

С 344.3e

18/12

М-23

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна



13 - 3751

В.В. Мангоянов, К.О. Оганесян, М.Н. Омеляненко,  
В.В. Фильченков, В. Хулубей

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ МНОГОДАТЧИКОВОГО  
СЦИНТИЛЛЯЦИОННОГО СПЕКТРОМЕТРА.

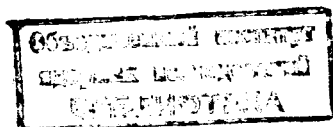
1968

13 - 3751

7257/1 нр.  
В.В. Мангоян, К.О. Оганесян, М.Н. Омеляненко,  
В.В. Фильченков, В. Хулубей

**СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ МНОГОДАТЧИКОВОГО  
СЦИНТИЛЛЯЦИОННОГО СПЕКТРОМЕТРА**

Направлено в ПТЭ



Создание многодатчиковых спектрометров - задача более сложная, чем создание одноканальных систем. Помимо условия стабильности характеристик каждого канала, к многоканальной системе предъявляется требование равенства параметров всех каналов (например, коэффициентов усиления). В процессе измерений спектров необходимо иметь возможность с минимальными затратами времени проводить периодическую калибровку и проверку работы всех каналов.

При работе со сцинтилляционными датчиками для обеспечения разрешения спектрометра, не хуже разрешения каждого датчика, необходимо сделать равными коэффициенты усиления всех каналов и поддерживать их неизменными с точностью в несколько процентов (при разрешении сцинтилляционного счётчика 10%) в течение многочасовых экспозиций. Ни одно из устройств, используемых в спектрометрах, без специальных мер не может обеспечить долговременную нестабильность менее 1-2%. Наиболее стабильными элементами являются усилитель и блок амплитудного преобразователя многоканального анализатора, но и их коэффициенты усиления и преобразования могут изменяться в зависимости от времени и температуры на  $\pm 2\%$ . Самым нестабильным элементом является фотоумножитель, коэффициент усиления которого может изменяться со временем на десять и более процентов.

Ниже описывается система стабилизации многодатчикового сцинтилляционного спектрометра нейтронов (число датчиков равно 9), предназначенного для использования в экспериментах по изучению захвата мюонов легкими ядрами. Для подавления релятивистского фона в спектрометре используется схема разделения гамма-квантов и нейтронов по форме светового импульса в сцинтилляторе, на вход которой подаются сигналы со всех девяти счётчиков. С выхода схемы снимается импульс, соответствующий

прохождению через сцинтиллятор частицы с большой плотностью ионизации (протоны,  $\alpha$  - частицы). Его амплитуда пропорциональна потере энергии в сцинтилляторе. В качестве сцинтиллятора выбраны кристаллы стибьбена, т.е. регистрация нейтронов осуществляется по протонам отдачи. Поскольку схема разделения обладает для нейтронов энергетическим порогом, нестабильность коэффициента усиления в канале приводит, помимо нарушения энергетической калибровки, к нестабильности эффективности спектрометра, что в ряде задач является недопустимым.

Разработанная нами система стабилизации позволяет калибровать и стабилизировать коэффициенты усиления всех каналов с точностью 1%. При этом не требуется высокая стабильность напряжения питания ФЭУ, а также элементов спектрометра.

Система позволяет суммировать гистограммы, полученные в разных экспозициях, т.к. сохраняется энергетическая привязка к номерам каналов анализатора даже при смене анализатора или блока амплитудного преобразователя. Калибровка и стабилизация коэффициентов усиления всех каналов проводится непрерывно - в каждую паузу между импульсами ускорителя.

### Блок-схема

Блок-схема девятидатчикового сцинтилляционного спектрометра изображена на рис. 1. В основу системы стабилизации положена одноканальная система релейного типа<sup>1/</sup>. Система синхронизируется от ускорителя. С помощью блока синхронизации, регистра синхронизации, дешифратора и коммутатора 1 последовательно запускаются генераторы реперных сигналов. Таким образом, на фотоумножители поочередно подаются реперные вспышки от электролюминесцентных диодов. Так же, как и в системе<sup>1/</sup>, центр тяжести реперного пика должен регистрироваться на границе последнего 256 (512) канала анализатора. Если амплитуда импульса от реперного сигнала больше (коэффициент усиления больше), то сигнал обратной связи с анализатора на блок управления отсутствует, и блок управления вырабатывает команду "уменьшить коэффициент усиления". Импульс, содержащий

эту команду, проходит через коммутатор 2 и происходит уменьшение коэффициента усиления канала, на вход которого подана реперная вспышка.

