

3627

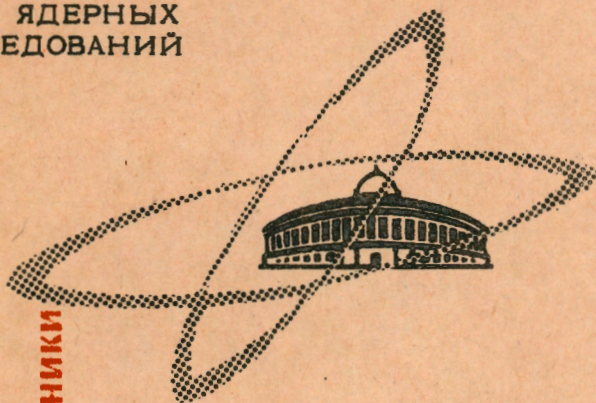
ПТЭ, 1969, №2, 224

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

Экз. чит. зала

10 - 3627

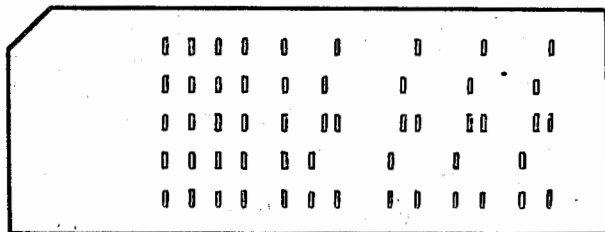


ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ

Н.Н.Говорун, В.И.Мороз, Г.Н.Тентюкова,
В.Н.Шигаев

СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ФИЛЬМОВОЙ ИНФОРМАЦИИ
С ПУЗЫРЬКОВЫХ КАМЕР ОИЯИ
НА ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ

1967.



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛВТА

10 - 3627

Н.Н.Говорун, В.И.Мороз, Г.Н.Тентюкова,
В.Н.Шигаев

СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ФИЛЬМОВОЙ ИНФОРМАЦИИ
С ПУЗЫРЬКОВЫХ КАМЕР ОИЯИ
НА ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ

Научно-техническая
библиотека
ОИЯИ

О Г Л А В Л Е Н И Е

	стр.
Введение	5
Глава I. Обработка данных на базе системы ЭВМ из М-20, БЭСМ-3М, МИНСК-2 и МИНСК-22	6
§1. Накопление и передача данных на магнитные ленты основной ЭВМ после просмотра и измерений	6
§2. Ввод информации при непосредственном соединении измерительных приборов с ЭВМ	8
§3. Математическая обработка отдельного события	15
§4. Подготовка данных для статистической обработки эксперимента	27
§5. Статистическая обработка эксперимента в целом	28
Глава II. Обработка данных на базе системы машин БЭСМ-6 и БЭСМ-4	30
§1. Просмотр, измерение и накопление данных	30
§2. Обработка данных	31

В в е д е н и е

Использование пузырьковых камер для исследований на синхрофазотроне ОИЯИ потребовало создать специальную систему обработки информации, получаемой при измерениях пленок с этих камер. Существенной частью системы обработки filmовой информации является ее математическая обработка на электронно-вычислительных машинах (ЭВМ), которые выполняют две функции:

во-первых, проводят контроль качества измерений с выходом к оператору на измерительном приборе ("обратная связь");

во-вторых, производят расчёты кинематических параметров треков и событий, а также статистическую обработку опыта в целом.

Выполнение экспериментов на современном уровне требует статистики от тысяч до десятков тысяч событий определенного типа, поэтому на ЭВМ необходимо перерабатывать очень большой объем информации по целой системе связанных между собой программ.

При создании системы обработки filmовой информации в ОИЯИ мы не могли заимствовать такие системы из CERNа. Беркли или Бруклейвена, так как не располагали ЭВМ аналогичного класса, а должны были рассчитывать систему на имевшиеся у нас машины типа М-20 и МИНСК. Это вынуждало выбирать для программ обработки простые, но достаточно точные алгоритмы, которые требовали бы на ЭВМ мало времени для счёта. Существенно улучшило условия обработки filmовой информации соединение машин МИНСК-2 и М-20, которое было выполнено в ОИЯИ. При этом медленные операции ввода информации с полуавтоматов были переведены на МИНСК-2, а М-20 использовалась как вычислитель.

С приобретением в ОИЯИ машин БЭСМ-4 и БЭСМ-6 появилась возможность дальнейшего усовершенствования системы обработки फिल्मовой информации, а создание транслятора с языка "FORTRAN" на БЭСМ-6 позволит нам обмениваться программами с CERN'ом и другими зарубежными лабораториями.

Глава I

Обработка данных на базе системы ЭВМ из М-20 БЭСМ-3М, МИНСК-2 и МИНСК-22

На рис. 1 показана схема и этапы обработки данных. Прохождение потока информации в процессе обработки можно разбить на три крупных этапа.

На первом этапе производятся просмотр, измерение, накопление и передача данных на магнитные ленты основной ЭВМ для дальнейшей обработки. Следующий этап заключается в обработке отдельных событий по геометрической программе и программам для идентификации событий.

На третьем этапе производится подсчет, в соответствии с указаниями физика, величин, необходимых для последующего статистического анализа, и производится сам анализ данных по всему эксперименту в целом.

Эта система обработки создавалась в 1981-1987 г. большим коллективом сотрудников Вычислительного центра и Лабораторий ОИЯИ.

Ее разработка включила в себя модернизацию ЭВМ и объединение их в системы, создание измерительных приборов и программ для обработки экспериментальных данных и обеспечения работы систем машин и управления полуавтоматическими измерительными приборами.

Описание деталей созданной системы можно найти в работах, список которых приведен в конце статьи /1-48/.

§1. Накопление и передача данных на магнитные ленты основной ЭВМ после просмотра и измерений

1. Канал с использованием бумажной перфоленты как промежуточного носителя информации.

Исходными величинами для программ обработки данных до последнего времени являлись координаты реперных крестов и проекций трека на пленках, от-

перфорированные на пятидорожной бумажной ленте в процессе измерения операторами на полуавтоматических измерительных приборах (ПУОСах) /23/. Каждое событие перфорируется на отдельной зоне бумажной ленты.

Ввод. Рулоны с бумажной лентой затем при помощи специальной программы ввода на МИНСК-2 читаются зона за зоной, и данные накапливаются в оперативной памяти ЭВМ. По накоплении данных для одной зоны магнитной ленты производится запись информации, и продолжается ввод данных со следующих зон бумажной ленты. Ввод осуществляется с контролем путем повторного ввода каждой зоны и сравнения контрольных сумм; если обнаружена ошибка при вводе, то производится еще одна попытка считывания. В процессе записи данных на магнитную ленту ведется контроль записи и составляется шкала дефектных зон, то есть зон, в которые не удалось записать материал. Шкала в конце записи на данную магнитную ленту заносится в первую зону ленты. В процессе ввода и накопления производится проверка введенной информации на некоторые критерии. Информация о ходе чтения и записи выдается на печать. Эта программа производит, таким образом, комплектацию на одной ленте на МИНСК-2 лента №1 в цепи обработки) порядка сотни событий. Подробнее об организации ввода см. /19/. В системе обработки данных в CERN'е имеется программа REAR для ЭВМ IBM-1401 - аналог нашей программы ввода на МИНСК-2.

Передача данных на основную машину. После накопления некоторого количества магнитных лент № 1 на МИНСК-2 в соответствии с расписанием работы ЭВМ- М-20 и МИНСК-2 производится переписывание материала с магнитных лент №1 (МИНСК-2) на магнитную ленту на М-20. В сеансах связи обе машины работают совместно по одной программе. Пульт управления находится на М-20. Управляющая часть программы вводится на М-20. В соответствии с информацией о магнитных лентах, набранной на ДЗУ на машине М-20, готовится программа действий для ЭВМ МИНСК-2 и затем передается на МИНСК-2. МИНСК-2 производит проверку правильности приема информации и приступает к выполнению принятой программы. При совместной работе ЭВМ по программе связи производится считывание информации с ленты №1 (при этом используется шкала дефектных зон), передача информации на М-20 и ее запись на М-20 на магнитную ленту №2. Все передачи информации между ЭВМ производятся с контрольным суммированием материала. Имеются варианты программы для передачи данных с МИНСК-2 на М-20 и наоборот. В программе предусмотрены

входы для начала или продолжения работы при различных ситуациях, встречающихся при реальной эксплуатации, что создает удобства для работы операторов, знакомых лишь с инструкцией программы. Подробнее о системе связи между ЭВМ см. /18, 19, 48/. Необходимо сказать, что появление магнитной ленты №2 в цепи обработки и самой программы передачи данных с МИНСК-2 на М-20 обусловлено лишь разными системами записи на магнитной ленте МИНСК-2 и М-20. В системе обработки данных, разработанной в CERN'e, такое звено отсутствует, так как магнитная лента с IBM-1401 просто переносится на CDC - 6600.

