

4845  
Г-627

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
Лаборатория нейтронной физики

НАУЧНО—ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ АТОМНЫХ РЕАКТОРОВ

На правах рукописи

В.В.Голушко

МНОГОМЕРНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ  
КОМПЛЕКС С РЕГИСТРАТОРОМ  
ЦИКЛИЧЕСКОГО ТИПА

260. Приборы экспериментальной физики

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Дубна • 1970

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
Лаборатория нейтронной физики  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ АТОМНЫХ РЕАКТОРОВ

---

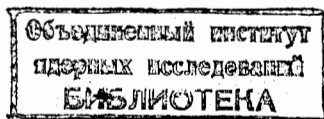
На правах рукописи

В.В.Голушко

МНОГОМЕРНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС С РЕГИСТРАТОРОМ  
ЦИКЛИЧЕСКОГО ТИПА

260. Приборы экспериментальной физики

Автореферат диссертации на соискание ученой  
степени кандидата технических наук



Дубна · 1970

6683 68

Работа выполнена в Научно-исследовательском институте атомных реакторов

Научные руководители: кандидат технических наук  
И.В.Штраух  
кандидат технических наук  
А.М.Шиманский

Официальные оппоненты: доктор технических наук  
Л.А.Маталин  
кандидат технических наук  
В.В.Пузанов

Ведущее предприятие: Институт атомной энергии  
им. И.В.Курчатова

Автореферат разослан 20 ii 1970 г.  
Защита диссертации состоится 29 ii 1970 г.  
на заседании Объединенного Ученого Совета Лаборатории  
нейтронной физики и Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ,  
г. Дубна, Московской области, Объединенный институт  
ядерных исследований, конференц-зал Лаборатории  
ядерных реакций

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке.

Ученый секретарь Совета Э.Н.Каржавина.

В настоящее время с целью более эффективного использования сложной многомерной аналитической аппаратуры в крупных лабораториях страны создаются центры по сбору и обработке спектрометрических данных.

Такие центры с развитой системой запоминающих устройств (ЗУ) и широкими возможностями в смысле обработки информации могут быть построены на базе универсальных ЦВМ. Однако высокая стоимость и нехватка самих машин делает пока невозможным их повсеместное использование. С другой стороны, отдельные блоки ЦВМ-ЗУ большой емкости доступны и обычно составляют основу при построении измерительно-регистрирующих центров.

В этом плане несомненный интерес представляет использование наиболее емких, простых и дешевых систем интегрирующей памяти - магнитных барабанов и дисков. Несмотря на ряд преимуществ, циклические ЗУ ЦВМ пока не получили широкого распространения в системах регистрации. Частично это связано с трудностями построения быстродействующих систем на базе подобных ЗУ.

Целью настоящей диссертации является исследование возможностей стандартных систем памяти на магнитных барабанах применительно к условиям регистрации статистических событий. Автор поставил перед собой задачу разработки таких методов и устройств, применение которых позволило бы реализовать эти возможности при незначительных конструктивных изменениях в системах накопителей и небольшом объеме дополнительного оборудования.

В целом реферируемая работа охватывает широкий круг вопросов, связанных с разработкой устройств циклической памяти (основных и промежуточных ЗУ) и систем визуального представления данных, дающих наглядное изображение многомерных спектров. Необходимость разработки таких систем становится очевидной, если учесть все более широкое внедрение многомерных измерений в практику физических исследований.

Большое внимание в диссертации уделяется анализу потерь счета в системах ПЗУ-ЗУ циклического типа.

Все устройства разработаны для измерительного комплекса, предназначенного для многомерных исследований по физике деления ядра. Но они могут быть использованы и в качестве буферных накопительных устройств в системах с ЦВМ, работающими в режиме "на линии", обеспечивая при этом регистрацию и оперативный просмотр накапливаемой информации без затрат дорогостоящего машинного времени.

Ниже излагается краткое содержание диссертации по главам.

Во введении и в первой главе, исходя из условий конкретных физических задач, обосновывается выбор ЗУ для многомерно-го измерительного комплекса и рассматриваются вопросы построения быстродействующих систем регистрации на базе стандартных циклических ЗУ.

Комплекс должен обеспечивать оперативный контроль накапливаемой информации в экспериментах со скоростями счета до нескольких тысяч событий в секунду и диапазоном каналов  $8 + 50$  тысяч. Такие параметры регистратора могут быть достигнуты при использовании различных типов стандартных ЗУ ЦВМ. Однако ферритные ЗУ на десятки тысяч слов пока еще слишком сложны и дороги. В системах неинтегрирующей памяти (магнитная лента) трудно организовать оперативный вывод всей информации с целью просмотра.

Стандартные циклические ЗУ сочетают в себе необходимые качества - большую емкость (миллионы бит) и возможность оперативного вывода данных - с относительной простотой и низкой стоимостью системы памяти. Эти достоинства определили выбор

типа ЗУ для измерительного комплекса. Основной недостаток циклических ЗУ - большое время цикла - может быть в значительной мере скомпенсирован путем организации оперативной работы системы в режиме накопления и введением промежуточного запоминающего устройства (ПЗУ), обладающего ассоциативными о свойствами [1-3].

Но в случае стандартных ЗУ применение известных методов организации оперативной работы - упрежденное считывание, метод двоянных головок и т.д. - привело бы к весьма низкому использованию емкости или потребовало бы практически полной реконструкции системы накопителя.

Автором разработан и опробован другой метод организации статического ЗУ на базе стандартного накопителя на магнитном барабане ЦВМ БЭСМ-4, который не требует никаких конструктивных изменений в системе накопителя и позволяет при хорошем использовании емкости (~90 %) получить достаточно высокое быстродействие (до 1000 соб/сек при емкости ПЗУ - 80 слов) [4]. Метод основан на применении дополнительного оперативного ЗУ (ОЗУ) большой емкости, организуемого с использованием запасных дорожек накопителя. Операция изменения содержимого канала производится в два этапа: на первом этапе к прочитанному в ЗУ числу прибавляется "+1", и новое число и его адрес (номер дорожки) записывается в ОЗУ, из которого (второй этап) на следующем обороте барабана число переписывается на прежнее место в ЗУ.