Если реперный импульс регистрируется в меньшем, чем 256 (512) канале, то появляется сигнал обратной связи с анализатора на блок управления, выдающий команду "увеличить" коэффициент усиления. При неизменных коэффициентах усиления система находится в динамическом равновесии, т.е. во всех каналах вырабатывается статистически одинаковое число команд увеличивать и уменьшать коэффициенты усиления.

### *Блок синхронизации*

Блок синхронизации, принципиальная схема которого изображена на рис. 2, а временная диаграмма - на рис. 3, вырабатывает сигналы для управления системой стабилизации синхронно с работой ускорителя в паузах между импульсами интенсивности.

Как видно из рис. 3, импульс синхронизации от ускорителя не совпадает с началом паузы. Поэтому необходима задержка начала работы системы стабилизации после прихода синхроимпульса. Ее осуществляют одновибраторы (транзисторы  $T_1 - T_5$ ), первый из которых запускается в момент окончания импульса синхронизации. Задержанный импульс раздваивается, один из них поступает на одновибратор ( $T_{11}, T_{12}$ ) и через эмиттерный повторитель ( $T_{13}$ ) - на сброс регистра синхронизации в нуль и тем самым приводит коммутаторы в исходное состояние. Второй из раздвоенных импульсов синхронизирует мультивибратор ( $T_9, T_{10}$ ), который имеет частоту, близкую к 1600 гц (число импульсов с мультивибратора за период работы ускорителя ограничивается емкостью регистра синхронизации и поэтому должно быть не более 16 для нашего случая). Импульсы с мультивибратора дифференцируются ( $T_8$ ), формируются на одновибраторе ( $T_6, T_7$ ) и поступают на синхронизацию блока управления "синхр. 1". Одновременно с ними формируются импульсы переключения каналов ( $T_{14} - T_{16}$ ), которые подаются на вход регистра синхронизации. Эти же импульсы задерживаются на 5 мксек ( $T_{17}, T_{18}$ ) - время, достаточное для

окончания переходных процессов в регистре и дешифраторе, и поступают на коммутатор 1 (см.рис. 1, "синхр.2"), после которого включаются генераторы реперных сигналов.

### Генераторы реперных сигналов

Генераторы реперных сигналов аналогичны описанному в<sup>1/2/</sup>. Небольшим изменением является дополнительная формировка длительности выходного импульса короткозамкнутым кабелем и отсутствие токозадающего транзистора. Нормировка по длительности необходима из-за интегрирования импульсов в схеме разделения нейтронов от гамма-квантов. Амплитуда реперного сигнала на выходе этой схемы регулируется грубо длиной короткозамкнутого кабеля и плавно - с помощью потенциометра, изменяющего напряжение питания ключевого транзистора.

Температурная нестабильность реперных сигналов в такой схеме определяется в основном нестабильностью электролюминесцентного диода, если ключевой транзистор выбран с  $I_{ко} \leq 1$  мка.

Испытания температурной нестабильности, проведенные с девятью генераторами, показали, что можно легко получить нестабильность, не превышающую  $0,1 \pm 0,2\%$  /<sup>о</sup>С без термокомпенсации.

### Блоки коммутации

Необходимо отметить, что в системе широко используются стандартные элементы от вычислительной машины БЭСМ-4. Регистр синхронизации состоит из 4-х последовательно включенных триггеров, коммутатор 2 набран из импульсно потенциалных вентилях.

Дешифратор - обычный диодный дешифратор с фазоинверторами на выходе. Коммутатор 1 состоит из девяти диодных схем двойных совпадений. После диодов импульс совпадения формируется и через эмиттерный повторитель поступает на запуск генератора реперных сигналов.

## *Блоки управления и регулирования*

Блок управления вырабатывает сигналы "увеличивать" или "уменьшать" коэффициенты усиления. Логика работы и временные диаграммы такие же, как у блока для одноканальной системы стабилизации /1/. Отличие состоит лишь в том, что в качестве входных одновибраторов используются одновибраторы от машины БЭСМ-4. Точно такими же, как и для одноканальной системы, являются блоки регулирования (триггер плюс интегратор), которые вырабатывают напряжение, регулирующее коэффициент усиления. При ручной регулировке на интегратор поступает напряжение с потенциометра.

