

С 344,1г

13/9-71

3-172

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

3195/2-71

11-5965



А.Г. Заикина, А.Ф. Лукьянцев

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ

ПРОГРАММА
КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ
СОБЫТИЙ НА ЭВМ БЭСМ-6

1971

11-5965

А.Г. Заикина, А.Ф. Лукьянцев

ПРОГРАММА
КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ
СОБЫТИЙ НА ЭВМ БЭСМ-6

Объединенный институт
ядерных исследований
Библиотека

ВВЕДЕНИЕ

В работе /1/ описана система программ обработки फिल्मовой информации с жидководородных камер ОИЯИ на ЭВМ БЭСМ-6. Одной из основных программ этой системы является кинематическая программа *GRIND* /2,3/. Она предназначена для выделения наиболее вероятных гипотез о событии (по недостающей массе и критерию χ^2) и нахождения уточненных значений параметров частиц для этих гипотез. Под параметрами (переменными) частиц понимаются величины: I/P , где P - импульс частицы, λ - глубинный угол, φ - азимутальный угол.

В настоящее время на ЭВМ БЭСМ-6 работают два варианта кинематической программы, использующих в качестве исходных данных результаты геометрических программ, учитывающих зависимость параметров частиц от их массы /4,5/.

1) Вариант, который при обработке гипотез с Λ^0 и γ (незарегистрированным), рассматривает дополнительное уравнение связи для распада $\Sigma^0 \rightarrow \Lambda^0 \gamma$.

2) Вариант, предназначенный для обработки событий, содержащих не более четырех γ -квантов.

Оба варианта могут применяться для обработки событий, получаемых как в водородных пузырьковых камерах, так и в пропановых, экспонированных в пучках заряженных частиц. Отметим, что использование второго варианта для пропановых камер предпочтительнее

из-за возможности обработки событий с γ .

Исходные данные для программы

Исходными данными для *GRIND* являются:

1) Магнитные ленты, на которых находятся результаты обработки событий по геометрическим программам.

2) Управляющие карты (УПК), на которых задаются номер эксперимента, дата счета, информация о входных и выходных лентах, число событий, которые должны быть обчислены по программе и т.д. При обработке событий, полученных в пропановых камерах, среди УПК должна быть карта *VERSIO* *NAME*, где *NAME* - название программы геометрической реконструкции.

3) Блоки информации на перфокартах, в которых задаются характеристики эксперимента.

Перечислим основные блоки информации:

а) *BEAM*, описывающий характеристики пучковой частицы: заряд, массу, импульс с ошибкой и два угла, определяющие направление пучка с ошибками.

б) *CONS*, содержащий константы, зависящие от конкретной пузырьковой камеры и проводимого эксперимента: максимальную длину треков в камере, константу многократного рассеяния, максимальные допустимые ошибки в углах для зарегистрированных нейтральных частиц $\Delta\lambda_{max}$ и $\Delta\varphi_{max}$, минимальные ошибки координат точек в пространстве ΔX , ΔY , ΔZ и т.д.

в) *CONV*, содержащий константы, необходимые для контроля сходимости итерационного процесса при определении минимума χ^2 .

г) LABEL , в котором задается информация о топологии события при помощи меток начальных и конечных точек треков.

д) Блок гипотез, в котором задаются гипотезы для каждого взаимодействия обрабатываемого эксперимента. Взаимодействие характеризуется типовым числом. Типовое число – положительная пятизначная величина, описывающая топологию взаимодействия, вычисляется по формуле $ITYPE = 50000 \cdot t + 10000 \cdot NV^+ + 1000 \cdot NT^+ + 100 \cdot NV^- + 10 \cdot NT^- + 1 \cdot NV^0 + 500 \cdot t'$,

где $t = \begin{cases} 1, & \text{для распадов} \\ 0, & \text{для сильных взаимодействий} \end{cases}$,

NV^+ – число положительных распадов, NT^+ – число положительных вторичных частиц, NV^- – число отрицательных распадов, NT^- – число отрицательных вторичных частиц, NV^0 – число нейтральных распадов,

$t' = \begin{cases} 0, & \text{для одновершинных фитов,} \\ 1, & \text{для многовершинных фитов.} \end{cases}$

е) RANGE , содержащий таблицу пробег-импульс.

ж) FIELD , содержащий среднее значение магнитного поля в камере и его ошибку.

