

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



СЗУЧ.ЗГ
А-651

2/11 27

P13 - 10110

416 / 2-77

К.Андерт, Ф.Габриэль, А.И.Калинин,
С.И.Мерзляков, Х.-Г.Ортлепп

СЕЛЕКТОР-ИНТЕГРАТОР - ПРИБОР
ДЛЯ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ
ПРИ ВЫСОКОЙ СКОРОСТИ СЧЕТА

1976

P13 - 10110

К.Андерт, Ф.Габриэль, А.И.Калинин,
С.И.Мерзляков, Х.-Г.Ортлепп

СЕЛЕКТОР-ИНТЕГРАТОР - ПРИБОР
ДЛЯ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ
ПРИ ВЫСОКОЙ СКОРОСТИ СЧЕТА

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Андерт К., Габриэль Ф., Калинин А.И.,
Мерзляков С.И., Ортлипп Х.Г.

P13 - 10110

Селектор-интегратор - прибор для спектрометрических измерений при высокой скорости счёта

Разработан прибор, содержащий восстановитель нулевой линии, режектор наложений, линейные ворота и интегратор. Время интегрирования от 50 нс до 2 мкс. Работоспособность блока сохраняется при входных нагрузках до 10^7 импульсов в секунду. Прибор можно использовать в установках с высоким коэффициентом отбора событий, например при работе на пучках ускорителей.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований
Дубна 1976

Andert K., Gabriel F., Kalinin A.I.,
Merzlyakov S.I., Ortlepp H.-G.

P13 - 10110

Selector-Integrator - a Device for Spectrometric High Count Rate Measurements

A device has been designed composed of the baseline restorer, the pile-up rejector, the linear gates, and the integrator. The integration time is in the range from 50 ns to 2 μ s. The efficiency of the block is maintained at the input count rate up to 10^7 pulse/sec. The device can be used in the setup with high factor of event selection, e.g., when operating on the accelerator beams.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research

Dubna 1976

Введение

При высокой скорости счета энергетическое разрешение спектрометрических систем ограничивается рядом эффектов: наложением импульсов друг на друга, смещением нулевой линии, изменением времени собирания носителей в детекторе и др.

Для борьбы с эффектом наложения широко используются режекторы наложенных импульсов, которые включаются после основного усилителя, содержащего дифференцирующие и интегрирующие цепи. Однако длительность импульса, сформированного в расчете на максимум отношения сигнала к шуму, даже при гауссовской форме обычно довольно велика, порядка нескольких микросекунд. При этом большую часть этой длительности составляет спадающая часть импульса /задний фронт/, которая после измерения амплитуды импульса никакой ценности не имеет и только создает повышенную вероятность наложения импульсов друг на друга.

При больших нагрузках формирование импульсов целесообразно выполнять с помощью управляемого интегратора $/1-3/$, т.к. при этом, не ухудшая отношения сигнала к шуму, длительность сформированного импульса можно сократить примерно в два раза. Использование управляемого интегратора устраняет зависимость энергетического разрешения от изменений времени собирания, что в ряде случаев очень существенно, например при работе с кремниевыми позиционно-чувствительными или с германиевыми детекторами.

При работе с черенковскими и сцинтилляционными счетчиками применение управляемого интегратора позволяет уменьшить эффект статистических флуктуаций при собирании заряда и, таким образом, лучше использовать спектрометрические свойства этих детекторов.

В случаях использования быстрых сцинтилляционных детекторов управляемый интегратор играет полезную роль преобразователя коротких наносекундных импульсов в импульсы микросекундной длительности, более удобные для амплитудного анализа /4/.

В системах, работающих при высокой входной нагрузке, для уменьшения фона всегда производится логический отбор импульсов по определенным критериям, например совпадению или антисовпадению с каким-либо другим событием. Функции логического отбора полезных событий, режекции наложенных импульсов и управления интегратором сильно взаимосвязаны, поэтому их удобно совместить в одном приборе с собственно интегратором.

Ниже описывается такой прибор, названный *селектором-интегратором*, способный работать с максимальной входной загрузкой порядка 10^6 импульсов в секунду и предназначенный для проведения спектрометрических измерений с точностью около 1%.

Необходимость в таком блоке в практике ядерно-физических измерений возникает довольно часто, например при работе на пучках ускорителей установок с высоким коэффициентом отбора событий.

Описание блок-схемы селектора-интегратора

Селектор-интегратор построен в стандартах ВИШНЯ и КАМАК. Блок-схема прибора показана на рис. 1.

