

15
3-12



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ
ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Г.И. Забиякин, Г.А. Ососков

1140

ОСОБЕННОСТИ МНОГОКАНАЛЬНЫХ
РЕГИСТРИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ
С ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ПАМЯТЬЮ
ПРИ ИМПУЛЬСНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ
ДТФЭ, 1963, № 6, с 73-77.

Г.И. Забиякин, Г.А. Ососков

1140

ОСОБЕННОСТИ МНОГОКАНАЛЬНЫХ
РЕГИСТРИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ
С ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ПАМЯТЬЮ
ПРИ ИМПУЛЬСНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ

Направлено в ПТЭ



Дубна 1962 год

1741/2 48'

А н н о т а ц и я

Рассматриваются вопросы применения промежуточной памяти в регистрирующих устройствах типа временных и многомерных анализаторов при импульсном режиме работы. Проводится анализ работы таких систем. Результаты анализа представлены в виде графиков, которые позволяют оценить необходимую емкость промежуточной памяти и быстродействие основной памяти в зависимости от интенсивности поступления регистрируемых событий и скажности работы системы. Вводится понятие "импульсной загрузки", которое является удобной характеристикой таких режимов работы.

Показано, что при импульсном режиме работы возможно применение относительно медленных систем основной памяти (магнитная лента) во временных и многомерных анализаторах на несколько тысяч каналов. В этом случае промежуточная память должна быть выполнена более емкой по сравнению с обычно применяемой, чтобы обеспечить условия двойного разравнивания статистически поступающей информации.

В в е д е н и е

Статистический характер физических процессов обусловил целый ряд особенностей регистрирующих приборов ядерной физики. Например, при оценке эффективности счетчиков частиц, обладающих конечным "мертвым" временем, учитывают, что распределение регистрируемых событий во времени подчиняется статистическим законам^{/1/}.

Расчеты при регистрации статистически распределенных импульсов могут быть значительно снижены, если счетчику будет предшествовать устройство, обладающее свойством запоминать на некоторое время информацию с целью приблизить распределение импульсов, поступающих на счетчик, к равномерному во времени^{/2,3/}. Такие устройства получили название промежуточной (предварительной) памяти или разравнивающего устройства.

Рассматривая временные, амплитудные и другие многоканальные анализаторы, как счетные системы с конечным "мертвым" временем, можно показать, что и для них справедливы основные выводы, сделанные для счетчиков частиц^{/4,5/}. Разравниванию, как и в предыдущем случае, подлежит случайное распределение во времени регистрируемых событий.

Последовательность кодов, характеризующих параметр исследуемого события, "разравнивается" в этом случае в промежуточной памяти так же, как импульсы в промежуточной памяти счетчиков. Иначе говоря, одновременно с накоплением происходит перезапись кодов из промежуточной в основную память анализатора с приблизительно постоянной скоростью.

Элементы промежуточной памяти представляют, в большинстве случаев, устройства типа регистров, число разрядов которых равно числу разрядов кода. Как показывает анализ, 5-7 элементов промежуточной памяти дают возможность "разравнивать" до 70-80 процентов статистической информации^{/4,5/}.

Дальнейшее увеличение числа элементов промежуточной памяти не дает существенного снижения "мертвого" времени. В связи с этим в многоканальных регистрирующих устройствах не нашли применения промежуточные памяти с числом элементов более $4-10$ ^{/4,5,6/}.

Указанные выше положения справедливы для работы регистрирующих устройств в непрерывном режиме, при условии равномерного статистического поступления исследуемых событий. Под последним условием мы понимаем равновероятное появление в среднем одного и того же количества импульсов в любые равные отрезки времени.

При ином, неравномерном поступлении исследуемых событий необходимо учитывать конкретную форму спектра, что может потребовать увеличения числа элементов промежуточной памяти^{/7/}.

Анализ работы регистрирующей системы в импульсном режиме работы, когда время

регистрации чередуется с паузами, требует учета ряда дополнительных факторов. Применение промежуточной памяти и учет импульсности в работе открывают новые возможности повышения эффективности регистрирующих систем.

Хотя импульсные регистрирующие устройства, например, такие как временные и многомерные анализаторы с промежуточной памятью успешно применяются в физических исследованиях, не существует до настоящего времени, насколько нам известно, анализа работы устройств в этом режиме. Оценка обычно производится для равномерного режима работы /4,5/. В связи с этим представляет интерес рассмотреть импульсный режим работы регистрирующей системы с промежуточной памятью в общем случае.

1. Работа промежуточной памяти при импульсном режиме

Система регистрации с промежуточной памятью может быть в общем виде представлена упрощенной блок-схемой (рис. 1). Основные временные соотношения, характеризующие импульсный режим работы, показаны на рис. 2.

Период работы регистрирующей системы (T) определяется обычно периодом работы источника излучения. Регистрация входных сигналов происходит в течение времени регистрации (T_i), составляющего часть периода работы. При этом скважность работы может быть представлена как

$$\frac{T}{T_i} = C. \quad (1)$$

Импульсный режим характерен тем, что коэффициент C много больше единицы.

Интенсивность поступления входных сигналов в общем случае является функцией времени $N_0(t)$ (рис. 2). Эта величина может претерпевать флуктуации от цикла к циклу работы. Для широкого круга физических задач можно считать, что флуктуации интенсивности от цикла к циклу подчиняются известным статистическим законам /8/.

Ввиду того, что регистрирующая система работает только часть периода (рис. 2), интенсивность во время i -го цикла можно характеризовать средней интенсивностью n_i за время регистрации (T_i). Тогда число импульсов, которое должно быть зарегистрировано системой за i -ый цикл будет равно

$$N_i = n_i T_i. \quad (2)$$

В связи с флуктуациями $N_0(t)$ в различных циклах величина N_i также будет меняться случайным образом от цикла к циклу. Эти случайные флуктуации можно считать для широкого круга задач подчиненными закону распределения Пуассона или при больших нагрузках - нормальному закону. Основным параметром этих законов распределения является среднее число событий \bar{N} , подлежащих регистрации за цикл. Величина \bar{N} оказывается удобной характеристикой интенсивности поступления входных сигналов при импульсном режиме работы. Она фактически определяет импульсную нагрузку регистрирующей системы. В ряде случаев импульсная нагрузка может быть непосредственно измерена или подсчитана по известному виду спектра.

Перезапись информации из промежуточной памяти в основную происходит с периодом

r . Можно для общности считать, что перезапись происходит независимо от записи в промежуточную память, т.е. происходит в течение всего периода T .

Первоначально не будем рассматривать возможные просчеты, вызванные устройствами на входе промежуточной памяти с конечным "мертвым" временем. Будем полагать, что это "мертвое" время мало, и им можно пренебречь. Учет "мертвого" времени входной цепи может быть проведен дополнительно^{/1/}.

Задача таким образом заключается в том, чтобы рассчитать число элементов промежуточной памяти (m) и период перезаписи (r) так, чтобы система (рис. 1) фактически не имела просчетов, точнее, вероятность просчета была малой, известной нам величиной.

При некотором установившемся режиме работы подведем баланс содержимого промежуточной памяти в какой-то произвольный момент времени, например, в момент i -го цикла. Говоря об установившемся режиме, мы предполагаем, что с момента начала работы прошло достаточно много времени и установилось некоторое стационарное состояние промежуточной памяти, при котором момент любого цикла может быть принят за начало отсчета числа циклов. В промежуточной памяти должны быть зарегистрированы все коды, поступившие на вход системы за время регистрации T_i в рассматриваемом i -м цикле, т.е. N_i . Кроме того, в промежуточной памяти от предыдущих циклов могут остаться коды, которые не были переданы в основную память к началу рассматриваемого цикла.

