

**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

P6-86-320

В.Н.Абросимов, И.Адам¹, Д.Василев, Д.Венос,
З.Гонс, М.Гонусек¹, И.Градец¹, К.Я.Громов,
А.И.Калинин, В.Г.Калинников, М.И.Кривоустов,
Г.Лизурей², С.В.Медведь, С.И.Мерзляков,
А.Мисиак², В.А.Морозов, Ф.Пражак, В.И.Разов³,
Д.Срнка¹, В.И.Стегайлов, П.Чалоун, Ф.Форет¹

**МНОГОДЕТЕКТОРНАЯ
КОРРЕЛЯЦИОННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ЯСНАП-2**

¹ Институт ядерной физики, Ржеж /ЧССР/

² Институт физики Ягеллонского университета, Краков /ПНР/

³ Дальневосточный государственный университет, Владивосток

1. ВВЕДЕНИЕ

Многодетекторная корреляционная установка /МУК/ предназначена для изучения пространственно-временных корреляций гамма-излучения короткоживущих радиоактивных изотопов в рамках программы ЯСНАПП-2*, одной из основных задач которой является исследование ядер, удаленных от полосы бета-стабильности. Исследование радиоактивного распада требует изучения схемы распада ядра. При анализе структуры возбужденных состояний ядер необходимо знать квантовые характеристики уровней, спины и четности состояний, а также времена жизни, магнитные и электрические моменты этих состояний. Детальное изучение распада короткоживущих ядер / $T_{1/2} < 1$ мин./ возможно только на пучках протонов, нейтронов, тяжелых ионов и т.д. "в линию" с масс-сепаратором в режиме с использованием высокоэффективных и быстродействующих детекторов ядерного излучения. При регистрации гамма-излучения могут применяться сцинтилляционные спектрометры с неорганическими кристаллами большого объема, такими, как, например, NaI(Tl) , BaF_2 , ВГО, со сравнительно низким энергетическим разрешением, или полупроводниковые детекторы с Ge(Li) или HPGe кристаллами, обладающими хорошим энергетическим разрешением, но сравнительно низкой эффективностью регистрации γ -излучения. Увеличение числа детекторов позволяет в этом случае существенно увеличить эффективность регистрации излучения, и на этой основе создать высокоэффективный спектрометр совпадений. Этот подход был использован при создании установки МУК, предназначенной для изучения угловых γ - γ -корреляций методом задержанных совпадений при работе "в линию" с масс-сепаратором на пучке протонов Фазотрона Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Многодетекторные корреляционные установки находят широкое применение в ядерно-спектрометрических исследованиях^{/1-17/}. На первоначальном этапе развития они создавались на основе сцинтилляционных спектрометров с кристаллами NaI(Tl) ^{/1-9, 11, 12/}, затем использовались комбинированные с полупроводниковыми и сцинтилляционными спектрометрами^{/10, 13-17/} и, наконец, были созданы установки на основе только полупроводниковых спектрометров^{/18-19/}. Для корреляционных установок максимальное число детекторов, расположенных в одной плоскости, достигало 11^{/1/} при

*) ЯСНАПП - Ядерная спектроскопия на пучке протонов.

использовании сцинтилляционных спектрометров и 4 - при использовании $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторов^{18,19}.

Дальнейшее развитие многодетекторные системы получили в спектрометрах типа "Кристаллический шар", обеспечивающих регистрацию излучения в телесном угле, близком к 4π , и состоящих из более чем 100 детекторов²⁰, а также в детекторах типа 8π , когда за спектрометром полного поглощения создается система германиевых детекторов, окруженных антикомптоновской защитой²¹.

Созданная в Лаборатории ядерных проблем установка МУК в сотрудничестве с ИЯФ ЧСАН /Ржеж/ состоит из 7 $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторов. Данная публикация является четвертой из серии работ²²⁻²⁴, связанных с созданием МУК, и посвящена описанию экспериментальной аппаратуры и проведению некоторых контрольных измерений.

2. СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ УСТАНОВОК

Корреляционные установки являются спектрометрами совпадений, и их эффективность в первую очередь зависит от количества детекторов и эффективности регистрации этими детекторами ядерного излучения. Достоверность полученного результата в значительной мере зависит от времени измерений, которое определяется набором необходимой статистики, корректности введения соответствующих поправок и величины ожидаемого эффекта. В этом отношении многодетекторные установки /МДУ/ обладают несомненными преимуществами перед двухдетекторными установками /ДДУ/.

За счет увеличения числа детекторов достигается следующее повышение эффективности регистрации совпадений по сравнению с ДДУ: в $n(n-1)/2$ раз, где n - число детекторов*.

