

5785

ЭКЗ. ЧИТ. ЗА

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P10 - 5785



ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ

Н.А. Буздавина, Н.Н. Говорун, Л. Дорж,
А.Г. Заикина, В.Г. Иванов, Л.И. Лепилова,
А.Ф. Лукьянцев, В.В. Макеев, Б.А. Манюков

СИСТЕМА ПРОГРАММ ОБРАБОТКИ
ФИЛЬМОВОЙ ИНФОРМАЦИИ
С ЖИДКОВОДОРОДНЫХ КАМЕР ОИЯИ
НА ЭВМ БЭСМ-6

1971

Н.А.Буздавина, Н.Н.Говорун, Л.Дорж,
А.Г.Заикина, В.Г.Иванов, Л.И.Лепилова,
А.Ф.Лукьянцев, В.В.Макеев, Б.А.Манюков

СИСТЕМА ПРОГРАММ ОБРАБОТКИ
ФИЛЬМОВОЙ ИНФОРМАЦИИ
С ЖИДКОВОДОРОДНЫХ КАМЕР ОИЯИ
НА ЭВМ БЭСМ-6

ОИ И
БИБЛИОТЕКА

Пузырьковые камеры широко используются в исследованиях, проводимых в настоящее время на ускорителях заряженных частиц. С помощью этих установок ежегодно получают миллионы стереоснимков с различного рода следами ядерных взаимодействий /1/.

Для анализа этого потока экспериментальных данных требуются специальные системы обработки фильмовой информации, позволяющие измерять и обчислять сотни тысяч событий в год.

Современная система обработки фильмовой информации—это комплекс сложной просмотрово—измерительной аппаратуры, разнообразных электронно—вычислительных машин и соответствующего программного обеспечения /1/.

В Лаборатории вычислительной техники и автоматизации Объединенного института ядерных исследований широко ведутся работы по созданию и развитию систем обработки фильмовой информации с трековых камер ОИЯИ.

Для обсчета и анализа результатов обмера камерных снимков на имеющихся и разрабатываемых измерительных устройствах для ЭВМ БЭСМ-6 создана система программ обработки данных с жидководородных пузырьковых камер ОИЯИ. Эта система или входящие в нее программы могут также использоваться при обработке данных и с других трековых камер.

Данная работа посвящена рассмотрению основных характеристик этой системы, возможностям ее дальнейшего развития и анализу трудностей, встретившихся при ее постановке на ЭВМ БЭСМ-6.

Организация процесса обработки стереоснимков с пузырьковых камер

Обработка стереоснимков с пузырьковых камер обычно производится в следующей последовательности /2/:

1. Предварительный просмотр для отбора снимков с изучаемыми событиями.
2. Обмер событий на отобранных при просмотре стереофотографиях на полуавтоматических или автоматических устройствах.
3. Обсчет результатов измерений на электронно—вычислительных машинах по соответствующим программам и статистический анализ результатов эксперимента.

В настоящее время в Объединенном институте обмер снимков с жидководородных камер в основном производится на полуавтоматах, работающих на линии с ЭВМ БЭСМ-4. Результаты измерений накапливаются на магнитной ленте^{/3/}.

При использовании для обмера снимков полуавтоматов с записью данных на бумажную ленту, последние для дальнейшей обработки переписываются с бумажной ленты на магнитную на малой вычислительной машине CDC-I60A.

Планируется также использовать для обмера снимков с жидководородных камер измерительную систему на базе просмотрных столов (БПС-2), сканирующего автомата типа НРД и ЭВМ CDC-I604A. Эта измерительная система в настоящее время находится в опытной эксплуатации^{/4/}. Кроме того, в Лаборатории ведутся работы по созданию измерительной системы на базе "Спирального измерителя"^{/5/}.

Для обмена информацией между вычислительными машинами БЭСМ-4, БЭСМ-6 и CDC-I604A к первым двум подключено по стандартному магнитофону фирмы CDC^{/6/}. Это позволяет использовать в качестве носителя информации при переходе от одной машины к другой магнитную ленту.

При обмере событий на полуавтоматах и сканирующем автомате записываемая на ленту информация отличается не только форматами записи, но и рядом данных. Так, например, при обмере событий на полуавтоматах оператор находит изображения одних и тех же треков на различных снимках и присваивает им соответствующие метки. При обработке измерений, проводимых на сканирующем автомате или "Спиральном измерителе", эта задача должна решаться автоматически программным путем. Кроме того, при обмере событий с помощью "Спирального измерителя" в исходных данных содержатся координаты изображений треков, которые не относятся к рассматриваемому событию, и их следует отбросить в процессе реконструкции. Таким образом, для обработки событий, измеряемых на автоматических установках, в программу реконструкции следует ввести дополнительные блоки. Естественно, что эти блоки также повышают качество реконструкции событий, обмеряемых и на полуавтоматах, уменьшая число ошибок, допускаемых оператором.