82. Ввод информации при непосредственном соединении (он-Лин) измерительных приборов с ЭВМ

Опыт зарубежных лабораторий показывает, что можно поднять производительность полуавтоматических измерительных устройств, если их непосредственно соединить с ЭВМ так, чтобы ЭВМ в процессе измерений вела контроль за его качеством.

Участие ЭВМ в процессе измерения позволяет увеличить производительность труда при измерении в 1,5-2 раза. Программа на ЭВМ, контролирующая ход измерений и накапливающая экспериментальные данные на магнитной ленте, анализирует принимаемую информацию, и в случае обнаружения ошибок оператора или аппаратуры сигнализирует оператору о необходимости повторить измерения ошибочно измеренных величин. Оператор, в свою очередь, может сообщить ЭВМ о замеченных им ошибках в измеренной информации. Производительность труда повышается как за счёт ликвидации повторных перемеров, производимых после того, как пленка снята уже с измерительного прибора, так и за счёт исключения промежуточного носителя информации на бумажной ленте. Кроме того, уменьшаются расходы машинного времени на обсчёт неверно измеренных событий и, что очень важно, сокращается время (цикл) обработки измерений.

Рассмотрим системы работы ПУОСов он-Лин с ЭВМ, имеющимися в ЛВТА, а именно систему

ПУОС он-Лин БЭСМ-3 (БЭСМ-4)
и систему

ПУОС он-Лин МИНСК-2 (МИНСК-22)
и проведем сопоставление этих систем /24, 44-48/.

Система измерения на базе ЭВМ БЭСМ-3М (БЭСМ-4)

Программа, обеспечивающая работу этой системы, состоит из ряда блоков.

Первым блоком является управляющая программа и программа съема данных с измерительных приборов. Этот блок обычно выполняет также функции диспетчера, обеспечивающего распределение машинного времени для обработки данных с различных измерительных приборов, а также обеспечивает посылку информации для оператора на пишущую машинку. Первый блок также контролирует и выдает оператору информацию при нарушении им принятой последовательности операций обмера снимка. В соответствии с командами, поступающими от оператора, этот блок осуществляет накопление поступающих кодов в буферных массивах МОЗУ и последующую их запись на магнитный барабан. Этот же блок программы в процессе двустороннего обмена информацией обеспечивает диагностику работы каналов связи, насколько это позволяют логические возможности схемы связи БЭСМ-3М с внешними объектами.

Второй блок программы сортирует принимаемые группы кодов в соответствии с номерами измерительных полуавтоматов и последовательно обращается к подпрограммам контроля, анализирующим эту информацию. Обработка информации, поступающей с того или иного измерительного полуавтомата, может осуществляться по различным наборам подпрограмм.

Выбор последовательности подпрограмм задается логическим номером задачи, посылаемым в ЭВМ с пульта полуавтомата перед началом измерений. Эти подпрограммы обеспечивают контроль поступающей информации в плоскости кадра: проверку треков на гладкость, проверку правильности измерения реперных крестов, контроль устойчивости нуля измерительного прибора и др. Структура программы связи БЭСМ-3М с группой полуавтоматов позволяет легко подключить новые подпрограммы контроля и обработки информации.

Блок накопления данных производит накопление данных, поступающих в виде отдельных чисел от разных измерительных приборов через управляющую программу.

Блок первичной обработки экспериментальных данных. В состав этого блока входит целый ряд подпрограмм, обеспечивающих проверку правильности поступающей информации по различным критериям в плоскости кадра. Производится проверка измеренных треков на гладкость, проверка правильности измерения опорных точек (реперных крестов). Можно производить также проверку топологии измеряемого события, проверку того, что траектории частиц пересекаются в одной точке и т.д.

Кроме этих подпрограмм в состав блока входит также программа, организующая работу отдельных подпрограмм и посылающая информацию о результатах проверки через управляющий блок на пишущую машину для оператора измерительного прибора.

Блок накопления данных на магнитной ленте производит запись накопленной, проверенной и откорректированной информации по отдельному событию (или по одной проекции события) на магнитной ленте (магнитная лента № 1а) в отдельных зонах для последующей обработки.

Система измерения на ЭВМ БЭСМ-3М (БЭСМ-4) рассчитана на работу с произвольным числом внешних объектов. Однако вследствие ограничения по памяти возможно подсоединение не более 15-20 измерительных приборов. Время на ЭВМ; не занятое собственно измерением, может быть использовано в режиме разделения времени для счета других задач, либо для обчета данных, ранее накопленных при измерениях. В системе допускается измерение событий для обчета в последующем по разным программам, измерение данных с разными группами признаков.

Для обеспечения такой возможности в системе обработки имеется обслуживающая программа сборки и комплектации событий.

Эта программа из одной магнитной ленты № 1а, подготовленной системой измерений, формирует различные ленты №2. На каждой такой ленте комплектуются результаты измерения данных для одного эксперимента в той же самой форме, в которой они подготавливаются при накоплении данных с бумажной ленты.

Система измерения на базе ЭВМ МИНСК-2 (МИНСК-22)

Вследствие того, что эта электронно-вычислительная машина не имеет магнитных барабанов, а оперативная память состоит из 8 тысяч ячеек, имеются естественные трудности с реализацией достаточно эффективной системы на этой вычислительной машине. Реально система измерения на этой машине при своей работе целиком занимает машину МИНСК-2 для работы по измерению и диагностике получаемого материала. Естественно, поскольку окончательный обсчет материала производится в дальнейшем на машине М-20, диагностические программы работают только в плоскости одного кадра с накоплением материала для дальнейшей обработки на магнитной ленте типа №1. При этом для информирования оператора постоянно выдаются на пишущую машинку образы каждого измеряемого события. Накопленная информация на магнитной ленте №1 в последующем при сеансах связи с вычислительной машиной М-20 передается на магнитную ленту №2, с которой и производится переработка данных по обычной программе обработки данных, той же самой, что и для обработки данных с перфорированной бумажной ленты. Система программ рассчитана на работу с группой в 5-8 полуавтоматов. При этом вычислительная машина целиком занята только этой работой.

Программа приема и диагностики рассчитана на измерения на полуавтоматах только для одного типа эксперимента, вернее, для последующей обработки по одной программе (для материалов с пропановой камерой^{14/}).

Отметим, что хотя машинное время ЭВМ МИНСК не занято целиком на измерение, использовать оставшуюся часть времени в режиме разделения времени для других задач невозможно вследствие малой оперативной памяти и отсутствия памяти на барабанах.

Сравнение систем измерения на основе ЭВМ БЭСМ-3М (БЭСМ-4) и МИНСК

При эксплуатации полуавтоматов в ОИЯИ без связи с ЭВМ данные пробиваются на бумажной ленте, а затем вводятся в машину МИНСК-2 на магнитную ленту, информация с которой позже в сеансе связи передается на машину М-20 для дальнейшего обчета. Производительность полуавтомата при работе оператора в одну смену составляет ~ 75 треков.

На ввод материала на машине МИНСК-2 за год используется 800 часов времени. На передачу на М-20 используется 120 часов в год.

В пересчёте на один трек это составляет:

- а) на ввод на машине МИНСК-2 - 15 сек/трек,
- б) на ввод на машине М-20 (время передачи) - 2,8 сек/трек.

Ожидаемое увеличение количества измеряемых треков в смену за счёт работы *он-лайне* полуавтоматов в массовой эксплуатации составляет 1,5-2 раза. Увеличение производительности за смену достигается как за счёт устранения времени, затрачиваемого операторами на проверку и подготовку бумажной ленты (до 1/3 всего времени), так и за счёт обнаружения ошибок измерения электронной машиной в процессе измерения, что позволяет оператору произвести перемер, не снимая пленки.

Сделаем прикидочный расчёт по затратам машинного времени на ЭВМ для работы *он-лайне* с полуавтоматами.

При присоединении группы полуавтоматов (10-15) к машине БЭСМ-3М по принятой нами схеме работы общей программы ожидается, что на операции по приёму и выдаче информации, контроля и обработки в плоскости кадра будет тратиться не более 30 сек машинного времени ЭВМ на одно 10-лучевое событие и, примерно, 15 мин работы измерительного полуавтомата. При работе с 10-ю полуавтоматами расходы на измерение составят 5 мин. Поэтому 10 мин могут быть использованы в режиме счёта с разделением времени для обработки полученной информации по другим программам.

