

С 344.18

Г-938

2/1-73

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

13 - 6696

Дубна

66/2-73



З. Гузик

РЕШАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА  
И ОТБОР ПОЛЕЗНОЙ ИНФОРМАЦИИ  
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГОДОСКОПИЧЕСКИХ  
СИСТЕМ

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

1972

13 - 6696

З. Гузик

РЕШАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА  
И ОТБОР ПОЛЕЗНОЙ ИНФОРМАЦИИ  
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГОДОСКОПИЧЕСКИХ  
СИСТЕМ

Общественный институт  
ядерной энергии  
БИБЛИОТЕКА

В последние годы в электронной методике в физике высоких энергий отмечается бурный прогресс. Появляются новые установки из сцинтилляционных счетчиков и пропорциональных и искровых камер. Аппаратура становится более сложной, но одновременно ее возможности растут, что позволяет выполнять новые физические задачи.

Первые установки содержали в основном либо сцинтилляционные годоскопы /1/, либо искровые камеры /2.3/; затем появилось стремление к объединению свойств тех и других детекторов. Многими авторами было показано /4.5/, что установка, содержащая искровые камеры и сцинтилляционные годоскопы, оптимальна - хорошее пространственное разрешение искровых камер сочетается с очень высоким временным разрешением сцинтилляционных годоскопов. Используя сцинтилляционные годоскопы для запуска искровых камер, можно регистрировать только те события, которые интересуют экспериментатора. С появлением пропорциональных камер /6.7.8/, которые характеризуются высоким как временным, так и пространственным разрешением, стало очевидным, что приборы эти могут заменить и сцинтилляционные годоскопы и искровые камеры. Ограничивает широкое использование пропорциональных камер довольно высокая /10-20\$/ на один канал/ стоимость электроники, обеспечивающей эффективный съем информации. В настоящее время разрабатывается специальная интегральная схема /9/, содержащая все электронные схемы для одной или нескольких проволок пропорциональной камеры. При снижении стоимости электроники пропорциональная камера станет самым универсальным годоскопическим детектором, так как ее конструкция очень проста.

На основе работ, выполненных во многих лабораториях, составлена таблица I, которая содержит основные параметры сцинтилляционных годоскопов, искровых и пропорциональных камер.

Таблица I

	сцинтил- ляционные годовскопы	искровые камеры	пропорциональ- ные камеры
	сложное	простое	простое
1. Изготовление			
2. Стоимость одного канала вместе с электроникой	100+200 \$	0,2+1 \$	10+20 \$
3. Размеры	1м <sup>2</sup>	24м <sup>2</sup>	2 м <sup>2</sup>
4. Количество каналов	10 <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>3+4</sup>
5. Количество вещества	0,1г/см <sup>2</sup>	0,02г/см <sup>2</sup>	0,04 г/см <sup>2</sup>
6. Временное разрешение	10нсек	0,2+1мксек	30нсек
7. Пространственное разрешение	1,5мм	0,3 мм	0,5+1мм
8. Мёртвое время	10нсек	500мксек	100 нсек
9. Эфф. регистр.	> 99%	> 99%	> 99%

В современных установках искровые камеры используются для регистрации координат проходящих частиц; сцинтилляционные годоскопы и пропорциональные камеры служат для обеспечения выборочного запуска, выборочной регистрации, а также измерений координат, ионизации, времени пролета. Камера в пропорциональном режиме используется пока редко. Роль годоскопических систем можно свести до:

а/ Отбора событий, осуществляемого быстрыми устройствами /сцинтилляционные годоскопы, пропорциональные камеры/ /10, 11, 12, 13/ для запуска более медленных детекторов /искровые камеры, стримерные камеры/.

б/ Отбора полезных событий, передаваемых в ЭВМ.

При проведении экспериментов "on-line" применяются обычно малые ЭВМ с небольшим объемом памяти /14, 15/, которые могут принять за цикл ускорителя ограниченное количество событий. Другим фактором /16, 17/ применения отбора поступающей информации является довольно большое по сравнению с мертвым временем пропорциональной камеры время передачи данных на ЭВМ.

в/ Минимализации времени передачи данных на ЭВМ путем плотной упаковки информационного массива /18, 19, 20, 16, 17/.

Специальные годоскопические системы, предназначенные для выборочного запуска, можно разделить на те, в которых условием выдачи решения является наличие определенного числа частиц, и те, в которых дополнительно требуется выполнение определенных кинематических и угловых зависимостей.

Одной из первых установок, в которых сцинтилляционные годоскопы применялись либо для регистрации координат, либо для запуска искровых камер, является установка BNL<sup>1</sup>/рис. 1/. Система эта возникла на базе существующей годоскопической установки, которой были приданы искровые камеры.

### *Отбор событий по количеству срабатываний*

В разных физических экспериментах требуется, чтобы применяемые годоскопы одновременно регистрировали определенное количество частиц. События, в которых регистрируется больше или меньше прохождений, отбрасываются.

Самым простым условием является срабатывание данного годоскопа. В большинстве современных схем для пропорциональ-