При такой организации ЗУ за время  $2 \cdot T_c$  в системе имеется возможность обращения к количеству чисел, равному емкости ОЗУ. Емкость ОЗУ зависит от способа размещения информации в ЗУ. При последовательном размещении информации - этот способ наиболее рационален с точки зрения использования емкости накопителя и объема дополнительного оборудования - емкость ОЗУ составляет 256 слов, что соответствует предельной частоте обращения для случайных чисел в ЗУ - 3200 обр/сек. Получаемая при этом емкость регистратора составляет 49152 канала по 14 дв. разрядов в каждом (при исходной емкости накопителя 16384·48 дв. разрядов).

Быстродействие системы может быть увеличено за счет па-

параллельно-последовательного или параллельного размещения информации, а также за счет увеличения емкости ПЗУ. Однако при этом уменьшается процент используемой емкости и увеличивается объем дополнительного оборудования.

На базе указанного ЗУ автором разработано регистрирующее устройство для измерительного комплекса. Схемы основных узлов регистратора и необходимые изменения в системе накопителя приведены в диссертации.

Еще более высокое быстродействие в системах регистрации на базе стандартных магнитных барабанов может быть достигнуто при организации динамического режима работы. Некоторые системы стандартной памяти, например магнитные барабаны ЦВМ М-20, позволяют установить дополнительные блоки головок. В одной из систем [5,6] блоки устанавливаются диаметрально противоположно имеющимся. При этом емкость накопителя используется на 50%, но цикл ЗУ сокращается в 2 раза. Аналогичный барабан был использован автором при создании быстродействующего ЗУ для измерительного комплекса; за счет применения ПЗУ с емкостью 80 слов достигнуто быстродействие 6000 соб/сек при одном проценте потерь информации (спектр равномерный, цикл ЗУ - 20 мсек). Емкость ЗУ составляет 8192 канала по 14 дв.разрядов в каждом. В отличие от [5,6] объем электронного оборудования в ЗУ сокращен вдвое. Эффект достигнут в результате разработки более простых схем считывания, логики суммирования и транзисторизации цепей записи.

Основными достоинствами динамической системы памяти являются: отсутствие помех на головках чтения в момент записи, хорошее отношение сигнал/помеха и исключительная простота электронного оборудования, достигаемая за счет последовательного размещения информации в ЗУ.

В диссертации приводится описание этой системы и отмечаются ее схемные и конструктивные особенности.

Без применения специальных схем ПЗУ магнитные барабаны ЦВМ были бы практически не пригодны как регистраторы статических событий из-за слишком большого времени цикла. В отличие от ПЗУ для ферритных систем памяти емкость ПЗУ для циклических систем должна быть значительно больше, если поток со-

бытий на входе стационарный (интенсивность - несколько тысяч событий в секунду), а потери счета в системах одинаковые. Другая особенность этих ПЗУ состоит в том, что для получения достаточно высоких скоростей регистрации они должны иметь структуру параллельных линий обслуживания (в терминологии теории массового обслуживания); которая реализуется при ассоциативном построении ПЗУ.

Максимальную скорость регистрации в системе "ассоциативное ПЗУ - циклическое ЗУ" можно определить, если рассматривать ее как систему массового обслуживания без потерь с входным потоком  $\lambda_p$  [7]. Среднее число занятых линий обслуживания (ячеек ПЗУ) можно определить из выражения:

$$n_z = \lambda_p T_{обс} ,$$

где  $T_{обс}$  - среднее время пребывания кодов в ячейках ПЗУ. Учитывая случайный характер поступления событий с кодировщика по отношению к фазе вращения барабана, при равномерном спектре будем иметь:  $T_{обс} = T_c / 2$ , где  $T_c$  - время цикла ЗУ. При высоких нагрузках величина  $n_z$  стремится к  $n$  (емкость ПЗУ), поэтому максимальная скорость регистрации в системе составит:

$$\lambda_{pmax} = 2n / T_c .$$

Из выражения видно, что для получения скоростей регистрации порядка сотен или тысяч соб/сек в случае стандартных магнитных барабанов ассоциативное ПЗУ должно иметь емкость десятки и сотни слов. Реализация таких ПЗУ представляет значительные трудности, которые связаны с необходимостью быстрого просмотра содержимого ПЗУ. Требования к быстродействию будут относительно низкими, если информацию в ЗУ располагать последовательным способом. Такой способ размещения наиболее выгоден и с точки зрения простоты электронных схем и объема оборудования в системе ЗУ. Но при этом, в случае статических систем, использующих как правило, общие усилители для записи и чтения и систему коммутации головок, уменьшается предельная частота обращения для случайных чисел, что приводит к снижению эффективности регистрации в системе.

Вопрос о выборе способа размещения информации особенно важен, если в ПЗУ используется последовательный принцип опроса ячеек (динамические регистры, линии задержки). Поэтому необходимо сравнить влияние предельной частоты обращения в ЭУ и емкости ПЗУ на потери счета.

Автором методом статистического моделирования это влияние оценивалось. Результаты моделирования представлены на рис. 1. Из графиков видно, что в районе нескольких процентов потери счета остаются практически неизменными при различных частотах обращения в ЭУ, если число каналов ( $\xi$ ), в которых может быть изменена информация за время цикла ЭУ, существенно больше величины емкости ПЗУ ( $n$ ). При этом влияние изменения емкости ПЗУ на величину потерь счета значительно сильнее влияния изменения  $\xi$ . В случае магнитных барабанов большого диаметра при плотностях записи 5 + 20 имп/мм (стандартные барабаны) условие  $\xi \gg n$  выполняется при любом способе размещения информации. Поэтому в силу указанных преимуществ информацию в ЭУ следует располагать последовательным способом, а для получения относительно высоких скоростей регистрации необходимо прежде всего увеличивать емкость ПЗУ.

...

Во второй главе диссертации рассматриваются основные методы построения ПЗУ для циклических систем памяти и предлагаются простые схемы ПЗУ, использующие в качестве запоминающих элементов магнитострикционные линии задержки.