*В табл.1 приведены некоторые сравнительные характеристики для МДУ и ДДУ.

Таблица 1

Данные по двух- и многодетекторным корреляционным установкам

Число детекторов n	2	3	4	5	6	7	8
Время измерений t_n/t_2 /при сравнимой статистике/	1,00	0,33	0,17	0,10	0,07	0,05	0,04

*Здесь и в дальнейшем считаем, что расстояние от источника до детекторов /для любого их числа/ одинаково. Эффективность регистрации излучения детекторами принимаем также одинаковой.

Как видно из табл.1, уже при числе детекторов $n = 4$ получается довольно небольшая относительная статистическая ошибка по сравнению с $n = 2$, и число детекторов $n = 7$ для случая равномерного их размещения по окружности является тем практическим пределом, который обеспечивает достаточно быстрый набор информации и повышенную надежность установки.

Корреляционный эксперимент становится значимым, если корреляционная функция измерена, по крайней мере, для трех углов в интервале от 0° до 90° . Очевидное преимущество МДУ перед обычными двухдетекторными установками с одним перемещающимся детектором заключается в следующем:

- Измерения проводятся одновременно под несколькими углами, что позволяет получить более полную корреляционную картину. Минимальное число детекторов при неодинаковых углах между ними равно $3/n = 3/4$.

- При увеличении числа детекторов $n > 3$ помимо очевидного преимущества в сокращении времени эксперимента для набора определенного статистического материала появляется возможность исключения неисправных измерительных трактов в процессе набора информации и завершения эксперимента при меньшем числе измерительных трактов.

- Отпадает необходимость введения поправок на возможное изменение скорости счета регистрируемого излучения за счет радиоактивного распада или за счет изменения интенсивности пучка ионов.

- Отсутствуют механические системы и блоки управления перемещением детектора.

- Возможность симметричного расположения детекторов в МДУ имеет то преимущество, что ошибки вследствие нормировки на эффективность детекторов, неточность центровки источников и ряд других ошибок имеют тенденцию взаимокompensироваться.

- МДУ позволяют поставить эксперимент и получить результаты в тех случаях, когда существуют ограничения по максимальной скорости счета в детекторах, что не дает возможности набрать необходимую статистику в двухдетекторном спектрометре совпадений.

Результаты, получаемые на МДУ, должны быть скорректированы с учетом:

- эффективности регистрации излучения различными детекторами;
- телесного угла детекторов;
- эффективности регистрации совпадений различными парами детекторов;
- мертвого времени в различных парах трактов.

К недостаткам МДУ можно отнести:

- высокую стоимость установки, особенно при использовании ППД;
- сложность электронного оборудования, хотя степень развития многопараметрического анализа позволяет в настоящее время обес-

лечить съем информации не только с двух, но и с достаточно большого числа детекторов, необходимых для постановки полного корреляционного эксперимента;

- неидентичность эффективности регистрации излучения в различных каналах;
- возможность сбоев в последовательности логических сигналов.

3. ОПИСАНИЕ МНОГОДЕТЕКТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Установка состоит из семи Ge(Li)-детекторов, расположенных в одной плоскости по окружности, в центре которой помещается радиоактивный источник. Помимо этого, в состав установки входят: блок свинцовой защиты с коллиматорами, устройство для транспортировки радиоактивности, и электронная аппаратура, обеспечивающая обработку аналоговых и цифровых сигналов, а также запись цифровой информации на магнитную ленту /см.рис.1 и 3/.

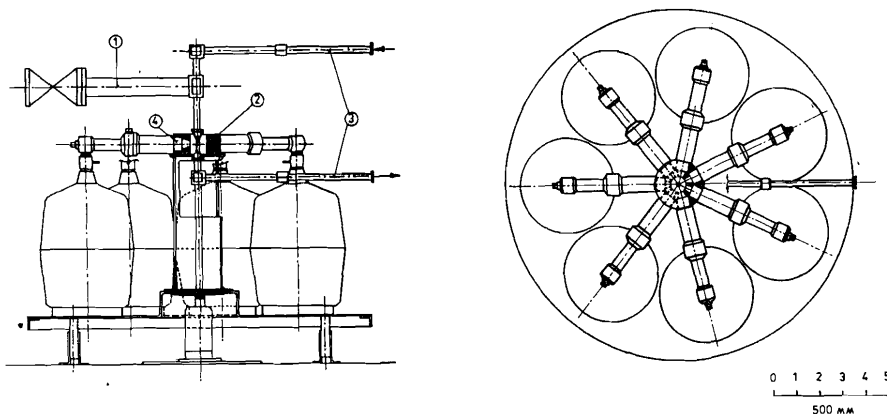


Рис.1. Схема расположения детекторов установки МУК.
1 - ионпровод; 2 - коллиматор; 3 - лентопровод к ТУРИ; 4 - Ge(Li) -детектор.

