

С 344.1 + 6840.1

Т-385

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

Г.Н.Тентюкова

11 - 4196

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ОБРАБОТКИ ФИЛЬМОВОЙ ИНФОРМАЦИИ С ПУЗЫРЬКОВЫХ КАМЕР
НА БАЗЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН М-20 /БЭСМ-4/ И "МИНСК-2"

Специальность № 008 - вычислительная математика

Автореферат диссертации на соискание ученой
степени кандидата физико-математических наук

Дубна 1968

Г. Н. Тентюкова

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

Научный руководитель: / .

кандидат физико-математических наук Н. Н. Говорун

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук, профессор

А. Г. Свешников,

доктор физико-математических наук М. И. Соловьев.

Ведущее предприятие:

Институт теоретической и экспериментальной физики.

Автореферат разослан " " 1969 г.

Защита диссертации состоится " " 1969 г.

на заседании Ученого совета Лаборатории вычислительной техники и автоматизации в конференц-зале ЛТФ ОИЯИ, г. Дубна, Московской обл.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета

Ю. В. Катышев

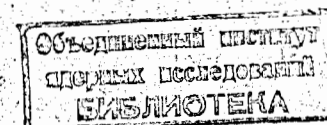
" " 1969 г.

5749-89

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ОБРАБОТКИ ФИЛЬМОВОЙ ИНФОРМАЦИИ С ПУЗЫРЬКОВЫХ КАМЕР
НА БАЗЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН М-20 /БЭСМ-4/ И "МИНСК-2"

Специальность № 008 - вычислительная математика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук



Значительная часть всех исследований в области элементарных частиц и физики высоких энергий выполняется с использованием пузырьковых камер.

Каждая работающая камера дает большое число фотографий, обработка которых представляет значительные трудности как из-за сложности математических проблем, так и из-за громадного объема просмотра, измерений и вычислений.

Обработка фотографий следов в пузырьковых камерах ведется с широким использованием мощной вычислительной техники, с помощью специальных приборов для автоматизации измерений и системы программ математической обработки данных.

Для работы со снимками с пузырьковых камер в ОИЯИ имеется проявочный центр, 18 измерительных полуавтоматических приборов ПУОСов /1/, часть которых соединена на линии ("on-line") с вычислительной машиной, создана система (соединение) машин "Минск-2" и М-20 ("Минск-22" и БЭСМ-4), разработаны и внедрены в эксплуатацию системы программ математической обработки фильмовой информации /2/ для камер средних размеров и больших пузырьковых камер. При создании этих систем программ мы не могли заимствовать уже созданные к тому времени системы из зарубежных физических центров, так как должны были учитывать специфику пузырьковых камер ОИЯИ и рассчитывать программы на ту вычислительную технику ("Минск", М-20, БЭСМ-4), которая имелась в нашем распоряжении.

Первая система программ для обработки फिल्मовой информации разработана в 1961-65 годах и используется до настоящего времени. Программой геометрической реконструкции в этой системе является программа "1-3" /3,4/, которая рассчитана на камеры средних размеров с почти одноосновным магнитным полем и двухобъективной оптикой.

Вторая система создана в 1966-68 годах для больших камер. В программе геометрической реконструкции "1-6" /5,6/, входящей в эту систему, проводится учет неоднородности магнитного поля, ионизационных потерь, многократного кулоновского рассеяния, а для электронов и позитронов также тормозного излучения.

На рис. 1 показаны схема и этапы обработки फिल्मовой информации в ОИЯИ. Прохождение потока информации в процессе обработки в ОИЯИ можно разбить на 4 этапа:

1. Просмотр и измерение координат.
2. Ввод данных на вспомогательной машине и выдача их на магнитные ленты основной машины для дальнейшей обработки.
3. Обработка событий по программам геометрической реконструкции и идентификации.
4. Подготовка данных для статистического анализа и анализ всего эксперимента в целом.

Для второго, третьего и четвертого этапов созданы системы программ.

Темой диссертации явилась разработка программ математического обеспечения второго и третьего этапов обработки फिल्मовой информации в ОИЯИ на базе вычислительных машин М-20 (БЭСМ-4) и "Минск-2".

Диссертация состоит из введения, трех разделов и заключения. В первом разделе описаны каналы ввода данных в ЭВМ, во втором - система программ для пузырьковых камер средних размеров, в третьем - для больших пузырьковых камер.

