

А-

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

13 - 3530



В.Г. Лапшин, В.И. Рыкалин, З. Цисек

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

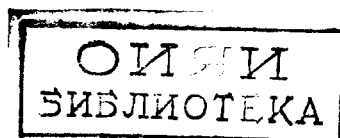
ПРИМЕНЕНИЕ ФОРМИРОВАТЕЛЕЙ
С КОМПЕНСАЦИЕЙ ВЛИЯНИЯ
РАЗБРОСА АМПЛИТУД
И МАЛЫМ МЕРТВЫМ ВРЕМЕНЕМ
В СХЕМАХ СОВПАДЕНИЙ

1967.

13 - 3530

В.Г. Лапшин, В.И. Рыкалин, З. Цисек

ПРИМЕНЕНИЕ ФОРМИРОВАТЕЛЕЙ
С КОМПЕНСАЦИЕЙ ВЛИЯНИЯ
РАЗБРОСА АМПЛИТУД
И МАЛЫМ МЕРТВЫМ ВРЕМЕНЕМ
В СХЕМАХ СОВПАДЕНИЙ



В в е д е н и е

В последнее время становятся весьма актуальными вопросы разработки схем, способных работать при больших нагрузках и имеющих хорошие временные характеристики. Это связано, с одной стороны, с тенденцией использования при исследовании редких процессов пучков частиц с максимально возможной интенсивностью и, с другой стороны, возможностью регистрации временным ФЭУ световых импульсов с частотами более $100 \text{ МГц}^{1/}$.

В реальных условиях работы сцинтилляционных и черенковских счётчиков на выходе ФЭУ наблюдается довольно широкий спектр амплитуд.

Как следует из ^{2/}, для сцинтилляционного счётчика на АVP -56 с размерами сцинтиллятора $10 \times 100 \times 100 \text{ мм}$ при регистрации π -мезонов ширина на полувысоте распределения амплитуд оказывается равной 40%.

При регистрации π -мезона из фотокатода выбивается 80 фотоэлектронов. Амплитудный разброс, связанный только со статистикой выбивания фотоэлектронов, составляет $\approx 26\%$. Кроме того, в ширину амплитудного распределения импульсов вносят вклад флуктуации потерь ионизации и неоднородности в светодиодах. Выходные импульсы ФЭУ с разными амплитудами имеют разную крутизну нарастания фронта импульса и достигают порога чувствительности пороговых устройств в разные моменты времени.

В первом приближении фронт нарастания можно аппроксимировать прямой (рис. 1), тогда разность времени срабатывания входного устройства от импульса с амплитудой, равной порогу, и импульса с амплитудой A будет равна:

$$\Delta t = t \left(1 - \frac{U}{A} \right),$$

где U - порог срабатывания входного устройства.

Таким образом, входное устройство (как правило, представляющее собой одновибратор на туннельном диоде) будет срабатывать в разные моменты времени от двух одновременных сигналов с разными амплитудами. При значительном амплитудном разбросе ($A \gg U$) временной разброс составит $\Delta t \approx t \cdot \frac{U}{A}$.

Для современных временных фотоумножителей t_{ϕ} лежит в пределах $2 + 5$ нсек, поэтому разброс времен срабатывания входных устройств не позволяет конструировать схемы совпадений с временем разрешения $2\tau < 4$ нсек и 100%-эффективностью, а в случае время-амплитудных преобразователей значительно ухудшает временное разрешение.

Понижение порога срабатывания не компенсирует амплитудный разброс, т.к. крутизна нарастания импульсов в начальном участке уменьшается.

Кроме того при уменьшении порога срабатывания значительно усиливается влияние предимпульсов и возрастают загрузки пороговых устройств шумовыми импульсами ФЭУ и фоновыми импульсами в случае работы на ускорителе.

Для уменьшения влияния амплитудного разброса на временное разрешение применяют дифференцирование^{/3/} и двойное^{/4/} дифференцирование импульсов с ФЭУ. При этом повышается крутизна продифференцированного импульса, а положение точки пересечения нуля до некоторой степени не зависит от амплитуды. Однако для точного установления положения этой точки необходимо понижать порог, что приводит к увеличению загрузок и влияния предимпульсов. Поэтому при конечной величине порога влияние амплитудного разброса остается.

Другие методы компенсации^{/5,6,7/} влияния амплитудного разброса принципиально применимы при загрузках не более 10^5 имп/сек и используются в схемах время-амплитудных преобразователей.

