

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



Ц8406
В-611

4888 / 2-76

6/ХИ-76
10 - 9909

А.С.Вовенко, Г.Вестергомби, В.И.Генчев,
В.Д.Кекелидзе, В.Г.Кривохижин, В.В.Кухтин,
М.Ф.Лихачев, М.Новак, Х.-Э.Рызек, И.А.Савин,
Л.В.Сильвестров, Г.Г.Тахтамышев, П.Т.Тодоров

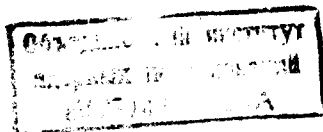
ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ
В ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПО РЕГЕНЕРАЦИИ
НЕЙТРАЛЬНЫХ КАОНОВ

1976

10 - 9909

А.С.Вовенко, Г.Вестергомби, В.И.Генчев,
В.Д.Кекелидзе, В.Г.Кривохижин, В.В.Кухтин,
М.Ф.Лихачев, М.Новак, Х.-Э.Рызык, И.А.Савин,
Л.В.Сильвестров, Г.Г.Тахтамышев, П.Т.Тодоров

ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ
В ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПО РЕГЕНЕРАЦИИ
НЕЙТРАЛЬНЫХ КАОНОВ



Вовенко А.С. и др.

10 - 9909

Организация обработки информации в экспериментах по регенерации нейтральных каонов

На примере экспериментов по регенерации, проводившихся в ИФВЭ (Серпухов) в рамках широкого международного сотрудничества, показано, что программное обеспечение обработки данных должно обеспечивать последовательное сокращение объема анализируемой информации без потери количества и качества, что может быть достигнуто разделением процедуры обработки на строго определенные этапы и передачей результатов к последующим этапам с помощью магнитных лент.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований

Дубна 1976

1. Введение

В настоящей работе изложена организация обработки данных экспериментов по изучению регенерации короткоживущих каонов ^{1-3/}, которые проводились на ускорителе протонов на 70 ГэВ в ИФВЭ /Серпухов/ сотрудничеством Берлин - Будапешт - Дубна - Прага - София - Тбилиси.

Установка /рис. 1/, применявшаяся в этих экспериментах, была описана ранее ^{4,5/}. Здесь мы обращаем внимание только на те ее элементы, информация с которых поступала в ходе эксперимента в ЭВМ: спектрометрический магнит ^{6,7/}, сцинтилляционные счетчики системы запуска установки - FI, II, GI, II ^{8/}, магнитострикционные искровые камеры - sc 1-18 ^{9-10/}, детектор электронов - ДЕ ^{11/}, детектор мюонов - ДМ ^{12/}. Спектрометр работал на линии с ЭВМ БЭСМ-3М, которая принимала информацию, записывала на магнитные ленты /МЛ/ и контролировала ее.

В основу метода изучения явления регенерации положено исследование временного распределения двухпионных ($K_{\pi 2}$) -распадов K_L^0 и K_S^0 . Однако, наряду с этими распадами, установка регистрировала также значительное число трехчастичных распадов $K_L^0 : K_{e3}^0, K_{\mu 3}^0, K_{3\pi}^0$.

Обработка экспериментальной информации велась на ЭВМ СДС-1604А, БЭСМ-6, а также на ЭВМ институтов-участников сотрудничества. Ниже описана общая схема организации обработки, а также структура основных программ.

2. Общая схема обработки экспериментальной информации

Анализ экспериментальной информации, блок-схема организации которого приведена на рис. 2, проводился в четыре этапа.

На первом этапе осуществлялась обработка всей оригинальной информации, накопленной в ходе эксперимента, по программе геометрической реконструкции событий. Результаты в сжатом виде записывались на вторичные магнитные ленты - ЛСР /Ленты Суммарных Результатов/.