При подсоединении к машине МИНСК-2 группы из 5-6-ти полуавтоматов при обмере на полуавтоматах данных с одной камеры на собственно измерение одного 10-ти лучевого события будет также расходоваться, примерно, 30 сек машинного времени (3 сек на трек). Однако вследствие того, что на машине МИНСК-2 невозможно использовать остальное время для счёта по другим программам, а из-за малой оперативной памяти невозможно подсоединение большого числа полуавтоматов (5-6 при работе с "диспетчером", до 8 - без "диспетчера"), фактически на измерение будет использоваться все машинное время, что составит на трек 11-18 секунд. Кроме того, на передачу этой информации на машину М-20 необходимо еще 2,8 сек. Из анализа вышеприведенных цифр видно, что в случае использования машины МИНСК-2 на работах *он-лайне* с полуавтоматами фактические расходы машинного времени на МИНСК-2 в

расчёте на один трек составляет 14-21 сек. При работе с вводом с бумажной ленты на трек используется 18 сек. Преимуществом системы *он-лайне* является то, что с тем же количеством людей на измерительных полуавтоматах в полтора раза увеличивается суммарное количество треков, измеряемое на этих установках. Экономится также ~ 15-20% времени на машине М-20, затрачиваемого сейчас на обсчёт данных за счёт перемеров (в расчёте на один трек это составляет ~ 3 сек). Естественно, что использование системы при работе с числом каналов *он-лайне* приборов, меньшим 8, делается уже с точки зрения использования времени ЭВМ МИНСК-2 невыгодным и может быть применено только при наличии незагруженной машины.

Анализ расхода времени в системе полуавтомата *он-лайне* с БЭСМ-3М показывает, что время, затрачиваемое этой машиной при измерении одного трека (3 сек), примерно равно времени, затрачиваемому машиной М-20 на ввод этого же трека с ЭВМ МИНСК-2 (2,8 сек). Экономится 15 сек на трек, затрачиваемых сейчас машиной МИНСК-2 на ввод данных с бумажной ленты. Увеличивается в 1,5 раза производительность труда операторов на измерительных полуавтоматах, и экономится примерно 15-20% времени, затрачиваемого сейчас на счёт по геометрическим программам, что составляет в расчёте на один трек ~ 3 сек.

Некоторые выводы. Хотя работа в режиме *он-лайне* группы из 5-6 полуавтоматов с МИНСК-2 при обсчёте накопленных данных на М-20 экономически не хуже, чем при вводе бумажной ленты на МИНСК-2, время центрального процессора МИНСК-2 используется на данной задаче далеко не полностью^{х/}. Для целей накопления и контроля измеряемой информации достаточно было бы более простой и более дешевой машины (нет необходимости иметь большой выбор внешних устройств, сильно развитые центральные и арифметические устройства).

Использование БЭСМ-3М в режиме *он-лайне* более эффективно, так как в процессе измерения идет счёт других задач или ведётся обработка ранее накопленного материала, хотя при этом и накладываются известные ограничения на класс задач, решаемых в режиме разделения времени.

^{х/} Для создания на МИНСК-2 эффективной системы, позволяющей в режиме разделения времени вести счёт по разным программам, необходимо либо расширить оперативную память, либо подсоединить магнитные барабаны.

В связи с запуском в эксплуатацию более мощных машин, которые всю обработку данных возьмут на себя, для управления работой полуавтоматических измерительных приборов целесообразно будет применять более дешевые ЭВМ, чем БЭСМ-4.

Мы имеем некоторый опыт эксплуатации одного ПУОСа с МИНСКОм без использования обратной связи.

Сейчас к машине МИНСК подсоединены 3 полуавтомата (возможно расширение группы до 5). Эта система подготавливается к сдаче в эксплуатацию^{x/}.

Выполнено также подсоединение 5 полуавтоматов к машине БЭСМ-3М и создана соответствующая программа, удовлетворяющая сформулированным выше требованиям. Эта система также готовится к производственной эксплуатации. Но все же, пока у нас нет большого опыта производственной эксплуатации, трудно сказать, получим ли мы увеличение производительности труда в 1,5-2 раза. Однако, если исходить из нашего небольшого опыта, а также из опыта зарубежных лабораторий, то не вызывает сомнений, что соединение ПУОСов с ЭВМ — это реальный путь увеличения числа измеренных треков без увеличения числа приборов и операторов. Не вызывает сомнений также то, что эта система измерений будет жизненна в будущем, несмотря на запуск автоматических систем измерения типа НРД, РЕРР, SR. Не говоря уже о том, что при работе с НРД система ПУОСов может быть использована для снятия "маски", физик всегда встречается со случаями, которые по тем или другим причинам не могут быть обработаны автоматическими системами, и для которых понадобятся полуавтоматические системы. Естественно, что полуавтоматические системы будут совершенствоваться путем улучшения программ и использования более оптимального класса ЭВМ, совершенствования ПУОСов и просмотровых столов.

Система измерения на основе просмотрово-измерительных столов

Одним из возможных вариантов получения данных с пленок является использование просмотрово-измерительных столов не только для просмотра и пригото-

^{x/} Работы по соединению ПУОСов с МИНСКОм ведутся в ОИЯИ совместно двумя лабораториями — ЛВТА и ЛЯП.

ления "маски" для НРД, но и для проведения полного измерения, совмещенного с просмотром. В ряде западных и американских центров такие системы находят применение и оказываются достаточно эффективными. Естественно, что если точность измерения на просмотрово-измерительных столах окажется достаточной, имеет смысл испытать такую систему и у нас в Дубне. Организация измерений на просмотровых столах практически такая же, как и на измерительных полуавтоматах, т.е. возможны два режима с выдачей результатов измерений на бумажную перфорированную ленту или работа *on-line* с ЭВМ.

§3. Математическая обработка отдельного события

Общая организация обработки

Вторым крупным этапом в обработке данных является обработка накопленной информации на магнитной ленте №2 по геометрическим программам и программам идентификации. При обсчете по этим программам производится для каждого события восстановление пространственной картины события, нахождение характеристик каждого трека, проверяются возможные гипотезы о типе события и выбирается наиболее вероятная гипотеза.

Геометрические программы накапливают результаты своего счёта на так называемой "грязной" магнитной ленте (№3). С этой магнитной лентой работают программы проверки событий по заданным критериям, которые находят плохо измеренные треки и выдают информацию для их перемера. Повторно измеренные и заново обсчитанные треки записываются на "грязную" ленту №3 в соответствующие места^{/25/}.

События, удовлетворяющие критериям ("хорошие" события), переписываются в нечётные зоны "чистой" ленты (№4). Далее программы идентификации вылок и u -квантов записывают на эту ленту в чётные зоны результат своей работы^{/5,10,11/}. В первой зоне ленты №1 хранится характеристика результатов счёта и информация о событиях, имеющихся на этой ленте.

Программа идентификации каналов реакций использует "чистую" ленту №4 в качестве исходной. Результаты своей работы эта программа записывает на магнитную ленту №5. В соответствии с отборочными перфокартами "хорошие" события с ленты №5 переписываются на ленту №6, которая является библиотекой идентифицированных событий по данному эксперименту.

В настоящее время описанная система организации работ по обработке на этом этапе находится в опытной эксплуатации. Главные трудности на пути внедрения этой системы (программа подготовлена год тому назад) в производственную эксплуатацию лежат в сфере отнюдь не математической или логической. Сдерживает внедрение этой системы отсутствие взаимозаменяемости магнитофонов на М-20 и их малая надежность. Главным носителем промежуточной информации пока являются перфокарты. И даже при опытной эксплуатации системы с использованием магнитной ленты для надежности выдаются еще и перфокарты.

Геометрическая программа

В ОИЯИ сейчас находится в стадии запуска третье поколение геометрической программы для обработки камерных снимков с пузырьковых камер^{/20/}. Кроме того, были созданы и эксплуатируются еще две программы для камер Вильсона^{/26,27/}, спецификой которых является учёт большой неоднородности магнитного поля и необходимость учёта торможения, так как при помощи этой камеры фиксируются и обрабатываются следы протонов малой энергии, чаще всего останавливающиеся в камере.

