

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Спектрометрическая система NP-4

Спектрометрическая система NP-4 – это комплекс программ, предназначенный для применения в специальном практикуме по экспериментальным методам ядерной физики. Он обеспечивает управление техническими средствами многоканальных амплитудных анализаторов, регистрацию, хранение и отображение экспериментальных данных. Математическая обработка амплитудных распределений ориентирована на задачи  $\gamma$ -спектроскопии. Кроме того, NP-4 позволяет решать специфические задачи лабораторных работ.

Управление спектрометрической системой NP-4 осуществляется с помощью мыши. Для выполнения необходимого действия (команды) нужно щелкнуть **левой** кнопкой мыши на соответствующей пиктограмме – *экранной клавише* (ЭК). Для получения справки о назначении *экранной клавиши* нужно щелкнуть **правой** кнопкой мыши.

Система имеет несколько режимов работы: «**Управление**», «**Обработка пиков**», «**Градуировка**», «**Калькулятор**» и «**Разное**». Кроме того, имеются **специальные** режимы, содержание которых зависит от выполняемой лабораторной работы. Для перехода в нужный режим следует щелкнуть левой кнопкой мыши на соответствующей пиктограмме. Для возврата в режим «**Управление**» нужно щелкнуть в любом месте экрана, свободном от пиктограмм и гистограммы или нажать на клавишу Esc клавиатуры компьютера.




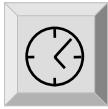
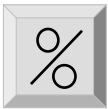

Списки файлов работающего в данный момент пользователя постоянно высвечиваются. Назначение файлов в списках зависит от режима. Файлы каждого режима хранятся в независимых директориях. Исключение составляет режим «**Разное**», файлы которого совпадают с файлами режима «**Управление**». Выбор того или иного файла выполняется щелчком левой кнопки мыши на поле с нужным именем; выбранное имя выделяется цветом.

При необходимости ввода дополнительных данных система выдает запрос; в ответ на него следует ввести число или текст, завершив ввод нажатием клавиши Enter. Если после запуска команды, требующей ввода дополнительной информации, нажать Enter или Esc, не вводя этой информации, то никаких изменений не произойдет.




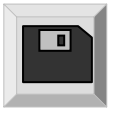
В режимах «**Обработка пиков**» и «**Градуировка**» могут использоваться разные способы обработки данных. Переключение между ними осуществляется с помощью соответствующих *экранных клавиш*, а сама обработка выполняется по команде «**Исполнение**».

# 1. Команды общего назначения

## 1.1 Управление спектрометром

Команда	ЭК	Комментарий
Режим « <b>Управление</b> »		
<b>Пуск</b> накопления данных		Начинается накопление исходных данных амплитудного распределения, поступающих из спектрометрического тракта. Одновременно начинается отсчет времени накопления. Если предыдущая команда не изменяла текущих данных, то отсчет времени продолжается с момента останова.
<b>Останов</b> накопления данных		Прекращается накопление данных, поступающих из спектрометрического тракта. Одновременно прекращается отсчет времени накопления.
<b>СБРОС</b> (сти- рание) теку- щих данных		Стираются данные в оперативной памяти (текущее распределение). Отсчет времени накопления данных начинается вновь.
<b>Ввод</b> <b>времени</b> накопления данных		По запросу системы вводится требуемое значение (секунды). Отсчет времени начинается по команде «Пуск» или «Сброс»; по достижении заданного значения <b>автоматически</b> выполняется команда «Останов». Истекшее время накопления отображается на табло над гистограммой. Часы показывают время суток в соответствии с установками данного компьютера.
<b>Ввод пре- дельного зна- чения стати- стической</b> погрешности		Для канала, указанного маркером ( $n > 5$ ), по запросу системы вводится значение статистической погрешности (в процентах), по достижении которой <b>автоматически</b> выполнится останов накопления данных.
<b>Ввод пара- метров мони- тора</b>		Границы текущей разметки запоминаются; по запросу вводится предельное число отсчетов в этих границах. Во время накопления данных отсчеты во всех каналах, которые находятся в пределах указанных границ, будут суммироваться и при достижении заданного числа набор данных <b>автоматически</b> прекратится.

