

Е 69
346

ПРИМЕНЕНИЕ ТОНКИХ СЦИНТИЛЛЯТОРОВ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ
ПОЗИТРОНОВ

АКАДЕМИЯ НАУК СССР СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

препринт 273

С.Н.Родионов, Б.П.Санников

ПРИМЕНЕНИЕ ТОНКИХ СЦИНТИЛЛЯТОРОВ
ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ПОЗИТРОНОВ

Новосибирск

1969

ПРИМЕНЕНИЕ ТОНКИХ СЦИНТИЛЛЯТОРОВ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ПОЗИТРОНОВ

С.Н.Родионов, Б.П.Санников

А Н Н О Т А Ц И Я

Измерена эффективность тонких плёнок из сцинтилляционной пластмассы по отношению к регистрации быстрых позитронов. Определены условия, при которых эффективность близка к 100 %.

1959 г.

12/21

Экспериментальная методика при изучении взаимодействия позитронов с веществом включает в себя, как правило, регистрацию двух основных событий: рождение и аннигиляция позитрона и установление временной корреляции между этими событиями с помощью схем совпадений.

Обычно момент рождения позитрона при использовании источника Na^{22} фиксируется по регистрации γ -кванта с энергией 1,28 Мэв, сопровождающего процесс β -распада и испускающегося практически одновременно с вылетом позитрона /1,2/.

Однако в ряде случаев, когда источник позитронов и исследуемое вещество пространственно разделены, этот метод может стать малоэффективным благодаря тому факту, что между направлениями вылета γ -кванта и позитрона нет угловой корреляции. В результате при работе со схемой совпадений загрузка канала "рождения" становится неоправданно большой, что накладывает ограничения на интенсивность источника и лимитирует рабочий счёт.

С другой стороны при такой постановке эксперимента существенным является не момент рождения позитрона, а факт его попадания в исследуемое вещество. Регистрацию позитронов, вылетающих из источника в нужном направлении можно осуществить с помощью тонкой сцинтилляционной пластинки, располагаемой между источником и объектом исследования /3/.

Тонкие сцинтилляционные пластины изготовлялись путем стачивания и полировки сцинтилляционной пластмассы. Без особых трудов удавалось получить пластинки толщиной до 100 микрон при диаметре 10 мм. Эти пластинки вставлялись в световод из оргстекла диаметром 30 мм (рис.1), внутри которого располагался радиоактивный источник. Для увеличения светосбора полированный торец световода имел сферическую форму. Оптический контакт между сцинтиллятором и световодом осуществлялся с помощью масла ВМ-1.

Измерение эффективности регистрации позитронов сцинтилляционной пластинкой проводилось на установке, блок-схема которой приведена на рис. 2.

Световод с источником Na^{22} (2) и сцинтилляционной пластиной (3) вставлялся в вакуумную камеру диаметром 50 мм (4), откачанную до давления $\sim 10^{-5}$ тор. Позитроны аннигилировали на мишени (6), расположенной на расстоянии 60 см от источника. Для увеличения светосилы в камере создавалось продольное магнитное поле напряженностью до 600 эрстед. Световые вспышки в сцинтилляторе (3) регистрировались фотоумножителем (I). Аннигиляционные γ -кванты, как обычно, регистрировались сцинтилляционными счетчиками (9) и (10), включенными в схему двойных совпадений с разрешающим временем $3 \cdot 10^{-9}$ сек и расположенными вне камеры друг против друга на одной прямой с мишенью.

Все фотоумножители экранировались от магнитного поля стальными кожухами (5). В работе использовались отобранные фотоумножители типа ФЭУ-30 и ФЭУ-36. Разрешающее время схем тройных и четверных совпадений составляло 10^{-7} сек., чтобы не учитывать пролетное время позитронов и время жизни ортопозитрония, могущего возникнуть в веществе.

На рис. 3 показана зависимость пропускающей способности сцинтиллятора (3) от его толщины.

