

Ц84а 1

Б-15

3183/77



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
Бадалян, С.Т. и др.
Б2-10706.

Б 2 - 10 - 10706

ДЕПОНИРОВАННАЯ ПУБЛИКАЦИЯ

Дубна 19

77

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

Б2-10-10706

С.Г.Бадалян, Н.Н.Говорун, В.Г.Иванов, И.И.Шелонцев

Ц 84 а 1
Б-15

К вопросу использования терминальных устройств ЭВМ
СДС-6500 в системах обработки фотоматериала информации.

31 мая 77

Дубна, 1977 г.

Дубна, 1977 г.

Разнообразные трековые детекторы с фильмовым съемом информации широко используются в экспериментальных исследованиях, проводимых в ОИЯИ. Ежегодно на кузьерьковых, искровых и стримерных камерах Объединенного института ядерных исследований получают сотни тысяч стереоснимков с различного рода случаями ядерных взаимодействий.

Для просмотра и обмера камерных фотографий в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ созданы специальные просмотрные и просмотрно-измерительные столы^{/1,2/}, полуавтоматические^{/3/} и автоматические измерительные устройства.^{14,5/}

Анализ результатов обмера камерных фотографий производится на ЭВМ Института (СДС-1604А, БЭСМ-6, СДС-6500) по специальным системам программ^{/6,7/}. В ходе этого анализа восстанавливается пространственная картина камерных событий, производится их кинематическая идентификация, отбор и накопление данных на лентах суммарных результатов и, наконец, статистический анализ результатов эксперимента.

Оснащение базовых ЭВМ Института (СДС-6500 и БЭСМ-6) терминальными устройствами "Тентроникс" и "Видеотон-340" позволяет значительно повысить эффективность систем обработки фильмовой информации и сократить время анализа экспериментальных данных за счет широкого внедрения интерактивного режима в процесс обработки результатов обмера камерных фотографий.

В данной работе рассматривается проект системы обработки результатов обмера камерных фотографий в интерактивном режиме и необходимого для этой цели математического обеспечения, предназначенного для решения следующих задач:

1. Анализа результатов обмера камерных фотографий.
2. Контроля качества обмера элементов событий.
3. Подбора констант, используемых в процессе анализа данных по различным программам системы.
4. Обучения пользователей работе с программами обработки фильмовой информации.

§ 1. Традиционная схема организации процесса обработки фильмовой информации

На рис. 1 показана принятая в настоящее время схема организации процесса обработки фильмовой информации с жидководородных камер ОИЯИ.

В ходе предварительного просмотра отбираются снимки, на которых зафиксированы исследуемые случаи взаимодействий налетающих частиц с веществом мишени.

Просмотр производится на специальных просмотревых или просмотриво-измерительных столах^{/1,2/}. Результаты просмотра, включая грубые измерения вершин и треков событий, записываются на магнитные ленты, которые в дальнейшем используются для управления работой сканирующих автоматов (НРД, СИ)^{/4,5/}. При обмере событий на полуавтоматических устройствах^{/3/} результаты просмотра фиксируются на специальных бланках, которые затем передаются в группу измерений.

Измерения отобранных при просмотре снимков производятся на полуавтоматах (НРД, СИ). При обмере снимков на полуавтоматах операторы непосредственно измеряют координаты реперных точек снимков, изображений вершин и треков событий. При обмере снимков на сканирующих автоматах координаты элементов событий выделяются из результатов сканирования с помощью специальных программ^{/8/}.

Обсчет результатов измерений производится на ЭВМ БЭСМ-6 и СДС-6500 по ценочке программ: THRESH-GRIND-AUTOGR-SLICE-SUMX^{/7/}, предназначенных для решения следующих задач:

- Восстановления пространственной картины измеренных событий (THRESH).
- Кинематической идентификации событий (GRIND).
- Формирования лент суммарных результатов - ДСР (AUTOGR, SLICE)
- Статистического анализа результатов эксперимента (SUMX).

I. В процессе восстановления пространственной картины обмеренных событий вычисляются пространственные координаты вершин и параметры выходящих из них треков. На заключительном этапе, перед записью данных на ленту результатов, программа проверяет, все ли треки события восстановлены. События, в которых восста-

повлени все треки, записываются на ленту хороших результатов, а остальные на ленту плохих результатов.

События, в которых геометрическая программа восстановила не все измеренные треки, анализируются и отправляются на повторные измерения или домеры отдельных треков. В последнем случае необходимо производить "сшивание" результатов реконструкции событий и результатов реконструкции отдельных треков, которые были забракованы программой после первого измерения.

В ряде случаев результаты реконструкции каждого трека выдаются на печать и производится дополнительная отбраковка "хороших" событий. В качестве критериев отбора используются значения импульса пучковой частицы, разброс измеренных точек трека относительно траектории частицы и т.п.

II. Кинематическая идентификация события заключается в выделении наиболее вероятной гипотезы на основе анализа закона сохранения энергии-импульса. Под гипотезой здесь понимается присвоение конкретных значений масс трекам событий. В качестве критерия отбора в кинематической программе *GRIND* используется критерий χ^2 . Результаты кинематической идентификации всех событий, независимо от полученного результата, записываются на магнитные ленты. На печать о каждом обчисленном событии выдается только одна строчка, содержащая номер события и результат фитирования в закодированной форме.

III. Поскольку при кинематической идентификации событий по критерию χ^2 не всегда однозначно идентифицируются события, производится дополнительный просмотр, в ходе которого наблюдается на снимках ионизация треков событий, сравнивается с вычисленной при различных предположениях о массах соответствующих частиц.

Необходимая для этого анализа информация о импульсах частиц, их ионизация и т.п. выдается на печать с помощью программы *AUTOGR*, которая также для каждой рассмотренной гипотезы или гипотез, удовлетворяющей задаваемым пользователем критериям отбора, перфорирует специальную перфокарту (*slice*-карту). На *slice*-карте указывается номер события и шифр гипотезы. В процессе просмотра экспериментатор отбирает только те гипотезы и соответствующие им *slice*-карты, для которых наблюдаемая на снимках ионизация треков события совпадает или противоречит вычисленной.

новлены все треки, записываюся на ленту хороших результатов, а остальные на ленту плохих результатов.

События, в которых геометрическая программа восстановила не все измеренные треки, анализируются и отправляются на повторные измерения или домеры отдельных треков. В последнем случае необходимо производить "сшиваение" результатов реконструкции событий и результатов реконструкции отдельных треков, которые были забракованы программой после первого измерения.

В ряде случаев результаты реконструкции каждого трека выдаются на печать и производится дополнительная отбраковка "хороших" событий. В качестве критериев отбора используются значения импульса пучковой частицы, разброс измеренных точек трека относительно траектории частицы и т.п.

II. Кинематическая идентификация события заключается в выделении наиболее вероятной гипотезы на основе анализа закона сохранения энергии-импульса. Под гипотезой здесь понимается присвоение конкретных значений масс трекам событий. В качестве критерия отбора в кинематической программе *GRIND* используется критерий χ^2 . Результаты кинематической идентификации всех событий, независимо от полученного результата, записываются на магнитные ленты. На печать о каждом обчисленном событии выдается только одна строка, содержащая номер события и результат фитирования в закодированной форме.