Мы не будем задерживаться ни на первых геометрических программах, ни на эксплуатируемой сейчас программе^{/3/} и ее разновидностях. Рассмотрим новую программу геометрической реконструкции для больших пузырьковых камер^{x/ /20/}. При создании был учтен опыт разработки всех предыдущих программ, и, собственно, в состав новой программы входит ряд блоков, сделанных для предыдущих программ и оправдавших себя в работе. Новая программа была задумана как универсальная геометрическая программа, рассчитанная на обработку данных с любых пузырьковых камер с числом объективов до шести включительно. Оптические оси объективов должны быть параллельными. Для обеспечения легкой настройки на обработку данных с любых камер, все константы, описывающие камеру и режим работы программ, вынесены в отдельный массив. В этом массиве задаются:

^{x/} Мы считаем, что эта программа может быть использована при обработке данных с камер, планируемых ОИЯИ для установки в ИФВЭ (г.Серпухов).

1. Число стереоголовок для сшивания треков (1-2).
2. Теоретические координаты крестов.
3. Коэффициенты разложения в ряд функций, характеризующих оптическую систему камеры и объективов. Если функции заданы не в виде ряда, то их нужно запрограммировать.
4. Координаты объективов в системе координат камеры.
5. Набор констант для отбраковки измерений и определения параметров трека: максимальная длина короткого трека, допустимое расхождение импульсов P , определенных по пробегу и кривизне, константы для управления сглаживанием и выбросом плохо измеренных точек, крестов и т.д.
6. Таблица магнитного поля в камере, которое предполагается симметричным относительно плоскостей $x=0$, $y=0$.

Общая схема геометрической программы

Организация работы программы^{/20/} показана на ее блок-схеме (рис. 3). Работа программы начинается с выборки данных из ДЗУ и настройки программы. Затем производится ввод очередного события с магнитной ленты №2. Далее осуществляется проверка наличия признаков зачеркивания и, если такие признаки есть, то исключаются неверно измеренные величины по специальной подпрограмме. Затем обрабатываются кресты, и выдаются параметры преобразования координат в оптическую систему для каждой проекции. При этом производится проверка правильности измерения крестов, и выдаются параметры усадки пленки. Для всех треков делается преобразование в оптическую систему и запись данных на магнитный барабан.

Далее производится обработка каждого трека по отдельности. Информация для очередного трека считывается с магнитного барабана. Последовательно выполняется проверка на гладкость, выброс плохо измеренных точек в каждой проекции трека, поиск соответствующих точек и восстановление пространственных координат. Если необходимо, то производится сшивание трека, измеренного различными стереопарами. Следующим этапом обработки является поиск начального приближения для параметров трека путем аппроксимации проекции пространственных точек трека на плоскость $z=0$ параболой и введения поправок на ионизационные (и радиационные - для электрона) потери и неоднородность магнитного поля.

Для определения оптимальных оценок параметров трека строится функционал χ^2 , учитывающий матрицу многократного рассеяния. В функционал входит рассчитанная траектория - интеграл уравнения Лоренца в реальном магнитном поле с учётом потерь. Хороший выбор начального приближения позволяет ограничиться только одной итерацией по методу Ньютона при окончательном определении параметров, обращающих в минимум χ^2 .

После обработки всех треков производится комплектование данных обработки по всему событию.

Характеристика возможностей и параметры геометрической программы

1. Допускается задание до 30 крестов.
2. Магнитное поле может быть описано числом точек поля не более 320. Предполагается равномерный шаг по каждой оси.
3. В событии может быть до 15 треков.
4. На проекции трека должно быть измерено не более 20 точек, для "сшитого" трека в пространстве допускается не более 30 точек.
5. Число объективов от двух до шести.
6. В обычном случае происходит перебор трех масс (π , K, P). По дополнительным признакам возможен счёт только для одной, двух или четырех масс (добавляется электрон).
7. Могут задаваться признаки остановки и идентификации для каждого трека.
8. Задаются признаки типов событий, которые затем выдаются на специальную перфокарту для управления последующими программами. Может быть задано 10 различных типов событий.

Стандартные подпрограммы для геометрических программ

Геометрическая программа написана в кодах машины, однако, основные ее части написаны в виде стандартных подпрограмм в системе ИС-2, и это позволяет легко проводить модернизацию программы, заменяя отдельные подпрограммы на другие, более совершенные. Ряд стандартных подпрограмм используется не только в описываемой программе, но и в ряде других, созданных в ЛВТА, в частности, в программах для обработки данных

с искровых камер, с камеры Вильсона. Сама геометрическая программа, фактически, состоит из управляющей программы, которая организует работу ряда стандартных подпрограмм. Приведем перечень и краткую характеристику этих подпрограмм.

Стандартная программа обработки крестов

Эта программа методом наименьших квадратов определяет коэффициенты преобразования от системы координат измерительного прибора к оптической системе координат камеры с учётом деформации пленки. Исходными данными для работы программы являются координаты проекций крестов и их величины в оптической системе координат. Предусмотрена проверка правильности измерения крестов и выброс плохих измерений (подробно см. ^{/12,13/}).

Стандартная программа выброса плохо измеренных точек в проекциях трека

Эта стандартная программа сначала производит поиск далеко отстоящих точек и, если они есть, выбрасывает их. Затем программа по методу наименьших квадратов через оставшиеся точки проводит кривую четвертого порядка и находит точку, наиболее удаленную от кривой и, если она слишком удалена, то выбрасывает ее. Затем снова проводится кривая четвертого порядка и снова находится наиболее удаленная точка, и т.д. Процесс выброса плохих точек заканчивается, когда наиболее удаленная точка лежит в заданном интервале. Подпрограммой выдается число оставшихся точек, и, если их число менее заданного, то производится выброс трека.^{x/}

Стандартная программа зачеркивания в соответствии с признаками зачеркивания, задаваемыми оператором, производит выброс плохо измеренных треков, событий, крестов.

^{x/} Эта стандартная программа составлена Л.И.Лепиловой и В.Фришевой.

Стандартная программа поиска соответствующих точек и восстановления пространственных координат

Функции этой программы видны из ее названия. Эта программа учитывает специфику оптики системы фотографирования и камеры. Подробное описание см. /14/ в

Стандартная программа счёта начального приближения

Для определения начальной оценки импульса проводится парабола, аппроксимирующая проекцию пространственных точек на плоскость $z=0$. Импульс частицы определяется из кривизны параболы в ее вершине с учётом поправок на ионизационные (я радиационные) потери и неоднородность магнитного поля. Потери и неоднородность поля учитываются в виде разложения в степенной ряд по дуге трека с удержанием членов до квадратичных включительно. Систематическая ошибка в определении импульса при этой процедуре не превышает 2% в неблагоприятном случае (протон с начальным импульсом 800 Мэв/с проходит 80 см в пропане при изменении магнитного поля на 20% между концами траектории). Начальная оценка угла β между осью x и касательной к проекции следа на плоскость $z=0$ определяется исходя из радиуса кривизны и параметров параболы.

Начальная оценка угла α определяется как угол между плоскостью $z=0$ и прямой, аппроксимирующей точки на развертке трека в плоскости, перпендикулярной к $z=0$.

Подробное изложение методики поиска начального приближения дано в работе /15/. Полностью рабочие формулы будут приведены в описании программы "1-6".

Стандартная программа вычисления магнитного поля в точках трека

Как уже отмечалось, для задания поля отводится не более 320 ячеек памяти. В каждой ячейке хранятся сразу три компоненты магнитного поля (H_x, H_y, H_z). Таблица задана в узлах решетки с постоянным шагом. Программа по координате точки, в которой требуется найти поле, находит необходимые точки в таблице и производит линейную интерполяцию. Подробное изложение см. /28/ в

Стандартная программа уточнения параметров трека

Эта стандартная программа производит уточнение параметров трека, найденных в начальном приближении. Производится учёт неоднородности магнитного поля, ионизационных потерь и многократного рассеяния для конкретной гипотезы о массе частицы. Уточнение производится из условия минимума функционалов

$$\chi_{xy}^2 = (\bar{Y} - \bar{Y}_\ominus)(G + D_{xy} E)^{-1} (\bar{Y} - \bar{Y}_\ominus)$$

$$\chi_z^2 = (\bar{Z} - \bar{Z}_\ominus)(G + D_z E)^{-1} (\bar{Z} - \bar{Z}_\ominus),$$

где

G - матрица многократного рассеяния /29/;

D_{xy} - дисперсия измерительных ошибок координат по направлению, перпендикулярному к треку;

\bar{Y}, \bar{Z} - векторы, определяющие точки теоретической кривой;

$\bar{Y}_\ominus, \bar{Z}_\ominus$ - векторы, определяющие точки измеренной кривой.

Теоретическая кривая получается путем интегрирования дифференциального уравнения движения и линеаризации полученного интеграла относительно искомого значения.

Максимальная систематическая ошибка этой процедуры, возникающая из-за замены при вычислениях интегралов суммами и других упрощающих вычисления приближений, составляет не более 0,1% от номинальной величины импульса.

