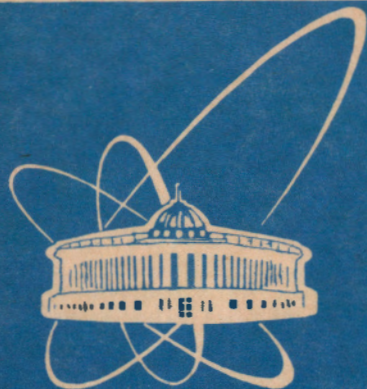


93-28



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P10-95-284

А.Ю.Бонюшкина, Д.В.Вакатов, В.А.Крылов, А.Н.Поляков,  
В.Г.Субботин, А.М.Сухов, Ю.С.Цыганов.

КОМПЛЕКС ПРОГРАММ  
ДЛЯ СБОРА И ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ  
ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТА ГНС

Направлено в журнал «Приборы и техника эксперимента»

1995

## Введение

В течение ряда лет на пучках тяжелых ионов циклотрона У-400 ЛЯР ОИЯИ с помощью установки ГНС (газонаполненный сепаратор) [1,2] проводятся эксперименты по изучению реакций полного слияния ядер. Высокая эффективность сбора продуктов исследуемых реакций в фокальной плоскости сепаратора, сильное подавление фона, возможность облучения мишени интенсивными пучками тяжелых ионов в течение длительного времени позволяют изучать на ГНС процессы рождения ядер с экстремально малыми сечениями.

На начальном этапе для оперативного контроля за ходом эксперимента и сбора данных использовались РС типа "Правец", АТ286/АТ386 и, разработанный для этих целей, спектрометрический пакет Helios [3].

В последние годы установка ГНС была заметно модернизирована, особенно в части детектирующего модуля и электронной аппаратуры спектрометра. Эти изменения потребовали перехода на более высокопроизводительную вычислительную технику и создания соответствующего программного обеспечения.

В настоящей работе описывается комплекс программ, предназначенных для сбора, оперативного анализа и предварительной обработки экспериментальных данных. Он реализован в среде MS DOS на базе РС IBM AT/486 и в среде UNIX на базе Sun SPARC-station IPX.

## 1 Эксперимент

Размещение сепаратора [4] в экспериментальном павильоне У-400, а также расположение и схема связи компьютеров, используемых в эксперименте, показаны на рис. 1.

Детектирующая аппаратура ГНС (ее расположение отмечено на рис. 1 стрелкой) включает в себя систему пропорциональных камер низкого давления [5] и двенадцатистриповый полупроводниковый детектор. Она используется для измерения энергии ядер, образующихся в реакции, координат попадания их в детектор и времени жизни, а также места испускания  $\alpha$ -частиц и осколков деления и их энергии.

В ходе эксперимента информация с детекторов установки поступает на электронную аппаратуру в стандарте КАМАК, расположенную в непосредственной близости от фокальной плоскости сепаратора (см. рис. 1). Здесь осуществляется сбор и преобразование первичных данных к виду, удобному для последующей обработки, а затем их экспресс-анализ на компьютере "PC1". Кроме того, на "PC1" проводится отбор событий, обусловленных испусканием  $\alpha$ -частиц с