Рассматриваемая система программ предназначена для обмера результатов обмера камерных снимков, проводимых на различных измерительных устройствах Лаборатории. В процессе обмера решаются следующие задачи:

1. Восстановление пространственной картины и определение параметров треков каждого события.

Под параметрами треков здесь понимаются углы, определяющие направление трека, его импульс, а также координаты начальной точки трека.

2. Кинематический анализ для выделения наиболее вероятной гипотезы о событии и уточнение значений параметров треков для этой гипотезы.

3. Статистический анализ результатов эксперимента.

Для решения указанных задач используются специальные версии хорошо известной цепочки программ: *THRESH - GRIND - AUTOGRIND - SLICE - SUMX*^{/7/}.

В отличие от системы программ на ЭВМ *CDC-1604A*^{/8/}, используемой для обработки результатов обмера событий на полуавтоматах, рассматриваемая система предназначена для обсчета результатов измерений, проводимых на полуавтоматах, сканирующем автомате типа *HPD* и разрабатываемом в настоящее время "Спиральном измерителе". Кроме того, при вычислении параметров трека учитываются топография магнитного поля, потери энергии в жидком водороде^{/9/}, производится поиск изображений одних и тех же треков на различных стереоснимках события^{/10/}. При кинематическом анализе события можно учитывать параметры зарегистрированных в камере γ -квантов^{/11/}.

Для стандартизации программы ввода исходных данных (результатов измерений на камерных снимках), получаемых с имеющихся и разрабатываемых измерительных установок, в систему включена специальная программа *TINPUT*.

Рассматриваемая система программ или ее части могут быть использованы для обработки данных и с других трековых камер ОИЯИ, при условии, что исходные данные будут записываться на ленту в соответствующих форматах.

Краткая характеристика программ системы

Как уже отмечалось, система состоит из цепочки программ:

TINPUT - THRESH - GRIND - AUTOGRIND - SLICE - SUMX^{/7,8/}

Рассмотрим кратко назначение каждой программы.

Программа *TINPUT*

Исходными для обсчета по программе *THRESH* данными являются измеренные на стереоснимках координаты реперных точек, характерных точек и треков события, а также необходимая служебная информация. Каждый измеренный на снимке элемент (репер, точка, трек) должен иметь метку, состоящую из двух символов. Метка репера состоит из двух цифр, точки - двух одинаковых букв, трека - буквы и цифры или двух букв, причем первый символ метки трека определяет его начальную точку^{/7/}.

При обмере событий на полуавтоматах ОИЯИ записываемая на бумажную или магнитную ленту информация состоит из двоичных, двоично-десятичных и восьмеричных чисел, т.к. полуавтоматы не снабжены устройствами для занесения на ленту буквенных символов^{/12/}.

Таким образом, для обсчета по программе *THRESH* результатов обмера событий нужно расшифровать данные о событии и снабдить его элементы соответствующими метками^{/13/}.

Программа *TINPUT* решает эти две задачи и формирует данные в так называемые *PRGEOM* массивы. Образец такого массива приведен в приложении. В старой версии программы *THRESH* ^{/7,8/} формирование этих массивов производится подпрограммами, объединенными в часть *REAP*. Устранение этой части из программы *THRESH* позволяет:

1. Сократить длину программы, что весьма важно ввиду сравнительно небольшого объема оперативной памяти ЭВМ БЭСМ-6, отведенной для пользователей (~20к).
2. Стандартизовать подпрограммы ввода и расшифровки данных, т.к. выдача программы *TINPUT* с точностью до названия массивов совпадает с исходными для реконструкции данными, получаемыми при обмере событий на сканирующем автомате типа *HPD*.

Кроме того, такая организация системы позволяет вносить изменения в процедуру обмера событий на полуавтоматах и систему маркировки измеряемых элементов, не затрагивая работу основных программ.

Программа *THRESH*

Версия программы *THRESH* для ЭВМ БЭСМ-6 предназначена для восстановления пространственной картины событий, регистрируемых в жидководородных пузырьковых камерах ОИЯИ, и может быть использована для обработки данных с других трековых камер, оптические системы которых удовлетворяют следующим условиям:

1. Фотографирование рабочего объема камеры производится не более чем четырьмя фотообъективами, причем каждый объектив "видит" весь снимаемый объем.
2. Оптические оси объективов перпендикулярны поверхностям раздела сред, через которые производится фотографирование.

