

ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОДНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

А.К. Романов, Б.П. Зеленцов, Г.П. Макаров
(Новосибирск)

В работе излагается методика анализа надежности и эффективности вычислительной системы [1], разработанной в Вычислительном центре СО АН СССР. Эта методика является достаточно общей и может быть использована при проектировании различных вычислительных систем.

Упрощенная блок-схема системы приведена на рис. 1.

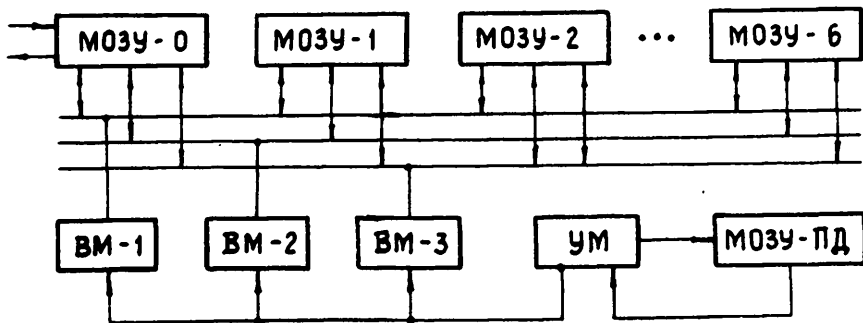


Рис. 1.

В нее входят: три вычислительные машины (ВМ-1 - ВМ-3), состоящие только из арифметического устройства (АУ) и устройства управления (УУ), рабочие магнитные оперативные запоминающие устройства (МОЗУ-1 + МОЗУ-6), управляющая машина (УМ), МОЗУ-ПД, в котором хранится программа-диспетчер, и МОЗУ-0 для обмена с внешней памятью и внешними устройствами.

Будем считать элементы системы восстанавливаемыми. Рабо-

смотрим два варианта восстановления системы: 1) каждая машина (в том числе УМ) имеет по одному восстанавливающему аппарату, а на все МОЗУ приходится один восстанавливающий аппарат; 2) на каждую машину приходится по одному восстанавливающему аппарату, а на все МОЗУ - два восстанавливающих аппарата. В обоих вариантах полагается, что преимущество в восстановлении имеют МОЗУ-ПД и МОЗУ-О, поскольку при отказе этих МОЗУ имеет место отказ всей системы.

В качестве эксплуатационных показателей системы выбраны два критерия:

1) средняя относительная производительность;

2) средний объем оперативной памяти, приходящийся на одну работающую ВМ.

Средняя производительность $M_{ср}$ и средний объем памяти $V_{ср}$ на одну ВМ определяется следующим образом:

$$M_{ср} = K_{ГМ} \cdot M_1 \sum_{i=1}^3 i \pi_i; \quad V_{ср} = K_{ГВ} \cdot V_1 \sum_{j=1}^6 j \pi_j,$$

где $K_{ГМ}$ - коэффициент готовности, учитывающий ненадежную работу УМ и всех МОЗУ;

$K_{ГВ}$ - коэффициент готовности, учитывающий ненадежную работу УМ и ВМ;

M_1 - производительность одной ВМ;

π_i - предельная вероятность состояния группы ВМ, которое характеризуется тем, что число исправных ВМ равно i ;

V_1 - объем памяти одного МОЗУ;

π_j - предельная вероятность состояния группы МОЗУ, характеризующегося тем, что МОЗУ-ПД и МОЗУ-О исправны и число рабочих МОЗУ равно j .

Поскольку максимально возможная производительность системы равна $3M_1$, а объем одного МОЗУ равен V_1 , то относительные значения этих показателей определяются так:

$$m_{ср} = \frac{1}{3} K_{ГМ} \sum_{i=1}^3 i \pi_i; \quad v_{ср} = K_{ГВ} \sum_{j=1}^6 j \pi_j.$$

Математическое ожидание числа исправных ВМ равно:

$$n = K_{ГМ} \sum_{i=1}^3 i \pi_i,$$

поэтому средний объем памяти, приходящийся на одну исправную ВМ, $v_{\text{ср}}$, получается путем деления $v'_{\text{ср}}$ на n :

$$v_{\text{ср}} = \frac{\sum_{j=1}^6 j \pi_j}{\sum_{i=1}^3 i \pi_i}.$$

Коэффициенты $K_{\text{гв}}$ и $K_{\text{гм}}$ при определении $v_{\text{ср}}$ становятся равными, так как в этом случае они учитывают ненадежную работу только УМ.

Пример допущения, изложенные в [2]. Основными являются допущения об экспоненциальном характере времени безотказной работы и времени восстановления элементов системы. При этих допущениях можно использовать математическую модель, основанную на теории простых однородных цепей Маркова [2,3]. Выпишем выражение для определения предельных вероятностей π_i [2,3]:

$$\pi_i = \{ 1 - \{ h_{ik} \}_{k \neq i} \cdot {}_i N^{-1} \vec{\xi} \}^{-1},$$

где ${}_i N$ - матрица интенсивностей, из которой вычеркнуты строка и столбец, соответствующие состоянию i ; $\{ h_{ik} \}_{k \neq i}$ - строка i матрицы интенсивностей, соответствующая состоянию i , без элемента h_{ii} .

