

НАУЧНО – ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ АТОМНЫХ РЕАКТОРОВ



В.Б.Иванов, В.И.Шипилов

ФОРМИРОВАТЕЛЬ С ДВОЙНЫМ
ФОРМИРОВАНИЕМ НА ЛИНИИ
ЗАДЕРЖКИ С МОДИФИЦИРОВАННЫМ
СПЕКТРОМ ШУМА ДЛЯ РАБОТЫ В
АМПЛИТУДНЫХ СПЕКТРОМЕТРАХ
ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ ПРИ
ВЫСОКИХ ЗАГРУЗКАХ

Мелекесс • 1970

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

НИИАР П-68

УДК 621.372.544:374.33

В.Б.Иванов

В.И.Шипилов

ФОРМИРОВАТЕЛЬ С ДВОЙНЫМ ФОРМИРОВАНИЕМ НА
ЛИНИИ ЗАДЕРЖКИ С МОДИФИЦИРОВАННЫМ СПЕКТРОМ ШУМА
ДЛЯ РАБОТЫ В АМПЛИТУДНЫХ СПЕКТРОМЕТРАХ ВЫСОКОГО
РАЗРЕШЕНИЯ ПРИ ВЫСОКИХ ЗАГРУЗКАХ

МЕЛЕКС С

1970

Применение двухкратного формирования на линиях задержки позволяет резко увеличить среднюю частоту измеряемых импульсов в амплитудных спектрометрах. Если положительная и отрицательная части получающегося двуполярного импульса равны по амплитуде и длительности, то подобное формирование обеспечивает прохождение сигнала через связывающие емкости без образования длительных уравнивающих токов. Однако двухкратное формирование на линиях задержки (ЛЗ) при отсутствии последующего интегрирования ухудшает соотношение сигнала к шуму до $\sqrt{6}$ раз. Последнее в значительной степени ограничивает применение такого формирования в спектрометрии с применением полупроводниковых детекторов. В [1] был опубликован принцип снижения шума, вносимого формирующими линиями задержки. В настоящей работе описывается построенный на основе этого принципа фильтр на ЛЗ для работ с полупроводниковыми детекторами при высоких входных нагрузках. Включение такого фильтра в амплитудный спектрометр позволяет производить измерения с средней частотой поступления до 10^5 имп/сек., с незначительным ухудшением разрешения (на $0,4 + 0,7$ кэв) по сравнению с результатами при низких нагрузках без сдвига калибровочной шкалы. Включение в спектрометр совместно с фильтром активного восстановителя [2] уменьшило требования к симметрированию частей сигнала, так как такой восстановитель устраняет искажения, возникающие при наложении измеряемого импульса на

низкочастотные отклонения от базовой линии.

Сравнительные характеристики простых формирующих цепей при рассмотрении отношения сигнала к шуму, длительности получаемого импульса и дефицита приведены в ряде работ, например, в [3]. Очевидно, что наилучшим в смысле отношения сигнала к шуму является формирование на ЛЭ при n -кратном интегрировании с большой постоянной времени. Однако, форма получаемого сигнала не позволяет сохранить высокое разрешение при средней частоте следования импульсов свыше 10^3 имп/сек., т.к. возникающие наложения ухудшают разрешение. Уменьшение постоянных интегрирования укорачивает общую длительность импульса, но приводит к ухудшению отношения сигнала к шуму в пределе до $\sqrt{6}$ раз при двукратном дифференцировании. Причиной этого является то, что запасенные в линии задержки шумы и шумы, сложенные с сигналом, не коррелированы во времени для высокочастотных составляющих сигнала, в то время как низкочастотные составляющие коррелируют отрицательно.

Одним из вариантов сохранения высокого отношения сигнала к шуму при формировании на ЛЭ является введение перед формирующей линией нормально-закрытых схем пропускания, которые открываются передним фронтом сигнала. В этом случае линия задержки пропускает сигнал лишь с его собственными шумами. Такая схема называется в [1] фильтром с парциальным стробированием и имеет блок-схему, изображенную на рисунке 1. Применение для формирования подобного фильтра позволяет уменьшить эквивалентное шумовое напряжение ЭШН (определение этой величины приведено в [1]) в пределе до $1/\sqrt{3}$ раз, а в точке с минимальным ЭШН дает выигрыш на 19%. Введение нормально-закрытой схемы пропускания перед двумя линиями задержки не позволяет использовать положительное влияние отрицательной корреляции низкочастотных составляющих шума, поэтому в [1] предложено использовать для этой цели лишь одну из двух линий задержки, предварительно модифицировав спектр шума. Блок-схема такого фильтра, называемого [1] фильтром с инъекцией шума, приведена на рис.2. Однако на практике довольно трудно

построить схемы инвертора и сумматора с широкой полосой пропускания безфазовых сдвигов, поэтому авторами была применена другая схема, рис.3. Ключ, замыкающий емкость C на землю, постоянно открыт, уменьшая высокочастотную составляющую шума и оставляя без изменения низкочастотную составляющую. В момент прихода импульса между емкостью и землей включается высокоомное сопротивление, которое резко изменяет постоянную времени интегрирования, пропуская практически весь спектр сигнала. Такая замена позволила упростить схему фильтра, оставив почти без изменения количественные соотношения, подробно рассмотренные в [1].