На рис. 4 показана зависимость эффективности регистрации позитронов тонким сцинтиллятором (3) в зависимости от его толщины и напряжения на фотоумножителе (I). Эффективность определялась как отношение скорости счета тройных совпадений (I,9,10) к скорости счета двойных (9,10). Видно, что эффективность может достигать практически 100% при коэффициенте пропускания 20-30% и достаточно большом напряжении на фотоумножителе (I). При этом в канале (I) возрастает фон, связанный с шумами фотоумножителя. Энергетический эквивалент шумов не превышал 20 кэв. При контрольных экспериментах с экранированным источником было показано, что фон в канале (I) определяется практически только шумами фотоумножителя, а чувствительность сцинтиллятора (3) к γ -квантам мала. В рабочих условиях загрузка канала (I) несколько возрастала с увеличением толщины сцинтиллятора (3), что связано с увеличением яркости вспышек. Отношение

эффект/фон для канала (I) в зависимости от толщины сцинтиллятора показано на рис. 5. Типичными рабочими условиями являются: толщина сцинтиллятора - 0,6 мм; напряжение на фотоумножителе (I) (тип ФЭУ-36) - 1650 в; эффективность регистрации позитронов 100%; пропускная способность сцинтиллятора - 10%; отношение фона к нагрузке в канале (I) - менее 10^{-3} .

Мишень (6) представляла собой также тонкую пленку сцинтилляционной пластмассы, нанесенную на световод из оргстекла диаметром 30 мм (7), соединенный с фотоумножителем (8). Для ее приготовления на торец световода наносился раствор сцинтилляционной пластмассы в дихлорэтаноле. После высыхания на торце оказывалась ровная пленка, имеющая хороший световой контакт со световодом. Толщина пленки может быть доведена до 0,5 мм.

Применение сцинтиллятора в качестве аннигиляционной мишени позволяет осуществить грубую селекцию позитронов, попадающих на мишень, по энергиям. Будем называть "быстрыми" позитроны, давшие при замедлении в мишени достаточно яркую вспышку, способную быть зарегистрированной фотоумножителем (8). Скорость счета "быстрых" позитронов определяется тройными совпадениями (8,9,10). Порог чувствительности определяется шумами фотоумножителя и по имеющимся данным / 4 / может составлять несколько кэв. Специальных измерений по его определению не производилось. Можно надеяться, что наличие тройных совпадений (8,9,10) позволит выделить в канале (8) полезный сигнал, лежащий ниже уровня шумов.

Скорость счета "медленных" позитронов (т.е. имеющих энергию ниже порога чувствительности фотоумножителя) можно определять по совпадениям (8,9,10) - т.е. совпадениям в каналах (9,10) и антисовпадению в канале (8). Фоновыми событиями для этого процесса могут быть регистрация одного из аннигиляционных квантов в сцинтилляторе (имитация "быстрых" позитронов) или аннигиляция позитронов на стенке камеры вблизи одного из счетчиков. Эффективность регистрации γ -квантов тонкой сцинтилляционной мишенью практически ничтожно мала. Влияние аннигиляции на стенках может быть учтено при удалении мишени.

На рис. 6 приведена зависимость эффективности регистрации "быстрых" позитронов сцинтиляционной мишенью толщиной 0,5 мм от напряжения на фотоумножителе (8). Эффективность определялась как отношение скорости счета четверных совпадений (1,8,9,10) к скорости счета тройных (1,9,10). Видно, что в пределе эффективность, определенная таким образом, стремится к 80%. Однако контрольные эксперименты показали, что в районе мишени магнитное поле ослаблено, часть силовых линий выходит на стенки и скорость счета аннигиляций на стенках при удалении мишени составляет $\sim 20\%$ общей скорости счета.

Таким образом, реальная эффективность сцинтиляционной мишени к "быстрым" позитронам близка к единице, поскольку по условиям опыта количество "медленных" позитронов мало.

В заключении авторы выражают благодарность М.С.Золотареву, И.Б.Вассерману, Е.П.Солодову и В.Н.Рудюку за помощь в проведении экспериментов.

