

К-736

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ

10 - 8130

КОТОВ Владислав Михайлович

СКАНИРУЮЩАЯ СИСТЕМА
"СПИРАЛЬНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ" НА БАЗЕ
МАЛОЙ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ЭВМ ДЛЯ ОБРАБОТКИ
КАМЕРНЫХ СНИМКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
МЕХАНИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА СО СПИРАЛЬНОЙ
РАЗВЕРТКОЙ

Специальность 05.13.06 - автоматизированные системы
переработки информации и управления

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

(Диссертация написана на русском языке)

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

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук, профессор А.Н.ГОРБУНОВ ,
доктор технических наук, профессор И.И.ЦУККЕРМАН.

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Московский инженерно-физический институт, Москва.

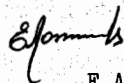
Автореферат разослан "___" _____ 1974 г.

Защита диссертации состоится "___" _____ 1974 г.

в _____ часов на заседании Ученого совета Лаборатории вычисли-
тельной техники и автоматизации Объединенного института
ядерных исследований (г.Дубна, Московской области).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета



Е.А.ЛОГИНОВА

10 - 8130

КОТОВ Владислав Михайлович

СКАНИРУЮЩАЯ СИСТЕМА
"СПИРАЛЬНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ" НА БАЗЕ
МАЛОЙ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ЭВМ ДЛЯ ОБРАБОТКИ
КАМЕРНЫХ СНИМКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
МЕХАНИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА СО СПИРАЛЬНОЙ
РАЗВЕРТКОЙ

Специальность 05.13.06 - автоматизированные системы
переработки информации и управления

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

(Диссертация написана на русском языке)

Повышение эффективности экспериментов в ядерной физике в значительной степени определяется широким использованием электронно-вычислительных машин (ЭВМ), важной особенностью применения которых является передача им как вычислительных функций, так и логических операций, связанных непосредственно с получением экспериментальных данных на разных стадиях исследований.

Несмотря на большие успехи в развитии методов исследований, выполняемых при помощи бесфильмовых координатных детекторов, пузырьковая камера и связанная с ней методика обработки filmовой информации остается мощным средством для изучения актов взаимодействий элементарных частиц. Современный эксперимент с использованием пузырьковой камеры основан на статистическом анализе большого количества фотографий, содержащих несколько десятков, а то и сотен тысяч событий, поэтому получение окончательных результатов в заданные сроки предполагает автоматизацию обработки экспериментальных данных с применением современных быстродействующих ЭВМ.

В диссертации содержатся результаты работ по созданию сканирующей системы "Спиральный измеритель", предназначенной для обработки камерных снимков.

Основой диссертации является разработка и создание электронной аппаратуры спирального измерителя и комплекса программного обеспечения на базе малой управляющей ЭВМ для функционирования всей сканирующей системы, а также результаты комплексной настройки и запуска спирального измерителя в режиме измерения камерных сним-

ков. Эти работы были проведены в СИАИ с 1969 по 1974 г.г. под руководством и при непосредственном участии автора, и конкретным результатом их является создание в СИАИ сканирующей системы для обработки фотографий трековых камер /3,4,5,13-20,23-25/.

В настоящее время на спиральном измерителе начат первый эксперимент по массовой обработке камерных снимков. Кроме этого, в 1967-70 гг. автор принимал участие в разработке и настройке сканирующего автомата СА, работающего на линии с ЭВМ CDC-1604A, который в настоящее время успешно эксплуатируется в режиме массовой обработки камерных снимков /6-9/. Опыт, полученный при разработке СА, использован при проектировании электронной аппаратуры спирального измерителя.

Сканирующая система "Спиральный измеритель" создана впервые в Советском Союзе, электронная аппаратура ее разработана на советских интегральных микросхемах и управляющая малая ЭВМ является одной из первых советских ЭВМ такого класса.

По результатам разработки и настройки в ЛВТА СИАИ спирального измерителя в настоящее время в промышленности изготавливается серия из девяти таких установок для ряда физических институтов Советского Союза.

В диссертации обобщен опыт разработки автоматизированной сканирующей системы на базе малой управляющей ЭВМ, начиная с разработки элементной базы, электронной аппаратуры, линий связи с ЭВМ и программного обеспечения функционирования системы /23/.

