

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

SC 201

ЕФИ-398(5)-80

Փ.Վ.ԱԴԱՄՅԱՆ, Գ.Ա.ՎԱՐՏԱՔԵՏՅԱՆ, Ս.Ի.ԳԱԼՄՅԱՆ,
Վ.Օ.ԳՐԱԲՍԿԻՅԻ, Կ.Վ.ԳՐԻԳՐՅԱՆ, Դ.Ճ. ԿԱԶԱՐՅԱՆ,
Դ.Մ.ՄԱՐՏԻՐՕՏՅԱՆ, Յ.Օ.ՕԳԱՆԵՏՅԱՆ, Վ.Ա.ՓՈՒՐՏՕՎ,
Լ.Տ.ՄՈՒՐՏՄՅԱՆ, Ի.Ն.ՇԻԳԱՐԿՕՎ

ՍՊՐԱԿՐԱՄԱՆԱԿԱՆ ԿՈՆՏՐՈԼՅԱԿԱՆ ՍԻՏԵՄԱ ԻՅՄԵՐԵՆԻՅԱ
Ի ԿՈՆՏՐՈԼՅԱ ԿՍԵԿՏՐԱ ԿՕԳԵՐԵՆՏՆՈՒ ԻՅԼՈՒՇԵՆԻՅԱ
ԷԼԵԿՏՐՈՆՎ ԵՐԵՎԱՆՏՅՈՒ ՏԻՆՃՐՈՒՐՈՆԱ

ԵՐԵՎԱՆ. 1980 ԵՐԵՎԱՆ

EФУ-398(5)-80

F.V.ADAMYAN, I.N.CHIGARKOV, V.A.FURSOV,
P.I.GALUMYAN, V.O.GRABSKY, K.V.GRIGORYAN,
G.Kh.KAZARYAN, L.S.KHURSHUDYAN, G.M.MARTIROSYAN,
Z.O.OGANESYAN, H.H.VARTAPETYAN

A PROGRAMMED-CONTROLLED MEASURING SYSTEM OF
ELECTRON COHERENT RADIATION SPECTRUM OF YEREVAN
SYNCHROTRON

An automatic system for measurement and control of energy spectrum of the Yerevan electron synchrotron gamma beam is described. An algorithm of the data express-processing for operative monitoring of peak energy stability of electron coherent radiation spectrum is given. The spectra measurement results obtained under real experimental conditions are presented.

Yerevan Physics Institute

Yerevan 1980

УДК.518:681.14

Ф.В.АДАМЯН, Г.А.ВАРТАПЕТЯН, П.И.ГАЛУМЯН,
Б.О.ГРАБСКИЙ, К.В.ГРИГОРЯН, Г.Х.КАЗАРЯН, Г.М.МАРТИРОСЯН,
З.О.ОГАНЕСЯН, В.А.ФУРСОВ, Л.С.ХУРШУДЯН, И.Н.ЧИГАРКОВ.

ПРОГРАММНО УПРАВЛЯЕМАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ
И КОНТРОЛЯ СПЕКТРА КОГЕРЕНТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ
ЕРЕВАНСКОГО СИНХРОТРОНА

Описана автоматизированная система измерения и контроля энергетического спектра гамма-пучка Ереванского электронного синхротрона. Изложен алгоритм экспресс-обработки данных для осуществления оперативного контроля стабильности величины пиковой энергии спектра когерентного излучения электронов. Приводятся результаты измерений спектров, полученные в реальных экспериментальных условиях.