Авторами предложен новый способ компенсации влияния разброса амплитуд, основанный на применении диодов с накоплением заряда. В работе описан формирователь, основанный на этом методе, и приводятся характеристики схем совпадений, в которых используются разработанные формирователи.

Принцип компенсации

Рассмотрим простейшую блок-схему использования диода для компенсации влияния разброса амплитуд (рис. 1). Входные импульсы, форма которых для простоты аппроксимирована равнобедренным треугольником, поступают через ограничитель в прямом направлении на диод с накоплением заряда (ДНЗ). С некоторой задержкой t_3 на ДНЗ поступает сформированный по амплитуде и длительности импульс обратной полярности. При $\tau \gg t_3$, где τ - время жизни неосновных носителей в базе диода, восстановление обратного сопротивления ДНЗ произойдет через время $t = \frac{Q}{a}$, где t - время восстановления обратного сопротивления ДНЗ относительно начала сформированного импульса в прямом направлении, a - амплитуда сформированного импульса.

Предположим, что в прямом направлении импульс поступает без ограничения тогда разность времени "срабатывания" ДНЗ от входного импульса с пороговой амплитудой U и амплитудой A будет пропорциональна разности зарядов в базе ДНЗ от этих импульсов, т.е. $\Delta t = t_{\phi} \left(\frac{A - U}{A} \right)$, где t_{ϕ} - длительность импульса. В то же время разброс времени срабатывания формирователя от импульса с амплитудой A составляет:

$$\Delta t_{\phi} = t_{\phi} \left(1 - \frac{U}{A} \right).$$

Таким образом, без ограничения импульса, поступающего на ДНЗ в прямом направлении, будет наблюдаться перекомпенсация, т.к. Δt растёт быстрее Δt_{ϕ} . Чтобы получить $\Delta t = \Delta t_{\phi}$, необходимо, очевидно, определенным образом ограничить импульс, поступающий на ДНЗ в прямом направлении. В первых вариантах компенсирующих схем на ДНЗ импульсы, поступающие от фотоумножителей, дифференцировались и поступали на схему, подобную приведенной на рис. 1. Однако более высокими характеристиками обладает формирователь с компенсацией разброса, использованный в схеме тройных совпадений, представленной на рис. 2.

Импульсы от фотоумножителей дифференцируются короткозамкнутым кабелем и ограничиваются по амплитуде с помощью триггера Шмитта на ТД и диода D_1 . Через каскад с общей базой T_1 ограниченный импульс тока поступает на сильнодемпфированный колебательный контур. Первая отрицательная полуволна поступает в прямом направлении на ДНЗ (в качестве которого использовался 2Д503Б). Положительная полуволна, возникающая по окончании импульса тока

транзистора T_1 , "рассасывает заряд" и при оптимальном подборе индуктивности L_1 момент "срабатывания" ДНЗ мало зависит от амплитуды входного сигнала. Диод D_2 ограничивает положительную полуволну на ДНЗ.

Временные диаграммы импульсов на разных элементах схемы приведены на рис. 3.

С ДНЗ положительный импульс поступает на одновибратор $ТД_2$, L_2 , ОД. Импульсы одновибратора длительностью 1 нсек (ширина на полуволне) поступают на элемент отбора схемы совпадений $ТД_3$, L_3 , ОД. Импульсы одновибратора отбора запускают одновибратор $ТД_4$, L_4 и через усилитель T_2 , T_3 поступают на выход схемы.

Зависимость времени срабатывания входных формирователей схемы совпадений от амплитуды измерялась на электрических импульсах, моделирующих форму импульса сцинтилляционных счётчиков. Фронт нарастания импульса составлял 4 нсек при длительности по основанию ≈ 10 нсек. Зависимости времени срабатывания формирователя от амплитуды с компенсацией разброса и без компенсации приведены на рис. 3.

Загрузочные характеристики проверялись на генераторе Г5-22.

Формирователь, т.е. $ТД$; D_2 ; T ; $ТД_2$; ОД, устойчиво работает от периодически следующих импульсов с частотами до 75 Мгц. Частотные характеристики схемы совпадений ограничиваются элементом отбора и последующим формирователем. Предельная частота для периодических импульсов составляет $50 \cdot 10^6$ гц. Амплитуда сигналов на выходе СС 1,5 в; полярность положительная.