При изложении материала в диссертации наиболее детально обсуждаются вопросы, связанные с созданием программ геометрической реконструкции и общей организации всей системы.

Раздел 1

Ввод исходных данных

Исходными величинами для программ обработки данных с пузырьковых камер являются координаты реперных крестов и проекций трека, измеренные операторами на полуавтоматических измерительных приборах. Эти величины либо пробиваются на пятидорожечную бумажную ленту, содержимое которой затем вводится в машину (первый канал ввода), либо передаются в ЭВМ непосредственно при измерении (второй канал ввода "on-line").

При обработке данных с использованием первого канала одной из проблем было сокращение времени ЭВМ М-20 на ввод. Этот вопрос был очень важен, поскольку задачи обработки данных, поступающих с просмотрных полуавтоматов, занимали на М-20 до 50% времени, причем заметная его часть уходила на непроизводительные траты при вводе.

Задача сокращения времени на ввод данных решена созданием специальной программы на М-20 с предварительной записью материала на магнитную ленту, а также переводом медленной операции ввода с основного вычислителя на вспомогательную ЭВМ. Обе машины были соединены в систему машин^{7/}, которая может работать по единой программе. В результате среднее время ввода на 1 трек на М-20 или БЭСМ-4 было сокращено с 15 сек до 2,6 сек. Разработаны программы, обеспечивающие связь машин, ввод данных с бумажной ленты на "Минск-2" и с магнитной ленты М-20.

В этом разделе рассмотрена также организация работы геометрической программы при втором канале ввода "on-line"^{8/}

Раздел II

Система программ обработки для пузырьковых камер средних размеров

Система включает следующие программы (рис. 2): геометрической реконструкции "1-3" (или ее вариант); идентификации V^0 -частиц, γ -квантов и каналов реакций; накопления информации на магнитных лентах и проверки ее по критериям.

В первой главе описана программа геометрической реконструкции "1-3" /3,4/, предназначенная для обработки данных с 24-литровой пропановой камеры /9/. Варианты этой программы ("1-37" и "1-37a") использовались также при обработке данных с 40-сантиметровой водородной камеры /10,11/.

Основные особенности программы, обусловленные конструкциями камер

1. Наличие только двух объективов у камер потребовало разработки специальной методики определения параметров треков, направленных под малым углом к линии базы.

2. Используются формулы восстановления пространственных координат, выведенные при помощи метода наименьших квадратов в предположении, что оси объективов параллельны между собой и перпендикулярны поверхностям раздела оптических сред камеры.

3. Поскольку магнитное поле в камерах почти однородно, то при пренебрежении потерями на ионизацию (что оправдано небольшими размерами камер и высокой энергией облучения) траектория частицы представляется отрезком винтовой линии. Многократное рассеяние и неоднородность поля учитываются только в ошибках параметров. Поправка на ионизационные потери при различных гипотезах о массах частицы вводится в программах идентификации.

Программа "1-3" имеет 2 основные ветви. Первая предназначена для обработки достаточно длинных следов, проекции которых на плоскости снимков образуют со стереобазой углы, большие 20° , а вторая используется для следов, направленных вдоль стереобазы, а также коротких.

В первой ветви программы параметры кривой, аппроксимирующей трек, определяются по восстановленным в пространстве точкам трека методом наименьших квадратов. Последовательно производится переход в оптическую систему, выброс плохих точек /12/, поиск соответствующих точек и вычисление пространственных координат /13/, аппроксимация трека кривой, проекциями которой являются парабола и прямая, и определение параметров трека по подобранным коэффициентам кривой.

Во второй ветви параметры винтовой линии, аппроксимирующей трек, определяются также методом наименьших квадратов, но минимизируемая функция строится по отклонениям измеренных на снимках точек от спроектированных точек винтовой линии. Приводится вид минимизируемой функции и все формулы, используемые при поиске параметров, а также способ определения начального приближения.

Во второй главе описаны программы идентификации /14+17/.

Программы идентификации предназначены для обработки всех типов ядерных реакций, исследуемых в Дубне. Идентификация событий проводится в 2 этапа: идентификация вторичных взаимодействий (V^0 -частиц и γ -квантов) и первичного (главной вершины). Для идентификации события и получения уточненных значений параметров треков строится минимизируемый функционал, в котором используются экспериментальные значения параметров частиц и законы сохранения энергии и импульса. В зависимости от типа исследуемой гипотезы и количества плохо измеренных параметров законы сохранения (уравнения связи) имеют разный вид. Указаны формы записи

минимизируемого функционала и способы их минимизации, используемые в программах идентификации.

