

1437

Экз. чит. зала



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

А.Ф. Дунайцев

Р - 1437

НАНОСЕКУНДНАЯ МНОГОКРАТНАЯ СХЕМА СОВПАДЕНИЙ
И АНТИСОВПАДЕНИЙ НА ТУННЕЛЬНЫХ ДИОДАХ
И ТРАНЗИСТОРАХ

Дубна 1963

Дунайцев А.Ф.

Наносекундная многократная схема совпадений и анти-совпадений на туннельных диодах и транзисторах.

Описывается схема многократных совпадений и антисовпадений, выполненная на туннельных диодах, диодах и транзисторах. Разрешающее время схемы, измеренное на пучке мезонов, составляет около 2 нсек. Эффективность антисовпадений равна 0,9997.

Препринт Объединенного института ядерных исследований.
Дубна. 1963 г.

Dunaitsev A.F.

Nanosecond Multiple Coincidence and Anticoincidence Circuit on Tunnel Diodes and Transistors

A multi-coincidence and anticoincidence circuit made on tunnel diodes, diodes and transistors is described. The resolving time of the circuit measured with a meson beam is about 2 ns.

The anticoincidence efficiency is as large as 0.9997.

Preprint Joint Institute for Nuclear Research.
Dubna. 1963.

А.Ф. Дунайцев

P - 1487

НАНОСЕКУНДНАЯ МНОГОКРАТНАЯ СХЕМА СОВПАДЕНИЙ
И АНТИСОВПАДЕНИЙ НА ТУННЕЛЬНЫХ ДИОДАХ
И ТРАНЗИСТОРАХ

Направлено в 'Nuclear Instruments and Methods'