На вход от ФЭУ или предусилителя поступают короткие сигналы, близкие по форме к импульсам тока. С помощью порогового устройства эти сигналы запускают блок логики, управляющий работой всего прибора. Аналоговые сигналы проходят через внешнюю линию задержки, контролируются детектором нулевого уровня /работающим совместно с восстановителем нуля/ и только после этого поступают на входные ворота интегратора. Длительность времени открывания входных ворот, равная длительности интегрирования, задается блоком логики, при этом входные ворота пропускают сигнал, если выполнен ряд условий: блок не занят /закончена обработка

предыдущего импульса/; нет наложений на фронт анализируемого импульса; в режиме мгновенных совпадений или антисовпадений имеется соответствующий разрешающий сигнал.

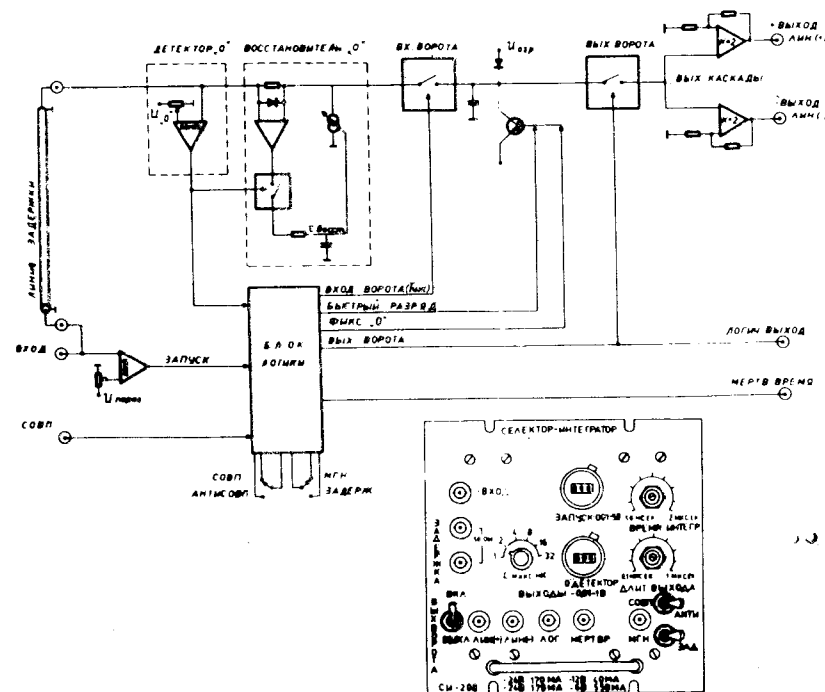


Рис. 1. Блок-схема селектора-интегратора.

Прошедший через ворота аналоговый сигнал интегрируется на емкости. Переключая конденсатор, можно изменять зарядочувствительность прибора. Заряд на емкости сохраняется после закрытия входных ворот еще на время выдачи, в течение которого открываются выходные ворота. Таким образом, на линейных выходах сигналы имеют прямоугольную форму и амплитуду, пропорциональную заряду входного импульса. Выходные ворота открываются только в том случае, если нет наложений на спад анализируемого импульса и если выполнены условия задержанных совпадений.

После выдачи сигнала на выход интегрирующая емкость разряжается схемой быстрого разряда и до прихода следующего импульса поддерживается схемой фиксации нуля. Когда условия выходных ворот не выполняются, емкость разряжается сразу после окончания времени интегрирования.

Для настройки прибора предусмотрен режим работы, при котором выходные ворота открыты постоянно. При этом выходной сигнал можно наблюдать на всех стадиях от начала времени интегрирования до конца времени выдачи.

Максимальная выходная амплитуда при нагрузке 2 кОм равна ± 5 В /на двух противофазных выходах/.

Восстановитель нулевой линии

Амплитуда импульса на выходе интегратора определяется не только входным сигналом, но и входным нулевым уровнем в течение времени интегрирования. Поэтому на входе схемы необходимо иметь эффективный восстановитель нулевой линии. Таким образом можно устранить влияние низкочастотных фоновых колебаний, скомпенсировать изменения выходного потенциала источника сигнала от температуры, загрузки и пр.