В третьей главе приведено описание группы программ, организующих накопление материала на магнитных лентах и проверку его по критериям для формирования библиотеки "хороших измерений" и "идентифицированных событий" /18/.

Раздел III

Система программ обработки для больших пузырьковых камер

Схема системы показана на рис. 3.

В первой главе дано описание программы геометрической реконструкции "1-6" /5,6/. Программа рассчитана на обработку фотографий с 2-метровой пропановой камеры ОИЯИ, 1-метровой пропановой камеры ОИЯИ, 1-метровой жидководородной камеры ОИЯИ и может быть легко настроена для любой другой, близкой к ним по конструкции.

Предполагается, что оси стереофотокамер параллельны между собой и перпендикулярны поверхностям раздела оптических сред.

В программе "1-6" учитываются неоднородность магнитного поля в камере, ионизационные потери, многократное рассеяние, а для электронов также радиационные потери. Чтобы определить оптимальный набор параметров трека, строится функционал, учитывающий матрицу кулоновского рассеяния и для электрона также флюктуации излучения. В функционал входит интеграл уравнения Лоренца в реальном магнитном поле с учетом потерь на ионизацию, а в случае электрона также средних потерь на излучение. При определении минимума функционала применен метод итераций с линеаризацией функции, входящей в минимизируемый функционал. Так как начальное

приближение вычисляется с учетом неоднородного магнитного поля и ионизационных потерь с большой точностью /8/, то это позволяет ограничиться в большинстве случаев только одной итерацией. Система уравнений движения частицы расчленяется на 2 независимых уравнения с заменой неизвестных функций в правых частях их приближениями. Это позволяет решать уравнения методом разделения переменных. Магнитное поле вычисляется по специальной подпрограмме /19/, которая определяет компоненты поля H_x , H_y , H_z в каждой точке трека путем линейной интерполяции по заданной трехмерной таблице. В программе предусмотрена возможность определения параметров трека в случае малого кулоновского рассеяния без учета полной матрицы в минимизируемом функционале. Кулоновское рассеяние при этом учитывается в виде добавок к ошибкам параметров.

Программа автоматически выбирает оптимальную ветвь для расчета.

В зависимости от исходной информации производится вычисление кинематических параметров для любой комбинации гипотез (π, K, P, e) о частице, оставившей след.

В программе имеется также блок вычисления параметров для коротких или крутых треков.

В диссертации приведено подробное описание алгоритмов, используемых в программе, и расчетные формулы.

Проверка отдельных алгоритмов, а также статистическая проверка программы "1-6" проводилась с помощью специально созданного для этой цели генератора тестовых треков /20/. Часть результатов статистической проверки приведена в табл.1.

В главе 2 дано изложение методики, использованной при создании программы генерации фиктивного трека, и описание самой программы.

Исходными данными для генератора являются: вектор-импульс частицы в начальной точке трека, координаты начальной точки трека, магнитное поле в камере, характеристика тор-

мозной способности среды, дисперсии измерительных ошибок и многократного рассеяния и начальное значение для генератора случайных чисел. По этим исходным данным строится траектория частицы в виде координат точек, вычисленных при заданных значениях длины дуги. Трек может быть получен либо в системе координат камеры, либо в виде двух проекций на кадры фотоаппаратов, снимающих камеру. В последнем случае программе необходимо дополнительно задать характеристики оптической системы.

Уравнения движения, определяющие траекторию частицы, решаются методом Рунге-Кутты /21/ с использованием специальной подпрограммы /22/. Влияние измерительных ошибок и многократного рассеяния на траекторию частицы учитывается методом Монте-Карло.

Глава 3 посвящена описанию тех изменений, которые были внесены в программы идентификации /23/, используемые в системе программ для больших пузырьковых камер.

В связи с тем, что в программу геометрической реконструкции введена зависимость параметров от гипотезы о массе частицы, была изменена общая организация программ идентификации и входы в них.

С использованием опыта, накопленного при эксплуатации ранее созданной системы программ, были введены некоторые усовершенствования в программы идентификации, в результате чего увеличились их возможности.

