

С 344.1ш

0-756

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА

24/10-78



1821/2-78

Р10 - 11213

Г.А.Ососков, С.П.Перелыгин, В.И.Приходько,  
Т.Тон, В.В.Челнокова

ОБ ОДНОМ АЛГОРИТМЕ СЖАТИЯ ИНФОРМАЦИИ  
ПРИ БЕСФИЛЬМОВОМ СЪЕМЕ ДАННЫХ  
СО СТРИМЕРНЫХ КАМЕР

1978

Р10 - 11213

Г.А.Ососков, С.П.Перелыгин, В.И.Приходько,  
Т.Тон, В.В.Челнокова

**ОБ ОДНОМ АЛГОРИТМЕ СЖАТИЯ ИНФОРМАЦИИ  
ПРИ БЕСФИЛЬМОВОМ СЪЕМЕ ДАННЫХ  
СО СТРИМЕРНЫХ КАМЕР**

Ососков Г.А. и др.

P10 - 11213

Об одном алгоритме сжатия информации при бесфильмовом съеме данных со струйных камер

Описан алгоритм сжатия информации при бесфильмовом съеме данных со струйных камер. В алгоритме используется метод исчисления в остаточных классах. Рассматривается вариант алгоритма, в котором осуществляется слежение за треком. Даются оценки аппаратурных затрат для реализации данного алгоритма, а также приведены результаты его моделирования на ЭВМ.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Ososkov G.A. et al.

P10 - 11213

On an Algorithm of Data Compression at a Filmless Data Readout System for Streamer Chambers

An algorithm for data compression at a filmless data readout system for streamer chambers is described. This uses evaluation method for residual classes. Estimates of the hardware for the algorithm realization, and the results of its modeling on a computer are given.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1978

В ОИЯИ ведутся исследования, связанные с разработкой проекта бесфильмовой системы регистрации и обработки информации с пятиметровой стримерной камеры /СК/ магнитно-ионизационного спектрометра РИСК /1/. Одной из наиболее важных проблем при бесфильмовом съеме является разработка методов и аппаратуры для первичной обработки и накопления экспериментальных данных. В данной работе рассматриваются вопросы сжатия объема первичной информации с допустимой потерей точности восстановления геометрической картины события и точности измерения плотности ионизации.

В общем случае для одного события максимальный объем данных, подлежащих регистрации, равен  $K = n \cdot N \cdot m$ , где  $n$  - количество телевизионных камер,  $N$  - число строк разложения,  $m$  - максимально ожидаемое число треков. В работе /2/ указано, что для стримерной камеры установки РИСК  $n = 10$  /5 камер x 2 проекции/,  $N = 512$ ,  $m = 10$ . Следовательно, для каждого события требуется регистрировать и накапливать до 50 тыс. тринадцатиразрядных координат. С учетом быстродействия СК /несколько срабатываний за цикл ускорителя/ очевидно, что накапливать такие объемы данных традиционными способами /запись на магнитную ленту/ практически невозможно. Это означает, что необходима "on-line"-обработка этих данных с целью сокращения их объема в 20÷30 раз.

Цифровая картина события, зарегистрированного ТВ-камерами, представляет собой набор матриц, состоящих из  $2^{13}$  /координата X / x  $2^9$  /координата Y / элементов

/исходное пространство  $Z$  / и заполненных, главным образом, нулями, которых примерно в 1000 раз больше, чем единиц, заносимых на места отсчетов от изображений треков. В этом пространстве необходимо определить положение треков, являющихся единичными элементами матриц, связанными в линейные образы. Подобную связность можно, в частности, характеризовать корреляционной функцией  $[\Phi]_Z$ , т.е. статистикой второго порядка.

Задача сжатия исходной информации заключается в нахождении такого линейного преобразования исходного пространства  $Z$ , представимого унитарным оператором  $[A]$ , чтобы после трансформации пространства  $Z$  получилась новая статистика  $[\Phi]_A = [A]^T [\Phi]_Z [A]$ , в которой наиболее важные структурные свойства исходного пространства выявились бы на меньшем числе координат преобразованного пространства. Для решения этой задачи могут быть использованы различные функциональные преобразования, известные из практики автоматической обработки изображений /3,4/. К ним относятся такие операции, как преобразование Фурье, Уолша, Карунена-Лоэва, корреляционная обработка, исчисление в остаточных классах, прослеживание по контуру. Анализ этих операций показал, что для решения поставленной задачи наиболее экономичными и достаточно эффективными являются операции исчисления в остаточных классах и прослеживание по контуру. Операция исчисления в остаточных классах предполагает устранение избыточности в кодировании исходного изображения, т.е. в преобразовании групп статистически зависимых элементов треков /стримеров/ в набор менее зависимых мастер-точек с одновременной фильтрацией независимых элементов исходного изображения /помех/.

