

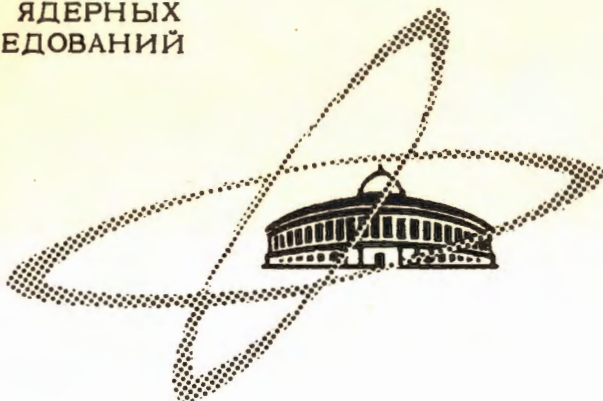
С 344.19
Б-904

28/11

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

2755



Н.А. Буздавина, В.Г. Иванов

ПРОГРАММА РЕКОНСТРУКЦИИ СОБЫТИЙ
В ПУЗЫРЬКОВОЙ КАМЕРЕ
С МНОГООБЪЕКТИВНОЙ СИСТЕМОЙ
ФОТОГРАФИРОВАНИЯ

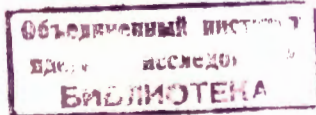
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1966

2755

Н.А. Буздавина, В.Г. Иванов

ПРОГРАММА РЕКОНСТРУКЦИИ СОБЫТИЙ
В ПУЗЫРЬКОВОЙ КАМЕРЕ
С МНОГООБЪЕКТИВНОЙ СИСТЕМОЙ
ФОТОГРАФИРОВАНИЯ



В в е д е н и е

Опыт работы со стереоснимками, полученными на метровой пропановой пузырьковой камере ^{/1/}, показал целесообразность включения в программу геометрической реконструкции событий ^{/2/} ряда дополнительных блоков для:

- 1) автоматического выбора параметров оптической системы пузырьковой камеры и характеристик измерительных приборов;
- 2) контроля результатов измерений;
- 3) устранения некоторых ошибок в исходных данных;
- 4) идентификации V^0 -частиц и γ -квантов.

Фотографирование треков в метровой пузырьковой камере производится через воздух, стекла, воду и пропан шестью однотипными объективами на две параллельные фотопленки ^{/1,3/}. Схема расположения фотообъективов показана на рис. 1. Из этого рисунка видно, что объективы образуют семь стереопар: три поперечных ($B_1^{(1)}$, $B_1^{(2)}$ и $B_1^{(3)}$) и четыре продольных ($B_2^{(1)}$, $B_2^{(2)}$, $B_2^{(3)}$ и $B_2^{(4)}$). Средняя поперечная стереопара $B_1^{(2)}$ захватывает почти весь рабочий объем, крайние $B_1^{(1)}$ и $B_1^{(3)}$ — по половине. Обмер треков событий обычно производится на снимках поперечных стереопар. Снимки с продольных используются для обмера следов, образующих с базами $B_1^{(1)}$ небольшие углы ($\leq 20-30^\circ$). На предметных стеклах объективов нанесены специальные перекрестия, определяющие положения оптических осей и координатных систем, в которых одна из осей совпадает с базой съемки, а вторая — перпендикулярна ей. Расстояния между перекрестиями используются в программе для учета усадки пленки.

Измерения случаев ядерных взаимодействий производятся на автомате и полуавтоматах ^{/4,5/}. Результаты измерений (координаты реперных крестов, координаты точек треков) и необходимая служебная информация записываются в виде положительных двоичных, восьмеричных и десятичных чисел на бумажной перфоленте.

Для вычисления пространственных координат в программе используются следующие параметры оптической системы камеры, включая характеристики фотообъективов:

1) толщины и показатели преломления оптических сред, через которые производится фотографирование;

2) зависимости $\beta(r)$, где: β — угол между оптической осью объектива и главным лучом из некой пространственной точки, а r — радиус-вектор изображения этой точки;

3) зависимость продольной сферической аберрации зрачка входа главного луча от r ;

4) расстояния между перекрестиями и координаты точек пересечения оптических осей с плоскостью снимков;

5) расстояния между оптическими осями фотообъективов.