В четвертой главе кратко описаны программы проверки материала по тестам и отбора качественных измерений.

З а к л ю ч е н и е

1. Созданы две системы программ обработки данных для пузырьковых камер, включающие программы: ввода исходных

данных, геометрической реконструкции, идентификации и накопления материала на магнитных лентах с проверкой его по тестам.

Первая система, созданная в 1961-65 годах, использовалась и используется в настоящее время для обработки данных с 55- и 40-сантиметровых пузырьковых камер ОИЯИ, а также в Институте ядерной физики Казахской Академии наук для обработки снимков с 80-сантиметровой водородной камеры ЦЕРНа.

Опубликовано более 25 физических работ, выполненных методикой пузырьковых камер с использованием этой системы.

2. Впервые создана программа геометрической реконструкции (вариант "1-6"), в которой последовательно проводится учет сильно неоднородного магнитного поля, потерь на ионизацию и излучение и статистических факторов: измерительных ошибок, многократного рассеяния и флюктуации излучения.

3. Создана библиотека стандартных программ в системе ИС-2 для использования их в программах обработки экспериментальных данных.

4. Разработан метод определения параметров треков, проекции которых направлены под малым углом к линии базы.

5. Предложен и реализован метод определения параметров треков с учетом матрицы кулоновского рассеяния и интегрированием системы уравнений движения, которое выполняется (после некоторых упрощений) методом разделения переменных.

Предложенный способ интегрирования дал возможность при малых затратах времени на ЭВМ определять параметры частиц с высокой точностью даже в сильно неоднородном (до 25%) магнитном поле и с большим изменением величины импульса.

6. Разработана и создана программа генерации тестовых треков частиц различных масс в тормозящей среде, помещенной в неоднородное магнитное поле. Измерительные ошибки и многократное рассеяние учитываются методом Монте-Карло.

7. С помощью программы-генератора проведена проверка программы геометрической реконструкции "1-6", которая дала хорошие результаты.

Работы, положенные в основу диссертации, выполнены в течение 1961-68 годов совместно с группой сотрудников ЛВТА и ЛВЭ ОИЯИ и опубликованы /2+8, 12+14, 17+20, 23/. Результаты работ неоднократно докладывались на совещаниях по математическим методам решения задач ядерной физики, происходившим в Дубне в 1964, 1966 и 1967 годах.

Л и т е р а т у р а

1. В.А. Алмазов, И.А. Голутвин, В.Д.Инкин, Ю.А.Каржавин, В.Д.Неустроев, В.Д. Степанов. Препринт ОИЯИ, 1352, Дубна, 1963.
2. Н.Н. Говорун, В.И. Мороз, Г.Н. Тентюкова, В.Н. Шигаев. Препринт ОИЯИ, 10-3627, Дубна, 1967.
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.
4. В.Ф. Вишневецкий, Ду Юань-цай, А.Ф. Лукьянцев, В.И. Мороз, А.В. Никитин, Г.Н. Тентюкова, Ю.А. Троян, Цзян Шао-цзюнь, Чжан Вэнь-юй, Б.А. Шахбазян, Янь У-гуан. Препринт ОИЯИ, Р-1468, Дубна, 1963.
5. Н.Н. Говорун, Г.А. Емельяненко, Н.Ф. Маркова, В.И. Мороз, В.И. Никитина, И.С. Сайтов, А.П. Стельмах, Г.Н. Тентюкова. Препринт ОИЯИ, Р11-3480, Дубна, 1967.
6. Н.Ф. Маркова, В.И. Мороз, В.И. Никитина, А.П. Стельмах, Г.Н. Тентюкова. Препринт ОИЯИ, Р10-3768, Дубна, 1968.
7. А.Я. Астахов, Н.Н. Говорун, Н.Д. Дикусар, И.М.Иванченко, Г.М. Кадыков, С.В. Кадыкова, З.В.Лысенко, О.К.Нефедьев, Л.С. Нефедьева, И.Н. Силин, Г.Н. Тентюкова, В.В.Федорин, В.Н. Шигаев. Препринт ОИЯИ, 10-3324, Дубна, 1967.