Полная блок-схема фильтра и его положения в спектрометре показаны на рис.4. Сигнал управления вырабатывается формирователем, запускающимся от быстрого усилителя. Вход этого усилителя соединен с выходом зарядочувствительной секции спектрометрического предусилителя. Схема быстрого усилителя построена по принципу, описанному в [4], и приведена на рис.5. Применение быстрого усилителя для получения сигналов управления не является обязательным, однако, такой способ позволяет более точно согласовать времена включения управляющих схем. При этом задержка логического сигнала приводит к завалу переднего фронта, а опережение к потере положительных качеств фильтра. Собственные шумы быстрого усилителя при величине постоянной дифференцирования на его входе 25 нсек составляют 35кэв, а полный порог для канала управления около 80 кэв.

Принципиальная схема фильтра приведена на рис.6. Спектрометрический сигнал положительной полярности поступает с предусилителя на каскадный эмиттерный повторитель (триоды T_1 ; T_2), через схему управляемого интегрирования, состоящую из C ($620 \times 3,3 \cdot 10^{-9}$) диода D_1 и триода T_3 . В отсутствии управляющего сигнала диод D_1 открыт, и постоянная интегрирования около 2 мсек. От воздействия сигнала управления диод закрывается, и интегрирование происходит практически лишь на емкости монтажа.

Для формирования сигнала применена мостовая схема с линией задержки. Последняя выполнена на кабеле задержки с волновым сопротивлением 400 ом. Длительность задержки 1 мсек.

Нормально-закрытая схема пропускания построена по мостовой схеме на четырех диодах. Подбор диодов и симметрирование сигналов управления обеспечивают пьедестал менее 10 мв. Пьедестал и просачивание на фронтах (амплитуда до 30 мв и длительность 20 нсек) поднимают порог измерений, сокращая динамический диапазон на $12 \pm 15\%$.

Сравнительные результаты измерений приведены на рис. 7, 8, 9, 10. В спектрометрическом тракте после фильтра имеется три емкостные связывающие цепи с постоянным времени не менее 50 мксек. Средняя частота следования импульсов составляет $1,1 \cdot 10^5$ имп/сек. (измерена на входе анализатора с помощью ПИ-9 на уровне порога анализатора 50 мв при отключенных цепях управления). При введении управления эта величина составляет $0,73 \cdot 10^5$ имп/сек. Включение активного восстановителя, собранного без изменения по схеме, опубликованной в [2] после описанного фильтра, в отличие от соединения его с обычными формирователями на ЛЗ не дало заметного улучшения соотношения сигнала к шуму [5]. Однако, без активного восстановителя любая асимметрия положительной и отрицательной части двуполярного импульса вызывает снижение допустимой частоты следования из-за наличия в спектрометре емкостных переходных цепей.

В заключение можно отметить, что построение фильтров на линиях задержки с модификацией спектра шума является перспективным с точки зрения повышения нагрузочных характеристик амплитудных спектрометров высокого разрешения. Для улучшения качества работы описанного фильтра требуется снизить уровень шумов широкополосного управляющего усилителя и уменьшить просачивание управляющих сигналов в спектрометрический тракт.

Перечень рисунков

1. Блок-схема фильтра с парциальным стробированием.
2. Блок-схема фильтра с инжекцией шума.
3. Блок-схема фильтра с преобразованием спектра шума.
4. Схема включения фильтра в спектрометр.
5. Принципиальная схема быстрого усилителя с формирователями сигналов управления.
6. Принципиальная схема фильтра на двух линиях задержки. (Волновое сопротивление 400 ом, длительность задержки 1 мксек).
7. Спектр Cs^{134} снятый при двойном формировании на ЛЗ при постоянной времени интегрирования 5 мксек. (Над пиками спектра указана энергия в кэв).
8. Двойное формирование на ЛЗ при постоянной времени интегрирования 0,05 мксек. Средняя частота следования импульса $1,1 \cdot 10^5$ имп/сек. В схему включен активный восстановитель.
9. Спектр снят при тех же условиях, что и спектр (рис.8). Дополнительно включен спектр с парциальным стробированием.
10. Спектр, снятый при тех же условиях, что и спектр (рис.8). Фильтр включен полностью.

