

46845
Ш-55

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

В.Д.Шibaев

10 - 3636

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ЗАПОМИНАНИЯ
СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

260. Приборы экспериментальной физики

Автореферат диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Дубна 1967 г

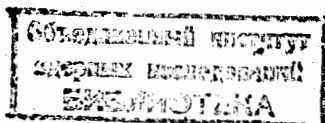
В.Д.Шибаяев

10 - 3636

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ЗАПОМИНАНИЯ
СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

260. Приборы экспериментальной физики

Автореферат диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук



Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики
Объединенного института ядерных исследований

Научный руководитель: кандидат технических наук

Г.И.ЗАБИЯКИН

Официальные оппоненты:

доктор технических наук

А.П.ЦИТОВИЧ

кандидат технических наук

С.И.ЧУБАРОВ

Ведущее предприятие:

Физический институт АН СССР им.Левбедева

Автореферат разослан " " _____ 1968г.

Защита диссертации состоится " " _____ 1968г.

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

Ю.Т.ЧУБУРКОВ

Исследование структуры атомного ядра, а также другие
ядерно-физические исследования связаны с различного рода изме-
рениями, дающими как качественную, так и количественную оценку
характера происходящих процессов. Статистический характер
распределения событий во времени и конечное мертвое время
спектрометрической установки приводят к появлению потерь счета
и искажению регистрируемых спектров, что в ряде экспериментов
приводит к нарушению правильного представления о закономерно-
стях в исследуемых ядерно-физических процессах.

Использование устройств промежуточной памяти (УПП)
позволяет уменьшить возникающие в спектрометрических установках
потери счета, что обеспечивает минимальные искажения реги-
стрируемых спектров. В связи с этим вопросы использования УПП
в спектрометрических установках ядерной физики, вопросы построения
самих УПП в зависимости от условий работы спектрометра,
а также оценка потерь счета УПП в различных режимах работы,
связанная с выбором характеристик УПП (быстродействие, емкость,
характер опроса и т.д.), представляют определенный интерес как
для анализаторной техники, так и для техники вычислительных
машин, если принять во внимание все большее включение вычисли-
тельной машины непосредственно в физический эксперимент.

Специфические условия работы импульсного реактора ЛНФ
ОИЯИ потребовали при создании Лабораторного измерительного
центра анализа ряда теоретических вопросов УПП.

Использование магнитной ленты в качестве памяти для
многопараметрового анализа в измерительном центре ЛНФ при
пульсирующем характере поступления информации привело к иссле-
дованию вопросов УПП, связанных с равномерной записью при
наибольшей плотности многопараметровых кодов на непрерывно
движущуюся магнитную ленту.

Наконец, включение цифровой вычислительной машины (ЦВМ) непосредственно в эксперимент в Лабораторном измерительном центре ДНФ ОИЯИ потребовало теоретического анализа работы в этих условиях устройств промежуточной памяти.

В диссертации обобщен опыт работы автора в ядерной радиоэлектронике по разработке теоретических вопросов и созданию ряда устройств промежуточной памяти и многопараметровых спектрометрических установок.

Глава I

УСТРОЙСТВА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ПАМЯТИ В СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

В этой главе рассматриваются вопросы использования устройств промежуточной памяти в спектрометрических установках ядерной физики, основу которых чаще всего составляют многоканальные анализаторы /1,2/. Чтобы обеспечить работу спектрометрической установки без потерь или, вернее, снизить их до пренебрежимо малой величины (например, до 1%) без увеличения максимальной скорости приема информации основной памяти, используют устройства промежуточной памяти. Идея их применения заключается в том, чтобы изменить характер поступления сигналов во времени. Впервые эта идея была предложена и реализована в 1954 году И.В.Штранихом и И.Д.Муриным /23/.

Устройства промежуточной памяти в спектрометрических установках обычно ставятся перед тем блоком (или устройством), мертвое время которого является определяющим для всей установки. В зависимости от характера запоминаемой информации УПП делятся

на аналоговые и цифровые. Так как при измерении энергетических спектров по методу времени пролета устройством с определяющим мертвым временем является основная память, которая принимает информацию в виде цифровых кодов, то в спектрометрических установках, созданных для исследований по этой методике, используются цифровые УПП.

Используемая в спектрометрической установке основная память (ОП) может быть двух типов:

- ОП периодического типа (например, магнитный барабан), обулавливающая прием кодов из УПП соответствием собственному адресному коду;

- ОП непериодического типа (например, запоминающие устройства на ферритовых кольцах, магнитной ленте и т.д.). ОП второго типа получили наибольшее распространение в многоканальных спектрометрических установках.

В работе приводится обобщенная структурная схема цифрового УПП с основной памятью непериодического типа /3/.

Так как основной частью его является память, которая может быть выполнена на различных запоминающих элементах, проводится сравнительная оценка используемых запоминающих элементов, а также схем выбора их.

В этой главе рассматриваются также вопросы обзорного характера, относящиеся к применению устройств промежуточной памяти в спектрометрических установках с запоминанием информации в ЦВМ /4/.

Приведенный в диссертации обзорный материал позволяет отметить некоторые особенности использования УПП для согласования ЦВМ с источниками экспериментальной информации по сравнению с анализаторной техникой.

