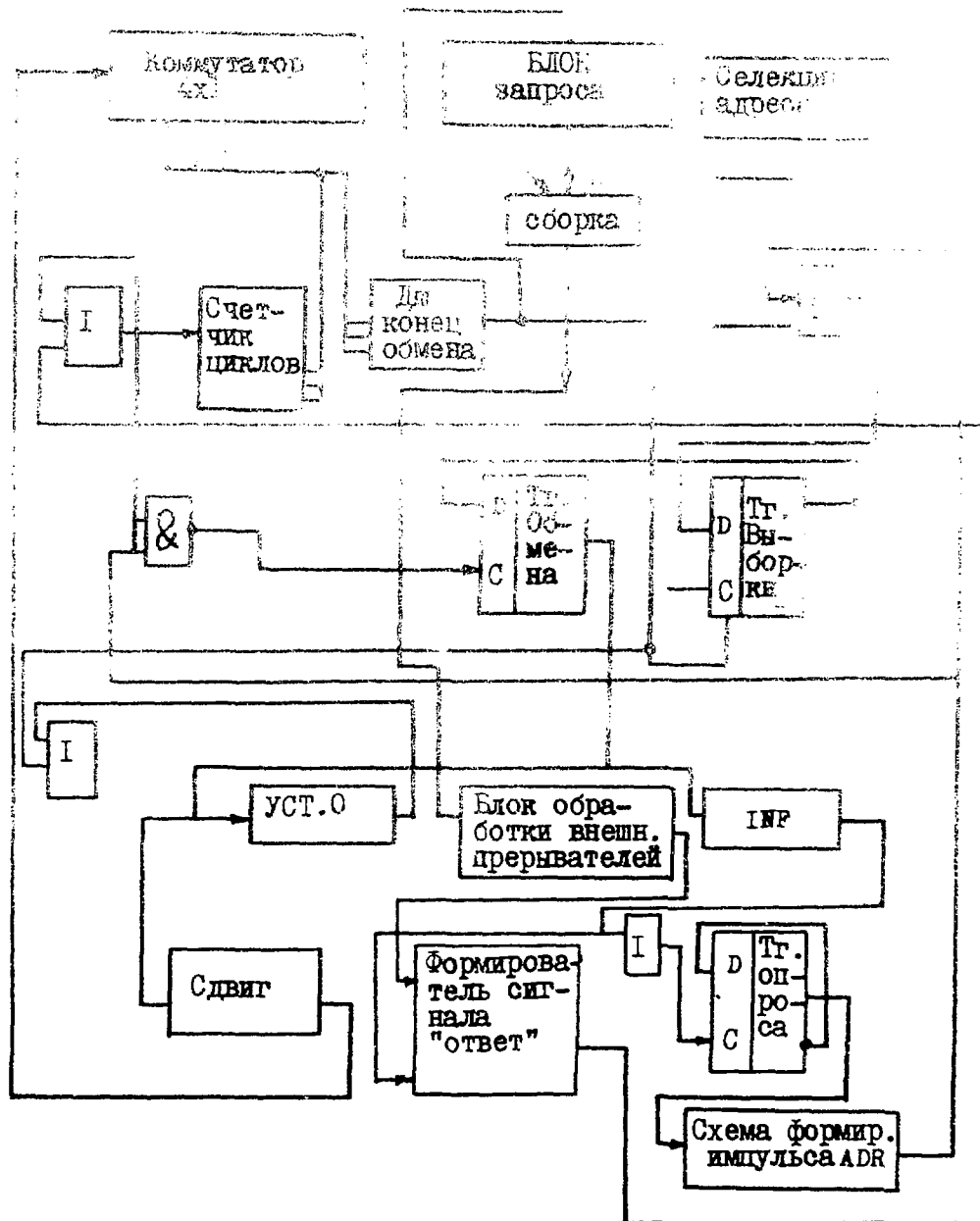


Рис. 4

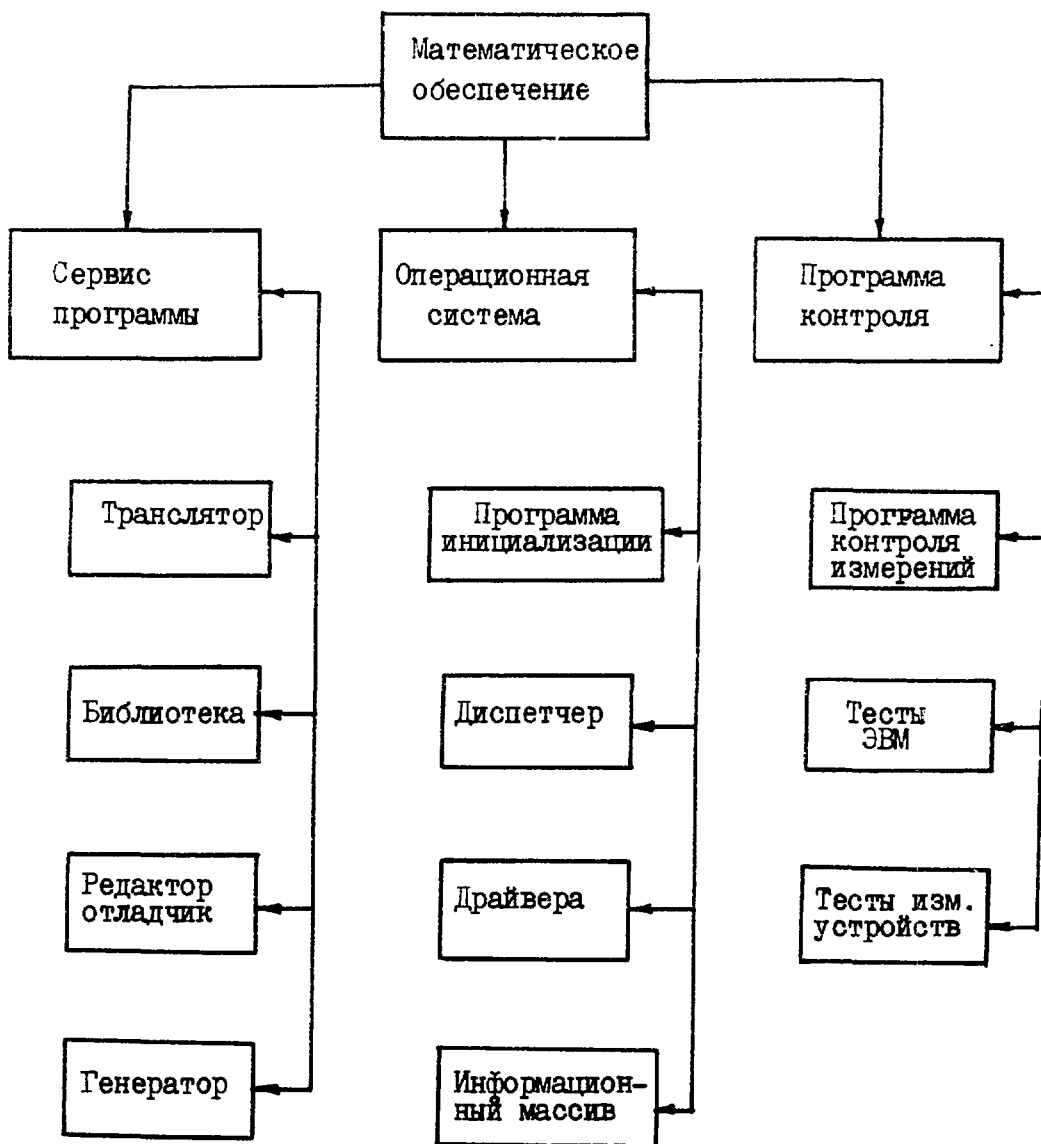


Рис.5

# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bani J., Bottcher, H., Giese P. et al. Воиня "Sol 11na"  
Система обработки снимков с трековых камер  
Труды международного симпозиума по вопросам автоматизации  
обработки данных с пузырьковых и искровых камер, ДН-3-41  
Дубна, 1971, с.170
2. Ермолаев В.В., Иоселиани Ц.И., Каржавин В.А. и др.  
Аппаратурная часть системы обработки камерных снимков  
с использованием установок ПУОС на линии с БЭСМ-4  
Предпринт ОИИД 10-8970, Дубна, 1971
3. Новорун Н.Н., Ермолаев В.В., Иванченко В.М. и др.  
Измерительные подуавтоматы на линии с вычислительной  
машинной БЭСМ-4. Сборник докладов научной конференции  
математического факультета Одесского государственного университета,  
посвященной памяти профессора Иосифа Иосифовича  
в Грузии. Одесса, 1971
4. Бабенко А.В. Автоматизация дистанционного измерения  
точных устройств для радио и связи. М.: Радио и связь, 1971
5. Иванченко В.В. Фотоэлектрические измерительные приборы  
М.: Энергия, 1967
6. Козы В.М. Системы прерывания ТМ. М.: Радио и связь, 1971
7. Баречиков Э.В. Однородные вычислительные системы  
ры и связи. М.: Радио и связь, 1971
8. Виноградов А.Ф., Новорун Н.Н., Елисейкин В.В. и др.  