На рис. 4 представлена принципиальная схема блока с управляемым коэффициентом усиления. Это два эмиттерных повторителя с делителем между ними. Коэффициент деления меняется изменением светового потока, поступающего на фоторезистор от лампочки накаливания. Фоторезистор параллельно с  $R_{III}$  включен в качестве одного из плеч делителя. На лампочку накаливания напряжение подается с блока регулирования.

Частотные характеристики блока с управляемым коэффициентом усиления сняты для двух предельных значений коэффициентов передачи схемы 0,3 и 0,75 (см.рис. 5). Очевидно, что полоса пропускаемых частот не хуже 75 Мгц. Широкополосность системы позволяет иметь разные времена нарастания реперных и исследуемых импульсов, так как в этом случае коэффициент усиления изменяется одинаково для всех импульсов, времена нарастания которых обеспечиваются верхней граничной частотой.

### *Характеристики системы стабилизации*

В процессе исследования характеристик испытанию подверглись все каналы системы стабилизации, но так как их характеристики аналогичны, приводятся результаты испытаний одного канала в условиях работающих систем коммутации.

На рис. 6 приведена зависимость изменений коэффициента усиления спектрометрического тракта без стабилизации и со стабилизацией от изменения напряжения питания фотоумножителя.

Как видно, при включенной системе стабилизации изменение напряжения на  $\pm 100$ В (заведомо превышающее реальные изменения напряжений питания ФЭУ) приводит к изменению коэффициента усиления на  $\begin{matrix} -1,2 \\ +0,7 \end{matrix}\%$ , что удовлетворяет требованиям, предъявляемым к этой системе. Остаточная нестабильность коэффициентов усиления системы со стабилизацией при изменении напряжения питания фотоумножителей зависит от нелинейности коэффициента усиления в функции регулирующего напряжения (нелинейная характеристика фоторезистора) и от нелинейности амплитудной характеристики схемы разделения нейтронов от гамма-квантов. Первая причина влияет на смещение центра тяжести пика реперного сигнала, т.е. на расположение пика реперного сигнала относительно границы 256 (512) канала, т.к. центр тяжести определяется с учётом величины изменения регулятором коэффициента усиления за один период. Величина смещения за счёт нелинейности характеристики преобразования зависит от амплитуды эталонного сигнала, с помощью которого определяется коэффициент усиления.

На рис. 7 приведены кривые, показывающие изменение коэффициента усиления спектрометрической системы во времени при включенной и выключенной системе стабилизации. Измерения проводились в течение 16 часов. Максимальные отклонения коэффициентов усиления от средних значений составляют  $+15,83\%$  и  $-7,3\%$  без стабилизации и  $+1,0\%$  и  $-1,6\%$  со стабилизацией. Среднеквадратичное отклонение составляет  $\pm 5,67$  и  $\pm 0,75\%$ . Обе характеристики снимались при использовании двух генераторов реперных сигналов, синхронизованных со сдвигом во времени. Вспышка меньшей амплитуды использовалась как эталонная для измерения стабильности коэффициента усиления, а вспышка большей амплитуды — в качестве реперного сигнала для стабилизации. Поэтому в нестабильность во времени (рис. 7) входит разность нестабильности от температуры генераторов реперных сигналов. Кроме того, в нее входит также изменение порога системы, т.к. стабилизируется только коэффициент усиления. (Нестабильность порога анализатора может составлять  $\pm 1\%$ ).



Система имеет блочное исполнение и может быть перестроена на любое число счётчиков в том числе и для регистрации спектров с каждого счётчика на отдельный анализатор или отдельный участок памяти. В каждом из каналов имеется стрелочный прибор, измеряющий напряжение на выходе интегратора.

В заключение авторы благодарят Ю.К.Акимова, А.Н.Синаева и Б.Ю.Семенова за интересные обсуждения, а также В.К.Тюпикова за помощь в настройке системы. Мы признательны С.В.Медведю и Н.А.Чистову за помощь при работе в измерительном центре.

### *Л и т е р а т у р а*

1. В.Г.Лапшин, М.Н.Омельяненко, В.И.Рыкалин, А.Н.Синаев, В.П.Хромов, З.Цисек. Препринт ОИЯИ Р13-3342, Дубна 1967.
2. М.Н.Омельяненко, В.К.Тюпиков, В.В.Фильченков. Препринт ОИЯИ, Р13-3523, Дубна 1967.