Для восстановления точной картины события выходная информация должна содержать данные, необходимые для геометрической реконструкции и вычисления плотности ионизации. Эти данные выдаются в виде координат мастер-точек треков и числа отсчетов внутри элементов трека с учетом пропусков и с указанием фона.

Нами предложен путь реализации операции исчисления в остаточных классах, предполагающий два этапа

обработки оцифрованных данных исходного изображения. Первый этап заключается в преобразовании декартовой системы координат с  $2^{13} \times 2^9$  отсчетами по осям X и Y соответственно в систему координат с  $2^8 \times 2^4$  отсчетами. Отсчеты по оси X названы каналами, по оси Y - слайсами. Второй этап возможен в двух вариантах. В одном делается акцент на минимум аппаратных затрат с последующей сложной обработкой выходной информации на мощной ЭВМ. Во втором варианте предложено дополнительно использовать операцию слежения по треку, что позволяет значительно сократить время последующей обработки.

Первый вариант фактически сводится к простой сортировке всех преобразованных координат треков и помех для каждого слайса по горизонтально лежащим каналам, при этом используется только логическое сложение. В результате информация о треках выдается по слайсам в виде координат мастер-точек, представленных номером канала и числом отсчетов, попавших в канал на данном слайсе. Числа отсчетов помимо сведений об ионизации несут информацию о положении трека относительно данного канала и используются затем для последующей геометрической реконструкции в качестве весовых множителей, уточняющих координаты мастер-точек. Данный алгоритм можно реализовать на двух матрицах памяти объемом  $2^8 \times 2^5$  бит для каждой ТВ-камеры с простым устройством управления /длина слайса в этом варианте выбрана равной 16 строкам/. Когда одна из двух матриц заполнена информацией с какого-либо слайса, устройство управления производит соответствующие действия с ее содержимым, другая же матрица заполняется информацией со следующего слайса. Коэффициент сжатия, достигаемый в этом алгоритме, равен 13-15.

Второй алгоритм производит слежение по треку с вычислением в конце каждого слайса значения построчного приращения для координаты X. Он позволяет маркировать мастер-точки, принадлежащие данному треку /что облегчает дальнейшую геометрическую реконструкцию/, выдавать координаты начала и конца треков, вычислять координаты мастер-точек. Математические

операции, необходимые для организации процесса слежения, производятся в исходной и преобразованной системах отсчета, координаты начала и конца трека, а также мастер-точек выдаются в исходной системе отсчета.

Блок-схема алгоритма представлена на рис. 1, где БС - блоки слежения за треками; БХ - блок обработки координат  $X_{ВХ}$  /рис. 3/; БУ - блок обработки координат  $Y_{ВХ}$  /рис. 4/; БВ - блок вычисления координат мастер-точек; Рг<sub>ВЫХ</sub> - регистр выходной информации.

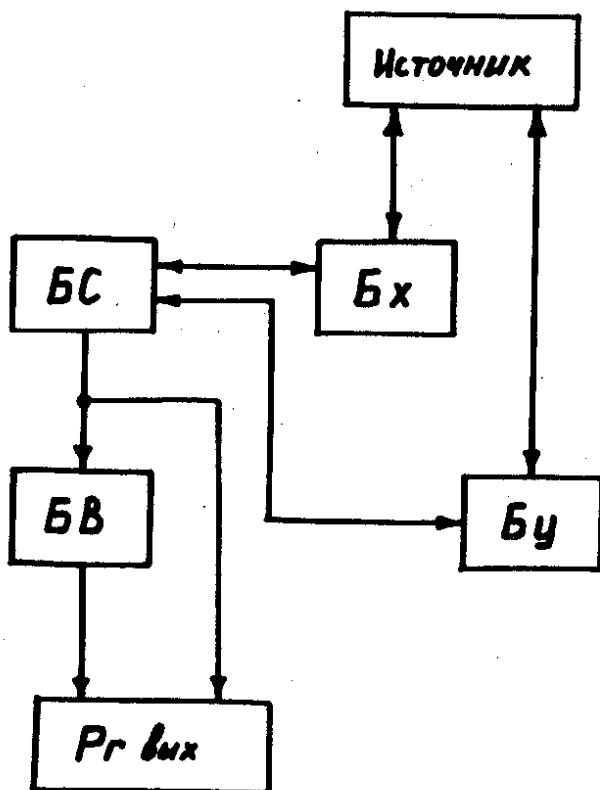


Рис. 1. Блок-схема алгоритма.