Необходимая для реконструкции события информация: координаты узловых точек фотообъективов и реперных крестов, толщины и показа-

тели преломления сред, через которые производится съемка, топография магнитного поля, соотношение пробег-импульс, предполагаемые массы частиц и набор различных констант задаются программе в виде специальных блоков информации.

Реконструкция пространственной картины события производится в следующей последовательности:

1. Результаты измерений на стереоснимках пересчитываются на плоскость, заданную координатами реперных точек. Обычно это плоскость, где Z -ая координата равна нулю.
2. Проверяется качество измерений проекций трека на каждом стереоснимке и выбрасываются плохо измеренные точки, для чего через точки проекции проводится окружность и вычисляется расстояние от каждой измеренной точки до этой окружности.
3. Находятся изображения одних и тех же треков на различных стереоснимках события при условии, что измерения проводятся на трех стереоснимках.
4. Вычисляются пространственные координаты точек треков и определяются параметры треков с учетом топографии магнитного поля и потерь энергии в рабочей среде.
5. Выбираются треки события, формируется и записывается на магнитную ленту массив с результатами реконструкции для последующего кинематического анализа.

Остановимся на вопросах, связанных с поиском изображений треков на стереоснимках и определением параметров треков.

В программе используется методика поиска изображений треков на различных стереоснимках, разработанная для измерительных систем типа *Vertex Guidance* /10/. К ним относятся системы типа *Minimum Guidance HPD* и "Спиральный измеритель"/1/, т.е. автоматические системы с ручным измерением только вершины события. В программе реконструкции событий в этом случае необходимо иметь набор подпрограмм для поиска изображений одного и того же трека на различных стереоснимках (*TRACK - MATCH*) и выбора из всех восстановленных треков только тех, которые относятся к данному событию.

Трудности, возникающие при решении этих задач, в основном обусловлены следующими факторами. Изображения треков, не относящихся к данному событию, на отдельных снимках могут находиться вблизи вершины. Часть изображений треков события может быть потеряна в

процессе фильтрации. Кроме того, программа фильтрации может давать по два изображения одного трека на одном или на всех снимках события.

Поиск изображений одних и тех же треков производится в соответствии со следующей логической схемой:

1. Через координаты проекций треков в плоскости $Z=0$ методом наименьших квадратов проводятся окружности, вычисляются кривизна и углы, которые образуют касательные к изображениям треков в вершине события.
2. С помощью специальных испытаний на всех стереоснимках отбираются дублиеты изображений, которые могут принадлежать одним и тем же трекам.
3. Из дублиетов отбираются триплеты изображений, которые могут принадлежать трекам события. Для каждого такого триплета вычисляется его "качество". Это — величина, характеризующая достоверность триплета. Чем меньше "качество", тем вероятнее, что изображения триплета принадлежат одному треку. Отобранные таким образом триплеты запоминаются в предварительном списке изображений треков.
4. Из предварительного списка отбирается набор триплетов с наименьшим "качеством", удовлетворяющий критерию единственности членов набора. Это означает, что любое изображение трека должно встречаться в наборе не более одного раза. Этот набор запоминается как список изображений треков и начинается их реконструкция. Если реконструкция какого-либо триплета будет неудачной, то программа будет анализировать оставшиеся триплеты предварительного списка. Восстановленные члены набора вычеркиваются из предварительного списка. Эта процедура повторяется до тех пор, пока не будет исчерпан весь предварительный список триплетов.
5. Если после реконструкции всех возможных триплетов в предварительном списке остались изображения треков, то программа повторяет описанную в пункте 4 процедуру, но уже для дублиетов изображений.

Было показано^{/10/}, что эта методика поиска изображений треков дает хорошие результаты и в случае измерительных систем типа *HPD* с "полным управлением" (*Full Guidance HPD*), а, следовательно, применима и для результатов обмера событий на полуавтоматах.

Определение параметров треков производится с учетом потерь энергии и неоднородности магнитного поля. Программа позволяет учи-

тывать все три компоненты (H_z, H_x, H_y) и их изменение в объеме камеры^{9/}. Эта методика дает хорошие результаты для значений $H_R/H_z \leq 0,2$, где H_R — радиальная компонента магнитного поля ($H_R = \sqrt{H_x^2 + H_y^2}$), а H_z — вертикальная.

