

8630

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



8630

Экз. чит. зала

13 - 8630

С.И.Орманджиев, Р.Р.Усманов

БЛОК СТАБИЛИЗАЦИИ УСИЛЕНИЯ
СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ СПЕКТРОМЕТРОВ

1975

13 - 8630

С.И.Орманджиев, Р.Р.Усманов

**БЛОК СТАБИЛИЗАЦИИ УСИЛЕНИЯ
СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ СПЕКТРОМЕТРОВ**

**Научно-техническая
библиотека
ОИЯИ**

Орманджиев С.И., Усманов Р.Р.

13 - 8630

Блок стабилизации усиления сцинтилляционных спектрометров

Описан блок стабилизации усиления, использующий реперные световые импульсы и релейную следящую систему с управляемой зоной нечувствительности. Исследованы характеристики стабилизации системы.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований
Дубна 1975

В ряде экспериментов стабильность коэффициента усиления спектрометрического канала сцинтилляционного спектрометра не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к стабильности, что вызвано в основном уходом величины напряжения питания и нестабильностью коэффициента усиления самого ФЭУ. Стабилизация усиления осуществляется с помощью отрицательной обратной связи, охватывающей ФЭУ, линейный импульсный усилитель и источник высокого напряжения. В зависимости от конкретного решения задачи в цепь обратной связи может быть включен преобразователь амплитуд импульсов в код или отдельное пороговое устройство. Усиление поддерживают постоянным по реперному пику или находящегося в спектре анализируемого излучения, или искусственно создаваемого с помощью дополнительного источника радиоактивного излучения, или светового импульса, управляемого генератором /1,2,3/.

Приведенный в данной работе блок стабилизации работает с источником реперных световых импульсов, получаемых от светового диода, питаемого импульсным генератором, описанным в /4/. Блок-схема спектрометра со стабилизацией дана на рис. 1. В сцинтилляционном детекторе /2,3/ смонтирован диод /4/ типа АЛ-102В, питаемый генератором импульсов /8/. Интенсивность световых импульсов подобрана так, чтобы амплитуда реперного пика превышала амплитуду импульсов измеряемого спектра. Импульсы с ФЭУ усиливаются линейным усилителем /5/ и с выхода усилителя поступают на вход амплитудного анализатора.

С того же выхода импульсы подаются на вход блока стабилизации. На второй вход поступают импульсы от генератора /8/. На выходе блока стабилизации получает-

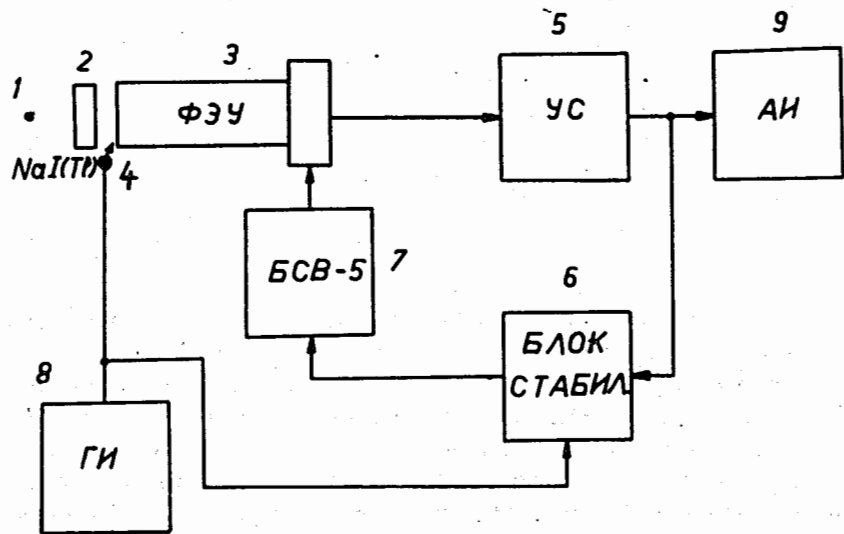


Рис. 1. Блок-схема спектрометра. Обозначения: 1 - радиоактивный источник; 2 - сцинтиллятор; 3 - фотоэлектронный умножитель; 4 - световой диод; 5 - линейный спектрометрический усилитель; 6 - блок управления усилением; 7 - управляемый источник высокого напряжения; 8 - генератор импульсов; 9 - амплитудный анализатор.

