

ЛИТЕРАТУРА

1. **Гладков А.Л.** Задача Коши для некоторых вырождающихся квазилинейных параболических уравнений с поглощением // Сибирский математический журнал, 1993. Т.34, №1. С.47-64.
2. **Vazquez J.L., Wallas M.** Existence and uniqueness of solutions of diffusion-absorption equations with general data // Differential and Integral Equations., 1994. V.7, №1. P.15-36.
3. **Zhao J., Liu H.** The Cauchy problem of the porous medium equation with absorption // Partial Differential Equations., 1994. V.7, №3. P.231-247.
4. **Гладков А.Л.** О неограниченных решениях нелинейного уравнения теплопроводности с сильной конвекцией на бесконечности // Журнал вычислительной математики и математической физики, 1996. Т.36, №10. С.73-86.
5. **Kato T.** Schrodinger operators with singular potentials // Israel J. Math., 1972. V.13. P.135-148.

S U M M A R Y

The questions of existence and uniqueness of solution of the Cauchy problem for the equation $u_t = (u^m)_{xx} + \sum_{i=1}^d d_i u^{\alpha_i} + \sum_{j=1}^c c_j u^{\beta_j - 1} u_x - au^p$, where $x \in \mathbb{R}$, $p > m > 1$, a is positive constant, d and c are natural numbers, d_i and c_j ($i = 1, \dots, d; j = 1, \dots, c$) are some constants, $0 \leq \alpha_i < p$ ($i \in \{k \in \mathbb{N} : d_k > 0\}$), with arbitrary nonnegative continuous initial data are investigated.

Поступила в редакцию 30.11.2001

УДК 681.518:681.3.016

**О.М. Демиденко, О.В. Быченко, И.В. Агеенко, А.В. Воруев,
И.В. Максимей, В.А. Никишаев, М.В. Потрашкова**

Инструментарий организации имитационных экспериментов при проектировании локальных вычислительных сетей

При выборе состава ресурсов и необходимого программного обеспечения (ПО) локальных вычислительных сетей (ЛВС) руководство информационных предприятий (ИНП) и банковских учреждений сталкивается с рядом трудностей. Наиболее существенными из них являются отсутствие: средств анализа качества организации вычислительного процесса (ВП) в ЛВС; средств измерения параметров ВП и рабочей нагрузки (РН) на ЛВС, позволяющих оценить операционную обстановку в сети и выбрать необходимую операционную систему; методик анализа и адаптации ВП под РН на ЛВС. Фирмы, поставляющие на рынок программную продукцию ПО и вычислительную технику (ВТ) и использующие современные информационные технологии (ИТ), не обеспечивают пользователей ни указанными средствами измерения и анализа параметров ВП и РН на ЛВС, ни методиками их разработки и использования. Кроме того, большинство существующих методик анализа организации обработки информации в сетях ЭВМ ориентировано на исследование сетевых аспек-

тов организации обработки информации аналитическими методами теории массового обслуживания (ТМО) [1, 2]. Проблемам собственно организации ВП и обеспечения качества обслуживания РН на узлах ЛВС недостаточно уделяется внимания. На практике необходимо рассматривать ВП на высоком уровне детализации, что не позволяет сделать аналитические методы моделирования и требуется имитация ВП в ЛВС при изучении динамики организации обработки информации в ЛВС. Эти обстоятельства определяют актуальность разработки средств мониторинга параметров ВП и РН на ЛВС и имитационного моделирования вариантов организации ВП на ЛВС, адаптированных к требованиям РН на ЛВС. Поскольку обычно технические возможности постановки натуральных экспериментов (НЭ) при выборе вариантов организации ВП в ЛВС не велики, то актуальны и разработки средств автоматизации имитационных экспериментов (ИЭ) и методик их использования для адаптации ВП под существующую РН на ЛВС в ходе проектного моделирования организации обработки информации на ЛВС, которые дополняли бы результаты НЭ на реальных ЛВС.