Суть метода заключается в следующем:

1. Находятся выражения для расстояния d' (по перпендикуляру) от заданной измеренной точки до траектории частицы в плоскости пленки.
2. Задаются приближенные значения пяти параметров, определяющих траекторию частицы, а также ее масса:
 - λ_0 — глубинный угол,
 - β — угол, который касательная к треку образует с осью X -ов,
 - Z и X (или Y) координаты начальной точки трека,
 - $1/p_0$, где p_0 — импульс частицы.
3. Выражения для d' определяются через поправки к значениям каждого из пяти параметров.
4. Используя стандартную методику, вычисляют наилучшие значения для этих поправок из условия минимального значения $\sum d_i^2$, взятой по всем измерениям.
5. Эта процедура повторяется до тех пор, пока разница между значениями вычисляемых поправок не станет меньше заданной величины.

Программы GRIND и AUTOGR (AUTOGRIND)

Программа *GRIND* предназначена для выделения наиболее вероятной гипотезы о событии и уточнения значений параметров частиц для этой гипотезы.

Под гипотезой здесь понимается присвоение конкретных значений масс частицам, образующим данное взаимодействие, с учетом законов сохранения электрического, барионного и странного зарядов.

Для выделения наиболее вероятной гипотезы применяется метод наименьших квадратов. В качестве уравнений связи используются законы сохранения энергии-импульса.

Из всех наборов параметров частиц, удовлетворяющих уравнениям связи, нужно выбрать такой, который лучше всего соответствует экспериментальным данным. Для этого используется критерий χ^2 . Нахождение минимального значения χ^2 производится с помощью метода неопределенных множителей Лагранжа. За

начальное приближение берутся значения параметров частиц события, вычисляемые в программе реконструкции. Основные этапы работы *GRIND*:

1. Считывание блоков информации для обрабатываемого эксперимента.
2. Ввод исходных данных и их расшифровка.
3. Изучение топологии события и установление последовательности, в которой должна проводиться идентификация одновершинных взаимодействий.

Рассмотрим для примера реакцию: $\pi^- + p \rightarrow \Lambda^0 + K^0$.

В этом случае мы имеем три вершины: точка взаимодействия налетающего π^- -мезона и точки распада Λ^0 и K^0 -частиц.

4. Кинематический анализ вершин события и связанных с ними треков (одновершинный фит). Программа начинает идентификацию с одной из вторичных вершин и постепенно переходит к главной вершине, используя результаты фитов в предыдущих вершинах для связывающих треков (ν^+ , Σ^+ -частицы).
5. Проведение одновременного фитирования всех экспериментальных данных с учетом законов сохранения энергии и импульса во всех вершинах события (многовершинный фит). Эта процедура выполняется тогда, когда одновершинный фит в главной вершине события дал положительные результаты. Многовершинный фит особенно полезен в тех случаях, когда параметры одной или нескольких частиц события определены с большими погрешностями (случаи распадов Σ^+ -частиц и т.п.).

Результаты идентификации записываются на магнитную ленту для программ последующей обработки.

Рассматриваемая версия программы *GRIND* в отличие от соответствующей версии на *SDC - I604A*^{/8/} использует в качестве исходных данных результаты реконструкции событий, получаемые с помощью зависящей от массы версии программы *THRESH (Mass Dependent Thresh)* или любой другой геометрической программы, которая выдает результаты в той же форме, что и *MDT*. Кроме того, при проведении кинематического анализа программа также может обрабатывать γ -кванты. В настоящее время программа позволяет идентифицировать события, в которых имеется не более четырех γ -квантов.

Как правило, регистрируемые в трековых камерах γ -кванты образуются при электромагнитных распадах нестабильных частиц, в основном π^0 -мезонов, которые обычно распадаются на два γ -кванта. Ввиду того, что времена жизни частиц, распадающихся по электромагнитным каналам, $\lesssim 10^{-17}$ сек, то можно считать, что точки распада и точки рождения таких нестабильных частиц практически совпадают.

При идентификации вершин γ -квантов и связанных с ними вершин учитываются специфические особенности этих частиц, отклонения электронных и позитронных треков от первоначального направления образовавших их γ -квантов, и вводятся новые уравнения связи, обусловленные законами сохранения энергии и импульса при распаде π^0 -мезонов или других нестабильных частиц.

Включение в программу возможности идентификации событий с γ -квантами расширило возможности ее применения для проводимых в Объединенном институте экспериментов. Такая версия программы может использоваться для обработки данных не только с жидководородных, но и трековых камер, где эффективность регистрации γ -квантов составляет несколько десятков процентов. К ним относятся, в частности, пропановые пузырьковые камеры.