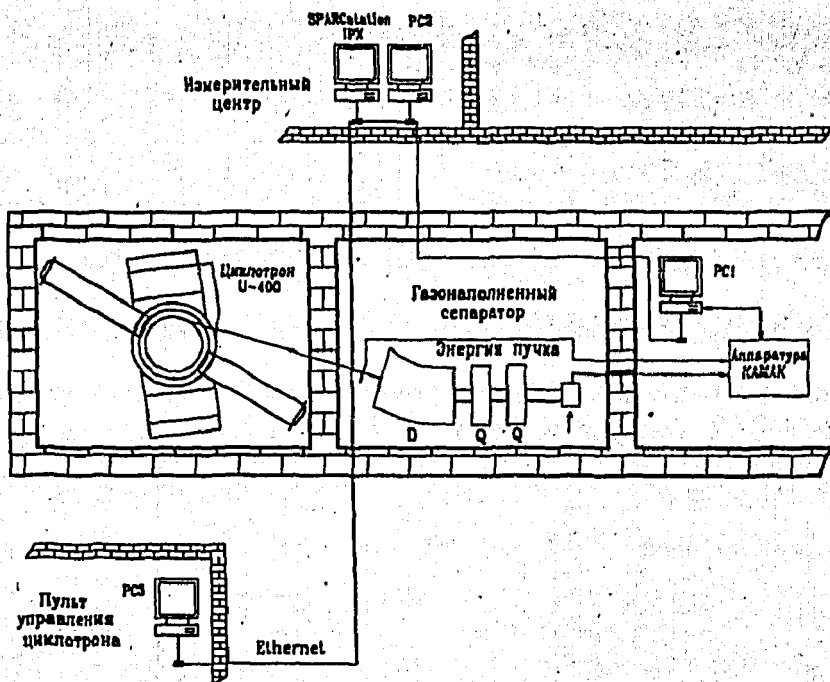


Рис.1. Схема расположения установки ГНС в экспериментальном павильоне У-400, где D – дипольный магнит, Q – квадрупольная линза

- энергиями выше заданного порога, которые после калибровки<sup>1</sup> записываются в отдельный файл.

Все события пересылаются по сети ETHERNET (150 Кб/с) на жесткий диск (емкостью около 2 Гб) рабочей станции Sun SPARC-station IPX, которая расположена в измерительном центре группы ГНС на расстоянии около 70 м от "PC1". Здесь они накапливаются для последующего статистического анализа.

С помощью компьютера "PC3" (AT/286), расположенного на пульте циклотрона У-400, проводится контроль и настройка энергии ускоряемых ионов.

## 2 Система сбора экспериментальных данных

Электронная аппаратура системы сбора экспериментальных данных занимает три крейта КАМАК. В первых двух крейтах расположены аналого-цифровые преобразователи, таймеры и различные регистры. Считывание информации с отдельных модулей этих крейтов выполняется с помощью контроллера КК-201К, осуществляющего последовательный опрос станций КАМАК и передачу очередного информационного слова в буферную память в режиме запрос-ответ. На передачу одного 16-разрядного слова тратится около 1.3 мкс. Стартом для ре-

<sup>1</sup> Калибровочные константы для текущего эксперимента определяются заранее путем проведения специального калибровочного сеанса.

гистрации нового события служит сигнал с одного из шести внешних разъемов, объединенных по схеме "ИЛИ". Момент окончания регистрации события определяется программой контроллера. На время регистрации текущего события контроллер выдает общий сигнал блокировки на входы преобразователей. Буферная память КЛ-033 [6] (два модуля, объемом 8 Кбайт) располагается в третьем крейте и работает под управлением "РС1" через программный контроллер КК-012 [7]. Время заполнения всей буферной памяти определяется загрузкой спектрометрических трактов и составляет в среднем несколько секунд, а время считывания - около 12 мс.

Программа GNS управляет сбором информации с детектирующей аппаратуры сепаратора. Ее блок-схема представлена на рис. 2.