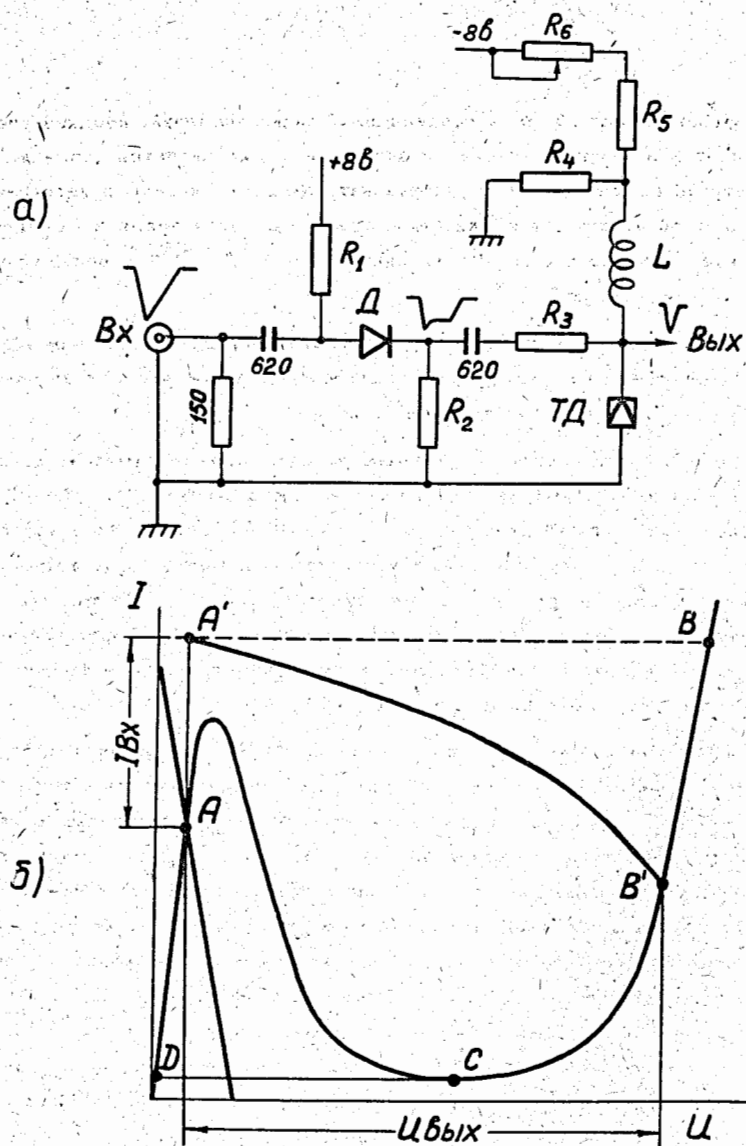
Дубна 1963

При разработке быстрых схем совпадений и антисовпадений, предназначенных для экспериментов в ядерной физике, основной проблемой является создание формирующих устройств, позволяющих преобразовать входные сигналы в короткие импульсы стандартной амплитуды и длительности. В последнее время в формирующих устройствах все шире используются туннельные диоды ^{1,2,3,4,5,6/}, обладающие малым временем переключения.

В настоящей работе описывается быстрая схема совпадений, формирующая каскады которой выполнены на туннельных диодах с предварительным ограничением амплитуды импульсов с помощью импульсного диода.

Схема формирующего каскада приведена на рис. 1а. В статическом состоянии через германиевый импульсный диод D протекает постоянный ток I , который определяется величинами сопротивлений R_1 и R_2 . При подаче на вход каскада отрицательного импульса достаточной амплитуды диод запирается, и на сопротивлении R_2 возникает импульс напряжения с амплитудой $U = IR_2$. Но так как диод D имеет сравнительно большое время восстановления обратного сопротивления /десятки наносекунд/, сформированный диодом импульс имеет в начале выброс, амплитуда которого зависит от амплитуды входного импульса.

Дальнейшее формирование импульса по амплитуде и длительности осуществляется туннельным диодом ТД, имеющим одно устойчивое состояние в точке A /рис. 1б/. Для того, чтобы туннельный диод обладал одним устойчивым состоянием, необходимо, чтобы величина сопротивления R_4 была меньше, чем минимальное отрицательное сопротивление туннельного диода. Чувствительность формирующего каскада определяется положением начальной рабочей точки A на вольтамперной характеристике. Чтобы обеспечить высокую чувствительность, начальная рабочая точка A устанавливается с помощью сопротивлений R_3 и R_5 вблизи максимума характеристики. Когда на туннельный диод приходит импульс с крутым передним фронтом, сопротивление индуктивности L велико, и основная часть тока протекает через туннельный диод ТД, вызывая быстрый перебор в точку B' . Положение точки B' на диффузионной ветви зависит от величины сопротивления индуктивности L и длительности фронта входного импульса. Точка B является предельным положением точки B' , когда весь ток входного импульса протекает через туннельный диод. Длительность выходного импульса t_u определяется временем перезарядки индуктивности L через сопротивление R_4 и сопротивление туннельного диода. За время t_u рабочая точка перемещается в положение C , а затем происходит



Р и с. 1

а/ Схема формирующего устройства. б/ Вольтамперная характеристика туннельного диода и режим его работы.

