ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР

Б.Е. Журавлев, Г.И. Забиякин, Г.А. Ососков

1365

ПАРАМЕТРЫ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ПАМЯТИ ПРИ ИМПУЛЬСНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ

Дубна 1963

Б.Е. Журавлев, Г.И. Забиякин, Г.А. Ососков

1365

ПАРАМЕТРЫ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ПАМЯТИ ПРИ ИМПУЛЬСНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ

Дубна 1963

Для уменьшения просчетов при регистрации статистически распределенных событий часто собственно регистратору предшествует промежуточная "память" /разравнивающее устройство/. При импульсном режиме работы, когда время T_1, в течение которого система регистрирует события, много меньше общего периода работы T, определяемого обычно периодом импульсного источника частиц, точная оценка параметров промежуточной памяти затруднительна. В этом случае необходимо учитывать, с одной стороны, статистическое распределение событий в течение регистрируемого интервала T_1, во-вторых, изменение числа событий, подлежащих регистрации, от цикла к циклу работы. Промежуточная память в этом случае должна выполнять функцию двойного разравнивания - сглаживать статистические флуктуации поступления событий и числа событий в циклах.

Методы приближенной оценки параметров промежуточной памяти предполагают ряд упрощающих допущений.

В работе /1/ оценивается емкость промежуточной памяти m и число передаваемых событий из промежуточной в основную память за один цикл S, исходя из оценки числа циклов, в которых может быть переполнение промежуточной памяти, т.е. циклов, в которых текущее число событий, подлежащее хранению в промежуточной памяти, превосходит емкость этой памяти m.

Иная, и менее жесткая, постановка задачи может быть сделана в предположении, что промежуточная память допускает переполнение и, следовательно, некоторые потери информации за счет этого, однако процент потерь от общего числа поступивших на вход событий должен быть меньше известной величины.

Положим, что в i -ом цикле работы регистрирующей системы с промежуточной памятью за время регистрации T_1 на вход поступило N_i событий, при этом флуктуации N_i от цикла к циклу подчиняются закону распределения Пуассона с параметром $\bar{N}$, т.е. вероятность поступления j событий равна

$$W_j = e^{-\bar{N}} \frac{\bar{N}^j}{j!} \qquad /1/$$

Предположим, что число передач из промежуточной в основную память (S) не зависит от поступления событий на вход и происходит после регистрации N_i событий, т.е.

$$S = \frac{T - T_1}{\tau}, \qquad /2/$$

где τ - период перезаписи в основную память, равный по величине мертвому времени основной памяти.

Число событий, которое должно храниться в промежуточной памяти, будет состоять из числа событий, поступивших на вход системы в данном цикле, и числа событий, оставшихся от предыдущих циклов, если промежуточная память была неполностью очищена.

При $m > S$ максимальное число событий, остающихся в каждом цикле в промежуточной памяти, будет $m - S$. Обозначим через P_k вероятность того, что в промежуточной памяти к концу периода регистрации останется K событий. Мы должны подсчитать среднюю величину просчетов, т.е. общее число незарегистрированных событий, усредненное по числу циклов.

При некотором установившемся режиме работы промежуточной памяти можно подсчитать вероятности того, что в начале какого-то цикла произошло превышение емкости промежуточной памяти на 1, 2, ... j,... единиц информации, соответственно. Например, потеря j единиц информации может произойти в следующих случаях: промежуточная память была пустой, и поступило $m+j$ событий; либо в промежуточной памяти оставалось одно событие, а поступило $m + j - 1$ и т.д.; максимально в промежуточной памяти может остаться $m - S$ событий, в этом случае потеря j событий произойдет при поступлении $m + j - (m-S)$ событий. Вероятность потери j единиц информации равна сумме вероятностей всех этих возможных случаев, т.е.