Исходя из актуальности перечисленных задач в Гомельском государственном университете им. Ф. Скорины была разработана система мониторинга параметров ВП и РН на узлы ЛВС (SYSMON) и библиотека имитационных моделей как отдельных компонентов, так всей ЛВС (LIB.LVS). Ниже излагаются: принципы формализации ВП и РН на узлы ЛВС, состав и структура ПО и методики измерения и имитационного моделирования вариантов организации обработки информации в ЛВС в условиях, когда состав и структура РН обладают большой неопределенностью; некоторые результаты апробации SYSMON, LIB.LVS и методик их применения. Кроме того, авторами были определены точностные и технологические характеристики SYSMON и оценены затраты ресурсов ЭВМ на организацию ИЭ с помощью LIB.LVS.

Главной компонентой ЛВС являются персональные компьютеры (ПК), являющиеся узлами ЛВС и состоящие из традиционного состава оборудования: процессор (CPU), жесткий диск (HDD), видеоконтроллер (VID), сетевой адаптер (NET), оперативная память (MEM). Все эти компоненты ПК являются ресурсами узлов ЛВС и их взаимодействие реализуется с помощью операционной системы (ОС). Считаем, что внутренний параллелизм обслуживания запросов пользователей наиболее широко организуется в ОС Windows. Как известно, производительность ЛВС определяется степенью распараллеливания процессов пользователей, рождаемых ОС по запросам пользователей, множество которых и составляет РН на узлы ЛВС. Параллелизм представлен в виде конкуренции за ресурсы ЛВС всех процессов и наличием механизмов прерывания функционирования на основе квантования.

По запросам пользователей ОС Windows рождает последовательность функциональных задач (ФУЗ_i). Каждая ФУЗ_i является инициатором соответствующего процесса, состоящего, в свою очередь, из последовательности программных модулей ПМ_j. Количество типов модулей обычно ограничено ($j=1,7$). Классификация типов ПМ_j определяется набором функциональных действий при их работе с распределенной информационной базой данных (РИБД). В ходе исполнения алгоритмов ПМ_j может реализоваться любая последовательность обращений к модулям РИБД (МРБД_k). Количество типов МРБД_k также ограничено. Таким образом, при реализации ФУЗ_i имеет место следующая иерархия взаимодействия модулей: {ФУЗ_i}, {ПМ_j}, {МРБД_k}. Каждый уровень этой иерархии можно представить своим графом, вершинами которого являются сами ФУЗ_i, ПМ_j и МРБД_k, а связи определяются матрицами их типового следования друг за другом в этих последовательностях. Для каждого уровня детализации РН составляется своя матрица вероятностей:

$MP_{\text{ФУЗ}_i}$ – матрица вероятностей переходов от ФУЗ_i к ФУЗ_s при обслуживании запросов пользователей i -го типа;

$MP_{\text{ПМ}_{ij}s}$ – матрица вероятностей использования ПМ_s после ПМ_j при обслуживании ФУЗ_i ;

$MP_{\text{МРБД}_{ks}}$ – матрица вероятностей использования МРБД_s после МРБД_k при обслуживании ПМ_j .

Кроме вероятностей переходов для описания процесса использования ресурсов ЛВС при выполнении ПМ_j необходимо знать распределения длительностей использования этих ресурсов. Будем считать, что главными ресурсами ЛВС являются: времена использования CPU ПМ_j (t_{CPU_j}) и размер использования HDD MPDD_k (V_{HDD_k}). Очевидно, для полноты описания процессов использования этих ресурсов, необходимо определение длительностей и размеров этого использования. Для этого достаточно определения матриц, элементами которых являются функции распределения этих параметров в каждом состоянии. Под состояниями ПМ_j будем понимать использование ресурса CPU ПМ_s , при условии, что предыдущий ресурс CPU использовался ПМ_j в ходе выполнения ФУЗ_i . Аналогичные состояния МРБД_k введем для модулей РИБД при реализации запросов ПМ_j s -м блоком при условии, что перед этим ресурс HDD использовался k -м блоком РИБД. Таким образом, описание процесса использования ресурсов ЛВС по запросам пользователей необходимо дополнить матрицами, элементами которых являются функции условных распределений расхода ресурсов CPU ($MF_{ijs}(t_{\text{CPU}})$) и функциями условных распределений расхода ресурсов HDD ($MF_{jks}(V_{\text{HDD}})$).