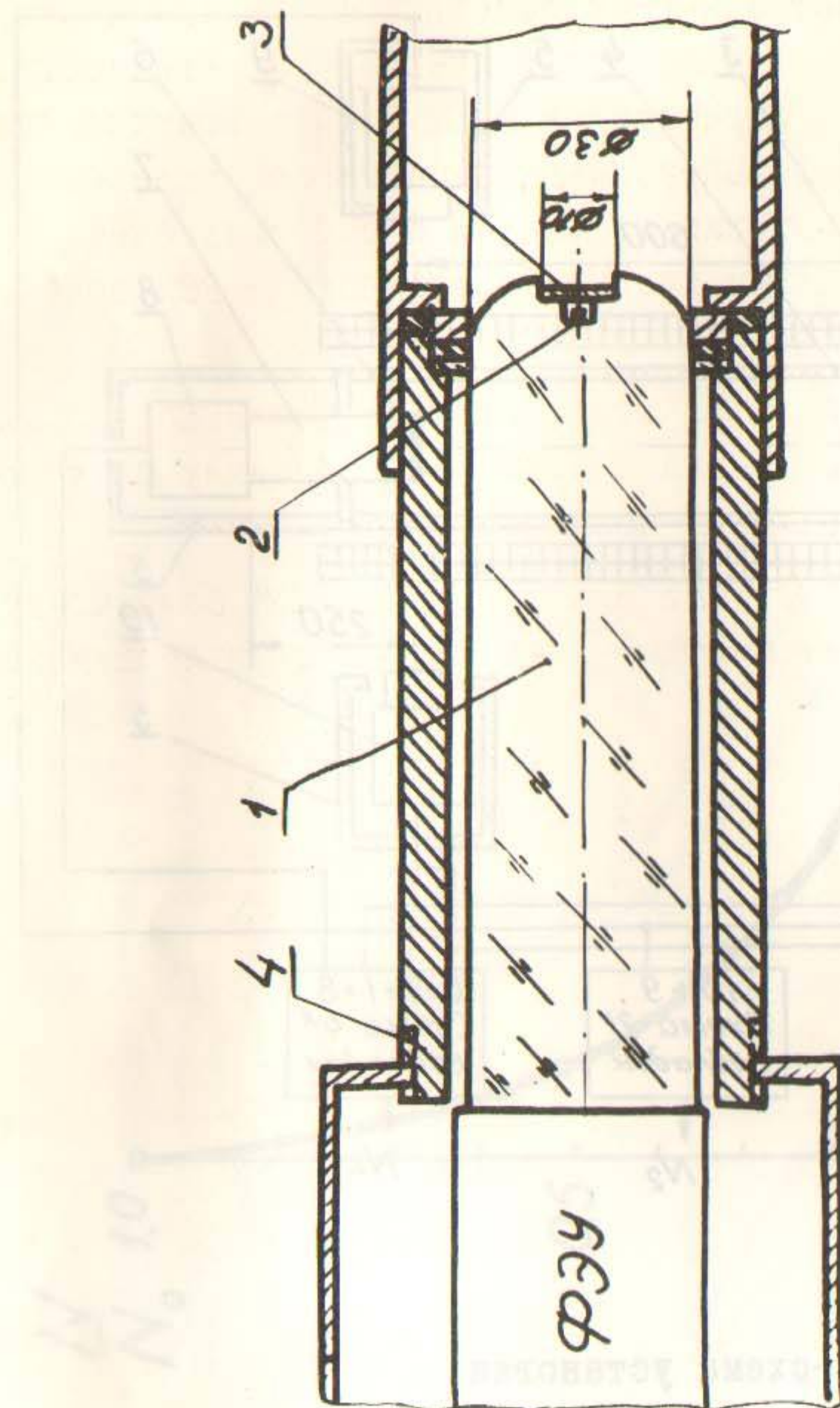


Рис.1.
1-световод; 2-радиоактивный источник;
3-сцинтиляционная пленка;
4-магнитный экран.