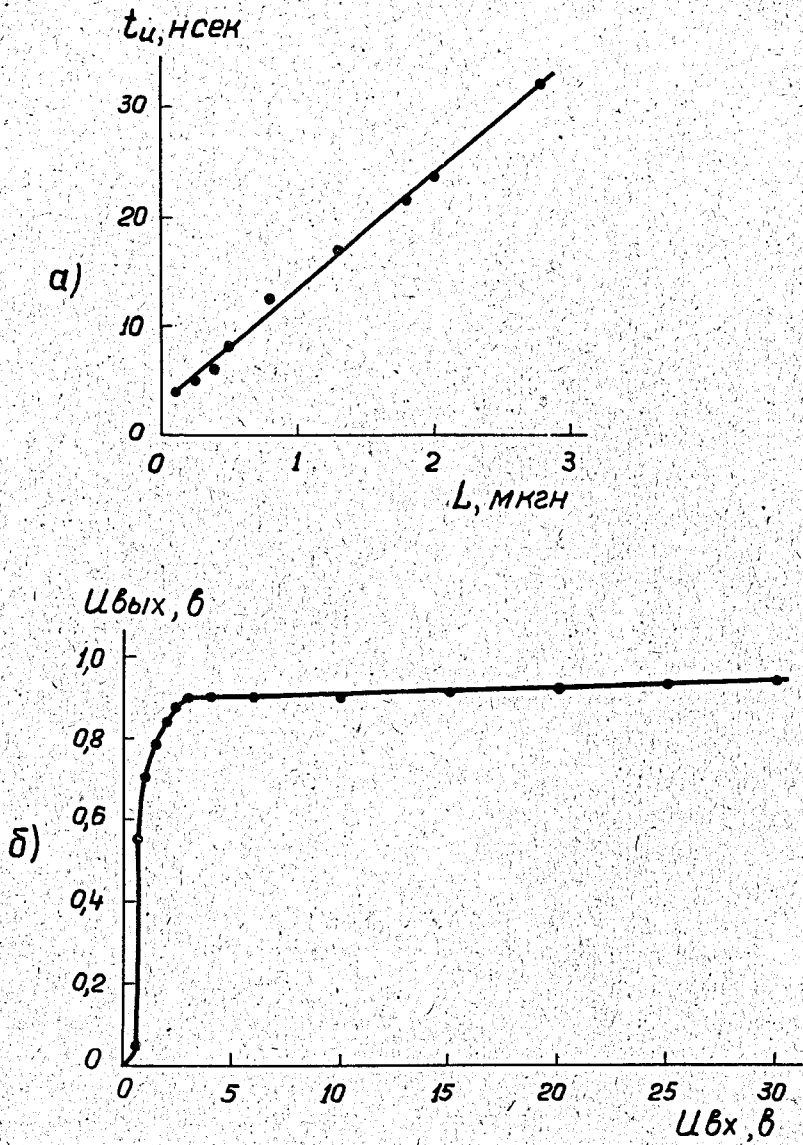
обратный перебор в точку Д. В течение времени восстановления рабочая точка возвращается в исходное положение А. Использование предварительного диодного ограничителя позволяет избежать повторного срабатывания туннельного диода в случае длинного входного импульса. После диодного ограничителя импульс имеет плоскую вершину, сопротивление индуктивности L при этом мало, и основная часть тока протекает через L и R_4 .

На рис. 2а представлена измеренная зависимость длительности сформированного импульса от величины индуктивности L для туннельных диодов из арсенида галлия с пиковым током $I_p = 5 - 10$ ма и емкостью $C < 20$ пф. Из этого рисунка видно, что для создания схем совпадений с разрешающим временем ~ 5 нсек необходимо выбирать $L \sim 0,5$ мкГн.

Описанный формирующий каскад имеет выраженную пороговую характеристику /рис. 2б/. Порог срабатывания можно изменять, изменяя величины сопротивлений R_3 и R_4 /рис. 1а/. Максимальная амплитуда входных импульсов ограничивается допустимым обратным напряжением ограничивающего диода Д. Так, для германиевых диодов Д10, Д18 максимальная амплитуда входных импульсов не менее 20 вольт. Длительность и амплитуда сформированных импульсов слабо зависят от амплитуды /рис. 2б/ и длительности входных импульсов.