Ереванский физический институт
Ереван 1980

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ФФИ-398(5)-80

Ф.В.АДАМЯН, Г.А.ВАРТАПЕТЯН, П.И.ГАЛУМЯН,
В.О.ГРАВСКИЙ, К.В.ГРИГОРЯН, Г.Х.КАЗАРЯН, Г.М.МАРТИРОСЯН,
З.О.ОГАНЕСЯН, В.А.ФУРСОВ, Л.С.ХУРШУДЯН, И.Н.ЧИГАРКОВ

ПРОГРАММНО УПРАВЛЯЕМАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ И
КОНТРОЛЯ СПЕКТРА КОГЕРЕНТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ
ЕРЕВАНСКОГО СИНХРОТРОНА

Ереван 1980

© *Ереванский физический институт, 1980*

I. Введение

В экспериментальных исследованиях с использованием пучков тормозных фотонов важным условием является наличие информации об энергетическом спектре фотонов и контроль основных параметров спектра в ходе набора статистики. Особо важным является измерение и контроль фотонных спектров в условиях работы на пучках когерентного излучения электронов в кристаллических мишенях. Если в случае "обычного" излучения электронов в аморфной мишени основным параметром, определяющим спектр фотонов, является энергия электронов E_e , то в случае когерентного излучения электронов в монокристаллах возникают жесткие требования как к энергии электронов E_e , так и к пространственным ориентациям траектории электронов и осей кристалла [1]. В свою очередь по форме энергетического спектра фотонов при когерентном излучении можно определить поляризацию фотонов, прямое измерение которой является достаточно трудной экспериментальной задачей [2,3]

Для измерения энергетических спектров интенсивных фотонных пучков высоких энергий обычно используются парные спектрометры,

включающие мишень-конвертор, анализирующий магнит и телескопы счетчиков для регистрации электронно-позитронных пар. Процедура измерения спектров парным спектрометром сводится к определению выхода конвертированных e^+e^- пар при определенных значениях напряженности поля H анализирующего магнита. При этом процесс измерения и обработки спектров является весьма трудоёмким, а систематические измерения спектров в реальных условиях эксперимента требуют большой оперативности.

В работе описывается автоматизированная система измерения, обработки и контроля энергетических спектров поляризованных фотонов, реализованная на Ереванском электронном синхротроне.

Приводятся результаты автоматизированного измерения фотонных спектров в реальных условиях физического эксперимента.

Автоматизация процесса измерения спектров позволила:

1. Осуществлять непрерывное измерение спектра фотонов параллельно статистике с визуальным его контролем.
2. Производить экспресс-обработку измеренных спектров с автоматическим контролем его основных параметров.
3. Накапливать данные для определения усредненного спектра фотонов и величины эффективной поляризации за время набора статистики.

2. Парный спектрометр

Парный спектрометр включает конвертор K из алюминия (толщиной $\approx 10^{-3}$ рад.ед.), анализирующий магнит типа СП-57 и два телескопа пластических сцинтилляционных счетчиков S_1, S_2 и S_3, S_4 (рис.1). Конвертированные электрон-позитронные пары регистрируются телескопами счетчиков в быстром совпадении

в соответствии с блок-схемой (рис.2). Для определения вклада разнофотонных e^+e^- пар в общее число совпадений (NRI) параллельно регистрируется число случайных совпадений (NRU).

Для уменьшения фона конвертированных пар на экспериментальных установках предусмотрен свинцовый поглотитель (Pb) позволяющий проводить измерения спектра фотонов параллельно набору статистики.

Мониторинг фотонного пучка осуществляется с помощью квантометра Вильсона. Используется также быстрый монитор (M), включающий телескоп из 3-х сцинтилляционных счетчиков для проведения измерений в ограниченное время вывода γ - пучка, на которое снимается блокировка электронной логики парного спектрометра при помощи временных ворот G .

В соответствии с расчетами, выполненными для парного спектрометра [4], число зарегистрированных e^+e^- -пар:

$$N_{e^+e^-} = NRI - NRU \sim E_\gamma \frac{dn}{dE_\gamma} = Q \cdot MG/M,$$

где NRI , NRU -соответственно число истинных и случайных совпадений, $\frac{dn}{dE_\gamma}$ - плотность распределения фотонов по энергии.

Q -счет квантометра, пропорциональный эффективному числу γ -квантов.

M -счет монитора M за все время вывода γ -пучка

MG -счет монитора M в совпадение с воротами G ,
Энергия фотонов E_γ , равная суммарной энергии e^+e^- пары, определяется величиной напряженности поля H анализирующего магнита при фиксированной геометрии парного спектрометра.