В процессе проектирования была также разработана методика настройки, созданы тестовые программы контроля и произведен комплексный запуск в режим измерения всей сканирующей системы.

Диссертация состоит из введения и пяти глав.

I

В первой главе рассмотрены основные направления в развитии автоматизации обработки फिल्मовой информации и на примерах крупных измерительных комплексов, созданных в ведущих физических центрах, приводятся основные особенности организации обработки फिल्मовой информации.

Для современных автоматизированных измерительных систем /1/ характерно, наряду с широким использованием ЭВМ, включение в процесс обработки снимков оператора, участие которого в опознании и измерении им в особо сложных случаях отдельных точек на треках резко повышает эффективность системы в целом.

В этой же главе приводится краткий обзор состояния автоматизации обработки फिल्मовой информации в СИАИ и сообщаются характерные особенности сканирующей системы "Спиральный измеритель", работы по созданию которого легли в основу диссертации, и обсуждается его место в просмотрово-измерительном оборудовании СИАИ /5/.

Структура сканирующей системы "Спиральный измеритель" и алгоритмы управления его работой позволяют создать измерительный комплекс многоцелевого применения (всего в СИАИ будет установлено 3 спиральных измерителя) с производительностью около 300 тыс. событий в год. Введение режима автосопровождения и фильтрации непосредственно после сканирования и возможность вмешательства оператора для опознания событий в трудных случаях - открывают возможность применения этой системы для обработки событий сложной топологии.

Рассмотрены также логические и информационные возможности сканирующих систем.

II

Во второй главе содержится общее описание спирального измерителя (СИ) и принципа его работы. Приведена функциональная схема системы (рис.1). Основные технические характеристики спирального измерителя соответствуют требованиям для измерения снимков пузырьковых камер (цена отсчета в системе X,Y координат 2 мкм при размерах фильмового канала 70x200 мм², цена отсчета в полярной системе координат: по радиусу 1,86 мк и углу 1/15000 радиана при максимальном радиусе сканирования 55 мм).

Модульная структура электронных устройств СИ (рис.1) позволила стандартизовать аппаратуру, повысить надежность и упростить эксплуатацию в целом. Все основные функциональные блоки, описание структуры которых также приведено в этой главе, аппаратурно независимы друг от друга, а совместная их работа осуществляется при помощи комплекса программ управления, составляющих операционную систему (ОС) спирального измерителя. Структура операционной системы в значительной степени определяет эффективность использования ресурсов процессора управляющей ЭВМ и, следовательно, характеристики спирального измерителя в целом.

Управляющая ЭВМ осуществляет не только управление процессом измерения, но также прием и накопление на магнитную ленту результатов сканирования. Дальнейшая обработка проводится на БЭСМ-6 по программам "ФИЛЬТР" /20/ и цепочке программ "THRESH-GRIND-SLICE-SUMX" /21,22/. Во второй главе рассмотрены вопросы, связанные с передачей информации между ЭВМ "Электроника-100" и БЭСМ-6, приводятся сведения о форматах и объеме передаваемых данных /14,15/.

III

Третья глава содержит описание структуры электронных устройств и организации работы управляющей ЭВМ.

Простота малых управляющих ЭВМ, низкая стоимость, сравнимая с ценой экспериментального оборудования, разрешает использовать такие ЭВМ как составную часть измерительной системы, а собственно измеритель в этом случае может рассматриваться как специализированное внешнее устройство ЭВМ.

Разработанные для сканирующей системы "Спиральный измеритель" мультиплексоры позволяют производить обмен информацией как по каналу прямого доступа в МОЗУ ЭВМ, так и по программному каналу с использованием прерываний. В мультиплексоре для канала прямого доступа аппаратурно реализована дисциплина с абсолютным приоритетом /24/, а по программному каналу дисциплина с относительными приоритетами /23/.

Для накопления информации, поступающей от датчиков положения измерительного стола, перископа и фильмопротяжных устройств, используется режим "увеличения памяти", по которому содержимое фиксированной ячейки памяти увеличивается на единицу по каждому сигналу от датчика внешних устройств. Таким образом, двоичные счетчики положения исключаются из состава аппаратуры и помещаются фактически внутри оперативной памяти ЭВМ, т.е. представляют собой обычные ячейки памяти, доступ к которым для программы управления, а также все операции по обработке содержимого таких счетчиков значительно упрощаются /18/.