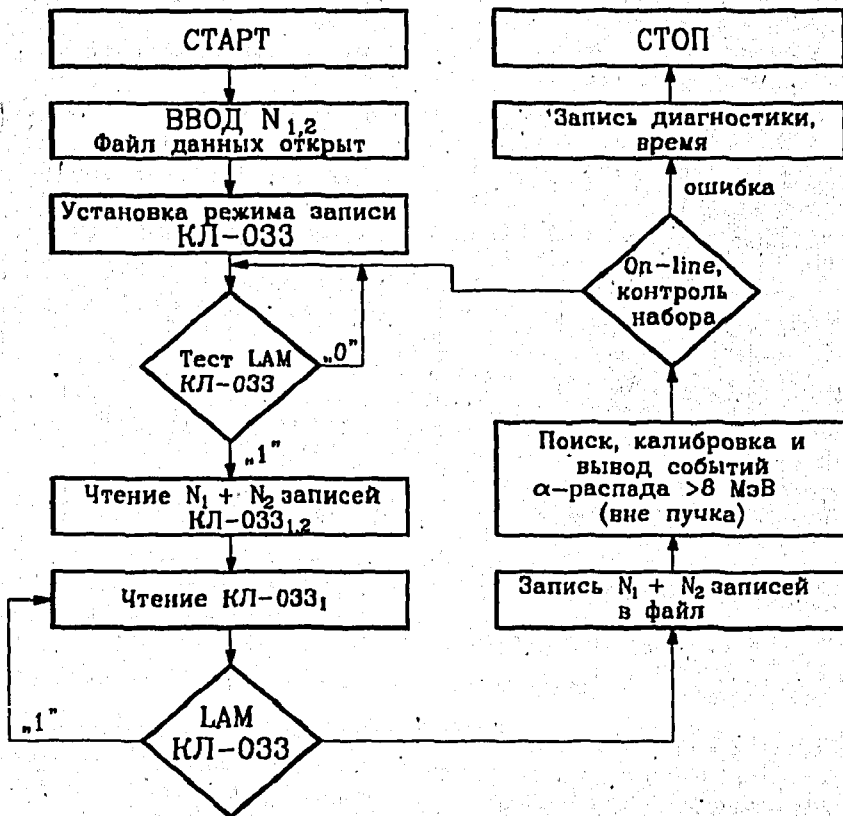


Рис.2. Блок-схема программы GNS

Поступающая в "РС1" информация об отдельном событии представляет собой последовательность  $N_1$  записей из крейта 1 ( $1 \leq N_1 \leq 315$ ) и  $N_2$  записей из крейта 2 ( $0 \leq N_2 \leq 315$ ). Параметры  $N_1$  и  $N_2$  задаются в соответствии с программой эксперимента; обычно  $N_2 \ll N_1$ .

Каждая запись из крейта 1 отвечает регистрации одной частицы и состоит из тринадцати 16-разрядных слов следующего формата:

Таблица 1

N слова	Параметр
1	амплитуда сигнала, отвечающая диапазону энергий 1-15 МэВ, с одного из восьми первых стрипов полупроводникового детектора: биты 1-10 – величина амплитуды $N_k$ (в каналах): $0 \leq N_k \leq 1023$ , биты 11-13 – номер стрипа
2	амплитуда сигнала, отвечающая диапазону энергий 1-15 МэВ, с одного из стрипов $9 \div 12$ полупроводникового детектора: биты 1-10 – величина амплитуды $N_k$ (в каналах): $0 \leq N_k \leq 1023$ , биты 11-13 – номер стрипа
3	код координаты попадания частицы в стрип, соответствующий сигналу с верхнего вывода стрипа, для диапазона энергий 1-15 МэВ
4	код координаты попадания частицы в стрип, соответствующий сигналу с верхнего вывода стрипа, для диапазона энергий 30-250 МэВ
5	код координаты попадания частицы в стрип, соответствующий сигналу с нижнего вывода стрипа, для диапазона энергий 1-15 МэВ
6	код координаты попадания частицы в стрип, соответствующий сигналу с нижнего вывода стрипа, для диапазона энергий 30-250 МэВ
7	код времени пролета ( $0 \div 1023$ ), или $\Delta E$ ( $1024 \div 2048$ )
8	счетчик межкрейтовой синхронизации
9	счетчик времени (шаг 6.5536 с)
10	счетчик времени (шаг 100 мкс)
11	счетчик времени по отношению к началу импульса пучка циклотрона У-400 (шаг 1 мкс)
12	код состояния системы (используются пять младших битов): бит 1 – событие в пучке / вне пучка бит 2 – признак наложений бит 3 – признак мажоритарных совпадений между детекторами бит 4 – признак срабатывания камеры СТАРТ бит 5 – признак срабатывания камеры СТОП
13	61440 – код крейта

Запись из крейта 2 отличается от записи из первого крейта тем, что слова 4, 6, 10, 11, 12 содержат нулевую информацию, а код крейта (13-е слово) задается равным 65535.

### 3 Мониторинг и обработка данных

#### 3.1 Программа GNS\_VISU

Для оперативного анализа данных создана программа GNS\_VISU, работающая в среде UNIX на компьютере Sun SPARC-station IPX группы ГНС. Она позво-

ляет проводить quasi-on-line-мониторинг более 100 параметров эксперимента, искать пространственно-временные корреляции между альфа-частицами, зарегистрированными между импульсами пучка циклотрона, и отбирать события по жестко заданным критериям. Анализ параметров указанных событий позволяет обнаружить некоторые сбои в работе электронной аппаратуры непосредственно в ходе эксперимента. Кроме того, с ее помощью контролируется ряд критических для эксперимента технических параметров. В частности, при возникновении нештатной ситуации в детектирующем модуле сепаратора подается звуковой сигнал.

