

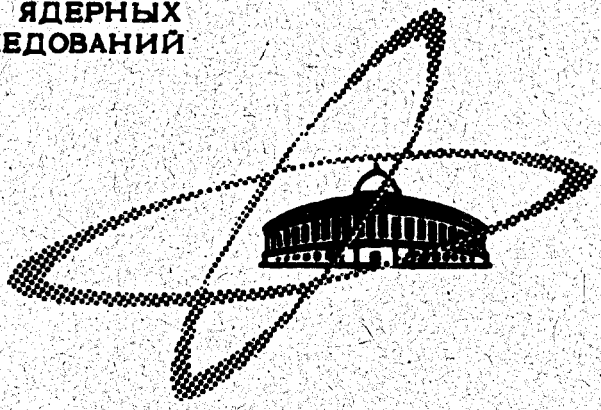
13/8-65

M-804

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Дубна.

13 - 4625



В. А. Морозов, Т. М. Муминов

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

**УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ ВРЕМЕН ЖИЗНИ
ВОЗБУЖДЕННЫХ СОСТОЯНИЙ ЯДЕР В НАНО-
И СУБНАНОСЕКУНДНОЙ ОБЛАСТИ**

1969

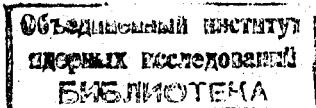
13 - 4625

В.А.Морозов, Т.М.Муминов^{x/}

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ ВРЕМЕН ЖИЗНИ
ВОЗБУЖДЕННЫХ СОСТОЯНИЙ ЯДЕР В НАНО-
И СУБНАНОСЕКУНДНОЙ ОБЛАСТИ

Направлено в ПТЭ

^{x/} Самаркандский государственный университет



8006/2 нф.

На базе линзового бета-спектрометра с треугольной формой магнитного поля /1/ создана установка $e-\gamma$ -совпадений для измерения времен жизни возбужденных состояний ядер в нано- и субнаносекундном диапазоне. Время жизни возбужденных состояний ядер определяется как по экспоненциальному спаду, так и по сдвигу центров тяжести кривых задержанных и мгновенных совпадений.

Учёт эффектов, связанных с временной и температурной нестабильностью аппаратуры, проводился при помощи двух реперных кривых мгновенных совпадений, полученных от полупроводниковых источников света.

Аппаратура

Установка представляет собой многоканальный временной анализатор, работающий по принципу преобразования временного интервала между двумя совпадающими импульсами в аналоговый сигнал, амплитуда которого пропорциональна длительности этого интервала. Блок-схема установки приведена на рис. 1.

Магнитный бета-спектрометр

Магнитный бета-спектрометр^{/1/} служит для выделения конверсионных электронов, соответствующих переходу, возбуждающему или снимающему возбуждение исследуемого уровня. Конструктивно спектрометр представляет собой соленоид, заключенный в железный кожух (см. рис. 2). Магнитное поле спектрометра имеет треугольную форму с нулевым значением поля в точке помещения источника и максимальным значением поля у детектора. Расстояние источник-детектор 24 см, длина траекторий электронов в спектрометре (30 ± 1) см. Энергетический диапазон спектрометра 20 - 700 кэВ. В спектрометре использованы охватывающие диафрагмы Хюберта, которые позволяют плавно менять параметры прибора (разрешение R , светосилу - T) от $R = 0,8\%$ при $T = 1,1\%$ до $R = 3\%$ при $T = 5\%$ (для источника $\varnothing 2$ мм). Питание обмоток спектрометра производится 2 - контурной системой стабилизации тока^{/2/}. Спектр конверсионных электронов может регистрироваться на 128-канальном анализаторе импульсов при помощи автоматического устройства.

Регистрирующая система спектрометра состоит из пластического сцинтиллятора конической формы (основание 25 мм, высота 25 мм), световода длиной 50 мм и фотоумножителя типа "XP-1020". Делитель напряжения фотоумножителя запитан по обычному паспортному режиму. Ток через делитель 3 ма.

Сцинтилляционный гамма-спектромер

Регистрация гамма-лучей производится пластическим сцинтиллятором (20×30 мм²) и фотоумножителем типа "XP-1020". Для получения оптимального временного разрешения фотоумножителя при больших за-