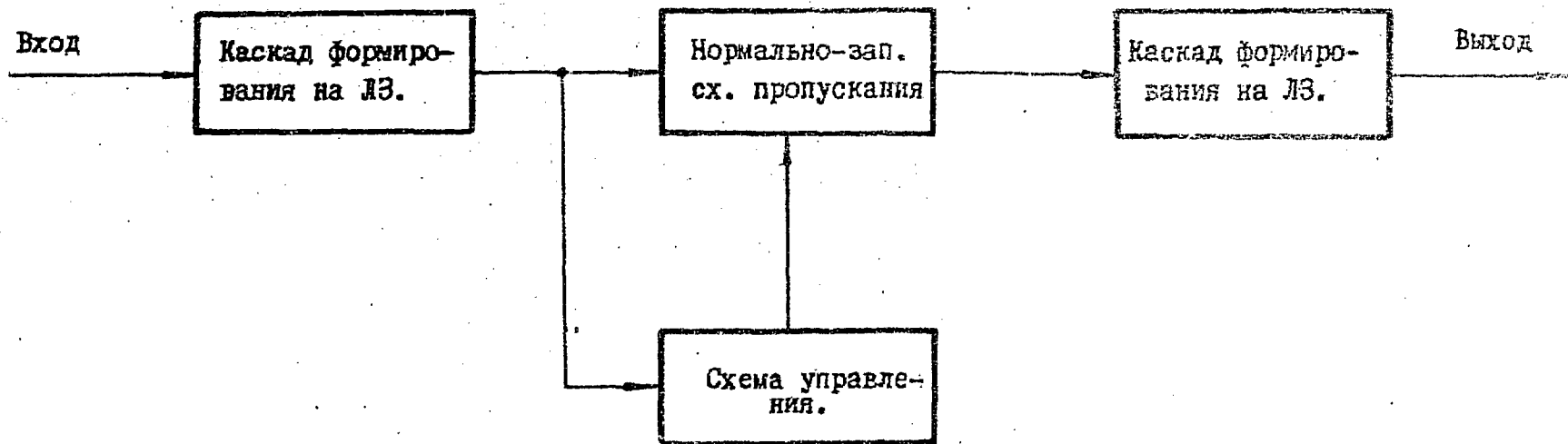


Рис. I

