

17.2.1964

344.3  
1-62



**ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**  
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

---

И.А. Голутвин, Ю.В. Заневский

1519

**БЫСТРАЯ НАНОСЕКУНДНАЯ СХЕМА  
СОВПАДЕНИЙ НА ТРАНЗИСТОРАХ  
И ТУННЕЛЬНЫХ ДИОДАХ**

Дубна 1964

*Handwritten signature or mark*

И.А. Голутвин, Ю.В. Заневский

1519

2271/3 ч.

БЫСТРАЯ НАНОСЕКУНДНАЯ СХЕМА  
СОВПАДЕНИЙ НА ТРАНЗИСТОРАХ  
И ТУННЕЛЬНЫХ ДИОДАХ

Направлено в ПТЭ

Институт  
исследований  
и разработок

Дубна 1984

## В в е д е н и е

Передача сигналов по коаксиальному кабелю приводит к значительному искажению формы импульса (из-за потерь в линии и увеличения высокочастотных составляющих импульса). Теоретическое и экспериментальное исследование переходных характеристик показало, что при длинах кабелей  $\approx 100-200$  метров короткие импульсы искажаются настолько сильно, что теряют всякое сходство с импульсом на входе кабеля. Исследования показывают значительное затягивание переднего и заднего фронтов при больших длинах кабелей<sup>/1/</sup>. На рис. 1 приведены осциллограммы импульса на входе и выходе кабеля РК-1 длиной 120 метров, из которых видно, что крутизна переднего фронта выходного импульса уменьшилась до 4 нсек, ширина импульса на уровне 0,1 увеличилась в несколько раз и амплитуда сигнала уменьшилась более чем в два раза.

При постановке физических экспериментов на ускорителях сигналы с фотоумножителей вследствие амплитудного разброса в огромной степени теряют временную информацию, что обуславливается большими длинами коаксиальных кабелей. В этом случае создание регистрирующей аппаратуры (схем совпадений, антисовпадений) с малыми разрешающими временами приводит к значительному усложнению схем и применению некоторых специальных мер.

В настоящее время появилась возможность использовать для многих физических экспериментов сравнительно простые формирующие устройства, которые устанавливаются в непосредственной близости от ФЭУ. Сигнал, стандартизованный по длительности и амплитуде, может передаваться по длинным кабелям без риска большой потери временной информации. Использование в таких формирователях методов "пересечения нуля" и улучшение чувствительности позволяют получать малые разрешающие времена и легко компоновать дальнейшие логические схемы. Эти схемы строятся на основе формирующей цепи с туннельными диодами.

Формирователи такого типа обладают хорошими дискриминирующими свойствами, высокой чувствительностью, малыми мертвыми временами и достаточной стабильностью.

## Ф о р м и р о в а т е л ь

Описываемая двухканальная схема совпадений выполнена на основе схемы, представленной в литературе<sup>/2/</sup> с некоторыми изменениями.

На рис. 2 показана схема формирователя, устанавливаемого вблизи фотоумножителя. Индуктивности  $L_1$  и  $L_2$  определяют длительность формируемого импульса, мертвое время тракта и амплитуду выходного сигнала.

Два каскада одновибраторов на туннельных диодах позволяют получить 20%-ный разброс амплитуды выходного сигнала при увеличении входного сигнала в сто раз. С помощью быстрых германиевых диодов хорошо осуществляются межкаскадные соединения.

Эмиттерный повторитель служит для передачи сигналов по кабелю к схеме совпадений. Применение стабилитронов делает схему нечувствительной к изменениям напряжения питания, что особенно важно в схемах с туннельными диодами.

На рис. 3 показана пачка выходных сигналов на выходе формирователя при поступлении на вход пачки импульсов с разбросом по амплитуде более чем в 10 раз. Можно заметить, что последний импульс на выходе формирователя "дрожит", то есть амплитуда входного сигнала соответствует порогу схемы.