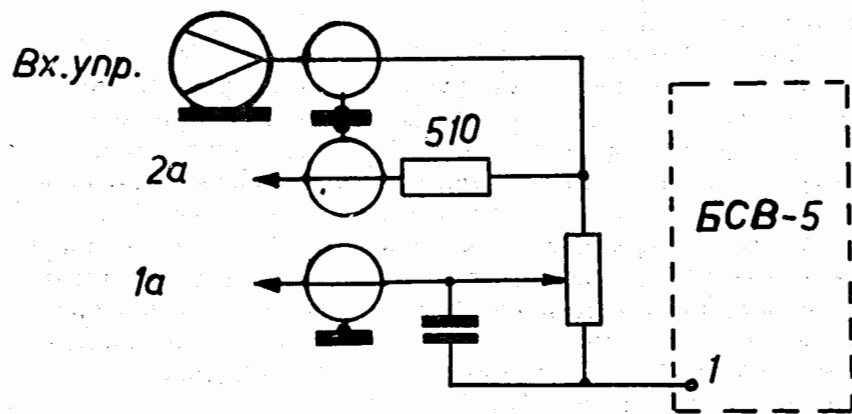


Рис. 2. Схема управления источником высокого напряжения.

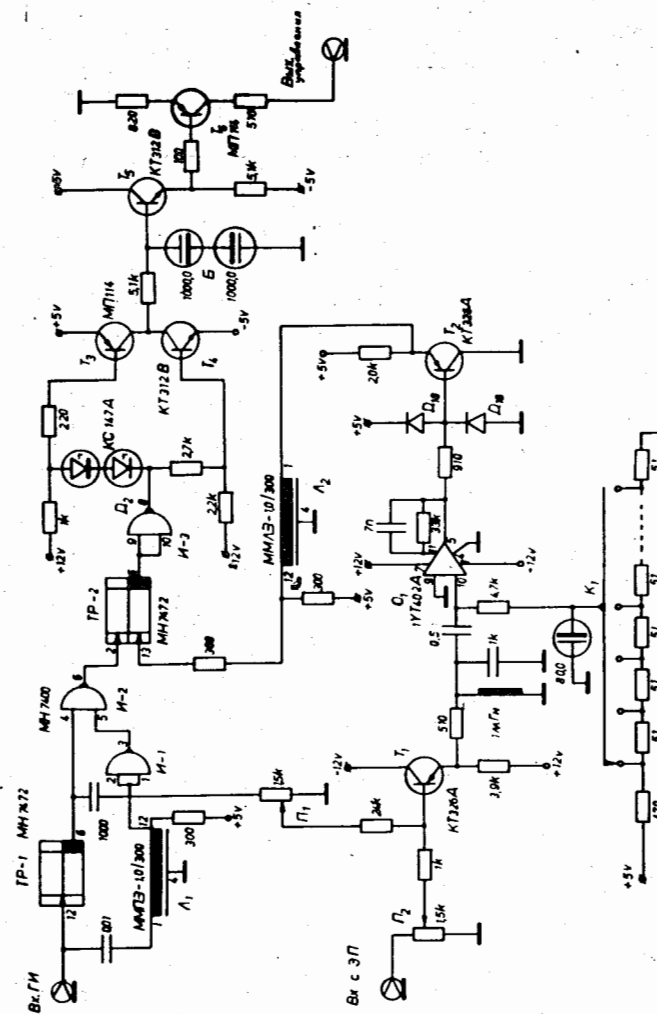


Рис. 3. Схема блока стабилизации. Обозначения: Вх.ГИ - вход, на который подаются импульсы с генератора; Вх.ЭП - вход спектрометрических импульсов отрицательной полярности; Вых.упр. - выход для управления стабилизатором высокого напряжения.