Рукопись поступила в издательский отдел  
4 марта 1968 года.

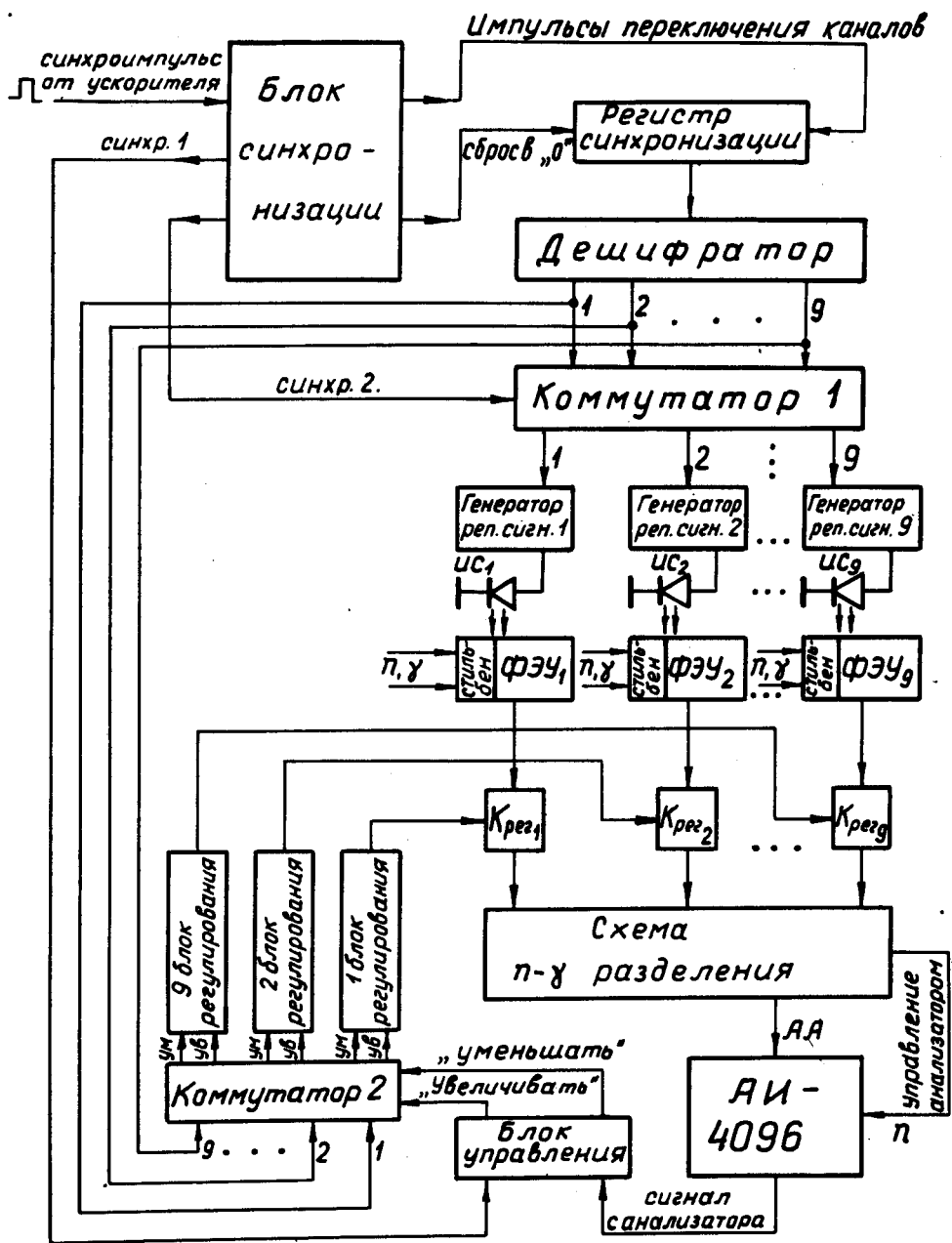


Рис. 1. Блок-схема стабилизированного девятидатчикового сканирующего спектрометра.