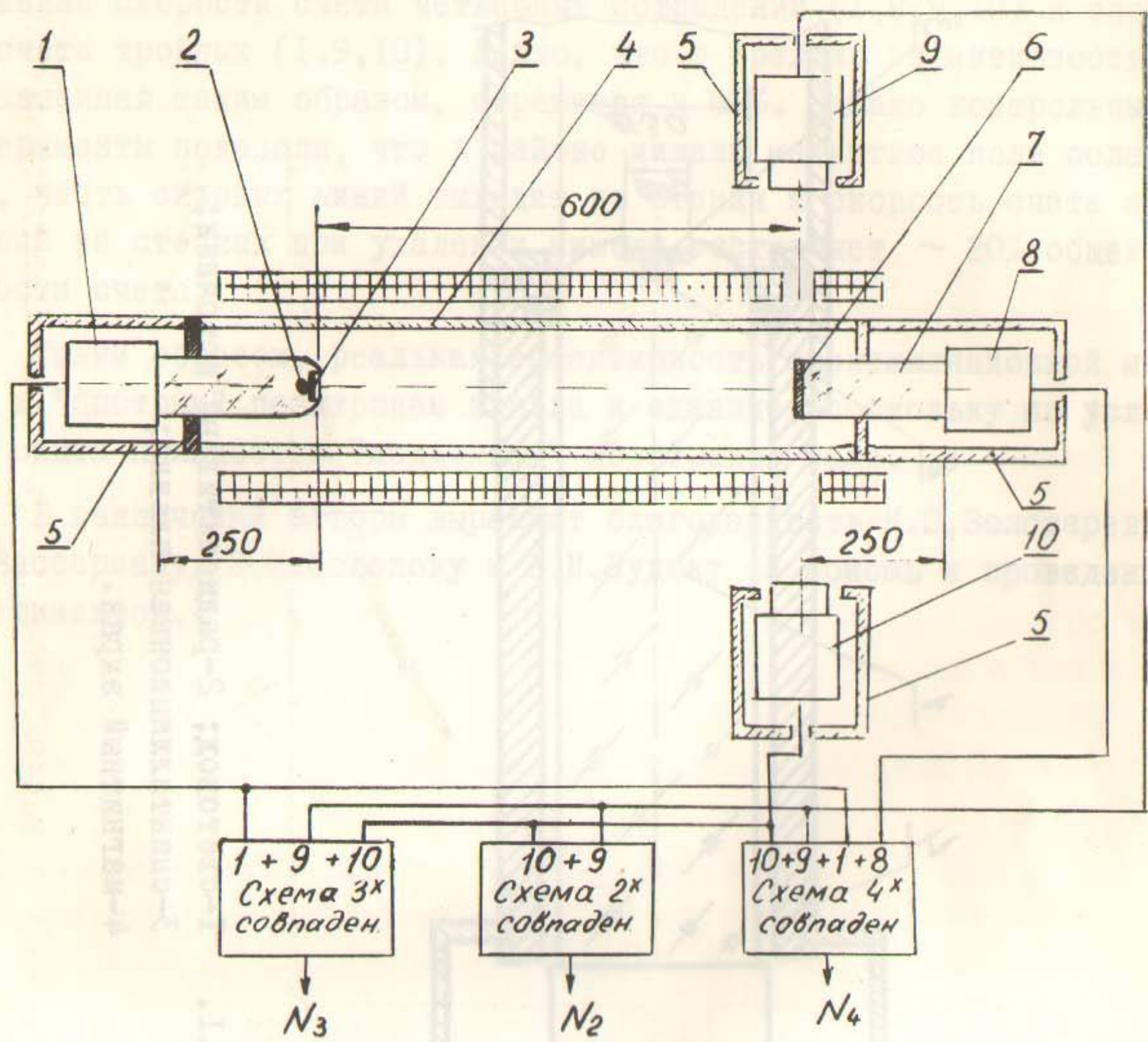


Рис.2. - Блок-схема установки.