За каждый пикл из промежуточной памяти в основную может быть передано $S = \frac{T}{r}$ кодов. Однако возможны случаи, когда промежуточная память будет полностью освобождена еще до окончания цикла, и в течение нескольких периодов перезаписи в основную память не будет ничего передаваться.

Можно говорить о числе занятых элементов промежуточной памяти к концу периода регистрации (ξ), это число будет переменной случайной величиной и будет складываться из числа кодов, приходящих в данном цикле, и остатков от предыдущих циклов, если таковые имеются.

Для решения задачи необходимо знать закон распределения величины ξ , иначе говоря, при любом m уметь подсчитать вероятность того, что при заданной скорости передачи в основную память в каких-то циклах ξ превысит число элементов промежуточной памяти m .

Эта вероятность $P_s \{ \xi > m \}$ будет характеризовать просчеты регистрирующей системы за счет промежуточной памяти.

Аналитический подсчет закона распределения может быть проведен с помощью аппарата производящих функций аналогично тому, как это сделано в^{/9/}.

Проведенный анализ показал, что в частном случае, когда величины N_i распределены по закону Пуассона, результат выражается сложным образом через корни уравнения

$$e^{\lambda(z-1)} = Z^s, \quad (3)$$

находящиеся вне единичного круга в комплексной области.

При практических подсчетах оказалось более удобным воспользоваться методом статистического моделирования исследуемого процесса (методом Монте-Карло) на электронной цифровой вычислительной машине (ЭЦВМ). Подробное описание реализации этого метода излагается в Приложении; здесь мы ограничимся общим описанием схемы вычислений.

На ЭЦВМ вырабатывалась последовательность случайных чисел $N_1, N_2, \dots, N_k, \dots$, распределенных по закону Пуассона с параметром \bar{N} , имитирующих число кодов, подлежащих регистрации в каждом цикле.

Для определения величины ξ числа последовательности суммировались, причем в каждом пикле из этой суммы вычиталась величина S , когда сумма была больше S , а если сумма была меньше, чем S , то она считалась равной нулю.

Подсчитывалось сколько раз величина ξ принимает различные целочисленные значения в диапазоне от N до $(N + 50)$. После большого количества испытаний (50000 испытаний) подсчитывалось эмпирическое значение вероятности $P_s \{ \xi > m \}$ при m , больших \bar{N} .

Результаты вычислений представлены графически на рис. 3. Графики построены для разных импульсных нагрузок \bar{N} . По оси абсцисс отложены значения величины S — числа передач за один цикл, по оси ординат — величина просчета, т.е. значение вероятности $P_s \{ \xi > m \}$ в процентах. Параметром является число элементов промежуточной памяти m .

Можно отметить две характерные области на приведенных графиках. Во-первых, крутой спад в начальной части, когда скорость перезаписи из промежуточной в основную память недостаточна, и имеют место просчеты в основном за счет переполнения промежуточной памяти.

При относительно больших скоростях перезаписи (правая часть графиков) появляется насыщение, когда увеличение скорости перезаписи практически не снижает просчетов, промежуточная память освобождается задолго до окончания периода T .

Просчеты в этом случае обусловлены малой емкостью промежуточной памяти, которая не обеспечивает регистрации всех импульсов в течение времени регистрации T_r .

На графиках наглядно видно, что в случае малоемкой промежуточной памяти (например, $m = 10$ на рис. 3) затруднительно получить малые просчеты (например, меньше 2-3%). Для этого потребовалось бы неоправданно большая частота перезаписи, близкая к величине $\frac{\bar{N}}{T_r}$, т.е. такая, которая получается из оценки непрерывного режима работы $\frac{1}{5}$.

2. Параметры промежуточной памяти

При импульсном режиме работы и соответствующем выборе параметров промежуточная память может выполнять функции двойного "разравнивания". С одной стороны промежуточная память будет "разравнивать" статистически распределенные во времени события внутри цикла (в этом случае функции памяти аналогичны "разравниванию" при

непрерывном режиме), с другой стороны, будет приближать число кодов, передаваемых за цикл из промежуточной памяти в основную, к среднему числу кодов, регистрируемых за цикл.

Основными параметрами, определяющими работу промежуточной памяти в импульсном режиме, являются число элементов памяти (m) и возможная скорость передачи из промежуточной в основную память, которую можно характеризовать числом возможных передач за цикл S .

Для сугубо приближенных оценок параметров промежуточной памяти можно пользоваться следующими положениями. Число элементов промежуточной памяти должно быть достаточно большим, чтобы при регистрации не было потерь, из-за возможных превышений числа импульсов, поступивших за цикл, над средним значением \bar{N} . Это будет обеспечено, если в промежуточной памяти будет регистрироваться среднее число событий \bar{N} , плюс возможные отклонения от среднего, т.е. число элементов памяти будет равно:

$$m = \bar{N} + \Delta . \quad (4)$$

Для больших \bar{N} , когда справедлив закон распределения Гаусса, величина Δ приближенно может быть оценена из условий, что число отсчетов будет превышать \bar{N} не более, чем на $\frac{k}{2} \sqrt{\bar{N}}$ в заданном проценте случаев. Эти случаи в первом приближении будут просчетами регистрирующей системы. Например, для 1% просчетов k будет равно $5^{1/2}$.

Можно пользоваться следующими соотношениями для предварительных оценок числа элементов промежуточной памяти и скорости перезаписи, которые следуют из графиков рис. 3. При заданных импульсных нагрузках число элементов промежуточной памяти должно отвечать условию

$$m > \bar{N} + 3\sqrt{\bar{N}} . \quad (5)$$

При этом скорость перезаписи из промежуточной памяти (точнее число передач за цикл) должно быть выбрано таким, что

$$S \geq (1,2 \div 1,4) \bar{N} . \quad (6)$$

В этом случае просчеты за счет промежуточной памяти будут меньше 1%.

Коэффициент 1,2 в выражении (6) следует брать при $N > 30$, при меньших значениях ($10 < \bar{N} < 30$) следует пользоваться коэффициентом 1,4. Для $N < 10$ выражения (5) и (6) не справедливы.

3. Использование метода двойного разравнивания в многоканальных анализаторах

Учет импульсного режима работы анализаторов позволяет в ряде случаев изменить требования к блокам многомерных систем (рис. 1), повысив при этом их эффективность. В качестве примера рассмотрим работу многоканальных анализаторов в режиме временного и многомерного анализа.

а) Временные анализаторы

Временные анализаторы, предназначенные для анализа временного распределения импульсов в некотором заданном интервале, работают часто в импульсном режиме с большой скважностью ^{/8,10/}.

Желание повысить перекрываемый анализатором временной интервал определяет стремление к увеличению числа каналов таких систем. С другой стороны, улучшение временного разрешения анализатора связано с уменьшением ширины каналов, что, в свою очередь, приводит к уменьшению измеряемого интервала. Одновременно удовлетворение двух этих основных требований в большинстве случаев затруднительно из-за усложнения системы регистрации и, в первую очередь, из-за необходимости увеличения основной памяти анализатора.

Широко применяемая память на ферритовых сердечниках или потенциалоскопах на 10-20 тысяч каналов явится уже достаточно сложным устройством как в конструктивном, так и эксплуатационном отношении.