ПЗУ, обладающие ассоциативными свойствами, строятся с применением различных элементов памяти: динамических регистров, триггеров, элементов с нераврушающим считыванием и т.д. Но использование этих элементов при построении ПЗУ с емкостью 20 + 100 слов, необходимых для систем ЭУ с большим временем цикла, привело бы к большому объему и сложности ПЗУ.

Максимально простые и достаточно быстродействующие ПЗУ с ассоциативными свойствами могут быть построены при использовании магнитострикционных линий задержки (МСЛЗ). Большая емкость легко достигается при последовательном размещении информации в ЭУ и параллельном соединении линии задержки. При

этом объем оборудования в системе может быть значительно меньше, чем в случае ПЗУ с такими же параметрами, но выполненными на других элементах. Полоса пропускания МСЛЗ обеспечивает частоту циркуляции кодов в ПЗУ 500 + 1000 кгц, что позволяет иметь емкость 50 + 200 бит при задержке линий 100 + 200 мксек. Такого же порядка и время прохождения канальной информации в основном ЭУ при последовательном размещении кодов, т.е. все содержимое ПЗУ может быть просмотрено за время смены кода угла поворота барабана. При параллельной записи кодов в ПЗУ его емкость составит 50 + 200 слов. МСЛЗ надежны, просты в изготовлении и настройке, а их стоимость может быть приближена к стоимости обычных радиодеталей. Недостаток МСЛЗ - температурная зависимость величины задержки - легко устраняется путем применения простых схем компенсации.

Автором для многомерного анализатора на магнитном барабане и для измерительного комплекса разработаны и реализованы две схемы ПЗУ на МСЛЗ [9, 10]. В первом ПЗУ [9] использованы две линии задержки, а запись кодов производится последовательно - параллельным способом. ПЗУ имеет следующие параметры:

величина задержки каждой	
линии (цикл ПЗУ)	160 мксек
емкость	13 слов
число дв.разрядов в слове	13
частота записи	750 кгц

ПЗУ позволяет регистрировать до 600 соб/сек при 1 % потерь информации (спектр равномерный, цикл ЭУ - 20 мсек). В другом ПЗУ [10] запись кодов производится параллельным способом, и при том же цикле емкость ПЗУ составляет 80 слов по 13 дв.разрядов в каждом. Скорость регистрации с динамическим ЭУ - 6000 соб/сек при 1 % потерь (с учетом разравнивающего эффекта за счет регистра на входе ПЗУ).

ПЗУ на линиях задержки, в том числе на магнитострикционных линиях, могут быть применены и для ферритных систем памяти. Независимо от типа регистратора ПЗУ большой емкости на линиях задержки будут эффективны в случае импульсных измерений. Следует также отметить, что такие ПЗУ могут быть применены для связи кодирующих устройств с регистраторами на ЦВМ, работа-

щими в режиме "на линии" [11].

Третья глава диссертации посвящена анализу потерь счета в системах ПЗУ-ЗУ циклического типа.

В настоящее время имеется ряд работ посвященных расчету потерь в регистраторах с циклическими ЗУ. Исследовались и счетные характеристики систем с ассоциативными ПЗУ [3, 12]. Так, в работе [3] показано, что при условии достаточно большого числа ячеек в ассоциативном ПЗУ, не внося существенных погрешностей, потери счета могут быть рассчитаны по формулам Эрланга. При этом ассоциативное ПЗУ рассматривается как многолинейная система массового обслуживания, в которой заявки (коды) сразу после прихода занимают свободные линии обслуживания (записываются в ячейки ПЗУ), а потери счета возникают при полной занятости всех линий. Однако в случае ПЗУ, выполненных на линиях задержки и имеющих сравнительно большое время цикла, потери счета возникают в основном не из-за переполнения памяти, а за счет переменного мертвого времени, связанного с процессом поиска свободной ячейки при перезаписи кодов из регистра кодировщика в линии задержки. Это обстоятельство делает невозможным использование формул Эрланга для расчета потерь в таких ПЗУ.

Автором на основе анализа мертвого времени системы "регистр кодировщика - ПЗУ на линиях задержки" выведены выражения для расчета потерь. Упрощенная блок-схема этой системы представлена на рис. 2.

Среднее мертвое время по входу без учета мертвого времени кодировщика включает в себя три компоненты:

$\tau_1 = 0,5\tau/n$  - среднее мертвое время, связанное с некоррелированным моментом окончания кодирования и приходом очередного импульса опроса с ПЗУ;

$\tau_2$  - среднее время поиска свободной ячейки при бесконечно коротких импульсах опроса;

$\tau_3 = \tau/n$  - время, необходимое для записи событий в линии задержки. Здесь:  $\tau$  - величина задержки линий ПЗУ,  $n$  - емкость ПЗУ. Среднее число занятых ячеек в ПЗУ:

$$n_3 = n - \tau / (\tau_m - \tau_1), \quad (1)$$

где

$$\tau_m = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3.$$

С другой стороны,

$$n_3 = \lambda_p T, \quad (2)$$

где  $T = \tau_c/2 + \tau$  - среднее время пребывания кодов в ячейках ПЗУ при равномерном спектре.

Относительные потери счета для любой системы регистрации:

$$L = 1 - \lambda_p / \lambda.$$

С учетом (1) и (2) имеем:

$$L = 1 - \frac{n - \tau / (\tau_m - 0,5\tau/n)}{\lambda T} \quad (3)$$

При  $L \ll 1$  для систем с продлевающим и непродлевающим мертвым временем справедливо соотношение:

$$L = \lambda \tau_m. \quad (4)$$

Решая совместно (3) и (4) относительно  $L$ , получим:

$$\left\{ \begin{array}{l} L = \frac{a}{2} + \sqrt{\frac{a^2}{4} + b} \\ a = 1 + 0,5 \lambda \tau / n - n / \lambda T \\ b = 1,5 \tau / T - 0,5 \lambda \tau / n \end{array} \right\} \quad (5)$$

При высоких нагрузках, когда практически все ячейки ПЗУ заняты, среднее мертвое время  $\tau_m$  близко к  $\tau$ . При этом выражение (3) упрощается и принимает вид:

$$L = 1 - n / \lambda T. \quad (6)$$

Потери, рассчитанные при низких и средних нагрузках по формулам (5) и при высоких нагрузках по формуле (6), сравнивались с результатами, полученными на статистической модели си-

стемы. Результаты моделирования и расчетов хорошо совпадают, рис.3, и формулы (5) и (6) могут быть применены для расчета потерь в циклических ПЗУ.