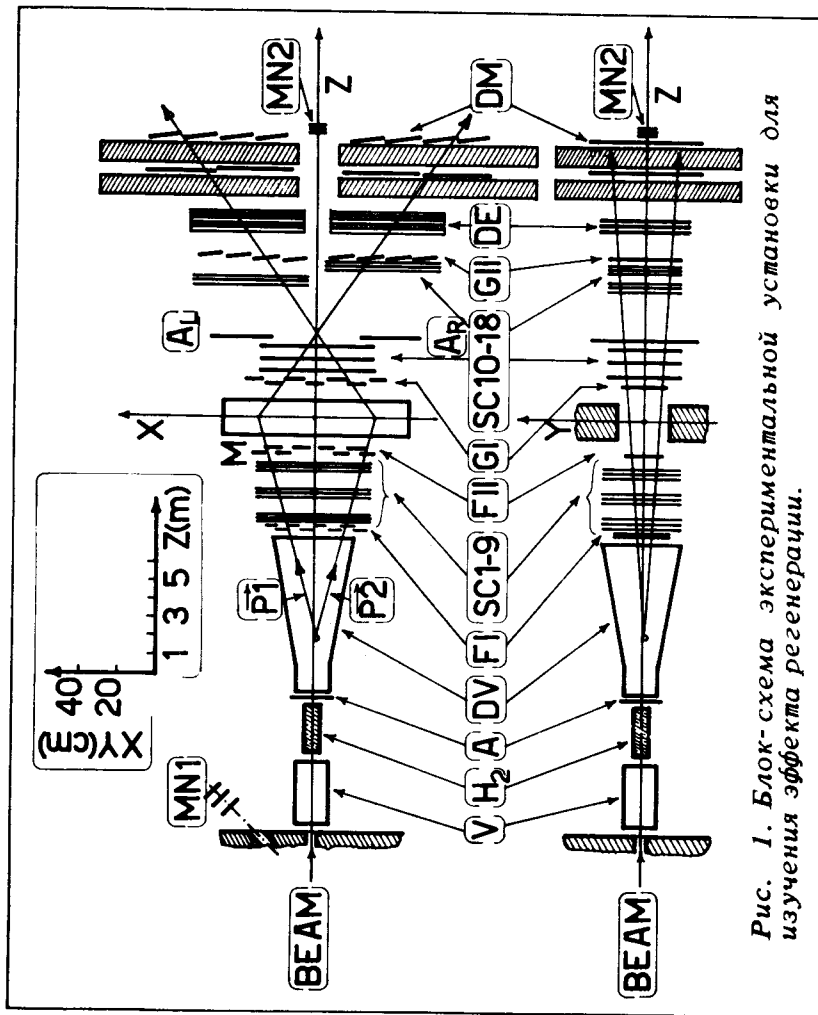
На втором этапе на основе изучения статистических распределений проводился качественный анализ кинематических и геометрических характеристик всех реконструированных событий. На этом же этапе был организован предварительный, "мягкий" отбор событий - кандидатов в определенный тип распада $K_{L,S}^0$. Отобранные события записывались на отдельные МЛ/мини-ЛСР/ для дальнейшего детального изучения. Эта процедура сокращала объем входной информации для программ последующей обработки от 3 до 8 раз в зависимости от типа распада.

Третий этап обработки заключался в тщательном статистическом анализе информации на мини-ЛСР, выработке количественных критериев выделения типов распадов каонов и подготовке выходных матриц "чистых" распадов $K_{\pi 2}^0$ для программы аппроксимации.

С помощью программы статистической обработки проводилось также исследование работы отдельных элементов и всего спектрометра в целом.

Окончательные результаты статистической обработки также записывались на магнитную ленту.

На заключительном этапе обработки проводилась аппроксимация временных распределений выделенных распадов $K_{\pi 2}^0$ аналитическими формулами и определение параметров, описывающих физические процессы. В этой процедуре использовались также результаты работы программ моделирования распадов каонов в спектрометре. В программу моделирования включались результаты рабо-