Для полноты полумарковского описания процесса расхода основных ресурсов ЛВС при выполнении последовательности $\{\text{ФУЗ}_i\}$ необходимо указать для каждого уровня иерархии описаний вероятности того, какие именно ФУЗ_i , ПМ_j и МРИБ_k являются начальными элементами этой последовательности, а также средние значения количества элементов в этих последовательностях. Итак, для полумарковского описания динамики использования ресурсов ЛВС пользователями i -го типа необходимо задание следующих параметров:

а) для уровня описания $\{\text{ФУЗ}_i\}$ используются:

n_{0i} – среднее количество элементов последовательности $\{\text{ФУЗ}_i\}$;

$\{P_{0ij}\}$ – вектор вероятностей того, что именно ФУЗ_i является начальным элементом в этой последовательности;

$MP_{\text{ФУЗ}_is}$ – матрица переходов от ФУЗ_i к ФУЗ_s ;

б) для уровня описания $\{\text{ПМ}_j\}$ используются:

n_{1j} – среднее количество элементов в $\{\text{ПМ}_j\}$;

$\{P_{1j}\}$ – вектор вероятностей того, что именно ПМ_j является начальным элементом в этой последовательности;

$MP_{\text{ПМ}_{ij}s}$ – матрица вероятностей следования ПМ_s за ПМ_j ;

$MF_{ijs}(t_{\text{CPU}})$ – матрица условных распределений времен использования CPU;

в) для уровня описания $\{\text{МРИБ}_k\}$ используются:

n_{2k} – среднее количество элементов в $\{\text{МРИБ}_k\}$;

$\{P_{2jk}\}$ – вектор вероятностей того, что именно МРИБ_k является начальным элементом этой последовательности, рождаемой по запросам ПМ_j ;

$MP_{\text{МРИБ}_{ks}}$ – матрица вероятностей следования МРИБ_s за МРИБ_k ;

$MF_{jks}(V_{\text{HDD}})$ – матрица условных распределений расхода ресурса HDD.

При построении моделей РН необходимо измерить в ходе натурного эксперимента перечисленные выше характеристики всех уровней описания $\{\text{ФУЗ}_i\}$.

Для описания динамики развития ВП в узлах ЛВС предлагается группа коэффициентов использования его ресурсов: центрального процессора (η_{CPU}), жесткого диска (η_{HDD}), видеоконтроллера (η_{VID}), сетевого адаптера (η_{NET}), опе-

1
2
3
4
5
6
б)

ративной памяти (η_{MEM}). Характеристиками качества обслуживания ВП пользователей i -го типа будут времена выполнения их заказов ($T_{ЖИ}$). Эффективность использования CPU j -м PM_j также определяется соответствующим коэффициентом использования CPU (η_j). Очевидно, что $\eta_{CPU} = \sum_j \eta_j$. Предпо-