III. Поскольку при кинематической идентификации событий по критерию χ^2 не всегда однозначно идентифицируются события, производится дополнительный просмотр, в ходе которого наблюдается на снимках ионизация треков событий, сравнивается с вычисленной при различных предположениях о массах соответствующих частиц.

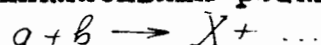
Необходимая для этого анализа информация о импульсах частиц, их ионизация и т.п. выдается на печать с помощью программы *AUTOGR*, которая также для каждой рассмотренной гипотезы или гипотез, удовлетворяющей задаваемым пользователем критериям отбора, перфорирует специальную перфокарту (*slice*-карту). На *slice*-карте указывается номер события и шифр гипотезы. В процессе просмотра экспериментатор отбирает только те гипотезы и соответствующие им *slice*-карты, для которых наблюдаемая на снимках ионизация треков события совпадает или противречит вычисленной.

Отбор событий (гипотез) на ленты суммарных результатов производится с помощью программы *SLICE*, исходными данными для которой являются результаты кинематической идентификации событий и *slice*-карты, отображенные в ходе дополнительного просмотра снимков.

IV. На заключительном этапе обработки с помощью программы *SUMX* производится статистический анализ результатов эксперимента накопленных на лентах суммарных результатов. В ходе этого анализа вчисляются значения искомых величин и их ошибок, строятся различные гистограммы, идеограммы, двумерные диаграммы рассеяния и т.п. Задавая программе критерии отбора, пользователь может отбирать с лент суммарных результатов определенные типы событий или гипотез и использовать только эти данные для вычисления изучаемых величин.

Такова в общих чертах процедура анализа результатов обмера камерных фотографий с помощью цепочки программ *THRESH-GRIND-AUTOGR-SLICE-SUMX*.

В последние годы в физике высоких энергий большое внимание уделяется изучению инклюзивных реакций, то есть реакций типа:



где в конечном состоянии фиксируется состояние только частицы *X*. При таком подходе изучаемые реакции характеризуются набором распределений, относящихся только к одной из частиц, например, *X*.

Для проведения инклюзивного анализа в протон-протонных и антипротон-протонных взаимодействиях, регистрируемых в камере "Людмила", в ОИЯИ применяется следующая методика^{/9/}.

Обсчет событий, принадлежащих к инклюзивным реакциям, производится по следующей цепочке программ:

THRESH-DUMP-LINEX-SUMX.

Программа *DUMP* является своеобразным аналогом программы *AUTOGR* в рассмотренной ранее цепочке и предназначена в основном для перфорации специальных информационных карт, на которых задается следующая информация:

- Номер события;
- Координаты вершины;
- Номера треков, для которых значения ионизации для различных массовых гипотез отличаются на величину больше заданной.

Для событий полностью восстановленных программой THRESH , программа DUMP перфорирует все возможные наборы информационных карт, из которых затем отбираются карты событий, удовлетворяющих заданным условиям, и массовых гипотез, принятых в процессе визуальной оценки ионизации. Эти карты используются в дальнейшем для переписи данных с ленты результатов THRESH на ленту суммарных результатов.

Программа LINEX по своему назначению аналогична программе SLICE . Исходными данными для этой программы являются результаты реконструкции событий и информационные карты, на которых указываются принятые в процессе визуальной оценки ионизации массовые гипотезы.

Для исключения из рассмотрения треков, относящихся к парам *Далитца* , на специальных картах (*дашты* -карты) указываются номера треков, принадлежащим к этим парам.

Таким образом, анализ эксклюзивных и инклюзивных событий идет практически по одной схеме с одной лишь разницей, что в последнем случае не производится кинематическая идентификация событий, и вместо программ AUTOGR и SLICE используются программы DUMP и LINEX .

§ 2. Основные недостатки традиционной методики анализа результатов обмера камерных фотографий и возможные пути их устранения.

Основные недостатки традиционной методики анализа результатов обмера камерных фотографий, изложенной в предыдущем параграфе, обусловлены в первую очередь большим объемом информации, которую необходимо выдавать на печать и перфокарты.

Действительно, для получения надежных результатов в современном камерном эксперименте приходится обрабатывать десятки, а иногда и сотни тысяч событий. Результаты выдачи на одно событие, прошедшее через соответствующую цепочку программ, занимают в лучшем случае одну-две страницы и несколько перфокарт. Таким образом, при анализе нескольких десятков ^{тысяч} обмеренных событий с учетом перемеров и домеров печать результатов счета занимает около сотни тысяч страниц, и перфорируются десятки тысяч перфокарт, которые нужно интерпретировать и разбирать.

Выдача на печать и перфорацию большого числа данных приводит к тому, что обсчет событий производится не большими массивами, а относительно небольшими группами по несколько сот в каждой для того, чтобы не вывести из строя внешние устройства ЭВМ.

Это обстоятельство затягивает сроки обсчета данных. Кроме того, разбор информации, занимающей десятки тысяч страниц выдачи ЭВМ, и разбор десятков тысяч перфокарт занимает много времени и больших затрат ручного труда. Физические группы буквально "завалены" выдачей с ЭВМ, разбором и хранением которой занимаются специальные лаборанты. В результате, на обсчет и анализ данных уходят годы, хотя имеющиеся измерительные системы и мощные ЭВМ, в принципе позволяют решать эту задачу в течение нескольких месяцев. Так, например, сканирующий автомат типа НРД^{4/} позволяет измерять несколько сот тысяч событий в год. На ЭВМ СДС-6500 по геометрической программе THRESH обсчитывается около 300 событий в час.

Таким образом, на обмер десяти тысяч событий на НРД с учетом перемеров требуется около 3 месяцев, а на их обсчет 40-60 часов времени ЭВМ СДС-6500.

Следует также указать, что статистический анализ результатов экспериментов также связан с выдачей на печать большого числа гистограмм, идеограмм и т.п., значительное число которых выбрасы-

вается после первого просмотра.

Таким образом, устранить отмеченные выше недостатки в методике анализа результатов обмера камерных фотографий можно путем резкого сокращения количества выдаваемой на печать информации, исключения из процесса анализа перфокарт и организации просмотра результатов счета с помощью специальных программ.

Одним из возможных путей решения этой задачи - является автоматизация процесса анализа результатов обмера камерных фотографий с помощью специальных программ. Но для этого необходимо, чтобы среди исходных данных для реконструкции событий, помимо координат измеренных точек и треков, также присутствовали данные, позволяющие оценивать ионизацию соответствующих треков. В этом случае при реконструкции треков будут рассматриваться только те гипотезы о массах соответствующих частиц, которые не противоречат ионизационным измерениям. При кинематической идентификации отброшенные геометрической программой массовые гипотезы, как правило, также не рассматриваются. Что касается просмотра результатов счета и отбора событий, удовлетворяющих определенным требованиям, то эту задачу можно решить путем создания специальных программ. К сожалению, имеющиеся в настоящее время в ОИЯИ измерительные устройства для обмера камерных фотографий не позволяют получать данные о ионизации треков. Поэтому переход на полностью автоматизированную систему анализа результатов обмера камерных фотографий в настоящее время не предоставляется возможным.