При импульсном режиме работы с большой скважностью можно обойтись без применения быстрой основной памяти, используя для этих целей медленные и более простые устройства, например, такие как магнитная лента или барабан, увеличив одновременно промежуточную память для обеспечения требований двойного разравнивания.

Оценка параметров промежуточной и основной памяти временного анализатора при импульсном режиме работы может быть проведена на основании приведенных ранее выражений и графиков.

Зависимость импульсной загрузки (\bar{N}) от средней интенсивности за время регистрации (\bar{n}), числа и ширины каналов анализатора удобно представить графически (рис. 4). За аргумент взято произведение числа каналов анализатора M на ширину канала t_k , определяющее величину регистрируемого интервала.

$$T_i = M t_k .$$

Исходя из среднего числа регистрируемых за цикл событий (\bar{N}), можно определить по графикам (рис. 3 и 4) необходимую емкость промежуточной памяти (m), обеспечивающую двойное разравнивание, а также частоту перезаписи из промежуточной в основную память, чтобы просчеты не превышали заданных.

Ниже (рис. 5 и 6) приведены в качестве примеров значения периода перезаписи, как функция ширины и числа каналов анализатора. Графики построены для емкости промежуточной памяти $m = 32$ и 60 элементов с учетом условий работы импульсного быстрого реактора Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ^{/8/}. Частота повторения циклов 8 и 80 гп. Показаны границы области, где суммарные просчеты превышают 1%. Там же приведены значения коэффициента скважности C для различных $M t_k$.

Как следует из приведенных примеров, при импульсном режиме работы, когда $C > 1$, даже для сравнительно быстрых временных анализаторов (ширина канала менее 1 мксек) и числе каналов несколько тысяч в качестве основной могут использоваться системы памяти с мертвым временем порядка единиц-десятков мсек.

На рис. 7 показана необходимая скорость движения магнитной ленты (V), применяемой в качестве основной памяти анализатора, которая обеспечивает прием информации при различных плотностях записи информации на ленту (p). Используя метод двойного разравнивания и приведенные результаты анализа, можно выбрать параметры системы регистрации и скорость магнитной ленты, используемой в качестве основной памяти, так, чтобы обеспечить наиболее плотную запись на ленту. Это позволит сократить общую длину ленты и, следовательно, в несколько раз уменьшить время на обработку информации при считывании с ленты и поканальной сортировке^{/7/}.

б) Многомерные амплитудно-временные анализаторы

В качестве примера многомерного анализатора рассмотрим задачу амплитудно-временного анализа. Такая задача часто ставится с импульсными источниками частиц и поэтому величина скважности работы анализатора (C) в ряде случаев бывает большой^{/10/}.

"Мертвое" время всей системы будет определяться главным образом блоком преобразования амплитуды исследуемого сигнала в код. Преобразование амплитуды в код в большинстве случаев занимает несколько десятков мксек. В связи с этим временной анализ ведется на ширинах каналов того же порядка. В отличие от предыдущего примера аппаратуру для аналогичных задач можно отнести скорее к классу более медленных многоканальных систем.

Другой особенностью многомерного анализа является требование большого числа каналов регистрирующей системы. Например, для анализа по 100 амплитудным и 256 временным каналам требуется многомерная система более, чем на 25 тысяч каналов.

В связи с трудностями, связанными с выполнением регистрирующих систем с памятью на ферритовых кольцах или потенциалоскопах, нашли применение в многомерных анализаторах более медленные и простые системы памяти такие, как магнитная лента, барабан и др.^{/5,7/}.

Использование медленных систем основной памяти совместно с промежуточной памятью, которая обеспечивает двойное разравнивание, дает возможность, во-первых, значительно увеличить объем "памяти" регистрирующей системы^{/7/}, во-вторых, понизить "мертвое" время, сведя его до величины, определяемой мертвым временем блока преобразования амплитуд в код, и, в-третьих, в случае применения магнитной ленты - записывать информацию максимально плотно на ленту. Последнее является важным фактором, поскольку позволяет значительно сократить время считывания информации с ленты при обработке, которое при десятках и сотнях тысяч каналов многомерного анализатора может быть соизмеримо или даже превышать время эксперимента.

При оценке параметров промежуточной памяти в случае, когда ей предшествуют блоки с определенным "мертвым" временем (например, блок преобразования амплитуды в код) следует учитывать, что распределение кодов на входе промежуточной памяти не будет в полной мере соответствовать закону Гаусса или Пуассона.

Проведенный выше анализ можно распространить и на этот случай, если учесть, что

импульсная загрузка на входе промежуточной памяти \bar{N}_1 будет отличаться от фактической загрузки на входе всей системы на величину потерь Δ_1 , которые определяются "мертвым" временем входного блока.

$$\bar{N}_1 = \bar{N} - \Delta_1 .$$

Потери регистрации Δ_1 , в свою очередь, могут быть учтены известными методами^{/1/}.

З а к л ю ч е н и е

Учет импульсного режима в работе регистрирующих систем дает возможность выбрать оптимальные параметры промежуточной и основной памяти.

Применение промежуточной памяти, обеспечивающей условия двойного разравнивания, позволяет использовать относительно медленные системы (магнитная лента, барабан и др.) в качестве основной памяти сравнительно быстрых регистрирующих систем при импульсном режиме работы.

Проведенный в данной работе анализ регистрирующих систем с промежуточной памятью при импульсном режиме работы может служить основой для расчетов и выбора условий работы этих систем. Параметр "импульсная загрузка" облегчает проведение оценки режимов работы регистрирующих систем. Например, зная импульсную загрузку и емкость промежуточной памяти, можно выбрать скорость движения магнитной ленты, используемой в качестве основной памяти, так, чтобы запись информации на ленту приближалась к максимально плотной, какую может позволить магнитная лента и головки.

Авторы признательны И.В.Штраниху, Г.П.Жукову и В.Д.Шибяеву за замечания, сделанные при обсуждении данной работы.

П Р И Л О Ж Е Н И Е

Для исследования закона распределения величины ξ - числа кодов, имеющих в промежуточной памяти к концу периода регистрации, - с помощью метода Монте-Карло необходимо на электронной цифровой машине (ЭЦМ) построить цифровую модель процесса, возникающего при передаче кодов из промежуточной памяти в основную, и после многократной реализации этой модели получить интересующие нас характеристики величины ξ статистическим путем.

Как известно^{/11/}, точность статистических характеристик возрастает пропорционально корню квадратному из числа реализаций. Поэтому для получения значения вероятности $P\{\xi > m\}$ с ошибкой не более 0,5% необходимо сделать не менее 50 тысяч испытаний.

В основу упомянутой цифровой модели была положена очевидная рекуррентная формула для величины ξ_i (i - номер цикла)

$$\xi_i = Ni + \max\{\xi_{i-1} - S; 0\} \quad (i > 2), \quad \xi_1 = N_1, \quad (1)$$

где числа последовательности $\{Ni\}$ распределены по закону Пуассона с параметром \bar{N} :

$$P\{Ni = K\} = e^{-\bar{N}} \frac{(\bar{N})^K}{K!}. \quad (2)$$

Если фиксировать определенные значения параметров \bar{N} и S , то получив с помощью специальной подпрограммы случайное число N_1 , мы полагаем $\xi_1 = N_1$, потом получаем из того же источника N_2 и смотрим на знак разности, $\xi_1 - S$.