Если амплитуда входного импульса изменяется от порогового значения до величины, превышающей его на 5%, то разница между задержкой этих сигналов будет составлять примерно 2 нсек. Здесь не учитывается изменение времени запаздывания, зависящее от формы импульса ФЭУ.

Из этого рисунка видно, что схема без просчетов может формировать пачки сигналов с интервалами между импульсами около 15 нсек. Эти испытания проводились с помощью ртутного генератора импульсов. Мертвое время формирователя по двойным импульсам составляет ~ 10 нсек. (рис. 4). Такие мертвые времена определяются индуктивностями формирователя  $L_1 = L_2 = 0,15$  мкГн. Ширина выходных сформированных импульсов составляет ~ 2 нсек.

Большую ширину импульса можно получить, увеличивая индуктивности, но при этом возрастает мертвое время схемы. Можно использовать некоторые специальные меры для расширения импульса без увеличения мертвого времени, но это приводит к значительному ухудшению чувствительности<sup>13/</sup>.

#### Схемы совпадений

Схема совпадений изображена на рис. 5. Она состоит из 2-х формирователей,  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  и дискриминатора.

Схема совпадений работает по принципу сложения сигналов, стандартизованных по длительности и амплитуде.

Дискриминатор выполнен на туннельном диоде  $T D_1$ . Импульс с дискриминатора усиливается транзистором  $T_1$ , который включен по схеме с общим эмиттером. В исходном состоянии транзистор заперт, что обеспечивает отсечку малых одиночных сигналов. Амплитуда выходных сигналов ~ 1,5 в длительностью 10 нсек по полуширине.

Мертвое время канала также определяется индуктивностью  $L$ . Индуктивность 1,2 мкГн, используемая в дискриминаторе, выбрана из соображений необходимости надежной работы пересчетного устройства, на вход которого поступают импульсы с выхода дискриминатора.

Регулировка чувствительности дискриминатора позволяет осуществлять регистрацию одиночных или совпадающих импульсов.

Все соединения в схемах выполнены по постоянному току, что позволяет использовать схемы в течение длительных циклов при больших нагрузках.

#### Выполнение схем

Схемы формирователей для ФЭУ выполнены в виде модулей размером 34x82мм<sup>2</sup>. На рис. 6 показан такой модуль, который помещается в соответствующий корпус для соединения с ФЭУ, либо может быть встроен в чехол фотоумножителя.

В формирователях и схеме совпадений используются туннельные диоды из арсенида галлия с пиковым током 9-10 ма и емкостью менее 1 пф/ма.

Применяемые выходные транзисторы имеют частоту  $f_a = 400$  мгц.

Катушки индуктивностей намотаны на ферритовых стержнях Ф-20,  $b = 3$  мм,  $l = 8$  мм. Использовались два номинала индуктивностей - 0,15 и 0,22 мкГн.

#### Результаты измерений

Разрешающее время измерялось с источником  $Co_{60}$  и  $Na_{22}$ , и, кроме того, проводились испытания схем на синхрофазотроне ОИЯИ.

В экспериментах с источниками использовались два ФЭУ-36 с пластическими сцинтилляторами, диаметром 2 см и 5 см и толщиной 1 см и 1,5 соответственно.

Напряжение на фотоумножителях выставлялось 1,8 кв. На рис. 7 показана кривая задержанных совпадений с источником  $Na_{22}$ . Эта кривая ( $\tau = 1,5$  нсек) получена при использовании во входных каскадах схемы совпадений индуктивностей  $L = 0,15$  мкГн.

На рис. 8 изображены кривые, полученные с источником  $Co^{60}$ , активностью 1,52 мкюри. Центры кривых 1 и 2 смещены на 1 нсек. Кривая 1 соответствует расстоянию 10 см между источником и одним из фотоумножителей. Кривая 2 снималась, когда это расстояние увеличилось на 33 см.