Программа идентификации

В ОИЯИ уже давно был сделан ряд программ идентификации для конкретных типов реакций. В настоящее время не все эти программы используются в процессе обработки, так как в последние два года сдан в эксплуатацию набор программ, позволяющих проводить идентификацию фактически для всех типов событий, которые изучались физиками ОИЯИ. Вследствие малой оперативной памяти ЭВМ М-20 мы не стали делать универсальную программу идентификации для многовершинных взаимодействий, а создали группу программ, выполняющих

Такая запись функционала позволяет применить для минимизации программу /37/, обеспечивающую быструю сходимость. Последний шаг при поиске минимума выполняется с использованием неопределенных множителей Лагранжа λ_i при условиях $f_i = 0$ ($i = 1, 2, 3$), что позволяет совсем исключить даже малое влияние члена, содержащего $T : x$.

В программах /30,32/ используется функционал χ^2 , содержащий вместо $T \sum \frac{f_i^2}{\Delta f_i^2}$ члены с неопределенными множителями Лагранжа $\sum \lambda_i f_i$ и минимизация ведется без использования /37/.

Общим для программы /10,11/ является использование входа на стандартных перфокартах - выдаче программы "1-3"/3/ и формирование результатов в стандартизованном виде, который воспринимается программой идентификации каналов реакций.

В связи с тем, что при работе с большими пузырьковыми камерами для геометрической реконструкции используется программа "1-6"/20/, сейчас ведется модернизация программы идентификации ν^0 -событий /10/. Эта модернизация вызвана необходимостью согласовать выдачу "1-6", в которой учтены ионизационные потери, с входом в программу идентификации ν^0 -частиц.

Программа идентификации γ -квантов

Задачей программы идентификации γ -кванта по паре e^+e^- является получение ответа на вопросы:

1. Действительно ли мы имеем дело с e^+e^- парой, вылетевшей из изучаемой звезды.
2. Каков импульс γ -кванта, вызвавшего данную пару.
3. Какова геометрическая эффективность регистрации данного γ -кванта.

Для ответа на первый из вопросов в программе /5/ используется отношение $(\frac{\theta}{\Delta\theta})^2$, где θ - угол между суммарным импульсом e^+e^- и направлением полета γ -кванта, и угловые характеристики пары.

Импульс пары определяется как сумма импульсов электрона и позитрона, вычисленных с учетом средних потерь на излучение и ионизацию.

x/ Минимизация функционалов, содержащих T , рассмотрена в /34,35/.

При изучении событий с γ -квантами в 1-метровой пропановой камере для определения импульса электрона (позитрона) используется аппроксимация сложной кривой /16,38/ с учетом матрицы многократного рассеяния, что дает большую точность на длинных треках в определении импульса, чем аппроксимация параболой с учетом средних потерь.

Выделение γ -квантов, вылетевших из данной звезды, осуществляется с помощью χ^2 критерия /30/ и анализа углов пары.

Рассмотрим теперь требование, которым должна удовлетворять программа идентификации γ -квантов в большой пузырьковой камере.

При обработке измерений треков электронов и позитронов в больших пузырьковых камерах нужно учитывать статистический характер радиационных потерь, многократного рассеяния и излучения, что является, по нашему мнению, наилучшим путем для определения параметров треков электронов и позитронов. Соответственно в программу идентификации (e^+e^-) пар нужно будет ввести алгоритм определения ее импульса, согласованный с блоком геометрической программы, определяющим импульс электрона (позитрона).

В заключение рассмотрим определение геометрической эффективности регистрации γ -квантов. Определение весов событий по потенциальным длинам, как это сделано в /5/, оказывается не слишком удобным из-за их весьма больших флуктуаций. Поэтому целесообразно воспользоваться методикой, предложенной в /39,42,43/, и провести усреднение эффективности регистрации события по известным распределениям - сечению пучка первичных частиц в камере, азимутальному углу и т.д.

Такая процедура резко сократит флуктуации весов, что сделает получаемые результаты более достоверными.

Программа идентификации каналов реакций

Эта программа является универсальной программой идентификации событий для одновершинного взаимодействия. В случае многовершинных взаимодействий

x/ Величина, обратная весу события.

предварительно производится идентификация вторичных взаимодействий по перечисленным в предыдущих пунктах программам с записью результатов на магнитную ленту.

Программа идентификации каналов реакций эксплуатируется в течение нескольких лет (см. /8,32/). За последний год она была существенно модернизирована. Был сделан вариант программы для работы с исходными данными, записанными на магнитную ленту, и с записью результатов на магнитную ленту, а также был улучшен алгоритм, применяемый для идентификации.

Исходными данными являются данные о параметрах трека и их корреляционной матрице, полученные в геометрических программах и программах идентификации вторичных взаимодействий. В соответствии с управляющей информацией производится проверка каждой гипотезы на допустимость для дальнейшего обчёта, а затем выполняется минимизация функционала

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^I (a_i - \bar{a}_i)^2 (\sigma_{a_i})^{-2} + T \sum_{j=1}^m \frac{f_j^2}{(\Delta f_j)^2},$$

где a_i - экспериментальные значения параметров,
 σ_{a_i} - их ошибки,

$$f_1 = P_{ix} - \sum P_{ix},$$

$$f_2 = P_{iy} - \sum P_{iy},$$

$$f_3 = P_{iz} - \sum P_{iz},$$

$$f_4 = \sqrt{M_1^2 + P_1^2} + M_p - \sum \sqrt{M_1^2 + P_1^2},$$

$$f_5 = M_{\pi 0} - M_{\gamma\gamma},$$

$$(\Delta f_j)^2 = \sum \left(\frac{\partial f_j}{\partial a_i} \right)^2 (\Delta a_i)^2,$$

$T > 0$ - большое число.

В качестве параметров a взяты $k, \beta, \text{tg } \alpha$ (k - кривизна, α и β - углы, определяющие направление трека).

Программа автоматически выбирает из данных 5-ти уравнений один из следующих наборов в зависимости от типа гипотезы:

$$f_1 - f_5, f_1 - f_4, f_4 - f_5, f_4.$$

Для сокращения времени счёта предусмотрена возможность минимизации не по всем параметрам, а только по тем, которые дают основной вклад в величину χ^2 .

Для получения точного значения χ^2_{\min} на последнем шаге выполняется минимизация следующего функционала по всем параметрам

$$\chi^2 = \sum (a_i - \bar{a}_i) C_{ij} (a_j - \bar{a}_j) + \sum \lambda_k f_k,$$

где C_{ij} - матрица ошибок, а λ_k - неопределённые множители Лагранжа.

Статистические вопросы идентификации каналов реакций с использованием /8/ рассмотрены в /40,41/.

84. Подготовка данных для статистической обработки эксперимента

Программы подготовки данных проводят дополнительные расчёты по величинам, выраженным геометрической программой и программами идентификации, и готовят данные для последующей статистической обработки всего эксперимента в целом.

В ОИЯИ работает ряд программ дальнейшего обчёта событий /7,9/ как непосредственно после геометрической программы, так и предварительно идентифицированных.

В настоящее время создается единая программа, выполняющая описанные выше функции, которая является аналогом программы SLICE в системе программ обработки в CERN'е.

Программа состоит из целого ряда подпрограмм или блоков, обеспечивающих вычисление тех или иных величин в соответствии с управляющими и информационными данными, задаваемыми физиками при обращении к этой программе.

Блок вероятностей гипотез рассчитывает вероятности гипотез по χ^2 -распределению и вероятность относительно наиболее правдоподобной гипотезы и может считать ряд других величин: недостающую массу, ошибку массы, число степеней свободы и т.д.

Начальный блок обеспечивает ввод и формирование начальных данных. Следующий блок начинает готовить данные, выбирая их из имеющейся или введенной информации для последующей записи на магнитную ленту.

Блок треков считает и комплекзует величины, которые могут быть рассчитаны на основании данных геометрической программы. Среди них масса частицы, длина трека, импульс, азимутальный угол и угол подъема, импульс в системе центра масс, переданный импульс по отношению к пучковой частице и к частице мишени и др. Имеются и другие блоки: блок двухчастичных резонансов, блок трехчастичных резонансов, четырехчастичных резонансов. Их названия говорят об их назначении. Программа находится в стадии разработки.