3. Алгоритм работы системы.

Процесс автоматизированного измерения спектра парным спектрометром включает следующие операции: а) установку определенных значений напряженности поля H анализирующего магнита, б) измерение выхода e^+e^- пар, в) обработка данных, получение энергетического спектра фотонов и параметров спектра.

В представленной работе реализовано программное управление с помощью ЭВМ тока в обмотках анализирующего магнита парного спектрометра, накопление информации, обработка данных в ЭВМ и контроль основных параметров спектра. Автоматизация процесса измерения и контроля γ -спектров обеспечивается за счет введения соответствующих функциональных связей между тремя основными системами:

1. Парный спектрометр, включая электронику (см. выше).
2. Система реализации заданного тока анализирующего магнита парного спектрометра.
3. Комплекс ЭВМ.

а) Система реализации тока анализирующего магнита

Отработка поступающего в линию связи от ЭВМ в двоичном коде заданного значения тока в обмотках анализирующего магнита осуществляется "системой реализации тока" (СРТ).

Двоичный код заданного значения тока после его дешифровки в линейно позиционный код (4 декады) поступает на четырехдекадный потенциометр датчика эталонного напряжения, где осуществляется цифро-аналоговое преобразование кода заданного тока (ЦАП).

Управление током агрегата питания (АП) магнита СЛ-57 осуществляется блоком автоматического диспетчера (АД) путем срав-

нения заданного сигнала с ЦАП и сигнала с датчика тока СП-57. При условии "реализации" заданного тока "АД" вырабатывает сигнал "Р", поступающий обратно в линию связи. Временной интервал между поступлением кода в линию связи и выдачей сигнала "Р" составляет (1-3) сек в зависимости от перепада в величине тока, и в основном обусловлен временем стабилизации тока. Предусмотренный в СРТ пульт управления (АПУ) позволяет производить также местное автономное управление и контроль тока СП-57.

б) Комплекс ЭВМ

Автоматизация процесса осуществляется на линии с комплексом ЭВМ БМ [5]. Набор программ обслуживания построен в соответствии с алгоритмом управления и может быть условно разбит на четыре части.

1. Диалог с системами и выдача управляющих воздействий.
2. Предварительная обработка и отображение информации на дисплее.
3. Экспресс-обработка информации, определение параметров спектра, выдача соответствующих сигналов в линию связи.
4. Сервисные программы для организации хранения и работы с терминалами в системе.

в) Электронная логика управления.

Функции электронной логики относятся как к управлению током магнита, так и к управлению процессом измерения спектра, передаче информации в ЭВМ (рис.3). Электронная логика управления системы предусматривает ее работу в условиях параллельного накопления экспериментальной информации. При этом в условиях двухабонент-

ного обслуживания ЭВМ приоритетной является передача данных с эксперимента.

В схеме интерфейса предусмотрен пульт ручного управления и контроля (ПУ), позволяющий производить дистанционное управление током магнита. Загрузка в ЭВМ массива начальных параметров, запуск и остановка управляющих программ ЭВМ осуществляется с телетайпа ПУ. На ПУ также имеется возможность визуального контроля основных параметров:

кода тока и соответствующего значения тока на СИ-57, наличие сигнала "Р", параметров спектра и т.д.

4. Обработка и контроль спектров.

Процесс измерения, обработки и контроля спектров включает следующие операции:

1. Ввод с ПУ в ЭВМ блока начальных параметров и запуск управляющих программ.
2. Выдача ЭВМ кода тока в линию связи, "реализация заданного тока", набор статистики на определенное число фотонов, передача на ЭВМ измеренных данных: ($NR1$, NRU , M , MG - и T - время экспозиции).
3. Предварительная обработка информации, отображение результатов на дисплее, последующая запись информации на магнитную ленту (МЛ).
4. Выдача ЭВМ на линию связи следующего кода...
Программа измерения спектра включает два режима:
 1. Измерение в пиковой области спектра фотонов (число точек по энергии фотонов в цикле $N \leq 15$).
 2. Измерение полного спектра ($N \leq 30$).