3.1. Детекторы

Все Ge(Li)-детекторы для описываемой установки были изготовлены в ИЯФ ЧСАН и по конфигурации чувствительного объема являются истинно-коаксиальными детекторами. Их чувствительный объем варьируется в пределах 40-49 см³. Энергетическое разрешение на линии 1333 кэВ ⁶⁰Со по данным изготовителя не превышает 3,0 кэВ /табл.2/. Важным преимуществом истинно-коаксиальных детекторов является отсутствие мертвого p-слоя на лицевой стороне детектора. Это обстоятельство повышает эффективность регистрации гамма-излучений в низкоэнергетической области по сравнению с обычными Ge(Li)-детекторами. Вторым преимуществом истинных коаксиальных

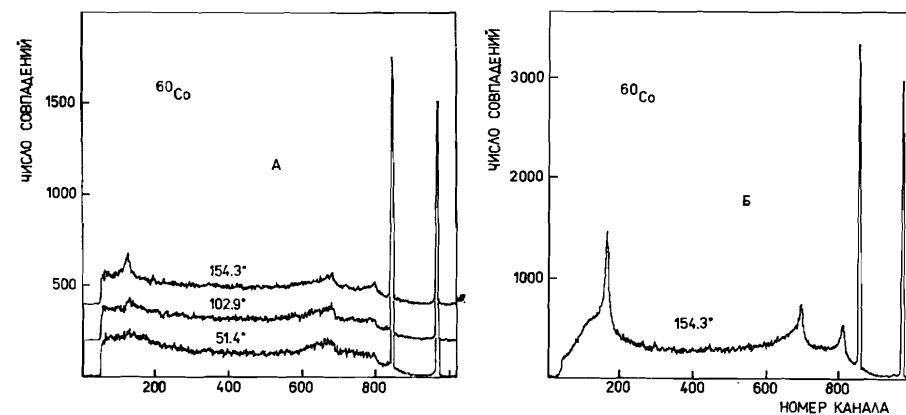


Рис.2. Интегральные спектры γ - γ -совпадений на источнике ⁶⁰Со. А - с БСЗК / $\alpha = 154,3^\circ$, $102,9^\circ$ и $51,4^\circ$ /. Б - без БСЗК / $\alpha = 154,2^\circ$ /, α - угол между детекторами.

детекторов является симметричное распределение электрического поля в детекторе, которое обуславливает их хорошие временные свойства.

Таблица 2

Характеристики Ge(Li) -детекторов

№	Объем /см ³ /	Напря- жение /В/	Разре- шение E* /кэВ/	Абсолютная эффект.** x 10 ⁴		
				122 кэВ	662 кэВ	1333 кэВ
245	40	-2900	3,0	66	9,0	4,3
365	49	-2500	2,2	58	12	6,3
364	49	-2200	2,6	73	12	5,5
388	40	-2300	2,5	32	6,3	2,9
329	40	-2000	2,7	63	8,9	4,0
299	40	-1800	2,8	63	10	5,2
229	40	-1700	2,5	46	7,5	3,3

* Измерено на линии 1333 кэВ.

** Погрешности абсолютных эффективностей составляют 25%.

Результаты изучения временных свойств этих детекторов опубликованы в работе /23/.

Каждый детектор помещен в удлиненный Г-образный криостат с целью обеспечения оптимальных геометрических условий. Была произведена проверка мощности теплоотвода криостата с помощью диода, поставленного на место детектора Ge(Li). Диод выделял мощность 205 мВт /эквивалентно мощности, выделяемой в результате работы Ge(Li)-детектора/, при этом температура в месте крепления детектора превышала температуру жидкого азота всего лишь на 10,3 К, что вполне обеспечивает нормальную работу детектора. Криостаты размещаются в специальных дьюарах с широким горлом / ϕ 87 мм/, что позволяет производить заливку жидким азотом, сохраняя фиксированное положение криостата по отношению к радиоактивному источнику.