Были проведены испытания СС на пучке π - мезонов синхроциклотрона ЛЯП. Сцинтилляционные счётчики на ФЭУ ХР1020 с кристаллами $5 \times 20 \times 30$ мм. Кривые задержанных совпадений разработанной схемы без компенсации, снятые в тех же условиях, приведены на рис. 5 а в линейном масштабе и на рис. 5б в полупологарифмическом масштабе. Из сравнения приведенных кривых видно, что обычная схема имеет крутизну склона 1 нсек/порядок величины скорости счёта, а схема с компенсацией амплитудного разброса 0,3 нсек/порядок величины скорости счёта. Увеличение крутизны склонов кривой задержанных совпадений, очевидно, свидетельствует о работе механизма компенсации в реальных условиях. Были также сняты кривые тройных совпадений на счётчиках с фотоумножителями типа ФЭУ-30. Кристаллы $5 \times 20 \times 30$ мм. Кривая приведена на рис. 6.

В заключение авторы пользуются случаем поблагодарить Т.А.Агудину, С.Ю.Порохового, Н.Н.Хованскую, Н.Н.Хованского за помощь в измерениях и монтаже схемы.

Л и т е р а т у р а

1. В.Г.Горбенко, В.Г.Лапшин, В.И.Рыкалин, З.Цисек, В.П.Хромов. Препринт ОИЯИ 13-3095, Дубна 1967 год.
2. В.И.Рыкалин. Диссертация. ИФВЭ. 1967 г.
3. A.E.Bjerke, Q.A.Kerns and T.A. Nunamaker
Nucl. Instr. and Meth., 15 (1962) 249
4. H.Verwei. Preprint CER, Note 65-2.
5. В.Г.Лапшин, В.И.Рыкалин, З.Цисек. Препринт ОИЯИ 13-2987 Дубна 1966 г.
6. R. Van Zurk, Nuclear Electronics, Paris, 1963, 619.

Рукопись поступила в издательский отдел
4 октября 1967 года.

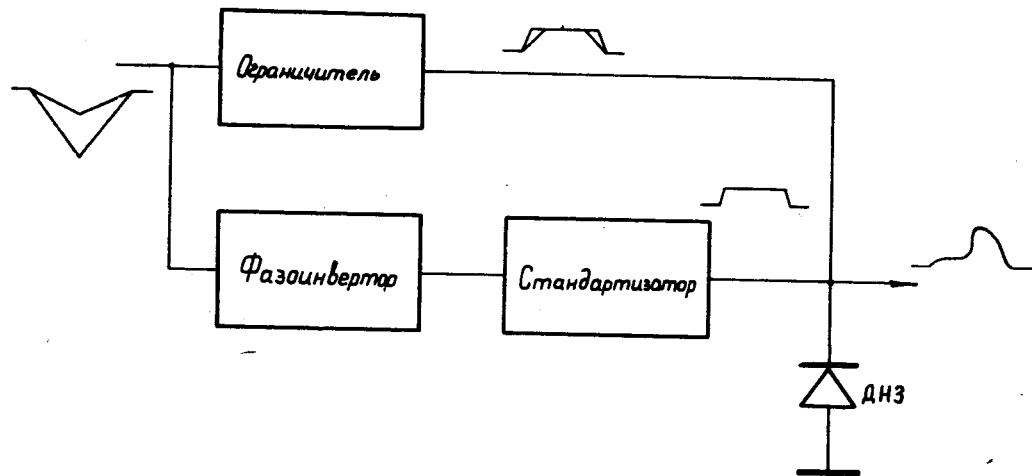


Рис. 1. Блок-схема формирователя с компенсацией влияния амплитудного разброса, ДНЗ - диод с накоплением заряда.