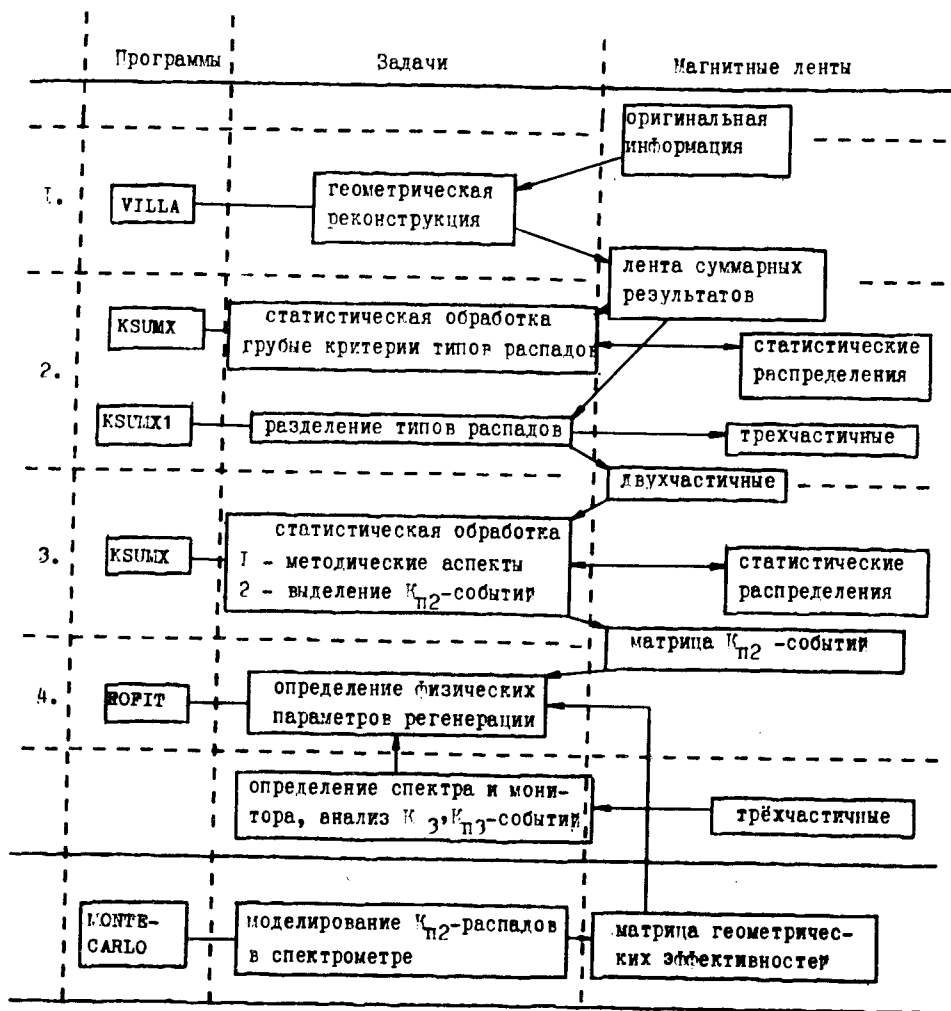


Рис. 2. Блок-схема общей организации обработки экспериментальной информации.

ты программы восстановления спектра K_L^0 -мезонов.

Такая структура программного обеспечения обработки экспериментальной информации позволяла восстанавливать и анализировать события с минимальными затратами времени ЭВМ. Программы, входящие в систему программ обработки, были написаны на алгоритмическом языке ФОРТРАН и оптимизированы по скорости работы.

3. Геометрическая реконструкция событий

Геометрическую реконструкцию событий осуществляла программа "VILLA" /13-15/. Она обеспечивала выделение и декодировку информации о каждом индивидуальном событии, производила геометрическую реконструкцию события, т.е. восстанавливала траектории движения частиц, определяла основные геометрические и кинематические характеристики события, компоновала результаты работы и производила их запись на ЛСР.

Оригинальная информация была записана на первичных МЛ и считывалась программой в память ЭВМ физическими рекордами фиксированной длины /256 слов/. При статистическом характере флуктуаций объема информации об одном событии, как правило, длины одного рекорда не хватало для размещения целого числа событий, и информация распределялась между двумя последовательными рекордами. Тем не менее, программа "VILLA" надежно выделяла информацию о данном событии благодаря тому, что в начале события содержались данные о количестве слов, принятых ЭВМ при его регистрации. В случае несоответствия длины события, записанной в режиме на линии, и длины события, считанного с МЛ, включалась в работу более сложная логика выделения события /13/.

Алгоритм поиска треков подробно описан в работе /14/. Он был оптимизирован с целью максимального ускорения обработки. В частности, опознавание треков начиналось в камерах, расположенных за магнитом, где загрузка фоновыми треками и случайными искрами была минимальной. В ходе опознавания на любом его уровне

программа могла прервать обработку текущего события при невыполнении одного из ряда критериев опознавания трека и перейти к анализу очередного события. Эти организационные меры существенно повышали быстродействие программы.

Объем выходной информации о событии после геометрической реконструкции составлял 25 48-разрядных слов, что в среднем было в 3-4 раза меньше объема оригинальной информации. Результаты работы программы записывались на ЛСР по десять событий в рекорд.