Управление спектрометром (продолжение)

Команда	ЭК	Комментарий
Режим «Управление»		
<b>Запись</b> накопленного распреде- ления на жест- ком диске		Имя файла (1÷8 символов без расширения) вводится по запросу системы. Затем мож- но ввести одну строку произвольного тек- ста. Предыдущий одноименный файл сти- рается.
<b>Считывание</b> данных с же- сткого диска		Выбранный файл считывается с диска. Его содержимое замещает имеющееся в опера- тивной памяти распределение.
<b>Удаление</b> данных с же- сткого диска		Программа запрашивает подтверждение удаления. Если файл действительно необ- ходимо удалить, то нужно повторно щелкнуть на этой <i>экранной клавише</i> . С диска удаляется файл, содержащий рас- пределение.
Запись дан- ных на <b>гиб-</b> <b>ком</b> диске		Предварительно выбранный файл копиру- ется с жесткого диска на гибкий под тем же именем.

## 1.2 Разметка данных и изменение масштабов гистограммы

При подготовке исходных данных к математической обработке и в некоторых других случаях необходимо указывать на отдельные каналы и выделять участки распределения (группы каналов). Это выполняется с помощью маркера – характерной линии в поле гистограммы, которую можно перемещать и устанавливать с точностью в один канал. Номер канала, на который указывает маркер, соответствующее ему значение энергии и число отсчетов в нем, отображаются на экране.

Для **перемещения маркера** нужно ввести указатель положения мыши в окно гистограммы, нажать левую кнопку и, не отпуская ее, перемещать мыш. Для ускоренного перемещения маркера можно ввести указатель положения мыши в окно гистограммы около нужного канала и, не двигая мыш, щелкнуть левой кнопкой; при этом маркер установится *приблизительно* на нужном канале.

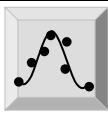
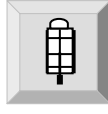
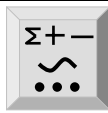
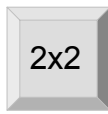
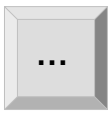
**Выделение участка** распределения начинается по команде «Разметка», а каналы, по которым затем проходит маркер, на гистограмме помечаются цветом; длина выделенного участка в этом случае изменяется в соответствии с новым положением маркера. Для отмены разметки используется та же *экранная клавиша*, которая в

этот момент имеет статус команды «Отмена (разметки)». Участок, размеченный для статистической обработки, не должен превышать 128 каналов.

Разметка и масштабы

Команда	ЭК	Комментарий
Режим «Управление»		
Начало разметки		Устанавливается одна из границ выделяемого участка (начало разметки участка).
Отмена разметки		Прекращается выделенное состояние участка (отменяется текущая разметка).
Уменьшение масштаба по оси отсчетов		Масштаб по оси отсчетов уменьшается в 2 раза.
Увеличение масштаба по оси отсчетов		Масштаб по оси отсчетов увеличивается в 2 раза.
Установка масштаба по оси отсчетов		В ответ на запрос нужно ввести желаемое значение масштаба по оси отсчетов.
Автоматический выбор масштаба по оси отсчетов		Масштаб будет определяться автоматически по каналу с максимальным числом отсчетов.
Масштаб по оси каналов		Гистограмма растягивается от левой границы <i>выделенного</i> участка. Для отображения максимального числа каналов щелкнуть на данной пиктограмме, не выделяя участка.
Сдвиг <i>влево</i> на $\frac{1}{4}$		Гистограмма сдвигается влево на $\frac{1}{4}$ видимой части распределения.
Сдвиг <i>влево</i> на $\frac{3}{4}$		Гистограмма сдвигается влево на $\frac{3}{4}$ видимой части распределения.
Сдвиг <i>вправо</i> на $\frac{1}{4}$		Гистограмма сдвигается вправо на $\frac{1}{4}$ видимой части распределения.
Сдвиг <i>вправо</i> на $\frac{3}{4}$		Гистограмма сдвигается вправо на $\frac{3}{4}$ видимой части распределения.

### 1.3 Выбор режима

Выбираемый режим	ЭК	Комментарий
Режим «Управление»		
Обработка пиков		Этот режим запускается полностью, если выделен участок распределения с числом каналов до 128. Если участок не выделен, то возможны только операции с файлом результатов обработки.
Градуировка спектрометра		Происходит переход к режиму градуировки спектрометра.
Разное		Происходит переход к режиму, содержащему различные вспомогательные команды.
Калькулятор		Вызывается калькулятор.
Специальные режимы		В зависимости от выполняемой лабораторной работы возможны особые режимы, вызываемые соответствующими им пиктограммами.