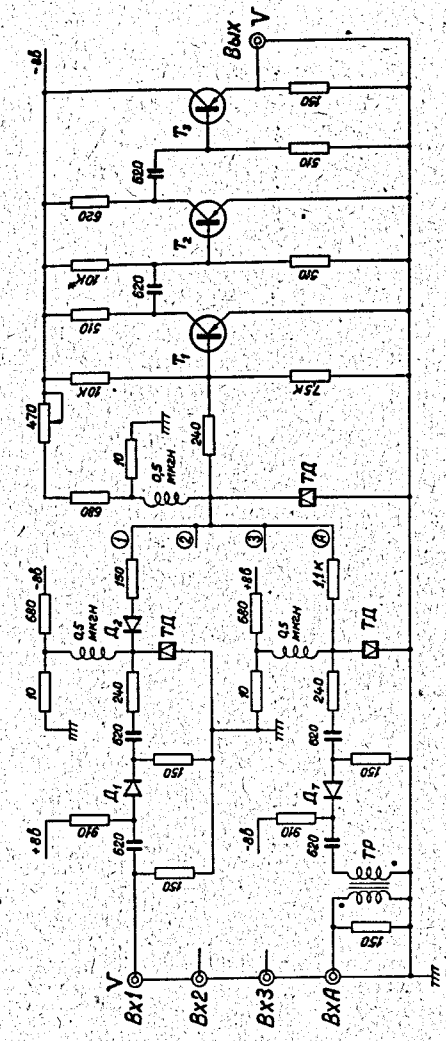
Полная электрическая схема тройных совпадений с одним каналом антисовпадений представлена на рис. 3. Отрицательные импульсы поступают на входы формирующих каскадов. На входе формирующего каскада канала антисовпадений помещен фазоинвертор - трансформатор на ферритовом сердечнике.

Сформированные импульсы суммируются на туннельном диоде, включенном также по одностабильной схеме с индуктивностью. Начальная рабочая точка выделяющего туннельного диода выбирается так, чтобы сумма токов двух пришедших одновременно входных импульсов не перебрасывала рабочую точку через максимум вольтамперной характеристики /рис. 1б/, а сумма токов трех совпавших во времени импульсов перебрасывала рабочую точку в положение В'. Если одновременно с тремя совпадающими импульсами на вход выделяющего туннельного диода поступает импульс антисовпадений, имеющий противоположную полярность, то рабочая точка не перебрасывается через максимум. Для того, чтобы исключить возможность запуска формирующего каскада импульсом соседнего канала, между формирующими каскадами помещены диоды. Включенные последовательно с диодами сопротивления 150 ом служат для ограничения импульса тока через выделяющий туннельный диод. В канале антисовпадений это сопротивление подбирается такой величины, при которой исключается запуск формирующего каскада антисовпадений от импульса тока совпадений. Для регулирования чувствительности схемы в цепи питания выделяющего туннельного диода имеется потенциометр.



Р и с. 2.

а/ Зависимость длительности выходного импульса от величины индуктивной нагрузки L . б/ Зависимость амплитуды выходных импульсов $U_{\text{вых}}$ от амплитуды входных импульсов $U_{\text{вх}}$.



Р и с. 3.

Электрическая схема тройных совпадений /каналы 1,2,3/ с одним каналом антисовпадений /канал А/. Трансформатор намотан на ферритовом кольце ϕ 12, μ = 600, число витков 2 x 20.

Импульс совпадений с выделяющего туннельного диода усиливается двухкаскадным усилителем, на выходе которого имеется эмиттерный повторитель. Импульс на выходе эмиттерного повторителя имеет длительность около 30 нсек и амплитуду 4 в.

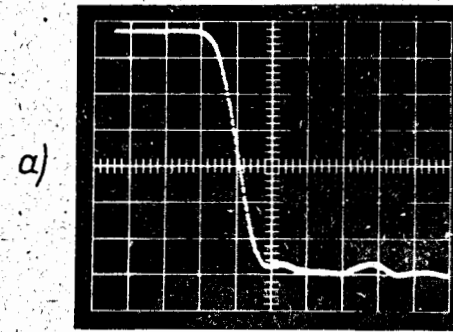
Схема налаживалась при помощи генератора коротких импульсов с фронтом около 0,5 нсек /см. рис. 4/. Полученные в этих измерениях зависимости амплитуды выходного импульса $U_{\text{вых}}$ от задержки t между входными импульсами для схемы двойных совпадений с каналом антисовпадений приведены на рис. 5. Эти кривые показывают, что схема позволяет получить наносекундное разрешение входных импульсов и коэффициент отбора у нее практически неограничен. Наличие столь хорошего отбора исключает необходимость дополнительной дискриминации. Для схемы тройных совпадений эти кривые аналогичны.