Блок обработки координаты  $X$  принимает, анализирует и пересылает в соответствующий БС входные значения  $X_{ВХ}$ . Соответственно, БУ анализирует номер

строки, вычисляет ожидаемые значения координаты X в пробеле трека ( $X'_T$ ), определяет конец треков, формирует и выдает информацию в БВ и РГ<sub>ВЫХ</sub>, а также производит фильтрацию коротких треков ( $n \leq 5$ ) и одиночных помех ( $n=1$ ). В блоке вычисления координат мастер-точек производится вычисление усредненных координат трека для каждого слайса:

$$X_{\text{ВЫХ}} = \frac{\sum_1^n X_T}{n}, \quad Y_{\text{ВЫХ}} = \frac{\sum_1^n Y}{n}.$$

Блоки слежения за треками предназначены для хранения оперативной информации о треке и состоят из элементов памяти.

$X_T$	$\Delta x$	$\Sigma X_T$	$\Sigma Y$	n	N	K	m	c	УР	БЗ		M	З
										$\frac{X_T}{Y}$			
13р	6р	18р	10р	5р	4р	4р	4р	1р	2р	13р	5р	1р	1р
(1р.знак)													

Рис. 2. Структура БС.

Структура одного из блоков слежения приведена на рис. 2, где:

$X_T$  - значение координаты  $X_{\text{ВХ}}$  или вычисленной координаты  $X'_T$  на очередной строке;

$\Delta x$  - ожидаемое приращение координаты X для следующей строки;

$\Sigma X_T$  - сумматор измеренных значений  $X_{\text{ВХ}}$  трека в одной слайсе;

$\Sigma Y$  - сумматор координат Y для измеренных  $X_{\text{ВХ}}$  трека в одном слайсе;

n - число стримеров в слайсе для данного трека;

N - число пробелов в слайсе для данного трека;

K - счетчик числа строк в пробеле;



$m$  - число, указывающее, сколько строк подряд БС следят за данным треком ( $m \leq 16$ );

$c$  - одноразрядный признак трека, в котором  $m$  уже достигло значения 16;

УР - управляющие разряды, характеризующие выходную информацию /начало трека УР = 00, мастер-точка УР = 01, конец трека УР = 10/;

М - одноразрядный признак "Маска", указывающий, что на данной строке имеется  $X_{ВХ}$ ;

БЗ - буферная зона, предназначенная для хранения координат  $X$  и  $Y$ , зафиксированных в начале трека или в конце каждого слайса;

З - одноразрядный признак "Занят".

Число блоков слежения выбирается на основе заданного максимального количества треков. Входная информация представлена блоками, в которых содержится координата  $Y$  и несколько измеренных  $X_{ВХ}$  для данной строки. Значения  $X_{ВХ}$ , начиная с первой строки, последовательно заносятся в соответствующие зоны блоков слежения, при этом в каждом из них устанавливаются признаки "Занят", "Маска" и другая информация /рис. 3/. Дальнейшая обработка входной информации заключается в определении принадлежности координат  $X_{ВХ}$  тому или иному треку, т.е. определенному блоку слежения, по признаку соответствия восьми старших разрядов. Для быстрого отыскания таких БС<sub>1</sub> в блоке обработки координаты  $X$  выделена зона быстрой памяти /БХ<sub>Т</sub> /, работающей по ассоциативному принципу. В эту зону переписываются восемь старших разрядов  $X_T$  из каждого БС<sub>1</sub> по окончании обработки информации с очередной строки. Восемь старших разрядов очередной координаты  $X_{ВХ}$  прежде всего поступают в зону БХ<sub>Т</sub>, и если там нашлось равное значение, то вызывается соответствующий БС<sub>1</sub> и в него записывается вся необходимая оперативная информация /рис. 2/. Если для новой координаты  $X_{ВХ}$  не нашлось соответствия в зоне БХ<sub>Т</sub>, то она объявляется началом трека и в любой свободный блок слежения делается соответствующая запись.