лагая, что каждый PM_k в модели ВП можно представить в виде прибора массового обслуживания, ($PMOC_k$) можно описывать часть ВП в виде процесса захвата CPU на время $t_{OBS,ijk}$. При этом каждый $PMOC_k$ обладает очередью, в которой запросы от других ФУЗ _{i} ожидают завершения предыдущего запроса на захват PM_k очередного кванта CPU. Эти очереди характеризуются следующими статистиками их использования: длительностью ожидания i -го запроса обслуживания PM_j на CPU ($t_{OЖij}$) и числом побывавших в очереди запросов обслуживания PM_j ($n_{Oчij}$). Характеристики ВП (η_j , $t_{OЖij}$, $n_{Oчij}$) позволяют оценивать степень сбалансированности использования ресурса CPU модулями PM_j и находить узкие места в организации обработки информации в узле ЛВС. Максимальные значения $t_{OЖij}$, $n_{Oчij}$, η_j указывают на то, что PM_j является узким местом организации ВП при заданной структуре РН. Наличие же больших значений $t_{OЖij}$ и $n_{Oчij}$ при небольших значениях коэффициента использования CPU (η_j) определяет несбалансированность организации ВП в исследуемой ЛВС при заданной РН на узел сети. Полагаем также, что каждый $MRBD_k$ в модели ВП представляется в виде прибора массового обслуживания ($PMOB_k$), можно описывать другую часть ВП как захват PM_j части РИБД на жестком диске в виде объема V_{HDDjks} . При этом каждый $PMOB_k$ также обладает очередью, в которой запросы от других PM_j ожидают завершения предыдущего запроса на захват PM_j очередного кванта ресурса HDD. Эти очереди характеризуются следующими статистиками использования ресурса HDD: длительность ожидания запросами PM_j захвата ресурса HDD ($t_{OчБДjks}$) и числом побывавших в очереди запросов к $PMOB_k$ ($n_{OчБДk}$). Аналогично предыдущему случаю характеристики ($\eta_{БДj}$, $t_{OчБДk}$, $n_{OчБДk}$) позволяют оценивать степень сбалансированности использования ресурса HDD модулями PM_j и находить другие узкие места в организации обработки информации в узле ЛВС. Итак, ВП в узлах ЛВС на ресурсном уровне его представления описывается следующим набором статистик, которые необходимо уметь измерять как в ходе натурального, так и при имитационном экспериментах:

1. (η_{CPU} , η_{HDD} , η_{VID} , η_{NET} , η_{MEM}) – вектор откликов интегрального использования ресурсов ЛВС.
2. (η_j , $t_{OЖij}$, $n_{Oчij}$) – матрица откликов использования PM_j ресурса CPU.
3. ($T_{ЖИ}$) – вектор качества обслуживания запросов пользователей.
4. ($V_{ИБДij}$) – вектор средних значений объемов РИБД _{k} , используемых PM_j при запросе i -ых пользователей ЛВС.
5. ($\eta_{БДj}$, $t_{OчБДk}$, $n_{OчБДk}$) – матрица откликов использования PM_j ресурса HDD.

Система мониторинга (SYSMON) была разработана авторами для реализации следующих функций: отслеживание системных событий, сопоставление их процессам, измерение перечисленных ранее статистик моделирования, периодическая запись этой статистики на диск. Системными событиями считаем: переключение ОС Windows потоков, обращение к диску, использование виртуальной памяти, графические операции пользователей. SYSMON состоит из трех модулей: перехвата системных событий (MS1), идентификации процессов (MS2), сбора статистики (MS3). MS1 представляет собой драйвер, написанный на языке СИ++, с использованием библиотеки VToolsD. Он перехватывает управление при появлении системных событий. Для хранения информации MS1 выделяет в MEM буфер емкостью 2048 событий, который периодически освобождается модулем

MS3. MS2 представляет собой динамически загружаемую библиотеку, содержащую системные «ловушки», которые загружаются в адресное пространство каждого процесса его инициализации. Во время инициализации библиотеки вызывается функция получения системного идентификатора процесса, который затем передается MS3. MS3 представляет собой программу, написанную на языке Borland Delphi 5.0. Он выполняет следующие действия: загружает драйвер перехвата системных событий; регистрирует в системе «ловушку», содержащую модуль идентификации процессов; создает файл журнала событий с уникальным именем, запускает отдельный программный поток, отвечающий за считывание данных из драйвера и записи их в журнал; отображает промежуточные данные на дисплее.

Одной из основных задач при разработке SYSMON являлось максимальное упрощение процедуры проведения натуральных экспериментов с ЛВС. Поскольку при сборе статистики необходимо было проводить серии тестов на различных конфигурациях оборудования со всевозможными сочетаниями параметров ЛВС, то необходимо было разработать унифицированный способ выполнения тестов с последующим сохранением результатов для их дальнейшей обработки. Поэтому SYSMON имеет открытый программный интерфейс, позволяющий использовать ее в сочетании таких мощных математических приложений как Microsoft Excel и Mach CAD. Для этого используется технология COM фирмы Microsoft. В состав SYSMON в качестве отдельной компоненты входит программа оценки производительности ВП в узлах ЛВС, состоящая из сервера автоматизации и контроллера автоматизации. Первая часть программы реализует саму технологию COM при оценке производительности отдельных компонент ЛВС. Это серия тестовых программ по оценке характеристик использования ресурсов (CPUtest, MemoryTest, DiskTest, VideoTest). Основная задача второй части программы состоит в выполнении последовательности этих тестов, записи параметров ЛВС и результатов расчета в файл журнала SYSMON.