АНАЛИЗ ПРОСЧЕТОВ УСТРОЙСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ПАМЯТИ

При анализе просчетов устройств промежуточной памяти автором проведена классификация подобных устройств с учетом условий работы спектрометрической установки и тех её характеристик, которые определяют просчеты устройства (в работе рассматриваются УПП в спектрометрических установках с ОП неперiodического типа) /3/.

В настоящее время наиболее полно изучены два частных случая, когда УПП непрерывно принимает информацию и передает её также непрерывно в основную память ("разравнивающий" режим) и когда информация в УПП поступает импульсно в течение определенного интервала времени t_1 , а передается в основную память в паузах между интервалами регистрации ("накопительный" режим).

С точки зрения теории массового обслуживания, устройства промежуточной памяти в разравнивающем режиме являются одно-канальными системами смешанного типа (т.е. с ожиданием и с потерями) или, как их еще называют, системами массового обслуживания с ограниченной очередью. При расчете УПП обычно предполагают, что поток событий на входе системы является простейшим.

Для систем подобного типа основным показателем будут относительные потери устройства (вероятность отказа пришедшему событию в регистрации главным образом из-за конечной емкости устройства). В общем случае относительные потери УПП: зависят от интенсивности потока n_0 , мертвого времени по входу

$t_{вх}$, емкости УПП m и мертвого времени основной памяти t_m . Можно добиться, чтобы $t_{вх}$ было меньше мертвого времени детекторной аппаратуры, тогда влиянием $t_{вх}$ можно будет пренебречь.

Расчет УПП сводится к нахождению характеристики потерь устройства, которую можно выразить в виде функциональной зависимости $r = f(n_0, t_m)$. Эти характеристики были просчитаны в некоторых работах /5-8/, в том числе и в одной из работ автора /3/. В этой работе, а также в работе /7/ были проведены наиболее общие расчеты потерь устройств промежуточной памяти в разравнивающем режиме. Рассмотрены два способа опроса: циклический ($t_{опр} \geq t_m$) и нециклический.

Проводится сравнение относительных потерь счета УПП при циклическом ($r_{ц}$) и нециклическом ($r_{н}$) опросе при одинаковой интенсивности n_0 и одинаковой емкости УПП m /3/:

$$r_{н} = \frac{\lambda r_{ц}}{1 + \lambda r_{ц}} \quad (1)$$

или при $\lambda r_{ц} \ll 1$

$$r_{н} = \lambda r_{ц} \quad (2)$$

В диссертации рассматривается и более общий случай циклического опроса, когда $t_{опр} < t_m/3$.

Относительные потери счета в этом случае можно записать как

$$r = 1 - \frac{1}{\lambda + \frac{\alpha}{\sum_{j=0}^m A_{m-j} L_{j+1}}} \quad (3)$$

где

$$\alpha = N_0 T_{опр}$$

$$A_k = \sum_{j=1}^k \frac{(-j\lambda)^{(k-j)}}{(k-j)!} e^{j\lambda}$$

$$L_k = \sum_{j=k}^{\infty} \frac{\lambda^j}{j!} e^{-\lambda}$$

$$\lambda = N_0 t_m$$

Следует отметить, что разравнивающий режим УПП применяется в том случае, когда $\lambda = N_0 t_m$ не превышает $0,8 + 0,9$.

Если $\lambda \geq 1$, то для уменьшения просчетов системы используют предварительную группировку событий по входу.

В ряде случаев (например, при накоплении в оперативной памяти цифровой вычислительной машины (ЦВМ) неотсортированной информации) необходимо производить считывание из УПП события группами по k событий. В случае, если в УПП содержится меньше, чем k событий, считывание не производится. В случае циклического опроса со стороны основной памяти скорость регистрации событий можно выразить как отношение /9/:

$$N_p = \frac{k \sum_{i=k}^m P_i}{r}, \quad (4)$$

где P_i - вероятность того, что в момент времени, непосредственно предшествующий импульсу опроса, в УПП содержится i импульсов.

Интересующие нас относительные потери счета системы будут

$$r_{sp} = 1 - \frac{k \sum_{i=k}^m P_i}{N_0 r} \quad (5)$$

Входящие в это равенство P_i находятся решением системы уравнений, описывающих вероятности состояния системы в моменты времени, непосредственно предшествующие опросу УПП.

Для нескольких конкретных случаев были проведены расчеты, результаты которых представлены на рис. I в виде семейства кривых, характеризующих относительные потери счета как функцию λ , m и k . Для сравнения на этом же рисунке пунктиром показаны зависимости $r = f(\lambda, m)$ для УПП в разравнивающем режиме без группировки кодов /6/.

Результаты проведенных расчетов были использованы автором при разработке многопараметровой спектрометрической установки (МПСУ) с выводом информации на ЦВМ БЭСМ-3М (см. ниже).

В случае нециклического опроса при групповом обслуживании передача событий из УПП происходит также группами по k событий. Если число событий в УПП меньше k , непрерывность передачи нарушается, и система ждет прихода недостающего до k числа событий. Относительные потери счета определяются в этом случае как

$$r_{гр.н} = 1 - \frac{k}{\lambda \left(1 + \frac{T_{св}}{T_{зан}} \right)} \quad (6)$$

где $T_{св}$ - математическое ожидание интервала времени свободного состояния УПП, т.е. состояния УПП, свободного от считывания, когда УПП содержит меньше событий;

$T_{зан}$ - математическое ожидание времени занятого состояния (в течение которого обеспечивается непрерывность считывания групп событий).