85. Статистическая обработка эксперимента в целом

Эта программа является завершающей в цепи программ обработки экспериментальных данных с пузырьковых камер. Она позволяет физика путем задания управляющей информации на перфокартах с описанием критериев отбора и описанием гистограмм получать интересующие физика различные гистограммы на основании данных по всему эксперименту, обработанных предыдущими программами и накопленных на магнитной ленте "идентифицированных событий". Физик имеет, кроме этого, возможность путем задания нестандартных арифметических блоков перед построением гистограмм произвести досчет некоторых величин, а затем уже строить гистограммы с использованием и этих величин. Имеется возможность накопить на магнитной ленте события, прошедшие все критерии отбора.

В ОИЯИ работает несколько программ статистического анализа, созданных для разных физических групп /36/.

Сейчас создается общая программа статистической обработки для машин БЭСМ-3М и БЭСМ-4, аналогичная программе SUMX в CERNе, но в упрощенном виде и с меньшими возможностями. Рассмотрим ее основные блоки.

Блок отбора событий

Этот блок, используя информационные перфокарты с тестами (их число не более 144), а также нестандартные арифметические блоки, задаваемые физиком, формирует вектор-событие и тест-вектор, указывающий, какие тесты прошло это событие, а какие - нет. Тесты могут быть простые и составные, состоящие из двух простых тестов, соединенных знаками "и", "или". В простом тесте производятся проверки:

$$k_1 \leq N_{\text{яч } 1} \leq k_2 \quad \text{или} \quad k_1 = \langle N_{\text{яч } 1} \rangle$$

или $\langle N_{\text{яч } 1} \rangle \leq \langle N_{\text{яч } 2} \rangle + k_1$

или $\langle N_{\text{яч } 1} \rangle \geq \langle N_{\text{яч } 2} \rangle + k_1$

где k_1 и k_2 - числа, задаваемые на информационных картах, $\langle N_{\text{яч } 1} \rangle$ и $\langle N_{\text{яч } 2} \rangle$ обозначают содержимое ячеек $N_{\text{яч } 1}$ и $N_{\text{яч } 2}$ в вектор-событии.

Блок построения гистограмм

Этот блок строит простые и сложные гистограммы для величин тех событий, которые прошли испытания по всем тестам. Под накопление гистограмм отводится весь второй куб МОЗУ. Если для каждой гистограммы отводить небольшое место в памяти, то можно накапливать большое число гистограмм, однако, не больше 90, так как имеется еще ограничение по памяти для хранения информационных карт, определяющих эти гистограммы.

Блок операций над гистограммами

Блок складывает и вычитает по интервалам две и более гистограммы, а также умножает и делит по интервалам две гистограммы.

Блок получения средних значений и дисперсий

Этот блок считает величины:

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{1j}, \quad x_{1j} = [V_{1j}]^7,$$

$$D_1 = \frac{1}{N} \left(\sum_{j=1}^N x_{1j}^2 \right) - \left(\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{1j} \right)^2.$$

где V_{1j} берется из вектор-события.

Блок построения двумерных гистограмм

Этот блок рассчитывает для данного набора частиц и полной энергии в системе центра масс контур диаграммы Далитца и выдает наборы пар координат для построения диаграммы.

Блоки записи выбранных событий на магнитную ленту и печати производят запись на ленту тех событий, которые удовлетворяют тестам, номера которых указаны в информационных картах к этому блоку. Кроме того, эти блоки производят выдачу на перфокарты и печать группы кодов, указанных физиком. Блок редактирования и печати организует выдачу на печать, особенно на АЦПУ.

Глава II

Обработка данных на базе системы машин БЭСМ-6 и БЭСМ-4

Схема обработки данных на базе ЭВМ БЭСМ-6 - БЭСМ-4 почти полностью повторяет схему обработки на М-20 - МИНСК. Отдельные этапы обеих систем также совпадают полностью или частично. Мы рассмотрим лишь то, что меняется в новой системе по сравнению со старой (см. рис. 2).

§1. Просмотр, измерение и накопление данных

Все, что описано в предыдущей части, остается и для системы обработки на базе ЭВМ БЭСМ-6. Добавляется канал автоматического измерения пленок при помощи сканирующего автомата НРД, создаваемого в ЛВТА. По программе, весьма близкой к программе для *on-line* с полуавтоматами, будут работать просмотрно-измерительные столы, которые должны готовить "маску" на магнитной ленте для НРД. Будет существовать и другой путь приготовления "маски": перфорирование результатов просмотра и измерения на бумажную ленту, а затем ее перепись на магнитную ленту. Предполагается, что НРД будет работать под непосредственным управлением машины класса БЭСМ-4, которая будет одновременно являться сателлитом машины БЭСМ-6, так что основные программы для управления работой НРД и программа фильтрации будут работать на машине БЭСМ-6. В качестве первого варианта программы для НРД

на БЭСМ-6 целесообразно использовать переработанную программу HAZE на FORTRAN, созданную и усовершенствованную в CERN.

Итак, система измерений с НРД будет выглядеть следующим образом.

При помощи просмотрно-измерительных столов (*on-line* или с записью на бумажную перфорированную ленту) готовится магнитная лента (на БЭСМ-6 или БЭСМ-4) с информацией о найденных событиях и с грубым измерением крестов, точек взаимодействия и еще двух-трех точек на треке. Специальная подпрограмма на основании этих грубых измерений выработает "маску" трека и выдаст ее параметры программе, управляющей съемом данных с НРД. Накапливаемые данные с машины БЭСМ-4 порциями поступают на БЭСМ-6, где производится их фильтрация и диагностика в плоскости кадра (при необходимости может производиться и автоматическое повторное измерение), результаты этой обработки записываются на магнитную ленту. Далее эта магнитная лента обрабатывается по программе сборки событий, аналогичной программе для сборки событий, накопленных при работе полуавтоматов в режиме *on-line* с ЭВМ. Дальнейшая обработка целиком совпадает с обработкой данных, полученных на полуавтоматах.

Хотя машина БЭСМ-6 и имеет возможность работать в режиме разделения времени между несколькими задачами, по-видимому, она целиком будет занята на работе с НРД и не сможет считать одновременно другие задачи. По крайней мере, так будет на первых порах, пока ее оперативная память не будет расширена до 64 тысяч ячеек.

§2. Обработка данных

Для машины БЭСМ-6 проводятся работы по адаптации программ обработки данных на FORTRAN, используемых в CERN. Предполагается внедрить в эксплуатацию систему программ обработки THRESH, GRIND, SLICE, SUMX, внося в них те изменения, которые будут необходимы как вследствие технических возможностей машины БЭСМ-6, так и вследствие особенностей используемых в ОИЯИ пузырьковых камер.

Если сравнить схему обработки на основе ЭВМ М-20 и МИНСК-2, показанную на рис. 1, и схему обработки на основе ЭВМ БЭСМ-6, показанную на рис. 2, то видно, что общая схема практически не меняется. Меняются отдельные программы в цепи обработки, но не схема. Естественно, с внедрением более мощных программ обработки существенно меняется характер и организация обработки дан-

ных, которая делается более автоматической, устраняется целый ряд программ обработки с выдачей промежуточных результатов на магнитную ленту. Это относится главным образом к программам идентификации, где в новой схеме будет работать только одна программа GRIND.

Весьма существенным моментом в запуске системы программ обработки на FORTRAN^e, а также программы для управления работой НРД является создание транслятора с языка Fortran - CERN на машину БЭСМ-6^{147/}.

Авторы выражают благодарность М.Г.Мещерякову за интерес к работе и ценные замечания.