Восстановитель работает в качестве фильтра с изменяющимися во времени параметрами [3]. Когда входного импульса нет, нулевой уровень стабилизируется схемой обратной связи. Во время действия входного импульса обратная связь разрывается сигналом детектора нуля /если амплитуда импульса превышает порог срабатывания/ и нулевой уровень в течение времени интегрирования запоминается на емкости. Для быстрого действия прибора постоянная времени восстановления должна быть как можно меньше, однако с точки зрения шума оптимальным считается $\tau \approx 30 t_{и}^{1/3}$, где $t_{и}$ - длительность входного импульса. Полагая $t_{и} = 1$ мкс, получаем $\tau = 30$ мкс.

Схема восстановителя нулевой линии и некоторых смежных узлов приведена на рис. 2.

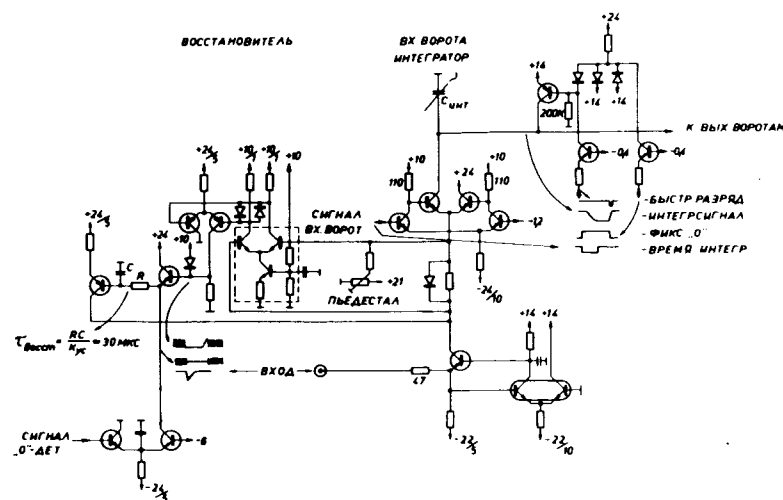


Рис. 2. Входная часть селектора-интегратора.

Блок логики

В блоке логики вырабатываются сигналы, определяющие длительности входных и выходных ворот, время и длительность разряда интегрирующей емкости, осуществляется выбор режима совпадений, формируются импульсы логических выходов /рис. 3/.

Факт наложения импульсов друг на друга определяется по состоянию детектора нуля в начале и конце времени интегрирования. Если на вход блока импульс пришел в момент времени, когда детектор нуля еще возбужден от предыдущего импульса, входные ворота не открываются и сигнал на интегрирующую емкость не пройдет. Интегрирование сигнала начнется только в том случае, если в момент прихода импульса входной нулевой уровень находится ниже порога детектора "0".

От входного импульса детектор нуля, конечно, срабатывает. При этом, если в конце интегрирования детектор нуля возвращается в исходное состояние, интегрирован-

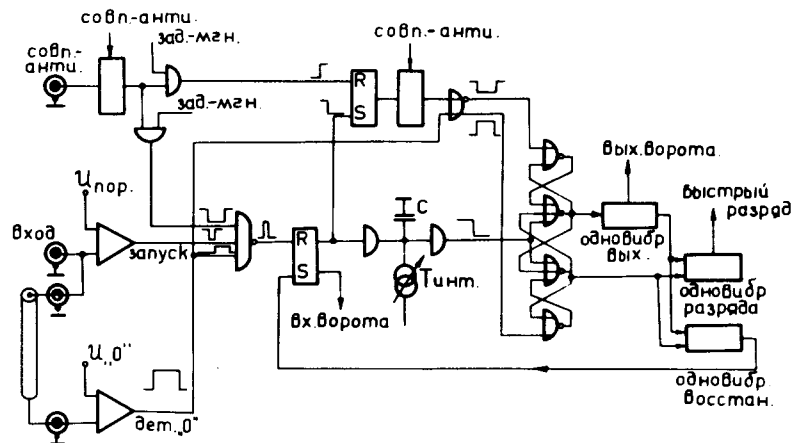


Рис. 3. Упрощенная схема блока логики.

ный сигнал выдается на выход /рис. 4а/. Если за время интегрирования пришел еще один импульс, детектор нуля не возвратится в исходное состояние, выходные ворота не откроются и заряд на интегрирующей емкости разрядится схемой быстрого разряда /рис. 4б/. Если, однако, второй импульс поступит на вход после окончания интегрирования /при закрытых входных воротах/, то интегрированный сигнал уже не искажается и выдается на выход /рис. 4в/.