Из рисунка 6 видно, как изменяется полуширина кривых, показанных на рис. 6а, с ростом амплитуды входных импульсов для схемы двойных совпадений. Стрелкой указан порог чувствительности схемы. Мертвое время около 60 нсек.

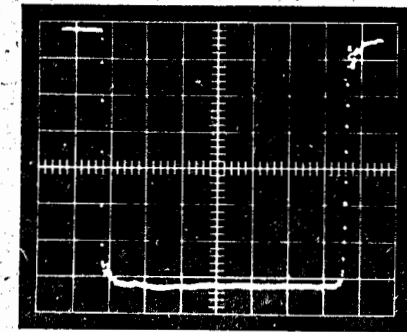
Рабочие характеристики схемы совпадений и антисовпадений были измерены на пучке π^+ -мезонов с энергией 70 Мэв в экспериментах на синхротроне Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. В пучок π^+ -мезонов были помещены сцинтилляционные счетчики со сцинтилляторами размером $10 \times 10 \times 1 \text{ см}^3$ и $18 \times 18 \times 1 \text{ см}^3$. Импульсы с анодов фотоумножителей 58A VP подавались на входы схемы совпадений /рис. 7/ для задержки одного импульса использовался магазин отрезков кабеля РК-50 различной длины. Разрешающее время схемы двойных совпадений /белые точки/ $\tau = 1,8$ нсек, а схемы тройных совпадений /черные точки/ $\tau = 2,7$ нсек. Полуширина кривых разрешения на уровне 10^{-4} для схемы двойных и тройных совпадений составляет 5,4 и 6,4 нсек, соответственно. Различие разрешающих времен у схем двойных и тройных совпадений объясняется различным положением начальной рабочей точки А /см. рис. 16/.

Кривая разрешения для схемы двойных совпадений с переменной задержкой импульса в канале антисовпадений приведена на рис. 8. Схема антисовпадений имеет разрешающее время $\tau = 3,6$ нсек и высокую эффективность — скорость счета схемы двойных совпадений с включением счетчика антисовпадений падала в 3000 раз.

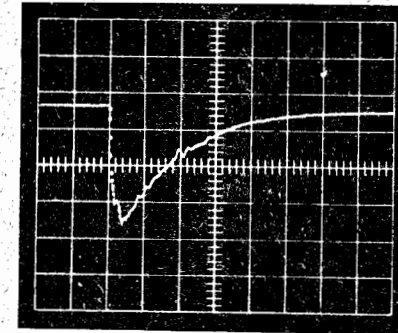
На рис. 9 представлена зависимость скорости счета схемы двойных совпадений от напряжения на фотоумножителях /"плато" по напряжению ф.э.у./.. Протяженность "плато" > 300 в.



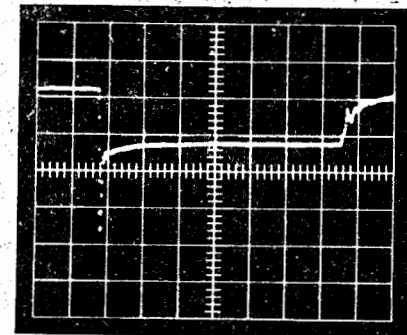
0,5 нсек/дел.



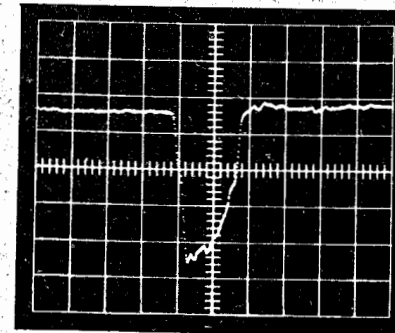
10 нсек/дел.