В процессе работы накапливались некоторые статистические распределения, характеризующие качество входных данных и работы программы.

4. Статистический анализ событий

Статистический анализ проводился с помощью программы "KSUMX", которая была подготовлена с использованием идей, заложенных в ранее созданных программах такого же назначения /16-18/.

Функциональная схема программы "KSUMX" приведена на рис. 3.

После ввода начальных данных программа может обратиться к магнитной ленте и считать распределения и матрицы, накопление которых следует продолжать.

Описание критериев для накапливаемых распределений /тестов/ и гистограммируемых характеристик события задается в общем виде. Основой для них служат элементы массива, в который заносится вся информация о событии, как записанная на ЛСР, так и вычисляемая внутри программы.

Для ускорения работы в программе были введены т.н. глобальные тесты, выполнимость которых обязательна для каждого анализируемого события. Как правило, выполнение этих тестов проверялось по информации, содержащейся на ЛСР, после введения геометрических и кинематических коррекций.

Для событий, удовлетворявших глобальным тестам, программа вычисляет целый ряд дополнительных харак-

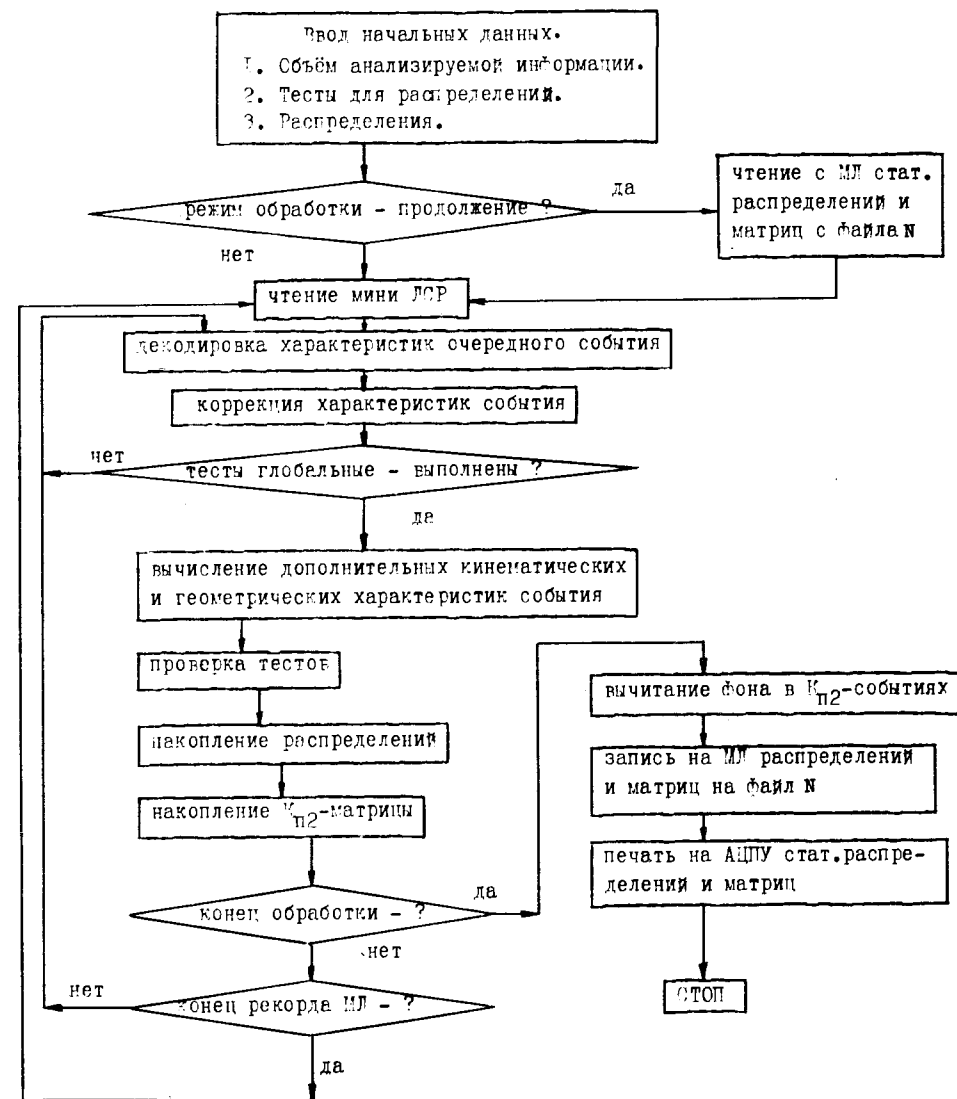


Рис. 3. Функциональная схема программы статистической обработки KSUMX.