Следующей важной компонентой SYSMON является программа графического представления результатов моделирования (LOGVIEW). Она выдает несколько видов отчетов, отличающихся друг от друга уровнем детализации представления «трассы» процессов и их параметров при реализации на ЛВС. Для того, чтобы РН при УНЭ можно было считать установившейся в составе SYSMON имеется программа-менеджер MODELTEST, которая обеспечивает требуемый состав ФУЗ_i и необходимые алгоритмы их реализации во время организации УНЭ. Эта программа по существу эмулирует алгоритм трехуровневой формализации РН и выполняется в стандартном контексте служебных задач ОС при различных комбинациях значений параметров ресурсов ЛВС, но в соответствии с полумарковским трехуровневым представлением запросов ФУЗ_i к ОС Windows.

НЭ с помощью SYSMON может проводиться в двух режимах: неуправляемого эксперимента (ННЭ), когда РН на ЛВС заранее неизвестна; управляемого эксперимента (УНЭ), когда необходимо обеспечить воздействие на ВП в ЛВС необходимого состава и структуры РН. Любой из этих НЭ реализуется следующей последовательностью шагов:

1. Анализ операционной обстановки в ВП реального узла ЛВС. После обработки результатов мониторинга подпрограммой анализа статистики (STATANAL), реализованной с использованием приложений Excel, оценивается целесообразность дальнейших НЭ на ЛВС. Попутно STATANAL позволяет получить обобщение характеристики РН на ЛВС, когда ФУЗ_i не разделены на классы, и результаты измерений объединены в единые выборки, по которым получено их обобщенное графовое представление о РН.

2. Получение исходной информации для построения имитационных моделей (ИМ) РН на узлы ЛВС. Проводится деление РН на классы, соответственно каждому *i*-му типу пользователей. В соответствии с трехуровневой формализацией РН,

действующей на входе реальной ЛВС замеряются фактические параметры каждого i -го класса {ФУЗ}. Для классификации выборок параметров РН используется ППП STATISTIKA [3], адаптированный в среде SM MICIC [3]. При формировании функций распределения $F_{js}(t_{CPU})$ и $F_{iks}(V_{HDD})$ вначале происходит их объединение выборок этих параметров с помощью программы (LOGVIEW), а затем, если возможно, с помощью ППП STATISTIKA находят параметрическое их представление как результат аппроксимации табличных распределений этих параметров стандартными типами распределений. Результатом этапа 2 является формирование фактических значений матриц вероятностей и параметров распределений запросов основных ресурсов ЛВС при выполнении последовательности ФУЗ _{i} , перечисленные ранее в 2. Эта информация является исходной для построения моделей ФУЗ _{i} , рождаемых пользователями i -го типа.

3. Постановка УНЭ для оценки фактических значений откликов ВП при заданном составе РН, действующей на узлы ЛВС. Каждый «прогон» ИЭ в ходе организации MODELTEST необходимой структуры и состава РН выполняется методом поочередного независимого выполнения ПМ _{j} . Управляемыми параметрами УНЭ являются: тип ОС, объем оперативной памяти ($V_{OЗУ}$), частоты базовой шины ПЕ в узле ($v_{БШ}$), значение множителя CPU (M_{CPU}). Выбор именно этих характеристик в качестве управляемых параметров ВП определяется реальными возможностями изменения технической базы ЛВС и приобретения разных типов ОС. Как правило, для большинства ИНП эти возможности ограничены.