### 1.4 Статистическая обработка пиков

Программы спектрометрической системы NP-4 позволяют выполнять статистическую обработку данных, применяя итерационные методы подбора параметров аппроксимирующей функции. Результатом вычислений являются: значение энергии спектральной линии, площадь пика и разрешение спектрометра для этой линии.

Предполагается, что амплитудное распределение представлено пиками гауссовой формы на фоне, линейном в окрестностях пика. Обрабатываются как хорошо разрешенные линии (одиночные пики), так и дублеты. Каждый пик или каждый дублет обрабатываются отдельно, причем, границы участка распределения, содержащего эти пики, указываются пользователем по гистограмме с помощью маркера и команды указания границ участка («Разметка»).

Наличие дублета устанавливается пользователем по гистограмме и результатам вычислений: если пик имеет необычную форму или  $fwhm$  существенно больше, чем физически объяснимое для данной энергии, то это означает, что зарегистрирован, по крайней мере, дублет.

Обратите внимание, при обработке дублета ширина пиков предполагается одинаковой. Это означает, что в виде дублета пики

должны обрабатываться в том случае, если они действительно плохо разрешены, иначе на результаты расчетов окажет большое влияние зависимость разрешения от энергии. (В специальных случаях может включаться режим, учитывающий разную ширину пиков в дублете.)

**Поскольку для аппроксимации распределения используется функция, нелинейная относительно параметров, задача решается путем итераций. При этом используется типичная программа, которая ищет локальный минимум и требует предварительного задания в его окрестности нулевых приближений искомым параметров; правильное указание нулевых приближений существенно, поскольку может повлиять на результаты вычислений либо вообще на возможность решения задачи.**

Нулевые приближения параметров (5 значений для синглета и 7 значений для дублета) в основном определяются программой самостоятельно по заданной пользователем разметке. В простых случаях (хорошо разрешенный синглет и правильный выбор границ участка) она делает это вполне удовлетворительно. Однако в некоторых случаях могут потребоваться уточнения, что делается с помощью указателей нулевых приближений (маркеров) в режиме «**Обработка пиков**». Имеется два основных маркера (отличаются цветом), указывающих на предполагаемые максимумы пиков. С первым из них связана пара указателей нулевого приближения ширины пиков, которое определяется как расстояние между указателями этой пары. Перемещение маркеров осуществляется так же, как при разметке исходных данных (см. п.1.2), но, поскольку здесь маркеров больше одного, указатель положения мыши нужно устанавливать вблизи того маркера, который нужно перемещать. Вместе с маркерами постоянно отображается график аппроксимирующей функции, построенный на основе нулевых приближений параметров.

Для нахождения параметров пиков необходимо **выделить** участок амплитудного распределения (см. п.1.2) и перейти к режиму «**Обработка пиков**». Выбранная группа каналов будет представлена с указанием статистических погрешностей. Для обработки другого отрезка распределения необходимо вернуться в режим «**Управление**» и выделить требуемую группу каналов.

Вид аппроксимирующей функции (синглет или дублет) задается соответствующей командой. Для каждого пика вычисляются следующие параметры:

$Pp$  – положение максимума пика;

$Sp$  – площадь пика за вычетом линейного фона в окрестности пика;

$fwhm$  – ширина пика на половине высоты;

$E$  – энергия (единицы измерения неявно определяются при вводе значений энергий для градуировки);

$R$  – разрешение ( $\text{ПППВ}$  в энергетических единицах);

$R\%$  – относительное разрешение (в процентах);

По окончании вычислений на экран выводятся результирующая кривая и гауссианы пиков за вычетом фона. В верхней части экрана выводятся вычисленные параметры, причем, если имеется градуировка, то выводятся  $E$ ,  $R$ ,  $R\%$ ,  $Pp$  и  $fwhm$ , в противном случае – только  $Pp$  и  $fwhm$ .