Система для измерения камерных снимков на БЭСМ-4  
технических измерительных устройств. Предпринт  
БЭСМ-4. Предпринт ОИИД 10-8970, Дубна, 1971

9. Авакян А.В., Вартанян Г.С., Григорян В.А. и др.  
Организация обслуживания группы измерительных установок для обработки फिल्मовой информации с пузырьковой камеры на линии с УВК М-6000. Тезисы докладов IУ конференции молодых ученых Ереванского физического института.  
Ереван, 1979, с. 98.
10. Авакян А.В., Григорян В.А., Какоян В.Г. и др.  
Устройство для сбора и передачи данных с группы измерительных установок в УВК М-6000. Всесоюзное научно-техническое совещание "Управляющие вычислительные комплексы СМ-1 и СМ-2 ЭВМ и их применение в автоматизированных системах управления" (Северодонецк, 1978). Тезисы докладов /ЦНИИТЭИ приборостроения, Москва, 1978, с. 15.
11. Агабабян Н.М., Атаян М.Р., Валкар Ш. и др.  
Определение полного сечения взаимодействия  $\pi^-$  - мезонов с ядрами углерода при импульсе 4,9 ГэВ/с.  
Препринт ЕФМ - 211(3)-77, Ереван, 1977.
12. Гулкнян Г.Р., Корчагин С.А., Киракосян З.А., Равинович И.М.  
Наблюдение корреляций между выходом протонов-назад и относительным выходом  $\pi^+/\pi^-$  - мезонов в ядро-ядерных столкновениях при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон.  
