

УДК 681.306

**А.В. Скатков, проф., д-р техн. наук; В.И. Шевченко**

*Севастопольский национальный технический университет*

*Студгородок, г. Севастополь, Украина 99053*

*E-mail: kvt@sevgtu.sebastopol.ua*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОПУЛЬТОВОЙ СИСТЕМЫ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ**

*Разработан однопользовательский многодокументальный проект, позволяющий аналитически или путем имитационного моделирования оценить влияние параметров отдельных элементов вычислительной системы, ее структурной организации и применяемых дисциплин обслуживания на комплекс показателей качества функционирования многопультовых вычислительных систем.*

В настоящее время ведутся исследования, направленные на поиск путей рационального построения и создания методик инженерного проектирования многопультовых систем отображения информации. Одним из препятствий, стоящих на пути успешного решения проблемы синтеза многопультовых систем, является отсутствие методики определения информационных и скоростных показателей качества функционирования оборудования системы, которые существенным образом зависят от способов организации обмена информацией в системе, а также параметров и конфигурации входящего в многопультовую систему оборудования.

Разработанное программное приложение позволяет аналитически или путем имитационного моделирования оценить влияние параметров отдельных элементов системы, ее структурной организации и применяемых дисциплин обслуживания на комплекс показателей качества функционирования многопультовой вычислительной системы.

Укрупненно многопультовую вычислительную систему можно представить в виде источников запросов, очереди и группы обслуживающих приборов (ЭВМ), потоков обслуживания (рисунок 1).

В качестве математической модели при исследовании работы вычислительной системы используется модель теории массового обслуживания. Такая модель характеризуется входящим потоком запросов, дисциплиной обслуживания, интенсивностью обслуживания, числом и параметрами обслуживающих приборов.

В многопультовой вычислительной системе сообщения в индивидуальных терминалах рассматриваются как входящие случайные потоки требований с определенными законами распределения времени между моментами их возникновения. Математический аппарат теории массового обслуживания позволяет произвести исследование многопультовых систем отображения информации, определить такие параметры, как быстродействие

ЭВМ, число терминалов в системе, способ структурной организации вычислительной системы, время реакции системы на запрос [1].

Для исследования вычислительной системы разработано многодокументальное приложение в среде Delphi, в котором реализован аналитический расчет девяти моделей:  $M/M/1$ ,  $M/M/1/m$ ,  $M/M/k$ ,  $M/M/k/m$ ,  $M/M/1/n$ ,  $M/M/k/n$ , модель с ограничением на время ожидания заявок в системе,  $M/M/1/n$  с учетом прерываний,  $M/M/1/m/n$  с учетом прерываний.

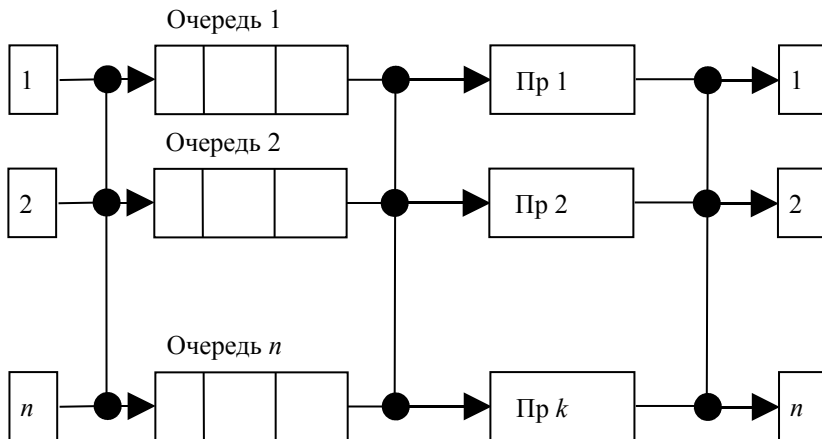


Рисунок 1 – Обобщенная структурная схема вычислительной системы

При загрузке приложения на экране появляется основное меню, в котором пользователь может выбрать интересующие разделы. В основном меню содержится два раздела: справка и моделирование. Вызов раздела «справка» инициализирует подменю: О системе, Теоретическая, Представление системы. Пользователь может выбрать интересующий его раздел справочной информации. В разделе «моделирование» инициализируется подменю: аналитическое, имитационное. В зависимости от выбора пользователем одного из подменю система переходит в соответствующее окно моделирования, для выбора непосредственно моделей (см. рисунок 2).