Магнитная лента с результатами счета по программе *GRIND* (*Grind Library Tape*) содержит следующую информацию, относящуюся к одному событию:

1. Экспериментальные значения параметров треков события, вычисленные геометрической программой (выдача *MDT* или другой программы реконструкции).
2. Подобранные значения параметров частиц события и матрица ошибок для приемлемых гипотез.
3. Результаты кинематического анализа для неприемлемых гипотез, выдаваемые по требованию экспериментатора.

При работе программы *GRIND* на печать выдается только служебная информация об обрабатываемых событиях. (Одна строчка на одно событие).

Для выдачи на печать интересующих экспериментатора данных с *Grind Library Tape* используется специальная программа *AUTOGR*.

Эта программа предназначена для выдачи на печать информации об обчисланных по программе *GRIND* событиях в соответствии с задаваемыми экспериментатором критериями отбора (гипотезы, значения χ^2 , значения недостающих масс и т.п.).

Для каждой из отобранных таким образом гипотез программа *AUTOGR* не только выдает на печать необходимые экспериментатору данные, но и формирует перфокарту (*Slice*-карта) со служебной

информацией и данными о гипотезе: номер эксперимента, номер события, дата счета, время счета, тип взаимодействия, номер гипотезы и т.д./14/. *Slice* -карты используются программой *SLICE* для подготовки магнитной ленты с результатами идентификации интересующих экспериментатора событий.

Программа *SLICE*

Программа *SLICE* /7,14/ предназначена для накопления на магнитных лентах, называемых лентами суммарных результатов (ЛСР или *DST*), информации об отобранных событиях в форме, наиболее удобной для статистического анализа экспериментального материала с помощью программы *SUMX*.

Исходные для программы данные находятся на магнитной ленте *GLT* (*Grind Library Tape*) и *slice*-картах. *Slice*-карты определяют номера событий и гипотезы, информацию о которых нужно переписать на ЛСР.

Работа программы *SLICE* протекает в следующей последовательности:

1. Вводятся управляющие карты, блоки информации и *slice*-карты. Последние располагаются в порядке возрастания даты и времени счета.
2. Производится считывание событий с *GLT*, начиная с первого. После считывания событий просматривается набор *slice*-карт. Если для считанного события в наборе *slice*-карт имеется соответствующая ему карта, то начинается формирование массивов информации для указанных гипотез, в противном случае считывается следующее событие и т.д.
3. Для каждой указанной на *slice*-карте гипотезы составляется массив величин в соответствии с требованиями экспериментатора, задаваемыми с помощью блоков информации. Кроме того, в программу можно добавлять специальные подпрограммы для вычисления недостающих величин.

Сформированный таким образом массив данных записывается на магнитную ленту ЛСР. Причем каждой гипотезе события соответствует одна логическая единица записи. Формат записи на ЛСР устанавливается экспериментатором в соответствии с условиями конкретного опыта.

Программа SUMX

Программа *SUMX* /7/ предназначена для статистического анализа результатов эксперимента, накопленных на магнитных лентах (ленты суммарных результатов - ЛСР).

С помощью программы *SUMX* экспериментатор может вычислять средние значения искомым величин и их ошибки; строить гистограммы, идеограммы, двумерные диаграммы рассеяния; суммировать, умножать, вычитать и делить гистограммы. Задавая программе критерии отбора, он может отбирать определенные типы событий из того множества, которые имеются на ЛСР. В программе имеется возможность проводить вычисления требуемых нестандартных величин, которых нет на ленте суммарных результатов. Для этого экспериментатор добавляет к программе свои подпрограммы для проведения дополнительных вычислений (блоки *CHARM*).

Программа *SUMX* может также использоваться для анализа любой статистической информации. В этих случаях нужно либо подготовить специальную версию программы *SLICE* , либо заменить подпрограммы считывания данных в программе *SUMX* в соответствии с форматом записи анализируемых данных.

Режим работы программы, критерии отбора событий и исследуемых величин задаются на информационных перфокартах.

Работа программы *SUMX* протекает в следующей последовательности:

1. Вводятся и анализируются информационные перфокарты, для определения режима работы программы и уточнения операций, которые следует выполнить.
2. Производится считывание данных с магнитной ленты и выполнение заданных программе операций в соответствии с режимом работы, определенном на первом этапе.
3. Выдача накопленных при работе программы результатов на печать или магнитную ленту.

Из приведенного рассмотрения основных этапов работы программы видно, что различные операции выполняются независимо одна от другой соответствующими блоками программы. Это позволило разбить программу на три части, работающих независимо друг от друга в определенной последовательности. Такое разделение позволяет одновременно держать в оперативной памяти машины не всю программу целиком, а только одну из ее частей и соответствующие общие блоки для хранения информации, требуемой всеми частями программы.