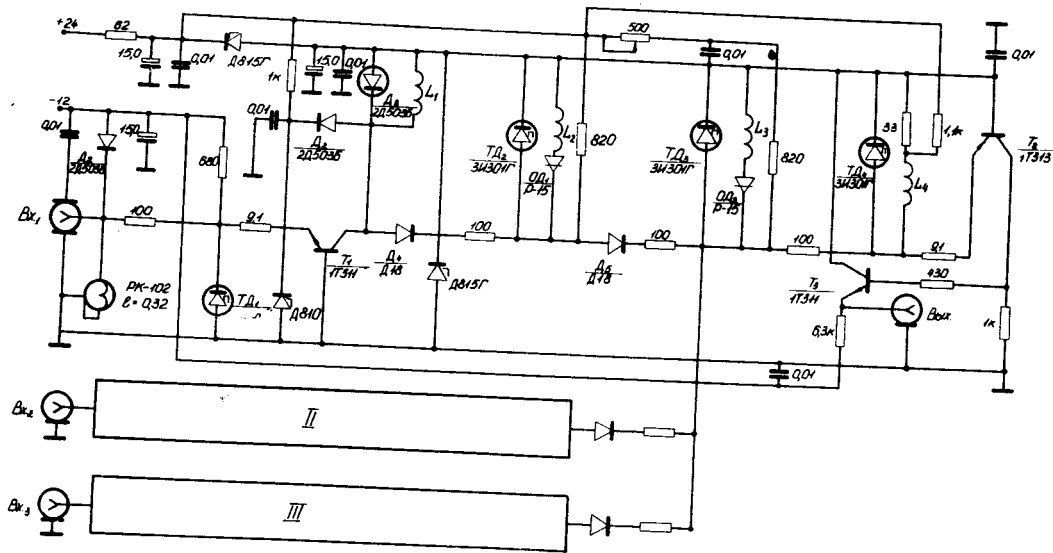


Рис. 2. Схема тройных совпадений с использованием ДФЗ для компенсации влияния амплитудного разброса.

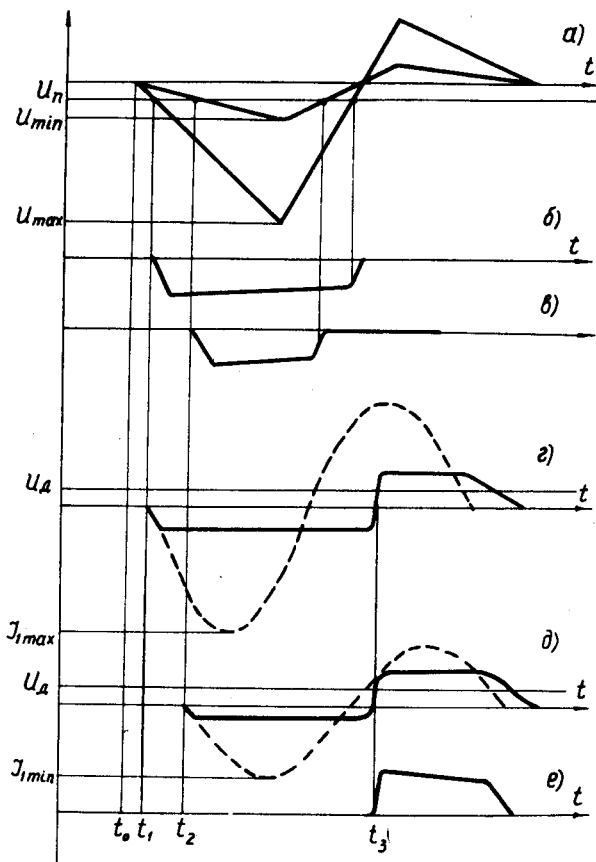


Рис. 3. Временные диаграммы напряжений формирователя с компенсацией влияния амплитудного разброса входных импульсов:

а) импульсы от сцинтилляционного счетчика на входе схемы.

U_{\min} - минимальная амплитуда;

U_{\max} - максимальная амплитуда;

U - порог срабатывания ТД₁;

б) импульс на ТД₁ от A_{\max} ;

в) импульс на ТД₁ от A_{\min} ;

г) ток в коллекторной цепи транзистора Т₁ от входной амплитуды U_{\max} ;

U - порог срабатывания формирователя на туннельном диоде ТД₂.

I_{\min} ; I_{\max} - форма тока в коллекторной цепи транзистора Т₁ без ДНЗ и ограничивающего диода Д₂;

д) ток в коллекторной цепи транзистора Т₁ от входной амплитуды U_{\min} ;

е) t_3 - момент срабатывания формирования на ТД₂.