В разделе «Модели МПСОИ» (многопультные системы отображения информации) представлены модели на основе простейших систем массового обслуживания. В разделе «Примеры МПСОИ» представлены более сложные модели. В разделе «Результаты» пользователь имеет возможность просмотра и корректировки результатов моделирования, вывода результатов на печать, представления результатов моделирования в виде графиков и диаграмм.

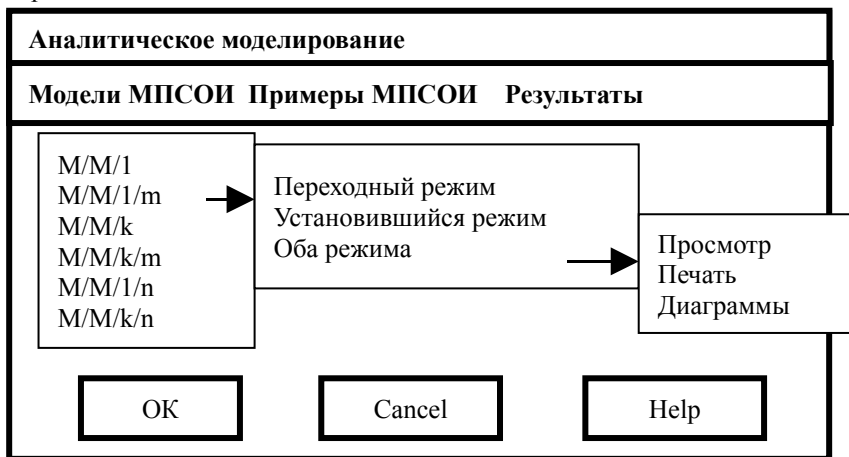


Рисунок 2 – Общий вид диалогового окна аналитического моделирования вычислительной системы

Окно имитационного моделирования аналогично окну аналитического моделирования, за исключением того, что имитационные модели находятся в одном разделе «Моделирование». Для ввода исходных данных в каждой модели предусмотрено свое окно ввода данных, которое снабжено подсказками над строками ввода данных. В разработанной системе предусмотрена защита от неправильного ввода данных, если в строку ввода пользователь поместил данные неверного формата, то система выдаст сообщение об ошибке ввода и предложит повторить ввод. В качестве подсказки в строки ввода данных помещены начальные данные нужного формата, которые появляются при инициализации окна ввода данных и могут быть изменены пользователем. Результаты работы аналитических и имитационных моделей автоматически сохраняются в файлах myfile.txt и myimitfile.txt соответственно. Для просмотра, корректировки и печати этих файлов в разделе результатов предусмотрен пункт: Просмотр, печать.

В качестве примера аналитического расчета ВС с использованием разработанного пакета можно использовать модель М/М/к/м. В данной модели вычислительной системы поступление заявок распределено по показательному закону с интенсивностью  $\lambda$ , время обслуживания заявок в систе-

ме распределено по показательному закону с интенсивностью  $k\mu$ , поступающие в систему заявки обслуживаются на одном из  $k$  приборов. Если в момент поступления заявки все приборы заняты, то заявка помещается в очередь, длина которой не должна превышать  $m$ . Для данной модели система уравнений Колмогорова имеет вид:

$$\begin{cases} \frac{dP_0}{dt} = -\lambda P_0 + \mu P_1; \\ \frac{dP_1}{dt} = \lambda P_0 + 2\mu P_2 - (\lambda + \mu)P_1; \\ \frac{dP_{m+k}}{dt} = \lambda P_{m+k-1} - k\mu P_{m+k}. \end{cases} \quad (1)$$

В установившемся режиме при  $t \rightarrow \infty$  система уравнений (1) будет преобразована в систему вида (2).