Постановка задачи и метод решения

Математически задача идентификации формулируется следующим образом: требуется найти значения векторов C и C^* , которые минимизируют функцию

$$\chi^2 = C^T G C + C^{*T} G^* C^* \quad (I)$$

и удовлетворяют уравнениям связи

$$f_{\lambda}(m+c, m^*+c^*)=0,$$

(2)

где m — экспериментальные значения для хорошо измеренных переменных; m^* — экспериментальные значения для плохо или совсем не измеренных переменных c и c^* — векторы поправок для m и m^* соответственно, найденные в процессе итераций; G и G^* — матрицы весов для хорошо и плохо измеренных переменных соответственно;

f — законы сохранения импульса и энергии.

Для решения задачи (1), (2) применяется метод неопределенных множителей Лагранжа, т.е. составляется функция

$$\chi^2 = c^T G c + c^{*T} G^* c^* + 2\alpha f, \quad (3)$$

для которой ищем абсолютный экстремум. Предполагаем, что в окрестности нулевого приближения параметров функции f линейны. В качестве нулевого приближения берутся значения параметров частиц, вычисленные в геометрических программах /4,5/. Раскладываем f в ряд Тейлора в окрестности точки (\bar{c}, \bar{c}^*) , где \bar{c} и \bar{c}^* нулевые приближения для c и c^* соответственно, и сохраняем только линейные члены относительно поправок. Получаем

$$f_{\lambda}(c, c^*) = f_{\lambda}(\bar{c}, \bar{c}^*) + B_{\lambda i}(c_i - \bar{c}_i) + B_{\lambda k}^*(c_k - \bar{c}_k^*).$$

Здесь B и B^* матрицы производных от уравнений связи для хорошо и плохо измеренных переменных

$$B_{\lambda i} = \left(\frac{\partial f_{\lambda}}{\partial c_i} \right), \quad B_{\lambda k}^* = \left(\frac{\partial f_{\lambda}}{\partial c_k^*} \right).$$

Для нахождения значений c, c^* и α составляем систему линейных уравнений

$$\frac{1}{2} \left(\frac{\partial x^2}{\partial c_i} \right) = G_{ij} C_j + B_{\lambda i}^T \alpha_\lambda = 0 \quad , \quad i, j = 1, \dots, n_c \quad (4)$$

$$\frac{1}{2} \left(\frac{\partial x^2}{\partial c_k} \right) = G_{k\ell} C_\ell^* + B_{\lambda k}^{*T} \alpha_\lambda = 0 \quad , \quad k, \ell = 1, \dots, n_c^* \quad (5)$$

$$\frac{1}{2} \left(\frac{\partial x^2}{\partial \alpha_\lambda} \right) = f_\lambda = 0 \quad , \quad \lambda = 1, \dots, n_\alpha \quad (6)$$

Вектор поправок C , как функцию α , определяем из уравнений (4) и подставляем в (6), откуда получаем α , как функцию C^* . Подстановка α в (5) приводит к уравнениям, из которых определяем C^* , а затем, используя значения C^* , определяем α и C . После определения поправок вычисляются новые значения параметров и описанная процедура повторяется до тех пор, пока не будут с заданной степенью точности удовлетворены уравнения связи, и сами поправки не станут достаточно малыми. Если в течение нескольких итераций значения уравнений связи, вычисленные по полученным параметрам, не убывают или получены отрицательные значения хотя бы одного из импульсов, то применяется процедура дробления шага, т.е.

$\bar{x} = (x_{нов} + x_{стар})/2$, где $x_{нов}$ — значение параметров на данной итерации, $x_{стар}$ — значение параметров на предыдущие итерации. И затем повторяется итерация при начальных значениях \bar{x} .

Процедура дробления шага может применяться несколько раз для одной итерации, и число дроблений шага не должно превышать заданной величины. Параллельно с этим происходит накопление суммарного числа дроблений шага для данной гипотезы, и если это число превышает заданную в блоке *CONV* величину, программа бракует данную гипотезу. Гипотеза также отбрасывается, если а) число сделанных итераций превышает заданное; б) получается отрицательное значение величины y^2 ; в) в событии оказалось слишком много неизмеренных

переменных; г) вероятность полученного значения χ^2 больше допустимого минимального значения и т.д.

Заметим, что матрица ошибок $(G^*)^{-1}$ содержит ошибки для плохо измеренных и совсем не измеренных переменных, причем коэффициенты, соответствующие совсем не измеренным переменным полагаются равными нулю. Очевидно, что матрица $(G^*)^{-1}$ вырожденная, поэтому при нахождении минимума χ^2 она не обращается.