Л и т е р а т у р а

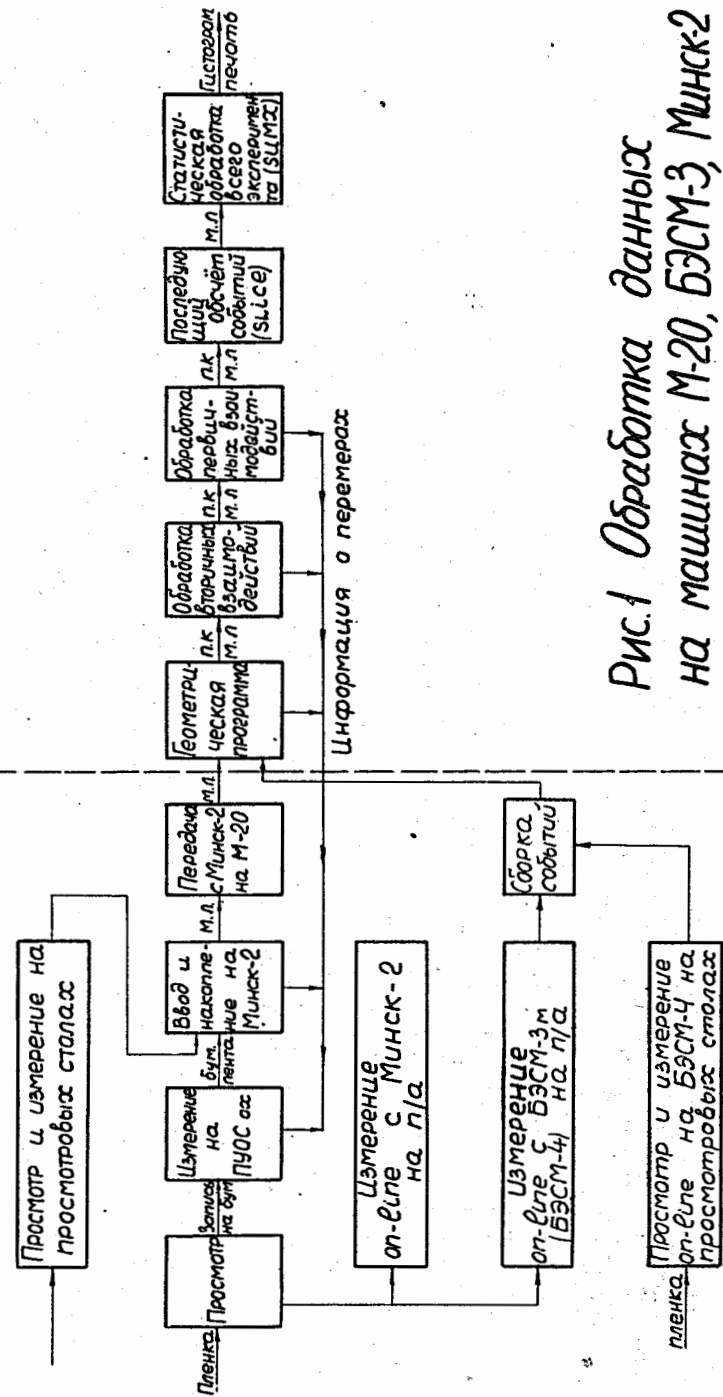
1. Е.Н.Кладницкая. Препринт ОИЯИ 796, Дубна, 1961 г.
2. В.Ф.Вишневецкий, Ду Юань-цай, А.Ф.Лукьянцев, В.И.Мороз, А.В.Никитин, Г.Н.Тентюкова, Ю.А.Троян, Цзянь Шао-цзюнь, Чжан Вэнь-юй, Б.А.Шахбазян, Янь У-гуан. Препринт ОИЯИ, Р-1468, Дубна, 1963 г.
3. О.В.Благодирова, З.М.Иванченко, А.Ф.Лукьянцев, В.И.Мороз, Н.С.Новикова, Г.Н.Тентюкова, Шень Чун-хуа. Препринт ОИЯИ 2005, Дубна 1965 г.
4. Н.А.Буздавина, З.М.Иванченко, В.Г.Иванов, И. Паточка, М.И. Попов. Препринт ОИЯИ 2095, Дубна 1965 г.
5. В.Г.Гришин, Э.П.Кистенев, Л.И.Лепилова, В.И.Мороз, Му Цзюнь. Препринт ОИЯИ Р-2277, Дубна 1965 г.
6. Н.Н.Говорун, Е.П.Жидков, Л.И.Лепилова, Г.И.Макаренко, Г.Н.Тентюкова. Препринт ОИЯИ 1101, Дубна 1963 г.
7. Р.М.Джабар-заде, В.И.Мороз, А.В.Никитин, А.И.Родионов, Э.Рупп, Ю.А.Троян, Б.А.Шахбазян. Препринт ОИЯИ 1957, Дубна 1965 г.
8. З.М.Иванченко, А.Ф.Лукьянцев, В.И.Мороз, А.Д.Макаренко, Г.Н.Тентюкова. Препринт ОИЯИ Р-2399, Дубна 1965 г.
9. А.Д.Макаренко, В.И.Мороз, Э.Рупп. Препринт ОИЯИ 2917, Дубна 1966 г.
10. А.Ф.Лукьянцев, В.И.Мороз, В.М.Никитина, Б.А.Шахбазян. Препринт ОИЯИ Р-1982, Дубна 1965 г.
11. О.В.Благодирова, Л.И.Лепилова, А.Лукьянцев, Г.Тентюкова, В.Мороз, А.Никитин, Б.Шахбазян, Янь У-гуан. Препринт ОИЯИ 1959 Дубна, 1965 г.
12. В.А.Загинайко, В.Н.Шигаев. Препринт ОИЯИ 2527, Дубна 1965.

13. Н.Ф.Маркова, В.И.Мороз. Препринт ОИЯИ Б2-2918, Дубна 1966г.
14. И.М.Иванченко, Н.А.Круткова, В.И.Мороз, Т.Г.Останевич, Г.Н.Тентюкова. Препринт ОИЯИ Р-2889, Дубна 1965 г.
15. Г.А.Емельяненко, К.П.Ломов, Г.И.Макаренко, В.И.Мороз, И.С.Саитов, А.П.Стельмах. Препринт ОИЯИ Р-2829, Дубна 1966 г.
16. Ю.А.Будагов, В.П.Джелепов, Р.В.Малышев, В.Б.Флягин, П.В.Шляпников. Препринт ОИЯИ 2668, Дубна, 1966 г.
17. А.Д.Макаренко, В.И.Мороз, А.П.Стельмах, Г.Н.Тентюкова. Препринт ОИЯИ Р10-3526, Дубна, 1967 г.
18. А.Я.Астахов, Н.Н.Говорун, И.М.Иванченко, Г.М.Кадыков, З.В.Лысенко, В.В.Федорин. Препринт ОИЯИ 2914, Дубна, 1966г.
19. А.Я.Астахов и др. Препринт ОИЯИ 10-3324, Дубна 1967 г.
20. Н.Н.Говорун, Г.А.Емельяненко, Н.Ф.Маркова, В.И.Мороз, В.И.Никитина, И.С.Саитов, А.П.Стельмах, Г.Н.Тентюкова. Препринт ОИЯИ Р11-3480, Дубна 1967г.
21. Н.Н.Говорун. Препринт ОИЯИ 2005, Дубна, 1965 г.
22. Н.Н.Говорун. Препринт ОИЯИ 5-3263, Дубна 1967г.
23. Ю.А.Каржавин и др. ПТЭ, 1963 г., №5, стр. 54 + 60.
В.Я.Алмазов и др. Препринт ОИЯИ 1352, Дубна 1964 г.
24. В.Н.Шигаев. Препринт ОИЯИ Р10-3172, Дубна 1967 г.
25. Н.Ф.Маркова, В.И.Мороз, А.В.Никитин, И.В.Попова, Г.Н.Тентюкова, Ю.А.Троян. Препринт ОИЯИ 10-3545, Дубна 1967 г.
26. Н.Н.Говорун, И.В.Попова, Л.А.Смирнова, Т.В.Рыльцева. Препринт ОИЯИ, 1101, Дубна, 1962г.
27. Н.Н.Говорун, И.В.Попова, Л.А.Смирнова, Т.В.Рыльцева, А.В.Никитин, А.А.Номофилов, В.А.Свяридов, Л.А.Слепец, Л.Н.Струнов. Препринт ОИЯИ 2036, Дубна 1965 г.
28. В.И.Мороз, О.В.Мухитова, Г.Н.Тентюкова. Препринт ОИЯИ Р11-3512, Дубна 1967 г.
29. И.М.Граменицкий, Л.А.Тихонова, В.П.Шляпников. Препринт ОИЯИ Р-2146, Дубна 1965 г.
30. Л.Н.Гердюков, П.В.Шляпников. Препринт ОИЯИ 2722: Дубна 1966 г.
31. В.Б.Виноградов, В.Г.Иванов, Л.Янутова. Препринт ОИЯИ 2613, Дубна 1966 г.
32. З.М.Иванченко, А.Ф.Лукьянцев, В.И.Мороз, В.И.Никитина, Ян Фу-цин, Л.С.Нефедьева. Препринт ОИЯИ 2005, Дубна 1965 г.