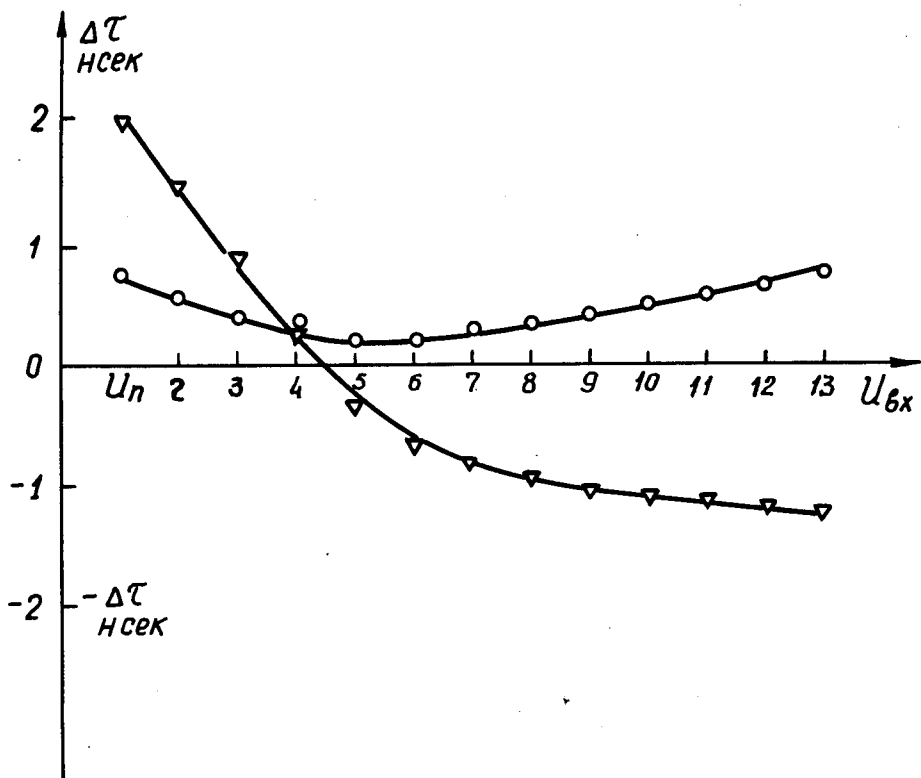


Рис. 4. Зависимость $\Delta\tau = f(U_{вх})$.

- ▽ - формирователь без компенсации влияния амплитудного разброса;
- - формирователь с применением компенсации влияния амплитудного разброса на ДНЗ.

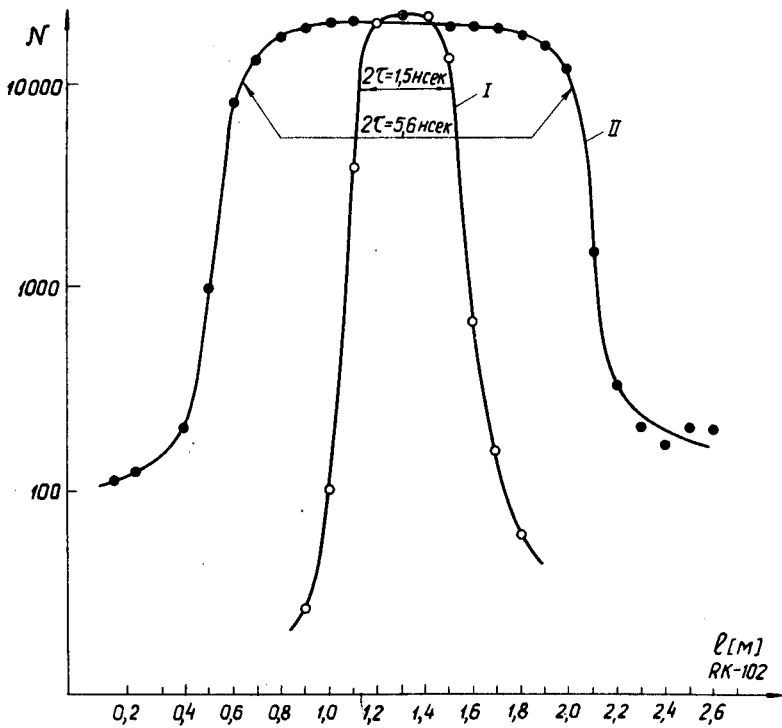


Рис. 56. Кривые задержанных совпадений, как на рис. 5 а.