теристик /см. рис. 4/, запоминая их в фиксированных элементах массива.

Тесты в программе "KSUMX" существуют двух видов - простые и сложные. Простые тесты определяют условия, налагаемые на один или несколько элементов массива. Сложные - являются логической комбинацией простых тестов.

Накопление каждого конкретного распределения определяется выполнимостью одного конкретного теста, независимо от его вида.

По окончании обработки заданного объема информации программа производит запись всех накопленных распределений и матриц на магнитную ленту и затем выводит их на печать.

Программа "KSUMX1", по которой проводилось разделение типов распадов каонов, будучи программой разового пользования, вычисляла только необходимые для идентификации типа распада характеристики. Тесты содержались внутри программы и не оформлялись в общем виде.

Последовательность статистической обработки экспериментальной информации представлена на рис. 4.

Геометрические распределения, накопленные по всему экспериментальному материалу, давали общее представление о системе запуска установки и соответствии системы координат программы геометрической реконструкции реальной, которая связана с пучком. По аналогичным распределениям, полученным для $K_{\pi 2}$ -распадов, были выбраны геометрические критерии отбора событий и получены параметры коррекции системы координат.

Проверка выполнимости геометрических критериев занимает значительное время ЭВМ, поэтому после их установления были сделаны копии мини-ЛСР, на которых содержался один новый бит информации - удовлетворяет или нет данное событие этим критериям. При дальнейшем анализе проверка выполнимости геометрических критериев сводилась к анализу содержимого этого бита.

Выделение $K_{\pi 2}$ -типа распада велось по двум главным критериям: величине инвариантной массы системы двух пионов и углу между суммарным вектором-импульсом