Программа GNS\_VISU написана на языках C++, C и FORTRAN и использует библиотеку MOTIF/X11 для создания дружественного интерфейса в форме системы графических меню, а также пакеты библиотеки CERNLIB для визуализации одно- и двумерных гистограмм. Пользователь имеет возможность активизировать программу и управлять ее работой как непосредственно с консоли Sun-station, так и с удаленного X-терминала, в качестве которого можно использовать эмулятор X-терминала на базе IBM PC.

На рисунках 3, 4, 5 представлены некоторые фрагменты работы программы GNS\_VISU. В частности, на рис. 3 показан энергетический спектр альфа-частиц.

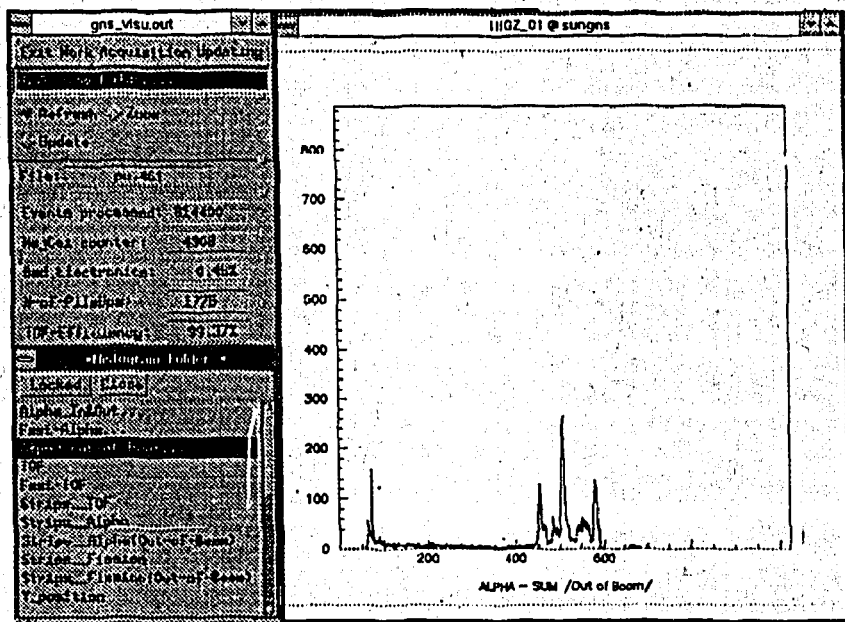


Рис.3. Главное меню программы GNS\_VISU

измеренный в одной из реакций с тяжелыми ионами. В левой части рисунка расположено главное меню (вверху) и список гистограмм (внизу), доступных для визуализации и анализа. В нижней части главного меню выводятся значения ряда наиболее важных технических параметров, характеризующих текущее состояние детектирующего модуля.

Поясним смысл некоторых из них.

В процессе предварительного анализа данных программа выявляет события, для которых не удается однозначно восстановить номер сработавшего стрипа. Параметр "Bad Electronics" показывает процентное содержание таких событий среди всех событий, зарегистрированных между импульсами пучка У-400 и отвечающих альфа-распадам с энергией более 5.5 МэВ.

"TOF Efficiency" показывает текущее значение эффективности детектирования времяпролетным модулем тяжелых ионов с энергией выше заданного порога. Этот параметр определяется как отношение числа зарегистрированных ионов с кодом времени пролета, не равным нулю, к их общему количеству.

Визуализация указанных параметров в ходе калибровочных сеансов позволяет обнаружить ошибки в работе электронной аппаратуры и провести необходимую настройку пропорциональных камер.

На рис. 4 показано распределение числа зарегистрированных частиц во времени по отношению к началу импульса ВЧ-модулятора циклотрона. По форме данного распределения можно судить о режиме работы ускорителя.