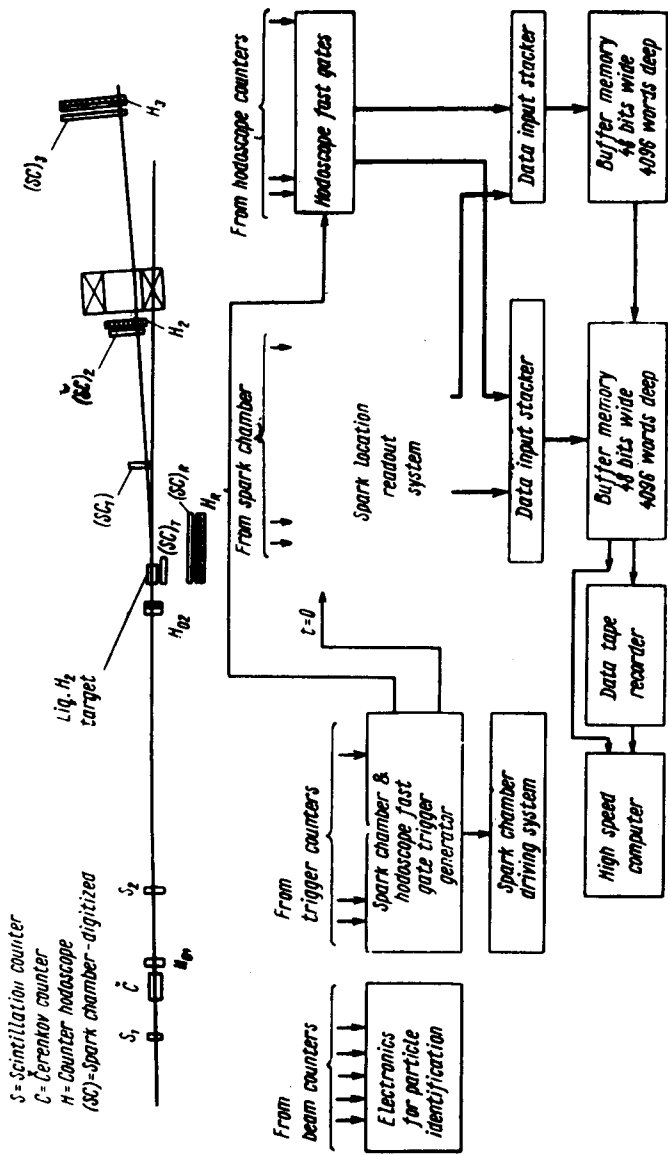


Рис. 1. Установка BNL для измерения упругого рассеяния в интервале энергий 11-21 Гэв /21/.

ных камер делается специальный быстрый (*FAST-OR*) или медленный (*MEMORY-OR*) выход "ИЛИ". Рис. 2а показывает организацию логики одного канала пропорциональной камеры; рис. 2б - одно из возможных решений построения быстрого выхода /22/. Выход этот строится путем дифференцирования /6 нсек/ сигнала из дискриминатора - усилителя пропорциональной камеры. Полученные сигналы сразу на платах объединяют по "ИЛИ" в группах обычно по 4. Объединенные импульсы из всех пропорциональных камер с соответственно подобранными задержками служат сигналом запуска установки и очень часто заменяют сигнал, поступающий от телескопа из сцинтилляционных счетчиков /12, 18, 23, 24/.

На рис. 2в показан медленный выход "ИЛИ", сформированный из запомненных потенциалов памяти. Сигнал этот используется для обнаружения частицы, зарегистрированной на данной плате. На рисунке показаны также дополнительные схемы для одного канала пропорциональной камеры.

Отбор событий по определенному количеству срабатываний осуществляют цифровым или аналоговым способом. Цифровое решение применяется в ограниченном масштабе для систем с небольшим количеством каналов, так как оно требует большого количества комбинационных схем. В эксперименте  $K^-p$ , проведенном в *SLAC/11/*, использовалось цифровое выборочное устройство для запуска стримерной камеры. Запуск производился в случае прохождения через сцинтилляционные годоскопы большее чем  $N$  частиц /максимальное  $N = 8/$ . Информация из годоскопов поступала на 16-канальный блок "САМАС". Каждый блок /рис. 3/ определял количество срабатываний своего массива, суммировал его с состояниями предыдущих блоков и посылал в следующий.

В установке *CERN/25/* /рис. 4/ для исследования распада  $K^0$ -мезонов годоскопы применяются для отбора двухчастичных событий, причем дополнительным критерием является параллельность треков вторичных частиц /с точностью до  $1^\circ$ /. В основном логика отбора строится при помощи булевых элементов, но иногда применяется и пороговая логика /26, 27/.

Для систем с большим количеством каналов одного годоскопа применяют обычно аналоговый метод отбора количества срабатываний /10, 12, 22, 28/ в котором одному срабатыванию соответствует определенный ток, собираемый на общей шине. Выделение интересных событий производится с помощью порогового элемен-

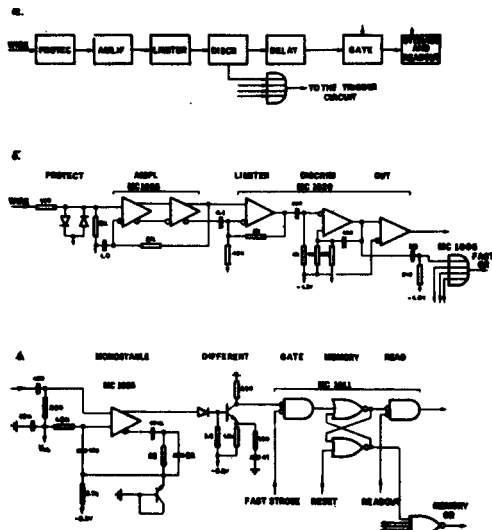


Рис. 2. а/ Логика электроники для одного канала пропорциональной камеры, б/ один из способов построения быстрого выхода "ИЛИ", в/ один из способов построения медленного выхода "ИЛИ".

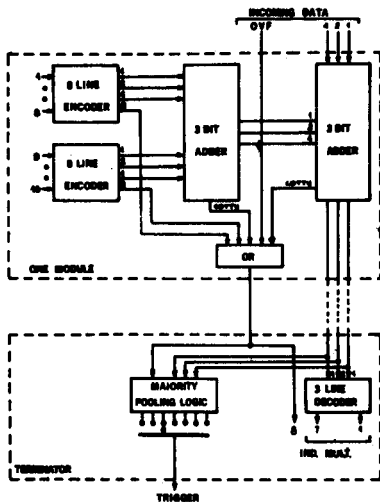


Рис. 3. Цифровой отбор количества частиц в эксперименте  $K^-p / \pi^0$ , проведенном в SLAC.



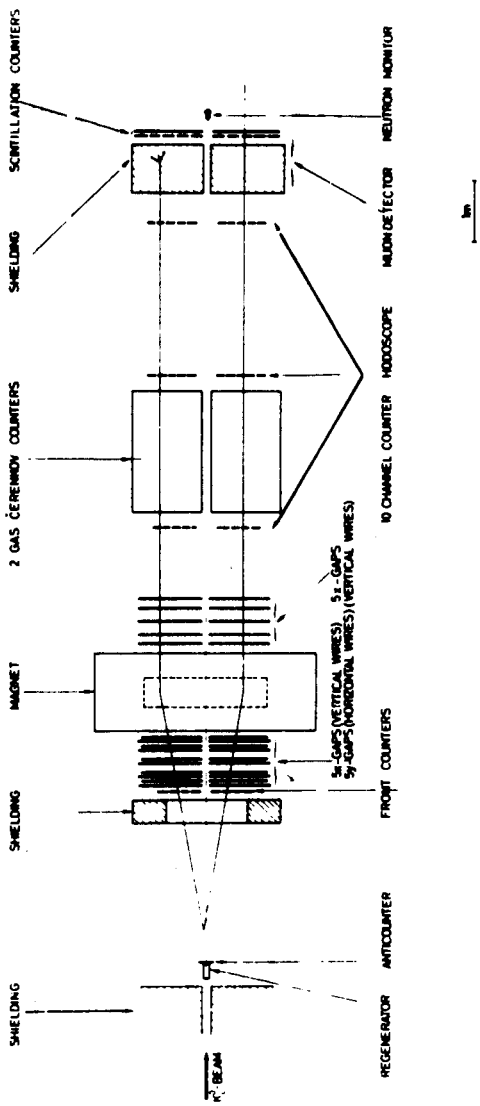


Рис. 4. Установка CERN для исследования распада  $K^0$ -мезона /25/.