ся аналоговый сигнал, управляющий напряжением стабилизатора для питания фотоэлектронного умножителя. Управление осуществляется транзистором T_6 , подключенным к делителю задающего напряжения сравнения /рис. 2,3/. Диапазон регулирования выходного напряжения стабилизатора транзистором примерно $\pm 200 В$.

Схема блока стабилизации показана на рис. 3. Входные спектрометрические импульсы отрицательной полярности через потенциометр Π_2 и эмиттерный повторитель T_1 поступают на RLC контур, осуществляющий однократное дифференцирование и интегрирование сигнала. Контур подключен ко входу интегрального дискримина-

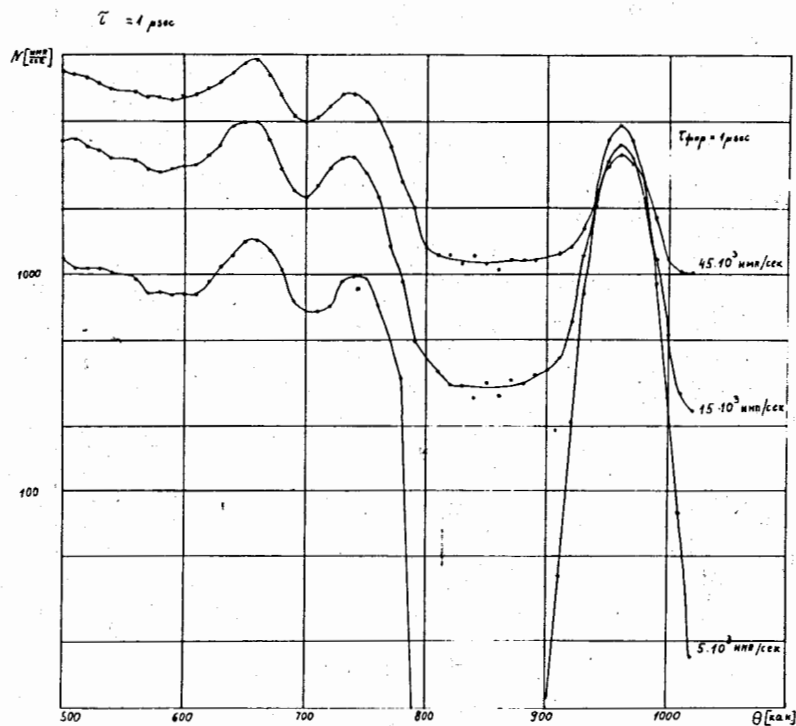


Рис. 4. Энергетические спектры, снятые при разных скоростях счета.

тора O_1 , порог срабатывания которого задается переключателем K_1 . При превышении порога срабатывания дискриминатора импульсы, проходя через эмиттерный повторитель T_2 и линию задержки L_2 , опрокидывают триггер ТР-2. Тогда на выходе /6/ триггера будет состояние "0", причем транзистор T_4 запрется, а транзистор