Если $\xi_1 - S > 0$, то полагаем $\xi_2 = N_2 + \xi_1 - S$, а если $\xi_1 = N$, то $\xi_2 = N$. Продолжая далее, можно получить последовательность $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$ любой нужной нам длины n . Подпрограмма или "датчик" случайных чисел N_i с распределением (2), описан в статье одного из авторов /12/.

При расчетах были выбраны 10 вариантов различных значений

$$\bar{N} = 3; 5; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60.$$

Кроме того, при каждом \bar{N} величина S могла принимать последовательно 20 различных целочисленных значений от $\bar{N} + 1$ до $\bar{N} + 20$. Таким образом мы имели 200 различных вариантов с фиксированными значениями \bar{N} и S .

В каждом варианте статистическая обработка полученной последовательности значений ξ_i проводилась следующим образом. Поскольку столь большую последовательность (150 тыс. значений) невозможно сохранить в памяти ЭЦВМ, значения заносились в гистограмму, т.е. таблицу, где учитывалось, сколько раз ξ_i принимает значения меньше, чем N , сколько раз $\xi_i = N$, сколько раз $\xi_i = N + 1$ и т.д., наконец, сколько будет случаев, когда ξ_i превысит $N + 50$. По окончании серии в 50 тыс. испытаний все числа в гистограмме суммировались с "хвоста" и делились на 50000, т.е. мы получали эмпирические значения вероятности $P\{\xi_i > m\}$ для всех m от \bar{N} до $N + 50$. Кроме этого, путем суммирования первой, второй, третьей и четвертой степеней ξ_i были получены среднее значение, дисперсия, а также коэффициенты асимметрии и эксцесса (см. /11/).

Блок-схема программы приведена на рис. 9. Расчеты проводились на ЭЦВМ вычислительного центра ОИЯИ и заняли около 5 часов машинного времени.

Л и т е р а т у р а

1. В.И. Гольдаиский, А.В. Куценко, М.И. Подгорецкий, "Статистика отчетов при регистрации ядерных частиц". Физматгиздат 1959 г.
2. А.Е. Воронков, Л.Н. Кораблев, И.Д. Мурич, И.В. Штраних. "Быстродействующий многоканальный анализатор" ВИНТИ П-57-16/1 (1957).
3. R.E. Bell. Canadian Journal of Physics 34, 1956 N 6, p 563.
4. Л.А. Маталин, А.М. Шиманский, С.И. Чубаров, И.В. Штраних. "1024-канальный временной анализатор". ПТЭ, № 3, 1960 г. стр. 54.
5. T.K. Alexander, J. Leng. "A Magnetic-tape Recording System For Neutron Time-of-flight Analysis" CREL - 1036, AECL - 1322, Chalk River, Ontario 1961.

6. И. Амрама и др. Доклад № Е-224 на Конференции по ядерной электронике - Белград; май 1961 г.
7. Г.П. Жуков, Г.И. Забиякин, В.Д. Шibaев, И.В. Штраних. "Многомерные системы регистрации на магнитной ленте с разравниванием статистики". Препринт ОИЯИ, № 731, Дубна 1961 г.
8. Г.Е. Блохин и др. "Импульсный реактор на быстрых нейтронах", Атомная энергия т.10, 437, 1961 г.
9. F. G. Foster. Queues with Batch Arrivals. I, Acta Mathematica Acad. Scient Hung, XII, F 1-2.
10. А.А. Санин. "Электронные приборы ядерной физики", Физматгиздат, Москва 1961 г.
11. И.В. Дунин-Барковский и Н.В. Смирнов. "Теория вероятностей и математическая статистика в технике" (общая часть), Москва, 1955 г.
12. Г.А. Ососков. "Методика моделирования случайных процессов на электронных счетных машинах". Вопросы радиоэлектроники, серия Х11 общетехническая, выпуск 13, 1959 г.

Рукопись поступила в издательский отдел
28 ноября 1962 года.

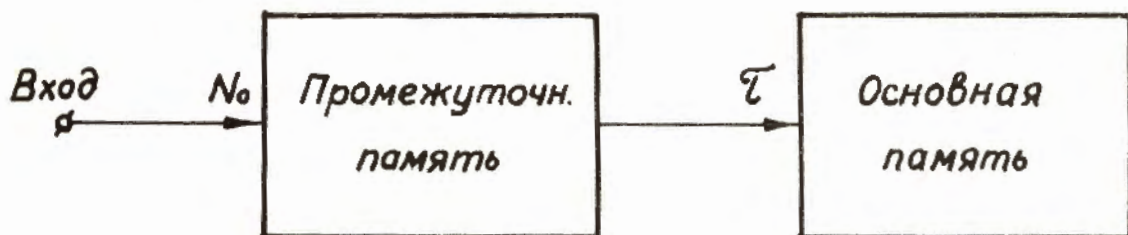


Рис. 1. Упрощенная блок-схема регистрирующей системы.

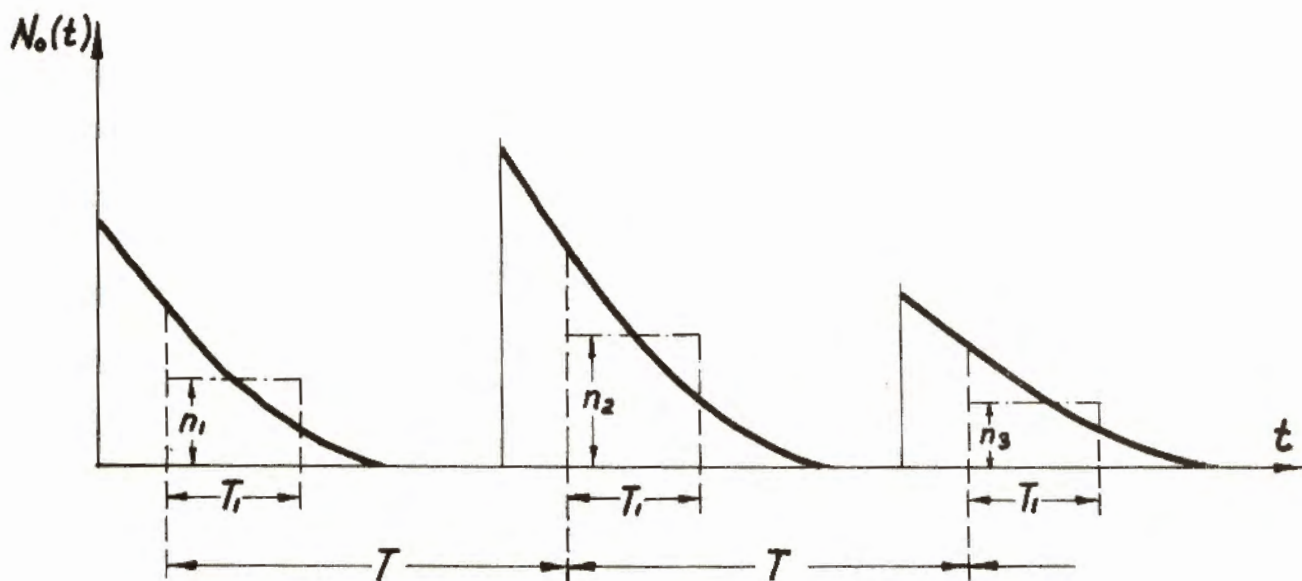


Рис. 2. Режим импульсной работы.