Контроллеры функциональных блоков спирального измерителя, связь которых с управляющей ЭВМ осуществляется при помощи упоминавшихся выше мультиплексоров, имеют в своем составе также статус-командные регистры для передачи в ЭВМ информации о состоянии исполнительных механизмов и датчиков каждого блока /19/.

Для реализации электронной аппаратуры СИ был разработан набор логических элементов /12,13/ на интегральных микросхемах. В процессе запуска в промышленности и изготовлении серии этих элементов в составе электронной аппаратуры СИ разработана также методика настройки и снятия их характеристик.

Получение оцифрованной картины события на снимках пузырьковой камеры потребовало разработки специальных схем автоматической регулировки усиления (АРУ) /17/. Это связано не только с переменной контрастностью снимка из-за неоднородной освещенности внутреннего объема камеры при фотографировании, но и наличием искажений в оптическом канале измерительного устройства.

Трековый видеосигнал на выходе АРУ является командным сигналом для регистрации значений координат положения сканирующей щели. Для формирования и стандартизации его автором совместно с Ю.А. Каржавиным /3/ предложен двухщелевой способ сканирования, который позволяет упростить электронные схемы формирования и снизить требования к частотным характеристикам схем определения середины видеосигнала. Разработана логика отсчетного канала (ОК), реализующего принцип спирального сканирования двумя рядом расположенными щелями, и предложена методика настройки всего комплекса аппаратуры канала.

На основе разработки в ЛВТА СМЯИ всего комплекса электронной аппаратуры спирального измерителя в течение 1970-1973 гг. в промышленности была изготовлена серия из 9 комплексов электронной аппаратуры для ряда физических институтов страны.

IV

Программное обеспечение, разработанное для управления сканирующей системой СИ, включает в себя следующие основные блоки:

- Операционную систему (ОС), представляющую собой совокупность

функциональных алгоритмов и программ, реализующих конкретную логику управления СИ и предварительную обработку информации /23/.

- Средства автоматизации программирования, включающие в себя как собственно символический язык программирования, так и программы редактирования и отладки.

- Систему функционального контроля (СФК), состоящую из тестовых и контрольных программ.

Скорость поступления информации с отсчетных систем в процессе управления спиральным измерителем имеет статистический характер распределения во времени. Это потребовало включения в ОС программ диспетчеризации обслуживания заявок от электронных устройств. В соответствии с этим операционная система включает в себя следующие основные функциональные группы программ:

- Программу - диспетчер, которая обеспечивает заданную дисциплину обслуживания заявок.

- Набор вклинивающихся подпрограмм обслуживания прерываний, вызываемых аппаратурно через резидент мультиплексора программного прерывания.

- Библиотеку основных программ, выполнение которых и обеспечивает собственно функционирование системы СИ.

Стремление повысить скорость выполнения алгоритмов и уменьшить объем программ определило необходимость использования машинно-ориентированного языка программирования, что, с другой стороны, затрудняет адаптацию системы для обработки снимков других камер. Поэтому для введения определенной гибкости ОС был принят модульный принцип ее построения, и, считая что все изменения системы должны укладываться в рамки созданной аппаратуры, мы определили основной модуль ОС - монитор, который включает в себя диспетчер и набор подпрограмм

обслуживания прерываний; предполагается, что дальнейшие изменения не должны затрагивать его структуры.

Возможность расширения библиотеки основных обслуживающих программ без изменения монитора потребовала формализации входа и выхода из этих программ при обеспечении процедуры обмена параметрами между ними. В значительной мере это зависит от свойств языка программирования, используемого при разработке программ. С учетом этих требований комплекс управляющих программ был разработан с использованием символического ассемблера "SABR", входящего в состав алгоритмического языка FORTRAN 8K для ЭВМ PDP 8 фирмы DEC, который с небольшими изменениями был адаптирован для управляющей ЭВМ СИ.

Основное преимущество этой системы математического обеспечения состоит в том, что собственно ассемблер SABR, являющийся вторым проходом FORTRAN 8K, позволяет не только пользоваться всей библиотекой стандартных подпрограмм FORTRAN 8K, но и придать основным программам библиотеки ОС свойства внешних подпрограмм, имеющих точку входа ENTRY, что дает возможность писать их как обычные подпрограммы ФОРТРАНа и транслировать отдельно.