та. При обычно используемом количестве частиц /1:8/ требования к аналоговой схеме не очень высокие. Самое простое решение реализации аналоговой суммы можно осуществить с помощью сопротивлений, подвешенных к каждому запоминающему элементу системы /10/ /рис. 5а/.

При довольно большом разбросе потенциалов логической единицы для микросхем серии TTL способ этот не очень надежен, поэтому целесообразно применение дополнительных транзисторных ключей /рис. 5б/. Потенциал "1" тогда будет равен напряжению питания. Очень хорошие результаты дает применение токового ключа /29/ /рис. 5в/. Стабильность величины тока, свидетельствующего о данном срабатывании, зависит только от поведения напряжения перехода эмиттер-база и от стабильности питающих напряжений. Более сложная аналоговая схема требуется при применении микросхем серии ECL. Трудности возникают за счет того, что для микросхем этого типа перепад потенциала между логическим нулем и единицей всего  $\approx 0,8$  в, и потенциалы эти не привязаны ни к одному из внешних напряжений. Один из вариантов реализации аналоговой схемы /17, 29/ показан на рис. 5г.

Для определения количества срабатываний токи из всех каналов собирают либо на небольшом резисторе /50-200 ом/, либо на маленьком сопротивлении перехода эмиттер-база транзистора, включенного по схеме с общей базой. Требование, чтобы количество зарегистрированных частиц находилось в пределах  $m \leq N \leq n$ , можно выполнить с помощью одноканального анализатора /10/, составленного из двух дискриминаторов постоянного тока /рис. 5д/. Часто в качестве порогового элемента применяют туннельный диод /30/. Нужное количество срабатываний соответствует определенной величине тока, который перебрасывает рабочую точку диода на диффузионную часть характеристики. В эксперименте для изучения распада  $K^0$  /12/ для выделения нужного количества срабатываний применялись два быстрых диода с горячим переходом /НР 2900/, включенных в обратных направлениях /рис. 5ж/. Схема работала по следующему принципу. Каждому срабатыванию канала годоскопа соответствует ток  $I$ . Величина задающего тока  $I_s$  фиксируется в зависимости от количества сработавших каналов  $N$ , которое даст выходной импульс. Если веса входов одинаковы, ток  $I$  выставляется до  $[(2N-1)/2] \cdot I$  для желаемого запаса против помех и разброса параметров компонентов. Аналоговую

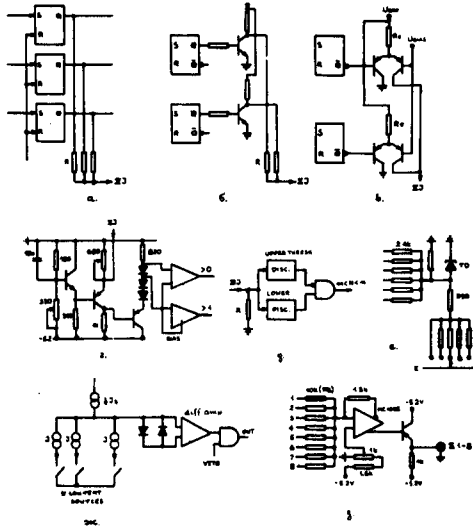


Рис. 5. Аналоговые методы определения количества срабатываний годоскопа: а/ простой способ реализации аналоговой суммы с помощью резисторов, б/ аналоговая сумма с фиксированным задающим потенциалом, в/ токовый ключ как задающий элемент аналоговой суммы, г/ схема аналоговой суммы для микросхем *ECL*, д/ организация одноканального анализатора, е/ туннельный диод в качестве порогового элемента, ж/ использование двух диодов как порогового элемента, з/ аналоговая сумма реализована с помощью дифференциального усилителя.

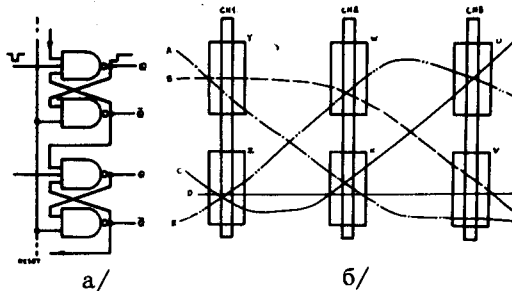


Рис. 6. а/ Метод подавления соседних срабатываний годоскопа б/ выборочная зонавая регистрация частиц.

сумму также можно осуществить, используя дифференциальный усилитель /11/ /рис. 5з/ с глубокой обратной связью.

Существенным моментом, ограничивающим эффективность отбора, является свойство годоскопов, заключающееся в срабатывании в каком-то проценте случаев нескольких соседних каналов при прохождении одной частицы. Для пропорциональной камеры получается в среднем 4,5% двойных срабатываний и 0,5% - тройных /31,32/. События эти можно просто отбрасывать. Применение в системе уже 10 камер снижает общую эффективность отбора до  $\approx 60\%$ . Простым решением этой проблемы является включение соседних каналов на антисовпадения /10,28,29/ /рис. 6а/, однако при этом теряется точность регистрации.

В установках с искровыми камерами в интенсивных пучках либо в присутствии сильного фона существует проблема регистрации фоновых искр, что часто приводит к значительному увеличению объема регистрирующей аппаратуры.

Для регистрации только полезных треков можно использовать гибридную систему, состоящую из искровых камер и быстрых годоскопов /33/. Электронная логика может быть построена таким образом, чтобы регистрировались координаты треков только из районов, избранных соответствующими зонами годоскопов /24/. На рис. 6г видно, что, например, траектория определяется совпадениями зон  $z \cdot x \cdot u$ .