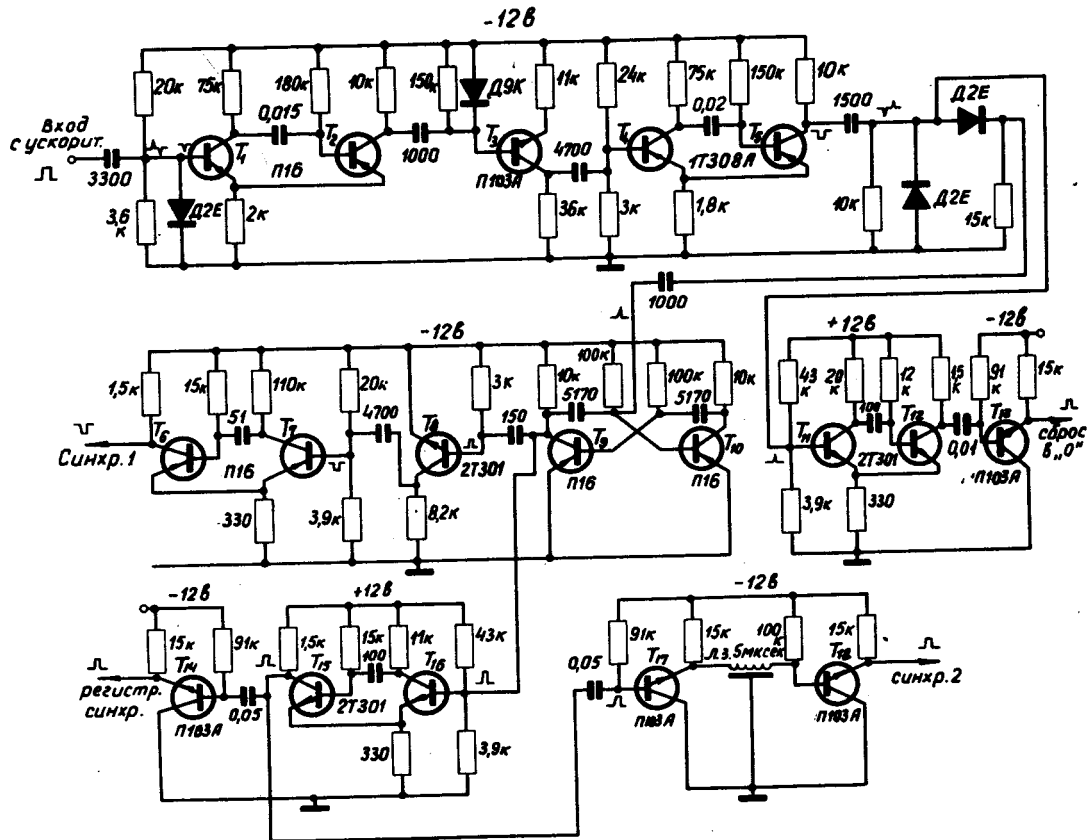


Рис. 2. Принципиальная схема блока синхронизации.