Разделение переменных на хорошо измеренные,
плохо измеренные и совсем не измеренные

Разделение переменных вызвано вычислительными трудностями, т.к. при очень больших ошибках некоторые матрицы становятся вырожденными из-за плохой точности определения их коэффициентов и ограниченной точности вычислительных машин.

1) Переменные для нейтральных незарегистрированных частиц считаются совсем не измеренными, и их значения определяются из уравнений связи.

2) Для нейтральных зарегистрированных частиц значения углов вычисляются как направление прямой, соединяющей точку рождения и точку распада V^0 . При этом могут возникнуть следующие случаи:

а) Если $\Delta\lambda < \Delta\lambda_{max}/2$, $\Delta\varphi < \Delta\varphi_{max}/2$, то λ и φ считаются хорошо измеренными.

б) Если $\Delta\lambda_{max}/2 < \Delta\lambda < \Delta\lambda_{max}$, $\Delta\varphi_{max}/2 < \Delta\varphi < \Delta\varphi_{max}$, то λ и φ считаются плохо измеренными.

в) Если $\Delta\varphi > \Delta\varphi_{max}$, то λ и φ считаются совсем не измеренными. Если же $\Delta\lambda > \Delta\lambda_{max}$, то только λ считается неизмеренной переменной.

3) Для заряженных частиц программы геометрической реконструкции вырабатывают признак, который характеризует достоверность найденных значений переменных для трека. Если этот признак отличен от нуля, то все переменные считаются плохо измеренными, а заряд частицы неопределенным. Если признак равен 0, то все переменные считаются хорошо измеренными.

При правильном определении ошибок параметров среднее значение χ^2 зависит от числа степеней свободы, которое определяется как разность между числом уравнений связи и числом неизмеренных параметров. Так как теоретическое распределение χ^2 для конкретного числа степеней свободы известно, можно определить вероятность получения данного или большего значения χ^2 . Эта вероятность вычисляется и выдается на печать для каждой проверяемой гипотезы.

Уравнения связи

Законы сохранения импульса и энергии, выраженные через p, λ, φ , имеют вид:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^n p_i \cos \lambda_i \cos \varphi_i &= 0 \\ \sum_{i=1}^n p_i \cos \lambda_i \sin \varphi_i &= 0 \\ \sum_{i=1}^n p_i \sin \lambda_i &= 0 \\ \sum_{i=1}^n (\pm) \sqrt{p_i^2 + m_i^2} &= 0 \end{aligned} \right\}$$

В эти уравнения параметры всех частиц (зарегистрированных и незарегистрированных) входят равноправным образом. Такой способ представления уравнений связи облегчает написание подпрограмм, вычисляющих значения уравнений связи и их производных по всем параметрам.

При обработке событий часто возникает ситуация, когда геометрические программы не определяют значения некоторых параметров даже для зарегистрированных частиц, например, импульсы нейтральных распадающихся частиц, Σ^{\pm} — частиц и т.д. Поэтому кинематическая программа содержит специальную подпрограмму, которая позволяет определить начальные значения неизвестных параметров, используя законы сохранения в соответствующих вершинах.

Кроме того, в зависимости от проверяемой гипотезы может возникнуть необходимость рассмотрения дополнительных уравнений связи.

На камерных снимках, полученных в пузырьковых камерах с тяжелым наполнением, встречаются события с образованием нескольких

γ -квантов. При идентификации вершин γ -квантов учитываются специфические особенности этих частиц и отклонения электронных и позитронных треков от первоначального направления образовавших их γ -квантов ^{/7/}. После этого вершины распада γ -квантов обрабатываются как V^0 -частицы.

Как правило, регистрируемые в пузырьковых камерах γ -кванты образуются в результате распадов π^0 -мезонов. Точка распада π^0 -мезона практически совпадает с точкой её рождения (время жизни π^0 -мезона $\sim 10^{-17}$ сек). Дополнительное уравнение связи в этом случае выражает закон сохранения энергии для реакции $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ и имеет вид

$$(\vec{p}_{\delta_1} + \vec{p}_{\delta_2})^2 + m_{\gamma}^2 - (p_{\delta_1} + p_{\delta_2})^2 = 0,$$

где \vec{p}_{δ_1} , \vec{p}_{δ_2} - векторы импульсов γ -квантов, а p_{δ_1} и p_{δ_2} их модули.