$$\begin{aligned} P_0 &= \left[ 1 + \sum_{j=1}^{k-1} \rho^j \frac{1}{j!} + \frac{\rho^k (1 - \rho_c^{m+1})}{k!(1 - \rho_c)} \right]^{-1}; \\ P_j &= \rho^j \frac{1}{j!} P_0; \\ P_j &= \rho^j \frac{1}{k!} \frac{1}{k^{j-k}} P_0, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $1 < j \leq k$ ,  $k < j \leq k+m$ ;  $\rho_c$  – коэффициент загрузки системы  $\rho = \lambda / k\mu$ ;

Вероятность отказа в обслуживании равна:

$$P_{отк} = \frac{\rho^{K+m+1}}{k^m + k!} P_0; \quad (3)$$

$$k_3 = \rho(1 - P_{отк}). \quad (4)$$

Средняя длина очереди определяется как:

$$n_0 = \frac{\rho^{k+1} P_0}{k \cdot k!} \left\{ \frac{1 - \rho_c^m [m+1 - m\rho_c]}{(1 - \rho_c)^2} \right\}. \quad (5)$$

Среднее число требований в системе равно:

$$j_c = n_0 + k_3. \quad (6)$$

Среднее время ожидания заявок в очереди находится по формуле:

$$t_{ож} = n_0 / \lambda. \quad (7)$$

Среднее время пребывания заявок в системе определяется как

$$t_c = t_{ож} + \frac{1}{\mu} (1 - P_{отк}). \quad (8)$$

Формулы (2) – (8) используются для построения аналитической модели вычислительной системы. Исследована система, в которой емкость накопителя равна пяти, интенсивность поступления заявок  $0,5 \text{ с}^{-1}$ , интенсивность обслуживания заявок  $0,7 \text{ с}^{-1}$ , количество обслуживающих приборов равно трем. Значения финальных вероятностей равны:  $P_0=0,488$ ,  $P_1=0,349$ ,  $P_2=0,124$ ,  $P_3=0,03$ ,  $P_4=0,007$ ,  $P_5=0,002$ ,  $P_6=P_7=P_8=0$ .

Среднее число требований в системе равно  $j_c=0,726$ , средняя длина очереди  $n_o=0,01$  заявок. Среднее время ожидания заявок в очереди равно  $t_{ож} = 0,02 \text{ с}$ , среднее время пребывания заявки в системе  $j t_c = 1,45 \text{ с}$ . Моделирование вычислительной системы в переходном режиме осуществляется с начальными вероятностями:  $P_0=1$ ,  $P_1=P_2=P_3=P_4=P_5=P_6=P_7=P_8=0$ . Интервал времени моделирования  $t=[0;9] \text{ с}$ .

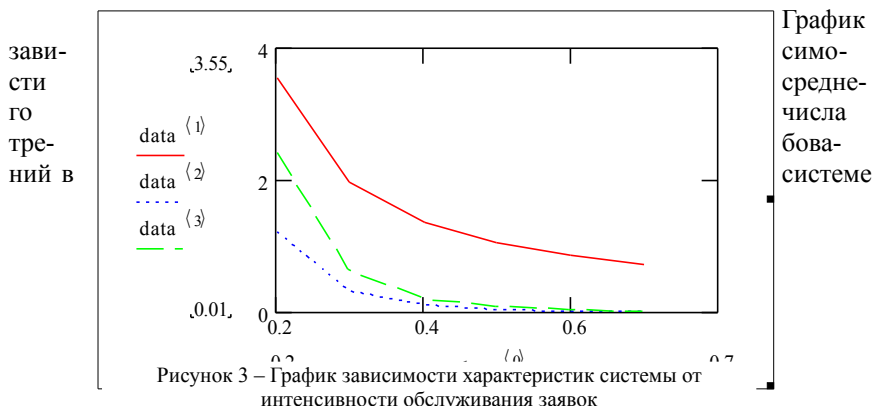
Данные о результатах моделирования системы  $M/M/k/m$  в переходном режиме представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты моделирования вычислительной системы в переходном режиме