Возможности использования системы программ для обработки данных с трековых камер ОИЯИ

Рассматриваемая система программ первоначально создавалась для обработки фильмовой информации с жидководородных пузырьковых камер ОИЯИ (метровой и двухметровой).

Организация программ такова, что вся информация, относящаяся к конкретной установке, специфике эксперимента, набору разнообразных констант, определяемых спецификой задачи, вынесена в блоки информации. Эти блоки вводятся в ЭВМ вместе с самой программой и для каждого конкретного случая составляются экспериментатором в соответствии с требованиями, изложенными в руководствах для пользования программами.

Программы написаны на алгоритмическом языке ФОРТРАН и состоят из отдельных подпрограмм, выполняющих определенные операции и организующие процесс обсчета и анализа.

Эти обстоятельства чрезвычайно упрощают применение системы или отдельных ее частей для обработки фильмовой информации не только с жидководородных, но и других трековых камер.

В тех случаях, когда оптическая система камеры удовлетворяет условиям реконструкции, требуемыми программой *THRESH*, для пользования системой необходимо произвести замену соответствующих блоков информации.

Если для реконструкции событий нельзя использовать программу *THRESH*, как это имеет место для пропановых камер ОИЯИ (метровой и двухметровой), вход в систему может быть сделан на уровне программы *GRIND*.

В этом случае необходимо результаты выдачи геометрической программы на магнитную ленту привести в соответствие с выдачей зависящей от массы версии программы *THRESH (MDT)*.

Именно так и было сделано для создания математического обеспечения экспериментов, проводимых на 2 - метровой пропановой камере. Выдача программы реконструкции ^{/18/} была приведена в соответствие с выдачей *MDT*, а возможности программы *GRIND* расширены за счет добавления блоков обработки γ -квантов. В этом случае программы *SLICE* и *SUMX* используются без переделок.

Программы *SLICE* и *SUMX*, с помощью которых готовятся

ленты с результатами эксперимента и проводится статистический анализ, не зависящий от конкретной экспериментальной установки. При использовании их для обработки данных нужно либо привести выдачу программы кинематического анализа в соответствие с выдачей программы *SLICE*, либо внести в нее необходимые изменения. Таким образом, вход в данную систему может быть произведен на любом из трех уровней: геометрии, кинематики, подготовки к статистическому анализу. Рассматриваемая система программ на ЭВМ БЭСМ-6 или ее части могут использоваться для обработки экспериментальных данных, проводимых не только с помощью трековых камер, но и электронных установок.

Особенности программ, связанные с ЭВМ БЭСМ-6

Электронно-вычислительная машина БЭСМ-6 является в настоящее время основной ЭВМ измерительно-вычислительного комплекса ОИЯИ. Она оснащена магнитными барабанами, магнитофонами и системой математического обеспечения с транслятором с алгоритмического языка ФОРТРАН. Объем оперативной памяти машины - 32000 слов, из которых пользователям отводится около 20 тысяч^{/15/}.

Объем программ обработки *THRESH - GRIND - SLICE - SUMX* значительно превышает выделенный для пользователей участок оперативной памяти БЭСМ-6. Так, например, на ЭВМ CDC-6600 длины программ *THRESH*, *GRIND* и *SLICE* равны 41, 53 и 34 - ... тысячам слов соответственно^{/1/}.

В связи с этим пришлось разбить каждую программу на сегменты, которые хранятся на магнитных барабанах и сменяют друг друга в оперативной памяти машины во время счета^{/16/}.

Общая схема сегментированной программы такова. Программа делится на сегменты: главный (или основной) и вызываемые им сегменты. Главный сегмент постоянно находится в оперативной памяти машины, содержит общие блоки для обмена информацией между различными сегментами и организует их работу. Остальные сегменты производят определенные вычисления и вызываются по мере надобности. Программа может иметь не один, а несколько уровней сегментации.

До последнего времени на ЭВМ БЭСМ-6 использовалась полуавтоматическая система сегментации с динамической перезагрузкой сегментов. Многократное обращение к магнитным барабанам в процессе счета приводит в такой системе к заметному увеличению времени счета. При

этом в целях экономии машинного времени необходимо оптимальным образом организовать разбиение программ на сегменты. В частности, целесообразно выносить подпрограммы и функции, встречающиеся в различных сегментах одного уровня, в головной сегмент этого уровня или программы с помощью оператора *EXTERNAL* .

Переход на использование варианта системы математического обеспечения БЭСМ-6 со статической загрузкой сегментированной программы существенно сокращает время счета. В этом случае на магнитном барабане хранятся сегменты не в относительных, а в истинных адресах, и в процессе загрузки сегмента производится только считывание и передача управления головной программе данного сегмента.