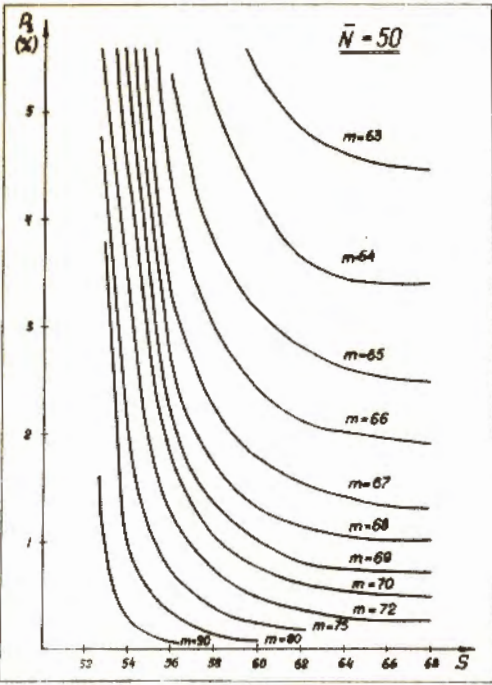


Рис. 3к.

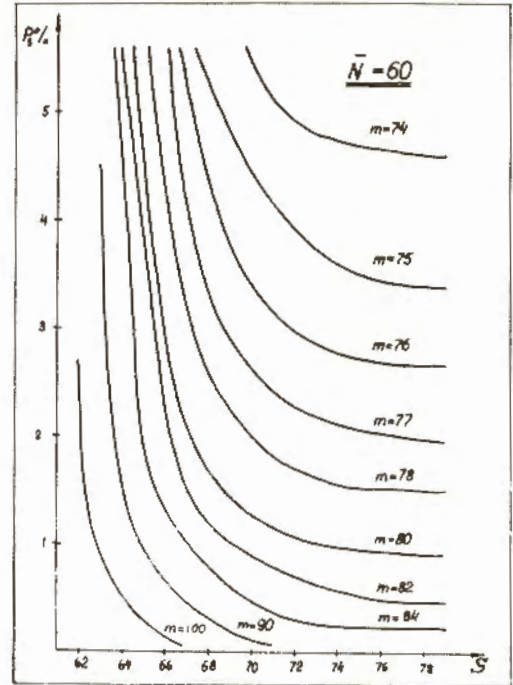


Рис. 3к.

ач из промежуточной в основную память /S/ и потерями реги-
агрузках /N/ и числе элементов промежуточной памяти /m/.

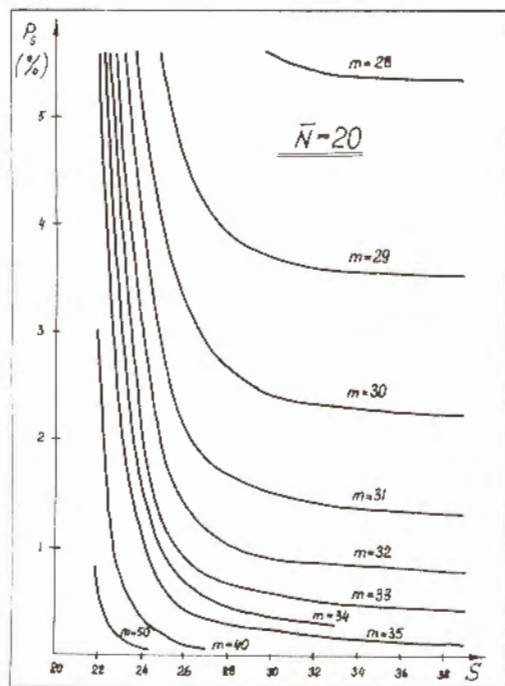


Рис. 3д.

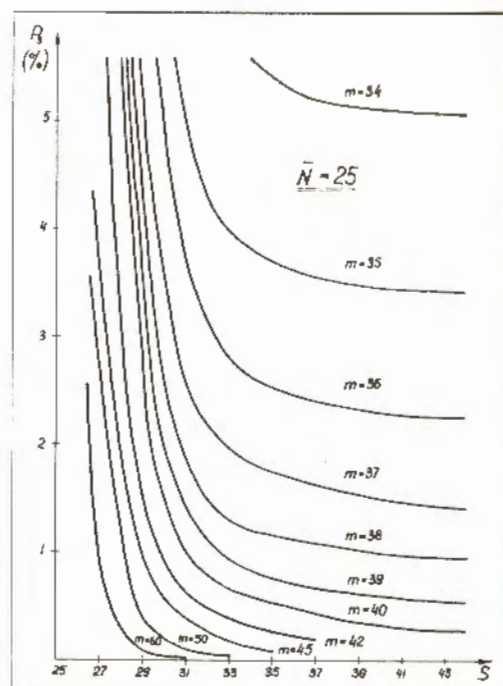


Рис. 3е.

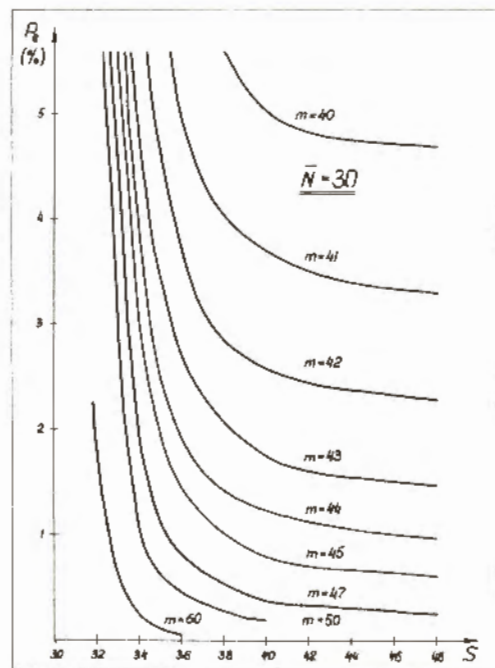


Рис. 3ж.

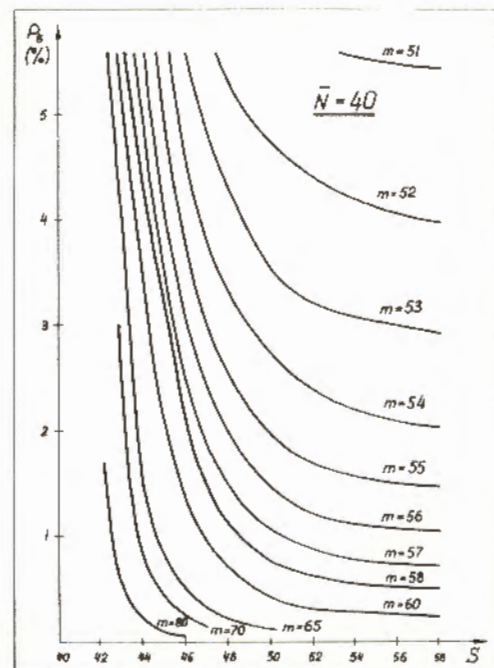


Рис. 3з.