В этой же главе подробно рассматривается структура программы-диспетчера, реализующая дисциплину обслуживания с абсолютными приоритетами для основных программ библиотеки ОС, выполняемых при разрешенном прерывании. Приводятся также характеристики входных потоков заявок и результаты оценки эффективности выбранного алгоритма диспетчеризации в сравнении с бесприоритетным обслуживанием.

У

Пятая глава содержит результаты определения суммарных точностных характеристик системы, полученных по завершении методического эксперимента по обработке снимков с событиями $d\mu$ -взаимодействия,

зарегистрированными на пучке дейтронов с энергией 3,3 Гэв/с в однометровой камере Лаборатории высоких энергий МЯИ. Объективность и достоверность точностных характеристик может быть гарантирована только в результате анализа физических величин и параметров треков, требующих обработки статистического материала (около 1000 событий), для измерения которых требуется устойчивое функционирование всей сканирующей системы и обработка результатов сканирования по всему комплексу программ, включая программы геометрической реконструкции и кинематической идентификации на БЭСМ-6.

Большую роль в комплексном запуске системы играют тестовые программы системы функционального контроля (СФК), разработка которых производилась в тесной связи с проектированием всей сканирующей системы и в значительной степени определяла реализуемость ее, т.е. возможность запуска системы с определенным качеством в заданное время.

На рис.2 показаны результаты сравнения значений пространственного угла θ между вторичными треками после геометрической реконструкции в пространстве камеры. Распределение величин разностей $\Delta\theta = \theta_n - \theta_{сн}$ имеет полуширину $\sigma = \sqrt{D} = 9,61$ мрад, что сравнимо с ошибкой в измерении угла θ на ПУССах, а средняя величина разности $\langle \Delta\theta \rangle = -0,77$ мрад - близка к нулю, что говорит о малости систематических ошибок. Аналогичные результаты получены при сравнении других параметров треков (азимутального угла γ первичного трека и импульсов P вторичных треков). Сравнение распределений физических величин (рис.3) (распределения по квадрату недостающей массы (m^2) и вероятности $P(\chi^2)$ для реакции $d\mu \rightarrow p\bar{p}$), полученные при использовании одних и тех же констант, также свидетельствуют о сравнимости ошибок /16/.

В Заключении изложены результаты работы.

Практическим результатом работ, вошедших в диссертацию, является создание на базе малой управляющей ЭВМ высокопроизводительной сканирующей системы спиральный измеритель с использованием механического устройства со спиральной разверткой, предназначенной для обработки снимков трековых камер.

Основные результаты работ можно сформулировать следующим образом:

1. Разработан и реализован комплекс электронной аппаратуры спирального измерителя, включающий в себя аналоговые схемы выделения и формирования сигналов отсчетных систем, электронные устройства управления и каналы связи с управляющей ЭВМ. На основе этой разработки в течение 1971-1975 гг. изготовлена в промышленности серия из 9 комплектов электронной аппаратуры спирального измерителя для ряда физических институтов страны.

2. Основные функциональные блоки спирального измерителя созданы на базе специально разработанной системы логических элементов на интегральных микросхемах. Набор этих элементов был также использован при разработке контроллера для подключения к управляющей ЭВМ магнитофонов ЕС 50I2P.

3. Создана система мультиплексорных каналов связи с управляющей ЭВМ, позволяющих реализовать работу ее в режиме разделения времени.

Структура разработанных мультиплексоров обеспечивает приоритетное обслуживание как внепрограммного обмена по каналу прямого доступа, так и программного обмена с использованием прерываний. Применение каналов связи в сканирующей системе спиральный измеритель дало возможность сократить объем электронных устройств, передав их

функции управляющей ЭВМ, повысить надежность и упростить эксплуатацию системы в целом.

4. Разработана методика настройки функциональных блоков и создан комплекс контрольных и тестовых программ. Заложена при проектировании избыточность в аппаратуре и наличие программно-логических тестов позволяют получать достаточно объективную оценку результатов сканирования на различных стадиях обработки.

5. Разработаны алгоритмы управления процессом измерения на спиральном измерителе, обеспечивающие автоматизацию большинства этапов обработки, но предоставляющие оператору возможность вмешательства в процесс измерения.