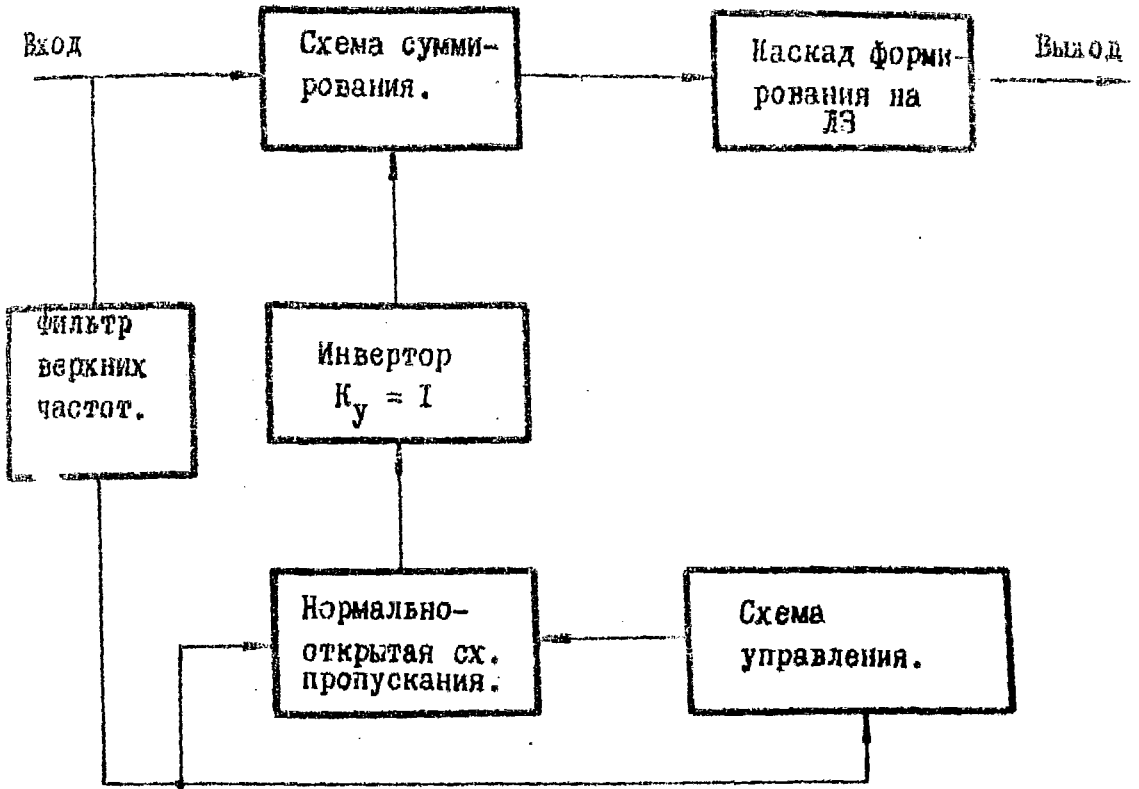


Рис. 2

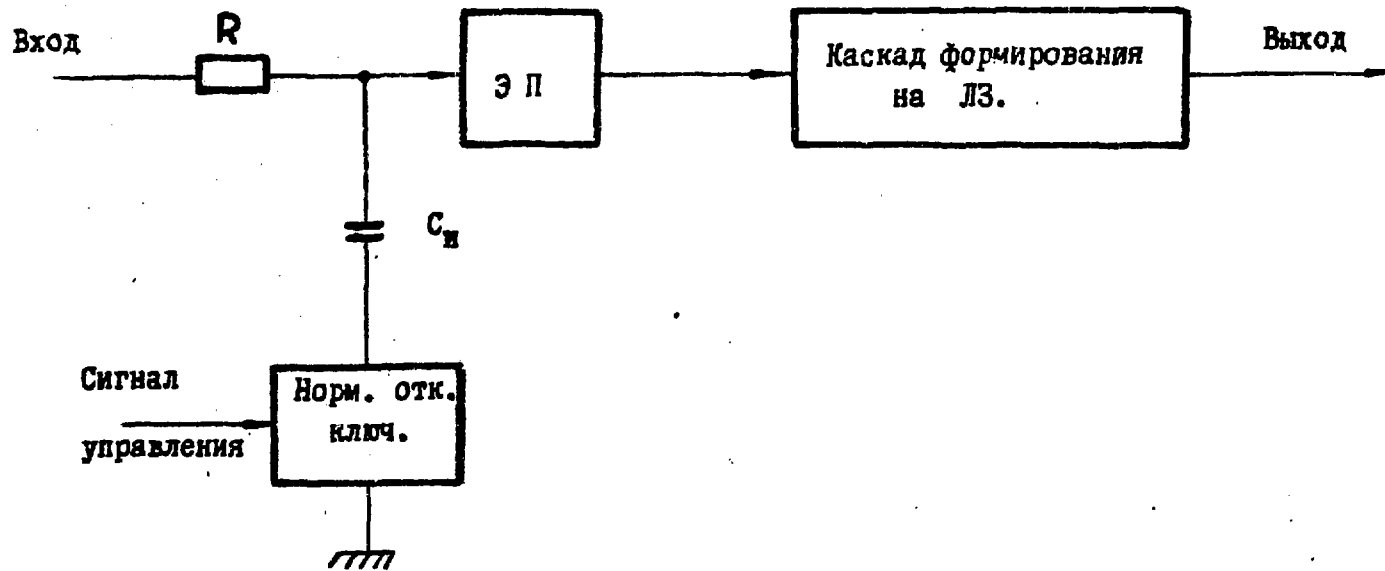


