

С И

681.324

ВЫ

ИТЕ

,

С

05.13.13-

,

,

Работа выполнена на кафедре вычислительной техники
Ленинградского ордена Трудового Красного Знамени
института точной механики и оптики

Научный руководитель - доктор технических наук,
профессор Новиков Г.И.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор Варшавский В.И.
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
Заблоцкий В.Н.


Ведущее предприятие указано в решении Совета

Защита состоится " " 1966 г. в
" " часов на заседании специализированного Совета
К 053.26.04 Ленинградского ордена Трудового Красного Зна-
мени института точной механики и оптики /197ТС1, Ленинград,
Саблинская ул., 14/.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института

Автореферат разослан " " 1966 г.

Ученый секретарь специализированного
Совета, кандидат технических наук,
доцент

5)  В.С.Моисеев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. За последнее время значительно выросла вычислительная мощность ЭЕМ и повысилась сложность их организации в первую очередь за счет использования модульного принципа построения технических и программных средств, позволяющего создавать ЭЕМ с различной конфигурацией и многообразными режимами обработки задач. В этих условиях путем выбора оптимальной комплектации (конфигурации) ЭЕМ и настройки операционной системы ЭЕМ на класс обрабатываемых задач может быть достигнуто значительное увеличение производительности ЭЕМ и, как следствие, снижение стоимости вычислительных работ.

Для выработки рациональных решений при проектировании ЭЕМ и систем на их основе и повышения эффективности систем, находящихся в эксплуатации, необходимы методы априорной оценки показателей эффективности (производительности), позволяющие прогнозировать пропускную способность (производительность) и время ответа ЭЕМ с учетом номенклатуры и параметров ресурсов, способа организации вычислительных процессов, обеспечиваемого операционной системой (ОС), и свойств вычислительной нагрузки (ВН).

Для оценки производительности ЭЕМ используются два основных подхода: экспериментальный и модельный, обобщенные в монографиях Д.А. Поспелова, В.В. Липаева, коллектива авторов, возглавляемого С.А. Майоровым, О.И. Авена, Я.А. Когана, Г.И. Пранявичуса, М. Драммонда, Л. Клейнрока, Д. Феррари и других авторов. Экспериментальный метод базируется на регистрации процесса функционирования ЭЕМ и вычисления на основе полученных данных показателей, характеризующих производительность ЭЕМ. Универсальным методом решения задач проектирования ЭЕМ является моделирование, состоящее в использовании моделей, воспроизводящих процесс функционирования ЭЕМ. Теория вычислительных систем предлагает широкую номенклатуру математических моделей и их конкретных конфигураций. Однако анализ литературных источников, опубликованных в последнее десятилетие, показывает, что отсутствуют четкие данные об основных свойствах моделей и возможных областях их применения, нет общего конструктивного подхода к построению моделей производительности ЭЕМ, ориентированного на решение задач проектирования и эксплуатации ЭЕМ. Использование в ЭЕМ ЕС специфичных мониторинговых средств привело к необходимости разработки как моделей, согласованных с составом данных, полу-

чаемых мониторами, так и средств оценки вычислительной нагрузки, параметров модели и характеристик функционирования ЭВМ.

Таким образом, разработка и исследование стохастических сетевых моделей (ССМ) производительности ЭВМ, согласованных с составом измерительных данных, и средств оценки параметров моделей и характеристик функционирования ЭВМ является актуальной задачей, поскольку позволяет повысить качество проектных решений и эффективность эксплуатации ЭВМ.

Предметом исследования являются процессы обработки задач в ЭВМ ЕС с ОС ЕС в пакетных режимах в части отображения их в математических моделях, основанных на имитационных и аналитических методах расчета стохастических сетей.

Целью работы является разработка моделей функционирования ЭВМ ЕС, согласованных с составом данных системной мониторинной программы (СМП), а также методики и программных средств оценки параметров моделей и характеристик функционирования ЭВМ применительно к задачам проектирования, развития и эксплуатации ЭВМ и систем обработки данных на их основе.

Указанная цель достигается решением следующих задач:

- 1/ анализом требований к моделям производительности ЭВМ, выбором источников информационного обеспечения моделей и способа построения моделей;
- 2/ разработкой и исследованием структурных и упрощенных структурно-функциональных моделей ЭВМ ЕС;
- 3/ разработкой системы оценки параметров моделей и характеристик функционирования ЭВМ;
- 4/ экспериментальным исследованием нагрузки и характеристик ЭВМ ЕС, функционирующих в различных системах обработки данных;
- 5/ применением моделей и методики для оценки производительности вычислительных систем, построенных на основе ЭВМ ЕС.