Целью моделирования было исследование счетных характеристик различных систем ПЗУ-ЗУ циклического типа и выявление оптимальной структуры с точки зрения получения наименьших потерь счета [8]. Программа, составленная автором, позволяет имитировать процессы в циклическом ПЗУ при работе его с динамическим или статическим ЗУ. При этом на входе системы может быть задана любая форма спектра.

Основные результаты моделирования состоят в следующем:

1. С увеличением емкости циклического ПЗУ при сохранении величины задержки линий эффективность регистрации в системе и максимальная скорость счета быстро возрастает, составляя в пределе  $2 \text{ мк/Тц}$  соб/сек (рис.3).

2. Потери счета в системе с циклическим ПЗУ могут быть значительно уменьшены при введении одного или двух дополнительных разравнивающих регистров между кодирующим устройством и ПЗУ на линиях задержки (рис.4).

3. Потери счета в системах со статическим и динамическим ЗУ существенно отличаются в случае спектров, отличных от равномерного. Причем зависимость потерь от формы спектра сильнее в случае статической системы памяти, что связано с более низкой частотой обращения для случайных чисел в этой системе (рис. 5).

4. В случае резко выраженных пиков, при которых скорости счета в отдельных каналах превосходят величину  $1/\text{Тц}$ , потери счета могут быть существенно уменьшены, если иметь возможность прибавления двух и более одинаковых отсчетов в каналы ЗУ за время цикла (рис.6).

Говоря о влиянии формы спектра на величину потерь счета в циклической системе регистрации, необходимо отметить, что в случае многомерных спектров на потери счета влияют не отдельные пики, скорости счета в которых, как правило, ниже величины  $1/\text{Тц}$ , а форма интегрального распределения по параметру, записываемому по окружности барабана. При регистрации многомерных спектров при различном расположении осей имеет место

явление изменения эффективности регистрации, если интегральные спектры по окружности барабана и его образующей имеют различную форму. Это обстоятельство следует учитывать при выборе осей спектра в случае статических систем ЗУ, в которых число значений параметра, записываемого по окружности барабана, относительно невелико (последовательное размещение информации) и сравнимо с числом дорожек на барабане.

В четвертой главе диссертации рассматриваются системы визуального представления многомерных данных для регистраторов циклического типа.

Наиболее удобной и эффективной формой вывода многомерных спектров является вывод на экран ЭЛТ. Одним из основных требований для получения устойчивого изображения на экране ЭЛТ при выводе многомерных спектров является высокая скорость вывода информации из ЗУ. Циклические системы памяти выгодно отличаются от других типов ЗУ возможностью получения высоких скоростей вывода. Это преимущество позволило реализовать новую форму представления многомерных спектров - точечное - растровое изображение на цветной ЭЛТ [13,14]. В отличие от точечного изображения на экране обычной ЭЛТ, при котором число различных градаций по яркости не превышает 5-ти, цветное изображение позволяет более наглядно и точно представить многомерный спектр, т.к. число цветовых и яркостных градаций может достигать 20 + 30 и более.

Изображение спектра на экране цветной ЭЛТ напоминает топографическую карту, на которой пики и впадины представлены различными цветами, и расшифровка спектра не представляет труда. Большой размер экрана цветных ЭЛТ позволяет иметь хороший обзор.

В разработанной и впервые реализованной автором системе цветного представления спектра скорость вывода информации составляет более 200 тысяч каналов в секунду, что позволяет иметь устойчивое изображение спектра с динамическим диапазоном 8 тысяч каналов. В системе применена схема цифровой дешифрации цвета, что позволило максимально повысить точность преобразования



двоичных кодов содержимого каналов ЗУ в уровни цветовых оставляющих.

Кроме этого, для измерительного комплекса разработана и реализована система, обеспечивающая разнообразные формы представления спектров на обычной ЭЛТ: изометрическое с подветкой любого вертикального сечения, точно-растровое и другие формы представления.

Помимо описания указанных систем, в диссертации рассмотрены различные варианты системы представления данных на экране цветной ЭЛТ, часть из которых была опробована автором.

В пятой главе рассматривается общая структурная схема многомерного измерительного комплекса, создаваемого в НИИАРе на базе стандартных ЗУ на магнитных барабанах (рис.7).

В настоящее время введена в строй первая очередь комплекса-ветвь регистрации с ЗУ динамического типа, обеспечивающая многомерные и одномерные измерения с общим числом каналов 8192. Блоки кодирующих устройств и входной коммутатор I позволяют проводить до 4-х независимых экспериментов. Опрос кодировщиков и запись событий в ПЗУ может производиться поочередно или по приоритетному принципу. Централизация систем ЗУ и ПЗУ позволила значительно упростить регистратор, сократить объем оборудования и расширить возможности в отдельно взятом эксперименте.

С помощью выходного коммутатора производится вывод всего содержимого ЗУ или любой его части на осциллографическую трубку, цифropечать или на ЦВМ с целью обработки информации. Вывод данных осуществляется без прерывания процесса накопления. Все операции по выводу информации, проверке работоспособности системы и т.д. производятся с пульта управления комплекса.

Система вывода данных на цветную ЭЛТ не связана с выходным коммутатором, что обеспечивает постоянный просмотр всего содержимого ЗУ.

Комплекс оборудован световым карандашом, с помощью которого на отдельном сечении многомерного спектра может быть выбран любой канал. При этом адрес канала и его содержимое в

десятичной форме представляется на световом табло. В режиме работы с карандашом используется блок двоично-десятичного преобразования чисел, предназначенный для системы вывода данных на цифropечать. С помощью светового карандаша в выбранный канал ЗУ может быть записано любое число.