#### Статистическая обработка пиков

Команда	ЭК	Комментарий
Режим «Обработка пиков»		
Синглет		Устанавливается вид математической обработки: аппроксимация одиночного пика функцией Гаусса (состояние по умолчанию).
Дублет		Устанавливается вид математической обработки: аппроксимация двойного пика функциями Гаусса.
Ввод значения энергии		По запросу программы следует ввести значения известных энергий, которые соответствуют положениям максимумов гауссиан, полученных в результате последней аппроксимации; (цвета запросов соответствуют цветам аппроксимирующих гауссиан).
Исполнение аппроксимации		Исполняется аппроксимация синглета или дублета, в зависимости от ранее установленного вида математической обработки.
Запись результатов		Параметры пиков, вычисленные в предыдущей аппроксимации, записываются (добавляются) в файл результатов на жестком диске ( <i>файл результатов – один</i> ).
Просмотр файла результатов		Содержимое файла результатов обработки выводится на экран (если все строки не умещаются, то для продолжения просмотра нужно щелкнуть на этой пиктограмме еще раз).
Инициализация файла результатов		Очищается файл результатов.

#### 1.5 Градуировка спектрометра по энергии

Градуировочная линия строится по закону  $E = G_0 + G_1 \cdot x$  или как  $E = G_0 + G_1 \cdot x + G_2 \cdot x^2$ , где  $G_0$ ,  $G_1$  и  $G_2$  – параметры,  $x$  – номер канала  $n$

или положение пика  $p$ . В первом случае для градуировки используется два или более пиков, а во втором – не менее трех; параметры ( $G_n$ ) вычисляются методом наименьших квадратов.

Первоначально значения энергий для градуировки вводятся с клавиатуры компьютера индивидуально для каждой спектральной линии с известной энергией. Вводу значений энергий предшествует аппроксимация пиков в режиме «**Обработка пиков**». По команде ввода программа запрашивает эти значения, сопоставляя их с вычисленными значениями положений максимумов пиков, и эти пары (положение–энергия) запоминаются, добавляясь к уже имеющимся. Полный набор таких пар (градуировочных точек) остается в оперативной памяти компьютера в течение всей работы программы или до их принудительного удаления. В случае необходимости этот набор можно сохранить на диске и вызвать оттуда, заменив текущий.

При входе в режим градуировки открывается окно с представленными графически градуировочными точками. Для выделения (указания) точки конец указателя мыши нужно разместить в пределах пятна, обозначающего точку, и щелкнуть левой кнопкой. Выделенная точка может быть удалена из набора.

По команде «Исполнение» вычисляются параметры градуировочной линии ( $G_n$ ) в соответствии с тем методом, который установлен в данный момент («Градуировка линейная» или «Градуировка квадратичная»). Они сохраняются (в оперативной памяти) до повторного исполнения этой команды или до их принудительного стирания. Добавление новых градуировочных точек или их полная замена (без команды «Исполнение») не изменяют параметров градуировки.

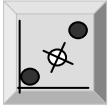
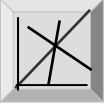
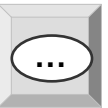
Кроме того, по команде «Исполнение» изображается градуировочная линия, проведенная по всем точкам текущего набора, а также график отклонений введенных значений от вычисленных.

Градуировка спектрометра

Команда	ЭК	Комментарий
Режим «Градуировка»		
Линейная градуировка		Устанавливается вид градуировочной функции: $E=G_1+G_2 \cdot p$ (линейная, число точек $2 \div 16$ ).
Квадратичная градуировка		Устанавливается вид градуировочной функции: $E=G_1+G_2 \cdot p+G_3 \cdot p^2$ (квадратичная, число точек $3 \div 16$ ).
Исполнение градуировки		Вычисляются параметры градуировочной функции $G_n$ . Если градуировочных точек нет, то градуировка не выполняется, а показывается текущая.





Градуировка спектрометра (продолжение)

Команда	ЭК	Комментарий
Режим «Градуировка»		
Удаление выделенной точки		Выделенная градуировочная точка удаляется из текущего набора.
Отмена текущей градуировки		Аннулируются текущие значения $G_n$ и все градуировочные точки.
Запись, Считывание, Удаление		Запись, считывание и удаление наборов градуировочных точек на жестком диске аналогичны таким операциям для амплитудных распределений, см. 1.1, но выполняются в режиме «Градуировка».