Метод исследования базируется на использовании вероятностного подхода к описанию процесса функционирования ЭВМ ЕС, аппарата теории массового обслуживания, имитационных и аналитических методов моделирования и методов математической статистики для оценки адекватности моделей.

Научная новизна работы состоит в следующем:

выявлена система требований, предъявляемых к ССМ производительности ЭВМ;

предложен способ построения моделей ЭМ, состоящий в идентификации модели и ЭМ на основе стохастических сетей и измерительных данных СМД;

разработаны и исследованы модели, ориентированные на оценку производительности ЭМ ЕС и отображающие в себе конфигурацию ЭМ, режим обработки и вычислительную нагрузку;

предложен способ вычисления параметров моделей и методики оценки точности моделей по данным СМД.

Практическая ценность работы представляют: модели для оценки производительности ЭМ ЕС; пакет программы системы оценки параметров моделей и характеристик функционирования ЭМ, используемый для параметризации и оценки точности моделей; методика вычисления параметров и проверки адекватности моделей; результаты измерения и моделирования ЭМ ЕС, работающих в составе САПР и АСУ.

Реализация и внедрение результатов исследования. Разработанные модели производительности ЭМ ЕС и методика оценки параметров моделей и характеристик функционирования ЭМ на основе данных СМД (или системы Процесс ОС) реализованы в виде пакета прикладных программ на языках GPSS, ПЛ/1, ФОРТРАН и с помощью программ расчета стохастических сетей РСС. Пакет позволяет параметризовать модели, оценивать их адекватность и определять путем расчета моделей характеристики ЭМ при изменении в конфигурации, ОС и нагрузке. Пакет применяется для исследования ЭМ ЕС-1040, -1022, -1045, работающих в составе САПР, АСУ. Акт о внедрении приведен в приложении к диссертации.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы обсуждались на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава ЛИТМО (Львовград, 1981), МРТИ (Минск, 1984); УИ Всесоюзной школе-семинаре по вычислительным сетям (Москва-Винница, 1981); республиканской научно-технической конференции "Проблемы разработки и эксплуатации АСУ" (Могилев, 1981); Всесоюзном совещании "Автоматизированные системы массового обслуживания" (Нальчик, 1982); семинаре "Цифровое машинное моделирование сложных технических систем" (Панза, 1983); республиканской научно-технической конференции "Проблемы развития и использования ЭМ общего назначения" (Минск, 1984).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 7 печатных работ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы (112 наименований), содержит 133 страницы машинописного текста, 55 рисунков и 32 таблицы.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, определены цели, задачи и методы исследования.

I. Методы построения моделей производительности ЭВМ. В первой главе предложен подход и сформулированы основные задачи построения моделей производительности ЭВМ. Определены области применения моделей - системное проектирование ЭВМ, проектирование систем на основе серийно выпускаемых ЭВМ, эксплуатация ЭВМ и систем (настройка ОС и развитие конфигурации), которые предъявляют существенно разные требования к свойствам моделей, задаваемым универсальностью (областью определения) и точностью моделей, а также перечислением состава, уровня и точности представления характеристик.

Анализ существующих методов расчета моделей показал, что имитационные модели потенциально пригодны для решения всех указанных задач, аналитические модели применимы к задачам развития и проектирования ЭВМ и систем и ограничено пригодны при настройке систем, регрессионные модели, как правило, используются в комбинации с первыми двумя. Наиболее универсальным подходом является комбинирование имитационных, аналитических и регрессионных методов исследования.

Выделены два принципа построения моделей: агрегатный (структурный) и функциональный (алгоритмический). Обоснована целесообразность применения агрегатного метода, поскольку наиболее четко выраженным аспектом организации ЭВМ, оказывающим определяющее влияние на ее производительность, является структура и параметры технических средств. Детальность представления в моделях структуры ЭВМ и вычислительных процессов определяется целью моделирования и ограничивается составом, представительностью и точностью измерительных данных. В этом подходе за основу построения моделей берется структура ЭВМ, ресурсы ЭВМ ставятся в соответствие узлы модели, а процессы воспроиз-

водятся переходом заявок между узлами модели. Такого рода совокупности узлов называются стохастическими сетями.