Возможности комплекса будут существенно расширены с введением в строй второй очереди - регистратора со статическим ЗУ на базе накопителя на магнитном барабане ЦВМ БЭСМ-4, который позволит проводить измерения с числом каналов до 50000. Нарращивание емкости комплекса может производиться без прерывания экспериментов, использующих аппаратуру первой ветви регистрации.

В приложении I приведены блок-схемы основных узлов регистратора, разработанного на базе магнитного барабана ЦВМ БЭСМ-4. Приведены также необходимые изменения и дополнения в электронных схемах накопителя.

В приложении II описывается динамическая система памяти на магнитном барабане ЦВМ М-20 и отмечаются отличительные конструктивные и схемные особенности этой системы.

В приложении III приводится описание функциональных и принципиальных схем ПЗУ на магнитострикционных линиях задержки с последовательно-параллельной и параллельной записью кодов.

В приложении IV дан обзор по технике применения магнито-стрикционных линий задержки и методам устранения влияния температурных изменений величины задержки таких линий.

В приложении V приведен текст программы, описывающей процесс обслуживания в системах ПЗУ-ЗУ циклического типа.

Основные результаты выполненных и рассмотренных в диссертации работ заключаются в следующем:

1. Показано, что применение стандартных ЗУ циклического типа на магнитных барабанах, используемых в настоящее время в отечественных ЦВМ, позволяет построить экономичные и достаточно быстродействующие многомерные системы регистрации с интегрированием данных на десятки и сотни тысяч каналов.

2. Предложен и проверен способ организации статического ЗУ, обеспечивающий высокие частоты обращения в ЗУ при незначительных изменениях в стандартной системе и небольшом объеме

дополнительного оборудования. На базе стандартного накопителя на магнитном барабане ЦВМ БЭСМ-4 разработана система регистрации с емкостью 50 тысяч каналов.

3. Усовершенствована система динамической памяти на стандартном барабане [5,6]. В результате объем оборудования уменьшен вдвое.

4. Автор обратил внимание на сильную зависимость скорости регистрации от емкости ПЗУ в системах с циклическими ЗУ и показал, что при условии достаточно высокой частоты обращения для случайных чисел, с целью увеличения скорости и эффективности регистрации необходимо прежде всего увеличивать емкость ПЗУ.

5. Разработаны и реализованы простые схемы промежуточной памяти большой емкости на магнитоотрицательных линиях задержки и показаны преимущества этих ПЗУ.

6. Выведены аналитические выражения для расчета потерь в системах с циклическими ПЗУ.

7. Составлена программа, позволяющая исследовать счетные характеристики систем ПЗУ-ЗУ циклического типа.

8. На основе указанной программы исследованы потери счета в системах с различной структурой ЗУ и ПЗУ и формой регистрируемого спектра.

9. Разработана и впервые реализована система цветного представления многомерных данных и создана система вывода, обеспечивающая разнообразные формы представления данных на ЭЛТ.

10. Под руководством и при непосредственном участии автора разработан и построен многомерный измерительный комплекс (первая очередь).

II. На указанной аппаратуре проведен ряд исследований [15,16].

Основная часть материалов диссертации докладывалась на научно-технических конференциях по ядерной электронике и рассмотрена в работах [4,8-10,13,14].

## Л и т е р а т у р а

1. Цитович А.П. Ядерная электроника. Изд. МИФИ, ч.2, М. (1965) 296-318.
2. Оффенгенден Р.Г., Шалейко М.А. Труды VI конференции по ядерной радиоэлектронике, т.3, ч.2, Атомиздат, М. (1965) 52-65.
3. Пузанов В.В., Штраних И.В. Электроника в физическом эксперименте. Труды ФИАН, т.42, Изд. "Наука", М. (1968) 44-52.
4. Голушко В.В., Шиманский А.М. Система регистрации на базе стандартного магнитного барабана. ПТЭ, № 1, 1970 (печати).
5. Shtranikh I.V. et al. Laboratory Measuring-Registering Centre. Electronique Nucleaire, Paris (1963) 587.
6. Клабуков А.М., Штраних И.В. /3/, 53-57.
7. Розенберг В.Я., Прохоров А.И. Что такое теория массового обслуживания, Изд. "Сов.радио", М. (1965).
8. Голушко В.В., Усыченко В.Г., Штраних И.В. Характеристики потерь счета системы промежуточной и основной памяти динамического типа. Препринт НИИАР, 1970 (в печати).
9. Голушко В.В., Шиманский А.М., Штраних И.В. Промежуточное запоминающее устройство на магнитоотрицательных линиях задержки. ПТЭ, № 4 (1969) 70-73.
10. Голушко В.В., Шиманский А.М., Штраних И.В. Промежуточное запоминающее устройство на магнитоотрицательных линиях задержки с параллельной записью кодов. Препринт НИИАР, № 45, Мелекес (1969); ПТЭ, № 1, 1970 (в печати).

11. Федоров Ю.Д. Диссертация, ФИАН (1969).
12. Пузанов В.В., Штрених И.В., Матвеев А.Т.  
ПТЭ, № 3 (1966) 82.
13. Голушко В.В., Класуков А.М., Штрених И.В., Шиманский А.М.  
Система наблюдения многомерных данных на цветной ЭЛТ.  
Труды 7-й конференции по ядерной радиоволноведению,  
1967 (в печати).
14. Голушко В.В., Штрених И.В., Шиманский А.М.  
Системы вывода многомерных данных на цветную ЭЛТ.  
Препринт НИИАР, № 15 (1968).
15. Басова Б.Г., Иванов О.И., Кушнер Ю.А., Шиманский А.М.  
Угловые измерения осколков деления в ионизационной  
камере. Препринт НИИАР, № 3, Мелекес (1967).
16. Иванов О.И., Кушнер Ю.А., Смиренин Г.Н.  
Многопараметровые исследования анизотропии выхода  
 $\gamma$  - квантов при делении  $^{235}\text{U}$  - 235.  
Препринт НИИАР, № 5, Мелекес (1968).