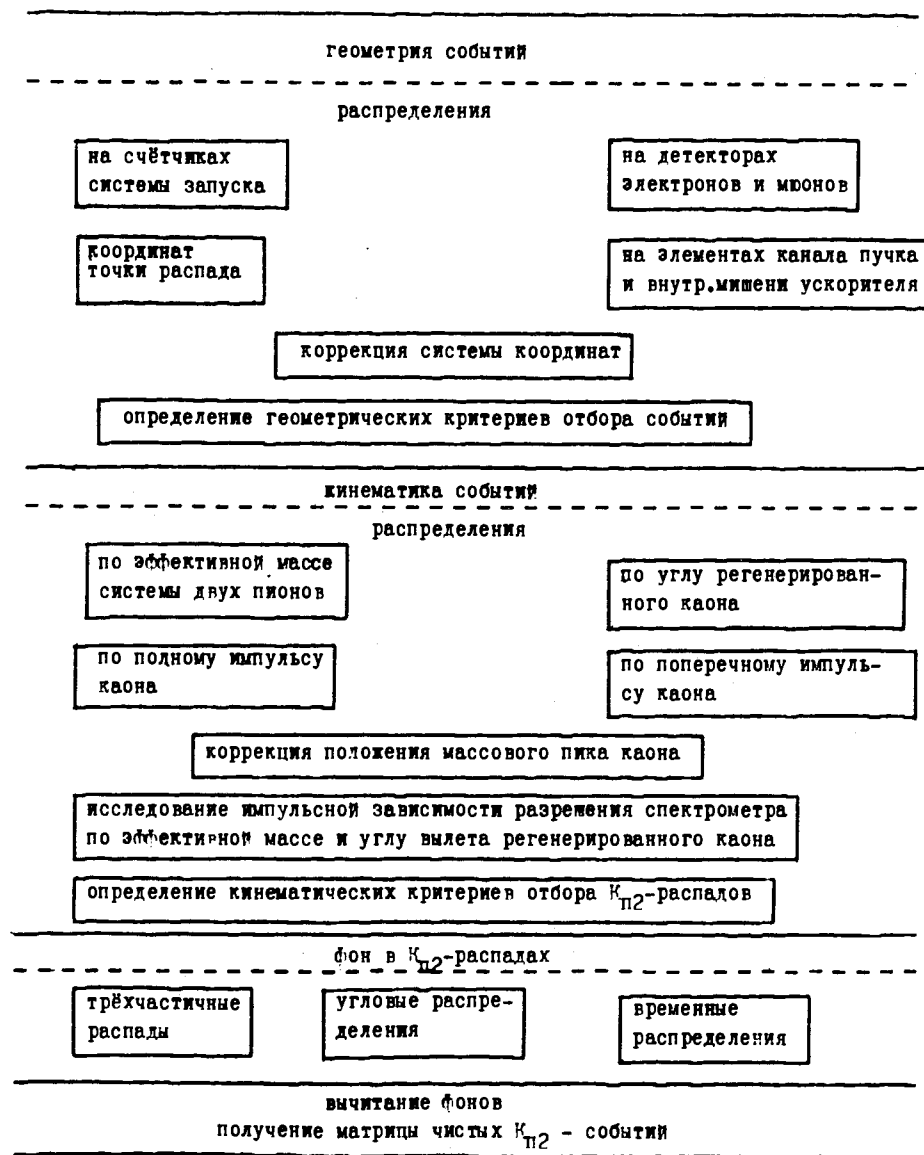


Рис. 4. Последовательность статистической обработки экспериментальной информации.

пионов и направлением движения K_L^0 -мезона. Распределения по инвариантной массе и углу накапливались для последовательного набора импульсных интервалов во всем доступном диапазоне импульсов /10-50/ ГэВ/с. Специальная программа считывала эти распределения и аппроксимировала их различными аналитическими формулами. Т.о. были определены количественные критерии для выделения $K_{\pi 2}$ -типа распада по углу и эффективной массе /19-20/ и получена импульсная зависимость разрешения спектрометра по этим величинам. В этой процедуре с помощью детекторов идентифицировались и исключались при накоплении распределений $K_{\mu 3}$ -и $K_{e 3}$ -типы распадов.

Гибкость программ, достигнутая введением магнитных лент как носителей результатов статистической обработки, позволила изучать устойчивость количественных критериев при различных условиях отбора событий с минимальными затратами времени ЭВМ.

Предметом специального изучения являлись фоновые события, присутствовавшие в распределениях событий - кандидатов в $K_{\pi 2}$ -тип распада. Информация, полученная при этом, была использована при получении окончательного результата статистической обработки - матрицы временного распределения числа когерентно-регенерированных каонов для разных импульсов.

5. Определение физических параметров, характеризующих амплитуду трансмиссионной регенерации $K_L^0 - K_S^0$

Экспериментально наблюдаемое распределение $K_{\pi 2}$ -распадов может быть описано следующей формулой /21/:

$$I_{\text{эксп.}}(p, t) = M \cdot \epsilon(p, t) \cdot S(p) \cdot F(|\rho|, \phi, N_i),$$

где p - импульс каона, t - собственное время каона, M - число падающих на установку каонов /монитор/, $\epsilon(p, t)$ - эффективность регистрации распада, $S(p)$ - импульсный спектр падающих каонов, F - функция, зависящая от

модуля коэффициента регенерации - $|\rho|$, фазы амплитуды регенерации - ϕ , параметров слабых взаимодействий, описывающих $K_L^0 - K_S^0$ -систему, - N_i .

Определение параметров $|\rho|$ и ϕ проводилось по программе "ROFIT", которая использовала стандартную подпрограмму минимизации функционалов "FUMILI"/22/.

Данные для программы "ROFIT" содержались на магнитной ленте /кроме значений спектра - $S(p)$ и монитора - M , вводимых с перфокарт/. Организация программы предусматривала возможность автоматического изменения параметров слабого взаимодействия N_i в широком диапазоне их значений, а также осуществления различных типов аппроксимации по параметрам M и $S(p)$, фиксируя их, полностью освобождая или делая их свободными в определенных пределах, без прерывания работы программы.

По этой схеме изучалась устойчивость физических результатов при различных критериях отбора экспериментальной матрицы и матрицы эффективностей, зависимость результатов от параметров слабых взаимодействий, влияние точности определения монитора и спектра каонов.

6. Моделирование событий методом Монте-Карло

Матрица эффективностей регистрации $K_{\pi 2}$ -событий была получена расчетами на ЭВМ с помощью системы программ, показанной на рис. 5.