Участие в опознании и измерении оператором только нескольких точек на треках в особо сложных случаях резко повышает эффективность системы, увеличивая число событий, прошедших все стадии обработки.

6. Создано программное обеспечение, реализующее выполнение функциональных алгоритмов управления системой в реальном масштабе времени с одновременной регистрацией и накоплением данных измерения.

Большой объем входных данных, статистический характер распределения скорости их поступления с отсчетных систем и неравноценность относительной важности входных потоков заявок потребовали включения в операционную систему (ОС) программ диспетчеризации с абсолютными приоритетами обслуживания, что позволяет, наряду с относительной диспетчеризацией, осуществляемой аппаратурно в мультиплексорных каналах, полностью реализовать ресурсы управляющей ЭВМ и обеспечить устойчивость выполнения функциональных алгоритмов.

Модульное построение операционной системы в значительной мере определяется тем, что при разработке программного обеспечения был

использован символический язык SABR, входящий в состав алгоритмического языка FORTRAN BK, который с небольшими изменениями был адаптирован для управляющей ЭВМ спирального измерителя.

7. Произведен комплексный запуск сканирующей системы "Спиральный измеритель" в режим измерения реальных камерных снимков.

Для получения результирующих точностных характеристик СИ был проведен методический эксперимент, в котором было промерено 750 событий $d\mu$ -взаимодействия, зарегистрированных на пучке дейтронов с импульсом 3,3 Гэв/с в однометровой пузырьковой водородной камере ЛВЭ МИЯИ.

Результаты измерения были обработаны по всему комплексу программ, включая программы геометрической реконструкции и кинематической идентификации. Анализ найденных параметров треков (импульса, пространственных углов и т.д.) и сравнение их с результатами измерений этих же событий на ПУОСах, а также статистический анализ физических величин (распределение по квадрату недостающей массы (m^2) и по вероятностям $P(\chi^2)$ для реакции $d\mu \rightarrow p\bar{p}$) позволяет утверждать, что характеристики системы удовлетворяют требованиям, предъявляемым к устройствам, используемым для измерений фотографий пузырьковых камер.

Основные результаты, представленные в диссертации, опубликованы в работах /3-5, 13-20, 23-25/ и докладывались автором на Международном симпозиуме по вопросам обработки данных с пузырьковых и искровых камер (Дубна, 1971 г.).