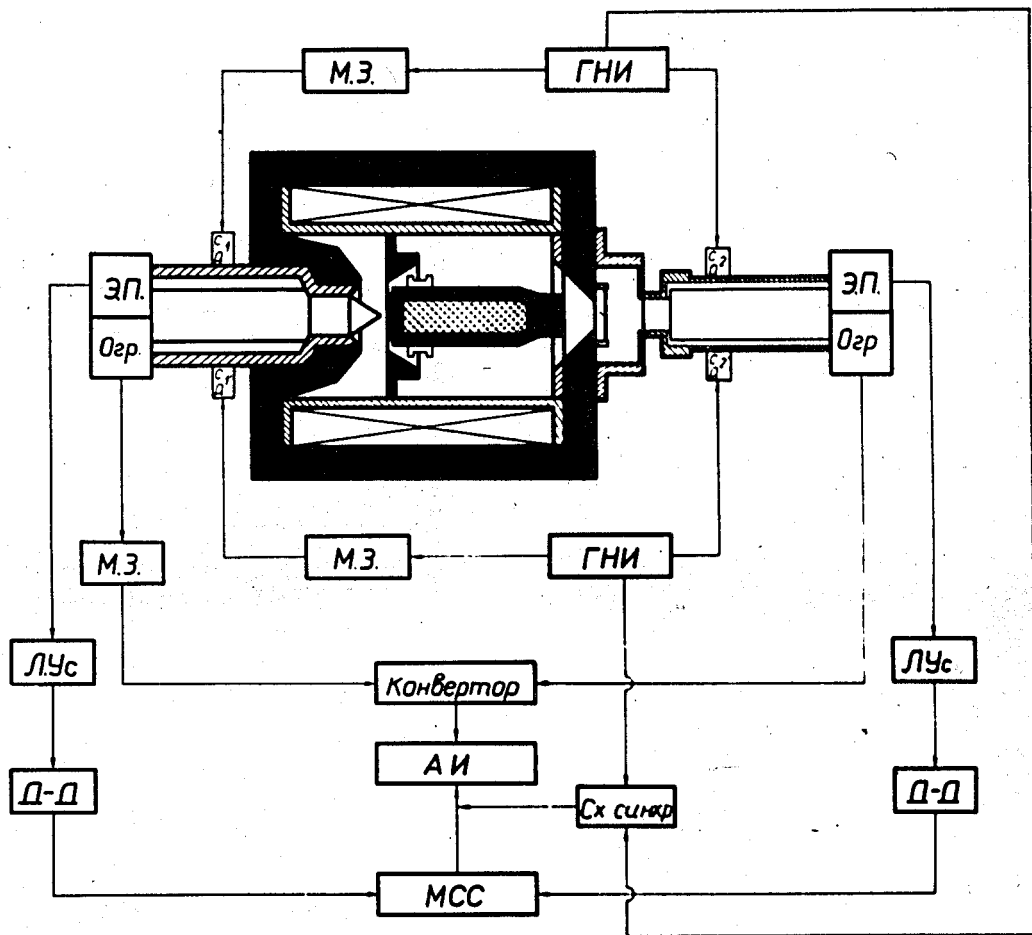
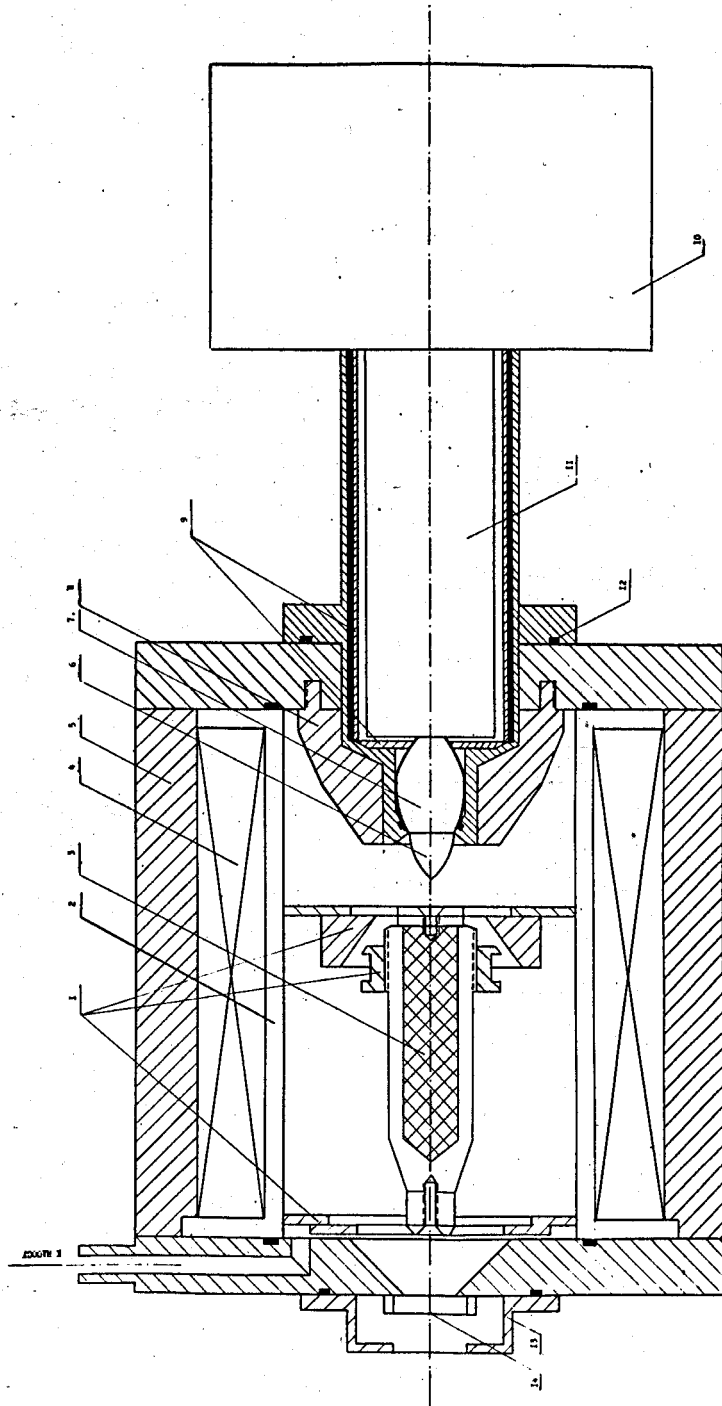