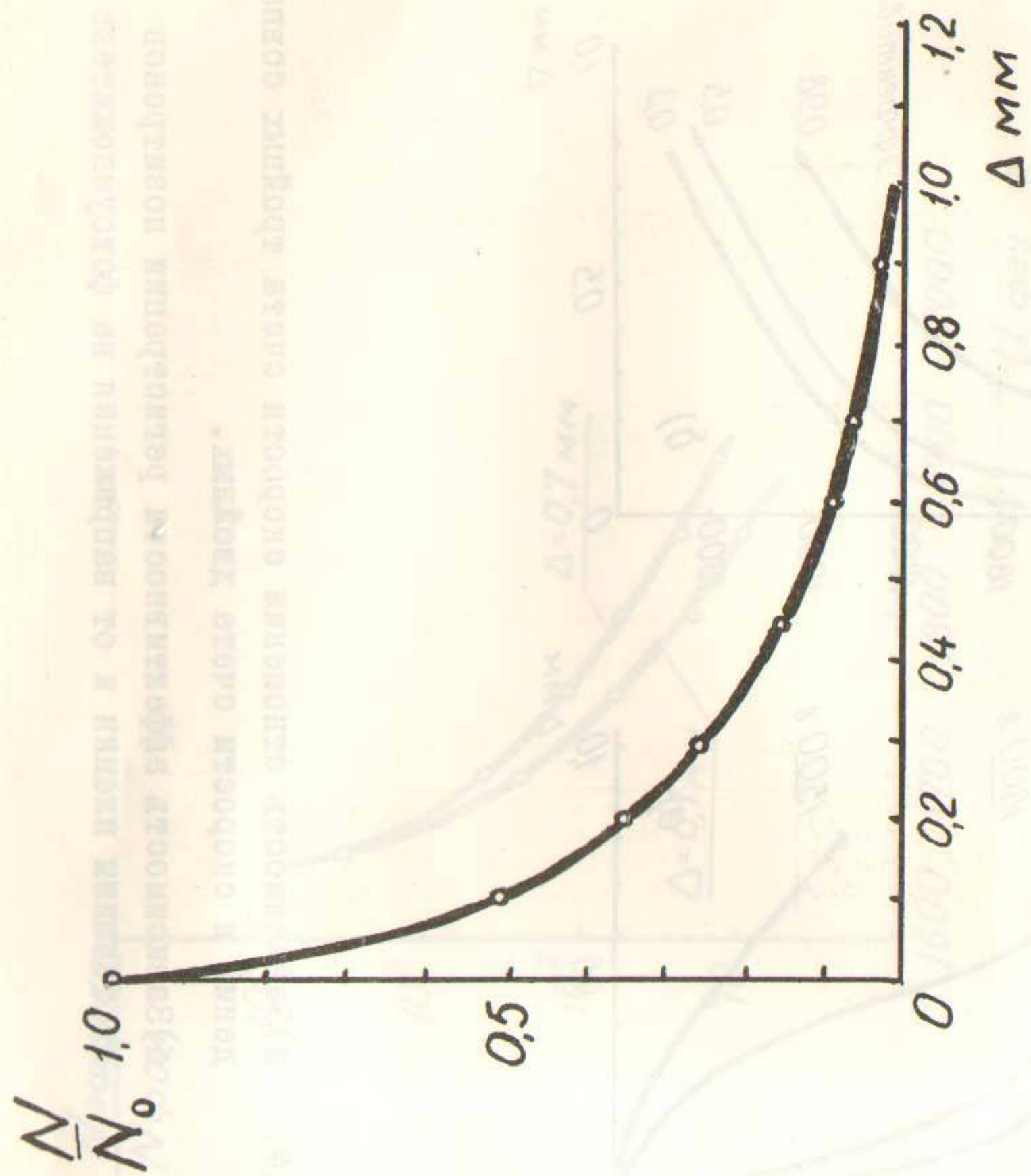


Рис.3. - Пропускающая способность синтиляционной пленки.