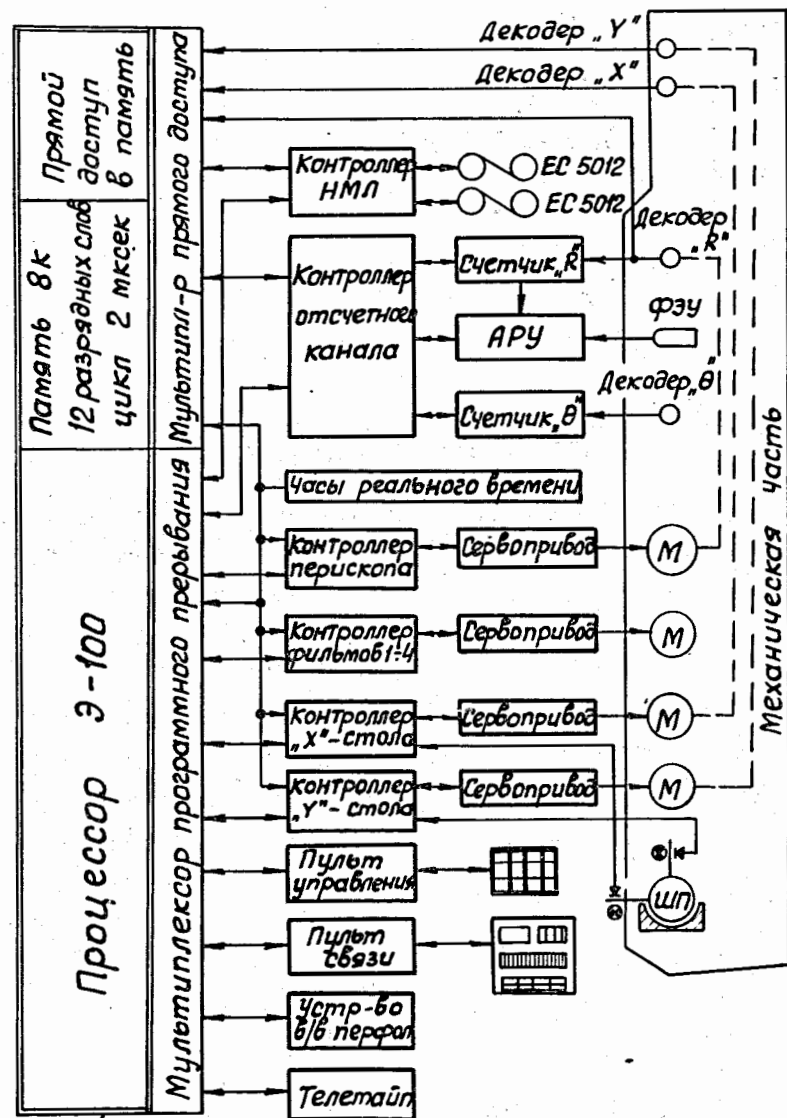


Рис. 1. Структурная схема электронной аппаратуры СИ.

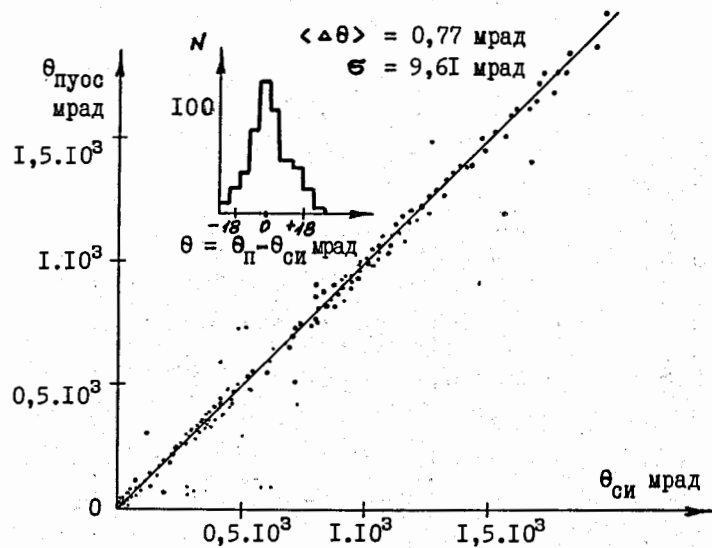


Рис. 2. Сравнение результатов измерений пространственного угла вторичных треков, проведенных на СИ и ПУССах

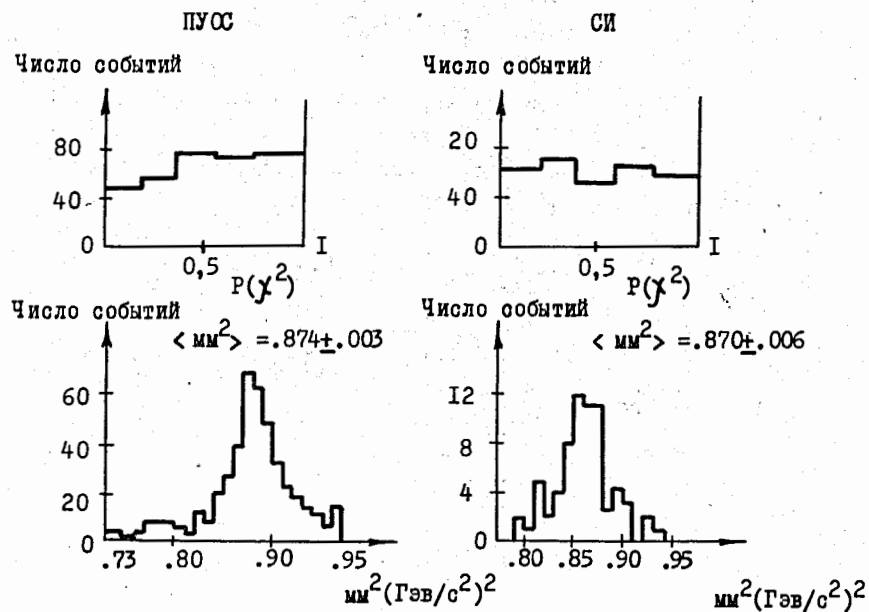


Рис. 3. Реакция $dp \rightarrow ppp$. Распределения по $P(\chi^2)$ и квадрату недостающей массы для событий на ПУСС и СИ