| T | P0    | P1    | P2    | P3    | P4    | P5    |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 1 | 0,678 | 0,258 | 0,051 | 0,011 | 0,001 | 0     |
| 2 | 0,564 | 0,318 | 0,093 | 0,021 | 0,004 | 0,001 |
| 3 | 0,518 | 0,338 | 0,112 | 0,026 | 0,005 | 0,001 |
| 4 | 0,5   | 0,344 | 0,119 | 0,028 | 0,006 | 0,001 |
| 5 | 0,493 | 0,347 | 0,122 | 0,029 | 0,007 | 0,002 |
| 6 | 0,49  | 0,348 | 0,124 | 0,029 | 0,007 | 0,002 |
| 7 | 0,489 | 0,348 | 0,124 | 0,03  | 0,007 | 0,002 |
| 8 | 0,488 | 0,349 | 0,124 | 0,03  | 0,007 | 0,002 |

На основе полученных значений эксперимента можно предположить, что в системе достигнут стационарный режим в момент времени  $t=6 \text{ с}$ .

Зависимости основных характеристик моделируемой системы изображены на рисунке 3, где по оси абсцисс DATA(0) отложен массив значений интенсивностей обслуживания заявок в системе, а по оси ординат DATA(1) – среднее число требований в системе, DATA(2) – средняя длина очереди, DATA(3) – среднее время ожидания заявки в системе.



(Data(1)), средней длины очереди (Data(2)), среднего времени пребывания заявок в системе (Data(3)) от числа обрабатывающих приборов в системе показан на рисунке 4.

Из графиков (рисунок 3 и 4) видно, что изменение интенсивности обслуживания заявок в системе МПСОИ значительно сильнее влияет на динамику основных параметров данной системы, чем изменение числа обслуживающих заявки приборов.

В результате моделирования системы  $M/M/k/m$  с различным числом мест в очереди получены зависимости выходных параметров системы от

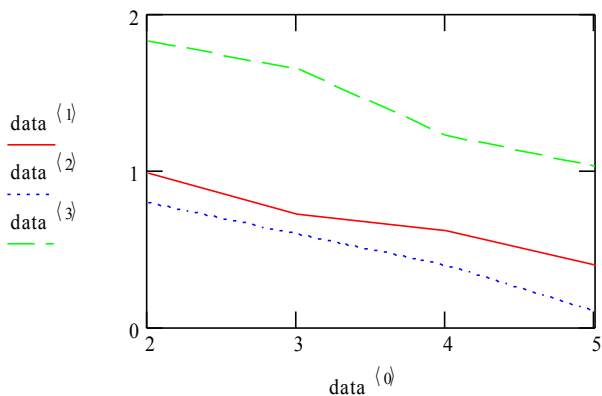


Рисунок 4 – График зависимости параметров системы от числа обслуживающих приборов

*m*. Увеличение числа мест для ожидания заявок в системе при неизменных остальных параметрах не ведет к существенному изменению выходных параметров системы. В данной системе нет необходимости увеличивать емкость накопителя, так как это не даст существенного выигрыша в быстро-

действии, а лишь увеличит стоимость системы. Однако если критерием оптимальности системы является минимум отказов в обслуживании из-за отсутствия мест в очереди, то величиной параметра  $m$  пренебрегать нельзя.

Разработанная система предназначена для широкого круга пользователей, не имеющих специальных знаний в области программирования, содержит обширный HLP-файл с указанием принципов аналитического и имитационного моделирования, подробным описанием самой системы и снабжена компонентами для графического вывода результатов исследований. Система может быть использована для решения задач, связанных с построением многопультowych вычислительных систем оптимальной конфигурации, а так же для исследования основных параметров вычислительных систем в переходном и установившемся режимах.

#### ***Библиографический список***

1. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания / Л. Клейнрок. — М.: Машиностроение, 1979. — 340 с.
2. Максимей И.В. Имитационное моделирование на ЭВМ / И.В. Максимей. — М.: Радио и связь, 1988. — 232 с.
3. Сурков К.А. Программирование в среде DELPI / К.А. Сурков, Д.А. Сурков, А.И. Вальвачев. — Минск: Изд-во «ООО Попури», 1997. — 640 с.

***Поступила в редакцию 21.01.2003 г.***