4. SYSMON может функционировать под управлением следующих ОС: Windows95, Windows98, WindowsME. Пара параметров: интенсивность поступления в ЛВС требований пользователей i -го типа (λ_i) или время обдумывания результатов ($\tau_{обд}$) определяют характер его поведения. Как правило, здесь существует большая неопределенность поведения РН на входе ЛВС. Поэтому с помощью MODELTEST в разных сеансах проведения НЭ генерируются запросы с заранее заданной интенсивностью (λ_i). Затем для разных значений λ_i SYSMON позволяет получать семейства значений откликов и анализировать интегральные результаты, используя процедуры принятия решений в условиях неопределенности поведения.

Для расширения возможностей адаптации ВП под РН на узлы ЛВС с помощью SM MICIC [3] была разработана библиотека ИМ компонентов ЛВС (LIB.LVS). В состав этой библиотеки вошли: параметризованные ИМ вариантов организации ВП в узлах ЛВС (LIB.COMP), параметризованные ИМ варианты РН на узлы ЛВС (LIB.PMPH); процедуры испытания и исследования свойств ИМ ВП и РН (ISPIМ); процедуры анализа вариантов организации ВП в ЛВС (RESHN).

ИМ компонентов в LIB.COMP построены на основе транзактного способа формализации с помощью SM MICIC [3]. Каждый ресурс узла ЛВС представляет ПМО с общей очередью, обслуживающий транзакты (TR_i). Каждый TR_i является моделью запроса пользователя i -го типа. Очереди TR_i обслуживаются ПМО _{j} по приоритетам (τ_{ij}) согласно дисциплины FI-F0. Ресурс CPU в LIB.COMP представлен множеством ПМ _{j} . Аналогично ресурс HDD в LIB.COMP рассредоточен по множеству МРБД _{k} . Остальные ресурсы (VID, NET, MEM) представлены каждый одним ПМО с общей очередью обслуживающий TR_i согласно их λ_i . На выходе оконченных ПМО формируются управляющие сигналы, включающие источники формирования новых TR_i диалогового типа в ИМ РН на узел ЛВС. Каждый TR_i содержит в себе адрес следующего ПМО, на котором он должен будет обслуживаться согласно технологической схемы обработки запросов пользователей.

ИМ РН на узлы ЛВС в LIB.PMPH реализованы на основе полумарковского представления процесса моделирования ФУЗ _{i} , рождаемых по запросам пользователей i -го типа. В этих ИМ отражена трехуровневая схема формализации РН. Траектория движения TR_i в ИМ РН определяется сначала по матрице MP_{CPUis} , когда

формируется номер очередной ФУЗ_i, затем согласно второго уровня иерархии формализации выбирается номер очередного ПМ_j по матрице МР_{ПМ_ij_s} и время очередного использования ПМ_j ресурса CPU (t_{CPUj}) по матрице МF_{js}(t_{CPU}). Выбор ресурса HDD при выполнении запроса TR_i на ПМ_j осуществляется согласно третьего уровня формализации по матрице МР_{ЕД_{jk}s}. Размер очередного использования ПМ_j ресурса HDD определяется по матрице МF_{js}(V_{HDD}). Как видим, траектория движения TR_i по модели ВП определяется матрицами переходов (МРФ_{jis}, МР_{ПМ_ijs}, МР_{ЕД_{jk}s}). Начальные значения этого процесса на каждом уровне обслуживания TR_i определяются векторами ($\{P_{0i}\}$, $\{P_{1j}\}$, $\{P_{2jk}\}$). Завершение этого процесса регулируется средними значениями параметров (n_{0i} , n_{1j} , n_{2jk}). Процесс поступления моделей запросов i -го типа (TR_i) в ИМ РН регулируется соответствующими источниками транзактов. TR_i, имитирующие фоновые и транзитные запросы, моделируются соответствующими генераторами (GEN₁ и GEN₃) с постоянными интенсивностями (λ_1 и λ_3). Для имитации взаимодействия ЛВС с диалоговыми пользователями в ИМ РН используются управляемые источники (UGEN_{2i}), количество которых равно числу диалоговых пользователей на входе ИМ узла сети (INLVS). UGEN_{2i} включаются по сигналам завершения предыдущего цикла обслуживания TR_i после временной задержки равной $\tau_{OБД}$.