Подробное изложение методики восстановления пространственной картины событий, порядок измерений и расположение исходных данных на бумажной ленте приведено в работе Н.А. Бузлавиной и др.^{/2/}. В связи с этим данная работа посвящена в основном изложению тех дополнений и изменений, которые были внесены в первоначальный вариант геометрической программы.

§ 1. Некоторые обстоятельства, которые нужно учитывать при создании программы реконструкции событий

В ходе длительной эксплуатации пузырьковой камеры из-за замены стекол, рабочей жидкости, фотообъективов и т.п. могут меняться некоторые из параметров ее оптической системы, входящие в выражения для вычисления пространственных координат (см. введение). В связи с этим в программе нужно предусмотреть возможность автоматического выбора нужных констант с помощью того или иного признака. Отсутствие такого блока существенно усложняет процесс обработки событий, принадлежащих к различным экспозициям, которые отличаются параметрами оптической системы.

Обмер случаев ядерных взаимодействий производится, как правило, на нескольких измерительных приборах с различными значениями постоянных дифракционных решеток^{/4,5/}. В связи с этим цены делений на различных измерительных приборах по осям X и Y могут отличаться. Поэтому в программе целесообразно предусмотреть возможность автоматической замены коэффициентов перевода числа отсчетов прибора в миллиметры.

Процесс обработки стереофотографий (особенно на первой стадии-отладка программы и обсчет первых измерений) существенно усложняется наличием ошибок в исходных данных, обусловленных сбоями в работе измерительного прибора, ошибками операторов и недостатками программы. Очевидно, что число ошибок растет с увеличением числа

треков события и числа стереоснимков, на которых оно измеряется. Это обстоятельство сильно усложняет работу по устранению недостатков программы, так как анализ причин, вызывающих ошибки в исходных данных, является чрезвычайно трудоемкой и сложной задачей. Поэтому в программу реконструкции целесообразно включать блоки контроля результатов измерений, с помощью которых либо прекращается обсчет события при обнаружении грубой ошибки в исходных данных, либо найденная ошибка устраняется.

Существующая в ОИЯИ система обработки камерных снимков является много-ступенчатой. Так, например, события, в которых наблюдаются V^0 -частицы и электрон-позитронные пары, как правило, приходится обсчитывать не менее пяти раз по пяти различным программам (геометрической, идентификации V^0 -частиц /8,7/, идентификации u -квантов /8/, вычисления эффективных масс /9/, идентификации качалов реакции /10/). Это обстоятельство усложняет организацию процесса обработки и увеличивает время, затрачиваемое на обсчет события. Поэтому в ряде случаев является целесообразным присоединение к программе реконструкции идентификационных программ, если объем и время обсчета по ним невелики /11/.

Когда треки событий фиксируются на снимках нескольких стереопар, то целесообразно предусмотреть возможность обмера событий на снимках любых стереопар. Для этого в программу реконструкции нужно включить специальный блок, позволяющий определять номера стереоснимков, на которых проводились измерения.

§ 2. Методика определения номеров стереоснимков, на которых производился обмер события

В программе предусмотрены следующие варианты обмера событий:

- I. На снимках первой стереопары $V_1^{(1)}$.
- II. На снимках первой стереопары $V_1^{(1)}$ и снимках одной или двух продольных стереопар $V_2^{(1)}$ и $V_2^{(2)}$.
- III. На снимках первой и третьей стереопар $V_1^{(1)}$ и $V_1^{(3)}$.
- IV. На снимках первой $V_1^{(1)}$, третьей $V_1^{(3)}$ и одной (или двух) продольных стереопар $V_2^{(1)}$.
- V. На снимках третьей стереопары $V_1^{(3)}$.
- VI. На снимках третьей стереопары $V_1^{(3)}$ и снимках одной или двух продольных стереопар $V_2^{(3)}$ и $V_2^{(4)}$.
- VII. На снимках второй стереопары $V_1^{(2)}$.
- VIII. На снимках второй стереопары $V_1^{(2)}$ и одной или двух продольных $V_2^{(3)}$ и $V_2^{(4)}$.

IX . На снимках второй стереопары $V_1^{(2)}$, третьей $V_1^{(3)}$ и одной или двух продольных $V_2^{(3)}$ и $V_2^{(4)}$.

Максимальное число стереоснимков, на которых может измеряться данное событие, равно 8. Координаты треков всегда измеряются на двух снимках соответствующей стереопары, причем в первую очередь обмеряется снимок с наименьшим порядковым номером (первый снимок стереопары).