Программа "MONKEF" стандартным образом разыгрывает параметры начального каона, геометрию и кинематику его распада, прослеживает прохождение пионов через установку и записывает основные параметры события на магнитную ленту. В "MONKEF" не учитываются погрешности измерения траекторий частиц и эффект многократного рассеяния.

Реальные условия эксперимента вводятся в рамках программы "TWIST"/23/, которая работает с информацией, генерированной "MONKEF". Для уменьшения влияния возможных систематических ошибок на конечные результаты

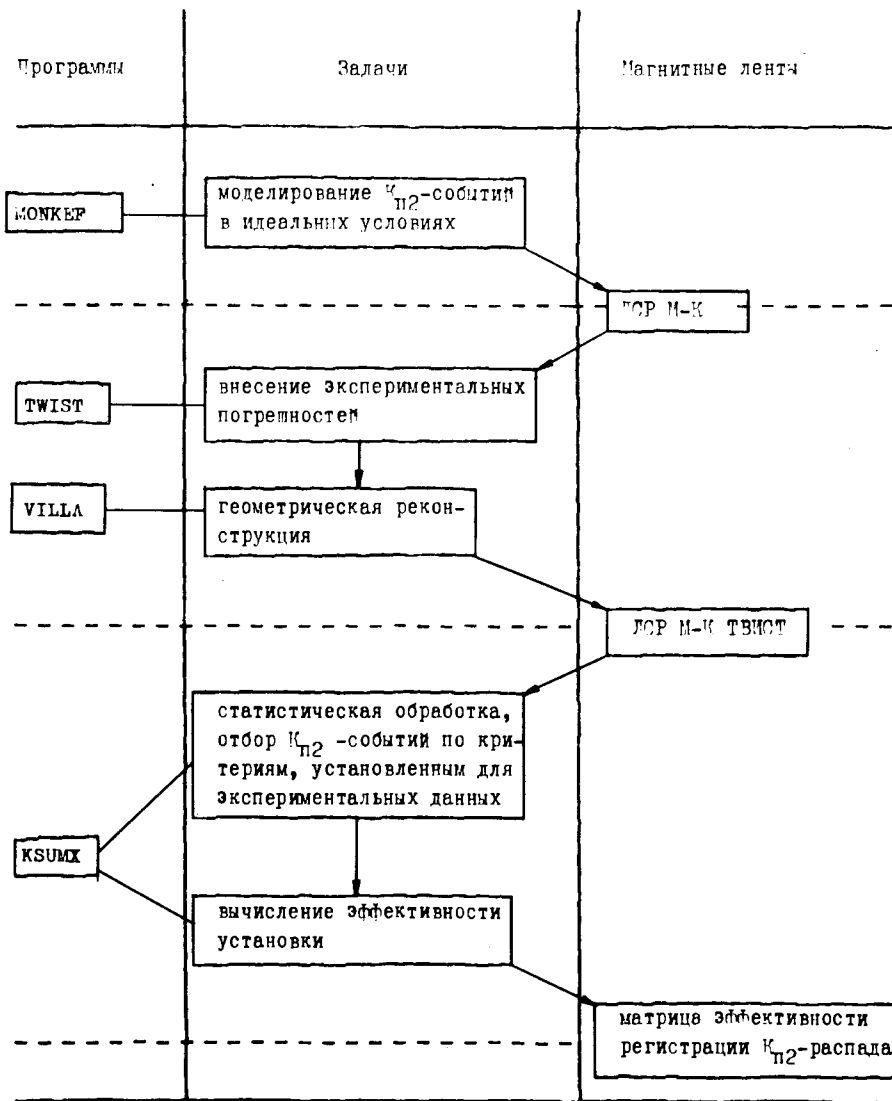


Рис. 5. Схема получения матрицы эффективности регистрации $K_{\pi 2}$ -распадов.

“псевдоэкспериментальная” информация обрабатывается по программе геометрической реконструкции, которая по алгоритму и критериям отбора треков является точным аналогом программы “VILLA”. Магнитные ленты с результатами работы программ “TWIST-VILLA” содержат информацию о событиях двух типов - идеальную (Монте-Карло) и с учетом экспериментальных погрешностей.