Стохастическая сеть задается системой $X = \langle C, \bar{z} \rangle$, описываемой структурой C и законами функционирования узлов $\bar{z} = \{z_i | i \in \mathcal{N}\}$. Структура $C = \langle L, B, D \rangle$ характеризуется множеством классов заявок $L = \{l_i\}$, множеством узлов $B = \{b_i\}$ и связей (дуг) между ними $D = \{d_{ij}^e\}$, определяющих маршруты движения в сети заявок всех классов ℓ . Множеству D ставятся в соответствие вероятности $P_0 = \{p_{ij}^e\}$ перехода заявок от узла b_i к узлу b_j . В качестве динамического объекта сети рассматривается заявка, представляющая при моделировании ЭМ задание. В качестве узлов сети используются системы массового обслуживания (СМО), разделяемые во времени и воспроизводящие работу устройств, памяти, разделяемые во времени и объеме, и отображающие функционирование оперативных и внешних ЭУ, а также маршрутные узлы, генерирующие и поглощающие заявки, управляющие порядком движения заявок по дугам сети или изменяющие их атрибуты. В сети СМО b_i описывается вектором $z_i = (K_i, d_i, \{v_j^e\})$, где K_i - каналность СМО, d_i - дисциплина обслуживания заявок, а $\{v_j^e\}$ - длительности обслуживания заявок. Аналогично описывается память $b_j = (V_j, d_j, \{v_j^e\})$, где V_j - емкость памяти, $\{v_j^e\}$ - множество длин сегментов памяти, выделяемых заявкам. Закон обслуживания заявок представляется распределениями либо числовыми характеристиками - средними значениями и среднеквадратическими отклонениями. Приведена классификация сетей, определены виды, типы, классы и сложность сети, являющиеся основными характеристиками, определяющими средства построения и методы исследования сетей. Способ построения моделей (структура модели C и значения параметров \bar{z}) определяется наличием сведений о характеристиках работы ЭМ Y . При их отсутствии ССМ ЭМ строится на принципе структурной эквивалентности - подобия структуры модели и ЭМ (композиционные модели). Для ЭМ, находящихся в эксплуатации, когда имеются экспериментальные данные о вычислительной нагрузке P и характеристиках Y , предложен способ идентификации (идентификационные модели), позволяющий определять параметры модели с требуемой точностью и состоящий в отыскании параметров модели $\bar{z} = \varepsilon(Y, P)$, обеспечивающих совпадение характеристик $Y^* = f(\bar{z}, C)$, вычисляемых на модели, с одноименными характеристиками $Y = \varphi(A, F, P)$ идентифицируемой ЭМ конфигурации

А и с режимом обработки задач F . Анализом существующих измерительных средств и сопоставлением фиксируемых или статистик с набором данных, необходимых для оценки значений P и Y , показано, что в качестве средства измерения целесообразно использовать системную мониторингую программу. СМТ входит в состав ОС ЕС как стандартное средство и является наиболее экономичным источником измерительных данных, обеспечивающим прямую оценку большинства параметров.

Таким образом, в основу разработки моделей положены следующие концепции. Для решения задач проектирования и эксплуатации ЭМ необходимо располагать математическими моделями, обеспечивающими оценку функционирования ЭМ на системном уровне. Модели целесообразно строить на основе аппарата стохастических сетей, что обеспечивает их независимость от языка описания и методов расчета. Требования к свойствам моделей, степени детализации описания ЭМ в моделях, точности задания параметров ЭМ и определения характеристик ЭМ определяются сферой применения моделей. Различные требования к точности модельных оценок приводят к необходимости использовать широкую номенклатуру моделей. Основным источником данных о ЭМ и характеристиках функционирования ЭМ служат мониторы. Состав и точность данных мониторов оказывают определяющее влияние на выбор структуры модели и степень детализации в ней процесса функционирования ЭМ. Поэтому модели и процедуры определения параметров моделей и характеристик ЭМ должны быть согласованы с составом данных, регистрируемых мониторами.

В соответствии с изложенным сформулированы основные задачи, связанные с реализацией данного подхода: построение моделей ЭМ, согласованных с составом данных СМТ; разработка и исследование свойств упрощенных моделей ЭМ; разработка систем программ и методики оценки параметров моделей и характеристик ЭМ; экспериментальная проверка методики и моделей.