Подписи к рисункам

- Рис. 1. Потери счета в системе циклического ПЗУ при  
различной предельной частоте обращения в ЗУ.  
- - - динамическая система ( $\xi = \infty$ )  
— статическая система.
- Рис. 2. Упрощенная блок-схема ПЗУ на линиях задержки.
- Рис. 3. Потери счета в системе ЗУ-ПЗУ динамического типа.  
- по формулам (5)  
- по формуле (6)
- Рис. 4. Влияние цикла ПЗУ и дополнительных регистров на  
потери счета в системе ЗУ-ПЗУ динамического типа.
- Рис. 5. Влияние формы спектра на потери счета в различных  
системах циклической памяти.  
1,4 - равномерный спектр  
2,3 и 5,6 - экспоненциальный спектр
- Рис. 6. Потери счета в системе ЗУ-ПЗУ динамического типа  
при различном числе "+1", прибавляемых за время  
цикла ЗУ в каждый канал. Спектр типа "гребенки".  
— - - 32 пика  
- - - 16 пиков  
- - - 8 пиков
- Рис. 7. Блок-схема многомерного измерительного комплекса.

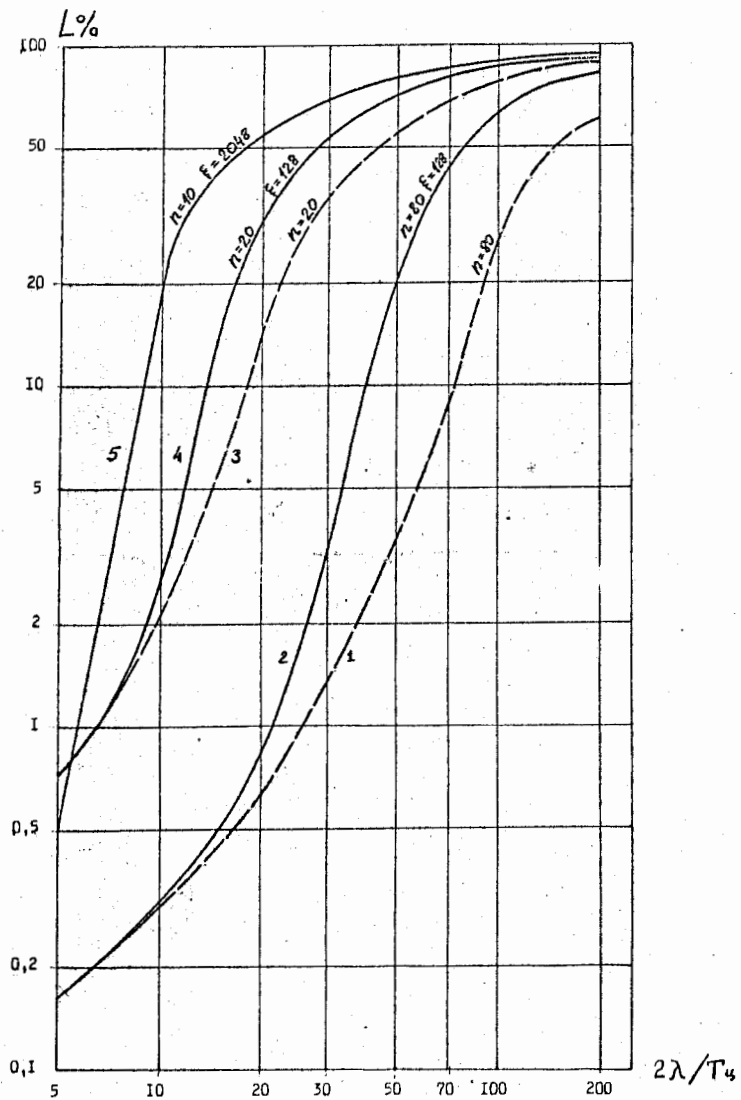


Рис. 1.

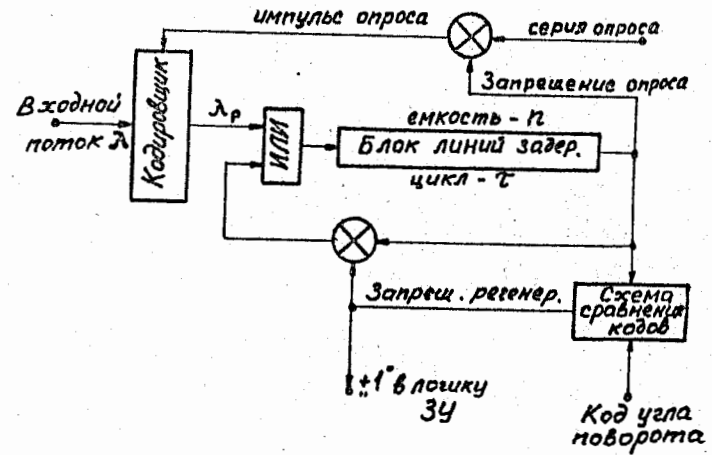


Рис. 2.