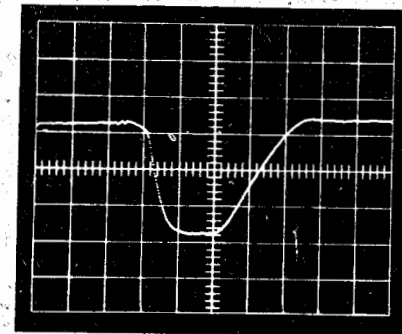
10 нсек/дел.



10 нсек/дел.



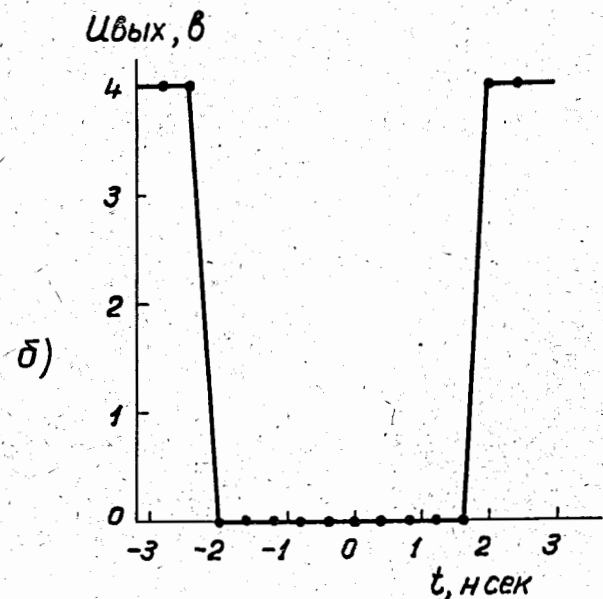
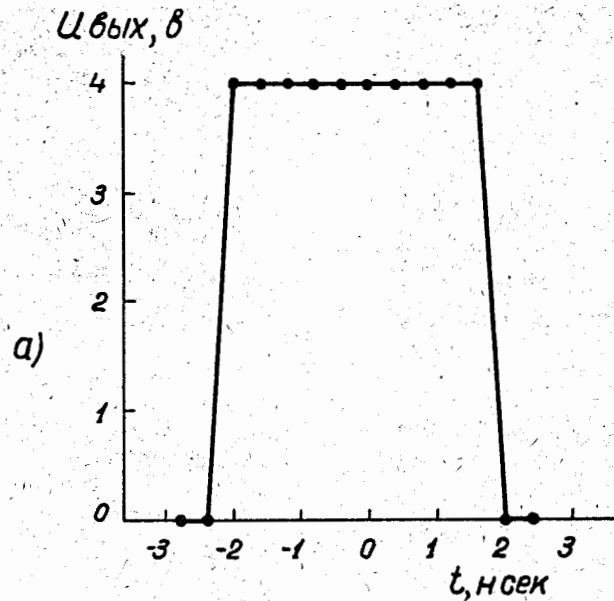
5 нсек/дел.



10 нсек/дел.

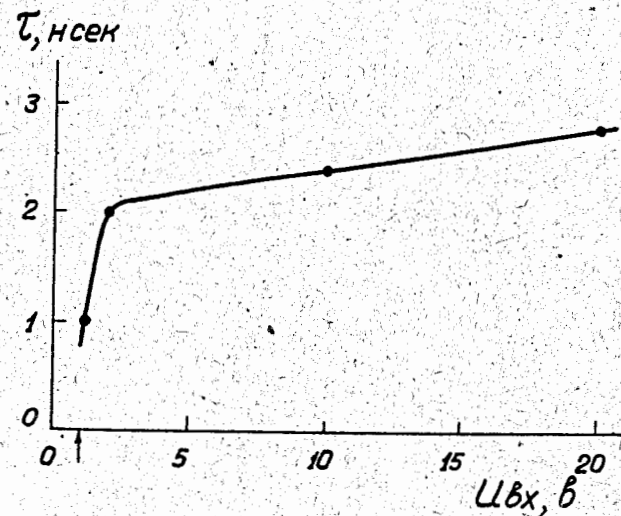
Р и с. 4.