8. В.И. Бондаренко, Н.Н. Говорун, Н.Д. Дикусар, В.В.Ермолаев, З.М. Иванченко, В.Д. Инкин, Г.М. Кадыков, С.В. Кадыкова, В.Н. Капустина, Ю.А. Каржавин, З.В. Лысенко, Р.В. Малышев, В.И. Мороз, О.К. Нефедьев, В.И. Садовников, В.И. Семашко, В.Д. Степанов, Г.Н. Тентюкова, В.Б. Флягин, В.Н. Шигаев, А.А. Шуравин. Препринт ОИЯИ, 10-3426, Дубна, 1967.
9. Ван Ган-чан, М.И. Соловьев, Ю.Н. Шкобин. ПТЭ, 1,41 (1959).
10. А.В. Белоногов и др. XII Международная конференция по физике высоких энергий. Дубна, август 1964, т.2, М., Атомиздат, 1966, стр. 490-493.
11. И.М. Граменицкий, А.М. Моисеев, Л.А.Тихонова, М.Д. Шафранов. Препринт ОИЯИ, 10-3772, Дубна, 1968.
12. Н.Н. Говорун, Е.П. Жидков, Л.И. Лепилова, Г.И. Макаренко, Г.Н. Тентюкова. Препринт ОИЯИ, 1102, Дубна, 1962.
13. И.М. Иванченко, Н.А. Круткова, В.И.Мороз, Т.Г. Останевич, Г.Н. Тентюкова. ПТЭ, №6 (1967).
14. О. Благодирова, Л. Лепилова, А. Лукьянцев, Г. Тентюкова, В. Мороз, А. Никитин, Б. Шахбазян, Янь У-гуан. Препринт ОИЯИ, 1959, Дубна, 1965.
15. А.Ф. Лукьянцев, В.И. Мороз, В.И. Никитина, Б.А. Шахбазян, Препринт ОИЯИ, Р-1982, Дубна, 1965.
16. В.Г. Гришин, Э.П. Кистенев, Л.И. Лепилова, В.И. Мороз, Му Цзюнь. Препринт ОИЯИ, Р-2277, Дубна, 1965.
17. З.М. Иванченко, А.Ф. Лукьянцев, А.Д. Макаренко, В.И. Мороз, Г.Н. Тентюкова. Препринт ОИЯИ, Р-2399, Дубна, 1965.
18. Н.Ф. Маркова, В.И.Мороз, А.В. Никитин, И.В. Попова, Г.Н. Тентюкова, Ю.А. Троян. Препринт ОИЯИ, 10-3545, Дубна, 1967.
19. В.И. Мороз, О.В. Мухитова, Г.Н. Тентюкова. Препринт ОИЯИ, Р11-3512, Дубна, 1967.
20. А.Д. Макаренко, В.И. Мороз, А.П. Стельмах, Г.Н. Тентюкова. Препринт ОИЯИ, Р10-3526, Дубна, 1967.
21. Л. Коллатц. Численные методы решения дифференциальных уравнений. ИЛ, Москва, 1953.

22. Библиотека стандартных программ. ЦБТИ, Москва, 1961.
 23. З.М. Иванченко, А.Ф. Лукьянцев, А.Д. Макаренко, В.И. Мороз, Г.Н. Тентюкова. Препринт ОИЯИ, Р11-3983, Дубна, 1968.

Рукопись поступила в издательский отдел
 12 декабря 1968 года.

Таблица 1
 Статистическая проверка программы $_{1-6}^{\pi}$

Величина	Результаты обработки 125 протонных треков.		Результаты обработки 107 π -мезонных треков.	
	по 1-6	ожидаемое	по 1-6	ожидаемое
$\overline{\chi^2_{xy}}$	0,989	$1 \pm 0,028$	1,003	$1 \pm 0,035$
$\overline{\chi^2_z}$	1,030	$1 \pm 0,028$	0,950	$1 \pm 0,035$
\overline{P}	1201,4	$1200 \pm 4,1$	2770,7	$2750 \pm 14,1$
$\overline{\beta}$	$\frac{\pi}{2} - 0,0004$	$\frac{\pi}{2} \pm 0,00027$	$\frac{\pi}{2} + 0,000015$	$\frac{\pi}{2} \pm 0,000013$
$\overline{tg\alpha}$	0,1009	$0,10033 \pm 0,00045$	0,000445	$0 \pm 0,000209$
$\frac{(P - P_{ном})^2}{(\Delta P)^2}$	1,14	$1 \pm 0,18$	1,15	$1 \pm 0,19$
$\frac{(\beta - \beta_{ном})^2}{(\Delta \beta)^2}$	0,846	$1 \pm 0,18$	0,81	$1 \pm 0,19$
$\frac{(tg\alpha - tg\alpha_{ном})^2}{(\Delta tg\alpha)^2}$	1,08	$1 \pm 0,18$	0,77	$1 \pm 0,19$

х) Обработывались треки, сгенерированные с учетом измерительных ошибок, многократного рассеяния и потерь на ионизацию в неоднородном магнитном поле двухметровой пропановой камеры.