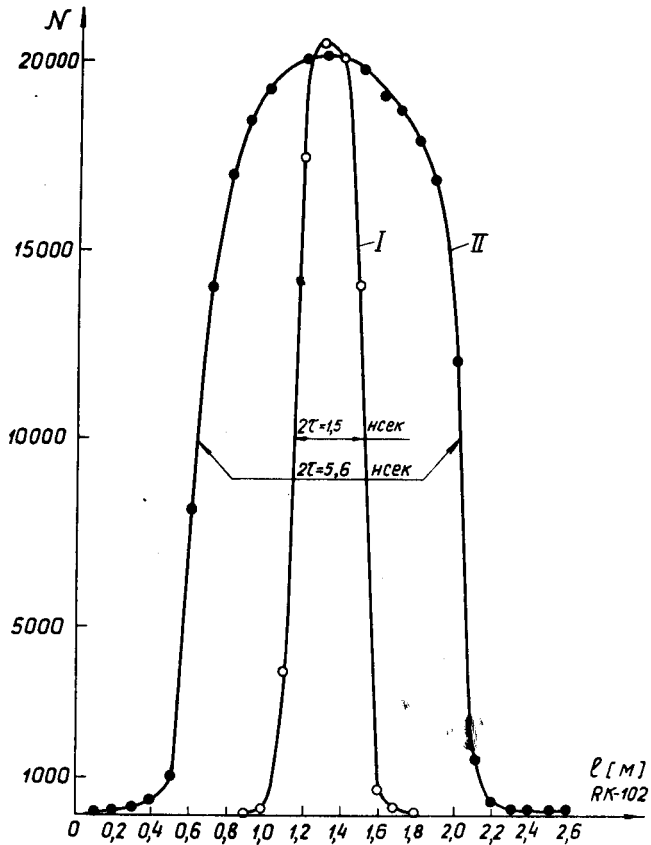


Рис. 5а. Кривые задержанных совпадений. Счётчики с пластиковыми сцинтилляторами размером 20х30х5 мм, фотоумножители ХР1020. I - схема совпадений с компенсацией влияния амплитудного разброса; II - схема совпадений без компенсации влияния амплитудного разброса.

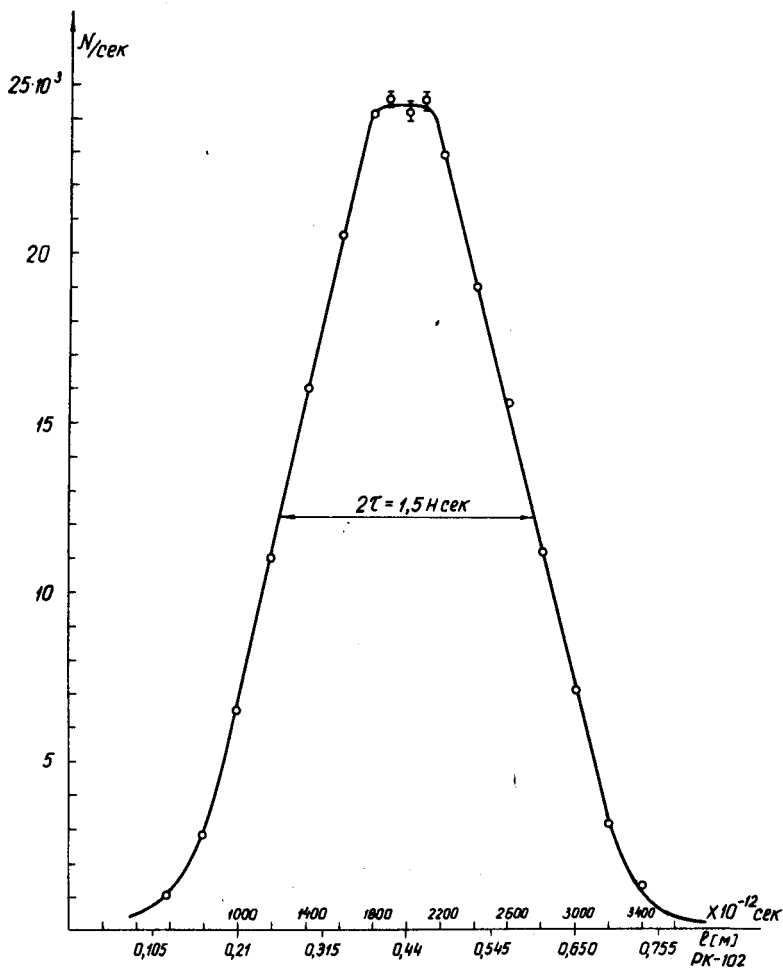


Рис. 6. Кривая совпадений для тройной схемы с компенсацией влияния амплитудного разброса. Сцинтилляционные счётчики с пластическими сцинтилляторами размером 20x30x5 мм, фотоумножители ФЭУ-30.