Исследование характеристик УПП этого типа, проведенное автором в приложении к диссертации, показывает, что расчет потерь УПП в общем виде является довольно сложной задачей. Более простое решение получается в частном случае, когда $m = k$, т.е. передача информации в основную память производится в момент заполнения всей емкости УПП. Освобождение УПП производится одним тактом считывания. Устройства подобного типа ставятся не только для согласования числа разрядов получаемого из аналого-цифровых преобразователей кода с числом разрядов ячейки основной памяти (например, МОЗУ ЦВМ), но к этому же типу устройств относятся УПП типа "пинг-понг" (две зоны памяти, выделяемые в МОЗУ ЦВМ и поочередно заполняемые информацией. Информация также поочередно по заполнении каждой зоны переписывается на магнитную ленту). В этом случае

$$T_{зан} = \frac{r_M}{\sum_{i=0}^{k-1} v_i(r_M)} \quad (7)$$

$$T_{\text{св}} = \frac{\sum_{i=0}^{k-1} (k-i) v_i(r_m)}{N_0 \sum_{i=0}^{k-1} v_i(r_m)} \quad (8)$$

Здесь $v_i(r_m)$ - вероятность поступления в систему событий за интервал времени r_m .

Учитывая выражения (7) и (8), формула для определения потерь в УПП (6) переписывается в следующем виде:

$$r_{\text{гр.н.}}^{(m-k)} = 1 - \frac{k}{\lambda + \sum_{i=0}^{k-1} (k-i) v_i} \quad (9)$$

При импульсном характере поступления информации в ряде случаев выгодно использовать устройства промежуточной памяти накопительного типа, когда считывание происходит только в паузах между поступлениями информации. Применение УПП в таком режиме работы требует в ряде случаев достаточно большой емкости устройства, что затрудняет создание достаточно малого мертвого времени по входу УПП $r_{\text{вх}}$. Уменьшения мертвого времени в этих случаях можно достигнуть, применяя систему, состоящую из двух относительно медленных устройств, принимающих информацию поочередно. Просчеты в этом случае за счет конечного мертвого времени по входу (при условии, что входящий поток является простейшим) можно оценить по формуле Эрланга /10/.

На основании этой формулы автором были просчитаны и построены графики зависимости относительных потерь системы от произведения $n_0 r_m$ для $K = 1, 2, 3$ (рис.2) где k - число подобных устройств. Можно видеть, что при $K = 2$, $n_0 = 10^4$ имп/сек и $r_m = 15$ мксек относительные потери такой системы не превышают 1%, что эквивалентно применению УПП с $r_{\text{вх}} = 1$ мксек.

Автором было предложено использовать подобную систему из двух запоминающих устройств, работающих поочередно, в

качестве УПП для многопараметрового анализатора на магнитной ленте МАГ-2 /II, I2/.

Приведенные в ряде работ /1/ расчеты относительных потерь УПП в накопительном режиме за счет конечной емкости УПП дают усредненную оценку потерь системы вообще, тогда как в некоторых экспериментах (например, по времяпролетной методике) большое значение имеют потери в отдельных временных каналах. Очевидно с возрастанием номера временного канала потери будут возрастать. Максимальные потери будут в последних временных каналах.

Если считать, что отрезок времени Δt , равный временному каналу, достаточно мал, то, исходя из пуассоновского распределения событий на входе, вероятность поступления в этом отрезке двух или более событий является величиной порядка $(\Delta t)^2$ и может не учитываться. Поэтому упрощенную формулу относительных потерь в отдельном временном канале можно записать так /3/:

$$r_n = \sum_{i=0}^{\infty} v_{m+1}[(n-1)\Delta t], \quad (10)$$

где $v_i[(n-1)\Delta t]$ - вероятность того, что в интервале, предшествующем данному (n -ому) временному каналу, поступит i импульсов.

На рис.3 приведены рассчитанные автором по этой формуле кривые относительных потерь для различной емкости (m) УПП.

В случае работы УПП в накопительном режиме с основной памятью типа непрерывно движущейся магнитной ленты полное очищение устройства приведет к уменьшению заполнения ленты информацией, т.к. число импульсов, накопленных в каждом цикле, будет статистически меняться около некоторого среднего значения n_1 , равного $n_0 T_1$. Поэтому автором было предложено неполное очищение УПП с передачей в основную память за каждый цикл

равных количеств событий /II/. В этом случае имеет место "вторичное" разравнивание информации между циклами. Характеристики УШ при работе в этих условиях были получены в работе Г.И.Забиякина и Г.А.Ососкова /I3/.

Большой интерес представляют характеристики УШ в более общем случае - в случае импульсно-разравнивающего режима. Ввиду сложности аналитического решения задачи для определения характеристик УШ в этом режиме при непосредственном участии автора была создана модель УШ, позволяющая изменять практически все параметры УШ и тем самым задавать различные режимы работы /I4/. На рис.4 приведены кривые относительных потерь УШ в зависимости от изменения этих параметров, снятые с помощью модели УШ.