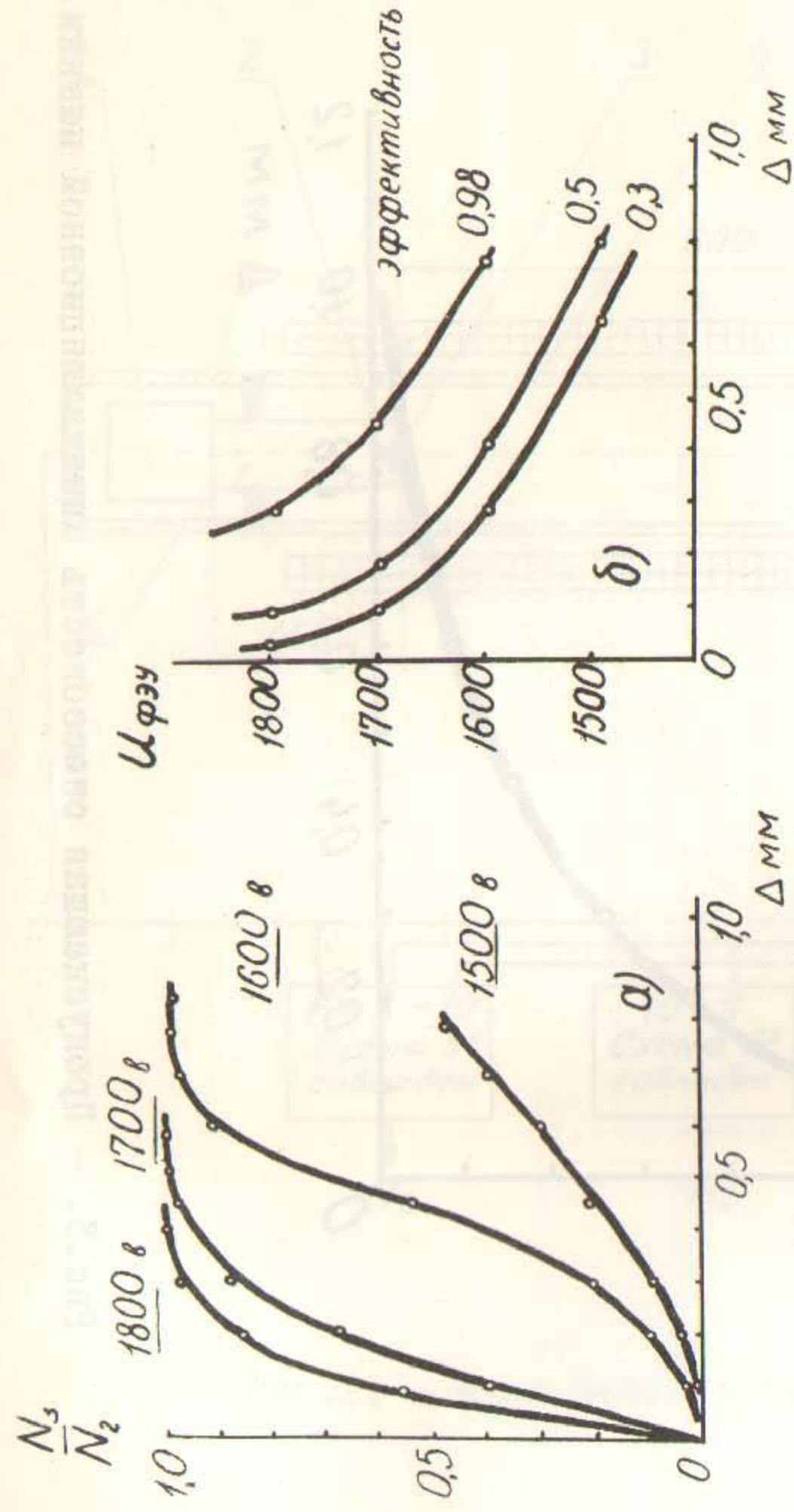


Рис.4. а) Зависимость отношения скорости счета тройных совпадений к скорости счета двойных.
 б) Зависимость эффективности регистрации позитронов от толщины пленки и от напряжения на фотоумножителе (I).