3.2. Блок свинцовой защиты с коллиматорами /БСЗК/

Назначение БСЗК заключается в предотвращении регистрации излучения, проникающего из одного детектора в другой, обеспечения жесткой фиксации детекторов под определенными углами на определенном расстоянии от источника и коллимации излучения. Для детекторов одного размера оптимальным вариантом их размещения является условие сохранения постоянного угла между соседними детекторами. В случае семидетекторного варианта этот угол равен $51,4^\circ$. Схематическое изображение расположения детекторов приведено на рис.1. При таком размещении получается три корреляционных угла $25,7^\circ$, $51,4^\circ$ и $77,1^\circ$ при переводе всех возможных сочетаний углов в первый квадрант. При наборе статистического материала на установке в полной конфигурации эти углы повторяются по 14 раз. Предельный угол между детекторами не превышает $154,3^\circ$, что облегчает анализ спектра в его низкоэнергетической части, которая искажается вследствие обратного рассеяния. На рис.2 приведены интегральные спектры совпадений, характеризующие влияние коллиматора и углов между детекторами, где происходят совпадения, на вид гамма-спектров. Видно, что γ -пики, обусловленные процессом обратного рассеяния, уменьшаются в 3 раза в районе краев комптоновского распределения и значительно больше - в районе пика обратного рассеяния при использовании БСЗК. Эти измерения были проведены на четырех детекторах.

3.3. Транспортное устройство радиоактивных источников /ТУРИ/

Назначение ТУРИ заключается в переносе активности из зоны ионного пучка в рабочую зону МУК на расстояние 25 см. Требования, которые учитывались при разработке этой системы, заключались в обеспечении большой скорости переноса активности и точности остановки ленты-носителя. Контроль за перемещением ленты

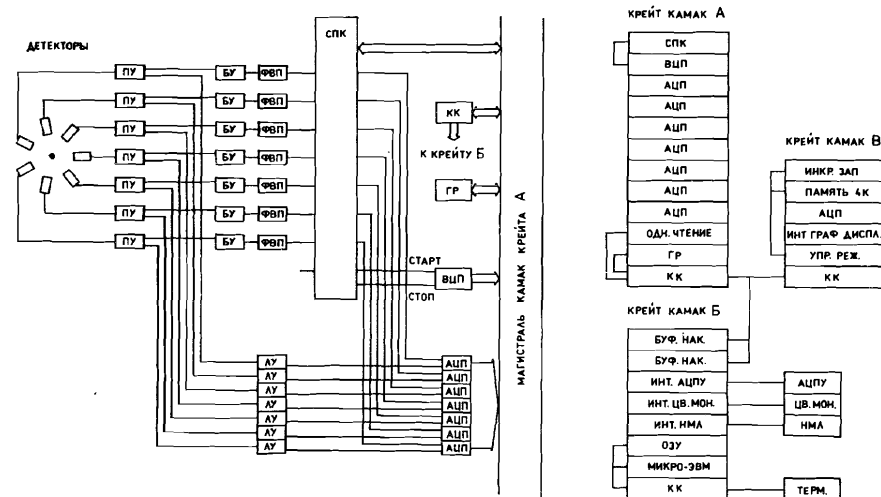


Рис.3. Блок-схема электронной аппаратуры МУК. Крейт А - система обработки аналоговых сигналов. Крейт Б - управляющая система на основе контроллера с микро-ЭВМ. Крейт В - многоканальный амплитудный анализатор.

и управление ТУРИ производятся считывателем типа ЕС-6121. Скорость движения ленты - 0,8 м/с, точность остановки $\pm 0,5$ мм. ТУРИ будет соединено с масс-сепаратором, внутри которого будет обеспечиваться вакуум до 10^{-6} торр.

3.4. Электронная аппаратура

Комплекс электронной аппаратуры /табл.3/, блок-схема которого приведена на рис.3, предназначен для измерения двойных γ - γ -задержанных и незадержанных совпадений, зарегистрированных любой парой из семи Ge(Li)-детекторов. Энергетический тракт каждого детектора состоит из предусилителя /ПУ/, линейного усилителя /ЛУ/ и амплитудно-цифровых преобразователей /АЦП/. В качестве предусилителей использованы П213²⁵, CANBERRA 2001A и ORTEC 120-3F.

Временные тракты состоят из быстрых усилителей /БУ/, формирователей временной привязки /ФВП/, время-цифрового преобразователя /ВЦП/, блока совпадений и приоритетной коммутации /СПК/, разработанных в ЛЯП ОИЯИ²². При совпадении γ -квантов в заданном временном интервале /200 нс/ СПК обеспечивает приоритетное подключение выходных импульсов от временных трактов к запуску "Старт" и "Стоп" ВЦП и выдает цифровой код порядкового номера детекторов, между которыми произошли совпадения. Использование одного ВЦП позволяет совместить временную шкалу для всех пар детекторов, что дает возможность в случае измерения времени жизни возбужденных состояний ядер просуммировать временные спектры

для всех пар. Блоки АЦП, ВЦП и СПК размещены в крейте КАМАК и управляются контроллером крейта, который передает информацию от всех преобразователей в форме блоков из четырех слов.