Статистическая обработка генерированной информации показала хорошее совпадение распределений геометрических и кинематических параметров с аналогичными распределениями для экспериментальной информации. На основании этого отбор $K_{\pi 2}$ -событий для определения матрицы эффективностей велся по критериям, установленным для экспериментальной информации. Это давало дальнейшее уменьшение влияния систематических ошибок.

Результаты статистической обработки генерированной информации, включая матрицу эффективностей, записывались на магнитную ленту.

7. Определение спектра $K_L^0 / 2^4 /$ и мониторов

Определение этих двух важных характеристик эксперимента велось на основе анализа трехчастичных типов распадов K_L^0 -мезонов.

Функционально организация программ, решавших эту проблему, была аналогична организации программ для исследования явления регенерации.

Заключение

Задачи, стоявшие при организации программного обеспечения обработки экспериментальных данных в нашем эксперименте по регенерации, являются типичными. Большие объемы накапливаемых электронными установками экспериментальных данных вызывают большие затраты времени ЭВМ на их обработку, которое может превышать время накопления этих данных на ускорителе. Программное обеспечение обработки данных должно обеспечить

последовательное сокращение объема анализируемой информации без потери, в то же время, ее количества и качества. Это может быть достигнуто разделением всей процедуры обработки на этапы со своими строго определенными задачами и передачей результатов предыдущего этапа обработки на последующий с помощью магнитных лент или других эффективных носителей информации.

Существенно подчеркнуть, что примененная организация программного обеспечения в рамках нашего широкого сотрудничества позволила проводить обработку одновременно в различных институтах - участниках сотрудничества, используя имеющиеся в них вычислительные мощности. Это позволило в сжатые сроки обработать большой объем информации, включающий около $4 \cdot 10^6$ запусков установки.

Литература

1. А.С.Вовенко и др. Деп.сообщ. ОИЯИ, Б2-1-5362, Дубна, 1970.
2. В.К.Бирулев и др. Деп.сообщ. ОИЯИ, Б1-1-6434, Дубна, 1972.
3. В.К.Бирулев и др. Деп.сообщ. ОИЯИ, Б1-1-6435, Дубна, 1972.
4. В.К.Бирулев и др. Деп.сообщ. ОИЯИ, Б2-13-4550, Дубна, 1969.
5. С.Г.Басиладзе и др. Сообщ. ОИЯИ, Р1-5361, Дубна, 1970.
6. А.С.Вовенко и др. Деп.сообщ. ОИЯИ, Б1-13-4545, Дубна, 1969.
7. А.С.Вовенко и др. Деп.сообщ. ОИЯИ, Б1-1-7039, Дубна, 1973.
8. В.К.Бирулев и др. Сообщ. ОИЯИ, 1-6660, Дубна, 1972.
9. Ю.В.Заневский и др. Препринт ОИЯИ, 13-5323, Дубна, 1970.
10. Т.С.Григалашвили и др. Препринт ОИЯИ, Р3-5324, Дубна, 1970.
11. В.К.Бирулев и др. Препринт ОИЯИ, 1-7307, Дубна, 1970.
12. К.-Ф.Альбрехт и др. Препринт ОИЯИ, 1-7305, Дубна, 1973.

13. Д.Вестергомби и др. Деп.сообщ. ОИЯИ, Б1-1-7111, Дубна, 1973.
14. Д.Вестергомби и др. Сообщ. ОИЯИ, Р10-7284, Дубна, 1973.
15. Д.Вестергомби и др. Сообщ. ОИЯИ, 1-7799, Дубна, 1974.
16. J.Zoll, F.Beck. CERN, Program Library Y200, 1966.
17. J.Friedman, A.Rittenberg. KLOWA, Preprint Berkeley P-171, 1968.
18. М.Новак. Препринт ФИ ЧСАН. Прага, октябрь 1971.
19. В.К.Бирулев и др. Сообщ. ОИЯИ, Р1-7083, Дубна, 1973.
20. В.К.Бирулев и др. Сообщ. ОИЯИ, Р1-6878, Дубна, 1973.
21. J.Steinberger. CERN report 70-1.
22. И.Н.Силин. Препринт ОИЯИ, Д-810, Дубна, 1961.
23. К.-Ф.Альбрехт и др. Сообщ. ОИЯИ, 1-7549, Дубна, 1973.
24. Д.Вестергомби и др. ЯФ, 20, 371 /1974/.

*Рукопись поступила в издательский отдел
28 июня 1976 года.*