Рис. 1. Блок-схема установки для измерения времен жизни возбужденных состояний ядер.



1 система коллимации вылета; 2 вакуумная камера; 3 магнит / μ -УМХ
 4 обмотка; 5 электр. сепаратор; 6 вакуумный соединитель; 7 сепаратор;
 8 обмотка вылета; 9 магнитная камера фокусирующая;
 10 преобразователь; 11 фотоумножитель; 12 вакуумные экраны;
 13 источник; 14 вакуумная трубка.

Рис. 2. Общий вид магнитно-линзового бета-спектрометра.

грузках применена двойная независимая запитка делителя напряжения с фотокатода и анода от разнополярных источников питания. Ток через первую часть делителя составляет 10 ма, через вторую - 100 ма. Такой делитель позволяет работать с сильными источниками радиоактивных препаратов не только с пластическим сцинтиллятором, но и с кристаллом $\text{NaI}(\text{Tl})$.

Конвертор и другие элементы установки

Преобразование временного интервала между импульсами от двух последовательных излучений (γ - кванта и e^- - электрона), снимаемых с "быстрых" выходов фотоумножителей, в амплитуду импульса производится в диодном конверторе. Принципиальная схема конвертора приведена на рис. 3. Схема конвертора подобного типа впервые предложена в работе Грина и др.^{/3/}. Формирование импульсов с анодов фотоумножителей по амплитуде производится ограничителями, собранными на лампах 6Ж11П. Формирование по длительности производится на входах конвертора короткозамкнутыми высокочастотными кабелями РК-100-7-13 с волновым сопротивлением 100 ом. После формирования импульсы имеют амплитуду 2 в, длительность $9 \cdot 10^{-8}$ сек и положительную полярность. Функцию электронных "ключей" выполняют диоды отбора D_1 и D_2 и транзистор T_1 . Интегратором является RC цепочка, включенная в коллекторную цепь транзистора T_1 . Задержка в плечи конвертора вводится при помощи магазина задержек типа "NZ -244."

С амплитудных выходов фотоумножителей импульсы через линейные усилители поступают на дифференциальные дискриминаторы, где производится выбор энергетического диапазона гамма-лучей в гамма-канале и отделение шумовых и фоновых импульсов от импульсов конверсионных электронов в e^- - канале. Отселектированные импульсы с вы-