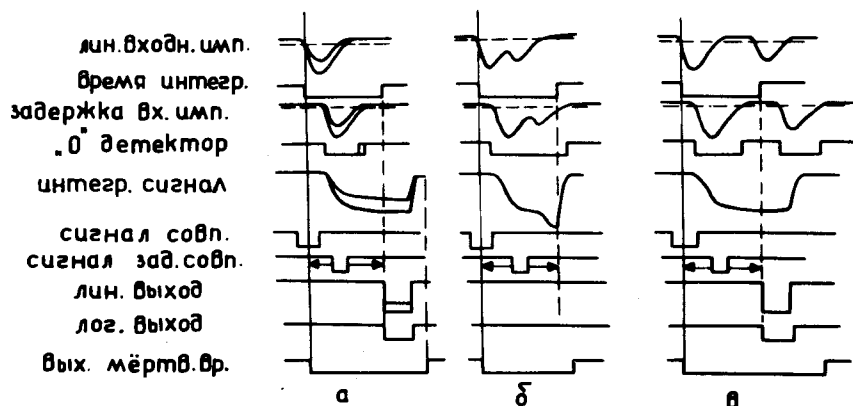


Рис. 4. Временные диаграммы импульсов в различных точках селектора-интегратора: а/ в случае двух входных импульсов, разделенных большим интервалом, б/в случае наложения двух импульсов, в/в случае, когда второй импульс попадает в мертвое время прибора.

Блок работает в режимах совпадения или антисовпадения, которые могут быть мгновенными или задержанными. В случае мгновенных совпадений необходимым условием запуска интегратора является совпадение входного рабочего импульса с сигналом на входе совпадений. В режиме задержанных совпадений запуск осуществляется входным импульсом, а разрешение на открывание выходных ворот дается сигналом на входе совпадений в течение всего времени интегрирования.

Особенности построения блока в стандарте КАМАК

В селекторе-интеграторе, выполненном в стандарте КАМАК, переключение коэффициента преобразования заряд-амплитуда, времени интегрирования, времени открывания выходных ворот; управление входами и режимом работы /задержанные или мгновенные совпадения/антисовпадения//, осуществляются командами записи в 16-разрядном управляющем регистре NA(0)F(17). Командой NA(0)F(1) записанные данные могут быть считаны. Для контроля работы блока используется регистр контроля входных сигналов, чтение и сброс которого происходит по команде NA(0)F(2). Командами NA(0)F(24) и NA(0)F(26) осуществляются, соответственно, блокировка и разблокировка входов блока. Входы блокируются также при наличии сигнала I. Командой ZS2 можно сбросить все регистры в исходное состояние. При выполнении команд записи и чтения входы блокируются на 1 мс с целью исключения влияния на набираемый спектр переходных процессов при переключениях.

Для нормальной работы селектора-интегратора в стандарте КАМАК, блок-схема которого приведена на рис. 5, необходимо сформировать сигналы, поступающие на логические входы "О-детектор" и "Запуск". Для этой цели можно использовать интегральные дискриминаторы с порогами, регулируемые цифро-аналоговыми преобразователями.

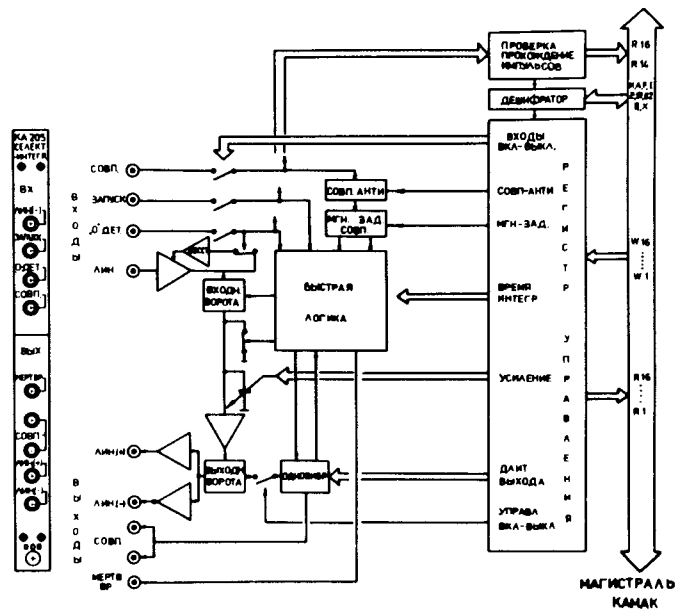


Рис. 5. Блок-схема селектора-интегратора с управлением в стандарте КАМАК.