При испытаниях на пучке использовались ФЭУ-38 с пластическими сцинтилляторами  $3 \times 2 \times 2$  см<sup>3</sup>. Формирователи на ФЭУ соединялись со схемой совпадений двухсотметровыми кабелями. На рис. 9 представлены кривые зависимости счета от положения потенциометра, регулирующего чувствительность дискриминатора, где  $N_T$  - счет телескопа, то есть испытуемой схемы,  $N_M$  - счет мониторингового канала.

Кривая, проведенная пунктиром, снималась при использовании индуктивностей  $L = 0,22$  мкГн; кривая, проведенная непрерывной линией, - при  $L = 0,15$  мкГн. На плато, в точках 1 и 2, измерялось разрешающее время схемы совпадений. Кривые задержанных совпадений с  $L = 0,22$  мкГн показаны на рис. 10. Кривые 1 и 2 соответствуют положению потенциометра в точках 1 и 2 на рис. 9.

Разрешающее время, как видно из рис. 10, изменялось от 3 до 1,7 нсек без потери эффективности.

На рис. 11 показаны кривые, полученные при использовании индуктивностей  $L = 0,15$  мкГн.

Разрешающее время в этом случае уменьшилось для кривой 2 до 1,5 нсек, при эффективности 100 %.

Та же самая кривая 2 построена в полулогарифмическом масштабе на рис. 12. Видно, что разрешающее время на уровне 0,01  $\tau_{0,01} = 3,1$  нсек.

На рис. 13 приведены кривые задержанных совпадений в зависимости от изменения напряжения на ФЭУ (с индуктивностями  $L = 0,22$  мкГн).

### Выводы

Испытания схем показали, что сравнительно простым способом можно получать малые разрешающие времена. Чувствительность схем может доводиться до 50-100 мв. Для запуска формирователей можно использовать либо передний фронт ФЭУ, либо точку пересечения сформированного или продифференцированного импульса ФЭУ - для получения любого рода статистики.

Авторы благодарят В.С.Пантуева, Э.Н.Цыганова, Б.А.Кулакова и М.С.Хвастунова за помощь в испытаниях схем и ряд ценных советов.

### Литература

1. В.М.Горбачев, Н.А.Уваров, Л.Д.Усенко. ПТЭ, 1962, № 2 (92-94).
2. A.Whetstone and S.Kounosu. RSI, 33, N4 423 - 428 (1962).
3. A.Whetstone. RSI, 34, N4 412 - 413 (1963).

Рукопись поступила в издательский отдел  
30 декабря 1963 г.

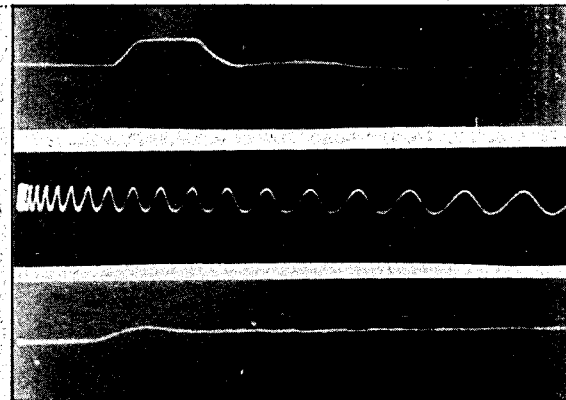


Рис. 1. Оциллограмма импульсов на входе и выходе кабеля РК-1 длиной 120 м. Частота калибровочной синусоиды - 500 мГц.