Другим возможным путем устранения отмеченных выше недостатков является внедрение в практику обработки фильмовой информации интерактивного режима и выдачи результатов счета и образов перфокарт на экран дисплея. В этом случае пользователь сможет просматривать интересующие его данные на экране дисплея, а также отбирать и записывать на файл (или ленту) результатов только ту информацию, которая удовлетворяет задаваемым или критериям отбора.

§ 3. Общая схема организации процесса обработки фнльмовой информации в интерактивном режиме.

На рис. 2 показана предлагаемая схема организации процесса обработки фнльмовой информации в интерактивном режиме, включающая в себя также обучение пользователей работе с программами системы, подбор констант для геометрических и кинематических программ, проверку результатов обмера камерных фотографий.

Цепочки программ обработки фнльмовой информации — это большие и сложные системы математического обеспечения. Так, например, текст программ, предназначенных для анализа данных с жидководородных пузырьковых камер ОИЯИ, занимает около 100 тыс. перфокарт с операторами ФОРТРАНа и комментариями, объем соответствующих руководств для пользователей — несколько сот страниц печатного текста. Вследствии этого пользователи должны затратить несколько месяцев на изучение различных материалов для того, чтобы они могли успешно работать с той или иной программой цепочки. В связи с этим целесообразно создать специальную обучающую систему, с помощью которой даже слабо подготовленный пользователь сможет получить в диалоговом режиме информацию, необходимую ему для организации счета по той или иной программе системы.

Вторым важным этапом в процессе анализе результатов обмера камерных фотографий является правильный подбор констант, используемых геометрическими и кинематическими программами. Число этих констант достаточно велико. Так, например, в блоках информации программы THRESH задается около сотни разнообразных констант, значительную часть которых необходимо подбирать в процессе счета. Для подбора значений констант в каждом новом эксперименте необходимо тщательно проанализировать результаты счета нескольких сот, а иногда и тысяч событий, прежде чем приступать к массовой обработке данных. Для быстрого решения этой задачи необходимо иметь набор специализированных программ, позволяющих ценой небольших затрат машинного времени и времени пользователя находить наиболее подходящие значения тех величин, которые изменяются при переходе от одного эксперимента к другому.

Важную роль в процессе анализа результатов обмера камерных фотографий играет методика контроля и оценки качества результатов обмера камерных фотографий. Это связано с тем, что широкое исполь-

зование автоматов значительно повысило число измеряемых событий, а соответственно и абсолютное число событий, отвергаемых геометрическими и кинематическими программами. Так, например, число событий, полностью восстанавливаемых геометрическими программами из измерений на автоматах, как правило, не превышает 70% от общего числа измеренных событий^{/10/}. Естественно, что когда речь идет о тысячах и десятках тысяч отбрасываемых событий, приходится тщательно анализировать причины отказов, что удобнее делать с помощью специализированных программ^{/11/}, т.к. это позволяет экономить время, затрачиваемое на разбор и анализ результатов геометрической реконструкции и кинематической идентификации.

После того, как пользователь научился работать с программами системы, подобрал требуемые константы и проверил результаты обмера камерных фотографий, он сможет приступить к их анализу по соответствующей цепочке программ, просматривая результаты счета и отбирая нужные ему данные в интерактивном режиме с помощью дисплея.

Для решения этой проблемы планируется создание специальных диагностических программ, предназначенных для решения следующих задач:

- Просмотра результатов реконструкции и идентификации событий и выдачи на экран дисплея интересующих пользователя данных как об отдельных событиях, так и суммарных данных о группах событий в форме таблиц и гистограмм.

- Анализа результатов счета по различным программам, отбора и записи на файл результатов событий, удовлетворяющих задаваемым пользователем критериям.

- Анализа причин, по которым геометрические или кинематические программы бракует отдельные события или группы событий.

- Составления списков событий, которые нужно перемерить полностью.

- Составления списков событий, в которых нужно домерять отдельные треки с указанием плохо измеренных треков.

- Объединения результатов реконструкции событий, в которых были восстановлены не все треки с результатами соответствующих домеров.

- Выдачи результатов счета в компактной форме.

- Выдачи на экран дисплея информации, необходимой для визуального анализа минизации при дополнительном просмотре стереоснимков.

- Создания файлов, содержащих *slice* - карты и другие аналогичные карты, предназначенные для отбора гипотез на ленты суммарных результатов.

- Проведения статистического анализа результатов эксперимента в диалоговом режиме.

- Работы с файлами данных, зачеркивания ненужной информации и т.п.

Предполагается, что основные этапы анализа, связанные с участием человека будут производиться в диалоговом режиме с контролем проводимых программами действий на экране дисплея.

§ 4. Назначение и структура обучающей системы.

Имеющийся в настоящее время в ОИЯИ комплекс программ для обработки результатов обмера камерных фотографий является большой и сложной системой математического обеспечения. Помимо рассмотренных ранее программ, предназначенных для анализа данных с жидководородных пузырьковых камер, создаются аналогичные цепочки программ модульной структуры, а также математическое обеспечение для новых трековых установок (СКМ-200, МИС, РИСК) /12/. Суммарный текст программ занимает сотни тысяч перфолент, в описаний - сотни страниц.

Для хранения и поддержания в рабочем состоянии разнообразных версий программ системы и ускорения работ по их развитию и модернизации текст программ разделен на отдельные структурные элементы (последовательности, колоды, секции) /13/. Здесь под последовательностью понимается группа декларативных или других операторов ФОРТРАНа, которая целиком включается в различные подпрограммы. Место в тексте программы, куда нужно вставить ту или иную последовательность, определяется специальным идентификатором, содержащим ее название. Колодой обычно называется отдельная подпрограмма, а секцией - группа колод, последовательностей или специальных директив. В зависимости от назначения секции делятся на следующие группы: основные, корректирующие, декларативные и управляющие.

Основные секции содержат текст программы, разделенный на последовательности и колоды. Изменения и дополнения к основному варианту программы задаются в корректирующих секциях. Декларативные секции состоят из последовательностей декларативных операторов ФОРТРАНа. Управляющие секции предназначены для сборки конкретных версий программы и в нашем случае, как правило, состоят из директив, указывающих названия тех секций, из которых состоит данная версия программы.

Такая организация позволяет хранить на одной магнитной ленте или файле многочисленные версии одних и тех же программ системы и значительно сокращает количество текста, который нужно хранить на лентах или дисках.

Текст программы, разделенный на последовательности, колоды и секции, называется РАМ - файлом.

Сборка рабочих вариантов программы из элементов ее РАМ - файла производится с помощью специального редактора /14/.

Таким образом, для того, чтобы пользователь мог работать с программами обработки фильмовой информации, его нужно не только ознакомить с имеющимися программами, их назначением и многочисленными вариантами и научить вести счет по ним, но также и обучить его собирать нужные варианты программ из элементов соответствующих *РАМ* -файлов, редактировать и модифицировать имеющиеся варианты. Кроме того, целесообразно также снабдить пользователя справочным материалом об операционной системе в том объеме, который необходим для работы с программами и образцами типичных колод пользователя, используемых в процессе обработки фильмовой информации.