### *Отбор рассеянных событий*

Гораздо сложнее выглядит проблема отбора рассеянных событий, так как в этом случае необходимо вычислять углы рассеяния. Решение может быть выработано с помощью матриц схем совпадений /27,34/, аналоговой системы /10,34/ или цифрового процессора /14,15,35/. Сложная система запуска искровых камер применялась в эксперименте *CERN* по исследованию рассеяния пионов на поляризованной мишени /13/ /рис. 7/. Запуск происходит только в случае упругого рассеяния на свободном протоне, который характеризуется кинематической зависимостью углов  $\theta_p$  и  $\theta_\pi$  и тем, что три частицы лежат в одной плоскости. Годоскоп  $H_1$  /24 сцинтиллятора/ определяет направление падающего пиона,  $H_2, H_3, H_4$  /соответственно 8, 9, 14 сцинтилляторов/ определяют

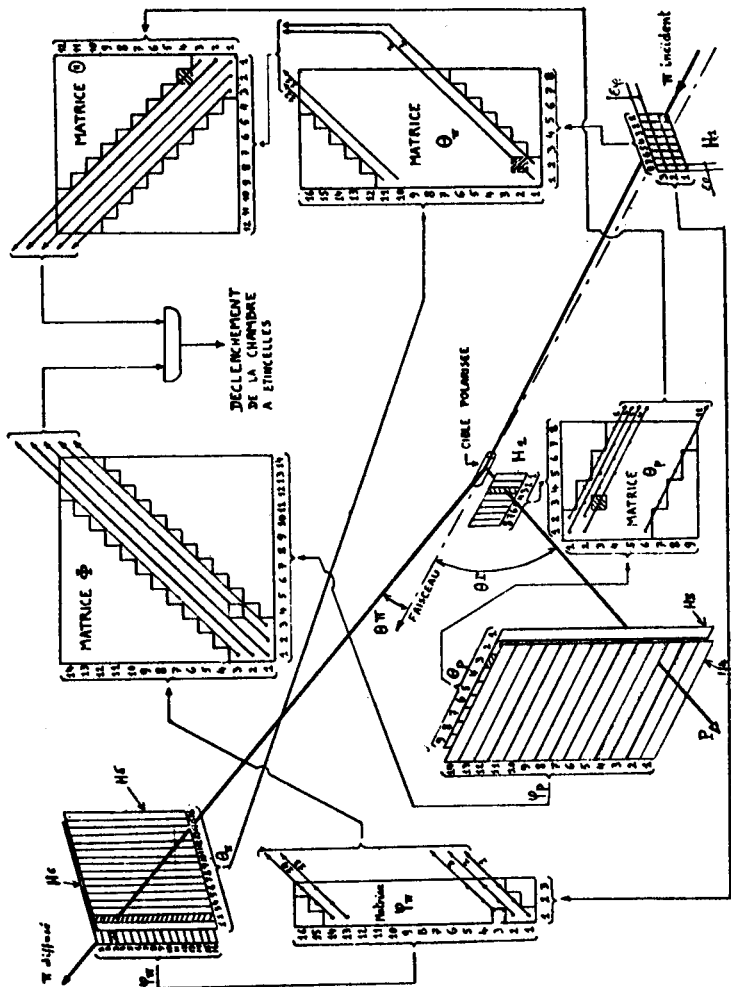


Рис. 7. Схема системы выборочного запуска, применяемая в эксперименте по рассеянию пюнов на поляризованной мишени /13/.

направление протона отдачи,  $H_5, H_6$  /по 16 счетчиков/ дают направление рассеянного пиона. Задачей быстрой логики /матрицы совпадений/ является отбор среди более 6 миллионов комбинаций тех, которые соответствуют упругому рассеянию. Три матрицы определяют углы  $\theta_p, \theta_\pi$  и их корреляции, две следующие - плоскость взаимодействия. Время решения составляет  $\approx 80$  нсек. Система была построена на интегральных схемах MECL II /около 1500 шт./. Проверка на пучке дала результат: три полезных события на четыре запуска /без выборочной системы было 3:20/.

В /36/ предлагалось для экспериментов по рассеянию частиц на малые углы использовать "кодированный" годоскоп с быстрой логикой. Применение "кодированных" годоскопов дает значительный выигрыш в количестве фотоумножителей и оборудования, однако, имеет и свои недостатки, связанные, в основном, с понижением эффективности и увеличением числа случайных отсчетов для каждого отдельного канала. Решающая система основана на цифровой логике, работающей на частоте 50 Мгц. Время решения - 200 нсек.

В ИФВЭ применялось арифметическое устройство для выделения параллельных траекторий.

Данные из двух годоскопов заносились в два регистра сдвига /рис. 8/. Генератором часов занесенные биты смещались влево, и в момент появления единицы на выходе регистра переставали работать бинарные счетчики. Зашифрованная таким образом информация о месте прохождения частицы сравнивалась компаратором и в случае выполнения условия на параллельность отбрасывалась с коэффициентом подавления 3-5.

Если требуется выделить определенный угол рассеяния частицы на мишени, то нужны по крайней мере по три годоскопа для плоскостей  $X$  и  $Y$ . Определяется угол входа частицы в мишень и угол ее выхода /рис. 9/.

Задача сводится к решению уравнения:

$$|(X_4 - X_3) - (X_2 - X_1)| > \theta, \quad /1/$$

которое при объединении функции годоскопов  $H_{x_2}$  и  $H_{x_3}$  принимает следующий вид:

$$|Ax_1 - Bx_2 + Cx_4 - D| \geq 0, \quad /2/$$

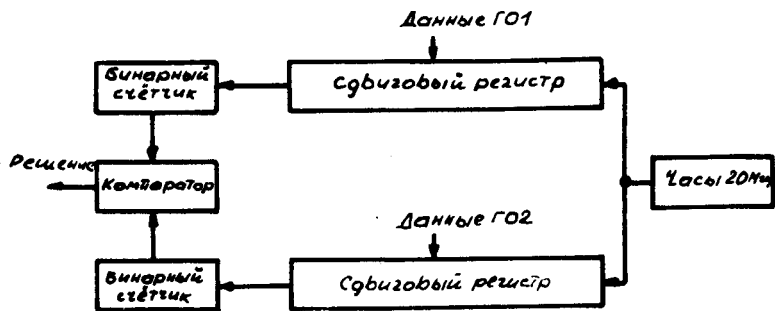


Рис. 8. Арифметическое устройство для выделения параллельных траекторий.