Массивы кодов, соответствующих энергиям фотонов для обоих режимов, а также число циклов для каждого режима задаются в массиве начальных параметров.

Предварительная обработка информации сводится к определению числа зарегистрированных e^+e^- пар и приведению его к отсчетам быстрого монитора:

$$NR = (NRI - NRU) * M / MG .$$

На рис.4 показано отображение на графическом дисплее ЭВМ спектров когерентного излучения электронов, полученных в эксперименте по фоторождению Π^0 -мезонов на нейтронах [6] и соответствующих измерений в пиковой области (4а) и полного спектра (4б). Распечатка данных с M/Δ для измерений в пиковой области спектра приведена на рис.5.

Помимо визуального контроля параметров спектра для режима измерения в пиковой области спектра предусмотрен также программный контроль за стабильностью энергий когерентного пика. С этой целью программа экспресс-обработки спектров производит кусочно-линейную аппроксимацию спектров и определяет энергию (E_M), соответствующую центру спада кривой распределения фотонов в области пика (рис.6). Выбор центра спада в качестве привязки обусловлен экстремальным значением производной в этой точке.

Реперное значение энергии центра спада (E_{MO}), а также допустимая величина ухода по энергии (ΔE_O) задаются в массиве начальных параметров. На основе результатов экспресс-обработки в линию связи ЭВМ и соответственно на ПУ поступает информация, соответствующая определенной ситуации:

$$a) DE \approx (EM - EMO) > 0 \quad \text{и} \quad |DE| > DEO$$

$$b) DE < 0 \quad |DE| > DEO$$

$$c) |DE| \leq DEO$$

Величина относительной ошибки (G_{EM}/EM), связанная со статистическими ошибками измерения спектров и разрешением парного спектрометра, была вычислена методом Монте-Карло и составляла $\approx 1\%$.