2. Структурные модели производительности ЭМ среды ЕС. Модели производительности ЭМ ЕС строятся как разомкнутые, замкнутые или смешанные стохастические сети, в которых пользовательские задачи и системные процессы ввода-вывода и иницирования представлены соответствующими классами заявок; порядок использования ресурсов классом задач - маршрутом движения заявок; объем использования ресурсов - длительностью пребывания заявок

в узлах или объемами памяти, выделяемыми заявкам. Процесс выполнения заданий представлен движением заявок в сети с центральным обслуживающим прибором (ЦО). Модели ЭЕМ с ОС *MFT* и *MVT* отличаются дисциплиной распределения оперативной памяти (ОП), порядком назначения приоритетов и дисциплиной иницирования в части выбора заявок из системной очереди. В качестве средства моделирования используется язык имитационного моделирования *GPSS*, отличающийся четко выраженным структурным подходом. В целях компактности записи БН, удобства проведения экспериментов и выявления закономерностей ее влияния на работу ЭЕМ принято представление БН распределениями.

В моделях поток заявок генерируется источником, допускающим любые законы распределения длин интервалов времени между заявками в потоке. Заявка имитирует задачу (шаг задания) и характеризуется именем, приоритетом и номером инициатора. В модели представлены ресурсы ЭЕМ типа устройство (процессор, ВЗУ, УВВ) с произвольными законами и дисциплинами обслуживания из набора *FIFO*, *LIFO*, квантование, абсолютные и относительные приоритеты и ресурсы типа память (ОП, память на ВЗУ и т.д.) с возможностью задания произвольного закона распределения длин сегментов и дисциплин обслуживания из набора *FIFO*, *LIFO*, относительные приоритеты. Выполнение задания складывается из системного ввода, иницирования, счета по программе, терминирования и системного вывода.

Модели позволяют имитировать любые из применяемых в ЭЕМ дисциплин и законов обслуживания, число классов заявок $L_n = 4-16$, узлов $N \leq 40$. В модели отображается $20-30 + 2N(L_n + 1)$ параметров и рассчитывается $L_n(N+1)$ характеристик (с учетом системных процессов $L_n = L_n + 2$). Моделирование стохастических сетей, представляющих модели ЭЕМ, на языке *GPSS* требует оперативной памяти 120-130 Кбайт, процессорного времени 1,3 часа ЕС-1035 для моделирования ≈ 1000 заданий с 1000-3000 операций ввода-вывода.

Недостаток имитационных моделей состоит в большой трудоемкости, вытекающей из необходимости представления в рамках одной модели процессов планирования и счета по программе, существенно различающихся интенсивностью использования ресурсов ввода-вывода. Процессорное время, затрачиваемое на моделирование, определяется числом моделируемых заданий и операций

ввода-вывода, приходившихся на задание. При числе операций ввода-вывода более 2000 целесообразно применять ЭВМ с быстродействием не ниже 400-500 тыс.оп./с.

Самостоятельная задача, решаемая при построении моделей - оценка параметров моделей и их точности. ВР представлена распределениями, поэтому требуется особо учитывать нестационарность работы ЭВМ, порождаемую изменениями ее конфигурации (A, F) и нестационарностью потока заданий (P). Предлагается при оценке точности использовать замкнутые сети. Тогда при выявлении участков стационарной работы ЭВМ в качестве обобщенного показателя используется уровень мультипрограммирования M и выбор интервалов стационарности ведется путем анализа его временного профиля. В основу параметризации моделей ЭВМ положены этапы: 1) измерение ЭВМ с помощью СМП и формирование временных рядов параметров заданий (шагов); 2) анализ полученных рядов с целью выявления стационарных участков и определения на них параметров ВР и моделей; 3) выбор интервалов стационарной работы ЭВМ и оценка характеристик функционирования ЭВМ; 4) калибровка и оценка адекватности моделей.

При оценке адекватности моделей использовались результаты измерения ЭВМ ЕС-1040, функционирующей в сфере АСУ и укомплектованной широкой номенклатурой устройств (> 30), ЭВМ ЕС-1045, характеризуемой значительными загрузками ресурсов и ЕС-1022, работающей в составе САПР. По данным СМП с точностью до гистогрмм получены параметры и характеристики: число шагов в задании, процессорное время, размер зоны ОП, число введенных-выведенных записей, число обращений к устройствам, длительности системных и пользовательских процессов, а также временные профили M и загрузок ρ .