Таблица 3

Типовые обозначения некоторых электронных блоков

Обозначение	Название	Тип
ЛУ	Линейный усилитель	У 204 ^{/26,27/}
БУ	Быстрый усилитель	У 203 ^{/26,27/}
ФВП	Формирователь временной привязки	Ф 205 ^{/26,27/}
АЦП	Аналого-цифровой преобразователь	КА 209 ^{/28/}
ВЦП	Время-цифровой преобразователь	КА 303 ^{/29/}
КК	Контроллер	КК001 ^{/30/}
ЭВМ	Микро-ЭВМ	КМ001 ^{/30/}
БН	Буферный накопитель	КЛЮ06 ^{/30/}
ИМ	Интерфейс магнитофона	КИО31 ^{/30/}
М	Магнитофон	ИЗОТ 5003

Процессы накопления экспериментальных данных и предварительной обработки требуют применения ЭВМ. В ходе создания установки МУК были отработаны два подхода: использование малой ЭВМ НР2116С и микро-ЭВМ КМ001^{/31/} /см.рис.3/. Связь МУК с малой ЭВМ осуществляется по каналу прямого доступа^{/32/}. Программное обеспечение в этом случае состоит из программ отладки, набора и сортировки экспериментальных данных. Программа позволяет проводить мониторинг данных, поступающих от установки, в том числе и всех сбоев, а также идентифицировать и сортировать эти ошибки и, таким образом, помогать их устранению.

Программа набора обеспечивает накопление экспериментальных данных на магнитной ленте. Кроме того, она позволяет проводить очистку поступающих данных от сбоев и осуществлять формирование любого из 21 интегрального спектра совпадений / по числу анализируемых пар/. В режиме простого накопления поступающих данных на магнитную ленту скорость может достигать 2500 совп./с. В режиме формирования интегральных спектров и полной очистки от сбоев программа набора позволяет записать на магнитную ленту без потерь не более 220 совп./с. Следует отметить, что на 10⁴ совпадений оказывается не более 4 случаев сбоя.

Второй подход, связанный с использованием микро-ЭВМ в МУК, объясняется тем, что в последнее время отчетливо проявляется тенденция - включать ЭВМ непосредственно в состав установок для обеспечения высокой степени надежности, компактности и автономности измерительных комплексов. В нашей установке с этой целью была использована микро-ЭВМ КМ001, входящая в состав контроллера^{/31/}. Разработанное к настоящему времени программное обеспечение микро-ЭВМ позволяет накапливать экспериментальную информацию на магнитофоне типа ИЗОТ-5003. Форма записи является стандартной, поэтому дальнейшая обработка может проводиться на любой ЭВМ. Режим накопления экспериментальной информации при помощи микро-ЭВМ происходит следующим образом: накопление идет поочередно в два буферных накопителя длиной 1024 шестнадцатирядных слов каждый, затем через оперативную память микро-ЭВМ производится сброс содержимого на магнитную ленту. Преимущество этого способа заключается в том, что во время заполнения одного буферного накопителя осуществляется чтение и запись информации с другого буферного накопителя на магнитную ленту.

Недостатком является относительно малая емкость используемых буферных накопителей, ввиду чего тратится много времени на частое включение и выключение магнитофона. Такой режим обеспечивает регистрацию до 800 совп./с без потерь физической информации.

4. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Обработка данных, накопленных на магнитных лентах, проводится с помощью программ сортировки на ЭВМ.

Каждое событие регистрируется на ленте в виде четырех шестнадцатирядных слов. Первое слово - управляющее, оно содержит информацию о сработавшей паре детекторов. Второе слово - время /анализируется в диапазоне от 0÷2047 каналов/ - определяет временной интервал между актами регистрации двух гамма-квантов. Третье и четвертое слова содержат информацию об энергии гамма-излучения, зарегистрированного в обоих детекторах данной пары /энергия излучения анализируется в диапазоне от 0÷4095 каналов/.

В ходе методических разработок были задействованы программы для ЭВМ НР2116С и ЕС-1040. Используемые программы сортировки интегральных спектров совпадений для любых двух пар детекторов /I/ и спектров совпадений для выбранной пары детекторов и выбранных окон /II/ для НР2116С предназначены для 4-детекторного варианта установки. Время обработки одной ленты длиной 700 м с помощью программ I и II /50 окон/ занимает 4 часа и 40 мин соответственно. Программа II, в принципе, аналогична программе СОИНЗ^{/33/}, которая модифицирована структурными элементами, необходимыми для сортировки спектров выбранной пары детекторов из шести возможных пар детекторов.