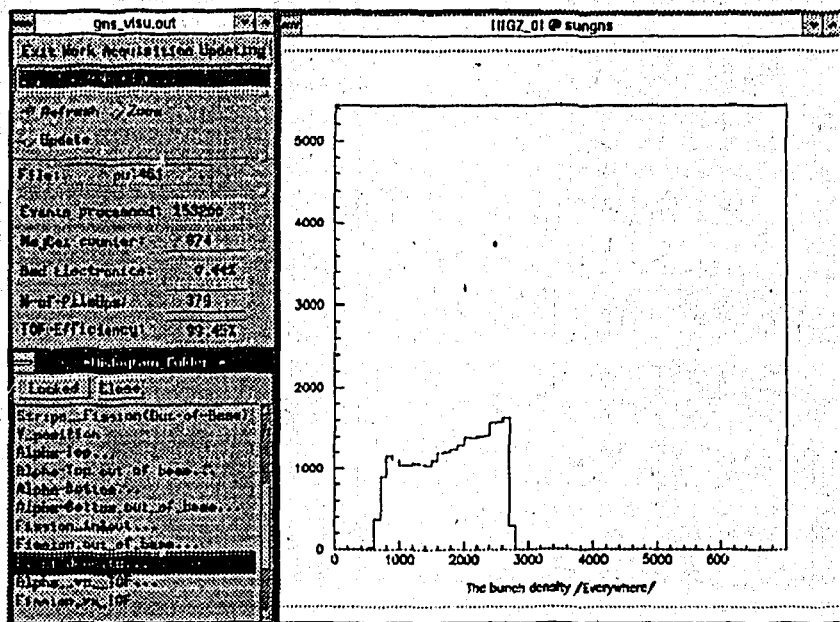


Рис.4. Распределение зарегистрированных частиц во времени (мкс) по отношению к началу импульса циклотрона

На рис. 5 приведено двумерное распределение "энергия - время пролета", полученное в ходе одного из калибровочных сеансов; оно показывает, что среди вторичных продуктов исследуемой реакции имеется несколько групп частиц с разной ионизирующей способностью. Программа позволяет выделять на распределении область (на рис. отмечена штриховкой), для которой подсчитываются и выводятся на экран различные статистические характеристики.

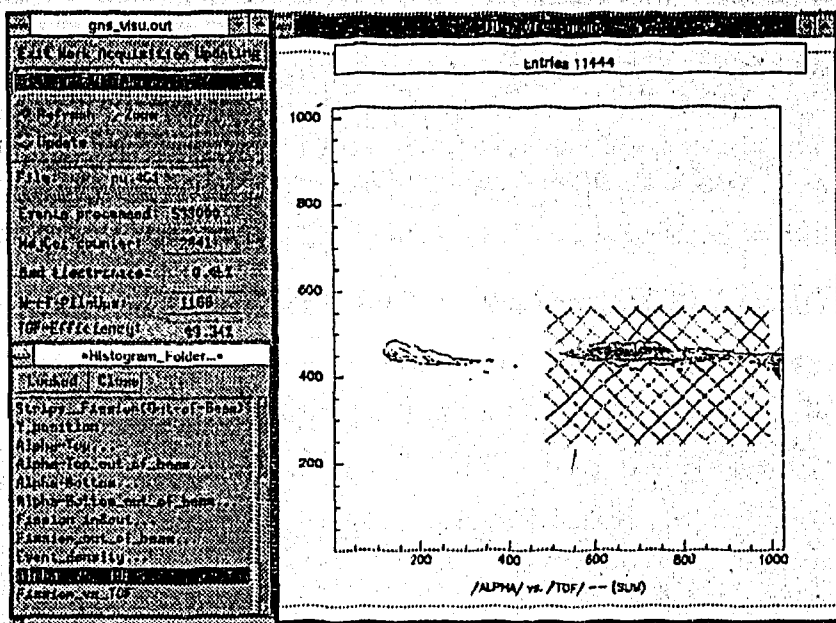


Рис.5. Двумерное распределение "энергия - время пролета", полученное в ходе одного из калибровочных сеансов

### 3.2 Программа LimPoRaw

На базе IBM PC-486 разработана программа LimPoRaw, которая позволяет

- проводить предварительную обработку больших массивов экспериментальных данных, расположенных на локальном или удаленном диске;
- представлять их в виде различных одномерных статистических распределений;
- осуществлять визуальный контроль процесса обработки;
- проводить калибровку/стрипов координатного детектора.

Программа реализована в виде Windows-подобной графической оболочки и содержит набор процедур, предназначенных для проведения статистической обработки данных. Она состоит из написанных на языке Pascal основного модуля и вспомогательных файлов, необходимых для поддержки графического интерфейса. Для ускорения процесса ввода-вывода графических изображений и чтения файлов данных используются процедуры, написанные на ассемблере. Программа работает под управлением MS DOS (версии 5.0 и выше) и требует не менее 580 Кб оперативной памяти, которая может быть уменьшена до 350 Кб при наличии свободной расширенной памяти. На жестком диске программа LimPoRaw занимает около 500 Кб.