ЛИТЕРАТУРА:

1. L.M.Alvarez. Round Table Discussion on Bubble Chambers Processing. 1966 International Conference on Instrumentation to High Energy Physics, Stanford, 1966.
2. В.М.Котов, Г.Н.Буланова, В.Г.Васильев, К.Ваттенбах и др. ОИЯИ, IO-7939, Дубна, 1974.
3. А.Я.Астахов, Ю.А.Каржавин, В.М.Котов, В.Н.Лысяков и др. ОИЯИ, P10-4943, Дубна, 1970.
4. А.Я.Астахов, Г.Н.Буланова, К.Ваттенбах, В.И.Зайцев, Ю.А.Каржавин, В.М.Котов, В.Н.Лысяков и др. Труды Международного симпозиума по вопросам автоматизации обработки данных с пузырьковых и трековых камер, 1971 г., ОИЯИ, Д10-6142, Дубна.
5. А.Я.Астахов, В.В.Ермолаев, В.Д.Инкин, Ю.А.Каржавин, В.М.Котов, М.Г.Мещеряков и др. Труды Международного симпозиума по вопросам обработки данных с пузырьковых и искровых камер, ОИЯИ, Д10-6142, Дубна, 1971.
6. В.Я.Алмазов, Ю.Г.Войтенко, В.В.Ермолаев, В.Д.Инкин, Ю.А.Каржавин, В.М.Котов и др. ПТЭ № 1, 1970.
7. В.Д.Инкин, Ю.А.Каржавин, В.М.Котов, В.К.Ляпустин и др. ОИЯИ IO-4770, Дубна, 1969; ПТЭ № 4, 1970.
8. В.Я.Алмазов, Ю.Г.Войтенко, В.В.Ермолаев, В.Д.Инкин, Ю.А.Каржавин, В.М.Котов и др. ОИЯИ IO-4513, Дубна, 1969.
9. Ю.Г.Войтенко, В.Д.Инкин, Ю.А.Каржавин, В.М.Котов. ОИЯИ, P10-5322, Дубна, 1970; ПТЭ, № 2, 1971, стр. 263.
10. А.С.Буров, Ю.А.Каржавин, В.М.Котов, И.И.Скряль. ОИЯИ, IO-3459, Дубна, 1967; ПТЭ, № 5, 1969, стр.45.

11. В.М.Котов, Г.Н.Погодина, И.И.Скрыль. СЯИ, Р10-3967, Дубна, 1968.
12. А.Я.Астахов, Г.Н.Буланова, Ю.А.Каржавин, В.М.Котов, В.К.Ляпустин и др. СЯИ, II-584I, Дубна, 1971.
13. В.М.Котов, И.Эсенски. СЯИ, IO-6I46, Дубна, 1971.
14. А.В.Беляев, Г.Н.Буланова, В.М.Котов и др. СЯИ, IO-7429, Дубна, 1973.
15. З.М.Косарева, В.М.Котов и др. СЯИ, IO-7428, Дубна, 1973.
16. Б.С.Аладашвили, А.В.Беляев, Н.А.Буздавина, В.В.Глаголев, А.Г.Заикина, В.Г.Иванов, А.А.Казаков, Л.Е.Комолова, З.М.Косарева, В.М.Котов и др. СЯИ, IO-7940, Дубна, 1974.
17. К.Ваттенбах, В.М.Котов и др. СЯИ, IO-76I7, Дубна, 1973.
18. В.М.Котов, М.Понятовский. СЯИ, II-7943, Дубна, 1974.
19. В.И.Зайцев, Ю.А.Каржавин, В.М.Котов и др. СЯИ, IO-7945, 1974.
20. З.М.Косарева и др. СЯИ, IO-5574, Дубна, 1971.
21. Н.А.Буздавина, В.Г.Иванов. СЯИ, IO-II9I, Дубна, 1973.
22. А.Г.Заикина, А.Ф.Лукьянцев. СЯИ, II-5965, Дубна, 1971.
23. В.М.Котов. СЯИ, II-794I, Дубна, 1974.
24. В.М.Котов, М.Понятовский. СЯИ, II-7942, Дубна, 1974.
25. В.М.Котов, И.Эсенски. СЯИ, II-7944, Дубна, 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел
22 июля 1974 г.