Для того, чтобы обучающая система могла решать все указанные выше задачи, в ее состав должны входить следующие элементы: информационно-поисковая, обучающие программы, справочные материалы

Информационно-поисковая часть системы предназначена для ознакомления пользователей с назначением программ обработки и их различными вариантами. В процесс диалога с ЭВМ пользователь должен выяснить, есть ли в системе программ обработки нужные ему версии программ.

Обучающие программы предназначены для обучения пользователей решению следующих задач:

- Сборки требуемых вариантов программ из элементов соответствующих *РАМ* -файлов.
- Тестирования программ.
- Организации счета по программам и составлению колод пользователя.
- Редактирования и модификации имеющихся вариантов программ.
- Определения констант и их заданию в блоках информации.
- Формированию рекордов управляющих карт с заказом ресурсов операционной системе.

Кроме того, в процессе обучения пользователя работе на ЭВМ целесообразно познакомить его с типичными ошибками, которые допускают его коллеги.

Как показывает практика работы на ЭВМ, пользователя необходимо снабжать справочными материалами такими, например, как образцы колод, описание управляющих карт операционной системы, при-

меры блоков информации и т.п. в том объеме, который необходим ему для непосредственной работы. Такое решение позволит экономить время, затрачиваемое на поиск нужных материалов в больших томах многочисленных руководств по математическому обеспечению. В связи с тем, что как математическое обеспечение ЭВМ, так и программы обработки фильмовой информации постоянно развиваются, приходится постоянно обновлять и заменять соответствующие руководства. При небольшом числе пользователей нецелесообразно готовить и издавать материалы по программам типографским способом. Более предпочтительным является хранение кратких описаний и примеров колод и управляющих карт на магнитных лентах или дисках, что позволяет легко вносить в них нужные изменения и получать требуемое число копий. При хранении справочного материала на диске или ленте пользователь сможет в режиме диалога с ЭВМ выяснить, что ему следует сделать для того, чтобы получить требуемые справочные материалы.

Таким образом, работу всех программ обучающей системы целесообразно организовать в режиме диалога человек-ЭВМ.

Как показывает опыт программированного обучения^{/25/}, этот диалог лучше всего вести в режиме, когда программа указывает человеку все возможные ответы на его запрос, из которых ему следует выбрать нужный. Например, на первое обращение человека к информационной системе может следовать такой ответ:

"С каким разделом библиотеки программ Вы хотите познакомиться?"

1. Цепочкой программ TINPUT-SUMX .
2. Системой ГИДРА.
3. Системой РАТСКУ .
4. Программами для МИС, СКМ, РИСК.

Укажите номер интересующего Вас варианта".

Вместо ответа пользователь набирает на клавиатуре дисплея соответствующий номер, после чего следует список новых ответов и т.д., до получения окончательного ответа.

§ 5. Методика подбора констант в интерактивном режиме.

На начальном этапе процесса анализа результатов обмера камерных фотографий проводятся специальные методические исследования, целью которых является определение точностных характеристик измерительного прибора, погрешностей в значениях пространственных координат вершин и параметров треков событий, параметров пучковых треков, выбора критериев идентификации изучаемых реакций, эффективных областей регистрации различных взаимодействий и т.п.^{/15-19/}, а также разнообразных констант, задаваемых соответствующими программам обработки в специальных блоках информации (титлах)^{/20-22/}.

Часть констант и необходимых для анализа величин, например, параметры оптической системы камеры (толщины и показатели преломления сред, через которые производится фотографирование, координаты реперных крестов и узловых точек фотокамер, поправочные коэффициенты для учета дисторсии и т.п.) определяются с помощью специальных вспомогательных программ, не входящих в основную цепочку^{/23/}, или с помощью специальных измерений^{/24/}.

Для определения остальных величин и, в первую очередь, констант, характеризующих точность измерения отдельных элементов события на его стереоснимках, производится пробный обсчет нескольких сот или тысяч измеренных событий, в ходе которого находятся точности обмера реперных точек снимков, отклонения измеренных точек треков от проекций соответствующих траекторий и т.п. Для выбора оптимальных значений различных констант приходится повторять обсчет по геометрической программе или соответствующей цепочке несколько раз, варьируя различные величины, управляющие процессом обсчета.

Результаты обсчета выдаются на печать или записываются на магнитные ленты. Анализируя накопленные в процессе обсчета данные, пользователь строит различные гистограммы для нахождения соответствующих констант и допусков. Использование такой методики для определения большого числа разнообразных констант занимает много времени и требует больших усилий.

Сокращение затрат машинного времени и сроков проведения методических работ можно достичь путем создания специализированных программ, предназначенных для работы в интерактивном режиме. В этом случае пользователь, задав соответствующей программе набор требуемых констант, наблюдает результаты анализа отдельных событий

(или групп событий) на экране дисплея в виде гистограмм и таблиц. Если результаты счета по тем или иным причинам его не устраивают, он может изменить значения ^{одной} или нескольких констант и дать команду на повторный анализ и продолжать этот процесс до получения удовлетворительных результатов.

Рассмотрим возможность использования такого режима на примере подбора констант для программы геометрической реконструкции^{/20/}.

Исходными данными для реконструкции событий по программе THRESH ^{/20/} являются измеренные на снимках координаты изображений реперных крестов, вершин и треков, снабженные соответствующими метками.

Для успешной реконструкции события результаты измерений его элементов должны удовлетворять следующим условиям:

1. Число хорошо измеренных снимков не должно быть меньше двух.

Здесь под хорошо измеренным снимком понимается снимок, на котором измерено не меньше четырех реперных точек, а разница усадки пленки в продольном и поперечном направлениях не превышает заданного допуска.

Реперная точка считается измеренной, если разности между заданными и измеренными значениями ее координат не превышает заданной величины.

Таким образом, для отбора хорошо измеренных снимков необходимо задавать две величины: допуск на расстояние между заданными и измеренными значениями координат реперных точек и максимально допустимую разность усадки пленки в продольном и поперечном направлениях.

2. Проекция вершин и треков должны быть хорошо измерены на трех или в крайнем случае на двух снимках.

Хорошо измеренными проекциями треков события (кандидатами) считаются проекции, удовлетворяющие следующим требованиям:

— Расстояния между каждой парой измеренных на проекции трека точек не должны превышать заданной величины.

— Отклонение каждой измеренной точки проекции трека от окружности, проведенной через все измеренные на ней точки методом наименьших квадратов не должно превышать заданной величины, завися-

щей от радиуса кривизны.

- Расстояния между проекцией вершины и траекториями выходящих из нее изображений треков также не должны превышать задаваемой величины.

Если любая из проекции трека не удовлетворяет указанным требованиям, то она исключается из дальнейшего рассмотрения и в процессе реконструкции не участвует.

3. Число измеренных на снимках проекций треков (кандидатов) события, прошедших соответствующие испытания, должно быть достаточным для реконструкции всех его треков. Так, например, если событие состоящее из трех треков, измерено только на двух стереоснимках и число кандидатов на одном из снимков равно двум, то очевидно, что это событие не может быть полностью восстановлено. В связи с тем, что при обмере снимков на автоматах, а в ряде случаев и на полуавтоматах, проекции треков на снимках измеряются подряд по часовой (или против часовой) стрелки, начиная с пучкового трека, идентификация изображений одних и тех же треков производится программным путем. Для этого из всех возможных пар проекций на снимках его стереопар отбираются такие пары (дублиеты), которые могут принадлежать реальным трекам. Затем из списков дублиетов составляются все возможные триплеты, из которых с помощью специальных критериев отбираются такие, которые могут принадлежать реальным трекам события. Если, после реконструкции триплетов, удалось восстановить не все треки события, программа начинает анализировать оставшиеся дублиеты, компоненты, которых не входят в уже восстановленные триплеты, и продолжает этот процесс до тех пор, пока не будут восстановлены все треки события или исчерпаны списки дублиетов.