В обеих программах предусмотрены меры, существенно ускоряющие сортировку, т.е. определение принадлежности акта совпадения к данному спектру при помощи индексации вспомогательных массивов и создание большого буфера в оперативной памяти для хранения отсортированных данных перед их записью в спектры на диск [88].

Для вычислительной машины ЕС-1040 подготовлены две программы сортировки /программы III и IV/, которые анализируют и обрабатывают данные при числе детекторов от двух до семи. Программа III аналогична программе I. Программа IV анализирует интенсивности совпадений выбранных каскадов из двух гамма-переходов для данных пар детекторов, т.е. корреляционных углов.

При использовании транслятора FORTRAN: H - время обработки одной ленты, CPU - время, которое для каждой программы составляет примерно 20 минут.

Алгоритм программ базируется на методе индексации вспомогательных массивов. Следует подчеркнуть, что использование ЭВМ ЕС-1040 позволяет хранить в процессе сортировки создаваемые спектры прямо в оперативной памяти, что приводит к сокращению времени сортировки экспериментальных данных.

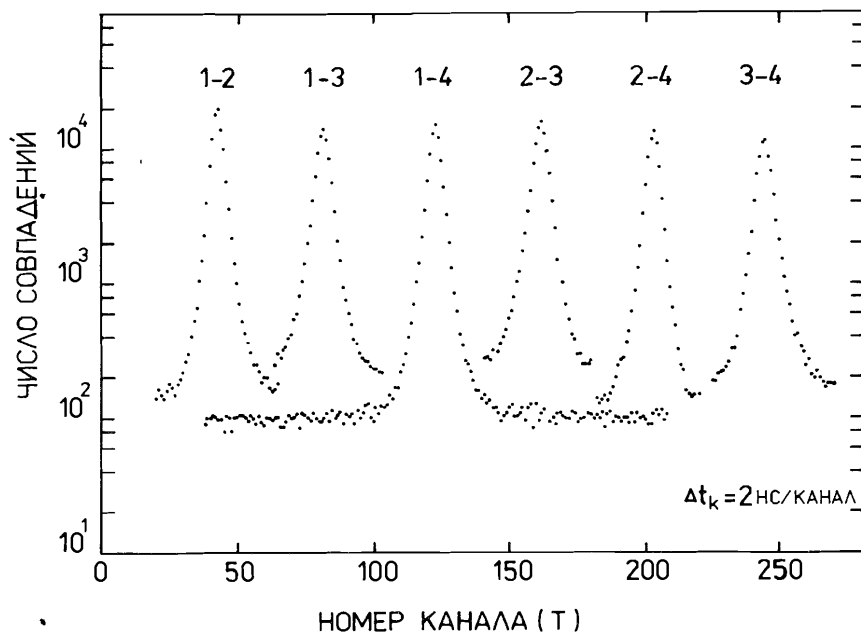


Рис.4. Кривые мгновенных совпадений для некоторых пар детекторов /источник ^{60}Co /.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Первые контрольные измерения на МУК были проведены в режиме off line и без ТУРИ. Результаты измерения абсолютных эффективностей регистрации излучения детекторов в геометрии МУК приведены в табл.2.

На рис.4 приведены кривые мгновенных совпадений [28] для различных пар детекторов при использовании источника ^{60}Co . Порог срабатывания ФВП у всех детекторов был меньше 120 кэВ. В этих условиях полуширины кривых не превышали $9 \pm 11 \text{ нс}$, на уровне 1/10 высоты - $20 \pm 26 \text{ нс}$, а на уровне 1/100 высоты - $40 \pm 54 \text{ нс}$. Измерение функции угловой корреляции γ -квантов в каскаде $4(2)2(2)0$ в ядре ^{60}Ni производилось с использованием 7 Ge(Li) - детекторов на источнике ^{60}Co активностью 0,2 МБк. Загрузка отдельных детекторов не превышала 3900 имп./с, число совпадений для всех пар детекторов было около 370 совп./с. Эксперимент продолжался 3 часа. Таким образом было набрано около $4,3 \cdot 10^6$ совпадений γ -квантов при вышеотмеченном пороге срабатывания ФВП. Экспериментальные точки, характеризующие угловое распределение совпадающих гамма-квантов в ядре ^{60}Ni , показаны на рис.5. Они