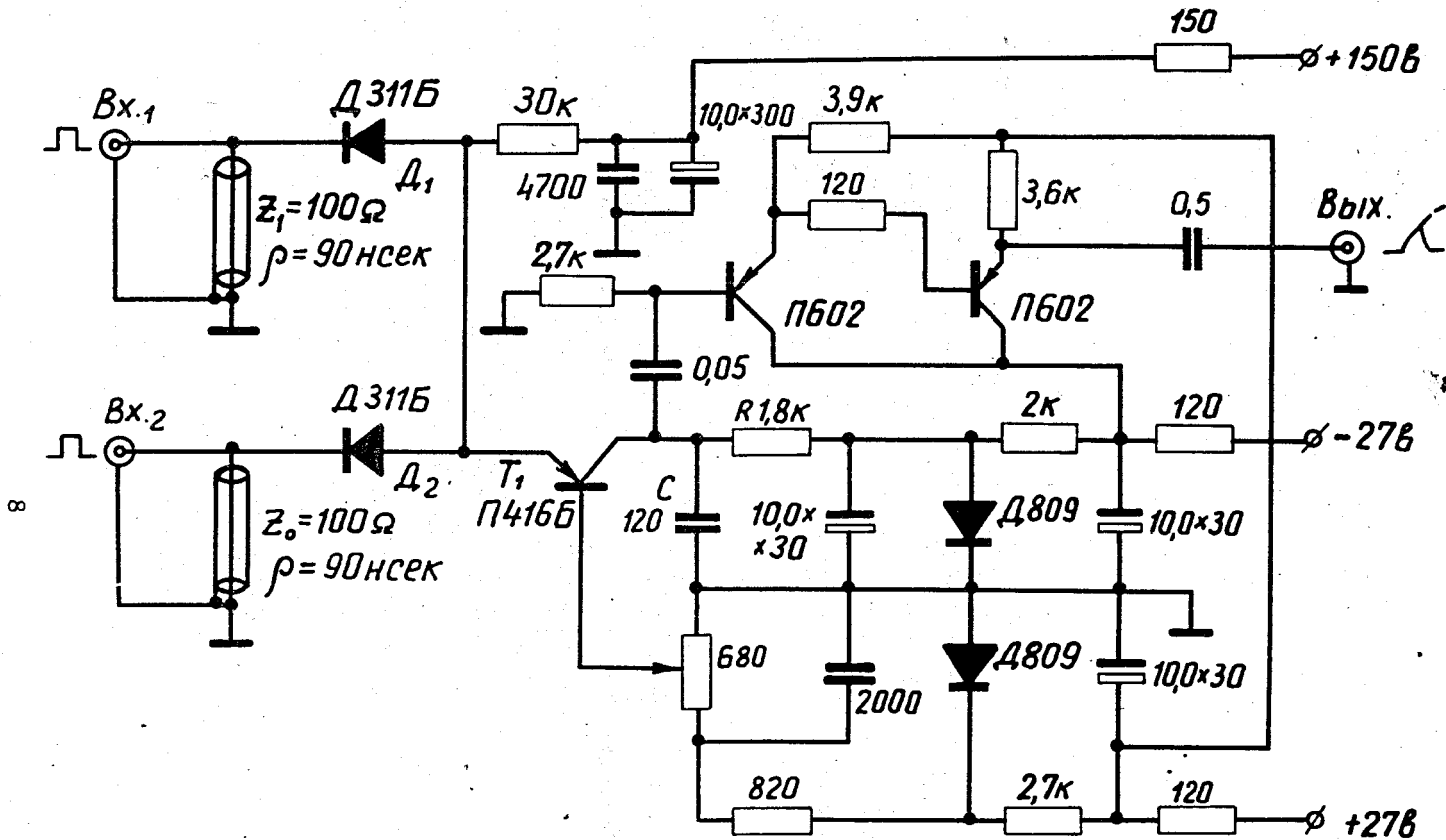


Рис. 3. Принципиальная схема временного конвертора.

ходов фотоумножителей поступают на входы медленной схемы совпадений с разрешающим временем $2\tau_0 = 2$ мксек. Сигналы совпадений медленной схемы совпадений служат ключом для отбора импульсов, поступающих с выхода конвертора на анализатор.

Контрольная система

В измерениях времен жизни возбужденных состояний ядер необходимо проводить строгий контроль аппаратных эффектов, связанных с различной нестабильностью аппаратуры (изменение коэффициентов усиления фотоумножителей, порога анализатора и т.д.).

В работе ^{/4/} предложена система стабилизации коэффициента усиления и порога временного анализатора, основанная на применении полупроводниковых источников света.

Для контроля аппаратных эффектов при измерении времен жизни уровней в субнаносекундной области нами была применена система контроля, состоящая из четырех полупроводниковых источников света (световых диодов), двух трехканальных генераторов наносекундных импульсов типа "NZ -231" и схемы синхронизации (рис. 1). Световые диоды, изготовленные на основе фосфида галлия, являются излучателями световых вспышек наносекундной длительности, которыми засвечиваются фотокатоды фотоумножителей. При помощи магазинов задержек реперные кривые совпадений располагаются по краям линейного участка конверторной кривой (рис. 4,7,8). Ввиду того, что сигналы реперных вспышек могут находиться вне энергетических диапазонов, выделяемых в γ - и e - каналах ключевыми импульсами, для регистрации реперных кривых мгновенных совпадений на анализаторе служат импульсы со схемы синхронизации, которая представляет собой одновибратор с эмиттерными повторителями на входах и выходе. Контроль и учёт аппаратных сдвигов ведется по разрешению и центрам тяжести реперных кривых мгновенных совпадений.