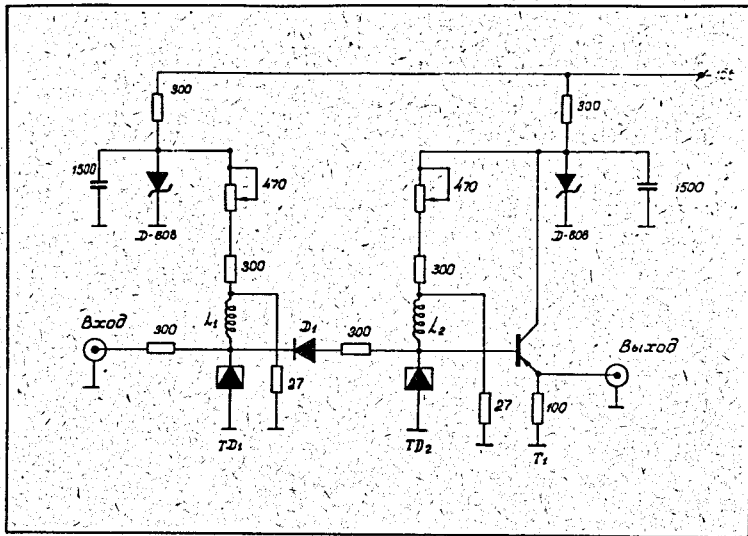


Рис. 2. Принципиальная схема формирователя, устанавливаемого вблизи ФЭУ.

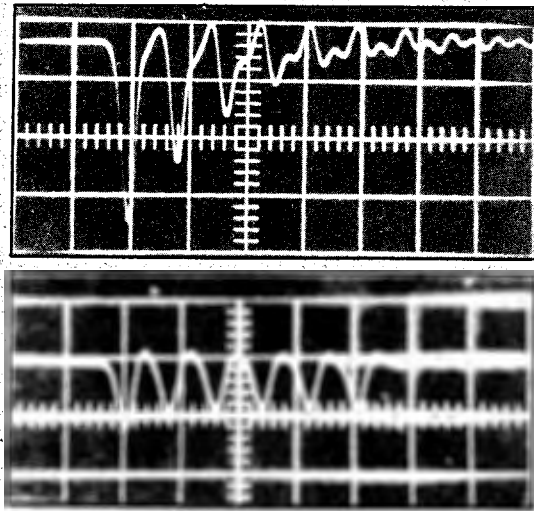


Рис. 3. Осциллограммы импульсов: сверху - на входе формирователя (1-вольт/см, 20 нсек/см), внизу - на выходе формирователя (0,2 вольт/см, 20 нсек/см).

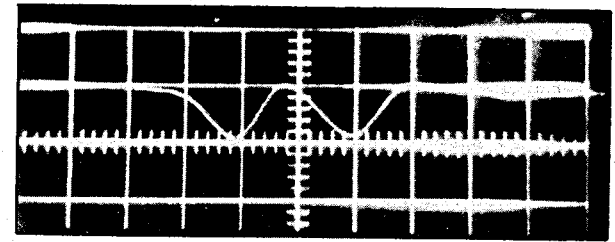


Рис. 4. Осциллограммы импульсов на выходе формирователя. Второй входной импульс больше первого на 10% (0,2 вольт/см; 5 нсек/см).

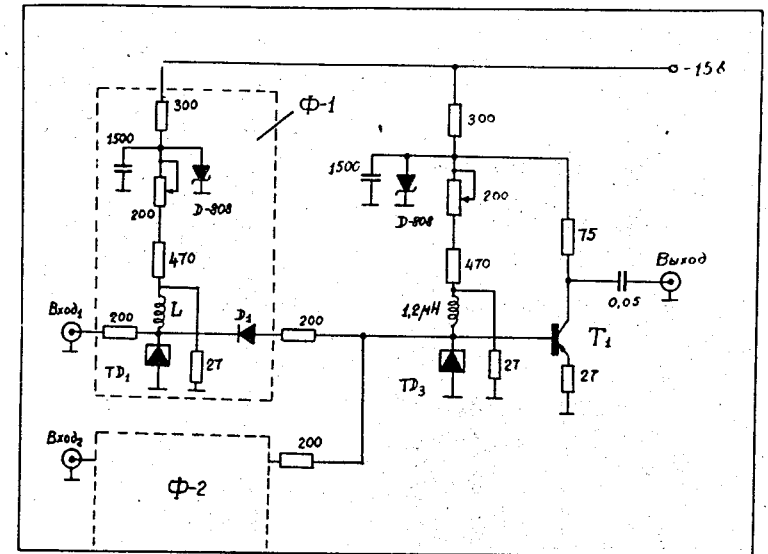


Рис. 5. Схема совпадений.