Рис. 3

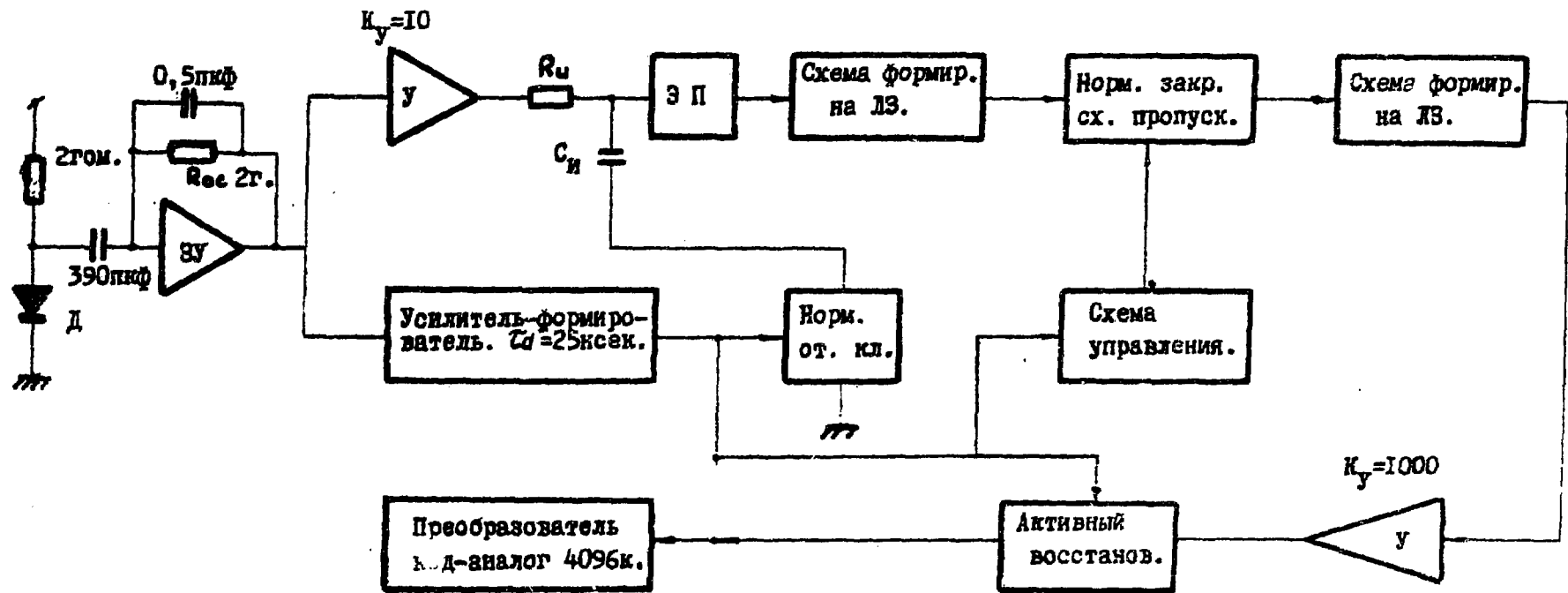