Рис. 3. Зависимость между числом передач из промострации / P_s / при различных импульсных нагрузках / \bar{N} /

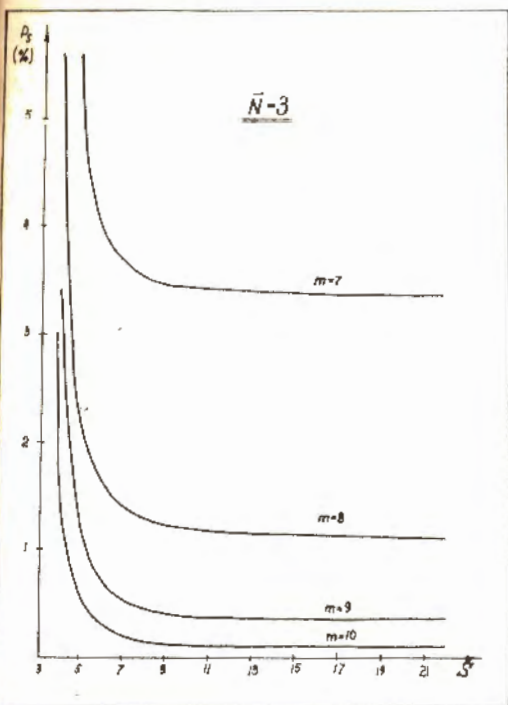


Рис. 3а.

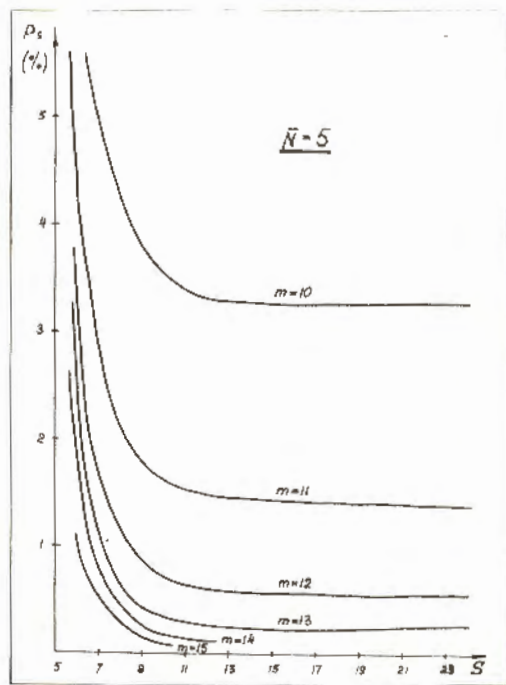


Рис. 3б.

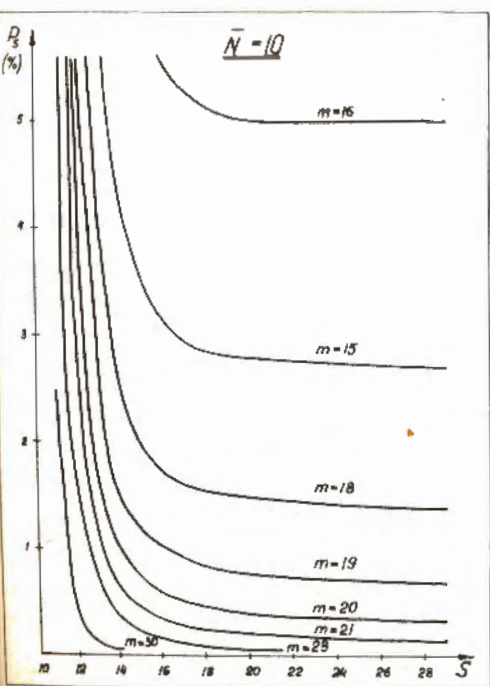


Рис. 3в.

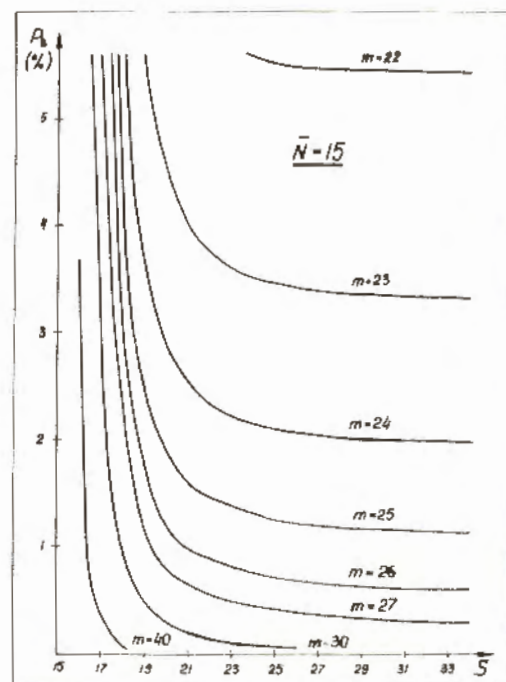


Рис. 3г.

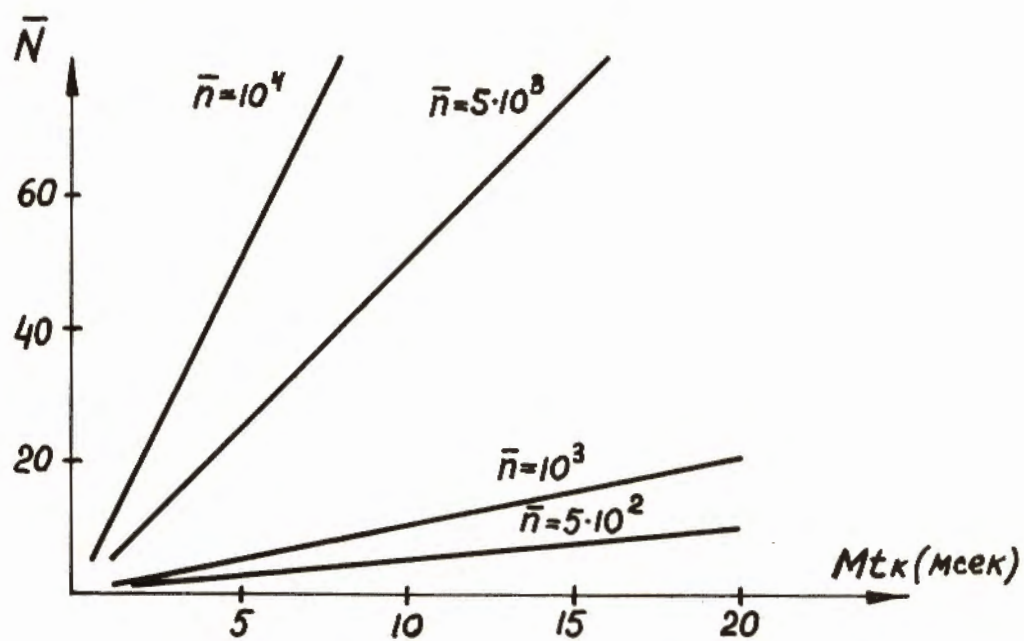


Рис. 4. Зависимость импульсной загрузки \bar{N} / от средней интенсивности \bar{n} / и ширины каналов анализатора.