Процедура обработки экспериментальных данных реализована на основе многоуровневого меню. Для выбора необходимой опции меню можно использовать клавиатуру и мышь.

С помощью меню пользователь формирует список файлов данных (см. рис. 6), предназначенных для обработки, и устанавливает режим считывания: Foreground



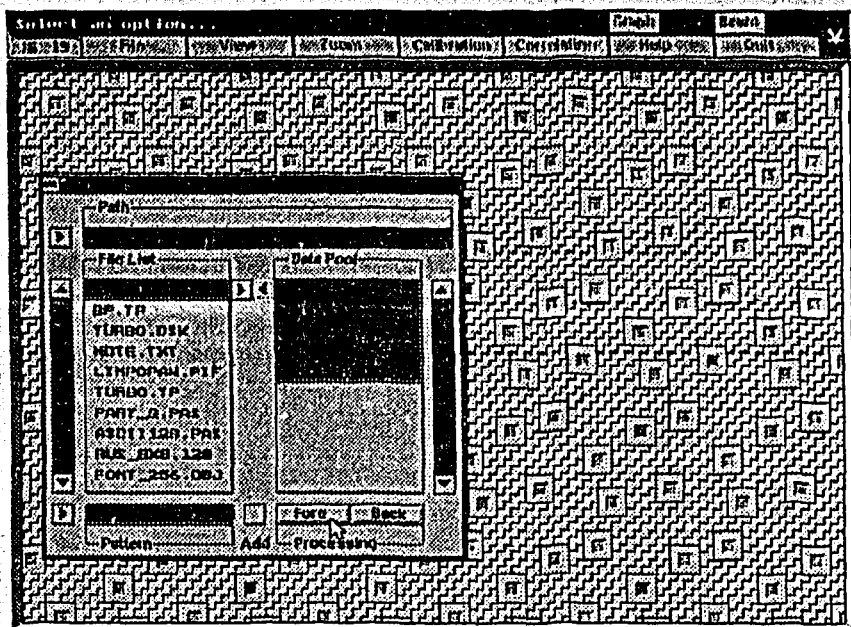


Рис.6. Меню выбора файлов данных в программе LimPoRaw

или Background. Foreground - это быстрое последовательное чтение данных с блокировкой некоторых опций меню до окончания процедуры. В режиме Background можно дополнительно активизировать другие опции меню, что позволяет, в частности, осуществлять визуальный контроль процесса обработки. Использование этого режима целесообразно при работе с большими объемами данных.

В процессе считывания информации осуществляется декодирование и предварительный анализ каждого события, а также занесение его параметров в соответствующие статистические распределения. Декодирование события включает в себя определение номера сработавшего стрипа и выделившейся в нем энергии. Затем проводится их классификация по различным признакам (в пучке/вне пучка, есть/нет наложения, есть/нет мажоритарные совпадения между детекторами и т.д.), что позволяет отбирать события, представляющие интерес для исследователя.

В качестве примера на рис. 7 представлены два энергетических спектра, полученные в результате обработки файла, содержащего около 30000 событий. На нижней гистограмме показано распределение числа событий по величине энергии, выделившейся в третьем стрипе. На верхней гистограмме изображено распределение максимальных значений энергий, выделившихся в стрипах 1-12.

Рассмотрим работу программы на примере процедуры калибровки, проводимой для каждого стрипа в отдельности.

При выборе опции View на экране монитора открывается большое графическое окно, предназначенное для вывода одномерных гистограмм - распределений событий по энергиям в 12 стрипах. В нижней части окна расположены клавиши