Препринт ЕФМ - 643(33)-83, Ереван, 1983.
13. Авакян А.В., Григорян В.А., Какоян В.Г. и др.  
Устройство для управления и приоритетного обслуживания группы измерительных установок на линии с УВК М-6000.  
Всесоюзное научно-техническое совещание "Управляющие вычислительные комплексы СМ-1 и СМ-2 ЭВМ и их применение в автоматизированных системах управления" (Северодонецк, 1978).  
Тезисы докладов /ЦНИИТЭИ приборостроения, Москва, 1978, с. 22.

14. Иванченко З.М. Накопление и анализ информации с целью контроля полуавтоматической измерительной системы, работающей на линии с БЭСМ-4. Препринт ОИИИ Ю-6141, Дубна, 1971

Рукопись поступила 12 июня 1984 г.

В. А. ГРИГОРЯН, Н. М. АГАБАБЯН

ИЗМЕРЕНИЕ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ С ТРЕКОВЫМИ  
КАМЕРАМИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ АДРОН-ЯДЕРНЫХ И ЯДРО-ЯДЕРНЫХ ВЗАИМОДЕЙ-  
СТВИЙ

Редактор Л. П. Мукаян

Технический редактор А. С. Абрамян

---

Подписано в печать 14/ХП-84г.  
Офсетная печать. Уч. изд. л. 1,5  
Зак. тип. № 921 .

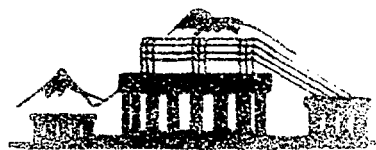
ВФ-02984 Формат 60х84/16  
Тираж 299 экз. Ц. 22 к.  
Индекс 3624

---

Отпечатано в Ереванском физическом институте  
Ереван 36, Маркарян 2

---

индекс 3624



ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