Глава III

УСТРОЙСТВА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ПАМЯТИ В ИЗМЕРИТЕЛЬНОМ ЦЕНТРЕ ЛНФ ОИЯИ

В этой главе описываются разработанные автором устройства промежуточной памяти, используемые в Лабораторном измерительном центре ЛНФ ОИЯИ. Кроме того, дается краткое описание разработанных при непосредственном участии автора многопараметровых анализаторов с памятью на магнитной ленте.

Основными физическими исследованиями в измерительном центре (ИЦ) ЛНФ являются временные измерения и, как дальнейшее развитие их с целью получения наиболее полной информации об изучаемых физических явлениях, многопараметровые (время - амплитуда, время - номер датчика и т.д.) измерения. Для целей временного анализа в ИЦ используются магнитные запоминающие устройства на ферритах на 2048-4096 каналов с временем обращения $16 + 30$ мксек. При этом используются УШ небольшой

емкости ($2 + 8$ слов) с достаточно высоким быстродействием, работающие в разравнивающем режиме.

Многопараметровые измерения, дающие гораздо больший объем информации, проводятся с использованием накопителей на магнитной ленте, имеющих меньшую скорость обращения. Учитывая импульсный характер поступления информации, обусловленный работой импульсного реактора ЛНФ, для целей многопараметрового анализа были разработаны устройства промежуточной памяти сравнительно большой емкости ($30 + 60$ слов), работающие в накопительном режиме.

Для временного анализа были созданы два устройства промежуточной памяти (УШ-1 и УШ-2). Ниже приводятся их характеристики.

УШ-1 /I5/.	Емкость	- 2 слова,
	число разрядов	- 12,
	мертвое время	- 1 мксек,
	период опроса	- 4 мксек,
	мертвое время основной памяти	- 20 мксек.

В качестве запоминающих элементов использованы ферритовые кольца с перематчиванием полным током при записи и при считывании.

УШ-2	Емкость	- 8 слов,
	число разрядов	- 12,
	мертвое время	- 1 мксек.

Логика УШ позволяет работать как с циклическим (период опроса - 32 мксек), так и с нециклическим опросом. Запоминающими элементами являются ферритовые кольца.

Для целей многопараметрового анализа в Лаборатории нейтронной физики были разработаны три многопараметровых анали-

затора (МАГ-1, МАГ-2, МАГ-3). При непосредственном участии автора были разработаны функциональные схемы этих анализаторов, а также устройства промежуточной памяти. Ниже приводятся их характеристики.

МАГ-1 /17,18/. Эта установка была разработана для амплитудно-временных измерений с записью на 25-дорожечную магнитную ленту. Восемь дорожек предназначались для регистрации временного спектра (256 каналов), семь - для регистрации амплитудного спектра (128 каналов), четыре - для регистрации признака и одна дорожка стробирующая. Использовалось контрольное запоминающее устройство (КЗУ) на 256 каналов.

Характеристики УПП: Емкость - 6 слов,
число разрядов - 25,
мертвое время - 10 мксек.

УПП было выполнено на феррито-диодных сдвигающих регистрах.

МАГ-2 /19/. Эта установка имеет более высокие параметры по сравнению с МАГ-1. Она может работать в режимах амплитудного, временного, амплитудно-временного, а также время-номер детектора анализа. Запись производится на 20-дорожечную магнитную ленту. Имеется КЗУ на 512 каналов.

В целях уменьшения просчетов, вызванных мертвым временем по входу УПП $t_{вх}$, устройство промежуточной памяти в этой установке состоит из двух, работающих поочередно идентичных запоминающих устройств. Их характеристики:

Емкость - 30 слов,
число разрядов - 20,
мертвое время - 15 мксек.

Общая емкость УПП - 60 слов. Запоминающие устройства выполнены на основе ферритовых матриц типа "Москва".

МАГ-3 /20/. Эта система регистрации была создана на базе промышленного 20-дорожечного лентопротяжного механизма и является развитием ранее созданной системы МАГ-2 в направлении увеличения числа разрядов в регистрируемом слове до 36 (запись в две строки), введения контроля четности кодов при записи и считывании, расширения возможностей устройства отбора, автоматического регулирования скоростей транспортировки ленты при записи в зависимости от интенсивности поступающей информации, а также значительного расширения коммутационных и поверочных цепей регистратора. Используется два блока промежуточной памяти (УПП-5). Их характеристики:

емкость - 32 слова,
число разрядов - 20,
мертвое время при записи - 5 мксек,
мертвое время при считывании - 4 мксек.

Рассмотренные выше устройства промежуточной памяти (УПП-2 и УПП-5) являются стандартными блоками измерительного центра ЛНФ, выполнены малой серией и используются при разработке новых измерительных систем.

Глава IV

СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ НА БАЗЕ ЦВМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВНЕШНИХ УСТРОЙСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ПАМЯТИ

В этой главе диссертации описываются две спектрометрические установки, включающие ЦВМ, выполненные с участием автора, а также дается описание схем включения ЦВМ в этих установках.

Одна из них, выполненная в виде многотрактового измерительного центра /21/, включает в себя ЦВМ "Минск-2", дополненную двумя блоками магнитного оперативного запоминающего устройства

(МОЗУ), однотипными с используемыми в самой машине. На основе этих МОЗУ организованы два независимых шеститрактовых регистрирующих комплекса для приема поканальной сортировки и накопления спектрометрической информации.