В связи с тем, что число триплетов и дублиетов, найденных при идентификации кандидатов, как правило, в 2-3 раза превышает число реальных треков в событиях с числом вторичных лучей от 4 до 11 и более программе приходится восстанавливать в пространстве много лишних кандидатов в треки события, что естественно увеличивает время обсчета данных. Уменьшить число рассматриваемых программой кандидатов можно за счет введения более жестких критериев при составлении списков дублиетов и триплетов, но это может привести к тому, что из-за погрешности в измерениях на промежуточных этапах будут отбрасываться дублиеты и триплеты, принадлежащие истин-

ным трекам события. Поэтому, на промежуточных этапах используются обычно слабые критерии, а основное испытание заключается в пространственной реконструкции отобранных кандидатов.

Для подбора констант на этих этапах процесса реконструкции событий с помощью программы THRESH или другой геометрической программы необходимо выдавать на печать большое количество промежуточных данных, анализ которых позволяет определить искомые величины. Поскольку такая методика определения констант требует очень больших усилий при большой статистике, то они определяются обычно на небольшой статистике или берутся из других экспериментов.

Для того, чтобы ускорить и упростить процесс подбора констант на начальных этапах процесса реконструкции, необходимо создать несколько специальных программ, позволяющих получать распределения искомым величинам и являющихся частями, соответствующих геометрических программ.

Так, например, для определения точностей измерения реперных точек и усадки пленки требуется только та часть геометрической программы, которая занимается обработкой результатов обмера реперов. Добавив к ней подпрограммы для накопления и построения гистограмм разностей между заданными и измеренными значениями координат реперных точек и коэффициента, характеризующего разность усадки пленки в продольном и поперечном направлениях, можно в течение нескольких минут времени центрального процессора ЭВМ СДС-6500 или БЭСМ-6 проанализировать точности обмера реперов в нескольких тысячах событий. Небольшой объем программы, малое время счета и компактная выдача позволяет использовать такую программу в режиме отладки.

По аналогичному принципу можно построить программы для анализа других измеряемых величин и подбора соответствующих констант.

§ 6. Проверка результатов измерений в диалоговом режиме.

Как уже отмечалось в третьем параграфе, одной из задач, которые необходимо решать в процессе обработки фильмовой информации является проверка качества результатов обмера стереоснимков и анализа причин, по которым программы отвергают события.

В принципе эту задачу можно решать с помощью обычных программ, например THRESH /20/, но это требует выдачи на печать большого числа промежуточных результатов (4-5 листов на каждое событие) и больших затрат времени на анализ этих данных. Так, например, в течение последних трех лет постоянно производить анализ причин, по которым программа THRESH /20/ отвергает результаты сканирования снимков на спиральном измерителе /15/, обработанные программами КАЛИБР и ФИЛЬТР /25/. На печать результатов реконструкции были затрачены центнеры бумаги, а на анализ причин отказов - месяцы работы квалифицированных специалистов. В связи с этим была разработана методика контроля и оценки качества результатов обмера камерных фотографий по простым критериям /II/. Эта методика позволяет оценивать число хорошо измеренных событий и находить погрешности в исходных данных, не прибегая к реконструкции событий.

Суть метода заключается в том, что на начальных этапах процесса реконструкции (обработка реперных точек, обработка результатов измерений проекций треков) отбрасываются плохо измеренные элементы (снимки, проекции треков) и проверяется соответствие хорошо измеренных элементов заданной топологии. Так, например, результаты обмера проекций пучкового трека должны удовлетворять определенным условиям, числа проекций вторичных треков с положительными и отрицательными знаками кривизны должны совпадать с числами положительно и отрицательно заряженных вторичных частиц и т.п. Для событий, измеренных только на двух стереоснимках, невыполнение любого из таких условий приводит к тому, что они отбрасываются в процессе реконструкции. Если же событие измерено на трех снимках, то в качестве критерия отбора хорошо измеренных событий используются результаты идентификации соответствующих треков. Если найденное в процессе идентификации число кандидатов в треки

события равно числу реальных треков события, то последнее считается хорошо измеренным. Использование такой методики позволило ценой небольших затрат машинного времени ($\approx 0,4$ сек. на событие) оценивать число хорошо измеренных событий и выяснить причины отказов.

Для эффективного применения этой методики наиболее целесообразно использовать ее в диалоговом режиме, когда пользователь, меняя те или иные критерии отбора и задавая режим работы соответствующей программы, может наблюдать интересующие его результаты на экране дисплея. В этом случае процесс проверки результатов обмера камерных фотографий можно организовать следующим образом (см. рис.3).

После ввода данных о событии проверяется отсутствие грубых ошибок в исходных данных (соответствие топологии измеренного события заданной, наличие достаточного числа измеренных снимков, правильность задания адресов координатных пар и т.п.). Дальнейший анализ продолжается, если событие измерено без грубых ошибок. В противном случае на файл плохих результатов (ФНР) записываются найденные ошибки и программа переходит к чтению следующего события или выдаче результатов на экран дисплея.

Затем проверяется число хорошо измеренных снимков по результатам анализа реперных точек. Если число хорошо измеренных снимков два или более, то проверяется качество обмера проекций треков и вершин. Плохо измеренные проекции треков и вершин исключаются из рассмотрения.

Для событий, измеренных только на двух снимках, проверяется соответствие результатов обмера с заданной топологией события.

На заключительном этапе определяется число кандидатов в треки, найденное в процессе идентификации проекций треков на различных стереоснимках.

Таким образом, эта процедура позволяет оценивать число хорошо измеренных событий и выяснять причины отказов. В случае необходимости можно повторить процесс анализа, изменив значения констант. Программа также должна позволять прерывать процесс анализа на любом из этапов, а также наблюдать результаты счета на отдельных этапах анализа события.

§ 7. Методика анализа результатов обработки камерных фотографий в интерактивном режиме.

Как уже отмечалось, недостатком используемой в настоящее время методики обработки результатов обмера камерных фотографий является выдача на печать большого количества данных о результатах счета и необходимость их просмотра в процессе анализа. Для устранения этого недостатка и сокращения ручного труда, затрачиваемого в настоящее время на анализ результатов счета по различным программам, планируется создание специальных диагностических программ, предназначенных для работы в интерактивном режиме. Рассмотрим методику такого анализа на примере обработки результатов геометрической реконструкции событий по программе THRESH /20/.

Результаты реконструкции событий записываются на два файла (или две ленты). На файл результатов (ФР) записываются данные о реконструкции только тех событий, в которых восстановлены все треки.