$$\sum_{k=0}^{m-S} P_k W_{m+j-k} \qquad /3/$$

Искомую среднюю величину потерь регистрации / просчеты/ $Q_s(m)$ получим как сумму произведений величин просчета на соответствующие вероятности /3/. Таким образом, получаем:

$$Q_s(m) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{\infty} j \sum_{k=0}^{m-s} P_k W_{m+j-k},$$

или после перестановки порядка суммирования:

$$Q_s(m) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{m-s} P_k \Big(\sum_{j=m+1}^{\infty} (j-m) W_{j-k} \Big) (s = 1, 2, \ldots, m). \qquad /4/$$

Так как $\sum_{k=0}^{m-s} P_k = 1$, то при $S \geq m$ мы имеем:

$$P_1 = P_2 = \ldots = P_{m-s} = 0, \quad P_0 = 1 .$$

В этом случае уравнение /4/ принимает вид:

$$Q(m) = \frac{1}{N} \sum_{j=m+1}^{\infty} (j-m) W_j , \qquad /5/$$

т.е. просчеты при $S \geq m$ не зависят от S /все поступившие события успевают быть переданы в основную память/, и полностью определяются объемом промежуточной памяти m и средней импульсной загрузкой $\bar{N}$.

В таблицах /2/ можно найти значения W_j и $\sum_{j=m}^{\infty} W_j$. Для практических подсчетов формулу /5/ удобнее преобразовать к виду:

$$Q(m) = W_{m-1} + \frac{(\bar{N} - m)}{\bar{N}} \sum_{j=m}^{\infty} W_j . \qquad /6/$$

Для аналитического решения уравнений /4/ необходимо предварительно решить систему $m - S + 1$ уравнений с $m-S+1$ неизвестными P_k, что уже при m и S, больших 10 – 20, представляет значительные трудности. Удобнее воспользоваться методом статистического моделирования исследуемого процесса /Монте-Карло/ на электронной цифровой вычислительной машине /ЭЦВМ/. Аналогично тому, как это сделано в /1/, на ЭЦВМ вырабатывалась последовательность случайных чисел N_i, распределенных по закону Пуассона с параметром $\bar{N}$.

Для имитации процесса флуктуации информации в промежуточной памяти числа последовательности суммировались в a – ячейке памяти ЭЦВМ, причем в каждом цикле из a –ячейки вычиталось число S. Если разность оказывалась отрицательной, то содержимое a задавалось равным нулю, если сумма оказывалась большей m, то в a засылалось число m, а величина превышения, т.е. число потерянных единиц информации, накапливалось в другой ячейке β. По истечении большого количества A циклов содержимое ячейки β делилось на $A\bar{N}$ и выдавалось в качестве искомой средней величины просчета $Q_s(m)$ при заданных значениях параметров m и S.

Число циклов A выбиралось настолько большим /10000–20000/, чтобы точность получаемой величины была достаточно высокой /0,2 – 0,3%/.

Были перебраны 8 вариантов $\bar{N}$ /3,5,10,15,20,30,40,50/. В каждом варианте m менялось от $\bar{N} + 1$ подряд или через единицу до $\bar{N} + 20$. При фиксированном m подсчитывалась величина $Q_s(m)$ для S от $\bar{N}$ до m. Значения $Q_s(m)$ при $m = S = \bar{N}$, а также случаи $S > m$ подсчитывались только в отдельных случаях для установления факта совпадения их с теоретическими значениями, рассчитанными по формулам /6/. Совпадение было хорошим в пределах точности расчетов.

Результаты подсчетов приведены на рисунке. Графики построены для шести различных импульсных загрузок $\bar{N}$ и дают возможность выбрать оптимальные, с точки зрения решаемой задачи, значения емкости промежуточной памяти m и числа передач за цикл из промежуточной в основную память S.