Для того чтобы не потерять трек в случаях, когда на одной или нескольких строках отсутствуют  $X_{ВХ}$  для данного трека, в блок слежения введена зона  $\Delta x$ , в ко-

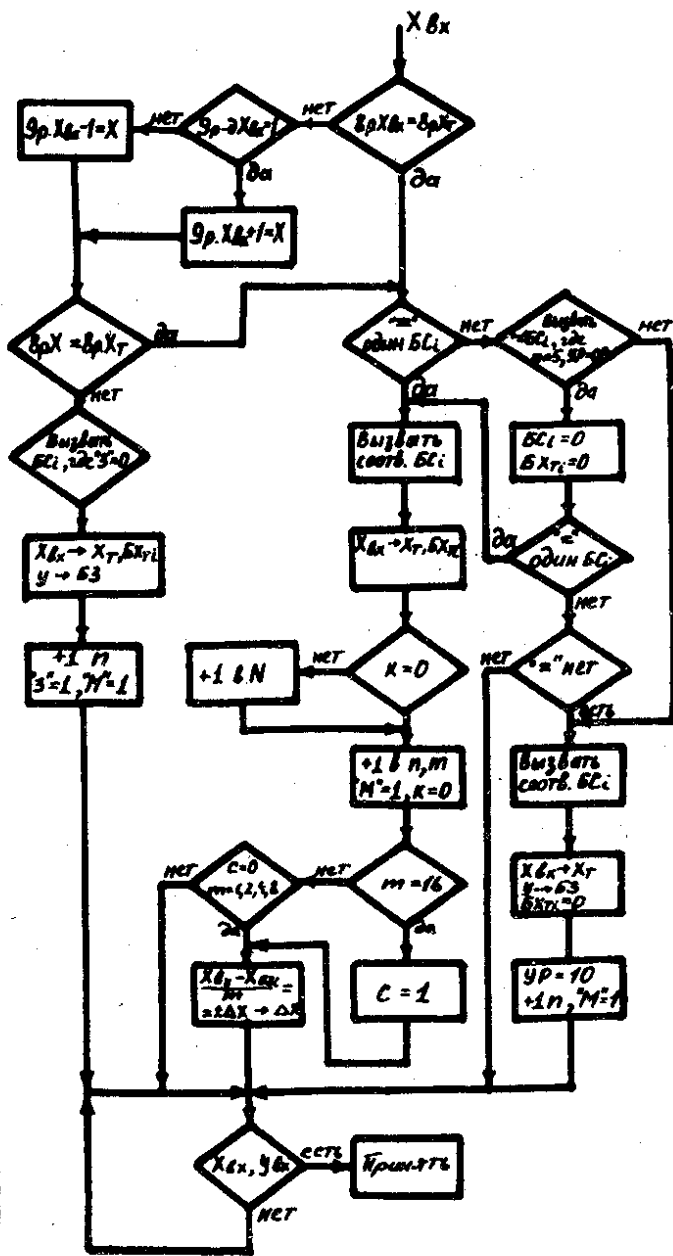


Рис. 3. Блок обработки координаты  $X_{BX} / BX /$ .

торой хранится ожидаемое приращение для данного трека. В начале трека  $\Delta x$  вычисляется последовательно по двум, четырем и восьми строкам, а далее - только по шестнадцати. В конце каждой строки в занятых блоках слежения проверяется признак "М" /рис.4/. Если для какого-либо  $BC_i$  не нашлась координата  $X_{ВХ}$ , то вычисляется ее ожидаемая величина  $X'_T = X_T \pm \Delta x$ . Далее определяется блок слежения, содержимое которого можно выдавать в БВ и  $R_{ВЫХ}$  /условно, по равенству номера  $BC_i$  номеру строки в слайсе/.

Параллельно со слежением за треком регистрируется информация  $(n, N)$ , необходимая для вычисления плотности ионизации трека. Следует отметить, что в случае использования данного алгоритма можно при необходимости учитывать также амплитуду видеосигналов путем добавления в каждый  $BC_i$  зоны памяти для накопления этой информации с последующей выдачей ее на  $R_{ВЫХ}$ .