Другая особенность программ связана с тем, что структура логической единицы записи данных на магнитных лентах, используемых на ЭВМ БЭСМ-6, отличается от соответствующей структуры на вычислительных машинах фирмы *SDC* /17/. Чтобы использовать те же подпрограммы операций с магнитными лентами, что и на ЭВМ фирмы *SDC* , записываемый массив разбивается на группы по 255 слов в каждой. Однако записываются на ленту и считываются с нее группы по 256 слов. Первое слово группы является контрольным. Это слово не равно нулю, если данная группа является последней в соответствующей логической единице записи, и определяет число групп в записи. Во всех остальных группах контрольное слово равно нулю. Считывание логической единицы записи в память производится с помощью многократного использования оператора *READ* .

При считывании данных с магнитофона фирмы *SDC* , используемого для обмена информацией между различными вычислительными машинами, необходимо считанную информацию преобразовывать в соответствии с формой представления целых, вещественных чисел и холерических констант на БЭСМ-6.

Вопросы дальнейшего развития системы

Развитие рассматриваемой системы программ планируется проводить в следующих направлениях:

- I. Увеличения числа программ системы за счет включения в нее различного рода служебных и вспомогательных программ *INDEX PYTHON* /7/ и т.п.

- П. Совершенствование используемых в программах методик решения тех или иных задач.
- Ш. Создание секционных вариантов программ обработки и запуск на ЭВМ БЭСМ-6 программы типа *PATCHY* [7].

PATCHY — это специальная программа для обновления и редактирования больших программ, написанных на ФОРТРАНе и разделенных на отдельные секции. Каждая секция состоит из группы подпрограмм и решает одну или несколько конкретных задач.

Работа с большими программами с помощью *PATCHY* значительно ускоряет и облегчает труд пользователей. Так, например, в этом случае нет необходимости работать с большими колодами перфокарт, уменьшается нагрузка на устройства ввода данных в ЭВМ, вследствие того, что вместо тысяч перфокарт нужно вводить десятки.

Решение этой задачи значительно ускорит работы по созданию специальных версий программ обработки на базе существующей системы и сокращению времени счета для конкретных экспериментов. Дело в том, что основные версии программ обработки являются весьма универсальными и имеют много возможностей, из которых не все используются в конкретных опытах. Поэтому за счет уменьшения универсальности программ можно добиться сокращения времени счета на ЭВМ для отдельных конкретных экспериментов.

Заключение

В настоящее время система программ проверена на искусственных событиях, которые генерировались с помощью специальной программы, и реальных событиях с метровой жидководородной камеры ОИЯИ.

В ближайшее время начнется опытная эксплуатация системы, в ходе которой будет произведен обсчет и анализ нескольких тысяч различного типа событий с этой камеры и получены данные о временах счета событий по рассмотренным программам.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность М.Г.Мещерякову, В.П.Ширикову и Н.Н.Силину за постоянную помощь и интерес к работе; Н.С.Заикину, В.В.Галактионову — за написание ряда подпрограмм и полезные обсуждения. Один из авторов (Лукьянцев А.Ф.) благодарит В.И.Мороза, В.И.Никитину, Т.Г.Останевич и Г.Н.Тентюкову за обсуждение вопросов, касающихся идентификации γ -квантов.

ЛИТЕРАТУРА

1. W.M.R. Blair
Automation in the measurement of bubble chamber film
CERN - DD/DA/68/9
G.R. Macleod
Computers and computation in experimental high energy physics.
CERN/DD/DH/69/8.
2. A.H. Rosenfeld, W.E. Nuyphuy.
Analysis of bubble chamber data.
Ann. Rev. Nucl. Sci., 13, 103 (1963).
3. З.М.Иванченко, Р.В.Малышев, В.Н.Шигаев.
Управление и организация обработки данных в системе измерительных полуавтоматов на линии с ЭВМ.
Препринт ОИЯИ, IO-4879, Дубна, 1969.
4. В.Я.Алмазов, А.С.Буров и др.
Большой просмотровый стол для обработки фотографий с пузырьковых камер.
ПТЭ, № 6, 1969.
В.Я.Алмазов, Ю.Г.Войтенко и др.
Установка для скоростной автоматической обработки снимков с трековых камер на базе механического сканирующего устройства типа "Бегущий луч".
Сообщение ОИЯИ, IO-4513, Дубна, 1969.
В.Н.Шигаев.
Структура математического обеспечения измерительной системы типа ХЕЙЗ (HAZE).
Материалы совещания по программированию и вычислительным методам решения физических задач, ч. I, Дубна, 1969.