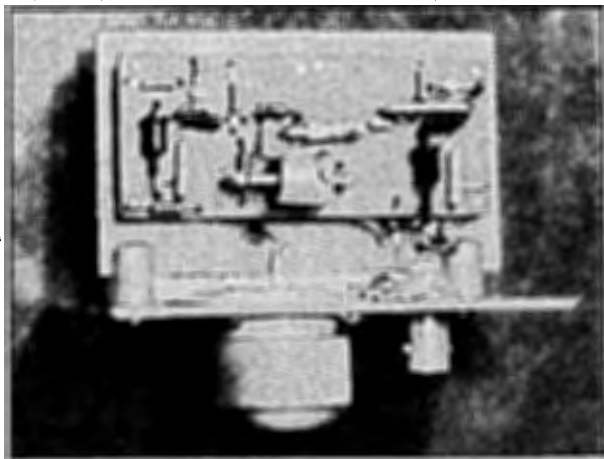


Рис. 6. Внешний вид модуля формирователя.

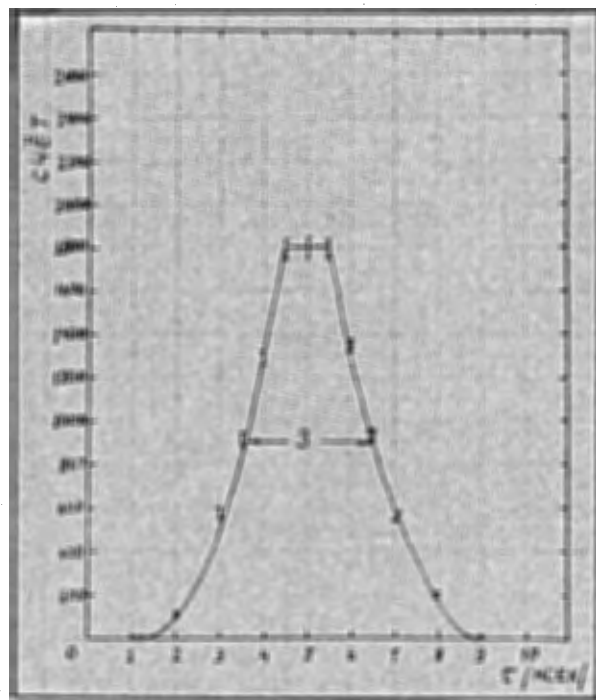


Рис. 7. Кривая задержанных совпадений, полученная с источником  $Na$  ( $L=0,15$  мкг).

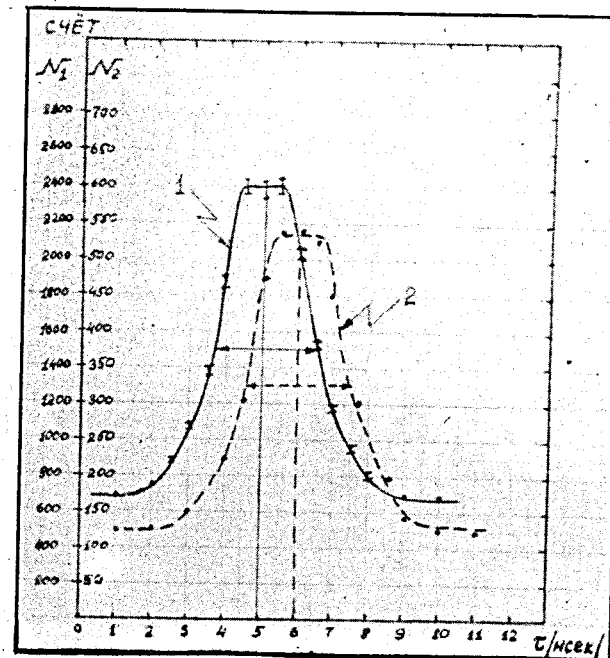


Рис. 8. Кривые задержанных совпадений, полученные с источником  $Co$  ( $L=0,15$  мкг).