Формат выходной /сжатой/ информации, поступающей в ЭВМ для накопления, представлен на рис. 5, где ССБС - слово, определяющее состояние блоков слежения. В ССБС содержится признак этого слова II, номер слайса и признаки "Занят" от  $BC_i$  с номером, соответствующим номеру строки в слайсе для всех десяти ТВ-камер. Информация о треке в каждом слайсе характеризуется значениями  $X, Y, n, N$  и управляющими разрядами.

Блоки слежения /10 для одной ТВ-камеры/ можно реализовать в виде матрицы памяти объемом  $16 \times 100$  бит. Кроме того, для управления процессом обработки, выполнения необходимых арифметических операций и выдачи сжатой информации требуется один общий блок управления для всех 10 ТВ-камер. По предварительным подсчетам для аппаратурной реализации блока управления потребуется около 100 корпусов схем ТТЛ средней интеграции. Этот блок сможет обрабатывать информацию последовательно от всех ТВ-камер. Быстродействие в этом случае достаточно для работы в стандарте разложения, указанном в работе <sup>1/2/</sup> /полный цикл одной строки 120 мкс/. При использовании телевизионного стандарта потребуются два таких блока, каждый из которых

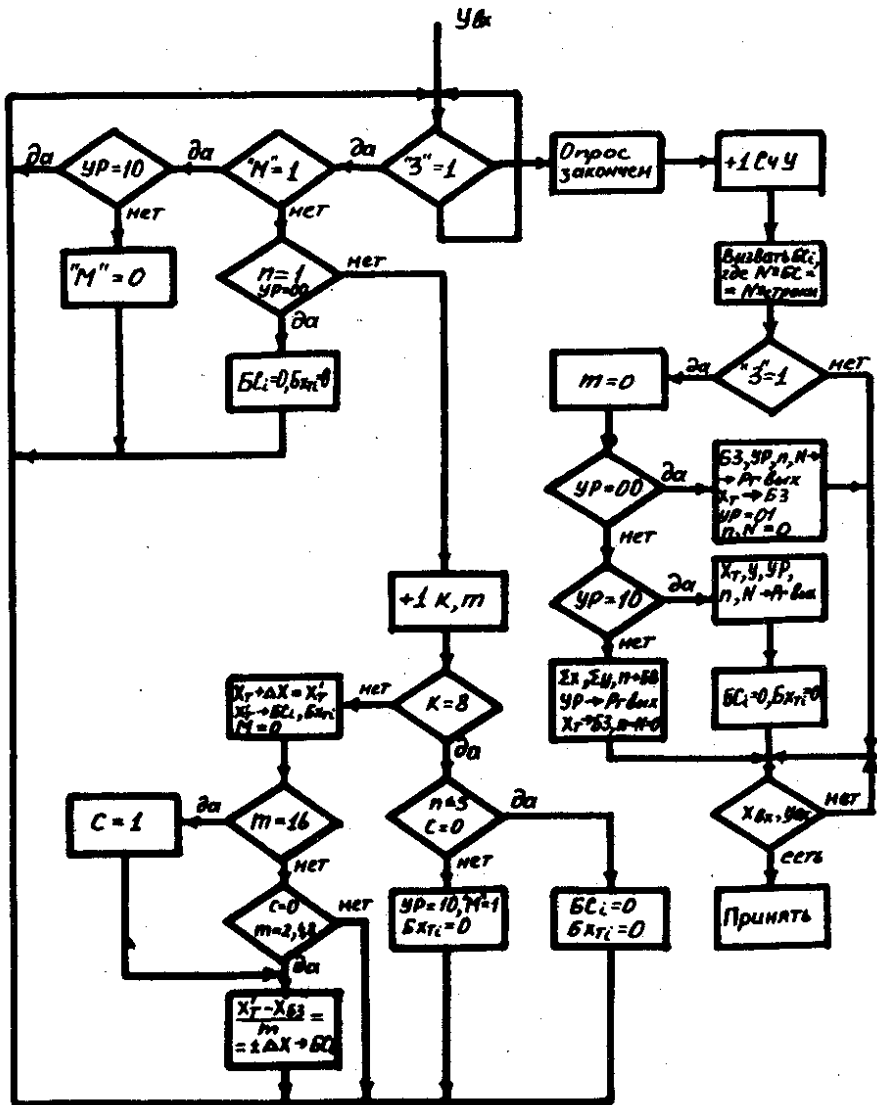


Рис. 4. Блок обработки координаты  $Y_{BX} / B_Y$ .