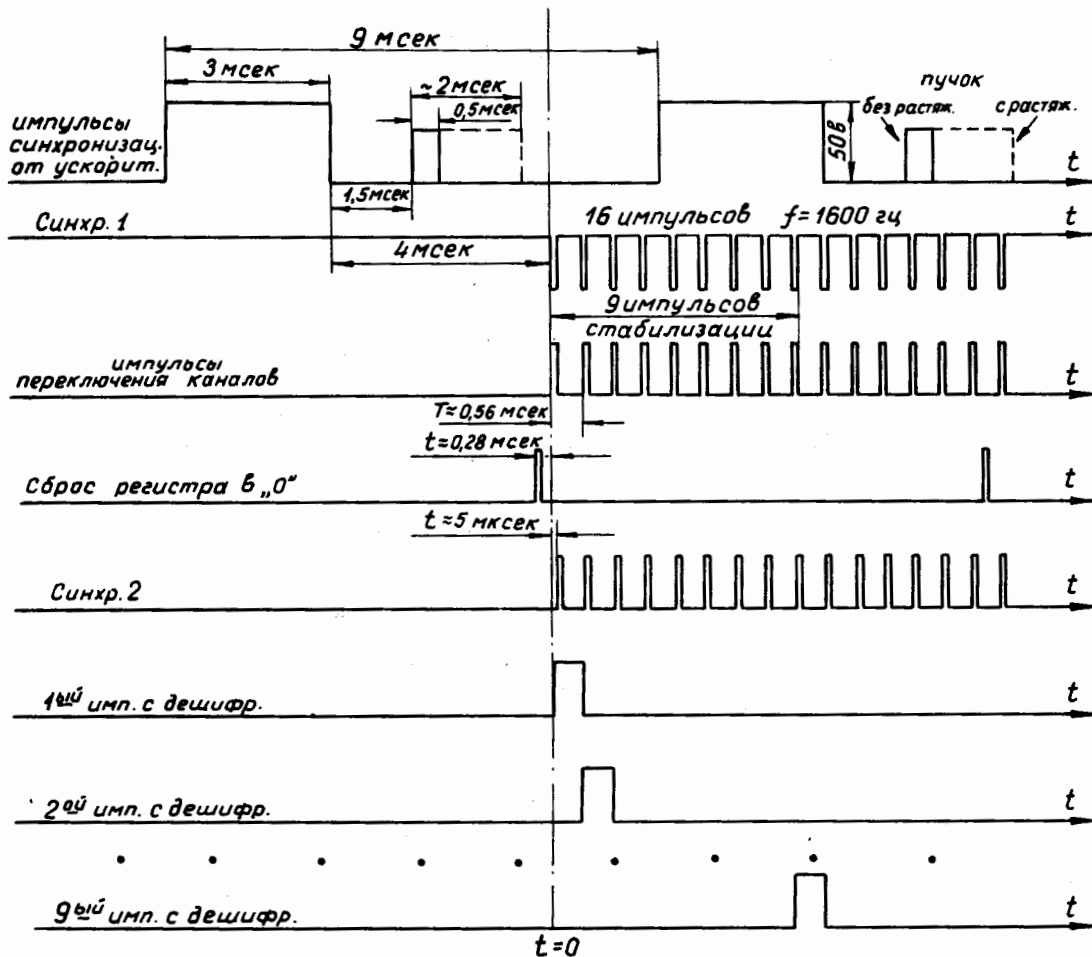


Рис. 3. Временная диаграмма работы блока синхронизации.

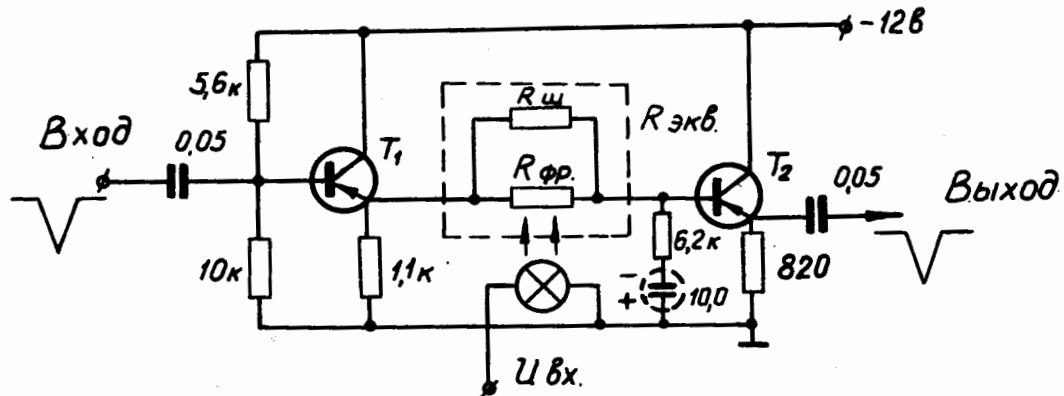


Рис. 4. Принципиальная схема блока с управляемым коэффициентом усиления.