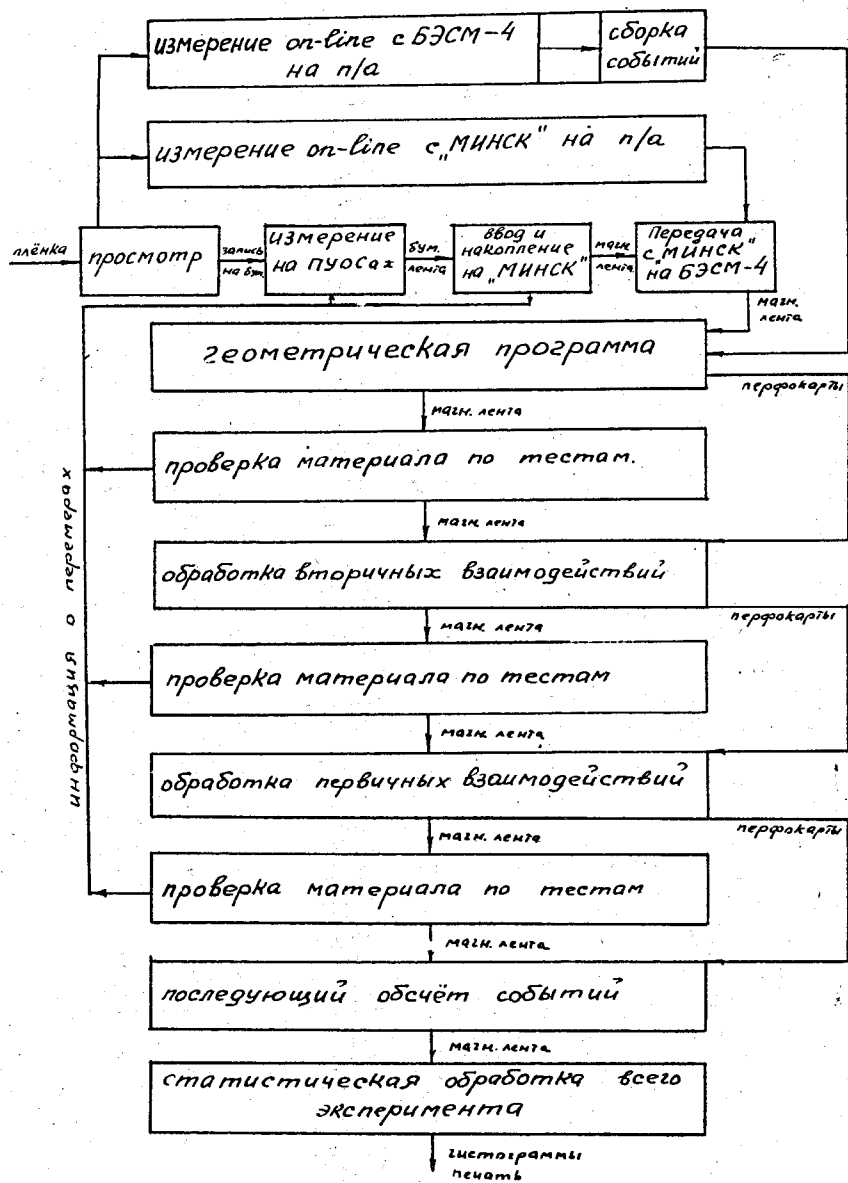


Рис.1. Общая схема этапов обработки в ОИЯИ.