Если в событии имеется больше двух γ -квантов, то проверяются все возможные комбинации $\gamma_i \gamma_j$, $i < j$, $i \neq j$ при тех же значениях масс для других частиц события. Номера таких гипотез начинаются с 300 и отличаются друг от друга на 100.

Обработка отдельного события

Работа кинематической программы *GRIND* начинается с ввода УПК и блоков информации. Затем программа считывает с магнитной ленты результаты геометрической реконструкции, относящиеся к одному событию.

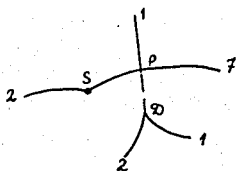
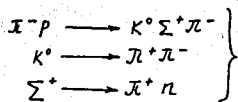
После этого выполняются вычисления, не зависящие от массы частиц, такие как разделение переменных по типам, обработка пучковых треков и т.д. Для установления топологии события исследуются метки точек треков и определяется порядок обработки вершин. Для каждой вершины составляется специальный массив информации (ВКРТ), в который, в частности, заносится номер, определяющий очередность выполнения фита в этой вершине. Программа начинает обработку вершины с наибольшим таким номером по всем гипотезам, соответствующим данному типу взаимодействий, и постепенно переходит к главной вершине, используя в ней результаты предыдущих фитов для связывающих треков. Математическая проблема применения уравнений связи к одной вершине рассматривается, таким образом, полностью изолированно.

но! Однако после обработки одновершинных взаимодействий, включая главную вершину, *GRIND* выполняет многовершинный фит, который заключается в следующем. Для удовлетворительных гипотез в главной вершине строится цепочка из вторичных взаимодействий, в которых также был удовлетворительный фит. Так как в каждой вершине рассматривается четыре уравнения связи, то в этом случае число уравнений связи равно числу вершин, умноженному на 4. Число параметров, которые рассматриваются в процессе минимизации, резко возрастает, т.к. связывающие треки учитываются дважды. Подчеркнем, что результаты одновершинных фитов при многовершинном фите не используются. Это приводит к увеличению числа итераций, необходимых для достижения заданных точностей при удовлетворении уравнений связи, а, следовательно, к дополнительным затратам машинного времени.

Практика эксплуатации программы *GRIND* в ЦЕРНЕ, ОИЯИ показывает, что для простых событий нет необходимости использовать многовершинный фит. Однако при изучении Σ^{\pm} - распадов ($\Sigma^{+} \rightarrow p + \pi^{0}, \pi^{+} + n, \Sigma^{-} \rightarrow \pi^{-} + n$), когда треки Σ^{\pm} являются настолько короткими, что для них невозможно определить импульсы по кривизне (в этом случае они считаются неизмеренными), для определения неизвестных параметров данного взаимодействия необходимо использовать все уравнения связи. Определить минимум χ^2 для такого взаимодействия оказывается невозможно. В этом случае многовершинный фит является единственно приемлемым. Поясним все это на примере.

Пусть мы хотим обработать событие, которое содержит взаимодей-

ствия



Установив топологию события, программа выберет вершину Д как начальную. Вычисляются углы и ошибки трека ДР, выбирается первая гипотеза из блока гипотез, и выполняется фит для этой гипотезы. Процедура повторяется для всех гипотез. Значения параметров и ошибки трека ДР для удовлетворительных фитов запоминаются. Затем обрабатывается вершина S. Используя полученные значения параметров и ошибок трека PS и РД, выбираем одновершинный фит в вершине Р, и окончательно, многовершинный фит в вершине Р, если хотя бы один из одновершинных фитов в этой вершине был удовлетворительным.

Как уже отмечалось, *GRIND* использует в качестве исходных данных результаты геометрических программ /4,5/, которые для каждого трека вычисляют параметры и их ошибки для заданного набора гипотез о природе частицы. Получаемые значения параметров и масса запоминаются в специальном массиве (*BKFIT*). Подпрограммы *GRIND*, осуществляющие процедуру фитирования, для каждой проверяемой гипотезы извлекают из этих массивов соответствующую информацию. Возможны, однако, случаи, когда для одной или нескольких из присвоенных частицам масс в массиве *BKFIT* отсутствует необходимая информация. Это означает, что либо в геометрической программе вообще не рассматривались эти гипотезы, либо получаемые значения параметров были забракованы. В первом случае кинематическая программа сама генерирует массив *BKFIT* и продолжа-

ет обработку гипотезы, а во втором - отбрасывает данную гипотезу и переходит к обработке следующей.