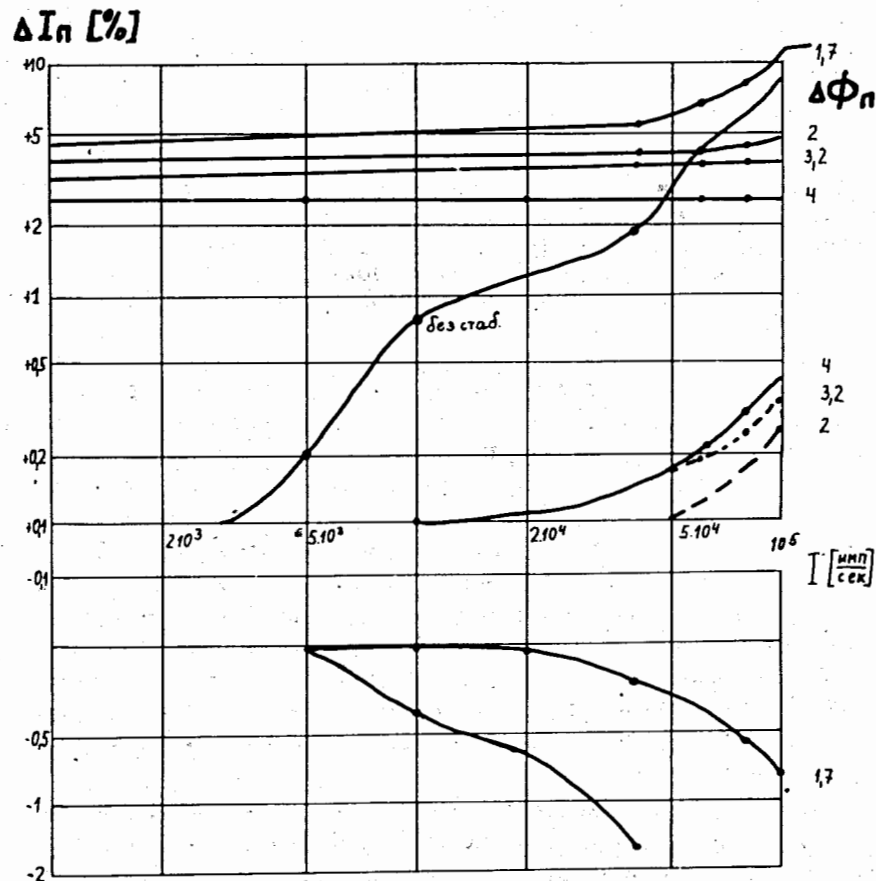


Рис. 5. Относительный уход положения ΔI_{II} и ширины $\Delta \Phi_{II}$ светового пика в зависимости от скорости счета I при различных значениях отношения амплитуды светового импульса к амплитуде импульса, соответствующего концу спектра.

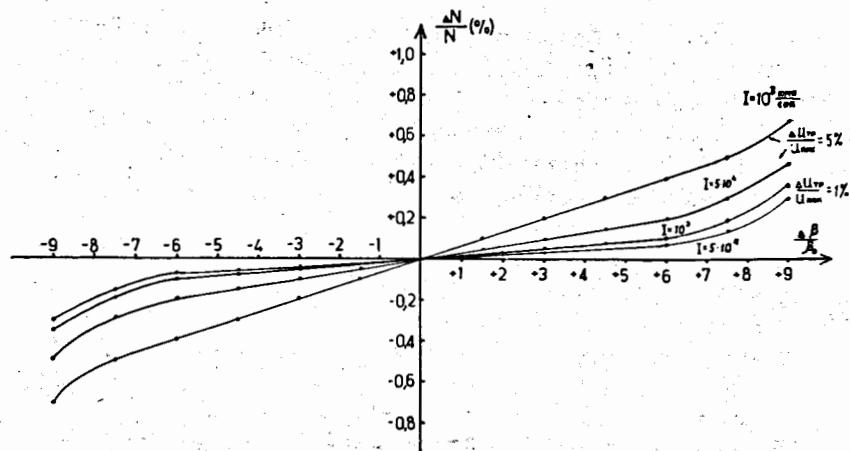


Рис. 6. Относительный уход положения светового пика в зависимости от изменения положения делителя в высоковольтном блоке $\Delta\beta/\beta_0$, скорости счета I и отношения амплитуды импульсов реперного пика к амплитуде экспоненциального импульса, задающего зоны нечувствительности.