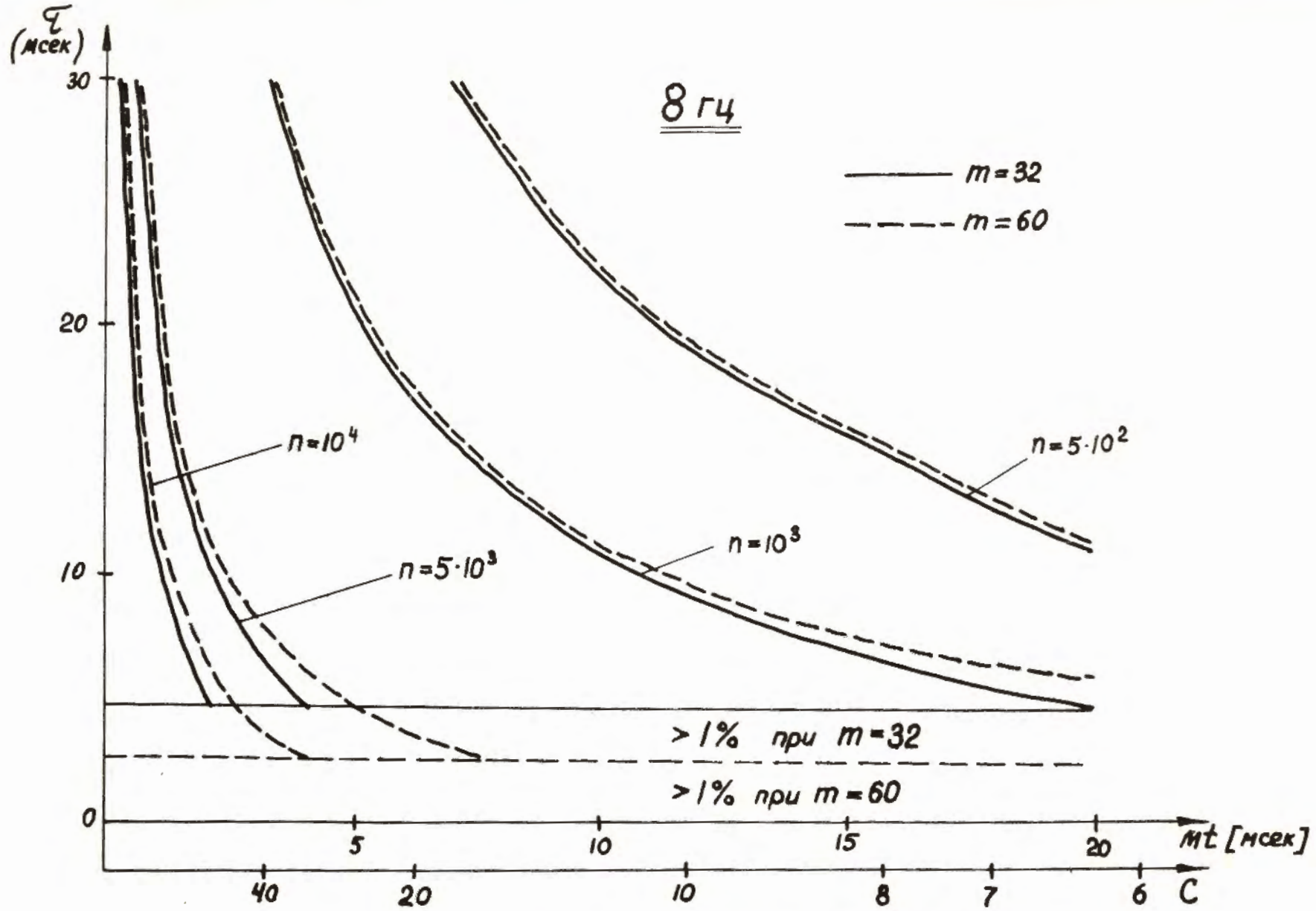


Рис. 5. Зависимость периода перезаписи T от ширины и числа каналов при частоте вспышек 8 гц.

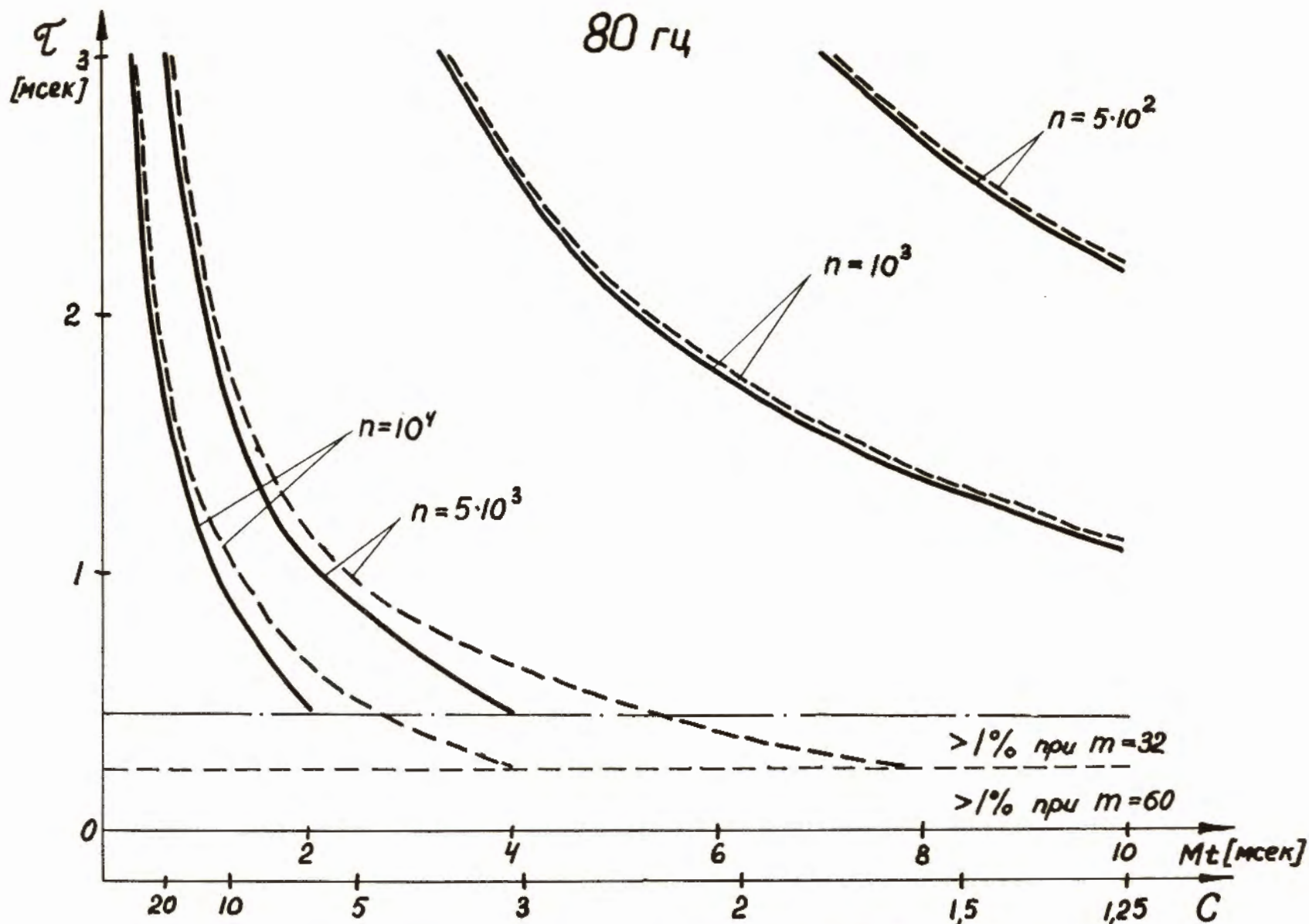


Рис. 6. Зависимость периода перезаписи τ_3 от ширины и числа каналов при частоте всплеск 80 гц.