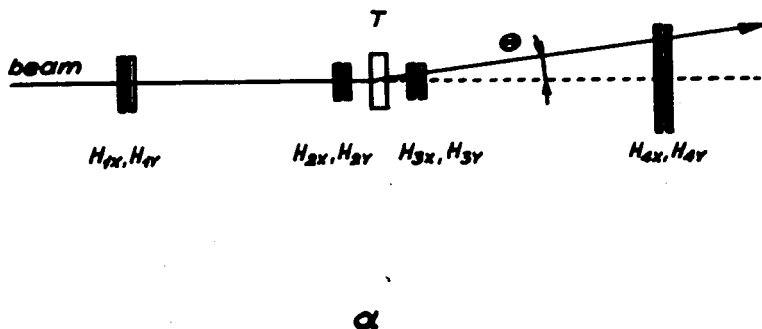


Рис. 9. Годоскопическая система для регистрации событий рассеяния.

где  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  - коэффициенты, зависящие от баз установки и шагов годоскопов /38/.

В экспериментальных условиях как базы установки, так и шаги детекторов могут принимать различные значения и могут меняться по ходу опыта. Аналоговая система /10//рис. 10/ применима для любых геометрических параметров установки, поскольку все константы подбираются с помощью гелипотов. Для количества каналов пропорциональной камеры соответственно /16, 16, 40/ точность решения получалась  $\pm 1$  проволока при условии, что через камеры в данный момент проходила одна и только одна частица. Решение вырабатывалось за 300 нсек. В этом методе точность аналоговых схем ограничивает возможное разрешение системы до  $\pm 1\%$  от общего количества каналов, притом весьма существенным является временной и температурный дрейф параметров системы.

Цифровое устройство не имеет этих недостатков, но его легко построить только для простых чисел коэффициентов отбора. При одинаковых базах установки и одинаковых шагах детекторов получается простое уравнение:

$$|x_1 - 2x_2 + x_4 - D| \geq \theta, \quad /3/$$

которое довольно просто решить цифровым процессором /35//рис. 11/.

В эксперименте /39/ для исследования упругого рассеяния частиц высоких энергий в диапазоне 40-60 Гэв применялся арифметический процессор /14/ с целью подавления прямых прохождений. Годоскопическая установка состояла из трех сцинтилляционных годоскопов в каждой плоскости с количеством каналов соответственно /16, 16, 36/ и шагами детекторов /3, 3,5 мм/. Решалось уравнение:

$$|2x_1 - 3x_2 + 2x_4 - D| < \theta. \quad /4/$$

На рис. 12 показана блок-схема процессора, а на рис. 13 - внешний вид устройства. Арифметические операции выполнялись параллельно-асинхронным методом /микросхемы TTL/. Время решения



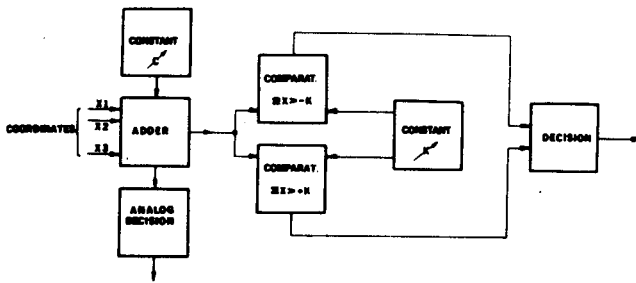


Рис. 10. Блок-схема аналоговой решающей электроники. /10/

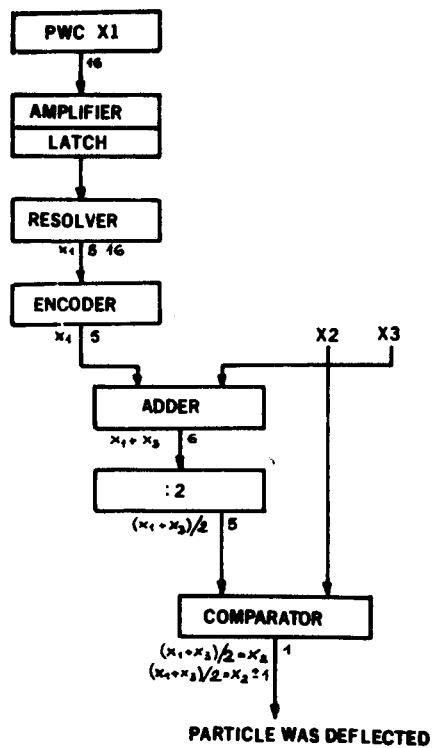


Рис. 11. Организация цифрового процессора. /35/

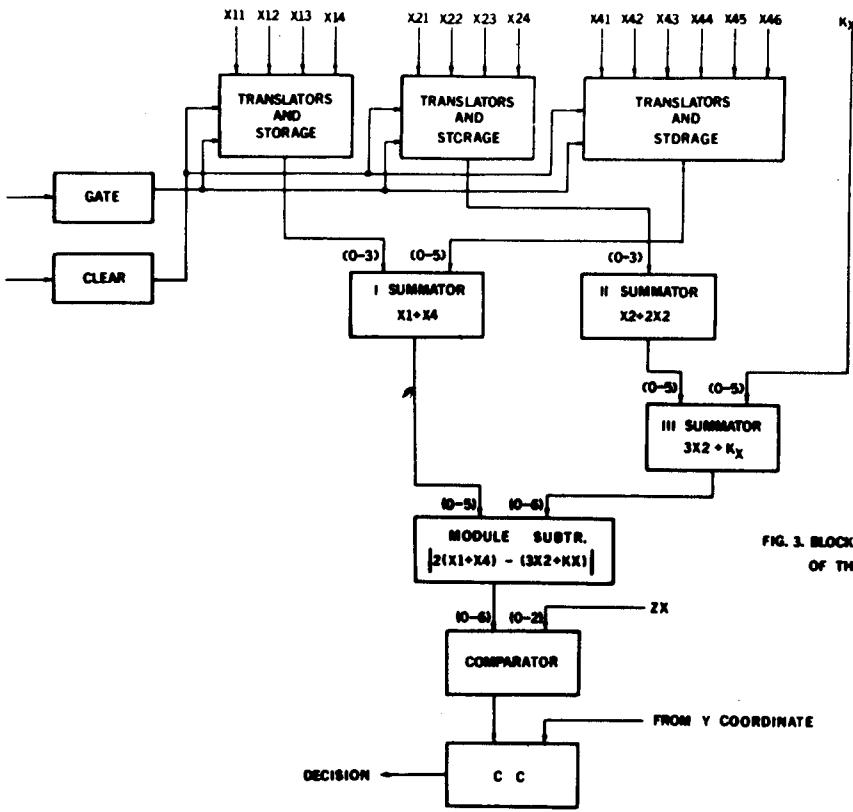


FIG. 3. BLOCK DIAGRAM OF THE PROCESSOR

Рис. 12. Блок-схема процессора для отбора событий рассеяния. /14/

составляло 0,8 мксек. Применение устройства позволило ускорить набор статистики в эксперименте в 16 раз. На рис. 14 продемонстрировано пространственное распределение подавленных траекторий при угле обрезания 0,5 мрад.