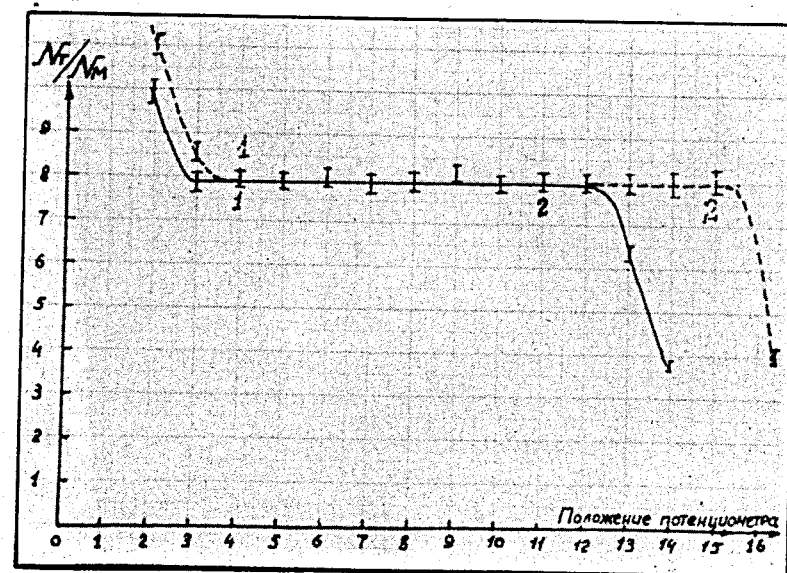


Рис. 9. Кривые зависимости счета от положения потенциометра, регулирующего чувствительность дискриминатора (Непрерывная кривая - при  $L=0,15$  мкг; пунктирная - при  $L=0,22$  мкг).

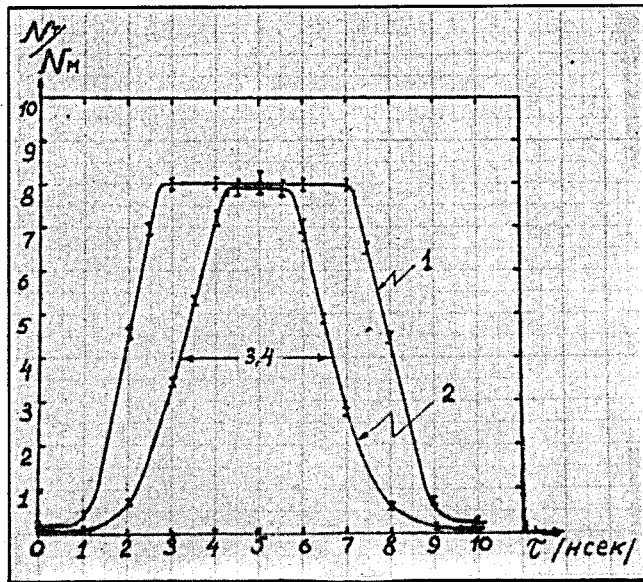


Рис. 10. Кривые задержанных совпадений ( $L = 0,22 \mu\text{с}$ ) при различных чувствительностях дискриминатора.