Осциллограммы импульсов: а/ фронт импульса генератора; б/ прямоугольный импульс генератора; в/ экспоненциальный импульс генератора; г/ импульс после ограничивающего диода Д; д/ импульс, сформированный туннельным диодом ТД; е/ импульс на выходе схемы совпадений. Под каждым рисунком указана скорость развертки в нсек на большое деление шкалы.



Р и с. 5.

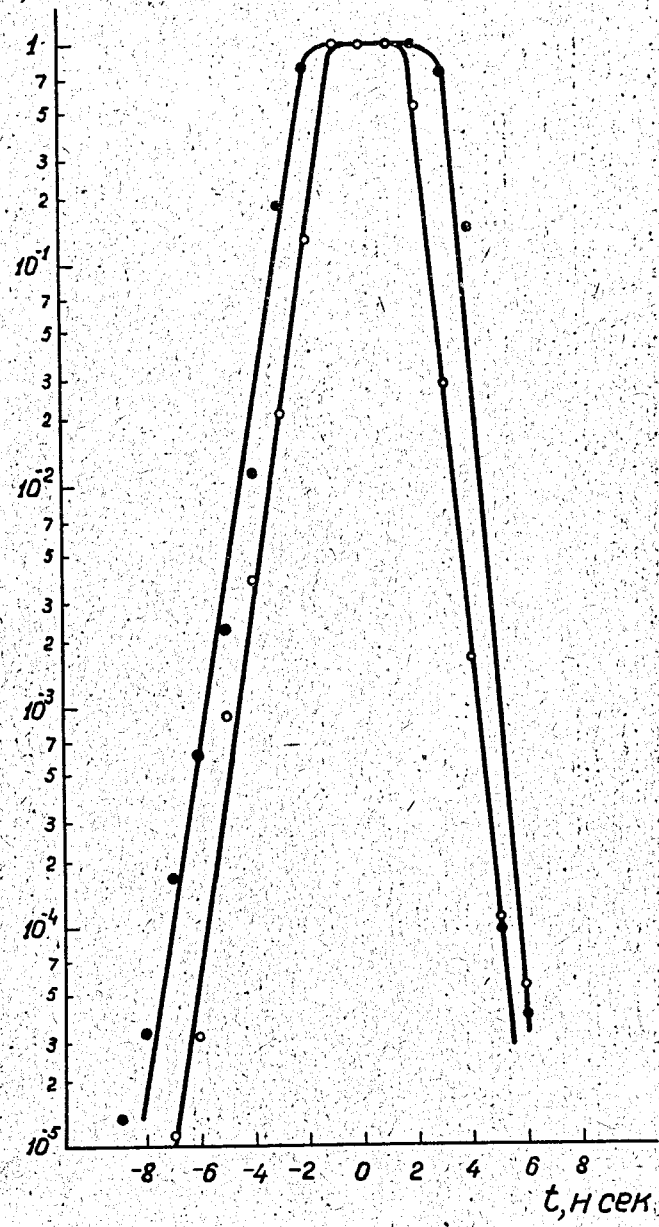
Зависимость амплитуды выходных импульсов $U_{\text{вых}}$ от задержки t между входными импульсами для: а/ схемы двойных совпадений; б/ схемы антисовпадений.



Р и с. 6.

Зависимость полуширины кривых, показанных на рис. 5а, от амплитуды входных импульсов $U_{\text{вх}}$.