Технические данные селектора-интегратора

Входы:

Входное сопротивление всех входов
Полярность входных сигналов
Амплитуда сигналов на логических входах
Длительность сигналов на логических входах
Рабочий диапазон сигналов на линейном входе
Защита линейного входа

50 Ом
отрицательная
- 0,8 В
не менее 10 нс
/0 ÷ -5/ В
+15 В постоянного напряжения

Выходы:

Выходное сопротивление линейных выходов
Диапазон сигналов на линейных выходах
Выходной сигнал на логических выходах

50 Ом
/0 ÷ ±5 / В
16 мА

Управление

Гелипотами устанавливаются:
порог "запуска" и порог "О-детектора"

/-0,01 ÷ -5/ В

Потенциометрами, выведенными под шлиц, устанавливаются:

длительность времени интегрирования
длительность времени открывания выходных ворот

/0,05 ÷ 2/ мкс,

/0,1 ÷ 1/ мкс.

Переключателем на передней панели устанавливается

максимальный входной заряд

/1,2,4,8,16,32/ нК

Тумблерами устанавливаются:

режим совпадений или антисовпадений;
задержанные или мгновенные совпадения/антисовпадения/.

Интегральная нелинейность коэффициента преобразования заряд-амплитуда

не более 1%

Температурная нестабильность коэффициента преобразования заряд-амплитуда

не более 0,1%/°C

Питание:

+6 В, -550 мА;
-12 В, -40 мА;
-24 В, -170 мА;
-24 В, -170 мА.

Экспериментальные измерения
с селектором-интегратором

Работоспособность селектора-интегратора при высокой входной интенсивности проверялась в работе с полупроводниковыми и сцинтилляционными детекторами.

Кремниевый детектор поверхностно-барьерного типа облучался при комнатной температуре α -частицами при разной интенсивности источника. Регистрировались импульсы от генератора, которые подавались одновременно на вход предусилителя и на вход совпадений интегратора /рис. 6/. Длительность входных импульсов определялась постоянной времени дифференцирования в предусилителе /500 нс/. При частоте входных импульсов 10^5 имп/с энергетическое разрешение ухудшилось по сравнению с низкой / 10^3 имп/с/ загрузкой на 5%, уход пика составил 6%.

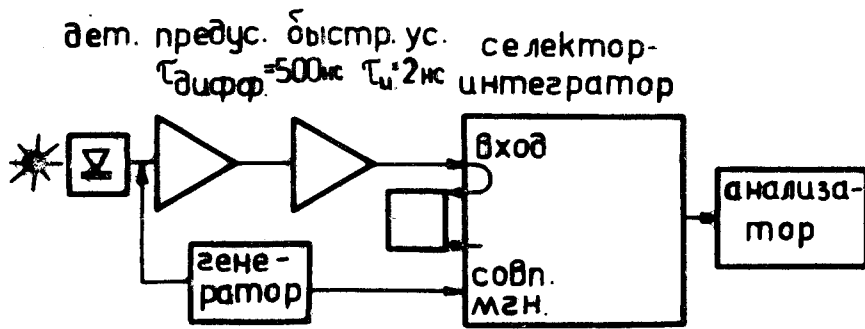


Рис. 6. Блок-схема измерения нагрузочной способности селектора-интегратора с кремниевым детектором.

При использовании интегратора с быстрым жидким сцинтиллятором и ФЭУ-30 измерялись спектр ^{60}Co /рис. 7/ и эффективность обработки импульсов при нагрузках до 10^7 имп/с /рис. 8/. Как видно, сильное ухудшение разрешения и спад эффективности наблюдается только при нагрузке более 10^6 имп/с /время интегрирования составляет всего 50 нс/.