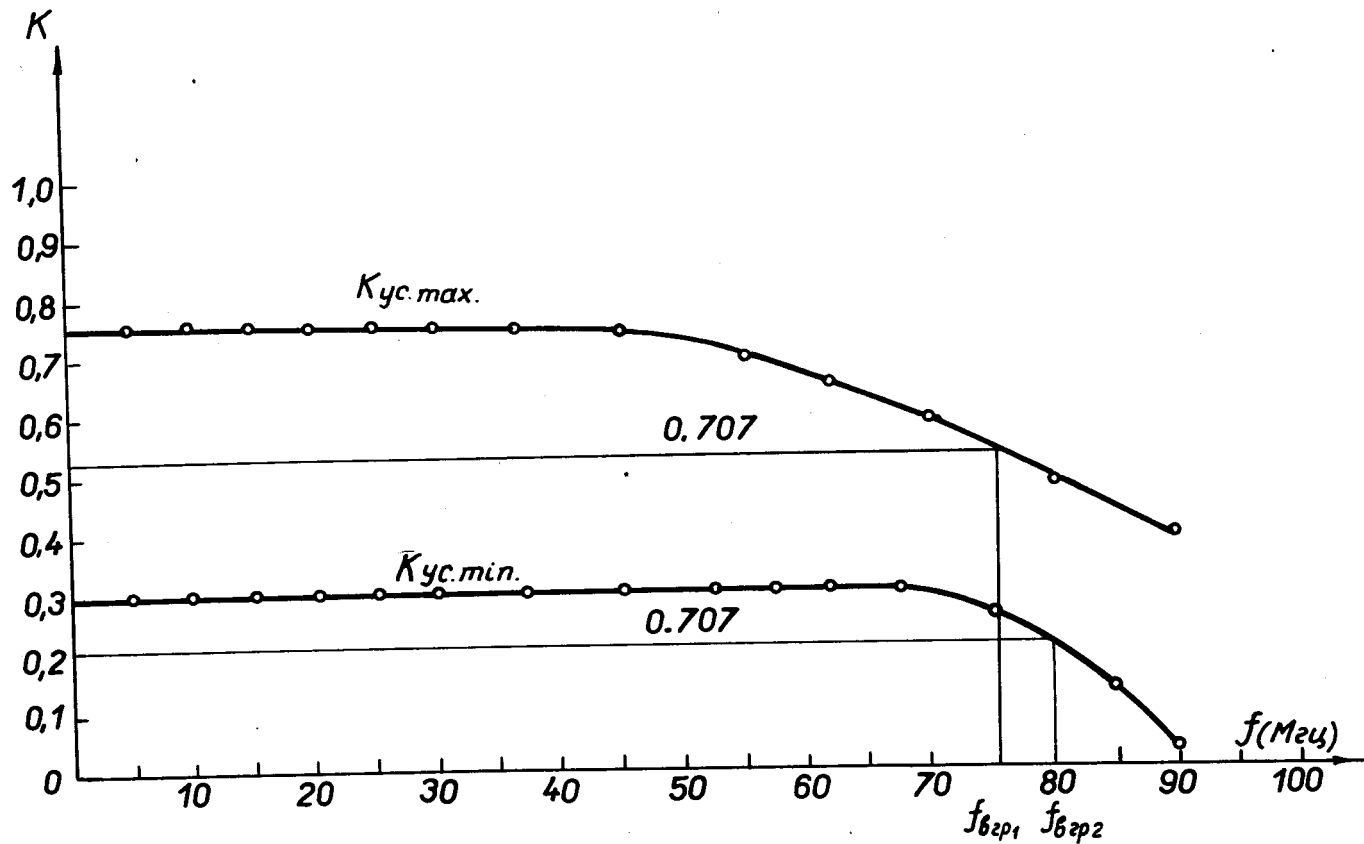


Рис. 5. Амплитудно-частотная характеристика блока с управляемым коэффициентом усиления.