В состав ISPIM входят следующие процедуры: оценка точности имитации (PR TOCH), определения длины переходного периода (PR PERI), проверки устойчивости результатов имитации (PR USTO), оценки чувствительности откликов модели (PR CHUV), проверки адекватности модели реальному ВП в ЛВС (PR ADEK), поиска рабочей области исследований (PR OBLA). Алгоритмы выполнения этих процедур и методики их использования приведены в работе [4].

Процедуры RESHN реализуют известные алгоритмы принятия решений в условиях неопределенности и риска [3]. В их состав входят процедуры:

1. RECH1 – вычисления интегрального отклика исследуемой системы e_{is} по вектору откликов (η_{CPU} , η_{HDD} , $T_{жi}$) согласно l -ой стратегии исследования s -го варианта ЛВС. Можно исследовать ВП при шести различных стратегиях: $l=1$, равновероятной; $l=2$, с равнозначным усиленным влиянием главных ресурсов узла (CPU и HDD); $l=3$, когда качество обслуживания пользователей является определяющим; $l=4$, когда в качестве основы для принятия решений служит загрузка CPU; $l=5$, когда определяющим для принятия решений служит загрузка HDD; $l=6$, когда рассматривается компромисс между загрузкой ресурсов и качеством обслуживания заказов пользователей. Выбор номера стратегии (l) определяется соотношением весовых коэффициентов δ_k ($k=1, 5$) у компонент вектора откликов ИМ ВП и РН на ЛВС.

2. RECH2 – рационального выбора s -го варианта организации ВП при заданной РН на узлах ЛВС. Процедура реализует выбор рациональных вариантов согласно следующим типам оценок:

– усредненной
$$\max_s(e_{lr} = \frac{1}{2} (\max_l e_{ls} + \min_l e_{ls}));$$

– оптимистической
$$\max_s(e_{lr} = \max_l e_{ls});$$

– пессимистической
$$\max_s(e_{lr} = \min_l e_{ls});$$

– нейтралитета
$$\max_s = \frac{1}{5} \sum_{l=1}^5 e_{ls};$$

– Севиджа
$$\min_s(e_{lr} = \max_l (\max_s e_{ls} - e_{ls})).$$

Методика использования процедур RECH1 и RECH2 и результаты их апробации приведены в работе [5].

Для обработки статистики имитации и получения интегральных откликов ИЭ используется ППП STATISTIKA, адаптированный в среду SM MICIC [3]. В тех случаях, когда в библиотеке ИМ нет готовых параметризованных ИМ ВП и РН используется SM MICIC и перечисленные средства компоновки новых вариантов ИМ ВП и РН, которые затем помещаются в LIB.LVS. Применение любустройкой параметров модели, «запитка» ИМ исходной информацией, выбор стратегии принятия решений и постановка ИЭ для заданного варианта РН и состава ресурсов ЛВС. Пример применения этой технологии приведен в [4].

В ходе апробации SYSMON были оценены ее технологические характеристики. Апробация SYSMON проводилась в условиях Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины. Для проведения ИЭ использовалось 13 вычислительных комплексов различных конфигураций. Все ПК были объединены в общую ЛВС в рамках одного домена сети Ethernet. Суммарное время сбора статистики при апробации SYSMON составило 300 часов машинного времени. В ходе серии ИЭ были определены накладные расходы на организацию мониторинга ЛВС с помощью SYSMON. Величина накладных расходов в среднем составляла $\Delta_{\text{SYSMON}}=0,0186$, а информативность результатов измерения в среднем была равна $\Delta_{\text{INF}}=0,9019$. По остальным видам ресурсов SYSMON в среднем потребляла 7% времени загрузки диска, 256 Кбайт оперативной памяти, при максимальной скорости потребления дисковой памяти для хранения журнала SYSMON в 10 Мбайт/час.

Технологические характеристики ИМ ВП и РН зависели от сочетания вариантов РН и ресурсов узла ЛВС. В среднем временные характеристики имитации составили: 2,5 мин. машинного времени на одно событие в имитационной модели. ИМ ВП и РН максимально использовало всю оперативную память ПК. Суммарное время обработки результатов имитации на один вариант ИЭ составило 45 минут работ в фоновом режиме ЛВС.