5. А.Я.Астахов, Ю.А.Каржавин и др.
Спиральный измеритель .
Препринт ОИЯИ, РЮ-4943, Дубна, 1970.
6. Р.Видеманн.
Подключение магнитофонов CDC-608 к ЭВМ БЭСМ-6 .
Препринт ОИЯИ, Ю-4614, Дубна, 1969.
7. *TC Program Library, v. 1, 2, 3, CERN, 1968.*
8. Н.А.Буздавина, П.Бухгольц, Н.Н.Говорун и др.
Система программ обработки данных для водородных камер на базе ЭВМ CDC-1604A и "Минск-22".
Препринт ОИЯИ, РИ-4762, Дубна, 1969.
ПТЭ, № 3, 1970.
9. *W. G. Moorhead.*
Least squares fit of bubble chamber tracks taking into account energy loss and magnetic field inhomogeneity.
CERN. - DD/DP/67/6,
V. G. Ivanov, W. G. Moorhead.
Results of least squares fit of bubble chamber tracks taking into account three components of magnetic field. CERN-DD/DH/69/12.
10. *J. M. Gerard, W. Krischer, D. O. Williams.*
The CERN Track-Match program for vertex guidance bubble chamber measurement system
CERN DD/DP/68/8
W. G. Ivanov, D. O. Williams
A comparison of the Track Matching Procedures used in the HPD Full Guidance and Minimum Guidance Analysis system.
CERN DD/DH/69/11.
11. К.П.Вишневская, А.П.Гаспарян и др.
Эффективность регистрации γ -квантов и определения их кинематических параметров в двухметровой пузырьковой камере ОИЯИ.
Препринт ОИЯИ, 13-4598, Дубна, 1969.

12. В.Я.Алмазов, Н.А.Голутвин и др.
Полуавтоматические установки ПУ для автоматизации измерений камерных снимков .
Препринт ОИЯИ, I352, Дубна, 1964.
13. Н.А.Буздавина, П.Бухгольц и др.
Подготовка исходных данных для программы *THRESH* .
Сообщение ОИЯИ, II-5079, Дубна, 1970.
14. А.Ф.Лукьянцев, И.С.Саитов.
Использование программ *SLICE* на *CDC-1604* для экспериментов с 100-сантиметровой водородной пузырьковой камерой ЛВЭ ОИЯИ .
Сообщение ОИЯИ, P10-5210, Дубна, 1970.
15. В.П.Шириков.
Математическое обеспечение БЭСМ-6 .
Материалы совещания по программированию и вычислительным методам решения физических задач, ч.1, стр. 31-36, Дубна, 1969.
16. И.Н.Силин.
Загрузчик фортраноориентированной системы программирования, использующий "подкачку".
Там же, стр. 43-46.
17. Н.С.Заикин.
Реализация операторов обмена и управления магнитной лентой языка ФОРТРАН на БЭСМ-6 .
Там же, стр. 51-54.
18. Н.Ф.Маркова, В.И.Мороз, В.И.Никитина, А.П.Стельмах, Г.Н.Тентюкова.
Программа геометрической реконструкции для больших пузырьковых камер (Вариант I-6) .
Препринт ОИЯИ, P10-3768, Дубна, 1968.

Приложение

Массив PRGEOM

Массив *PRGEOM* — это массив двоичных чисел, в котором содержатся банки события, реперов, точек, треков и координатные пары в следующей последовательности:

- | | |
|-------------------------|--|
| 1. Длина массива | I слово. |
| 2. Название массива | - I " |
| 3. Главный банк события | - I6 слов |
| 4. Банки реперов | - 6 x <i>NF</i> слов (<i>NF</i> — число реперов). |
| 5. Банки точек | - 6 x <i>NP</i> " (<i>NP</i> — число точек). |
| 6. Банки треков | - 10 x <i>NT</i> " (<i>NT</i> — число треков). |
| 7. Координатные пары | - 2 x <i>NS</i> " (<i>NS</i> — число коорд. пар). |

В главном банке события содержатся: номер эксперимента, номер события, номер оператора, номер измерительного устройства, номер набора блоков информации, число реперов, число точек, число треков, число координатных пар и другая служебная информация, задаваемая пользователем.

Банки реперов и точек содержат по шесть слов, в которых заданы: метка репера или точки (первые два слова) и адреса измерений соответствующего элемента на первом, втором, третьем и четвертом снимках.

Банки треков состоят из 10 слов, в которых заданы: метка трека (первые два слова), число измерений и адрес первого на первом снимке, затем то же на втором, третьем и четвертом снимках.

Рукопись поступила в издательский отдел

24 мая 1971 года.