Схема сегментации программы GRIND

Поскольку объем кинематической программы значительно превышает размер оперативной памяти ЭВМ БЭСМ-6, отводимой в настоящее время под программы пользователя (~20К), то при постановке GRIND на БЭСМ-6 нам пришлось воспользоваться методом сегментации. Его сущность заключается в следующем. Программа делится на сегменты (разделы): главный или основной и вызываемые им сегменты. Главный сегмент постоянно находится в оперативной памяти ЭВМ, содержит общие блоки для хранения и обмена информацией между различными сегментами и организует их работу. Остальные сегменты хранятся на магнитном барабане (при статической загрузке - в истинных адресах) и сменяют друг друга в оперативной памяти ЭВМ во время счета по мере надобности.

На рис. I приводится схема сегментации программы GRIND.

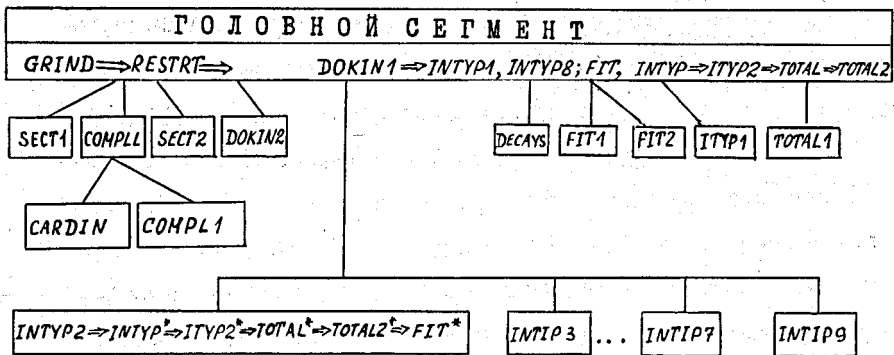


Рис. I. Схема сегментации GRIND .

Замечание:

Подпрограммы разделов, помеченные Ж, находятся в главном сегменте. Знак \Rightarrow означает, что следующая за ним подпрограмма вызывается из предыдущей.

Остановимся на назначении отдельных сегментов.

Подпрограмма *RESTRT* организует обработку одного события, вызывая один за другим необходимые для этого сегменты.

Сегменты *SECT1*, *COMPLL*, *SECT2*, *CARDIN* и *COMPL1* вводят УПК и блоки информации, устанавливают входные и выходные ленты в заданное на УПК положение, считают информацию о событии с входной ленты или п/к, вычисляют внешние ошибки, находят среднее значение магнитного поля вдоль трека, изучают топологию события и устанавливают порядок обработки вершин, обрабатывают пучковый трек в соответствии с информацией, заданной в блоке BEAM.

На этом заканчивается общая обработка события и управление передается подпрограмме *DOKIN1*, которая организует последовательную обработку вершин, обращаясь к соответствующим сегментам.

INTYR1 для каждой вершины. Выбор соответствующего сегмента *INTYR1* зависит от типа взаимодействия (V^{\pm} , V^0 , ...).

Рассмотрим для примера более подробно раздел *INTYR2*, используемый при обработке вторичных взаимодействий, образованных заряженными частицами (V^{\pm}), т.к. последовательность вызова вторичных разделов в каждом *INTYR1* практически одинакова. Каждый такой раздел вызывает сначала раздел *ITYR1*, а затем подпрограмму *ITYR2*. В *ITYR1* выполняются следующие операции:

а) вычисляются параметры нейтральной незарегистрированной частицы, если они еще не были вычислены для данной вершины.

б) определяется заряд мишени (0 или 1) по заряду первичного трека и числу выходящих из вершины треков.

в) вторичные треки в списках располагаются в следующем порядке: положительные распадающиеся треки (V^+), положительные нераспадающиеся (+), отрицательные распадающиеся (V^-), отрицательные нераспадающиеся (-), нейтральные распадающиеся (V^0), нейтральные нераспадающиеся.

г) строится типовое число, используемое для выборки соответствующих гипотез из блока гипотез.

В соответствии с типовым числом подпрограмма *ITYP2* выбирает конкретную гипотезу и вызывает сегмент *TOTAL1* и подпрограмму *TOTAL2*.