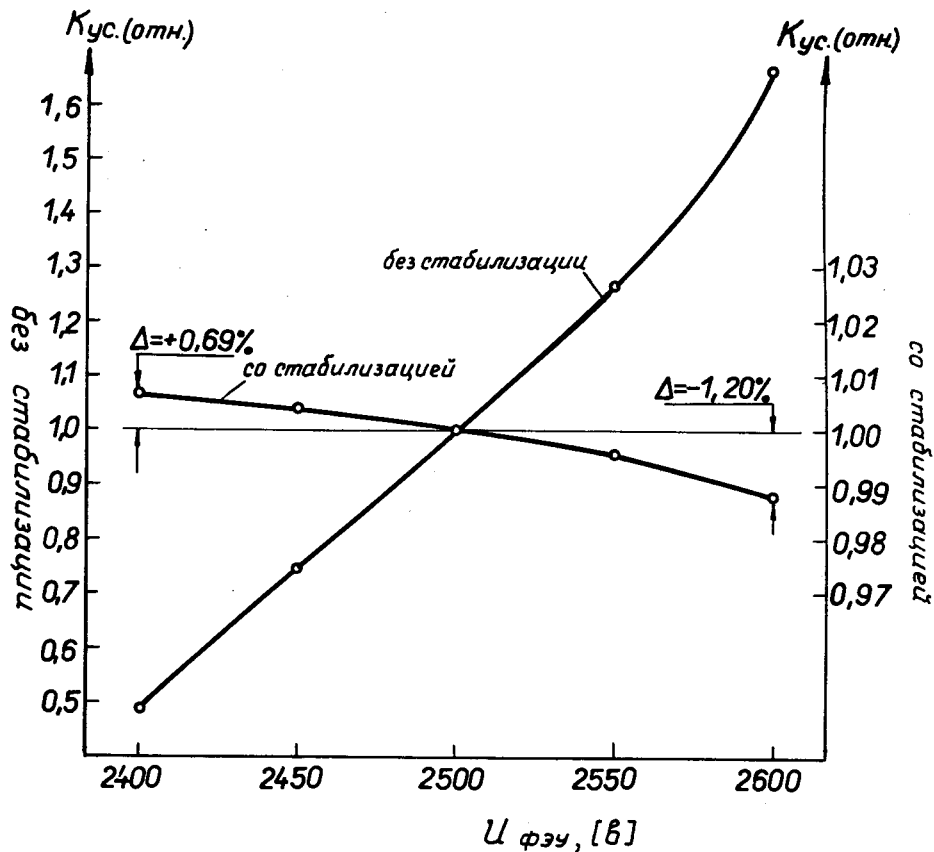


Рис. 6. Зависимость коэффициента усиления спектрометрического канала от напряжения питания фотоумножителя (без стабилизации и со стабилизацией).

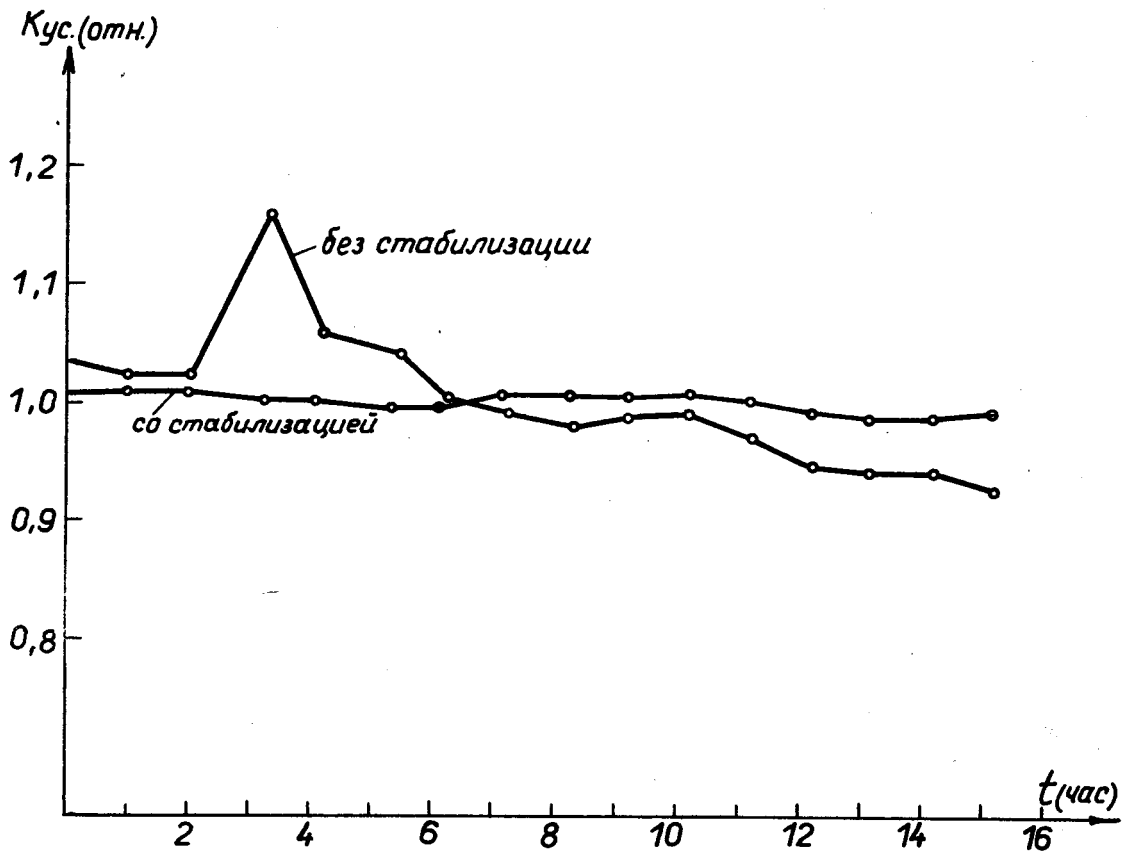


Рис. 7. Изменение коэффициента усиления спектрометрического канала со временем (без стабилизации и со стабилизацией).