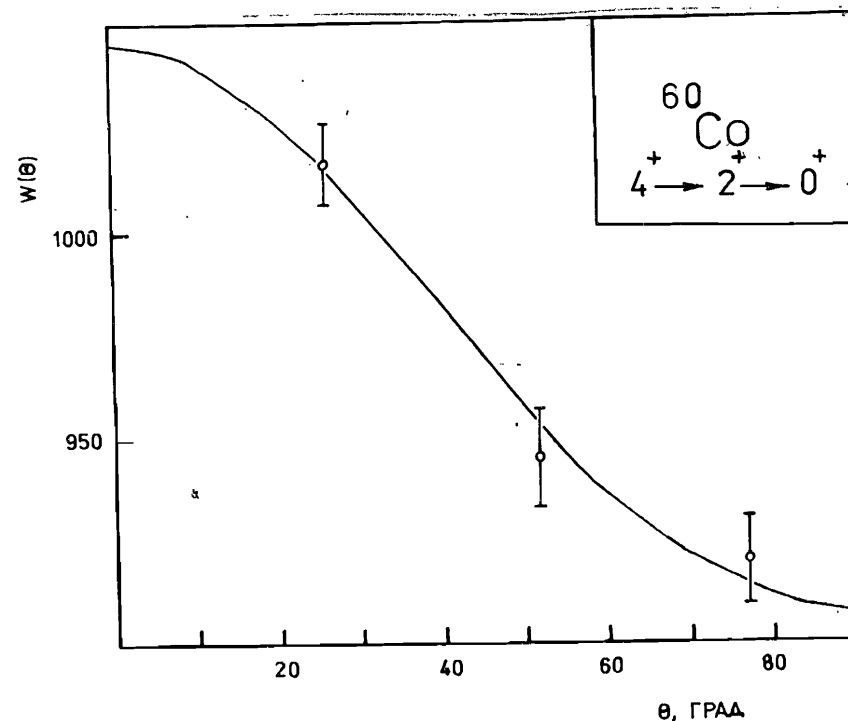


Рис.5. Угловое распределение гамма-лучей в каскаде $4(2)2(2)0$ в ядре ^{60}Ni .

представляют собой средне-взвешенное число совпадений под заданным корреляционным углом, скорректированных на эффективность регистрации детекторов. Вклад случайных совпадений учитывался и составлял около 1% от числа истинных совпадений. Ошибка, показанная на рисунке, включает только статистическую ошибку. Сплошная кривая описывает ход теоретического углового распределения для рассматриваемого случая. Корреляционные коэффициенты A_{22} и A_{44} определялись из системы уравнений:

$$W(\theta) = A[1 + A_{22}Q_{22}P_2(\cos\theta) + A_{44}Q_{44}P_4(\cos\theta)],$$

для углов $\theta = 25,7^\circ$, $51,4^\circ$ и $77,1^\circ$ где $W(\theta)$ - число совпадений под углом θ , скорректированное на относительную эффективность регистрации излучения разными парами для данного каскада гамма-переходов, $Q_{22} = 0,92$, $Q_{44} = 0,77$ - поправки на конечный телесный угол $1/34$.

Было получено: $A_{22}^{экс.} = 0,097 \pm 0,017$ и $A_{44}^{экс.} = 0,038 \pm 0,031$, что в пределах ошибки согласуется с теоретическими значениями: $A_{22}^{теор.} = 0,1020$ и $A_{44}^{теор.} = 0,0091$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Созданная в ЛЯП семидетекторная корреляционная установка позволяет изучать функции пространственной корреляции каскадных гамма-лучей и, кроме того, простые γ -спектры, спектры γ - γ -совпадений, времена жизни ядерных состояний в наносекундном диапазоне, и является гибкой системой в том смысле, что может работать не только с полупроводниковыми, но и со сцинтилляционными детекторами. Она обладает повышенной надежностью, так как выход из строя даже трех детекторов или трактов позволяет продолжать корреляционный эксперимент. Система может быть, в принципе, расширена до 8 каналов путем подключения еще одного детектора. Изменение фиксированных углов легко осуществляется заменой коллиматорной защиты в соответствии с требованиями при постановке определенных экспериментов*.

В заключение авторы выражают признательность директору Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ проф. В.П.Джелепову и директору Института ядерной физики ЧСАН проф. Й.Тучеку за постоянную помощь и поддержку при создании установки. Авторы также благодарят Я.Сажинского за полезные консультации.