Автономность и независимость экспериментов друг от друга достигается введением в каждый тракт отдельных УПП с постоянным периодом опроса, не зависящим от изменения характера работы по соседним измерительным каналам. В качестве УПП используются ранее созданные блоки (УПП-2). Не исключается возможность использовать и более медленные устройства промежуточной памяти (УПП-5) или комбинации этих устройств.

Все УПП многотрактового измерительного центра выполнены идентично и полностью взаимозаменяемы.

В 1967 году в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ при непосредственном участии автора была разработана многопараметровая спектрометрическая установка с непосредственным выводом информации в ЦВМ БЭСМ-3М /22/. Установка была создана для исследования упругого рассеяния протонов на протонах и ядрах в области высоких энергий. Она состоит из 64-х канального временного кодировщика, 128-канального амплитудного кодировщика, кодировщика номера детектора на 8 (или 16) входов, мониторинных счетчиков, а также УПП, необходимого для согласования установки со входом передающей линии и для группировки регистрируемых событий в машинное слово. УПП состоит из двух частей для записи соответственно двух групп кодов (коды "амплитуда + номер детектора" и коды "время + мониторы + признак"). Так как ширины каналов временного кодировщика достаточно велики, а интенсивность поступления событий на вход установки высока, то временной адрес присваивается не каждому событию, а сразу

группе событий, приходящих во время данного временного канала.

Основные результаты диссертации состоят в следующем:

1. Рассмотрены вопросы использования устройств промежуточной памяти в спектрометрическом тракте при ядерно-физических исследованиях; рассмотрены также способы построения УПП для спектрометрических установок различного типа (в том числе и с использованием ЦВМ); проанализирована обобщенная структурная схема для УПП в спектрометрических установках с основной памятью непериодического типа.

2. Систематизирован материал, на основании которого проведена классификация УПП по характеристикам, определяющим потери УПП, проведена оценка потерь УПП в различных режимах работы.

3. Проведены расчеты потерь УПП при групповом обслуживании при циклическом и нециклическом опросе. На основании расчетов построены кривые зависимостей относительных потерь УПП от приведенной интенсивности.

4. Проведено исследование УПП в импульсно-разравнивающем режиме с помощью специально разработанной для этого модели промежуточной памяти. Построены кривые, позволяющие определить характеристики системы для каждого конкретного случая. На основании полученных результатов была произведена оценка характеристик УПП для многопараметрового анализатора на магнитной ленте.

5. Предложен и обоснован с использованием теории массового обслуживания метод снижения потерь из-за мертвого времени по входу УПП за счет использования 2-х поочередно работающих запоминающих устройств, рассчитаны и построены кривые потерь для одного, двух и трех запоминающих устройств. Эти предложения были реализованы при создании УПП для многопараметрового анализатора МАГ-2.

6. Рассчитаны и построены кривые поканальных потерь УПП при работе в накопительном режиме в спектрометрических установках по методу времени пролета.

7. Создано два устройства промежуточной памяти для временного анализа, одно из которых используется во временном анализаторе на 2048 каналов, другое, изготовленное малой серией (8 штук), используется как во временном анализаторе, так и в многотрактовом измерительном центре на базе ЦВМ "Минск-2", разработанном при участии автора.

8. Созданы устройства промежуточной памяти для многопараметровых анализаторов МАГ-1, МАГ-2 и МАГ-3, разработанных при непосредственном участии автора.

9. Создано УПП для многопараметровой спектрометрической установки с выводом информации на ЦВМ "БЭСМ-3М" в экспериментах по изучению упругого рассеяния протонов на протонах и ядрах в области высоких энергий. Установка разработана при непосредственном участии автора.

10. Созданные устройства вошли в комплекс лабораторного измерительного центра ЛНФ и успешно используются в физических экспериментах на ИБРе, а также в экспериментах на синхрофазотроне Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Основные материалы диссертации докладывались на научно-технических конференциях и симпозиумах и опубликованы в виде отдельных статей и препринтов /3,4,9,11,12,14-22/.

Литература.

1. Д.А.Маталин, С.И.Чубурков, А.А.Иванов. Многоканальные анализаторы ядерной физики. Атомиздат, М., 1967.
2. А.П.Цитович. Ядерная электроника, МИФИ, 1965.
3. Б.Е.Журавлев, Т.Шетет, В.Д.Шibaев. Препринт ОИЯИ, 10-3120, Дубна, 1967.
4. Т.Шетет, В.Д.Шibaев. Препринт ОИЯИ, 10-3094, Дубна, 1966.
5. R.E.Bell. Canad. J.Phys. 34, 563 (1956).
6. T.K.Alexander, H.G.Reddering and I.M.Kennedy. CREL-779, Chalk River Ontario, Nov., 1959.
7. М.И.Ланин. Автоматика и телемеханика, 1964, 25, 9, 1344.
8. В книге А.Н.Синаева "Электронные системы многоканальных спектрометров ядерных частиц", М., Атомиздат, 1962 г.
9. Т.Шетет, В.Д.Шibaев. Препринт ОИЯИ, 10-3176, 1967.
10. В.Я.Розенберг, А.И.Прохоров. Что такое теория массового обслуживания. Сов.радио, 1962.
11. G.P.Zhukov, G.I.Zabiyakin, V.D.Shibayev. Electronique Nucleaire, 1963, Paris, p.575.
12. Г.П.Жуков, Г.И.Забиякин, В.Д.Шibaев. Препринт ОИЯИ, 1419, Дубна, 1963.
13. Г.И.Забиякин, Г.А.Ососков. ПТЭ, № 6, 1963, стр.73.
14. Г.И.Забиякин, Т.Шетет, В.Д.Шibaев. ПТЭ, № 5, 1966, стр.115.
15. Б.Е.Журавлев, В.Д.Шibaев. Препринт ОИЯИ, Б2-3321, Дубна, 1967.
16. Г.П.Жуков, Г.И.Забиякин, В.Д.Шibaев, И.В.Штраших. Многомерные системы регистрации на магнитной ленте с разравниванием статистики. Nuclear Electronics II, Vienna, 1961, p.61. Препринт ОИЯИ, 731, Дубна, 1961.
17. Г.П.Жуков, Г.И.Забиякин, В.Д.Шibaев и др. Препринт ОИЯИ, 1127, Дубна, 1962.
18. Г.П.Жуков, Г.И.Забиякин, В.Д.Шibaев. ПТЭ, 1963, № 6, 66.