13. Т.Хофмоэль. Препринт ОИЯИ 796, Дубна 1961 г.
14. В.И.Мороз. Препринт ОИЯИ Р-1958, Дубна 1965 г.
35. Е.П.Жидков, А.Ф.Лукьянцев. Препринт ОИЯИ, Р-1988, Дубна 1965 г.
36. Ю.А.Будагов, А.Г.Володько, Л.И. Лепилова, И.Паточка. Препринт ОИЯИ 10-3052 - Дубна 1967 г.
37. С.Н.Соколов, И.Н.Силин. Препринт ОИЯИ Д-310, Дубна 1961 г.
38. Ю.А.Будагов, В.В.Виноградов, А.Г.Володько, Л.Н.Гердюков, В.П.Джелепов, С.В.Клименко, В.Г.Новиков, И.Паточка, В.Б.Флягин, П.Ф.Шляпников Препринт ОИЯИ Р10-3021, Дубна 1966 г.
39. В.Ф.Вишнеvский, В.И.Мороз, Б.А.Шахбазян, Янь У-гуан. Препринт ОИЯИ Р-2215, Дубна 1965 г.
40. В.И.Мороз, А.В.Никитин, Ю.А.Троян, Б.А.Шахбазян. ЯФ, т.8, вып. 1, 1967 г.
41. В.И.Мороз, А.В.Никитин, А.И.Родионов, Ю.А.Троян. Препринт ОИЯИ РМ-3145, Дубна 1967 г.
42. В.Ф.Вишнеvский, Ду Юань-цай, Г.И.Копылов, В.Е.Комолова, В.И.Мороз, А.В.Никитин, А.И.Родионов, Ю.А.Троян, Цзянь Шао-цзюн, Ё Чжви Вэнь-юй, Б.А.Шахбазян, Ян У-гуан. Препринт ОИЯИ Р-1489, Дубна 1964 г.
43. Б.А.Шахбазян. Сборник "Вопросы физики элементарных частиц". Ереван, 1965г.
44. В.Н.Шигаев. Препринт ОИЯИ 5-3263, Дубна 1967 г.
45. В.И.Бондаренко и др. Препринт ОИЯИ 10-3426, Дубна 1967 г.
46. В.Н.Шигаев. Препринт ОИЯИ 5-3263, Дубна 1967 г.
47. Н.Н.Говорун, Д.Леч, Л.С.Нефедьева, И.И.Силин, В.П.Шириков. Препринт ОИЯИ 5-3263, Дубна 1967 г.
48. А.Я.Астахов Н.Н.Говорун, Е.П.Жидков, В.В.Федорин. Препринт ОИЯИ 5-3263, Дубна 1967 г.

Рукопись поступила в издательский отдел
15 декабря 1967 года.

*Просмотр, измерение
и накопление данных*



*Рис.1 Обработка данных
на машинах М-20, БЭСМ-3, Минск-2*

Просмотр, измерение и накопление данных

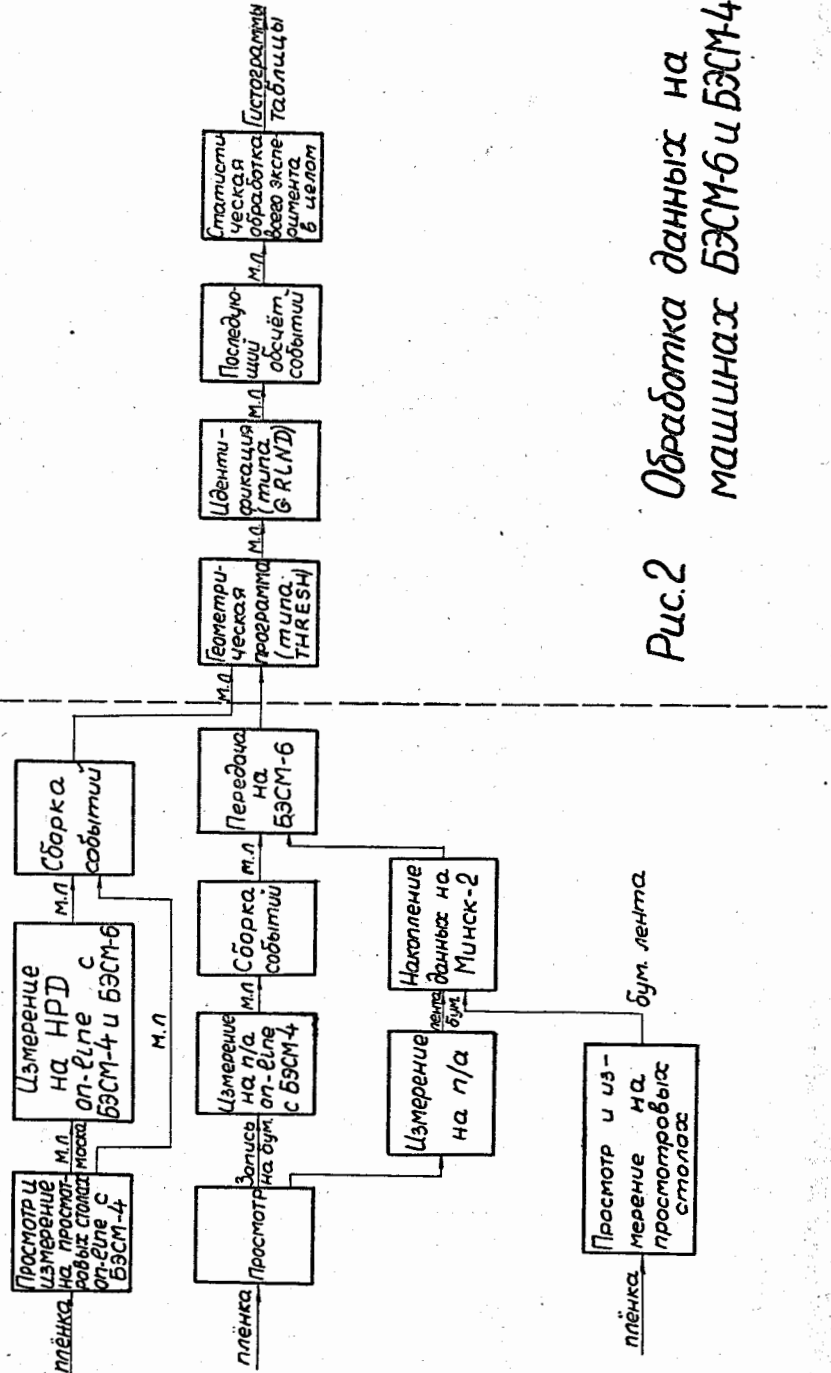


Рис.2 Обработка данных на машинах БЭСМ-6 и БЭСМ-4

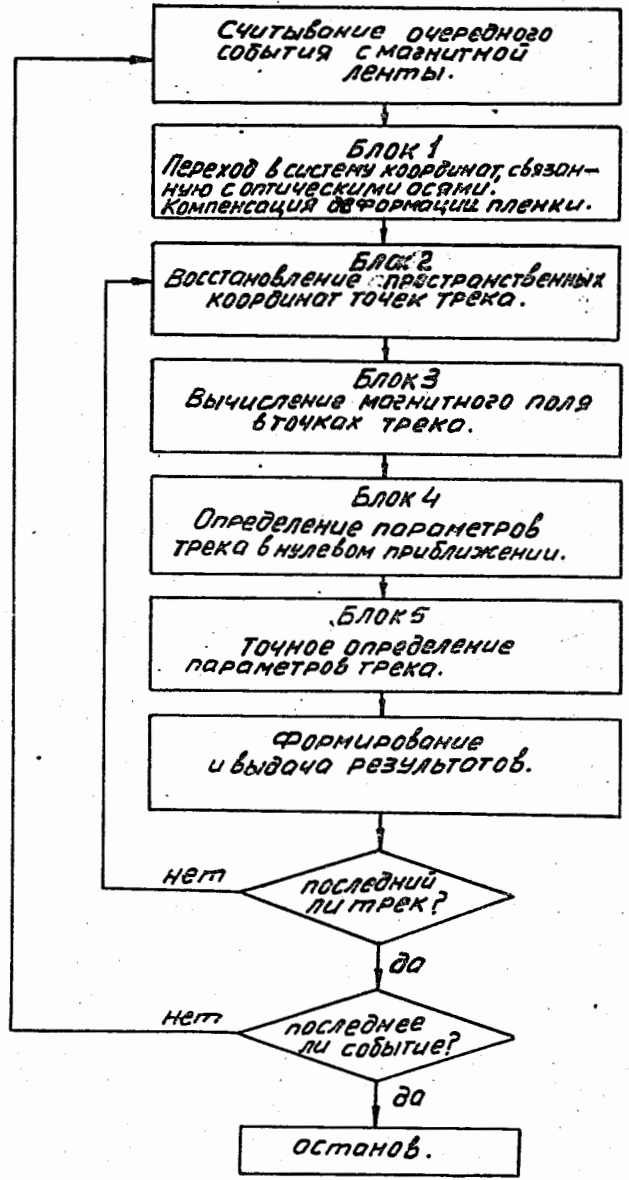


Схема программы геометрической реконструкции для больших камер (вариант 1-6)

Рис.3