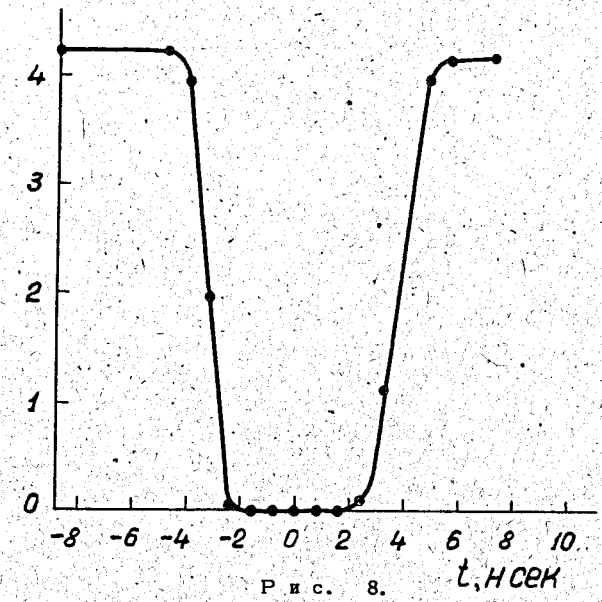
N , отн. ед.



Р и с 7.

Кривые временного разрешения для схемы двойных совпадений (o) и для схемы тройных совпадений (●), измеренные на пучке π^+ -мезонов.

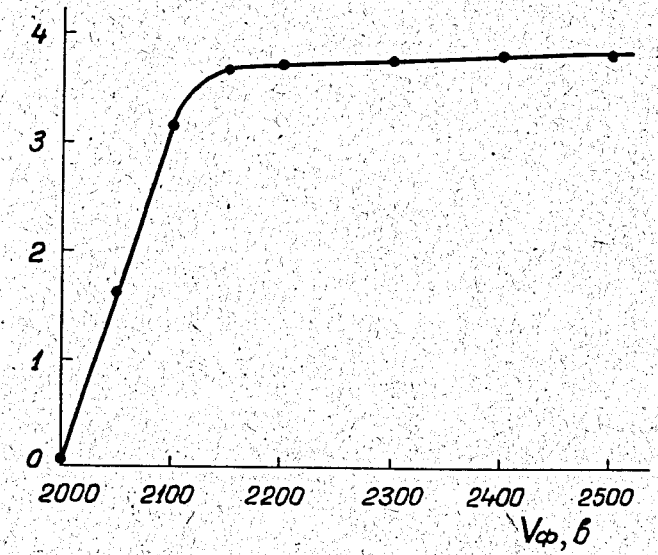
N , 10^3сек^{-1}



Р и с 8.

Зависимость скорости счета π^+ -мезонов схемы двойных совпадений N от задержки t в канале антисовпадений.

N , 10^3сек^{-1}



Р и с 8.

Зависимость скорости счета мезонов схемы двойных совпадений N от напряжения V_ϕ на фотоумножителях 58AVP.

Следует отметить, что схема проста при наладке и удобна в работе. С помощью этой схемы в Лаборатории ядерных проблем была измерена разность масс заряженного и нейтрального мезона¹⁷. Возможность быстрого изменения кратности схемы совпадений расширяет возможности ее применения в физических исследованиях.

В заключение пользуюсь случаем выразить свою благодарность Ю.Д. Прокошкину за обсуждение результатов настоящей работы.

Л и т е р а т у р а

1. A. Adler, M. Palmai, V. Perez-Mendez. Nucl. Instr., Meth. 13, 282 (1961).
2. S. Gorodetzky, A. Muser, I. Zen, R. Armbruster. Nucl. Instr. Meth., 13, 282 (1961).
3. S. Gorodetzky, A. Muser, I. Zen, R. Armbruster. Nucl. Instr. Meth., 14, 205 (1961).
4. A. Whetstone, S. Kouyou. Rev. Sci. Instr., 33, 423 (1962).
5. Б.Н. Кононов, А.С. Сидоров. Труды пятой научно-технической конференции по ядерной электронике, т. 1, Москва, 1982. Госатомиздат, стр. 169.
6. Б.Н. Кононов, Ю.А. Чурян. ПТЭ, № 4, 87, /1983/.
7. В.И. Петрухин, Ю.Д. Прокошкин. ЖЭТФ, №5, /1983/.

Рукопись поступила в издательский отдел
9 октября 1983 г.