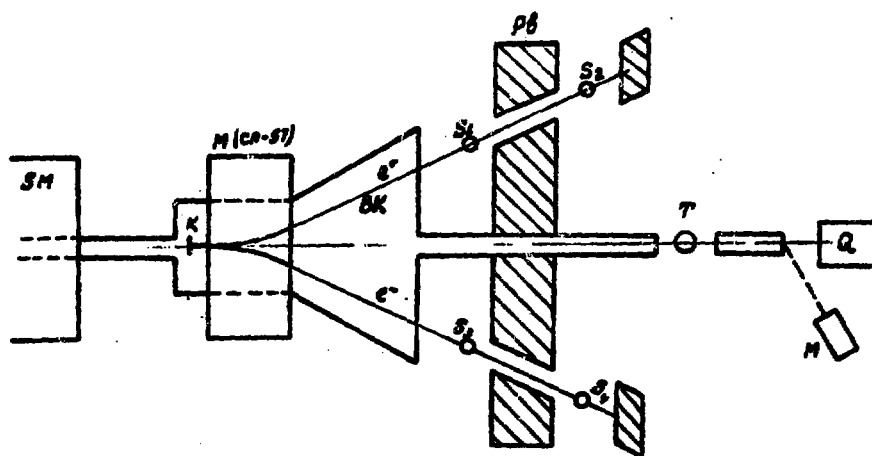


Рис. I

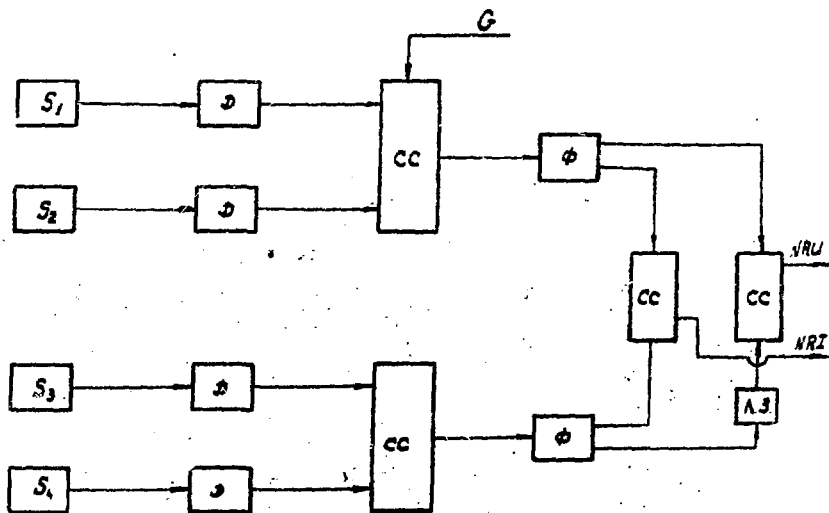


Рис.2

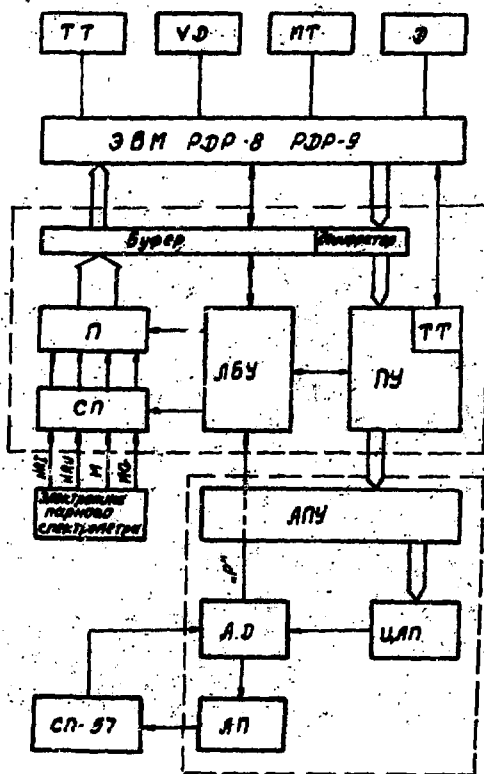
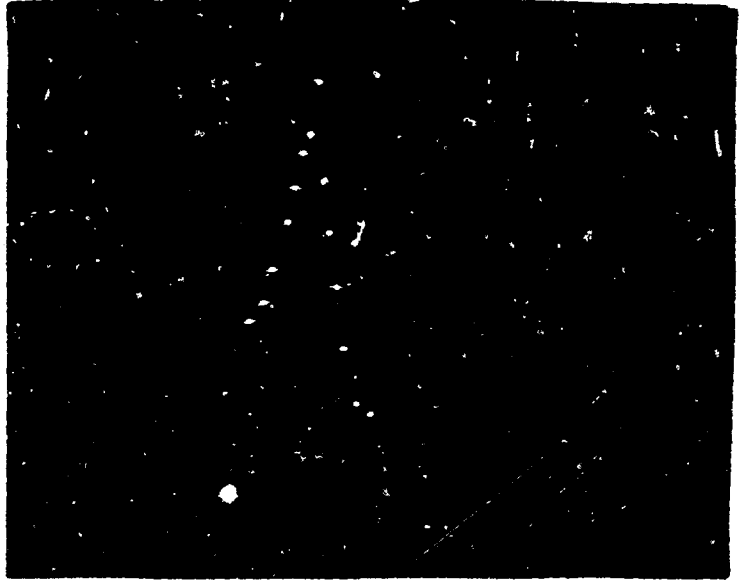
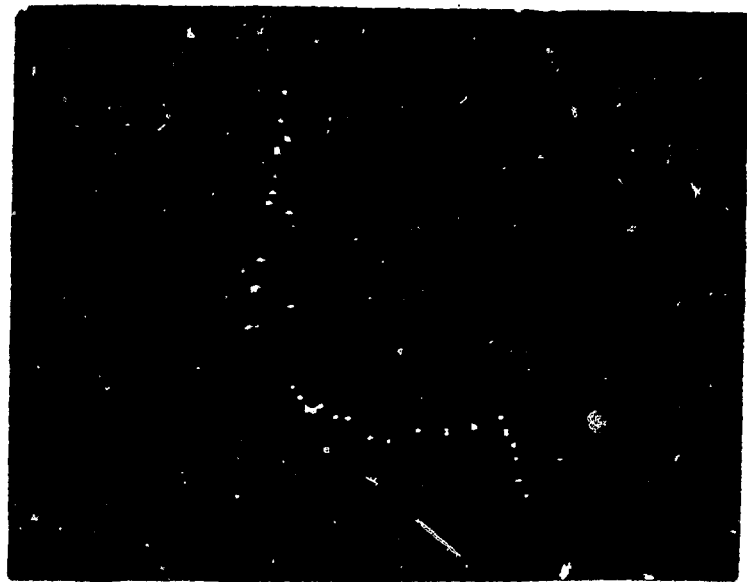