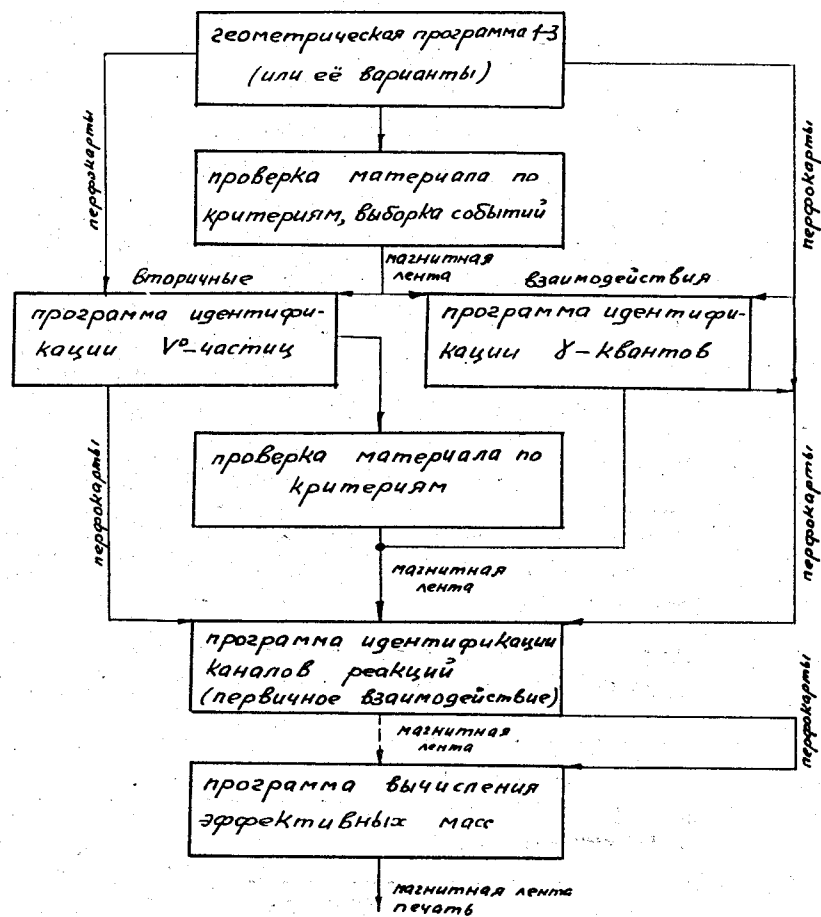


Рис.2. Система программ обработки для камер средних размеров.

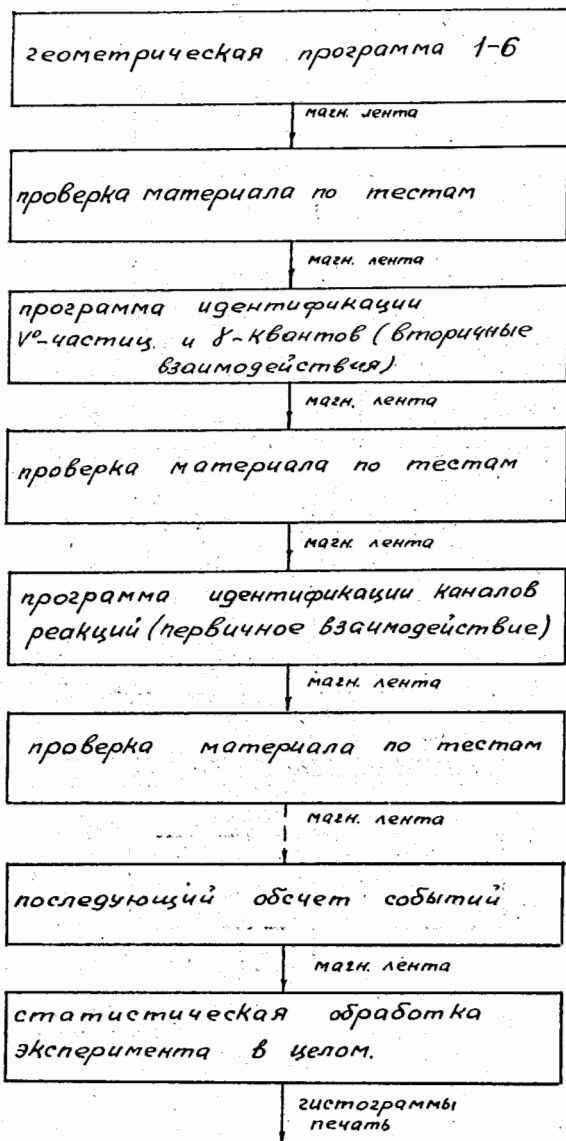


Рис.3. Система программ обработки для больших пузырьковых камер.