Полученные результаты можно распространить и на случай, когда перезапись в основную память происходит в течение всего периода работы T, т.е. независимо и от приема информации в промежуточную память и одновременно с ним происходит ее освобождение. В этом случае в течение времени T_1 может быть освобождено $\frac{T_1}{r}$ элементов промежуточной памяти. С определенным приближением можно считать, что это будет эквивалентно увеличению емкости промежуточной памяти m на величину $\frac{T_1}{r}$, и проводить оценку по приведенным выше формулам и графикам.

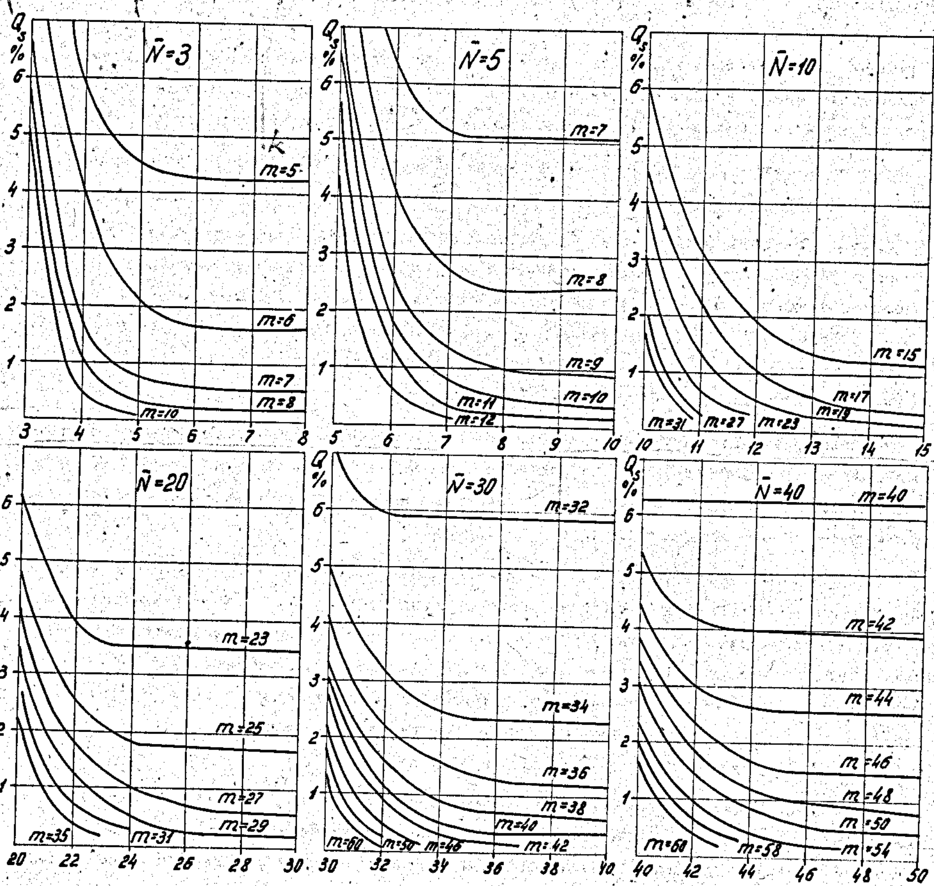
Сравнение полученных результатов с аналогичными в /1/ показывает, что рассмотренная здесь постановка задачи менее жесткая с точки зрения увеличения емкости промежуточной памяти и скорости перезаписи при импульсном режиме работы с большой скважностью.

Литература

1. Г.И. Забиякин, Г.А. Ососков. Особенности многоканальных регистрирующих устройств с промежуточной памятью при импульсном режиме работы. Препринт ОИЯИ 1140, Дубна, 1962.
2. И.В. Дунин-Барковский, Н.В. Смирнов. Теория вероятности и математическая статистика. ГИТТЛ, Москва, 1955.

Рукопись поступила в издательский отдел
19 июля 1963 г.

вместо букв m k
вместо буквы Q_s поставить П
M = 3



S →   S →   S →