С помощью критериев Манна-Уитни и Крускала-Уоллиса для ЭВМ ЕС-1040 показана стационарность выборки в I5I6 заданий (доверительная вероятность - 0,9).

Для ЭВМ ЕС-1045 выделено четыре интервала стационарности с числом обработанных заданий - 2985, 2898, 1175 и 934 задания, соответствующих первой (8-15,5 часов), второй (15,5-20 часов, 20-24 часа) и третьей (0-8 часов) сменам работы ЭВМ и различающихся типами обрабатываемой нагрузки. Настройка модели выполнялась на первом интервале, в качестве калибровочного параметра использовалось число операций ввода-вывода.

указанные выборки обеспечили 9-17% точность вычисления характеристик, а также 3-20% точность оценки средних и дисперсий параметров ИИ (моделей). Сравнение характеристик, рассчитанных на моделях, с однократными измерениями характеристиками показало хорошее совпадение с погрешностью не более 30%.

3. Исследование упрощенных структурных моделей ЭМ ЕС.
Структурные модели ЭМ ЕС обладают максимальной универсальностью, высокой точностью и соответственно значительной трудоемкостью, что снижает ценность моделей при решении задач оптимизации ЭМ. В этой связи представляется целесообразным использование упрощенных моделей, в простейших случаях рассчитываемых аналитически, трудоемкость которых снижается путем: 1) представления счета многофазным процессом с однократным использованием ресурсов; 2) упрощения планирования, представлением системных процессов в параметрах пользовательских задач; 3) построения комбинированных моделей. Исследована степень влияния на точность моделирования ЭМ (оценку пропускной способности) упрощений структуры и закона функционирования ССМ: 1) при изменении длительности обслуживания заявок ν в одном либо во всех N узлах сети погрешность оценок колеблется в пределах $\Delta \nu / N (\%) + \Delta \nu^2 (\%)$; 2) изменение коэффициента вариации ν законов обслуживания заявок в узлах сети от 0 до 2 приводит к уменьшению пропускной способности до 18%; 3) упрощенный учет памяти посредством задания максимально-допустимого значения уровня мультимного программирования, равного $\lfloor N/\nu \rfloor$, вызывает ошибки в 5-20%; 4) упрощенное представление системы ввода-вывода вносит погрешности в 5-20%; 5) моделирование ЭМ сетями ЦО, учитывающими только пользовательские процессы, приводит к погрешности в 15-20%.

Указанные свойства учитывались при создании упрощенных сетевых моделей ЭМ.

Показано, что наиболее перспективным является использование комбинированных моделей, построенных на принципе декомпозиции, позволяющем имитировать ЭМ совокупностью двух моделей - имитационной, отображающей редкие и плохо поддающиеся аналитическому описанию процессы планирования и аналитической, моделирующей часть циклические процессы счета задач. Затраты процессорного времени пропорциональны числу узлов модели и не зависят от кратности использования ресурсов как в имитационных

моделях. Для разработанной модели затраты процессорного времени ЕС-1035 при моделировании 10 тыс. заданий составляют 20-60 мин. Условие преимущества комбинированного метода расчета: $NV\Delta t_M / (\alpha v \Delta t_M) < 1$, где V/v - среднее число заявок в модели, α - общее число обращений ко всем N узлам модели, $\Delta t_M / \Delta t_{M1}$ - соотношение времен аналитического расчета и имитации одного узла сети. Моделирование ЭМ сводится к следующей итерационной процедуре: 1) определяется интервал времени длины Δt_i ($i=1, 2, \dots$), когда состав заявок (задач), обрабатываемых ЭМ, постоянен; 2) рассчитываются значения пропускной способности сети $\{\lambda_{\ell, i}\}$ для каждого ℓ -го класса заявок; 3) корректируются остаточные времена дообслуживания заявок $\Delta t_{\ell, i} = f(\Delta t_{\ell, i-1}, \lambda_{\ell, i-1}, M_{i-1}, \lambda_{\ell, i}, M_i)$. Времена пребывания заявок в сети определяются как $\{U_{\ell} = \sum_{j=1}^{n_{\ell}''} \Delta t_j\}$, где $(n_{\ell}'' - n_{\ell}') -$ число интервалов Δt_j обработки заявки ℓ .