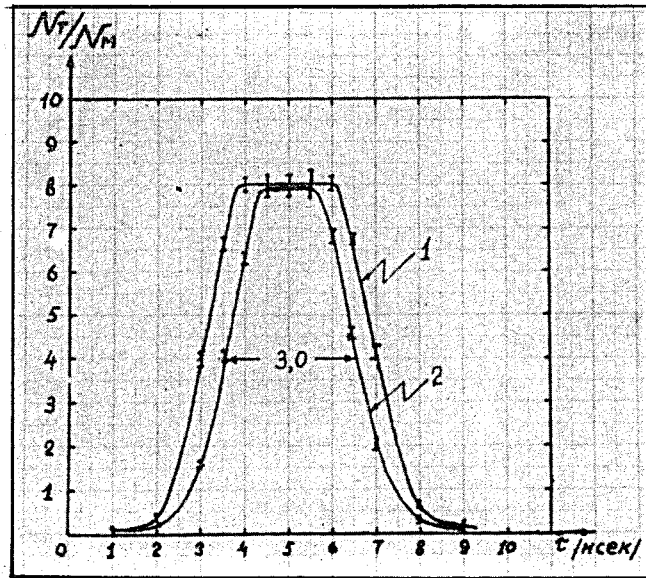


Рис. 11. Кривые задержанных совпадений ( $L = 0,15 \mu\text{с}$ ) при различных чувствительностях дискриминатора.

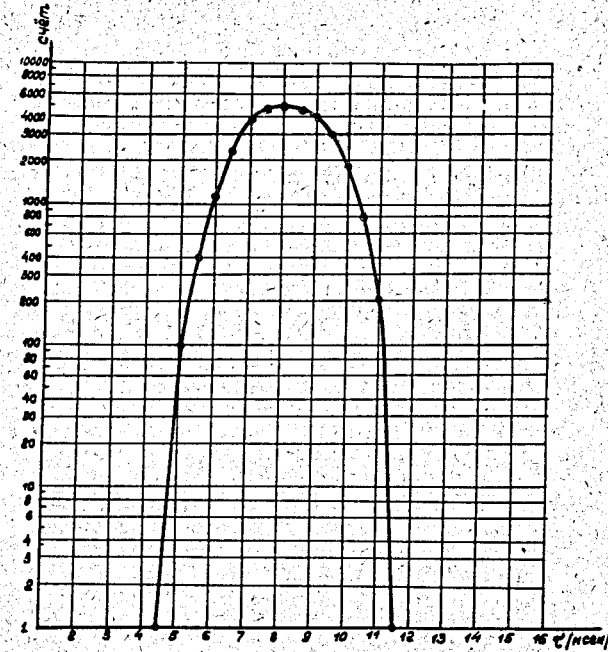


Рис. 12. Кривая 2 ( $L = 0,15 \mu\text{с}$ ), построенная в полулогарифмическом масштабе.

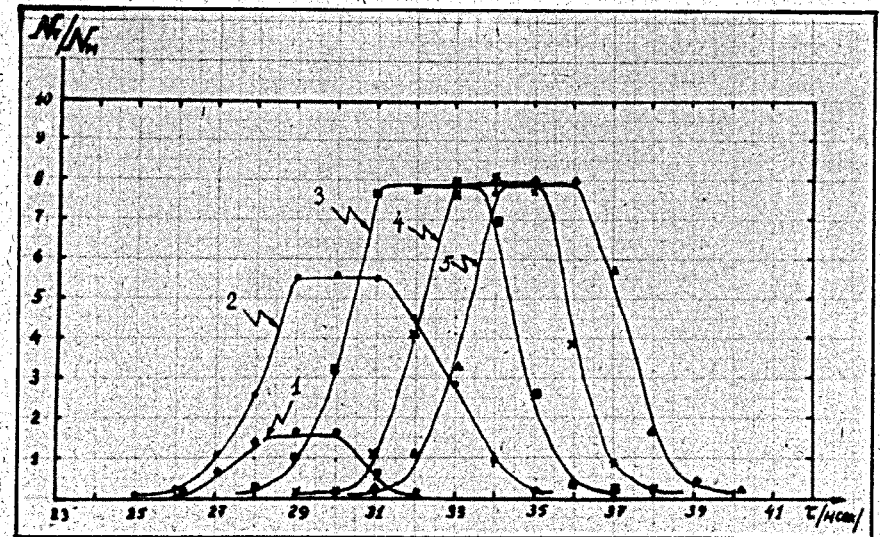


Рис. 13. Кривые задержанных совпадений ( $L = 0,22 \mu\text{с}$ ) при изменении напряжения на ФЭУ.  
1 - 1,7 кв; 2 - 1,8 кв; 3 - 1,9 кв; 4 - 2,0 кв; 5 - 2,1 кв.