В настоящее время, наряду с записью данных на файл (или ленту результатов), на печать выдается информация о результатах реконструкции каждого трека. Эти результаты просматриваются физиками или лаборантами, и из них исключается ряд событий, которые не удовлетворяют критериям отбора хороших событий. В качестве последних используются значения импульсов пучковых треков, среднеквадратичный разброс измеренных точек, наличие массовых гипотез и т.п. Отобранные таким образом хорошие события просматриваются физиками на специальных просмотровых столах. В ходе этого просмотра наблюдаемая на снимках ионизация сравнивается с вычисленной программой для различных значений масс соответствующих частиц. Для последующего отбора гипотез, прошедших проверку по ионизации, с помощью программы DUMP перфорируются специальные информационные карты, из которых затем отбираются только те карты, для которых вычисленные значения ионизации не противоречат наблюдаемой на соответствующих снимках.

Наличие в ОИЯИ терминалов типа ТЕКТРОНИКС и системы математического обеспечения INTERCOM /26/ позволяет организовать эту работу следующим образом:

На первом этапе пользователь с помощью специальной программы получает гистограммы интересующих его величин (значений импульсов пучковых треков, среднеквадратичного разброса и т.п.) для

определения критериев отбора хороших событий. Получаемые гистограммы он сможет наблюдать на экране дисплея и в случае необходимости выдавать на печать.

Затем он задает программе отбора хороших событий соответствующие критерии и получает список хороших событий. При этом по желанию пользователя на печать или дисплей может выдаваться подробная информация о каждом восстановленном треке или только о тех треках, для которых значения ионизаций для различных массовых гипотез отличаются на величину больше заданной. Образы информационных карт в этом случае записываются на специальный файл на системном или частном диске. Используя редактор системы INTERCOM, пользователь сможет "зачеркнуть" лишние карты, на которых указываются массовые гипотезы, противоречащие наблюдаемой на снимках события ионизации соответствующих треков.

В настоящее время, когда терминальные устройства находятся вне пределов комнат с просмотровым оборудованием, пользователь с помощью терминала сможет подобрать критерии отбора хороших событий и получать их список с указанием тех треков, которые нужно просматривать. Редактирование же информационных карт должно производиться отдельно, после просмотра.

Наиболее эффективно интерактивный режим работы можно будет использовать в том случае, когда просмотровый стол и терминальное устройство находятся рядом. В этом случае пользователь, установив на столе соответствующие фотоленки, сможет выяснить результаты реконструкции измеренных на ней событиях и получать нужную ему информацию как о всех, так и отдельных треках интересующих его событий, а также отбирать массовые гипотезы по наблюдаемой ионизации.

Анализ результатов кинематической идентификации в принципе ничем не отличается от рассмотренного, с той лишь разницей, что в этом случае используются другие критерии отбора, а вместо информационных карт используются *slice* -карты.

Интерактивный режим работы можно также использовать для анализа плохо измеренных событий и составления списков домеряемых или полностью перемеряемых событий. В этом случае пользователь с помощью ряда обращений к программе анализа плохо измеренных событий выясняет причины отказов и задает критерии отбора для перемеряемых и домеряемых событий. Так, например, если восстанов-

лены не все треки трех-лучевого события или в событиях с большим числом лучей восстановлено менее половины треков, то вряд ли такие события следует домерять. То же самое можно сказать и о событиях, в которых как правило, не хватает одного из того же снимка. Проанализировав дефекты плохих событий, пользователь задает соответствующие критерии отбора и получает списки тех событий, которые нужно промерить или домерить. В последнем случае, наряду с номером события, указываются порядковые номера проекций не восстановленных треков события на его стереоснимках.

Использование интерактивного режима для "сшивания" результатов реконструкции нескольких измерений одного и того же события позволит наблюдать на экране дисплея значения параметров одних и тех же треков или координат вершин, полученных по различным результатам измерений одних и тех же элементов, получать суммарные данные о повторяемости измерений и на базе этого решать вопрос об объединении данных в один массив или дополнительных домерах или перемерах.

Использование ионизационных измерений в процессе реконструкции позволит использовать изложенную выше методику и разработанные для ее реализации математическое обеспечение для выборочного контроля результатов анализа фоновой информации по различным программам.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.Я.Алмазов, А.С.Буров и др. Большой просмотрный стол для обработки фотографий с пузырьковых камер. ПТЭ, №6, 1969.
2. В.Я.Алмазов, В.Н.Беляков и др. Большие просмотрово-измерительные столы на линии с ЭВМ ТРА. ОИЯИ, Д10-6142, Дубна, 1972.
3. А.Ф.Виноградов, Н.Н.Говорун и др. Система для измерения камерных снимков на базе полув автоматических измерительных приборов, работающих на линии с ЭВМ БЭСМ-4. ОИЯИ, IO-8783, Дубна, 1975.
4. В.Я.Алмазов и др. Установка для скоростной автоматической обработки снимков с трековых камер на базе механического сканирующего устройства типа "Бегущий луч". ОИЯИ, IO-4513, Дубна, 1969.
5. В.М.Котов и др. Спиральный измеритель. Общее описание и результаты определения точностных характеристик. ОИЯИ, IO-7939, Дубна, 1974.
6. Н.А.Буздавина и др. Система программ обработки данных для водородных камер на базе ЭВМ СДС-1604А и "Минск-22". ОИЯИ, PII-4762, Дубна, 1969.
7. Н.А.Буздавина и др. Система программ для анализа результатов обмера камерных фотографий. Материалы семинара по обработке физической информации. Ереван, 1976, стр. 168-173.
8. П.Хоффер. Системы быстрого сканирования и измерения. Автоматическая обработка данных с пузырьковых и искровых камер. Перевод с английского. Москва, Атомиздат, 1971.
9. В.И.Рудь, Л.А.Тихонова. Программа THRIFT и LINEX для обработки инклюзивных p+p и p+p-реакций на ЭВМ БЭСМ-6. ОИЯИ, I-7671, Дубна, 1974.
10. З.М.Косарева, Л.А.Кулюкина, Г.А.Ососков. Математическое обеспечение сканирующего автомата "Спиральный измеритель".
11. Модернизация программ комплекса FILTER по результатам методического эксперимента. ОИЯИ, P10-8613, Дубна, 1975.

11. Н.А.Буздавина, Н.Н.Говорун, В.Г.Иванов, В.А.Степаненко
Методика контроля и оценки качества результатов обмера камер-
ных фотографий.

ОИЯИ, IO-9833, Дубна, 1976.

12. Рабочее совещание по модульной системе программы обработ-
ки экспериментальных данных (Сборник докладов).

ОИЯИ, ДIO-8425, Дубна, 1974.

13. Н.А.Буздавина, Л.Дорж и др.

Секционная система программы обработки фильмовой информации на
ЭВМ БЭСМ-6.

ОИЯИ, IO-7192, Дубна, 1973.

14. Л.Дорж, В.Г.Иванов и др.

Программа модернизации и редактирования текстов программ на ЭВМ
БЭСМ-6.

ОИЯИ, IO-6882, Дубна, 1973.

15. Б.С.Аладашвили, А.В.Беляев и др.

Результаты методического эксперимента по оценке точностных ха-
рактеристик и отладке системы обработки камерных снимков на спи-
ральном измерителе.

ОИЯИ, IO-7940, Дубна, 1974.

16. А.У.Абдурахимов, Н.Ангелов и др.