19. Г.П.Жуков, Ш.И.Барилко, Г.И.Забиякин и др. Труды 6-й конференции по ядерной радиоэлектронике, т.3, ч.1 Атомиздат, М., 1965.
20. А.В.Андросов, А.А.Жаринов, Г.П.Жуков и др. Доклад на 7-й конференции по ядерной радиоэлектронике, Москва, 1967.
21. А.И.Барановский, В.А.Владимиров, Ф.Дуда и др. Препринт ОИЯИ, 10-3406, Дубна, 1967.
22. Г.И.Забиякин, Л.С.Золин, В.А.Никитин и др. Препринт ОИЯИ, 13-3397, Дубна, 1967.
23. А.Е.Воронков, Л.К.Кораблев, И.Д.Мурин, И.В.Штраних. Быстродействующий многоканальный анализатор, 1957, ВИНТИ П-57-16/1.

Рукопись поступила в издательский отдел
25 декабря 1967 г.

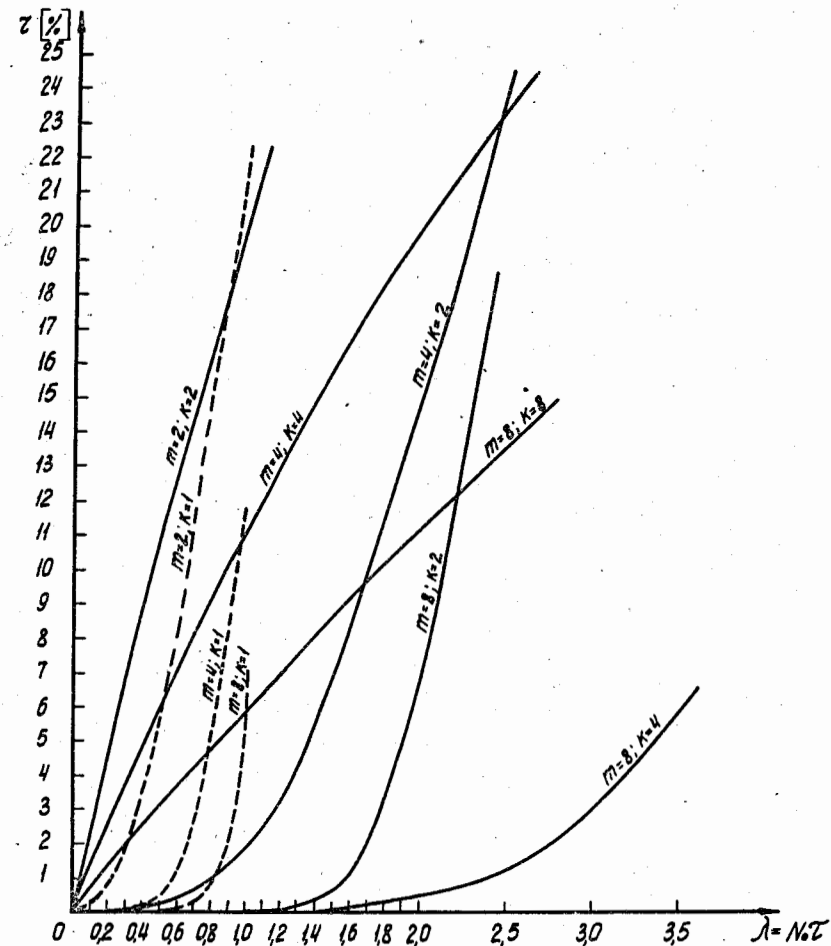
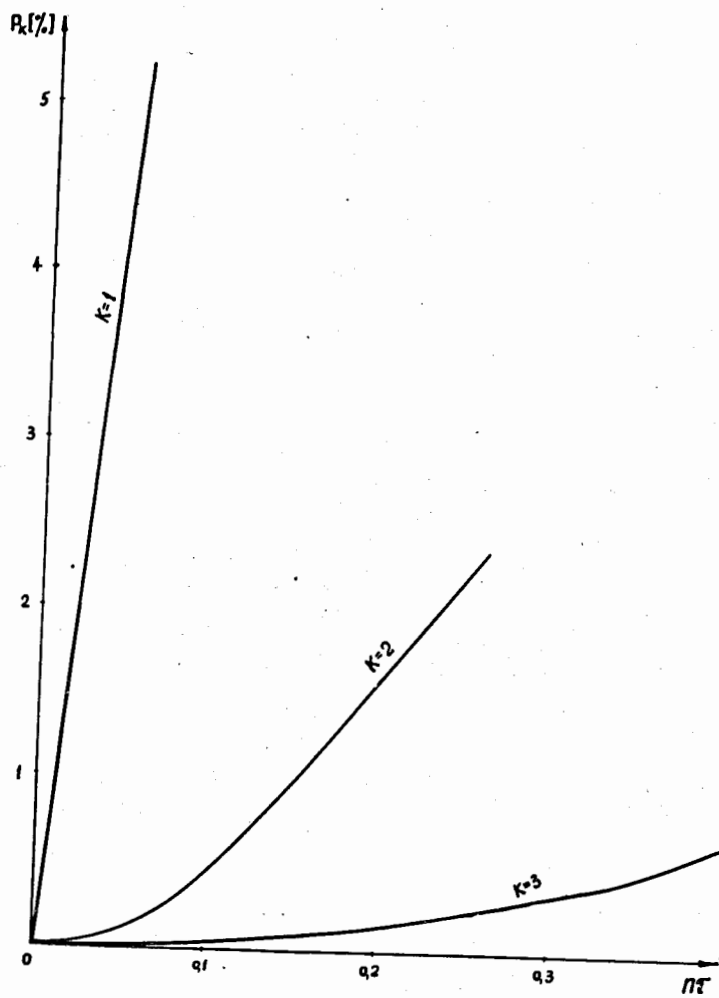