По ходу этого эксперимента для уменьшения вещества перед мишенью второй сцинтилляционный годоскоп был заменен пропорциональной камерой с шагом намотки 2 мм <sup>/15/</sup>. Алгоритм отбора принял вид:

$$|2x_1 - 2x_2 + 2x_4 - D| \leq \theta \quad /5/$$

и необходимо было устранить в процессоре схему умножения на три.

Недостатки цифрового процессора, связанные с пригодностью устройства только к одному определенному алгоритму отбора, устраняет разрабатываемый в ОИЯИ универсальный цифровой процессор, в котором любой коэффициент в уравнении на отбор может применять целые значения от 1 до 6 <sup>/38/</sup>. Таким образом, используя разные комбинации коэффициентов алгоритма, можно подобрать практически любой его вид.

### *Отбор полезной информации при передаче на ЭВМ*

В настоящее время количество каналов в годоскопах возрастает. Одновременно проблема минимализации времени передачи данных на ЭВМ остается существенной, так как мертвое время современных годоскопических установок гораздо меньше времени связи с вычислительной машиной. В системах с небольшим количеством каналов и в случае регистрации небольшого количества событий задача передачи несложна, поскольку не требует большого времени и объема памяти. В ЭВМ можно передавать весь информационный массив, деля его на группы, соответствующие длине машинного слова <sup>/40/</sup>.

В системах с несколькими тысячами каналов необходимо производить отбор передаваемой информации тем более, что физическое событие содержит всего несколько зарегистрированных

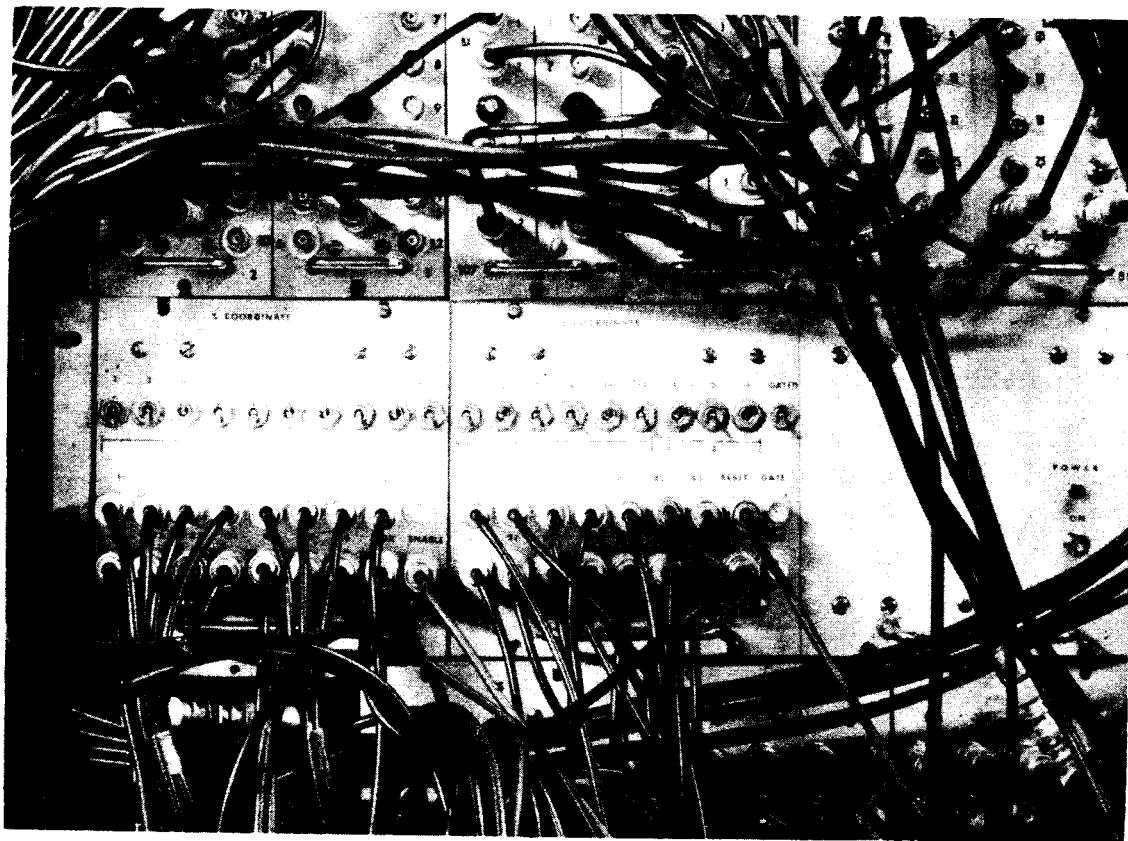


Рис. 13. Внешний вид процессора <sup>/14/</sup>.

PHI DECISION

EVENTS P      SUM    1.570824    1    AVERAGE    89.83426    SIGMA    4.12200  
 FCML    16   31   EFF   0.9988074   -1   AVERAGE    89.83587    SIGMA    4.12212

SCALE	1.0w	c	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
0.000	0.000	10										
0.000	0.000	.										
0.000	0.000	.										
0.000	0.000	.										
0.000	0.000	.										
0.000	0.000	10										
0.000	0.000	.										
0.000	0.000	.										
0.000	0.000	.										
0.002	0.002	.										
0.000	0.000	.										
0.048	0.034	111	--									
0.136	0.034	1		-----								
0.303	0.059	1					-----					
0.500	0.079	1										
0.731	0.067	1							-----			
0.010	0.062	141								-----		
1.000	0.000	1									-----	
1.000	0.000	1										
1.000	0.000	1										
1.000	0.000	1										
1.000	0.000	211										
1.000	0.000	1										
1.000	0.000	1										
1.000	0.000	1										
1.000	0.000	1										
1.000	0.000	1										
1.000	0.000	211										
1.000	0.000	1										
0.000	0.000	.										
0.500	0.000	.										
0.500	0.000	.										
0.000	0.000	310										
0.000	0.000	.										

21

Рис. 14. Пространственное распределение подавленных траекторий при использовании цифрового процессора /14/.