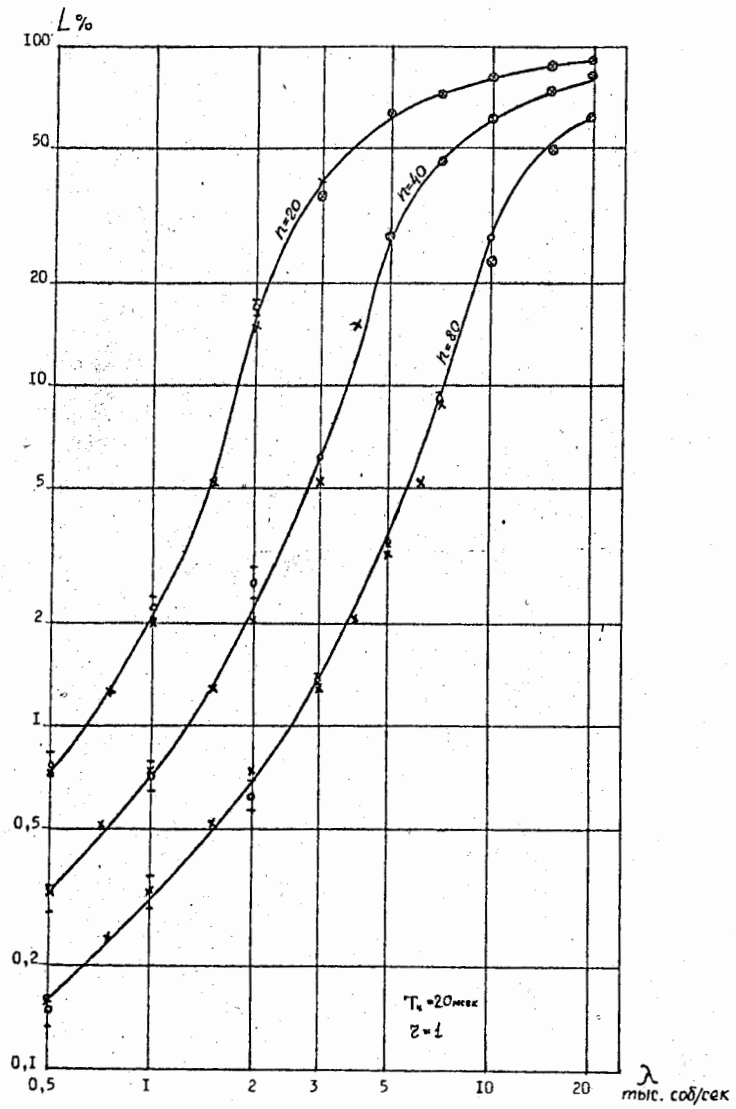


Рис. 3.

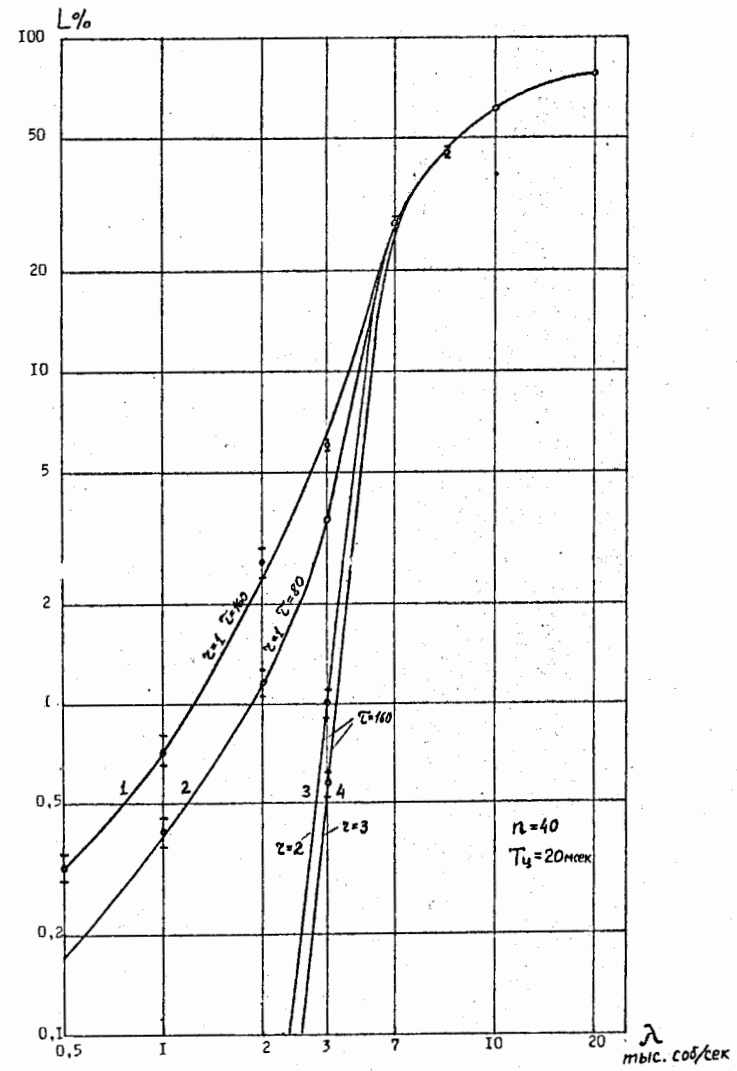


Рис. 4.