* В дальнейшем усовершенствовании установки с целью большего накопления полезной информации необходимо использовать метод цифровых окон для предварительной сортировки экспериментальных данных в ходе эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляевский А.И. ПТЭ, 1957, 3, с.25.
2. Gerholm T. et al. Nucl.Instr. and Meth., 1957, 1, p.107.
3. Беляевский А.И., Гурьян Ю.А. Изв. АН СССР, 1961, 25, с.1291.
4. Karlsson B.E. Ark.Fys., 1962, 22, p.1.
5. Karlsson B.E., Matthias E., Lerjefors C.A. Ark.Fys., 1962, 22, p.27.
6. Fricke K. et al. Z.Instr., 1963, 71, p.277.
7. Hazashi T. et al. Nucl.Instr. and Meth., 1967, 53, p.123.
8. Walter H.K., Weitsch A. Nucl.Instr. and Meth., 1968, 62, p.189.
9. Wagner H.F., Forker M. Nucl.Instr. and Meth., 1969, 69, p.197.
10. Larsen J.T. et al. Nucl.Instr. and Meth., 1969, 69, p.229.
11. Okano K. et al. Nucl.Instr. and Meth., 1969, 75, p.159.
12. Gerholm T.R. et al. Nucl.Instr. and Meth., 1972, 100, p.33.
13. Okano K., Kawase Y., Hayashi T. Nucl.Instr. and Meth., 1973, 108, p.279.
14. Okano K. et al. Nucl.Instr. and Meth., 1972, 104, p.13.
15. Eriksson L., Gidefeldt L. Nucl.Instr. and Meth., 1974, 114, p.127.
16. Hayashi T., Uehara S., Seo T. Nucl.Instr. and Meth., 1974, 118, p.541.
17. Basinger G.J., Schick W.C., Talbert W.L. Nucl.Instr. and Meth., 1975, 124, p.381.
18. Lieder R.M. Nucl.Phys., 1980, A347, p.69.
19. Wolf A. et al. Nucl.Instr. and Meth., 1983, 206, p.397.
20. Sarantites D.G., Lowett R., Woodward R. Nucl.Instr. and Meth., 1980, 171, p.503.
21. Адам И., Гонусек М., Кривоустов М.И. ОИЯИ, Р7-85-131, Дубна, 1985.
22. Градец И. и др. ОИЯИ, 13-84-608, Дубна, 1984.
23. Абросимов В.Н. и др. ОИЯИ, Р6-85-83, Дубна, 1985.
24. Морозов В.А., Будзыньски М., Кочетов О.И. ОИЯИ, 6-83-454, Дубна, 1983.
25. Andert K. et al. IEEET, Nucl.Sc., 1972, 19, p.404.
26. Akimov Yu.K. et al. Nucl.Instr. and Meth., 1972, 104, p.581.
27. Борейко В.Ф. и др. ОИЯИ, 13-6396, Дубна, 1972.
28. Мерзляков С.И. и др. ОИЯИ, 13-11818, Дубна, 1978.
29. Будяшов Ю.Г. и др. II Всесоюзное совещание по автоматизации научных исследований в ядерной физике. Тезисы докладов, Алма-Ата, 1978. "Наука", Алма-Ата, с.234.
30. Антюхов В.А. и др. ОИЯИ, 10-83-900, Дубна, 1983.

31. Сидоров В.Т., Синаев А.Н., Чуринов И.Н. ОИЯИ, P10-12481, Дубна, 1979.
 32. Журавлев Н.И. и др. ОИЯИ, 10-7332, Дубна, 1973.
 33. Гонусек М., Фромм В. ОИЯИ, 10-10007, Дубна, 1976.
 34. Krane K.S. Nucl. Instr. and Meth., 1972, 98, p.205.

НЕТ ЛИ ПРОВЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

Д17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
Д2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
Д9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
Д3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
Д11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
Д7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
Д2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.
Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
Д2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
Д1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
Д17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/	7 р. 75 к.
Д10,11-84-818	Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983	3 р. 50 к.
	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984 /2 тома/	13 р. 50 к.
Д4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра, Алушта, 1985.	3 р. 75 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
 101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
 Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Рукопись поступила в издательский отдел
 21 мая 1986 года.

ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Абросимов В.Н. и др.
Многодетекторная корреляционная установка
для ЯСНАПП-2

P6-86-320

Описана многодетекторная корреляционная установка, которая предназначена для измерений угловых γ - γ -корреляций в ядрах, получаемых на пучке протонов "в линию" с масс-сепаратором в рамках программы ЯСНАПП-2. В состав установки входят Ge(Li)-детекторы, транспортное устройство радиоактивных источников и блоки электроники. Приводятся временные кривые для различных пар детекторов, измеренные на источнике ^{60}Co , и коэффициенты угловой корреляции для каскада 4(2)2(2)0 в ядре ^{60}Ni .

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод О.С.Виноградской

Abrosimov V.N. et al.
A Multiple Detector Correlation System
for YASNAPP-2

P6-86-320

A multiple detector system for γ - γ -angular correlation measurements is described. The system will be installed at the on-line spallation product separator in the frame of the YASNAPP project. The system consists of Ge(Li) detectors, mechanism for transporting of the radioactive sources and electronics. Time curves for various pairs of the detectors using ^{60}Co source and angular correlation coefficients for the cascade 4(2)2(2)0 in ^{60}Ni are presented.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986