Исследована упрощенная аналитическая модель ЭМ в виде совокупности узла памяти и однородной экспоненциальной сети ЦО. Расчет характеристик модели выполняется путем замены исходной сети одноканальной СМО с переменной интенсивностью обслуживания $\mu(M)$, принимающей значения в диапазоне $0 < \mu(M_n)$, где $M_n =]V/v[$. Для получения характеристик сети в аналитическом виде применялся асимптотический подход: исходная сеть заменяется многоканальной СМО с числом каналов $K = \min(M_n, M_{ц0})$ и интенсивностью обслуживания в канале $\mu = \left(\sum_{i=1}^N \alpha_i / \mu_i \right)^{-1}$.

Значение $M_{ц0} = M$ в точке насыщения сети ЦО.

Построены асимптотические модели ЭМ ЕС. ЭМ представляется стохастической сетью N_n памяти и N_u устройств, в которой протекает $M^{вв}$ процессов ввода, $M^{вы}$ вывода и M процессов счета. Вычислительная нагрузка описывается параметрами L классов заявок: состав нагрузки задается относительными частотами появления заявок в смеси $\{p_{\ell} | \ell=1, L\}$ или значениями $\{m_{\ell} = M^{\ell} / M | \ell=1, L\}$, где M^{ℓ} - степень мультипрограммирования заявок класса ℓ , маршрут обработки - числом обращений $\{\alpha_i^{\ell}\}$ к узлам сети, длительность обслуживания - множеством $\{\beta_i^{\ell}\}$. Задача построения асимптотических оценок характеристик функционирования ЭМ сведена к определению "узкого" места сети и вычислению предельного значения

$$M =] \min(M_y, M_a, M_{cn}) [\quad , \text{ на основе которого определяются ха-} \\ \text{рактеристики } \lambda_e, p_{i,e}, u_e. \text{ Здесь } M_y = K_y \left[\sum_{k=1}^L m_k (d_1^e v_1^e + d_2^e v_2^e + d_3^e v_3^e) / t^e \right]^{-1}, \\ M_a = \min \left\{ v_k / \sum_{k=1}^L m_k v_k^e \mid k=1, N_n \right\} \text{ и } M_{cn} = \left(\sum_{k=1}^L m_k / t^e \right)^{-1} \min(M^{BB}/t^{BB}; M^S/t^S)$$

- уровни мультипрограммирования, при которых сеть входит в насыщение, а причиной возникновения "узкого" места является устройству S, память или системный процесс. Значение

$$t^e = \sum_{i=1}^{N_y} d_i^e v_i^e.$$

Анализ разработанных моделей по трем основным критериям - универсальности, трудоемкости и точности показывает их пригодность для решения задач проектирования и эксплуатации ЭВМ.

4. Система оценки параметров моделей и характеристик функционирования ЭВМ и модели производительности ЭВМ. Система оценки предназначена для анализа вычислительной нагрузки и показателей работы ЭВМ на основе данных, формируемых СМП (или пакетом программ Процесс ОС) с целью определения параметров моделей. Система обеспечивает: 1) формирование наборов данных, содержащих информацию об обрабатываемых ЭВМ заданиях и шагах заданий; 2) оценку параметров ВП; 3) оценку показателей функционирования ЭВМ; 4) вычисление значений параметров моделей и анализ их адекватности моделируемой ЭВМ. Система оценки включает в себя следующие программные средства: 1) формирование первичных наборов данных о заданиях, содержащие атрибуты, параметры и характеристики заданий; 2) средства оценки, обрабатывающие первичные наборы данных как одно целое, либо по частям (для каждого класса заданий и любого периода работы ЭВМ) с целью вычисления распределений, средних значений и дисперсий параметров и характеристик, построения временных профилей степени мультипрограммирования, загрузок устройств и памяти и проведения статистического анализа временных рядов.

Средние затраты времени ЭВМ ЕС-1033 на обработку (анализ) каждой из программ оценки набора данных, содержащего $N_B = 5-10$ тыс. записей о заданиях, составляет 10-15 минут, требуемая емкость памяти 130-200 Кбайт. Согласно зависимости $\Delta \leq 2 \cdot 10^2 \sqrt{N_B}^{-1}$ и с учетом экспериментально установленных пределов изменения коэффициента вариации параметров и характеристик

заданий $\bar{V} = 0,5-6$ указанный объем выборки обеспечивает оценку параметров моделей с погрешностью $\Delta \leq 10\%$. Таким образом, система оценки является экономичной и отвечает поставленным требованиям.