Варианты обмера, расшифровываемые при обсчете, задаются порядком измерений и тремя дополнительными признаками, два из которых (признаки начала обмера событий со снимков второй и третьей стереопар) пробиваются в третьем кадре зоны бумажной ленты, а один номер продольной стереопары – в кадре с признаком конца предыдущего снимка.

Если измерения событий проводятся только на снимках второй $V_1^{(2)}$ или третьей $V_1^{(3)}$ стереопар или начинаются с них (варианты V-VIII), то в третьем кадре зоны бумажной ленты ^{/2/} пробиваются, соответственно, 32 или 33 разряды. Отсутствие этих признаков указывает на то, что измерения проводились на снимках первой стереопары (вариант I) или начинаются с обмера этих снимков (варианты II-IV).

Наличие в исходных данных результатов обмера треков на снимках продольных стереопар, как уже упоминалось ранее, определяется по номерам этих стереопар, записываемых в кадре бумажной ленты с признаком конца предыдущего снимка.

Следует заметить, что, если расположение реперных крестов на стереоснимках различно (рис. 1), то последнее можно использовать для определения номеров стереопар, не накладывая ограничений на порядок измерений и не вводя дополнительных признаков.

§ 3. Выбор параметров оптической системы камеры и характеристик измерительных приборов

Как уже упоминалось ранее, в процессе длительной эксплуатации камеры могут меняться параметры ее оптической системы. В настоящее время параметров, которые могут меняться от экспозиции к экспозиции, равно $131^{/2/}$.

В связи с тем, что фотопленки, принадлежащие к различным экспозициям, отличаются своими номерами, то номер фотопленки можно использовать для автоматического выбора констант фотографирования, не прибегая к засылке в ЭВМ каких-либо дополнительных признаков.

Для этого в программу включен специальный блок, рассчитанный для хранения параметров десяти экспозиций, имеющих различные номера фотопленок. Перед началом обсчета каждого события автоматически проверяется соответствие хранящихся в памяти ЭВМ констант номеру фотопленки, на которой зафиксировано обсчитываемое событие, и в случае необходимости производится их замена.

Параметры оптической системы, относящиеся к отдельным экспозициям или всем десяти, можно менять, не затрагивая остальную часть программы.

Примечание: Номера фотопленок, по которым определяется номер экспозиции, записываются в третьем кадре зоны бумажной ленты, в разрядах с 1 по 12.

Как упоминалось ранее, измерения случаев ядерных взаимодействий производятся на приборах, имеющих различные коэффициенты перевода числа отсчетов измерительного прибора в миллиметры. В связи с этим в программу включен небольшой блок, где хранятся коэффициенты пересчета для шести приборов, имеющих различные номера 1, 2, 3, 4, 5, 6. В процессе счета по номеру прибора, имеющемуся в результатах измерений события, автоматически выбираются нужные коэффициенты.

Введение в программу реконструкции этих блоков упростило процесс обсчета событий и устранило возможность ошибок при замене констант с помощью специальных перфокарт ручным путем. Кроме того, наличие этих блоков облегчает организацию измерений, так как события с различных экспозиций можно измерять подряд.

§ 4. Контроль результатов измерений

Для уменьшения количества авостов и облегчения поиска ошибок в исходных данных и программе реконструкции после ввода в память машины исходных данных и в процессе счета производятся следующие проверки:

Проверка устойчивости работы измерительного прибора

Эта проверка производится на каждом стереоснимке, если координаты первой реперной точки снимка M_1 (рис. 1) измерены дважды. Второе измерение координат этой точки производится после обмера последнего трека события, а результаты располагаются между признаком конца последнего трека и признаком конца снимка.

Проверка заключается в сравнении двух измерений x - и y -ых координат первой реперной точки M_1 . Если разности x - и y -ых координат двух измерений превышают 40 мкм, то обсчет события не производится.

Если повторное измерение перекрестия не производилось, то обсчет производится без этой проверки.

Проверка числа снимков

Поскольку координаты треков всегда измеряются на двух стереоснимках любой стереопары, то число снимков, на которых обмерялось событие, должно быть четным: 2, 4, 6, 8.

Проверка на одинаковое число треков на стереоснимках каждой стереопары

Проверка расстояний между реперными точками

Если $x_1 y_1$, $x_2 y_2$ и $x_3 y_3$ - координаты трех реперных точек каждого снимка M_1, M_2, M_3 (номера точек задаются последовательностью измерений), то между ними должны выполняться следующие соотношения:

$$A_x \leq |x_1 - x_2| \leq B_x$$

$$A_y \leq |y_1 - y_2| \leq B_y$$

Здесь: A_x, A_y, B_x, B_y - заранее определенные константы.