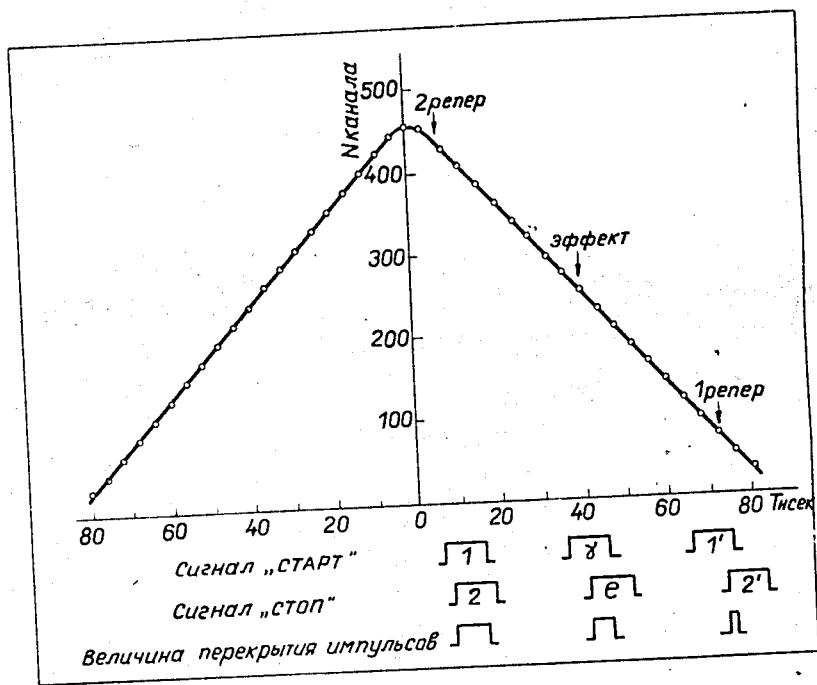


Рис. 4. Конверторная характеристика установки; 1, 1', 2, 2' - импульсы от соответствующих световых диодов; γ и ϵ - импульсы от соответствующих излучений.

$\times 10^{-9}$ сек.

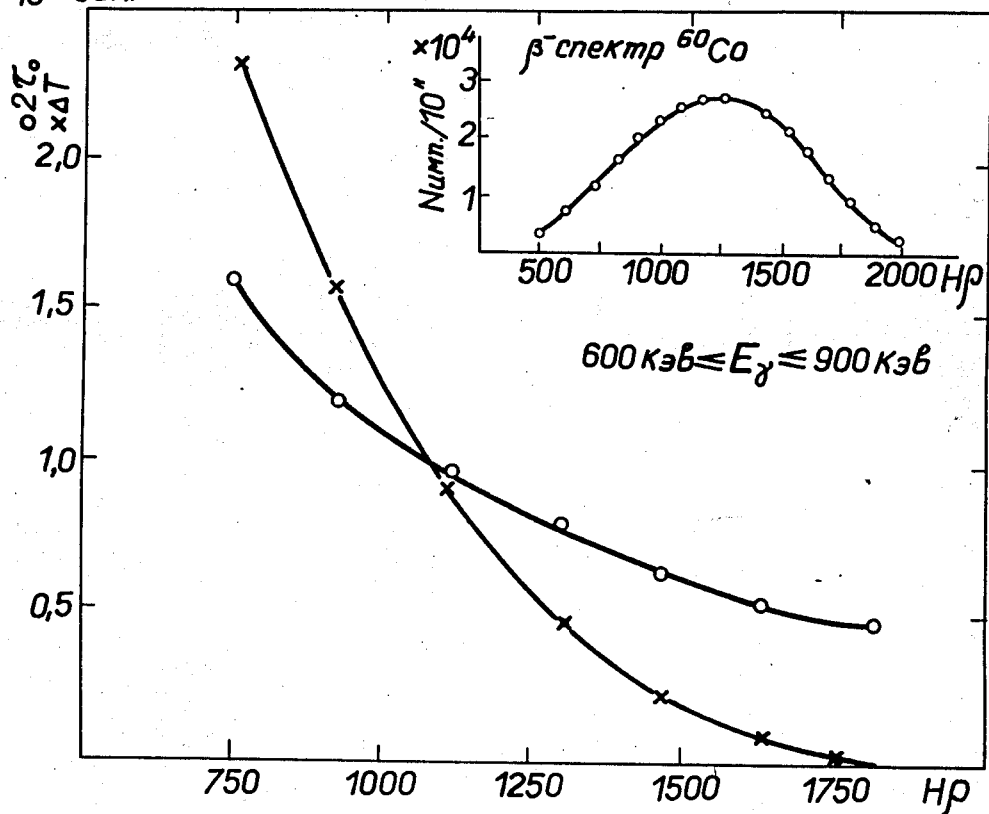


Рис. 5. Зависимость разрешающего времени и временного сдвига установки от энергии конверсионных электронов.