Исследование некоторых методических вопросов, связанных с обра-
боткой событий, зарегистрированных в 2-х метровой пропановой пу-
зырьковой камере ОИЯИ.

ОИЯИ, I-6967, Дубна, 1973.

17. М.Вдальтер, В.В.Глаголев и др.

Некоторые методические вопросы обработки снимков со 100-сантимет-
ровой водородной пузырьковой камеры ЛВЭ ОИЯИ.

ОИЯИ, I-7153, Дубна, 1973.

18. Б.С.Аладашвили, Б.Бадалэи и др.

Некоторые методические вопросы др -эксперимента на 100-сантимет-
ровой водородной пузырьковой камере ЛВЭ ОИЯИ.

ОИЯИ, I-7645, Дубна, 1973.

19. Е.Баля, О.Баля и др.

Четырехлучевые события с рождением странных частиц в π -взаимодействиях при 16 Гэв/с.

Часть 2. Идентификация нейтральных странных частиц.

ОИЯИ, 1-8338, Дубна, 1974.

Часть 3. Идентификация каналов реакций. ОИЯИ, 1-8339, Дубна, 1974.

20. Н.А.Буздавина, В.Г.Иванов.

Геометрическая программа для жидководородных пузырьковых камер на ЭВМ БЭСМ-6.

ОИЯИ, 10-7192, Дубна, 1973.

21. А.Г.Зайкина, А.Ф.Лукьянцев.

Программа кинематической идентификации событий на ЭВМ БЭСМ-6.

ОИЯИ, 11-5965, Дубна, 1971.

22. Л.Дорж.

Программа подготовки результатов кинематической идентификации событий для статистического анализа.

ОИЯИ, 10-6470, Дубна, 1972.

23. T. C. Program LibRARY, CERN, sec. PUTHON, 1968.

Е.И.Дьячков, И.Клугов и др.

Оптические константы программы геометрической реконструкции событий для экспозиции 100-сантиметровой водородной пузырьковой камеры в пучке π^- -мезонов с импульсом 5 Гэв/с,

ОИЯИ, 10-7611, Дубна, 1973.

24. В.В.Глаголев, А.А.Гулюгин и др.

Стереометрическая и осветительная аппаратура метровой водородной пузырьковой камеры.

ОИЯИ, 13-3633, Дубна, 1967.

25. З.М.Косарева, Л.А.Кумюкина и др.

Математическое обеспечение сканирующего автомата "Спиральный измеритель". ОИЯИ, 10-5574, Дубна, 1971.

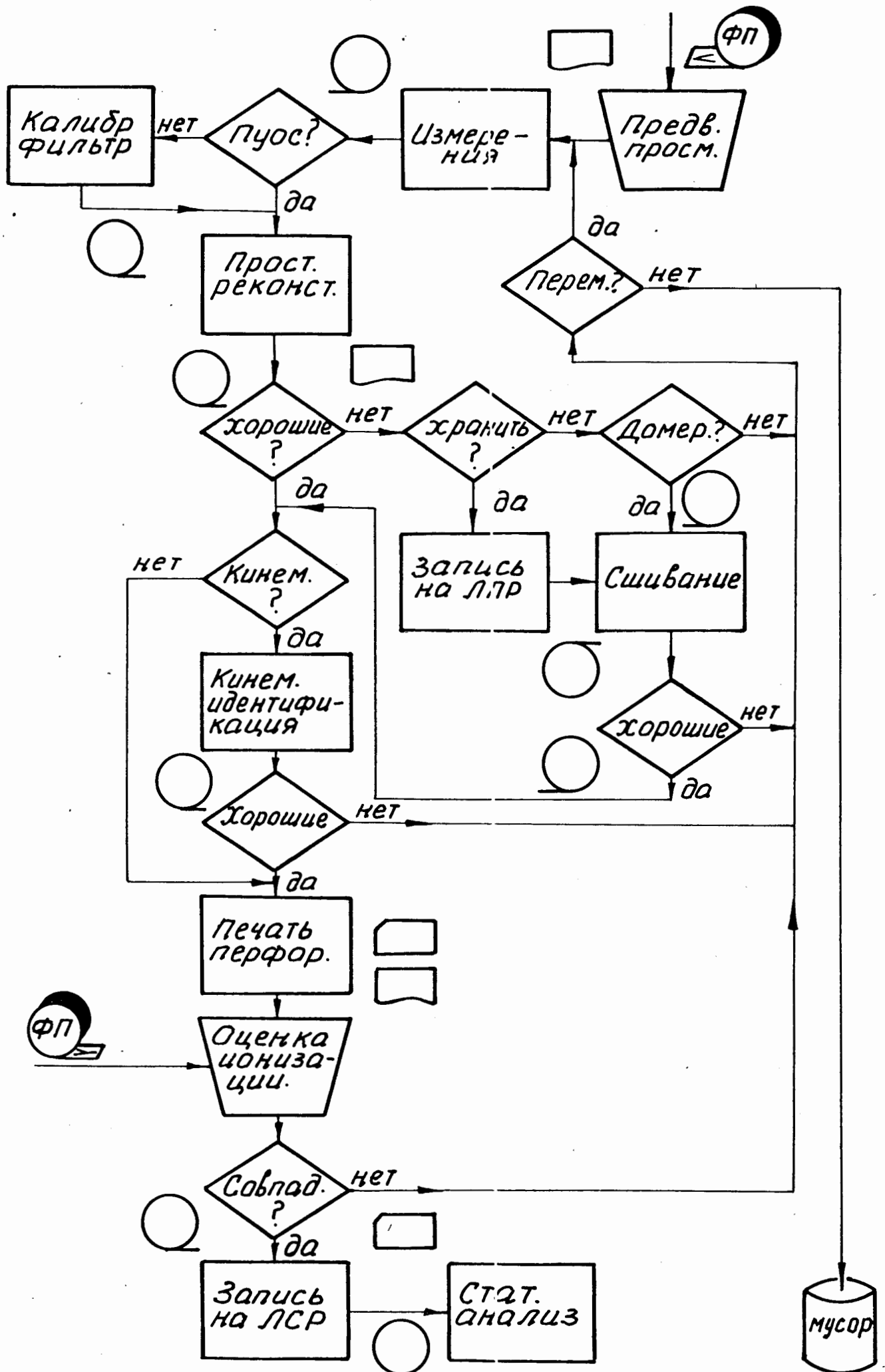
Г.А.Ососков

Исследование вопросов фильтрации данных спирального сканирования. Материалы семинара по обработке физической информации.

Ереван, 1976, стр. 261-267.

26. INTERCOM. VERSION 4. REFERENCE MANUAL.

Publication No. 60494600. Control Data Corporation
1976, USA.