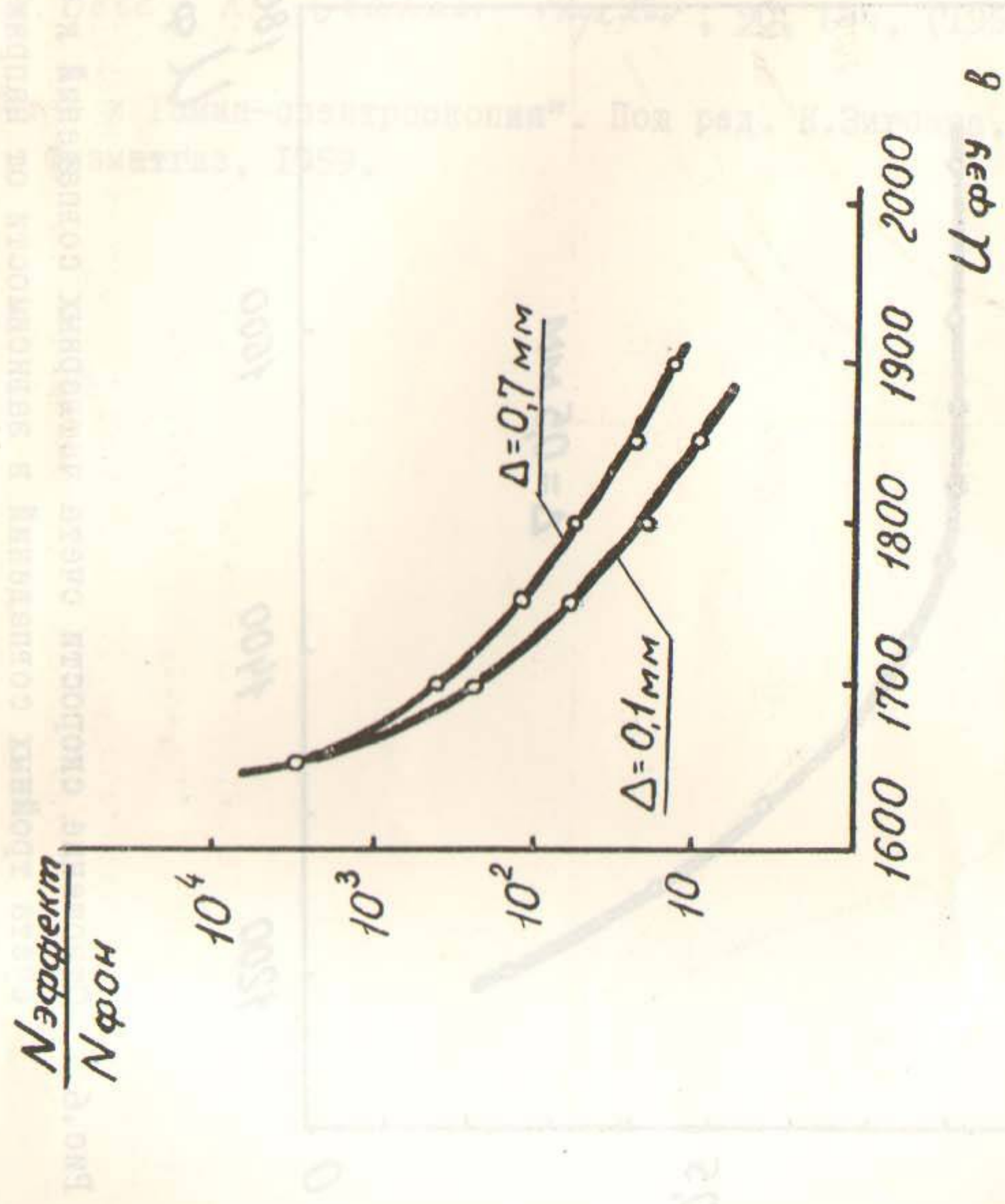


Рис.5. Зависимость отношения эффект/фон от толщины сцинтиллятора и от напряжения ФЭУ (I).