Рис. I Потери счета при групповом обслуживании с циклическим опросом.



Потери счета в системе из нескольких запоминающих устройств.

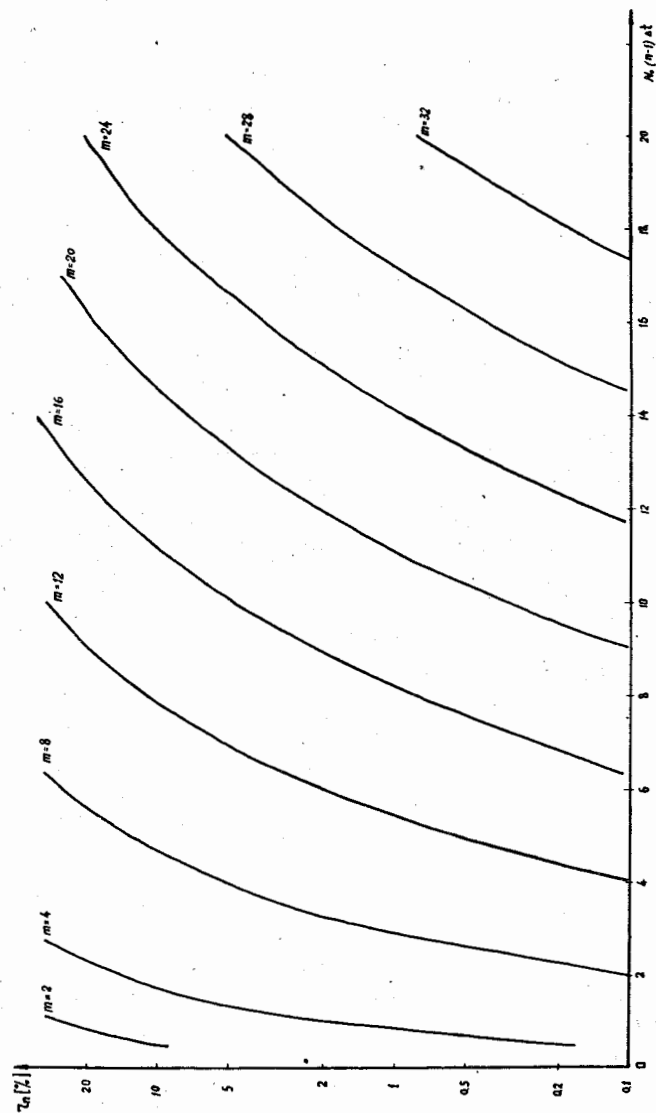


Рис. 3 Поканальные потери счета накопительных УЩ.