## ССБС

11	$N^{\text{слайса}}$	$3_1$	$3_2$	$3_3$	...	$3_9$	$3_{10}$
----	---------------------	-------	-------	-------	-----	-------	----------

## Выходные данные

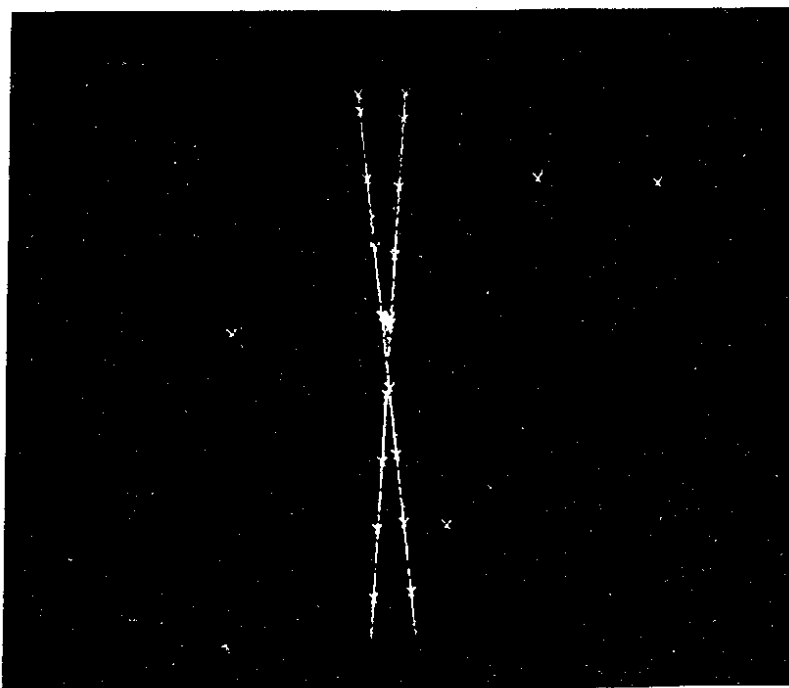
УР	x	y	n	N
----	---	---	---	---

Рис. 5. Формат выходной информации.

будет обрабатывать информацию от одной стереопроекции /пять ТВ-камер/. Коэффициент сжатия при использовании этого варианта алгоритма -  $20 \div 30$ .

Для проверки обоих вариантов алгоритма и исследования их устойчивости к шумам на ЭВМ БЭСМ-6 была построена монтекарловская модель двумерного изображения с двумя прямолинейными треками на фоне шумовых точек. В модели варьировались точка раздвоения /вершина/, угол пересечения треков и уровень шумов. Процесс сканирования, оцифровка координат и работа обоих вариантов процессоров для сжатия информации имитировались соответствующими программами.

На рис. 6 приведена фотография модели события, обработанного с использованием второго варианта данного алгоритма на ЭВМ БЭСМ-6. Крестами обозначены выходные точки и неотфильтрованные помехи. Анализ, проведенный на монтекарловской модели, показал достаточную устойчивость алгоритма к шумам. Шумы искусственно генерировались программой /от 2 до 7 точек на строку/. После обработки количество шумовых точек в выходной информации составляло не более 2% от исходной величины.



*Рис. 6. Фотография модели события.*

Окончательный выбор рабочего варианта алгоритма будет произведен после обработки реальных событий со стримерной камеры.

Авторы выражают благодарность А.А.Карлову за интерес к работе и полезные обсуждения, а также А.С.Кирилову за помощь в написании дисплейных подпрограмм.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Bohm G. e.a. In: *Proceedings of the First International Conference on Streamer Chamber Technology, ANL, Sept. 1972, pp.117-120.*
2. Алексеева Н.П. и др. В сб.: *Материалы семинара по обработке физической информации. Азверан, сентябрь 1975 г. Изд-во ЕРФИ, 1976, с.420-425.*

3. Хуанг Т. и др. *Обработка изображений. В сб.: Обработка изображений при помощи ЭВМ. "Мир", М., 1973, с.17-47.*
4. *Автоматический анализ сложных изображений. Сборник переводов под редакцией Э.М.Бравермана. "Мир", М., 1969.*

*Рукопись поступила в издательский отдел  
28 декабря 1977 года.*