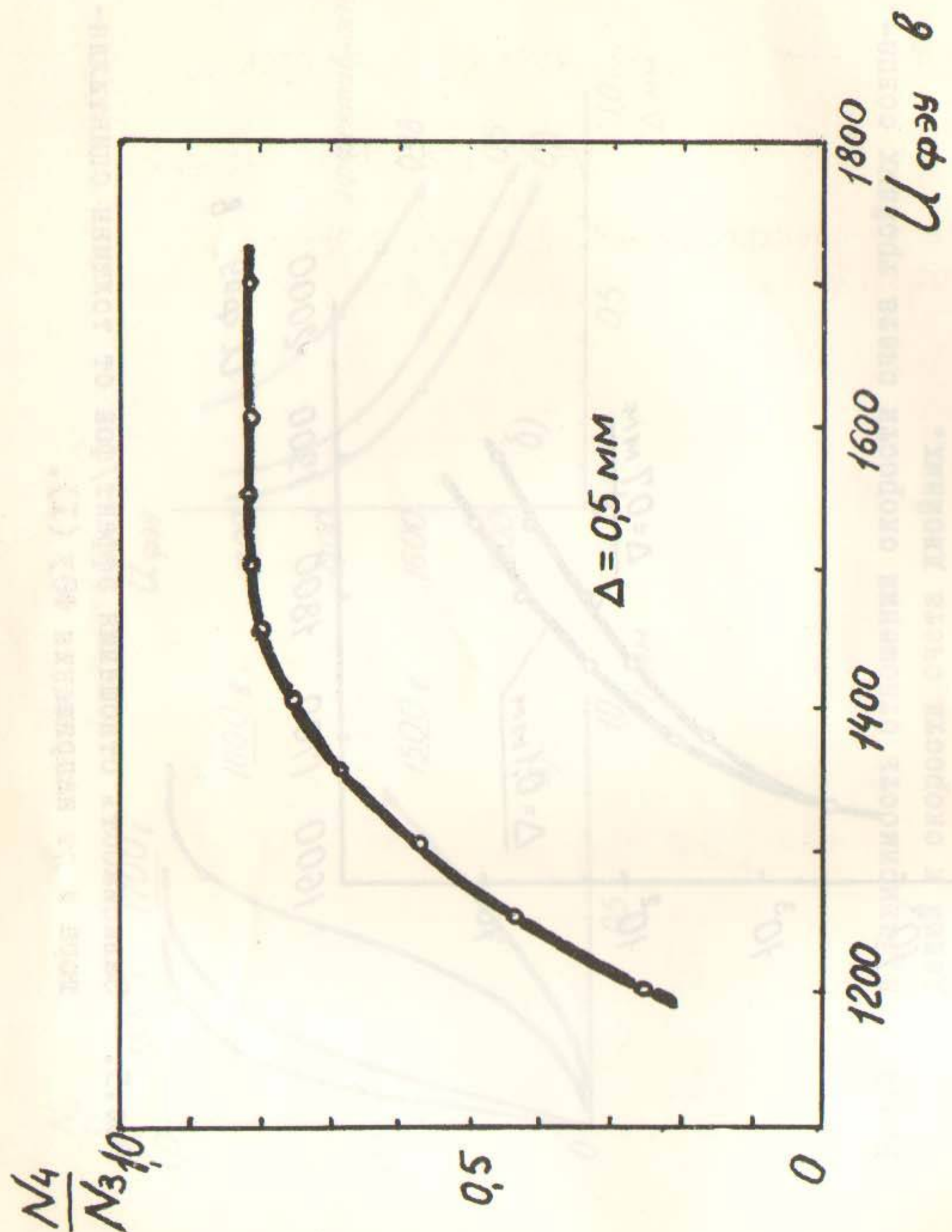


Рис.6. Отношение скорости счета четверных совпадений к скорости счета тройных совпадений в зависимости от напряжения на ФЭУ (8).

151¹⁹/₆₉
 ГИИТБ СО АН СССР
 Г. с. пу. о. д. ч. а.
 техническая о. о. д. в. с. с.

Л и т е р а т у р а

1. J. W. Shearer, M. Deutsch *Phys. Rev.* , 76, 642 (1949).
2. M. Deutsch *Phys. Rev.* , 82, 455; 83, 866, (1951).
3. R. E. Bell, R. L. Graham *Phys. Rev.* , 90, 644, (1953).
4. "Бета- и Гамма-спектроскопия". Под ред. К. Зигбана. М., Физматгиз, 1959.

1. J. W. Zwanter, M. Gersack, Phys. Rev., 76, 645 (1959).

2. M. Gersack, Phys. Rev., 85, 455; 88, 866 (1951).

3. K. W. Cole, Phys. Rev., 91, 644 (1953).

4. "Работа и Тезисы-сводные", Под ред. К. Зильбермана, М. Г. Смирнова, 1959.



№ 1
№ 340

Ответственный за выпуск САННИКОВ Б.П.
 Подписано к печати 30.1-1969 г., заказ № 273
 0,4 печ.л., тираж 150 экз., бесплатно. вг

Отпечатано на ротапринтере в ИЯФ СО АН СССР.