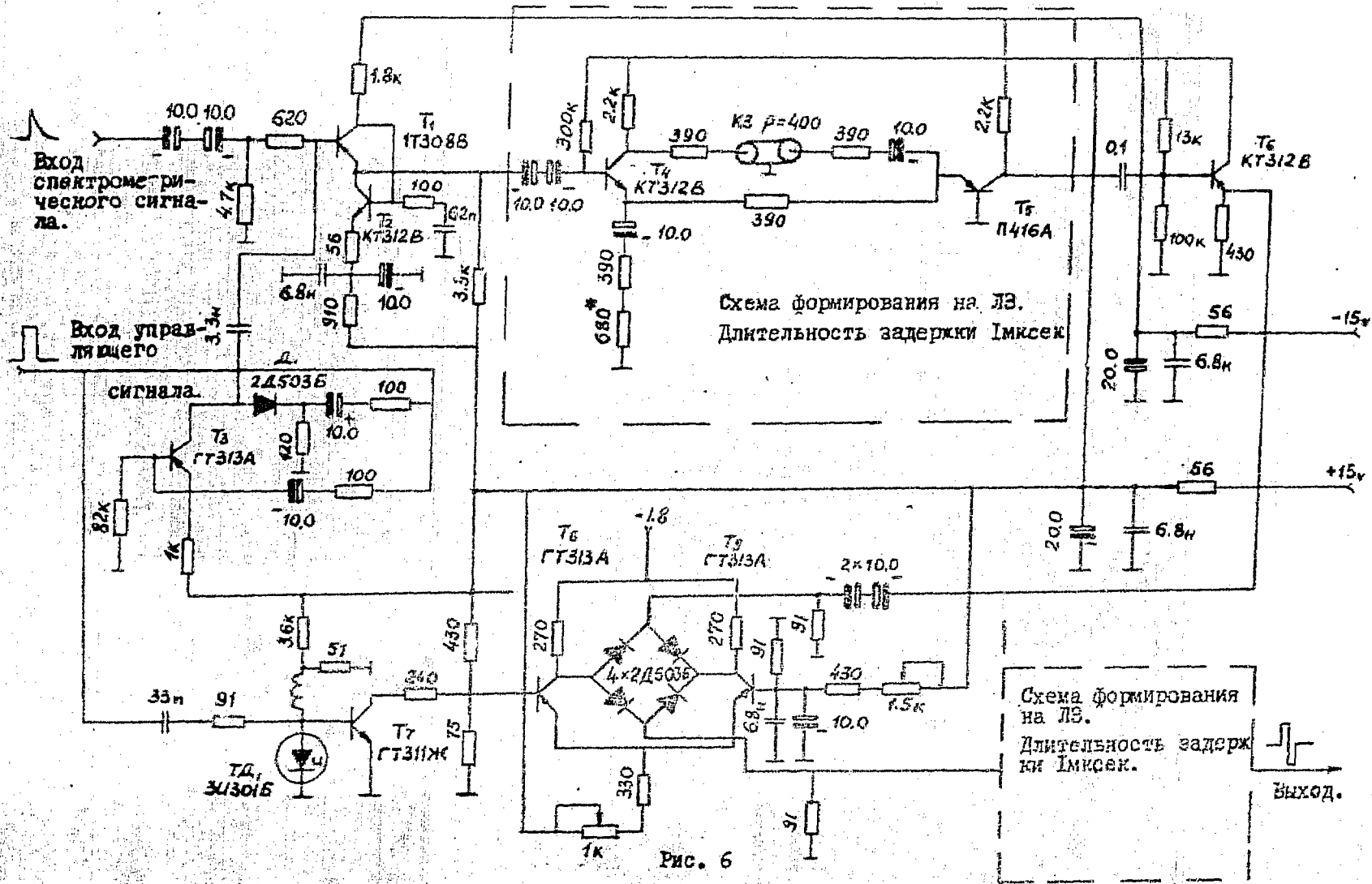
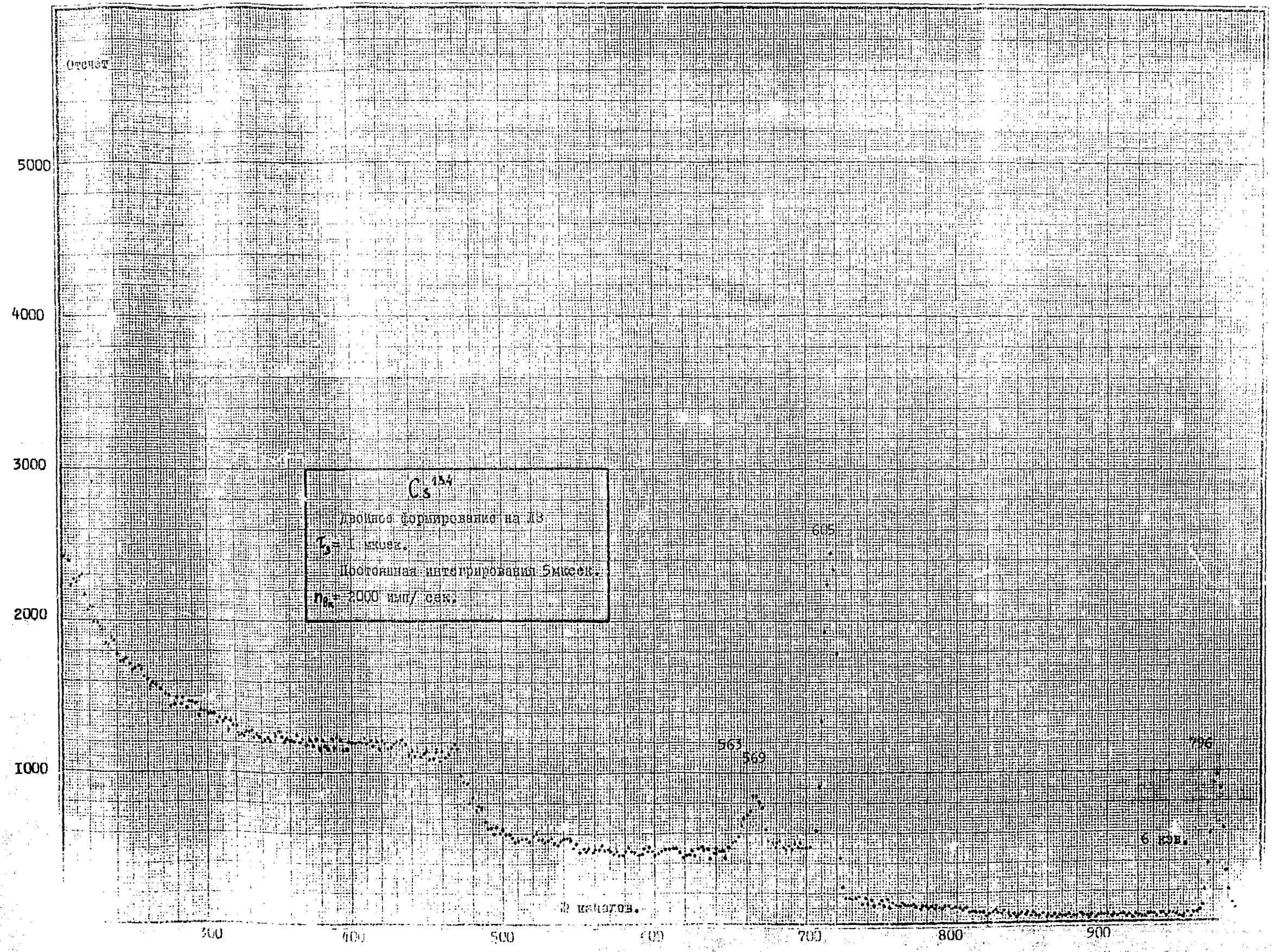