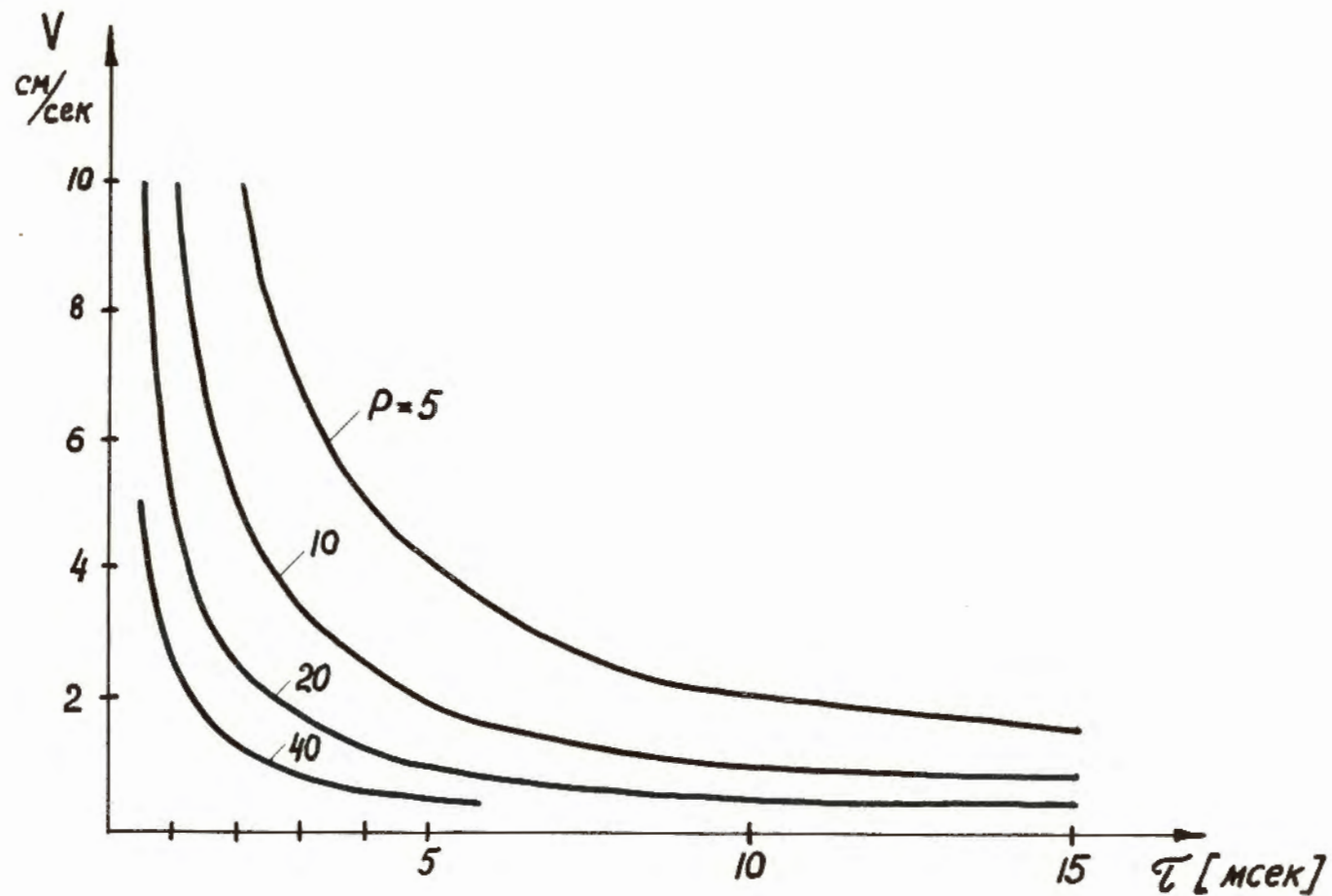


Рис. 7. Скорость движения магнитной ленты V , как функция периода перезаписи τ при различных плотностях записи ρ .

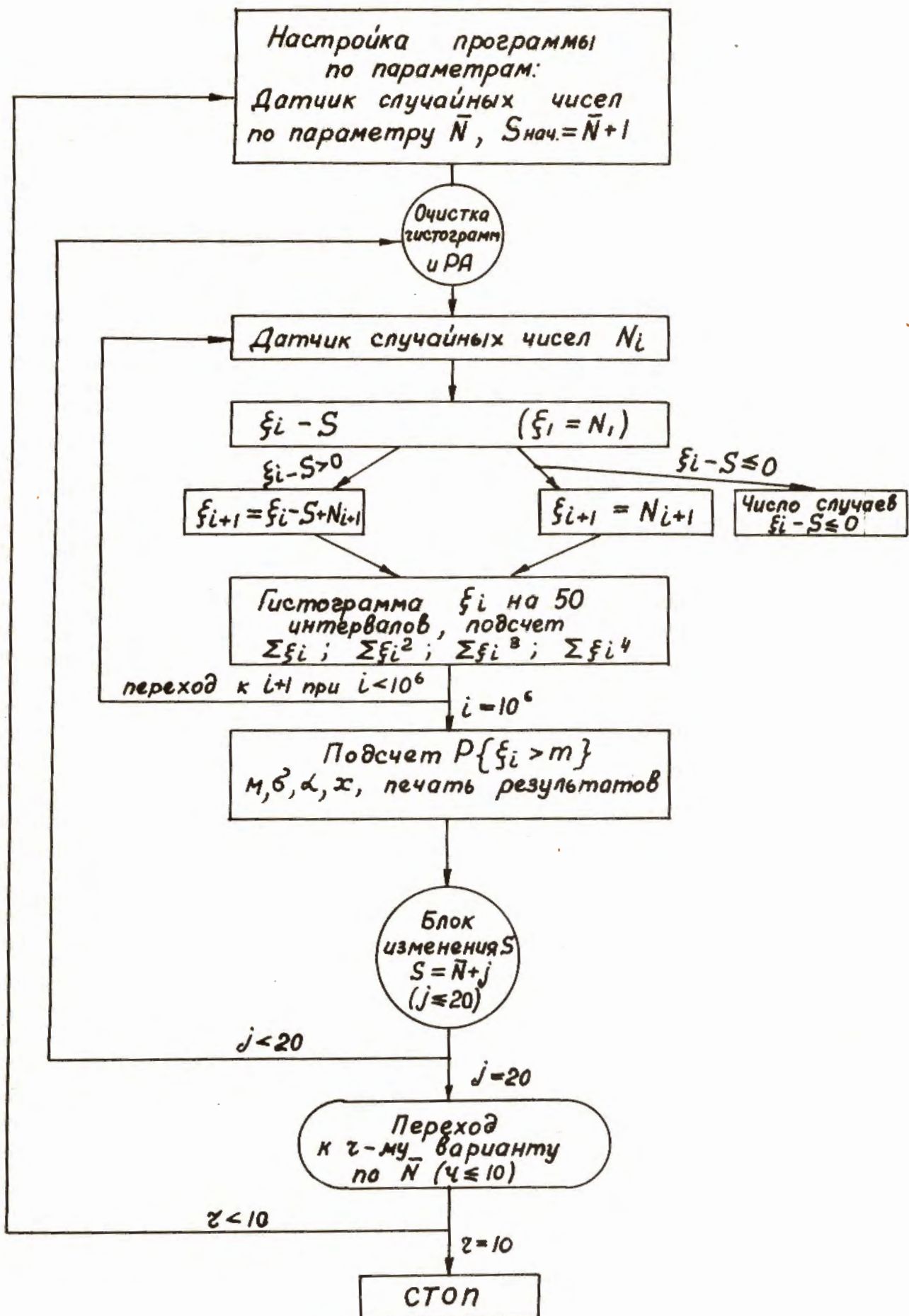


Рис. 8. Блок-схема программы.