Для иллюстрации приведем диаграмму состояний (рис. 2) и матрицу интенсивностей группы ВМ:

$$N_{\text{вм}} = \begin{array}{c|cccc} & 3 & 2 & 1 & 0 \\ \hline 3 & -3\lambda & 3\lambda & & \\ 2 & \mu & -(2\lambda + \mu) & 2\lambda & \\ 1 & & 2\mu & -(\lambda + 2\mu) & \lambda \\ 0 & & & 3\mu & -3\mu \end{array},$$

где λ - интенсивность отказа одной ВМ;

μ - интенсивность восстановления одной ВМ.

Элемент h_{ii} матрицы N определяется следующим образом [3]:

$$h_{ii} = - \sum_{k \neq i} h_{ik}.$$

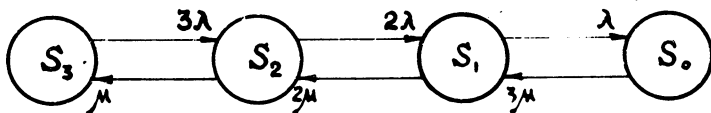


Рис. 2.

Коэффициент K_{TM} равен произведению коэффициентов готовности УМ и группы МОЗУ. Примем $K_{TUM} = 0,96$. K_{TMOZY} определяется по формуле [2]:

$$K_{TMOZY} = \vec{\pi}_x \vec{\xi}$$

где $\vec{\pi}_x$ - часть вектора $\vec{\pi}$, соответствующая подмножеству исправных состояний; $\vec{\xi}$ - вектор-столбец, все элементы которого равны 1. Принято, что подмножество исправных состояний образуют те состояния, в которых исправны МОЗУ-ПД и МОЗУ-О и не менее двух рабочих МОЗУ. На рис. 3 и 4 приведены зависимости m_{cp} и v_{cp} от интенсивностей восстановления ВМ и МОЗУ при $\lambda_{BM} = 0,3 \frac{1}{час}$, $\lambda_{MOZY} = 0,5 \frac{1}{час}$. Непрерывная линия соответствует варианту с двумя восстанавливающими аппаратами в комплексе МОЗУ, а пунктирная - с одним.

Вычисление предельных вероятностей π_i (особенно при большом числе состояний) удобно производить на ЦВМ.

Таким образом, по изложенной методике могут быть определены показатели эффективности системы при заданных показателях её надежности, а также требования, предъявляемые к надежности её элементов, для обеспечения необходимого уровня эффективности.

m_{cp}

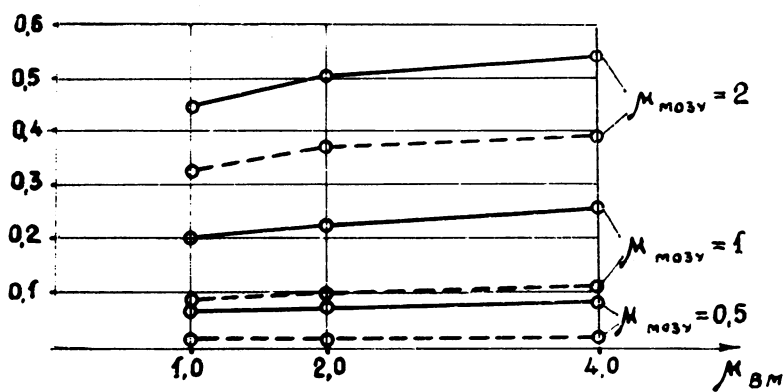


Рис. 3.

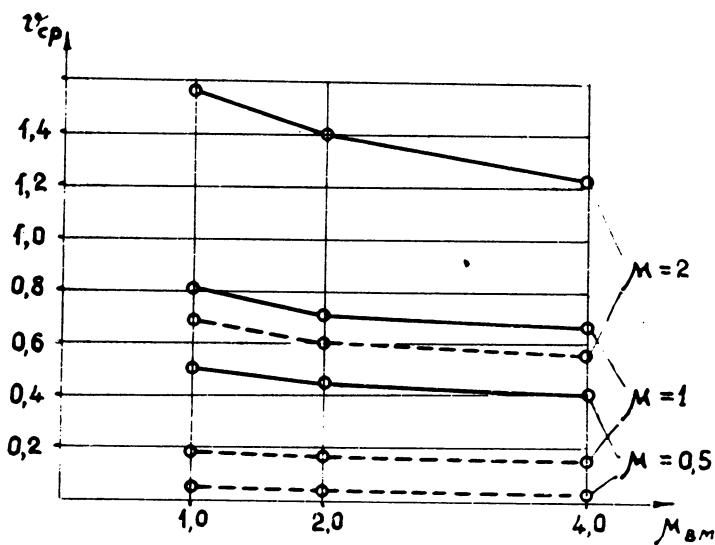


Рис. 4.

Л и т е р а т у р а

1. Г.П.Макаров, Д.Л.Вишневский, Ю.И.Метляев, А.Х.Хайрутдинов . Система комплексирования вычислительных машин. Данный сборник, стр. 72-78.
2. А.К.Романов, Б.П.Зеленцов. Применение теории цепей Маркова для анализа надежности систем.- Дискретный анализ. Новосибирск, Изд-во "Наука", Сибирское отделение, 1966, вып.7, стр.29-43.
3. Б.П.Зеленцов. О надежности систем, элементы которых характеризуются постоянными интенсивностями отказов и восстановления. - Дискретный анализ.-Новосибирск, Изд-во "Наука", Сибирское отделение, 1966, вып.7, стр. 53-60.