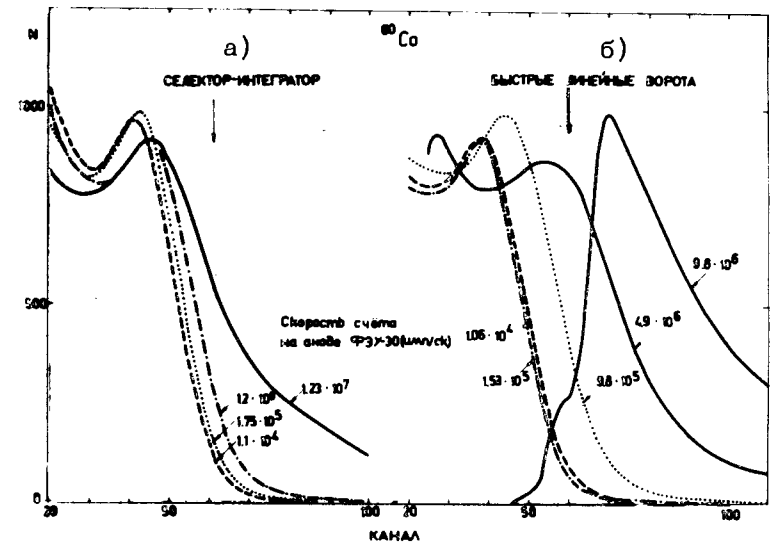


Рис. 7. Амплитудные спектры ^{60}Co при различных входных нагрузках в случаях использования селектора-интегратора /а/ и быстрых линейных ворот /б/.

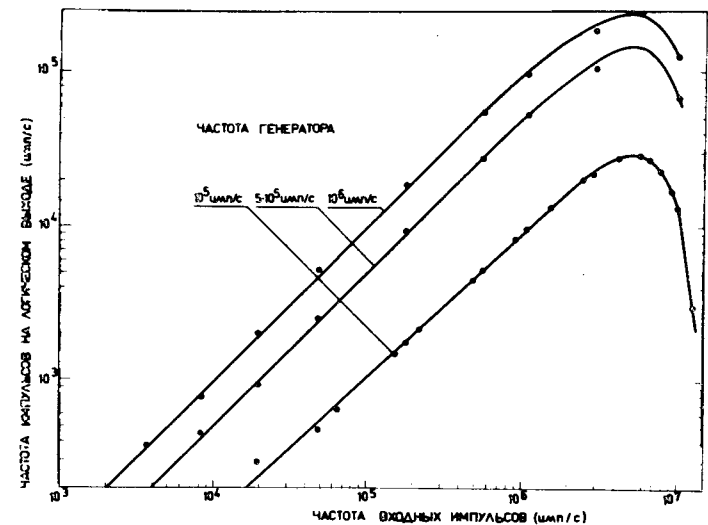


Рис. 8. Загрузочные характеристики селектора-интегратора при использовании ФЭУ с быстрым сцинтиллятором.

Для NaJ сцинтиллятора результаты измерений /рис.9/ показывают работоспособность прибора при загрузках его вплоть до $5 \cdot 10^5$ имп/с.

В заключение авторы выражают благодарность В.Г.Зинову за полезные обсуждения и В.Н.Шуравину за активное участие в разработке прибора на первом этапе.

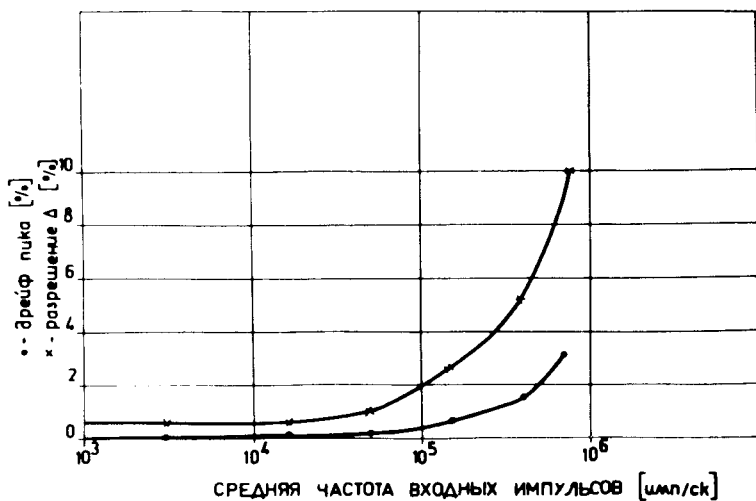


Рис. 9. Смещение энергетического пика и изменение разрешения от входной загрузки при работе с NaJ - сцинтиллятором.

Литература

1. V.Radeka. *IEEE Trans. on Nucl.Sci.*, vol. NS-19, No. 1, p. 4 (1972).
2. N.Karlovac, T.V.Blalock. *IEEE Trans. on Nucl.Sci.*, NS-22, No. 1, p. 452 (1975).
3. N.Karlovac, T.V.Blalock. *IEEE Trans on Nucl.Sci.*, NS-22, No. 1, p. 457 (1975).
4. Ю.Г.Будяшов, В.Г.Зинов, Б.С.Краснобородов. *Препринт ОИЯИ, Р13-5742, Дубна, 1971.*

Рукопись поступила в издательский отдел
15 сентября 1976 года.