Рис. 4





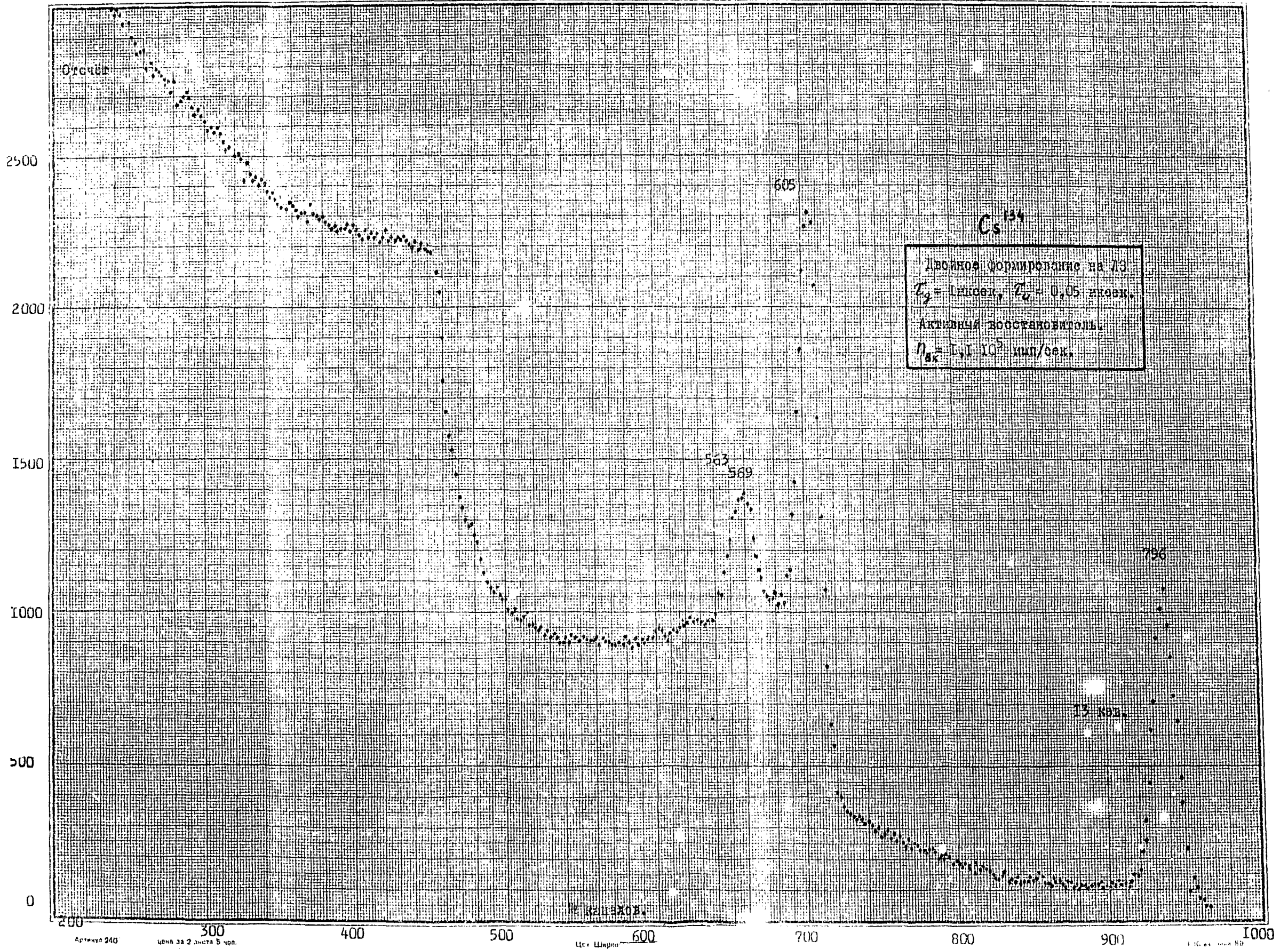


Рис. 8

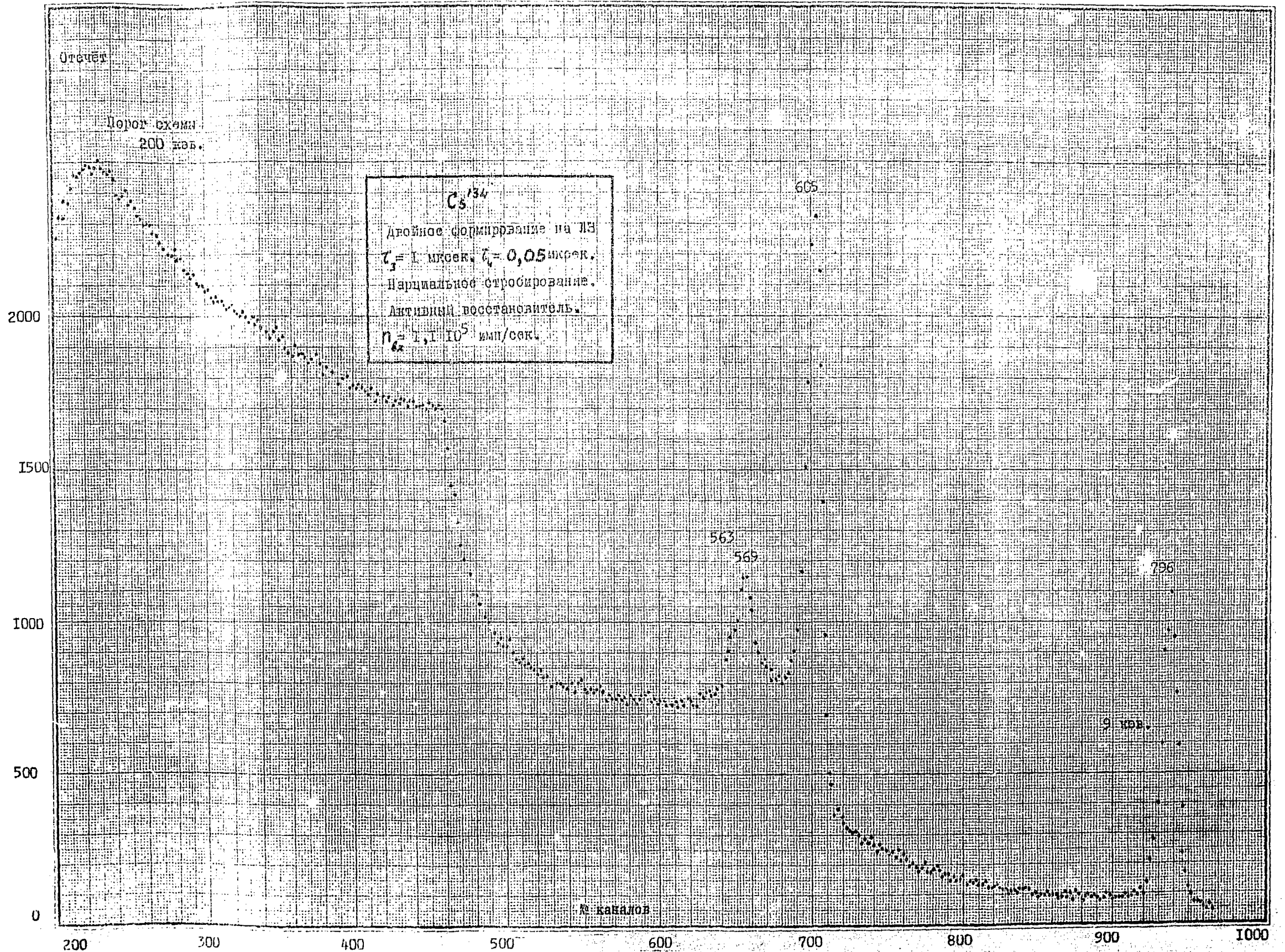
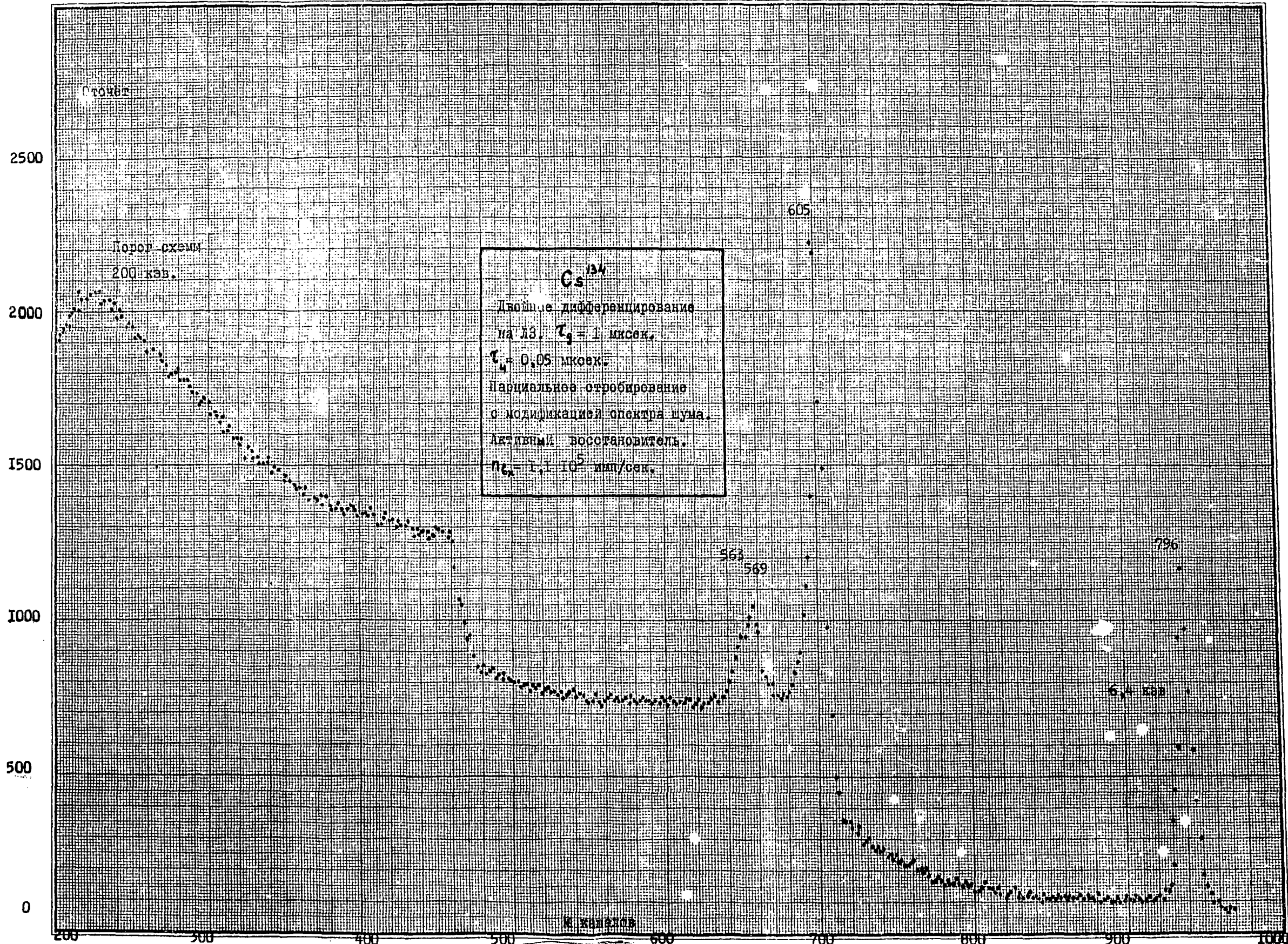


Рис. 9



Л и т е р а т у р а

1. Blalock T.V., RSI, 36 (1965) 1448.
2. Gere E.A., Miller G.L., ~~IEEE~~ Trans. on Nucl. Sci., NS-14 (1967) 89.
3. Акимов Ю.К. и др. Полупроводниковые детекторы ядерных частиц и их применение. Атомиздат (1967) Москва.
4. Gogot M. et. al., Nucl. Instr. and Methods, 46, (1967) 149.
5. Bertolaccini M., Bussolatti C., Gatti E., Nucl. Instr. and Methods, 42 (1966) 286.

Отпечатано в Научно-исследовательском институте атомных реакторов
Заказ 9. Тираж 220 экз. Январь 1970 г.
Редактор Белова М.К.