Даны рекомендации по применению системы для оценки адекватности моделей и моделированию ЭВМ. Приведены форматы входных данных для структурных имитационных моделей ЭВМ ЕС - язык GPSS, комбинированных имитационно-аналитических и аналитических моделей ЭВМ - язык ФОРТРАН.

Модели использовались для анализа сбалансированности ЭВМ ЕС, прогнозирования эффектов реконфигурации систем, смены типа ОС, поиска "узких" мест.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Обоснована система требований, предъявляемых к моделям производительности ЭВМ задачами проектирования, развития и эксплуатации ЭВМ и систем обработки данных на их основе. Предложен способ построения моделей ЭВМ, основанных на использовании стохастических сетей и согласованных с составом измерительных данных.

2. Разработаны стохастические сетевые модели ЭВМ ЕС с ОС ЕС в пакетных режимах, воспроизводящие конфигурацию ЭВМ, режим обработки, порождаемые ОС и параметры вычислительной нагрузки. Исследованы свойства указанных моделей, подтверждено хорошее согласование моделей с экспериментальными данными - погрешность $< 3\%$.

3. Разработаны упрощенные модели ЭВМ ЕС, основанные на комбинировании имитационных и аналитических методов расчета, а также модели, полученные упрощением в части представления процессов, типов узлов и законов их функционирования, базирующиеся на сетях массового обслуживания и рассчитываемые аналитически. Они обеспечивают существенное (в 5-10 раз) сокращение затрат машинного времени на моделирование при незначительном снижении точности результатов.

4. Предложен способ вычисления параметров моделей и метода оценки их точности по данным СМП. Результативность методики подтверждена экспериментально. Разработана система программ оценки параметров моделей и характеристик функционирования ЭВМ, реализующая указанный способ. Даны рекомендации по ее использованию для ЭВМ ЕС.

5. Получены статистические данные о функционировании ЭВМ ЕС, работающих в составе САПР, АСУ. Выполнено моделирование ЭВМ с реальной нагрузкой.

По материалам диссертации опубликованы следующие работы:

1. Муравьев Г.Л. К определению производительности вычислительного центра коллективного пользования, минимизирующей затраты на обработку задач. - Изв.вузов СССР - "Приборостроение", 1982, т.25, № 6, с.52-56.

2. Алиев Т.И., Муравьев Г.Л. Модели для оценки эффективности вычислительных средств АСУ. - В кн.: Проблемы разработки и эксплуатации АСУ на предприятиях радиотехнической, электронной, приборостроительной и машиностроительной промышленности. Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции. Могилев, 1981, т.2, с.90-91.

3. Муравьев Г.Л. Комбинированная модель для оценки производительности ЭВМ. - В кн.: Шестая всесоюзная школа-семинар по вычислительным сетям. - М.-Винница, 1981, часть 3, с.39-42.

4. Муравьев Г.Л. Имитационная модель для оценки функционирования ЭВМ. - Л., 1982. - 5с. - Рукопись представлена Ленинградским институтом точной механики и оптики. Деп. в ЦНИИТЭИ приборостроения 9 апреля 1982, № 1806.

5. Ефимушкина Н.В., Зеленина О.В., Муравьев Г.Л. Модели вычислительной нагрузки, согласованные со стохастическими сетевыми моделями вычислительных систем. - В кн.: цифровое машинное моделирование сложных технических систем. Тезисы докладов научно-технической конференции. Пенза: ЦИИП, 1983, с.45-46.

6. Муравьев Г.Л. Выбор оптимальной конфигурации вычислительного центра коллективного пользования. - в кн.: Проблемы развития и использования ЭВМ общего назначения. Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции. Минск, 1984, с.21.

7. Новиков Г.И., Муравьев Г.Л. Классификация стохастических сетевых моделей вычислительных систем. - Изв.вузов СССР - "Приборостроение", 1985, т.28, с.40-43.

Подписано к печати 25.06.86 г. М-14733 Объем 1 и.л.
Заказ 510 Тираж 100 экз. Бесплатно.

Ротапринт. ЛИТМО. 190000, Ленинград, пер.Гришцова, 14