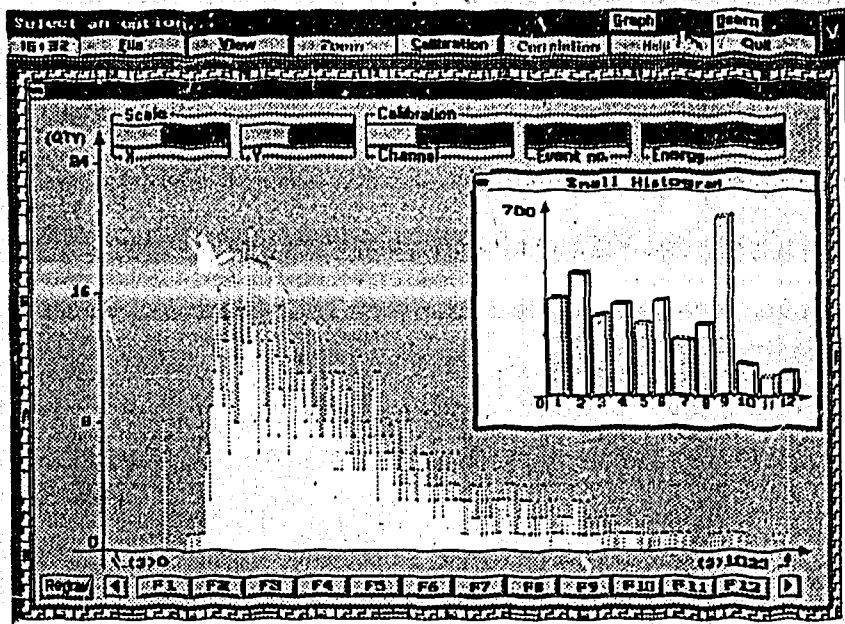


Рис. 7. Распределение по энергиям – в стрипе 3 и для всех 12 стрипов

с номерами  $1 \div 12$ , с помощью которых выбирается нужный стрип. Далее клавишей Calibration инициализируется процедура калибровки и с помощью мыши фиксируются левая и правая границы видимого на распределении пика. Используя формулу

$$C_1 = \frac{\sum_{i=N_1}^{N_2} N_i S_i}{\sum_{i=N_1}^{N_2} S_i},$$

где  $S_i$  – содержимое  $i$ -го канала, а  $N_1$  и  $N_2$  – номера каналов, отвечающие левой и правой границам избранного пика, вычисляется центр тяжести распределения, заключенного между каналами  $N_1$  и  $N_2$ . Ему ставится в соответствие значение энергии  $E_1$ . Определенное таким образом положение центра тяжести первого пика отмечается на экране вертикальной линией. Затем эта же процедура применяется для вычисления центра тяжести  $C_2$  второго пика и задания соответствующего ему значения энергии  $E_2$ .

Полагая, что зависимость канал – энергия носит линейный характер можно записать систему уравнений:

$$E_1 = A \cdot C_1 + B,$$

$$E_2 = A \cdot C_2 + B,$$

из которой определяются искомые калибровочные параметры  $A$  и  $B$ . Их можно сохранять в текстовом файле и использовать в качестве шаблона для других распределений.

## Заключение

Реализация описанного комплекса программ в различных операционных средах позволяет гибко использовать преимущества UNIX и DOS на разных этапах обработки экспериментальных данных. Программный комплекс находится сейчас в опытной эксплуатации. Значительная часть его была успешно апробирована в ходе длительного эксперимента, являющегося приоритетным для ОИЯИ [8] и приведшего к открытию нового изотопа элемента  $Z=108$ .

Авторы считают своим приятным долгом поблагодарить С. Илиева и В. Томина за разработку и настройку ряда электронных блоков, которые использовались при отладке и тестировании программ. Ю. Цыганов благодарен В. Жучко за помощь при написании программы сбора экспериментальных данных.

## Литература

- [1] Yu.A. Lazarev et al. in *JINR Scientific report E7-93-57*, Dubna, 1993, p.39
- [2] Yu.A. Lazarev et al. *Phys.Rev.Lett.* Vol.73 NO-5, 1994, p.624
- [3] В.Е.Жучко и Ю.С.Цыганов *Сообщение ОИЯИ P7-89-451*, Дубна, 1989
- [4] Yu.A. Lazarev et al. in *JINR Scientific report E7-93-57*, Dubna, 1993, p.203
- [5] A.N.Mezentsev et al. in *JINR report E7-93-57*, Dubna, 1993, p.208
- [6] Н.И.Журавлев и др. *Сообщение ОИЯИ P10-88-997*, Дубна, 1988
- [7] И.Н.Чурин и др. *Сообщение ОИЯИ P10-90-589*, Дубна, 1990
- [8] Yu.A. Lazarev et al. *JINR preprint E7-95-100.*, Dubna, 1995, Submitted to *Phys.Rev.Lett.*

Рукопись поступила в издательский отдел  
30 июня 1995 года.