T_3 перейдет в состояние насыщения. Через интегрирующую цепь с большой константой времени потенциал передается на вход эмиттерного повторителя, а с его выхода - на усилительный каскад T_6 , выход которого подсоединен к делителю напряжения стабилизатора высокого напряжения. При этом начнет снижаться напряжение питания ФЭУ, и, таким образом, - усиление. Когда усиление уменьшится настолько, что амплитуды реперных импульсов станут ниже порога срабатывания дискриминатора, тогда импульсы перестанут поступать на вход 13 триггера ТР-2. Очевидно, что при отсутствии второй цепи управления триггера усиление осталось бы на нижнем пределе.

Одновременно со световыми импульсами с генератора подаются импульсы и на счетный вход триггера /1/. После каждого второго импульса управления на вход /4/ схемы И-2 поступает разрешающий потенциал с триггера /1/, а с задержкой на время 1 мкс - импульс срабатывания, возвращающий триггер в исходное состояние. В то же время через дифференцирующую цепь, со-

ставленную из конденсатора, потенциометра Π_1 и резистора 24 кОм, к входному импульсу добавляется экспоненциальный импульс, который во время разрешающего потенциала на схеме И-1 вычитается из входного реперного сигнала, а в случае запрета - суммируется с ним. Если после вычитания импульса суммарный импульс имеет амплитуду ниже порога, то триггер останется в новом состоянии и интегрирующая цепочка начнет перезаряжаться в сторону повышения усиления. В случае, когда после вычитания амплитуда импульса останется выше порога срабатывания дискриминатора, то с задержкой приблизительно в 2 мкс /длительность фронта сформированного спектрометрического импульса приблизительно 1 мкс/ триггер опрокинется импульсом на входе /13/ и до следующего импульса усиление будет понижаться. Процесс снижения усиления закончится и система войдет в режим динамического равновесия в случае, когда

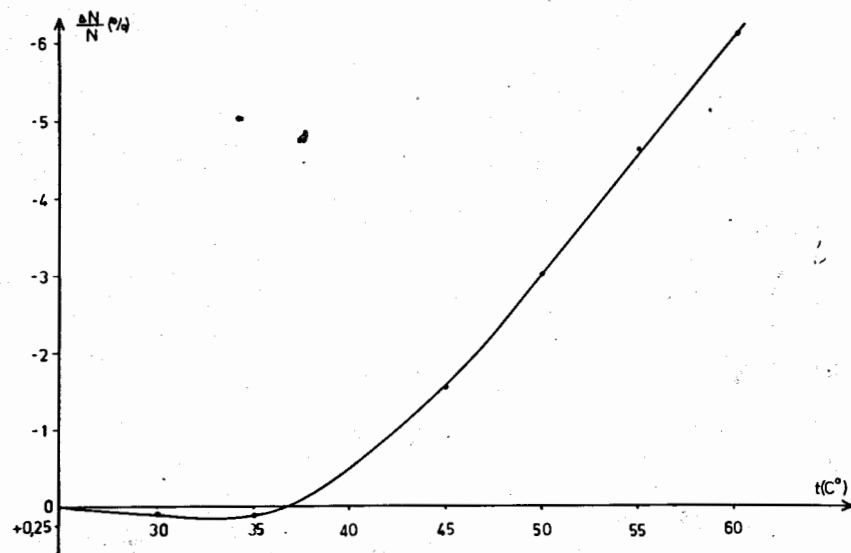


Рис. 7. Относительный уход положения пика в зависимости от температуры.

при суммировании импульсы превышают порог, а при вычитании - не превышают порога.

Анализ устойчивости системы проведем, считая, что она является системой с несущей частотой, причем амплитуда несущей частоты на входе системы не меняется /амплитуда светового импульса постоянная/.