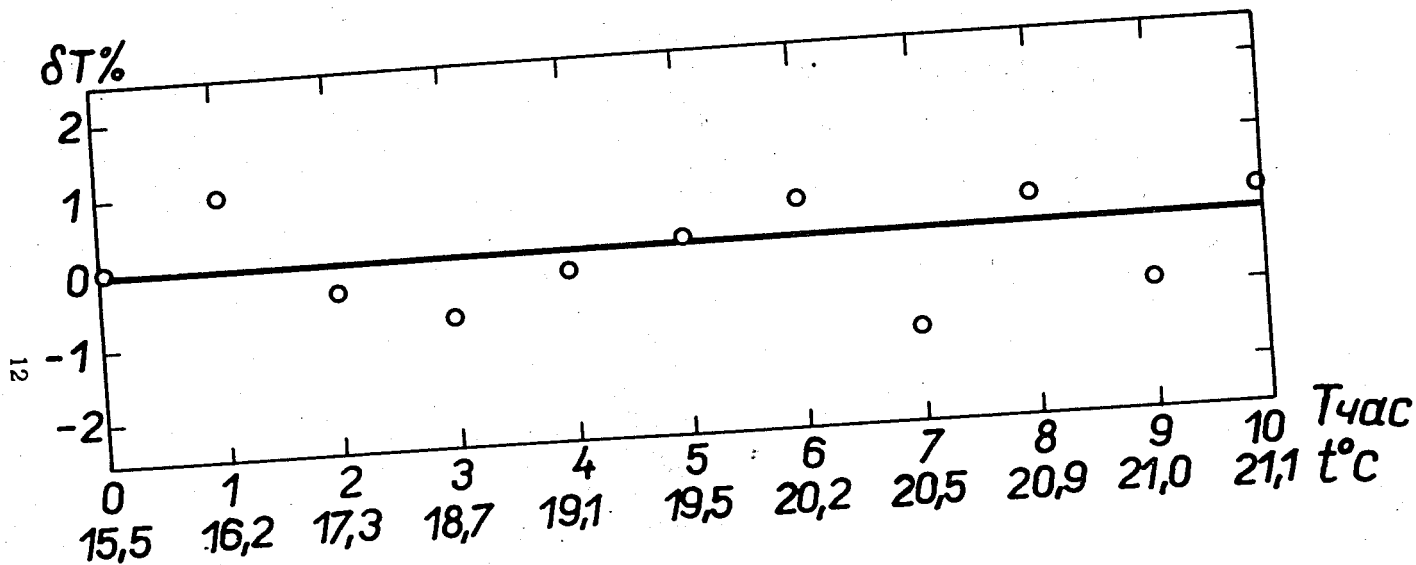


Рис. 6. Смещение центров тяжести кривых мгновенных совпадений по отношению к центрам тяжести кривых реперных совпадений в зависимости от времени и температуры.