Если любая из указанных выше проверок дает отрицательный результат, то событие не обсчитывается, а на печать выдается найденная ошибка в закодированной форме (см. таблицу 1).

§ 5. Выявление и устранение ошибок в исходных данных

Назначение этого блока - выявить и устранить некоторые ошибки в результатах измерений. К ошибкам в исходных данных, которые могут быть устранены, относятся:

1) наличие одинаковых координатных кадров или кадров с одинаковыми y или x -ыми координатами на стереоснимках поперечных или продольных стереопар, соответственно;

2) большие отклонения отдельных точек трека от плавной кривой, проведенной через его пространственные координаты.

При наличии в исходных данных двух или нескольких координатных кадров бумажной ленты с одинаковыми числами все эти кадры, за исключением одного, выбрасываются.

Если y -ые координаты двух или нескольких последовательно расположенных точек трека, измеренного на снимках поперечных стереопар ($B_1^{(1)}$), одинаковы, то все эти точки, за исключением первой, выбрасываются. Аналогичная проверка имеет место для x -ых координат точек треков, обмеренных на снимках продольных стереопар.

Для выброса тех точек, координаты которых сильно отличаются от пространственных координат остальных точек трека, через пространственные координаты трека проводится плавная кривая. Для каждой точки вычисляется кратчайшее расстояние до этой кривой. Если для какой либо точки это расстояние больше 3 мм, то она отбрасывается.

В программе также проверяется – не выходят ли вычисленные значения пространственных координат за пределы рабочего объема камеры.

Если координаты одной или нескольких точек трека выходят за пределы чувствительной области, то дальнейший обсчет трека не производится, а на печать выдается порядковый номер этого трека на снимках соответствующей стереопары и строка семплов. После этого начинается обсчет следующего трека.

Если число оставшихся точек трека после выброса ≤ 3 , то он дальше не обсчитывается.

При выбросе всех треков, измеренных на снимках первой (по порядку обмера) стереопары, дальнейший обсчет события не производится.

§ 6. "Сшивание" треков

Для "сшивания" координат одних и тех же треков, измеренных на снимках I и III стереопар ($V_1^{(1)}$, $V_1^{(3)}$ или $V_1^{(2)}$, $V_1^{(3)}$), координаты их изображений измеряются с перекрытием, не меньшим 5 мм (в пространстве). Поиск и "сшивание" координат одних и тех же треков производится следующим способом. По очереди сравниваются X и Z –ые координаты последних точек треков первой стереопары с соответствующими координатами треков третьей стереопары при одних и тех же значениях Y -ой координаты. X и Z-ые координаты для треков третьей стереопары для данного значения Y вычисляются с помощью линейной интерполяции. Если разности X и Z-ых координат точек треков, измеренных на снимках первой и третьей стереопар, меньше 3 мм, то координаты этих треков объединяются.

Такая методика "сшивания" работает хорошо почти для всех случаев, за исключением событий, у которых точка взаимодействия первичного трека располагается в центре камеры. В таких случаях первичный трек (трек, вызвавший взаимодействие) обмеряется на снимках первой стереопары, а лучи звезды – на снимках второй и возможно "сшивание" трека с одним из лучей звезды. Для устранения этой возможности "сшивание" производится только для треков, у которых перекрытие по Y -им координатам в пространстве не менее 5 мм.

З а к л ю ч е н и е

Принципиальная блок-схема программы показана на рис. 2. Этот рисунок снабжен всеми необходимыми подписями и не нуждается в дополнительных пояснениях.

Результаты обчета выдаются на печать и стандартные перфокарты двух типов: для заряженных частиц и V^0 -частиц или γ -квантов. Подробное описание используемых в программах ОИЯИ стандартных перфокарт имеется в ряде работ /2,6-8,12/

В заключение авторы выражают искреннюю благодарность В.П. Джелепову, Г.Н. Тентюковой, В.Б. Флягину за постоянную помощь и интерес к работе, Г.А. Емельяненко за участие в работе по составлению программы контроля, З.М. Иванченко, Н.С. Новиковой, Ю.А. Будагову, И. Паточка, В.Б. Виноградову за полезные обсуждения, Л.И. Кольцовой и Л. Яноутовой за помощь в работе.