Рис.3



a)



b)

Рис.4

ART LONGA

SA DT5 2

LOAD

LOADER VOA
>-DUMP, IOLINE

1515

NUMBL?
2

EG	MRI	NRU	M	MC	T	ME			
633	642	85	1561	1442	767	660	F	2	7
729	685	101	1563	1367	752	667	F	3	13
796	775	91	1629	1407	757	787	C	4	18
897	968	123	1647	1453	734	957	F	5	25
947	1031	82	1582	1399	724	1073	C	6	31
998	1149	103	1627	1413	750	1199	C	7	36
1048	1240	119	1663	1472	761	1266	C	8	42
1099	1382	114	1636	1423	765	1457	C	9	47
1150	1059	99	1588	1389	789	1097	C	10	53
1194	935	118	1605	1429	813	917	F	11	59
1244	759	127	1651	1447	812	721	C	12	67
1295	570	129	1674	1461	820	525	C	13	73
1396	391	116	1614	1415	757	313	C	14	81
1497	367	123	1652	1469	838	274	C	15	88
1592	373	105	1676	1493	865	300	C	16	95
633	615	.							

NUMBL?

Pnc.5

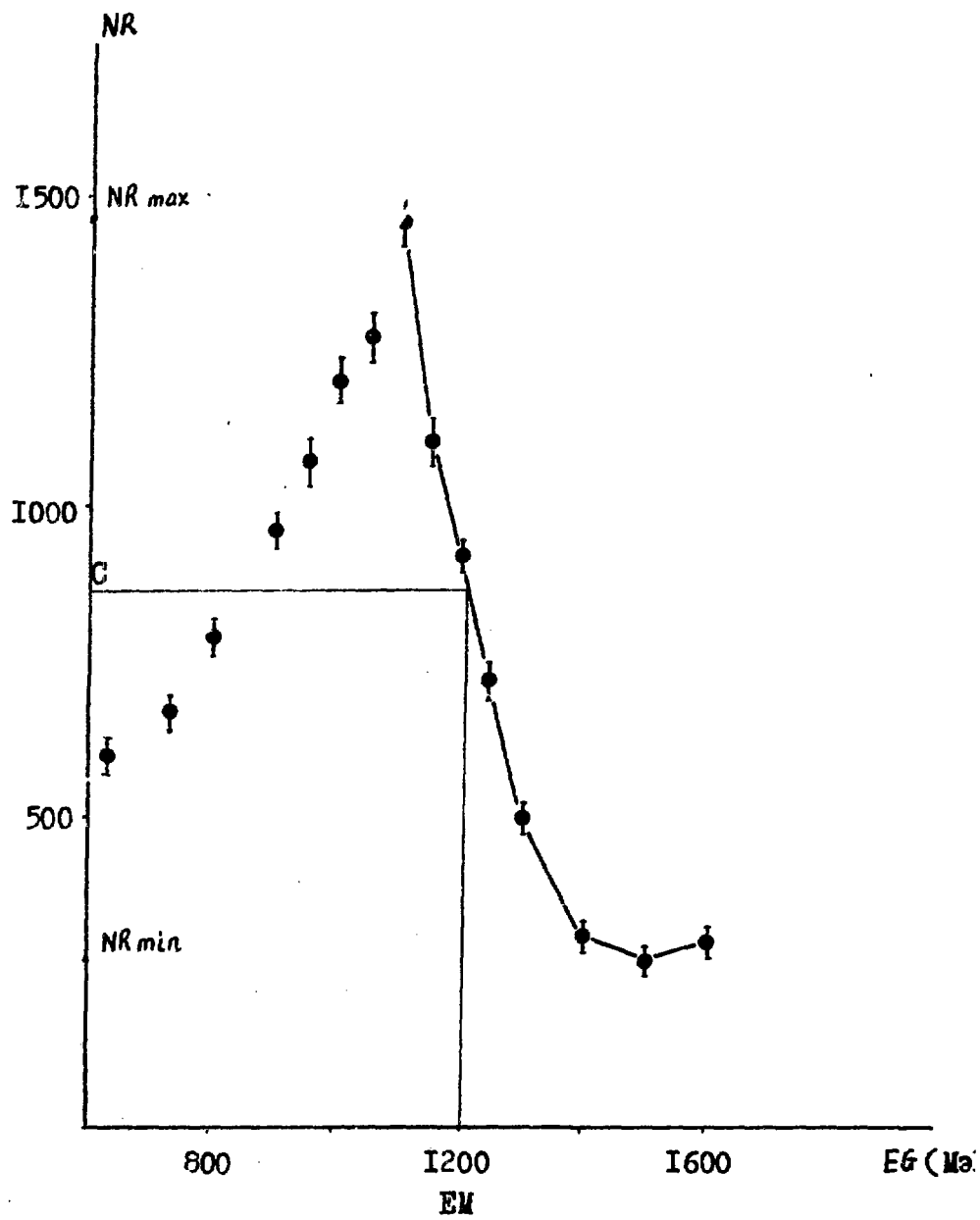


Рис.6

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис.1 Парный спектрометр: К-конвертор, М-анализирующий магнит.

S_1, S_2 и S_3, S_4 -телескопы счетчиков, М-монитор, Q -
-квантометр, SM -очищающий магнит, ВК-вакуумная ка-
мера, Т-экспериментальная мишень.

Рис.2 Блок-схема парного спектрометра:

Д- дискриминатор формирователь

СС-схема совпадения

Ф- формирователь

ЛЗ-линия задержки

G -временные ворота.

Рис.3 Функциональная блок-схема системы автоматизации:

ТТ-телетайп, VD -графический дисплей, МТ-магнитные
ленты, D -диски, ЛБУ-блоки логического управления,

ПУ-пульт ручного управления и контроля. СП-схема пропуска-
ния, П-пересчетные схемы, АПУ-автономный пульт управле-
ния, ЦАП-цифро-аналоговый преобразователь, АД-автомати-
ческий диспетчер, АП-агрегат питания.

Рис.4 Фото с дисплея ЭВМ спектра поляризованных фотонов:

а) режим измерения пиковой области

б) полный спектр.

Рис.5 Распечатка информации с МЛ ЭВМ

EG -энергия фотонов в МэВ

T- время экспозиции (10^{-1} сек.)

Рис.6 Экспресс обработка спектров:

EM-энергия центра спада

$$C = \frac{1}{2} (NR_{max} + NR_{min})$$

ЛИТЕРАТУРА

1. М.Л.Тер-Микаелян. ЖЭТФ, 25, 1953; 25, 296, 1953.
2. В.Г.Горбенко и др. ЯФ 4, 793, 1973.
3. Р.О.Авакян и др. ЕФИ-256(58)-77
4. Н.Д.Schulz, preprint DESY, 66/6, 1966
5. А.Т.Dadian et al. Nucl.Instr. and Meth. 123, 193, 1975
6. Л.О.Абрамян и др. ЕФИ-379(37)-79.

Рукопись поступила 25-го января 1980 г.

Редактор Л.П.Мукаян

Тех.редактор А.С.Абрамян

Заказ 521

ВФ-05098

Тираж 299

Препринт ЕФИ

Формат издания 60x84/16

Подписано к печати 5/У-80г.

1,5 уч.изд.л.Ц. 10 к.

Издано Отделом научно-технической информации
Ереванского физического института, Ереван-36, пер.Маркаряна 2



индекс 3624