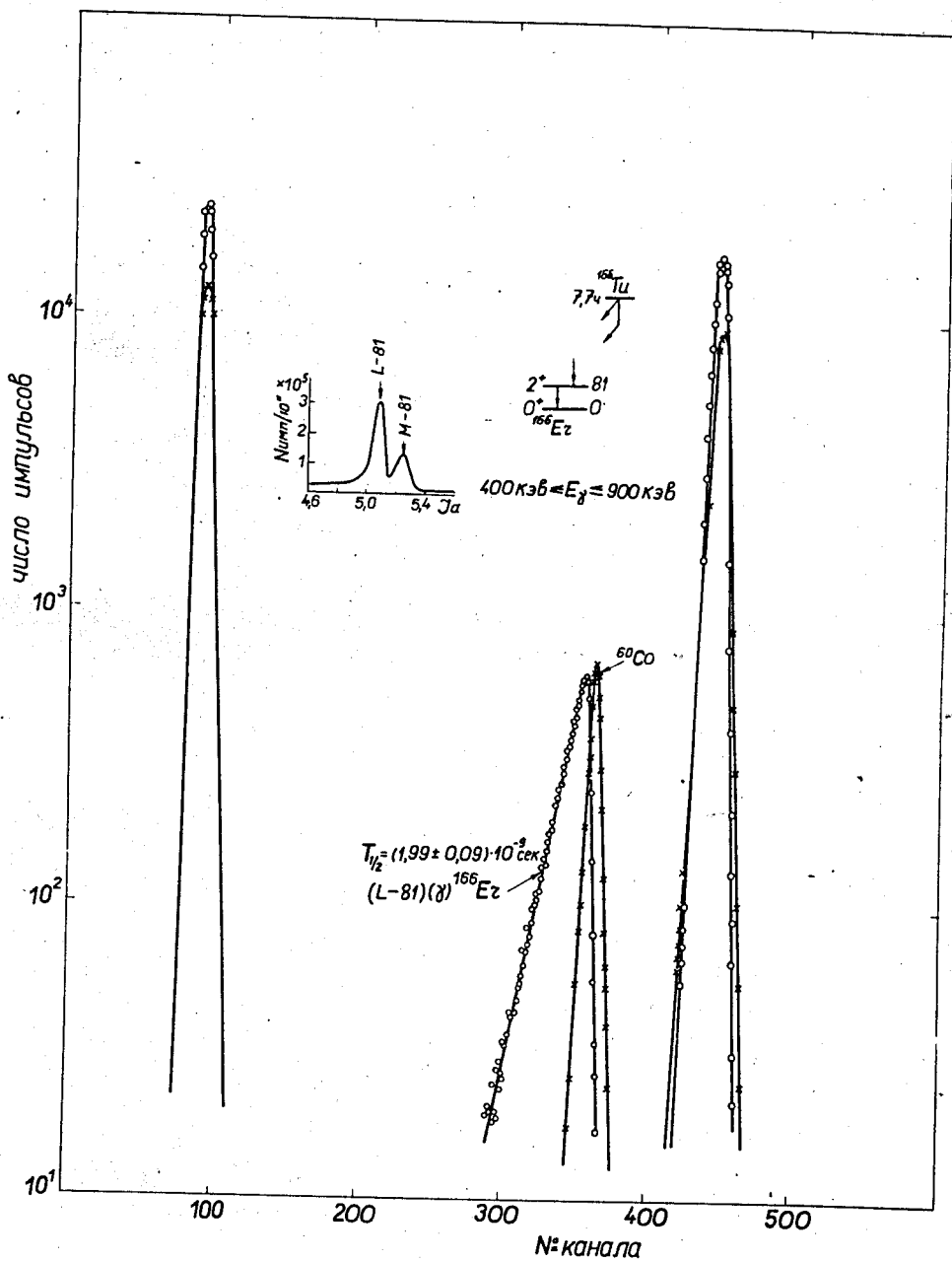


Рис. 7. Измерение периода полураспада уровня 2^+ с энергией 81 кэВ в ядре ^{166}Er .