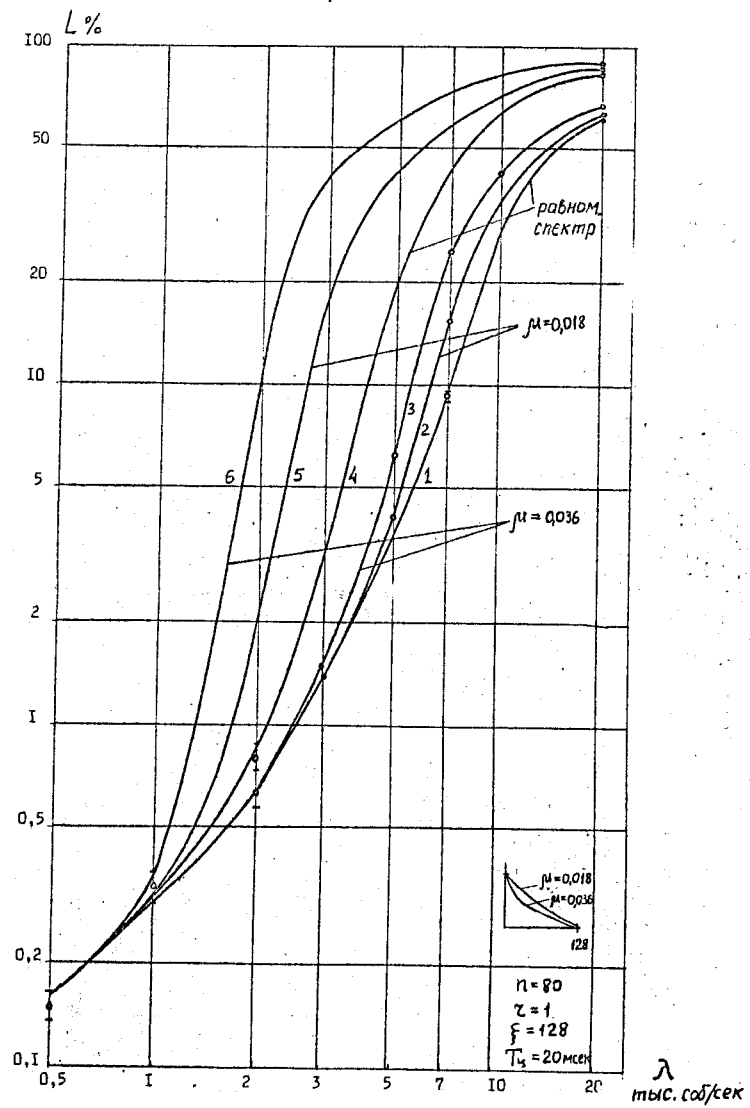


Рис. 5.

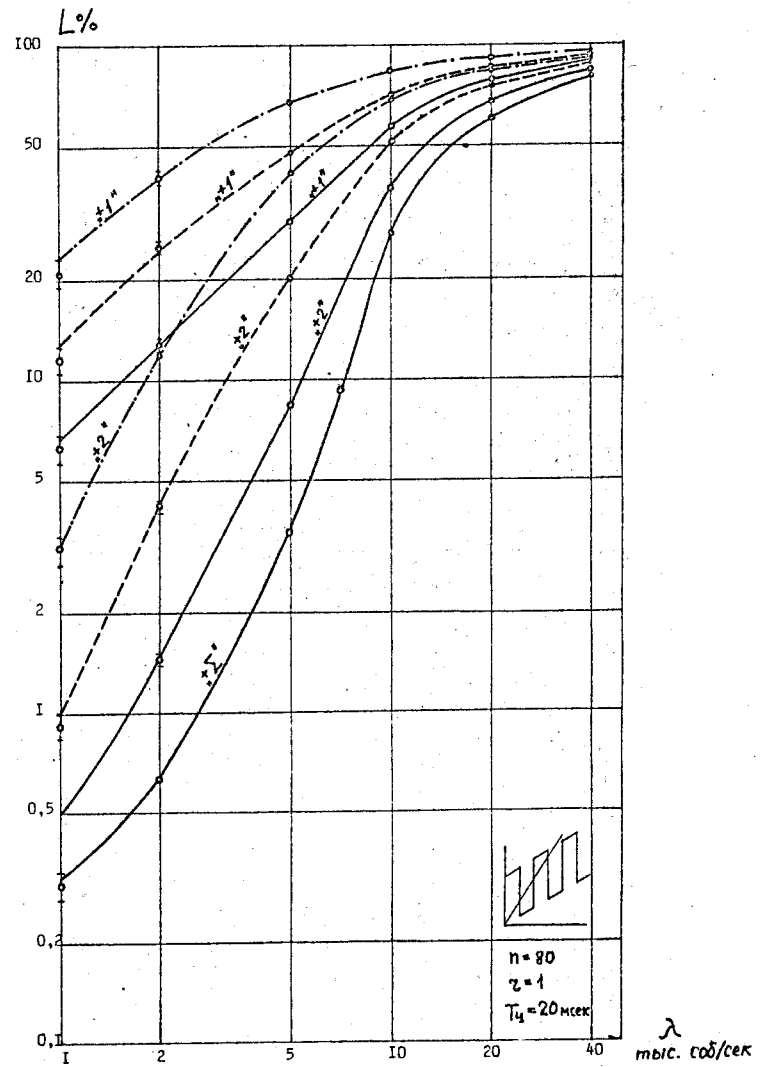


Рис. 6.

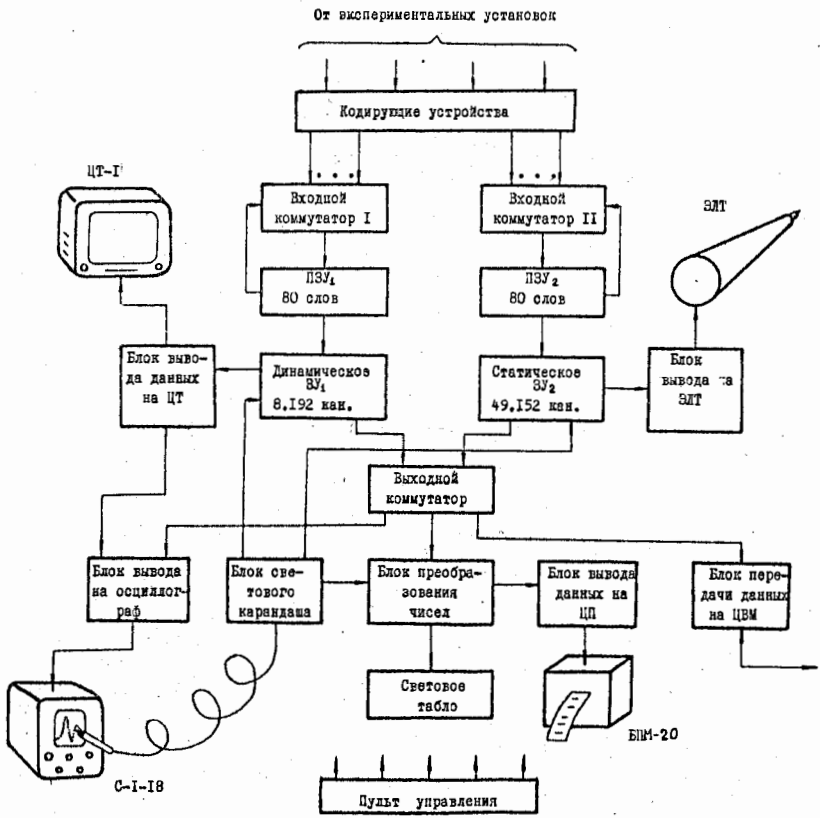


Рис. 7.