Л и т е р а т у р а

1. А.В. Богомолов, Ю.А. Будагов, А.Т. Василенко, В.П. Джелепов и др. ПТЭ, № 1, 61 (1964).
2. Н.А. Буздавина, З.М. Иванченко, В.Г. Иванов, И. Паточка, М.И. Попов. Препринт ОИЯИ 2085, Дубна 1965.
3. Ю.А. Будагов, В.А. Бычков, А.Г. Володько, В.П. Джелепов и др. Препринт ОИЯИ 2518, Дубна 1965.
4. Е.М. Андреев, П. Гиршл, И.А. Зарубин, Г.М. Кадыков и др. ПТЭ, № 3, 52 (1961).
5. Ю.А. Каржавин, И.В. Чувило, С.С. Кириллов, В.Д. Инкин и др. ПТЭ, № 5, 54 (1963).
6. О. Благонравова, Л. Ленилова, А. Лукьянцев, Г. Тентюкова и др. Препринт ОИЯИ 1959, Дубна 1965.
7. А.Ф. Лукьянцев, В.И. Мороз, В.И. Никитина, Б.А. Шалбазян. Препринт ОИЯИ Р-1932, Дубна 1965.
8. В.Г. Гришин, Э.П. Кистенев, Л.И. Ленилова, В.И. Мороз, Му Цзюнь. Препринт ОИЯИ Р-2277, Дубна 1965.
9. Р.М. Джабар-заде, В.И. Мороз, А.В. Никитин, А.И. Родионов и др. Препринт ОИЯИ 1957, Дубна 1965.
10. З.М. Иванченко, А.Ф. Лукьянцев, В.И. Мороз, А.Д. Макаренкова, Г.Н. Тентюкова. Препринт ОИЯИ Р-2399, Дубна 1965.
11. В.Б. Виноградов, В.Г. Иванов, Л. Яноутова. Препринт ОИЯИ 2613, Дубна 1966.
12. О.В. Благонравова, З.М. Иванченко и др. Препринт ОИЯИ 2005, Дубна 1965.

Рукопись поступила в издательский отдел
20 мая 1966 г.

Т а б л и ц а 1

Причина выброса события	Выдача на печать				Примечания
Не совпадают координаты двух измерений первой реперной точки	00	001	001	001	$x_1^{(1)}, y_1^{(1)}, x_1^{(2)}, y_1^{(2)}$ координаты первой реперной точки при первом и втором измерениях, соответственно
			№ 3 N_k $nN_{пл}$		
	$ x_1^{(1)} - x_1^{(2)} $ или $ y_1^{(1)} - y_1^{(2)} $				
Нечетное число снимков или разное число треков на снимках стереопары		№ 3 N_k $N_{пл}$			№ 3 - номер зоны
	Число снимков (десятичная система). Число треков на первом снимке Число треков на втором снимке и т.д.				N_k - номер фотопленки $N_{пл}$ - номер стереокадра
Неверно измерены реперные точки	00	000	001	000	x_1, x_2, y_1, y_2 - координаты реперных точек снимка
			№ 3 N_k $N_{пл}$		
	$ x_1 - x_2 $ или $ y_1 - y_2 $				
Число точек на треке ≤ 3	00	0000	$N_{тр}$	0000	№ трека в восьмеричной системе, n - число оставшихся точек
	n	0000	0000		
	77	7777	7777	7777	
Выброшены все треки на снимках первой стереопары	77	5252	5252	5253	
	77	5252	5252	5253	