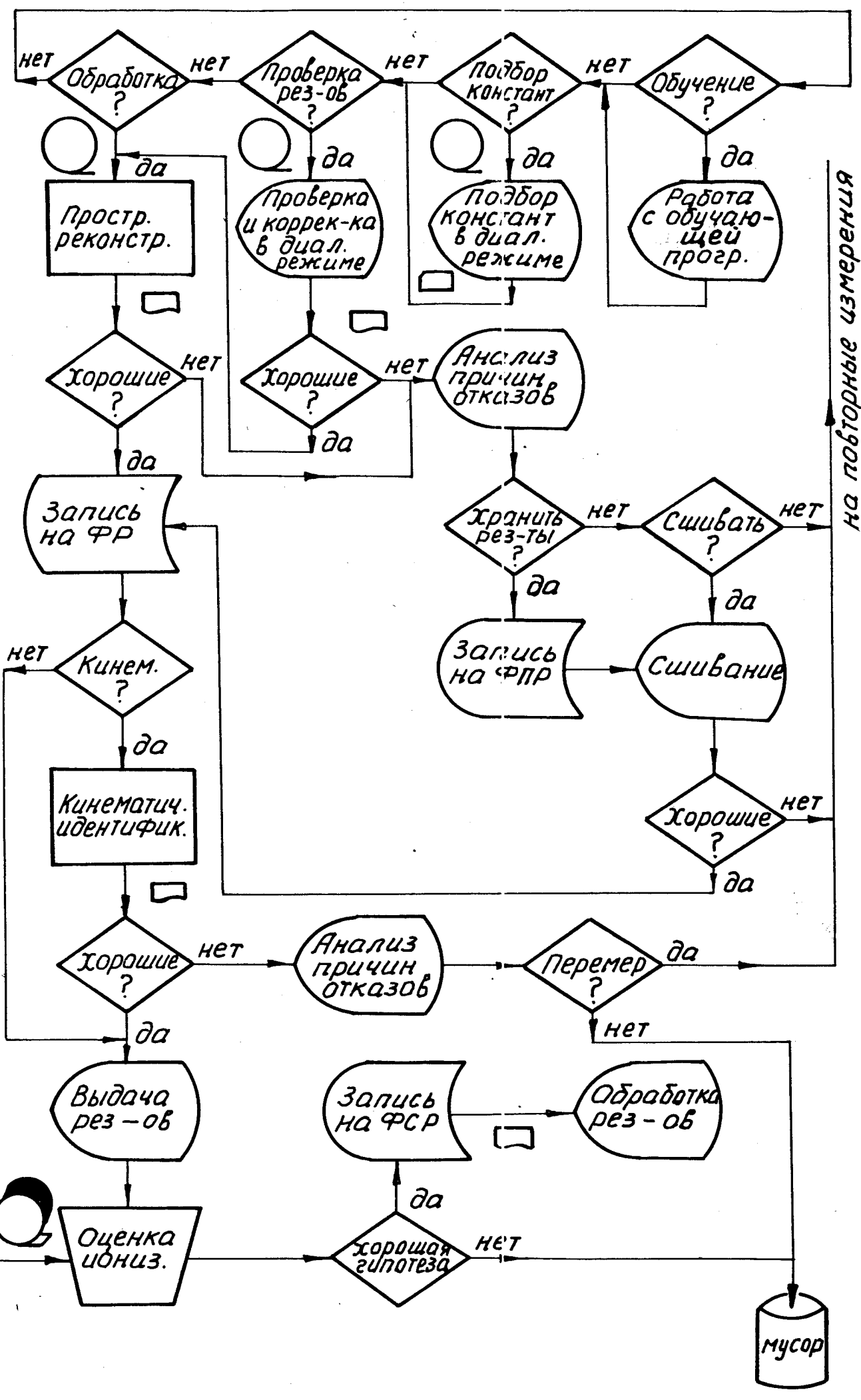


Рис. 2

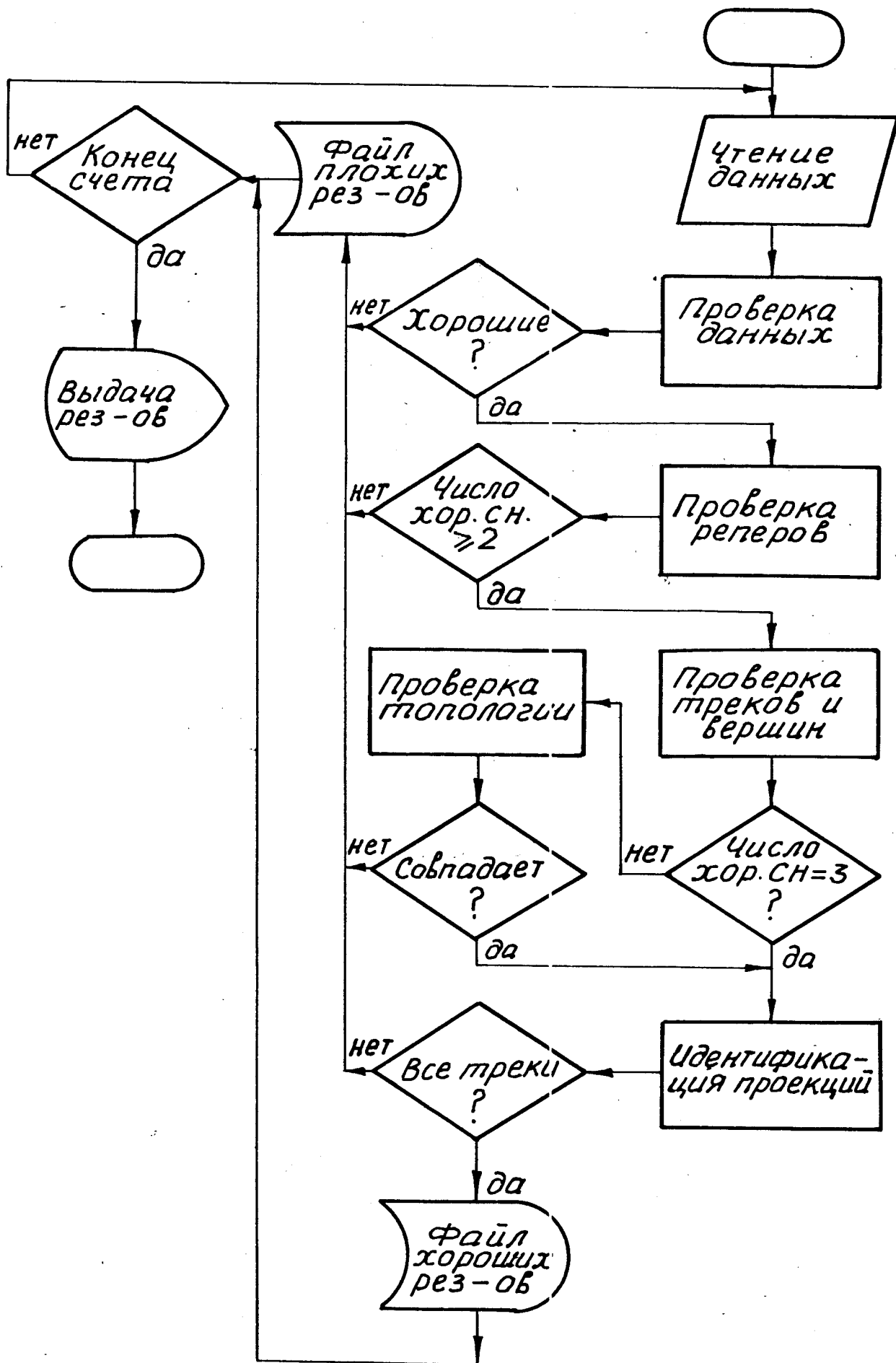


Рис. 3