частиц. В большинстве установок имеется один центральный считывающий блок /рис. 15/, в котором вырабатываются опрашивающие сигналы и который проверяет содержание поступающих данных, упаковывает их и посылает в ЭВМ <sup>/17. 18. 19. 22. 41 /</sup>. Логика считывания организована следующим образом. Каждая пропорциональная камера разбивается на оптимальные группы. Группы эти сканируются по очереди и их содержание передается в центральный процессор. Каналы в группах объединяются по "ИЛИ". В случае нахождения срабатывания в данной группе ее содержание заносится в специальный регистр, а затем после дополнительной обработки посылается в ЭВМ. Существуют разные методы кодировки данных для их передачи на ЭВМ. Заполненная группа делится на подгруппы /рис. 16а/, которые вместе с адресами в целом передаются в ЭВМ <sup>/41/</sup>. Другим более распространенным методом является применение регистра сдвига. С помощью генератора часов запомненная информация смещается и одновременно запускается бинарный счетчик /рис. 16б/. В случае появления на выходе регистра запомненной единицы состояние бинарного счетчика заносится прямо в ЭВМ <sup>/16/</sup>, либо - для убыстрения процесса - в буферную память <sup>/18.42/</sup>.

Интересное решение информации о данных имеется в <sup>/17/</sup>. Информация из данной группы или камеры помещается в памяти, образованной из  $R-S$  триггеров /рис. 17/. Самая младшая единица массива появляется на выходе. Остальные, если они существуют, заблокированы. Так как на выходе появилась информация только из одного канала, может быть она зашифрована в двоичный формат. После приема данных ЭВМ выдает импульс ответа, который обнуляет зашифрованный канал; на выходах появляется следующая единица. При больших расстояниях камер от центральной логики значительную роль играет время передачи данных по кабелям. Для того чтобы не передавать "пустых" слов, предварительный отбор данных делается на самих камерах. Осуществляется это при помощи схем "ИЛИ" ( $MEMORY-OR$ ), помещенных на плате усилителей и запоминания /рис. 26/.

Как уже было сказано, какой-то процент событий составляют срабатывания соседних каналов годоскопа. Применяемый метод антисовпадений на подавление этих срабатываний /рис. 6а/ не ухудшает существенно эффективности отбора рассеянных событий, но является недопустимым при регистрации траекторий частиц, поскольку точность регистрации падает примерно в два раза. Самым

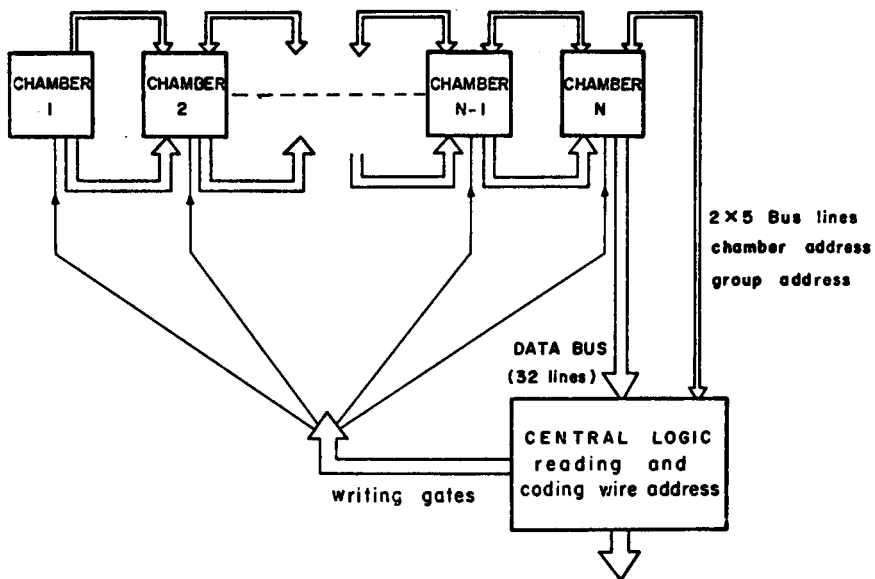


Рис. 15. Организация считывания информации из пропорциональной камеры.

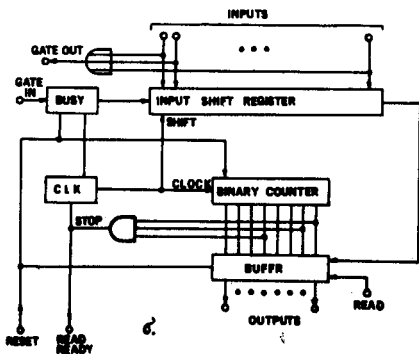
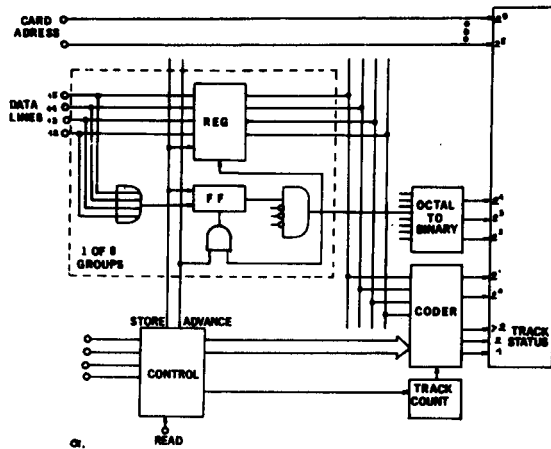


Рис. 16. а/ Метод кодировки с делением на подгруппы. б/ Метод кодировки с применением регистра сдвига.



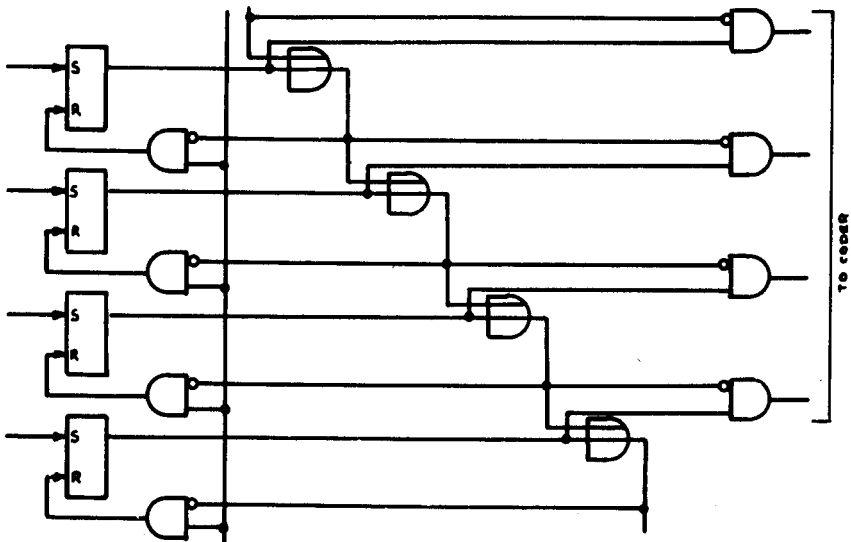


Рис. 17. Кодировка с подавлением следующих битов.