Тогда ФЭУ вместе с источником высокого напряжения эквивалентен модулятору, в котором между напряжением несущей частоты на выходе модулятора и модулирующим напряжением имеется линейная зависимость. Модуляция несущей частоты, осуществляемая чередованием добавления и вычитания импульса, равносильна вводу зоны нечувствительности в системе дискриминатор - триггер, обладающей релейной характеристикой с приблизительно нулевым гистерезисом.

Передаточная функция разомкнутой системы стабилизации усиления имеет вид

$$K(p) = \frac{K_0 \cdot K(A)}{(p\tau_1 + 1)(p\tau_2 + 1)(p\tau_3 + 1)}$$

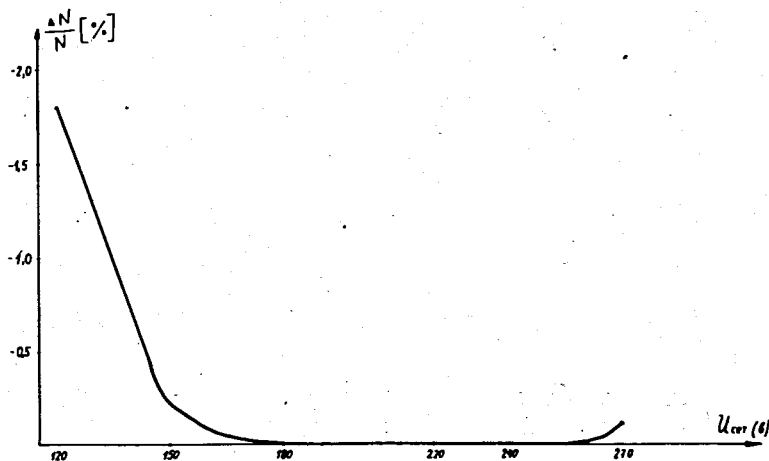


Рис. 8. Относительный уход положения пика в зависимости от изменения напряжения сети.

Здесь τ_1, τ_2, τ_3 - постоянные интегрирования линейного канала усиления, блока управления, стабилизации высокого напряжения соответственно; K_0 - начальная величина коэффициента усиления линейного канала; $K(A)$ - передаточная функция системы дискриминатор - триггер.

При гармонической линеаризации передаточная функция будет:

$$K(A) = \frac{4 \cdot U_{\Pi}}{\pi \cdot A} \left[1 - \left(\frac{\Delta A}{A} \right)^2 \right]^{1/2},$$

где A - величина модулирующего напряжения; U_{Π} - напряжение питания ключевых транзисторов T_3, T_4 ; ΔA - величина экспоненциальных импульсов, добавляемых к амплитудам реперных импульсов или вычитаемых из них.

Условие автоколебаний системы получим, приравняв $K(p) = -1$. Частоту и амплитуду автоколебаний системы найдем, разделяя реальную и мнимую части:

$$A = \frac{1}{B} \cdot \sqrt{\frac{1 + \sqrt{1 - 4 \cdot B^2 \cdot \Delta A^2}}{2}}, \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{\tau_1 + \tau_2 + \tau_3}{\tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3}},$$

где ω_0 - частота автоколебаний,

$$B = \frac{\pi}{4 \cdot U_{\Pi} \cdot K_0} \left[1 + (\tau_1 + \tau_2 + \tau_3) \left(\frac{1}{\tau_1} + \frac{1}{\tau_2} + \frac{1}{\tau_3} + 2 \sqrt{\frac{\tau_1 + \tau_2 + \tau_3}{\tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3}} \right) \right].$$

При увеличении зоны нечувствительности /увеличение амплитуды экспоненциального импульса A / автоколебания системы уменьшаются, но одновременно уменьшается коэффициент передачи системы обратной связи, что уменьшает коэффициент стабилизации системы, и соответственно увеличивается уход коэффициента усиления при влиянии внешних факторов. Регулируя величину A потенциометром Π_1 , добиваемся компромиссного решения между ухудшением разрешения и улучшением стабильности.