В ходе ИЭ при апробации SYSMON было установлено следующее.

1. Чем меньше времени ВП занимал s -ый процесс ($s=\overline{1,14}$), тем более вероятным было выделение ОС Windows этому же процессу следующего кванта времени CPU. Подтвердилось гипотеза о том, что ОС Windows распределяет ресурсы процессам по механизму приоритета удовлетворения запросов вновь созданного процесса или процесса, который длительное время не обслуживался ОС. Поэтому у системных процессов и процессов, постоянно входящих в состав РН, вероятности переходов в матрицах $MP_{\text{ФУЗIS}}$ меньше 0,05.
2. Установлена близость значений параметров t_{OBCJ} для ОС Windows95 и Windows98, и существенно больше они для ОС WindowsME. Тем не менее, прослеживается тенденция, что для всех типов ПМ_п, выполняемых в среде ОС Windows98, времена обслуживания минимальны, и явно медленнее выполняются задачи в среде WindowsME. По-видимому, это обусловлено недостаточностью ресурсов исследуемой ЛВС для работы системных процессов. Когда же увеличивается скорость обработки информации на CPU (ϑ_{CPU}), то наблюдается снижение t_{OBCJ} для всех типов ОС.
3. Оценка точности расчета откликов составила примерно 5%. Было установлено, что параметр V_{OZU} оказывает слабое влияние на коэффициенты растяжения временной диаграммы ВП в узле ЛВС (γ). Также не оказывает существенного влияния параметр $v_{\text{БШ}}$ на характеристики качества обслуживания диалоговых пользователей ($T_{\text{ЖЗ}}$). Подтвердился вывод о том, что ресурс CPU в среде Windows98 меньше занят, чем при других типах ОС из-за большого процента простоев CPU. Однако, время, потерянное на простоях CPU, ОС Windows98 компенсирует более рациональной работой дисков.

SYSMON и LIB.LVS являются открытыми для пополнения состава и расширения функциональных возможностей инструментария. Например, увеличение уровня детализации ВП и РН на узел ЛВС приведет к появлению новых подсистем и моделей. Такая работа коллективом разработчиков ведется. Поэтому приведенное описание состава и возможностей инструментария исследования ВП на узлах ЛВС следует рассматривать в качестве первой версии. Результаты апробации SYSMON и LIB.LVS показали, что их технологические характеристики находятся в допустимых для практики диапазонах, и этот инструментарий можно использовать в условиях реальной работы ЛВС небольших ИНП при периодической настройке состава ресурсов ЛВС к требованиям РН конкретного ИНП.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зайченко Ю.П., Гонга Ю.В.* Структурная оптимизация сетей ЭВМ. Киев, 1986. – 186 с.
2. *Зайченко Е.Ю.* Анализ и синтез структуры глобальных вычислительных сетей. – Киев, 1998. – 108 с.
3. *Максимей И.В., Левчук В.Д., Жогаль С.П. и др.* Задачи и модели исследования операций. Часть 3. Технология имитации на ЭВМ и принятие решений. Учебное пособие. Гомель, 1999. – 150 с.
4. *Демиденко О.М., Максимей И.В.* Проектное моделирование вычислительного процесса в локальных вычислительных сетях. Мн., 2001. – 250 с.
5. *Ворухев А.В.* Мониторинг и адаптация вычислительного процесса в узлах ЛВС с использованием моделей рабочей нагрузки // Авт. реф. дис. к.т.н., Гомельский госуниверситет им. Ф. Скорины, Гомель, 2001. – 22 с.

S U M M A R Y

The actuality of the development and the use of specialized instruments for local computing nets research has been defined. Computing formalization in a local computing net has been given which has been used as the basis to realize the monitoring system (SYSMON) for computing parameters and a working load in a local computing net. The main functions of SYSMON components are given. The technology for nature and imitational experiments with SYSMON has been suggested. Software for computing investigation in a local computing net has been discovered. Instrument approbation results are discussed.

Поступила в редакцию 25.10.2001