Сегмент *TOTAL1* вычисляет недостающую массу и энергию с ошибками, начальные значения параметров частиц для процедуры фитирования и, согласно заданной гипотезе, выбирается масса дополнительной нейтральной частицы. Подпрограмма *TOTAL2* вызывает разделы *FIT1* и *FIT2* для получения уточненных значений параметров частиц, матрицы ошибок для них, величины χ^2 и для записи этой информации на выходную магнитную ленту. После выполнения всех одновершинных фитов для получения наиболее вероятных значений параметров частиц события используется многовершинный фит, осуществляемый сегментом *DOFIN2*.

Из вышесказанного видно, что для обработки каждой гипотезы, по меньшей мере, вызываются три сегмента (*TOTAL1*, *FIT1*, *FIT2*). При большом числе проверяемых гипотез это приводит к значительному

увеличению машинного времени, затрачиваемого на обработку одного события. Сокращение числа сегментов в программе GRIND, а, следовательно, ускорение её работы может быть достигнуто за счет увеличения оперативной памяти, отводимой для пользователя, и путем приспособления программы для обработки конкретного физического эксперимента /6/.

Подготовка колоды п/к для счета

Для работы с программой должна быть составлена колода из следующих перфокарт:

при работе программы в режиме динамической загрузки разделов

* NAME SIDOROV
* ASSIGN TAPE
* ASSIGN FTAPE 01
* ASSIGN FTAPE 06
* PERSONAL LIBRARY
* NO LOAD LIST
* CALL FULLMEMORY
* EXECUTE

управляющие
карты

FINISH

блоки инфор-
мации

FINISH

* END FILE

диспетчерский конец

при работе программы в режиме статической загрузки разделов

* NAME SIDOROV
* ASSIGN ATAPE 60
* ASSIGN FTAPE 01
* ASSIGN FTAPE 06
* NO LOAD LIST
* CALL FULLMEMORY
* CALL EXECUTE

управляющие
карты

FINISH

блоки инфор-
мации

FINISH

* END FILE

диспетчерский конец

На магнитной ленте с логическим номером 60 находятся сегменты программы в истинных адресах. На магнитных лентах с логическими номерами 01, ..., 05 находятся результаты геометрических программ. На магнитные ленты с логическими номерами 06, ... записываются результаты работы программы *GRIND*. Отметим, что каждой используемой магнитной ленте соответствует карта **ASSIGN*.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность Б.А.Манюкову за оказанную помощь при отладке программы, а также Н.Н.Говоруну, Н.С.Зайкину, В.Г.Иванову, В.П.Ширикову, И.С.Сайтову, И.Н.Симину за постоянную помощь и интерес к работе.

Л и т е р а т у р а

1. Н.А.Буздавина, Н.Н.Говорун, Л.Дорж, А.Г.Зайкина, В.Г.Иванов, Л.И.Лепилова, А.Ф.Лукьянцев, В.В.Макаев, Б.А.Манюков.

Система программ обработки फिल्मовой информации с жидководородных камер ОИЯИ на ЭВМ БЭСМ-6. Сообщение ОИЯИ, P10-5785, Дубна, 1971.

2. R. Böck, "Program *GRIND*". TC Program Library, v.2, CERN, 1968.

3. А.Ф.Лукьянцев. "Программа *GRIND*". БИ-10-4398, Дубна, 1969

4. F. Bruyant, "Program *THRESH*". TC Program Library, v.2, CERN, 1968.

5. Н.Ф.Маркова, В.И.Мороз, В.И.Никитин, А.П.Стельмах, Г.Н.Тентюкова. ГЕОМ-7 - руководство для работы с программой. БИ-10-5642, Дубна, 1970.

6. А.Ф.Лукьянцев, И.С.Сайтов. Кинематическая программа *GRIND 2* на ЭВМ СДС-1604А. Сообщение ОИЯИ, IO-5840, Дубна, 1971.

7. К.П.Вишневская, А.П.Гаспарян, В.Г.Гришин, Т.Г.Останевич, В.М.Попова, М.И.Соловьев. Эффективность регистрации γ -квантов и определение их кинематических параметров в двухметровой пузырьковой камере ОИЯИ. Сообщение ОИЯИ, 13-4598, Дубна, 1971.

2. R. Boek. "Program GRIND". TC Program Library, v. 2, CERN, 1968.

4. F. Bruyant. "Program TRESH". TC Program Library, v. 2,
CERN, 1968.

Рукопись поступила в издательский отдел
28 июля 1971 года.