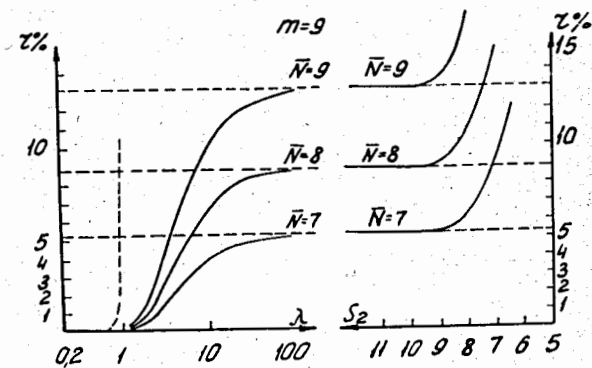
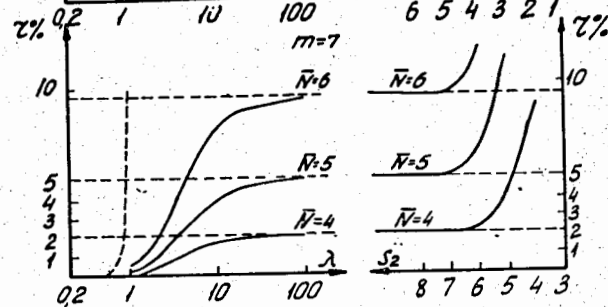
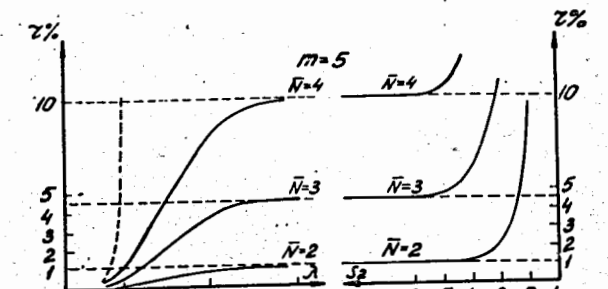
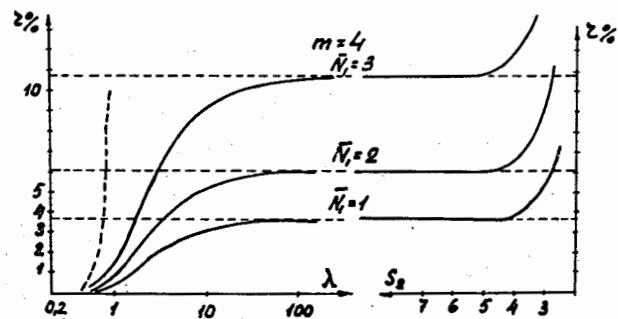
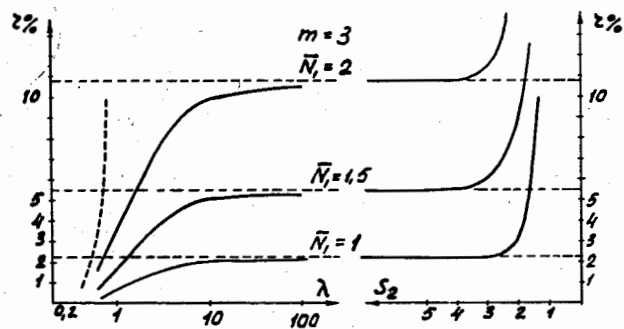
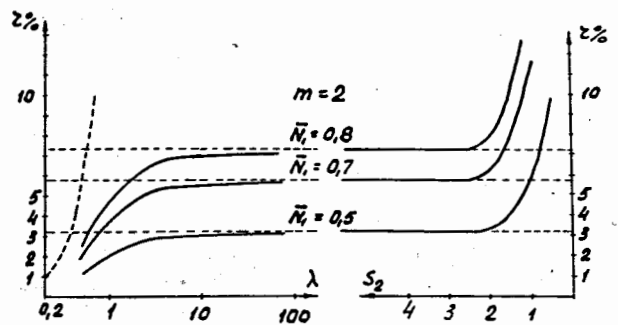


Рис.4б. То же, что и на рис. 4а ($m = 5, 7, 9$).

Рис.4а

Потери счета в общем случае импульсно-разравнивающего режима ($m = 2, 3, 4$).

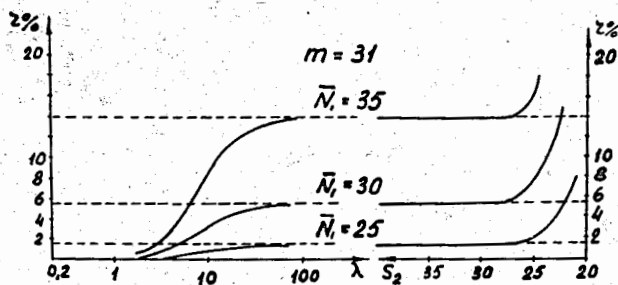
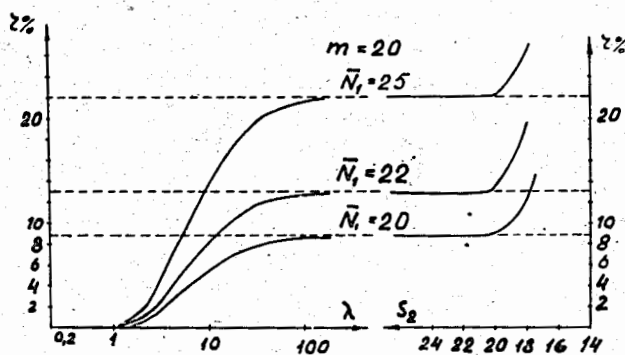
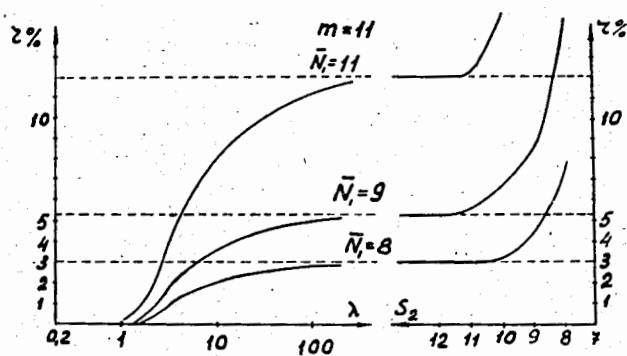


Рис. 4в. То же, что и на рис. 4а ($m=11, 20, 31$).