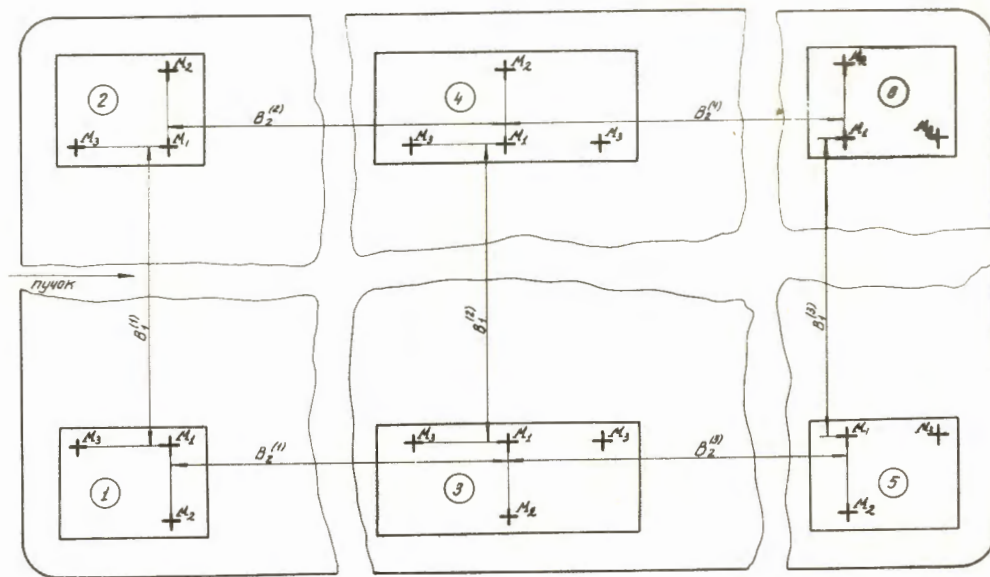


Рис. 1. Схема расположения объективов в фотоаппарате. 1, 2, 3, 4, 5, 6 - порядковые номера объективов, M_1, M_2, M_3 - реперные точки.

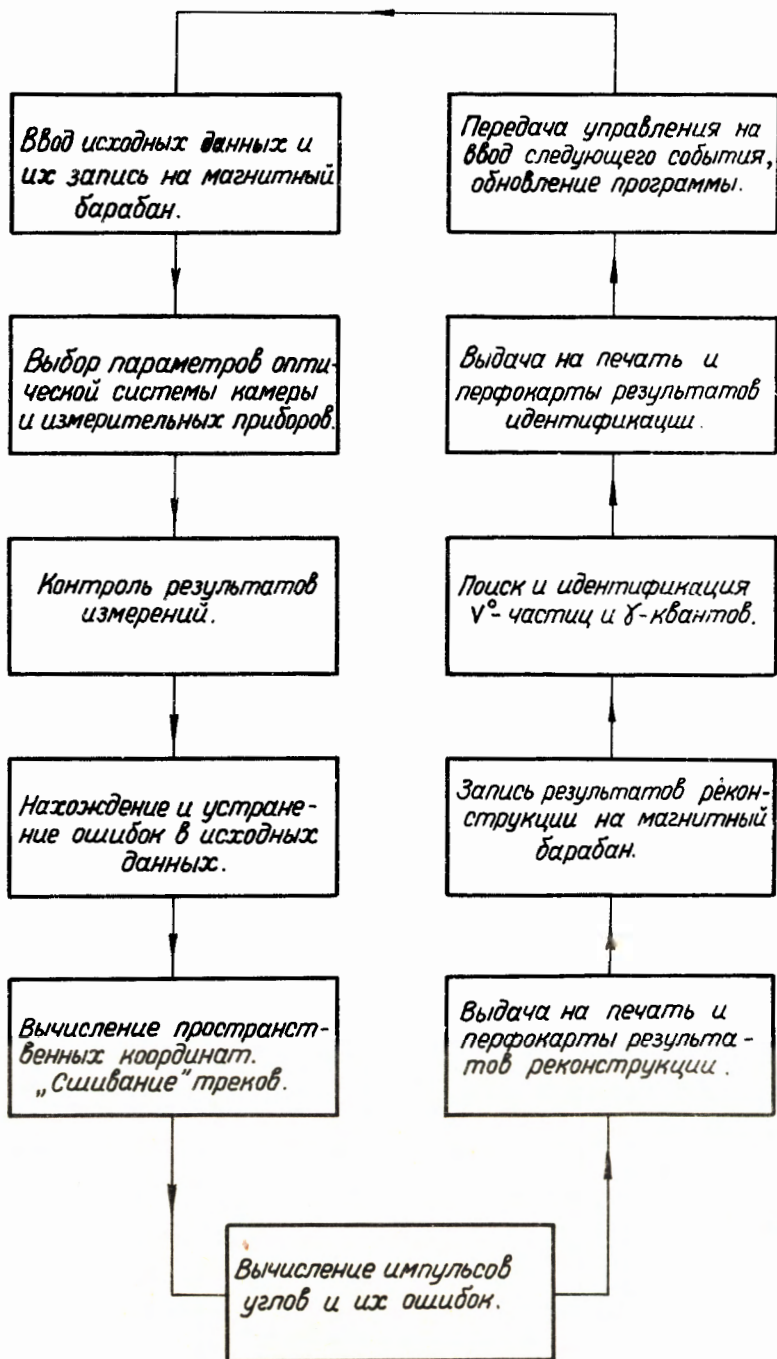


Рис. 2. Блок-схема программы.