Когда величина зоны нечувствительности увеличивается, одновременно уменьшается коэффициент стабилизации /см. рис. 9/, но в начальной области изменения про-

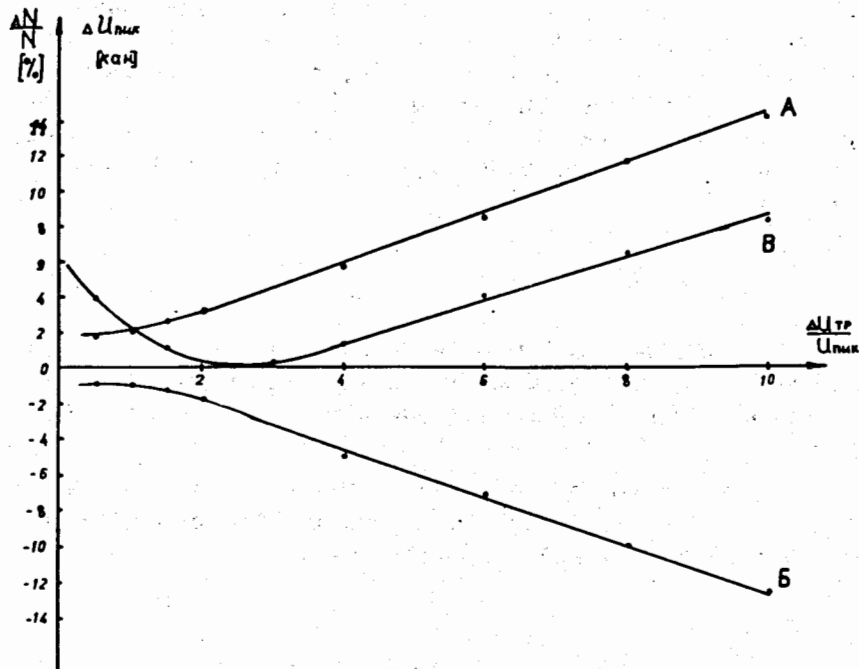


Рис. 9. Относительный уход положения пика и изменение ширины пика в зависимости от величины зоны нечувствительности $\Delta U_{тр}/U_{пик}$. Обозначения: А, Б - зависимости относительного ухода положения пика $\Delta N/N$ от знака и величины положения делителя высоковольтного источника, В - зависимость изменения $\Delta U_{пик}$ и ширины реперного пика от зоны нечувствительности.

исходит уменьшение уширения пиков. При дальнейшем увеличении зоны нечувствительности разрешение снова ухудшается.

Были сняты основные характеристики спектрометра. На рис. 4 приведены спектры, полученные при разных нагрузках. На рис. 5-8 показано влияние отдельных параметров системы на качество стабилизации. Основные параметры спектрометра даны в таблице.

Таблица

Коэффициент стабилизации по отношению к источнику высокого напряжения	100
Температурный коэффициент относительной нестабильности пика	$0,5 \cdot 10^4 \cdot 1^\circ\text{C}$
Относительное смещение пика при изменении загрузки $1 \div 45 \cdot 10^3$ имп/с	$1 \cdot 10^{-3}$
Ухудшение разрешения сцинтилляционного спектрометра при зонной нечувствительности = 1%	1%

Авторы считают своим приятным долгом поблагодарить Б.А.Аликова и Т.М.Муминова за содействие при выполнении эксперимента и за обсуждение результатов измерений.

Литература

1. М.Н.Омельяненко. Сообщение ОИЯИ, Р13-3225, Дубна, 1967.
2. В.Г.Лапшин и др. Сообщение ОИЯИ, Р13-3342, Дубна, 1967.
3. В.В.Матвеев и др. Приборы для измерения... , Атомиздат, 1967.
4. Б.Ю.Балдин, З.Цисек. Сообщение ОИЯИ, Р13-6955, Дубна, 1973.

Рукопись поступила в издательский отдел
21 февраля 1975 года.