1.6 Вспомогательные операции

Команда	ЭК	Комментарий
Режим «Разное»		
Совмещение гистограмм (только в состоянии «Стоп»)		На текущую гистограмму накладывается гистограмма распределения, выбранного по списку файлов. Возможно наложение любого числа гистограмм. Если установлен автоматический выбор масштаба, то каждая гистограмма будет иметь свой масштаб по оси отсчетов; в противном случае все гистограммы будут выводиться в одном масштабе.
Сумма выделенных каналов		Для выделенной группы каналов вычисляются: общая сумма числа отсчетов и сумма числа отсчетов в этих каналах без предполагаемого линейного фона.
Сглаживание данных		Программа запрашивает число точек сглаживания; следует ответить: 5, 7 или 9. Текущее распределение будет сглажено.
Ввод энергии по каналу		По запросу программы следует ввести известное значение энергии, которое будет сопоставлено с номером канала, указанного маркером.
Сложение данных		Текущее распределение (отображаемое на экране) поканально складывается с содержимым заранее выделенного файла.

Вспомогательные операции (продолжение)

Команда	ЭК	Комментарий
Режим «Разное»		
Вычитание данных		Из текущего распределения поканально вычитается содержимое заранее выделенного файла.
Конец работы		Завершение работы и выход из спектрометрической системы.

**2. Команды лабораторной работы №18  
«Эффект Мессбауэра»**

Команда	ЭК	Комментарий
Режим «Управление»		
Амплитудное распределение		Спектрометр переключается в режим накопления данных амплитудного распределения.
Определение окна регистрации		Текущая разметка запоминается; при регистрации данных будут учитываться только те импульсы, амплитуда которых лежит в пределах указанных границ.
Мессбауэровское распределение		Спектрометр переключается в режим накопления данных мессбауэровского распределения (по скорости).
Режим «Обработка пиков»		
Ввод значения энергии перехода		По запросу программы следует ввести значение энергии перехода $E_0$ .
Лоренциан		Устанавливается вид математической обработки: аппроксимация одиночного пика функцией Лоренца (состояние по умолчанию).
Ввод значения скорости для градуировки		По запросу программы следует ввести значение скорости, которое соответствует лоренциану, полученному в результате предшествовавшей аппроксимации.
Режим «Градуировка»		
Вид градуировки – по скорости		Устанавливается вид градуировки: по скорости (состояние по умолчанию).

### 3. Команды лабораторной работы №20


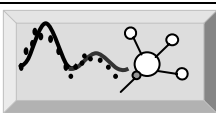
#### «Измерение времени жизни возбужденного состояния ядра $^{181}\text{Ta}$ методом запаздывающих совпадений»

Градуировка спектрометра по времени аналогична градуировке по энергии, и выполняется с помощью тех же команд, так как фактически метки времени регистрируются и обрабатываются как амплитудное распределение. Различие состоит в том, что, вместо значения энергии, положение максимума пика (в каналах) сопоставляется со значением времени, соответствующим каждой метке. Время вводится в микросекундах; результат (время жизни) получается также в микросекундах. Амплитудное распределение меток времени, слабо искаженное шумами и наводками, имеет вид четырех узких пиков (1÷2 канала) и может вызвать затруднения у программы статистической обработки. Поэтому для ввода значений, соответствующих меткам времени используется специальная команда.

Команда	ЭК	Комментарий
Режим «Управление»		
Временное распределение		Программа переходит в режим математической обработки временного распределения (запаздывающих совпадений).
Ввод значения, соответствующего метке времени.		По запросу программы следует ввести значение интервала времени, которое будет сопоставлено с номером канала, указанного маркером. Если метка времени окажется на границе каналов (видны 2 вертикальные линии), то маркер можно поставить на любой из них – программа сама определит истинное положение метки относительно каналов (вычисляется центр тяжести пары каналов).
Режим «Временное распределение»		
Вычисление фона		На участке между маркерами методом наименьших квадратов проводится горизонтальная прямая и вычитается из распределения.
Логарифмирование		Временное распределение представляется в логарифмическом масштабе.
Вычисление времени жизни		На участке между двумя маркерами по логарифмическому представлению данных методом наименьших квадратов проводится прямая и вычисляется время жизни.

#### 4. Команды лабораторной работы №27 «Трехчастичная ядерная реакция»

При выполнении этих команд программа NP-4-27 завершается и включается одна из программ математической обработки  $\alpha$ -спектра (Calibr или Fit, автор Долинов В.К.); по окончании работы с этими программами происходит возврат к NP-4-27 с сохранением данных работающего в это время пользователя.

Команда	ЭК	Комментарий
Режим «Управление»		
Градуировка $\alpha$ -спектрометра		Выполняется переход к процедуре градуировки $\alpha$ -спектрометра.
Фитирование		Выполняется переход к процедуре вычисления параметров $\alpha$ -спектра.