простым решением этой проблемы является передача состояний всех каналов, но при этом увеличивается время трансмиссии данных. Другим решением является применение метода антисовпадений с двукратной проверкой количества срабатываний /перед и после подавления/, для чего выделяется специальный бит в формате слова. В [17] предложен оригинальный метод кодирования в двоичный формат событий, в которых сработали две или больше соседние проволоки пропорциональной камеры. Рис. 186 демонстрирует логику этой системы. Все каналы поделены на  $N/2$  групп по два. На выходах  $M_j$  появляются сигналы в случае по крайней мере четырех разных конфигураций срабатываний входного регистра /рис. 18в/. Состояния  $M_j$  после проверки на однократность кодируются в двоичный формат, одновременно дополнительная логика, описанная таблицей истинности /рис. 18г/, передает информацию о том, которая из данных конфигураций произошла, что позволяет ввести поправку на координату зарегистрированной частицы.

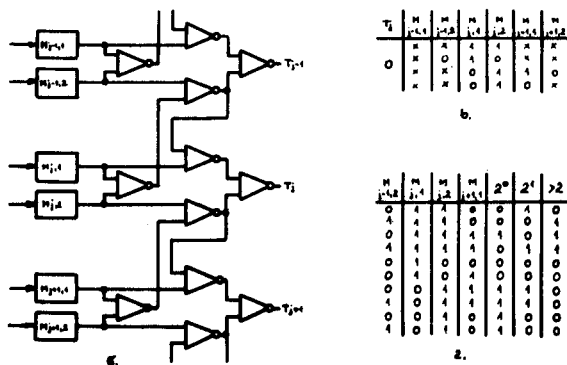


Рис. 18. Метод регистрации многократных соседних срабатываний: в/ таблицы многократности, г/ таблица истинности дополнительной логики.

## Литература

1. K.J.Foley et al. Proc. of the Inf. Meeting on Film-Less Spark Chamb., Geneva, 1964, 11.
2. I.V.Chuvilo et al.. Proc.Int.Conf. on Instr. for High-Energy Phis., Stanford, 1966, 579.
3. G.B.Collings et al.Proc. of the Inf. Meeting on Film-Less Spark Chamb., Geneva, 1964, 117.
4. S.J.Lindenbaum. Int.Symp.Nucl.Electron., Versailles, 1968, v.2.
5. C.J.Luke. Juan, Purdue Conf. on Instr. for High-Energy Phisics, IEEE Trans., NS-12, 4 (65), 206
6. G.Charpak et al. Nucl.Instr; and Meth. 62 (68), 262.
7. J.Ficher, S.Shibata. Proc.Int.Symp.Nucl.Electron Versailles, 68, v.3.
8. *В.Г.Зинов, Авторское свидетельство №241553, Бюлл. изобрет №14, 1969.*
9. R.S.Larsen, SLAC-PUB-986, Nov. 1971.
10. Z.Guzik et al., JINR, E1-6194, Dubna, 1971.
11. B.Bertolucci et al. Sci.Symp., San Francisco,71.
12. J.J.Dufornoud and B.Friend, CERN 69-21, Ceneva, 1971.
13. J.C.Roul. Int.Symp.Nucl.Electron., Versailles, 1968, v.3.
14. *Ф.К.Алиев и др. Препринт ОИЯИ, 13-6065, Дубна, 1971.*
15. A.A.Derevshchkov et al. Fast Digital Processor for Applications in High-Energy Phisical Experiments. Nucl.Instr. and Meth. (to be published).
16. J.B.Lindsay et al. VII Int.Symp. on Nucl.Electro Warsaw, 1971, 25.

17. D.Aebisher et al. Nucl.Instr. and Meth., 99, (72), 405.
18. G.Amato et al. Proc.Int.Conf. on Instr. for High-Energy Phis., Dubna, D-5805, 1970, 257.
19. B.Bertolucci et al. IEEE Trans., NS-18,2,71.
20. H.Cunitz et al., Nucl.Instr. and Meth. 91 (71), 211.
21. S.J.Lindenbaum, Annual Review of Nucl. Science, v.16 (66), 619.
22. *З.Гузик, М.Турала. Препринт ОИЯИ, 13-6918, Дубна, 1972.*
23. J.L.Pellegrin. SLAC-PUB TH-70-22.
24. R.Pages. Nucl.Instr. and Meth., 85 (70), 211.
25. A.Bohm et al. Physics Letters, 27B, 9 (68),594.
26. M.L.Dertouzos, Threshold Logic, MIT Press, Massachusetts, 1965.
27. W.Sippach et al. Rev.Sci.Instr. 39 (68), 161.
28. Yu.V.Zanevsky et al. Nucl.Instr. and Meth., 94 (71), 161.
29. *З.Гузик и др., Препринт ОИЯИ, 13-6317, Дубна, 1972.*
30. *Р.Анджеяк, Препринт ОИЯИ, 13-5385, Дубна, 1970.*
31. G.Charpak. Ann.Rev.Nucl.Sci., 20, 1970.
32. P.Shilly et al. Nucl.Instr. and Meth., 91 (71) 221.
33. J.Gutmann. Int.Symp on Nucl.Electron., Versailles, 1968, v.3.
34. G.Amato. CERN (Private communication).
35. L.S.Koester et al. Proc.Int.Conf.Nucl.Electron., Ispra, 1969.

36. W.Bothin et al. Int.Symp. on Nucl.Electron.,  
Versailles, 1968, v.3.
38. *Ф.К.Алиев и др. Препринт ОИЯИ, 13-6535, Дубна, 1972.*
39. *А.А.Борисов и др. Труды межд.конф. по апп. в физике выс. энергий, Дубна, 1970.*
40. Z.Guzik et al. JINR, E13-5818, Dubna, 1971.
41. E.R.Martin et al. Nucl.Instr. and Meth.,  
98 (72), 541.

**Рукопись поступила в издательский отдел  
31 августа 1972 года.**