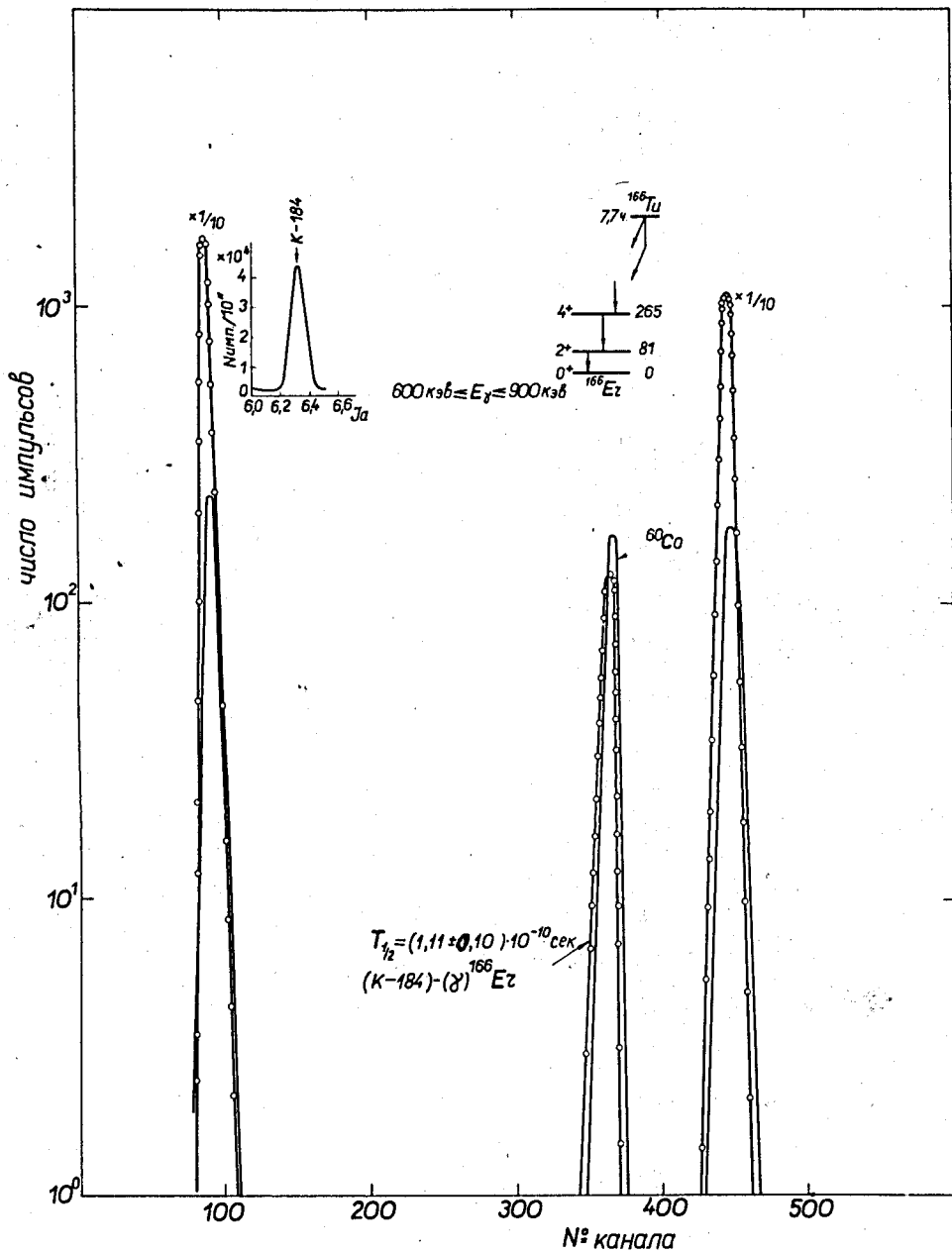


Рис. 8. Измерение периода полураспада уровня 4⁺ с энергией 265 кэв в ядре ^{166}Er .

Характеристики установки

Собственное разрешающее время конвертора, определенное с помощью генератора наносекундных импульсов, оказалось равным $2\tau_0 = 6 \cdot 10^{-11}$ сек. Дифференциальная нелинейность конвертора в диапазоне $8 \cdot 10^{-8}$ сек не хуже 1%.

Исследованы зависимости разрешающего времени и временного сдвига установки от энергии конверсионных электронов. Эта зависимость представлена на рис. 5.

Контроль аппаратурных эффектов при регистрации кривых задержанных и мгновенных совпадений позволяет учитывать эффекты изменения коэффициента усиления и порога анализатора, разные интенсивности источников мгновенных и задержанных совпадений с точностью не хуже 1%. На рис. 6 приведены смещения центров тяжести кривых мгновенных совпадений по отношению к центрам тяжести кривых реперных совпадений в зависимости от времени и температуры.

Результаты измерений времен жизни уровней

На рис. 7 и 8 приведены временные спектры измерения времен жизни уровней 2^+ и 4^+ ротационной полосы основного состояния ^{166}Er . (Худшее временное разрешение второй реперной кривой связано с малым световым выходом одного из световых диодов).

Время жизни уровня 2^+ в ^{166}Er определялось по экспоненциальному спаду кривой задержанных совпадений и по сдвигу центров тяжести кривых задержанных и мгновенных совпадений. Эти результаты согласуются между собой и в пределах ошибок совпадают с данными работ других авторов^{15,6/}. $T_{1/2}^{2^+}$ (80,6 кэв) = $(1,99 \pm 0,09) 10^{-9}$ сек.

Время жизни уровня 4^+ в ^{166}Er определялось по сдвигу центров тяжести кривых задержанных и мгновенных совпадений с учётом аппара-

турных эффектов, проводимому по анализу смещения центров тяжести реперных кривых совпадений $T_{1/2}^{4+}$ (265 кэв) = (1,11±0,10) 10⁻¹⁰ кэв.

Значение периода полураспада уровня $4^{+} 166\text{Er}$, полученное нами, хорошо согласуется с результатом работы /6/.

Измерения времен жизни возбужденных состояний ядер в субнано-секундной области без постоянного учёта аппаратурных эффектов могут содержать неконтролируемую систематическую ошибку. Предлагаемый метод позволяет существенно увеличить надежность определения времен жизни возбужденных состояний ядер в субнано-секундной области.

Авторы искренне благодарны Ж.Желеву и К.Я.Громову за постоянное внимание и поддержку в работе, Р.Бабаджанову, В.И.Разову, Г.Т.Брагину и А.Халикулову за помощь на отдельных этапах работы.

Л и т е р а т у р а

1. В.А.Морозов, Т.М.Муминов. Препринт ОИЯИ, Р-1811, Дубна, 1964.
2. И.Адам, Ю.Н.Денисов, С.А.Ивашкевич, М.Фингер. ПТЭ, №2, 1965.
3. G.A.Grin, C.Joseph, J.C.Alder, B.Vaucher. Helv. Phys. Acta 34, 490. (1961).
4. В.Г.Лапшин, М.Н.Омельяненко, В.И.Рыкалин, А.Н.Синаев, В.П.Хромов, З.Щисек. Препринт ОИЯИ Р13-3342, Дубна, 1967.
5. Bashandy E.M.S. El-Nesr. Ark. fys., 22, N 4, 341-348 (1962).
6. Angela C.Li, A.Schwarzchild. Phys. Rev., 129, N6, 2664-2678 (1963).

Рукопись поступила в издательский отдел

25 июля 1969 года.