

И.В. Агеенко, О.М. Демиденко, И.В. Максимей

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ И РАЗМЕРА ИБД НА ХАРАКТЕРИСТИКИ УЗЛОВ ЛВС

Рассмотрено влияние структуры и размера информационной базы данных (ИБД) на проектное моделирование и реализацию узлов локальной вычислительной системы.

Актуальность учета структуры и размера ИБД при анализе ВП и РН на узел ЛВС

Исследованию организации ЛВС с помощью аналитических моделей уделено достаточно внимания [1, 2]. Однако вопросам ресурсного обеспечения вычислительного процесса (ВП) для реализации этих алгоритмов в узлах ЛВС уделяется недостаточно внимания. Динамический характер взаимодействия запросов пользователей и конкуренция за ресурсы узла ЛВС потребовали применения имитационной модели (ИМ). При этом весьма важно оценить влияние структуры и размера информационной базы данных (ИБД) на характеристики ВП и рабочей нагрузки (РН). Это весьма существенно при выборе типа ЛВС для автоматизированных информационных систем (АИС) информационных предприятий (ИП). Проектирование АИС обычно сопровождается адаптационными работами по выбору варианта организации ВП в узле ЛВС, обеспечивающего необходимый уровень качества обслуживания запросов пользователей, составляющих обычно стабильную РН на узел ЛВС. Вышеизложенное определяет актуальность исследований влияния на ВП размеров и структуры ИБД при сохранении конкуренции запросов пользователей за ресурсы центрального процессора (ЦП) и внешней памяти (ВНП).

Объект и цели исследования ВП и РН на узел ЛВС

В качестве объекта исследования выступает АИС, представляющая собой

программно-технический комплекс, реализованный на ЛВС и обеспечивающий сбор, хранение, актуализацию и обработку информации в целях поддержки технологии обслуживания пользователей ИП. АИС состоит из множества программных модулей (ПМ_j), функционирование которых взаимосвязано и требует обращения к модулям ИБД. Связи между ПМ_j можно представить в виде графа (GR), узлами которого задаются матрицы переходов (MP_{ij}). Связи между модулями ИБД (МД_{ik}) представляются с помощью другого графа (GRB), узлами которого являются МД_{ik}, а дуги между ними определяют связи между модулями ИБД. Поэтому процесс взаимодействия любого ПМ_j с ВНП представляет обращение к МД_{ik} и его обслуживание программами операционной системы. Ресурс оперативной памяти (ОП) выделяется полностью запросу *i*-го типа пользователя, который обслуживается соответствующей цепочкой ПМ_j (согласно GR). Каждый ПМ_j поочередно захватывает ЦП на время ($t_{обсj}$). Доступ запросов пользователя к ЦП узла ЛВС осуществляется соответствующим ПМ_j и реализуется также в течение соответствующего интервала времени ($t_{обсj}$).

Концептуальная модель ВП и РН на ЛВС

РН на входе узла ЛВС по своей структуре считаем неизменной в ходе исследования. Состав оборудования узлов ЛВС является типовым и неизменным. В качестве управляющих параметров (UP) имитационной модели

© И.В. Агеенко, О.М. Демиденко, И.В. Максимей, 2001
ISBN 966-02-1244-5. Проблемы программирования. 2001. № 1-2

(ИМ) ВП и РН на узле ЛВС используются:

$(\lambda_{\phi}, \lambda_{Ai}, \lambda_{Ti})$ — вектор интенсивности поступления запросов пользователей на обработку ($i = \overline{1,6}$);

ϑ_p — скорость работы ЦП узла ЛВС;

STRf — структура ИБД узла ЛВС ($f = \overline{0,1}$);

$V_{ИБД}$ — размер ИБД узла.

Три компоненты вектора интенсивности поступления запросов пользователей задают нагрузку для трех режимов обработки в ходе реализации ВП: фоновый, диалоговый, транзитный. Каждый тип РН определяет поток запросов своего режима обработки модулями ПМ j информации, извлекаемой из соответствующих модулей ИБД. Обработка информации в узле ЛВС осуществляется ПМ j на ЦП в режиме многозадачности.

Следующим параметром по темпу изменения его в ходе имитационного эксперимента (ИЭ) является скорость ЦП (ϑ_p). Она задается в виде коэффициента, на который делятся значения интервалов работы модулей $t_{обсij}$, если ЦП исследуемого узла ЛВС имеет скорость, которая отличается от скорости обработки ЦП IBM PC 486. Структура f -го ИБД (STRf) задается: количеством модулей (МДк) ($k = \overline{0,K}$), объемом информации в ИБД ($V_{ИБДf}$), временем обработки ПМ j единицы информации ($t'_{обсij}$), матрицей вероятностей передачи управления между МДк во время обработки одного запроса пользователя в диалоговом и транзитном режимах обработки информации в графе STRf (MSfk). Архитектура ПО узла ЛВС, характеристики времени выполнения запросов ПМ j и особенно характеристики времени обработки ПМ j информации из ИБД, моделируемые по функциям распределений $F(t_{обсij})$, и вероятности передачи управления между ПМ j (MP $jj+1$) являются задаваемыми параметрами, характеризующими особенности устойчивой РН.

Аналогичным образом характеристики K , $F(t_{обсij})$, MSfk определяют особенности использования ИБД той же РН. Поэтому в состав компонентов управляющих параметров ИЭ с ИМ ВП и РН на узел ЛВС входят

$$UP = (\lambda_{\phi}, \lambda_{Ai}, \lambda_{Ti}, \vartheta_p, V_{ИБДf}, M(Sfk)). \quad (1)$$

Отклики ИМ ВП и РН на узел ЛВС группируются в административные и пользовательские. Первая группа ($\eta_{ЦП}$, $\eta_{ВНП}$, l_{OU} , $t_{ожj}$, $\eta_{ЦП}$) позволяет анализировать качество ВП с точки зрения администрации узла ЛВС. Вторая ($T_{жф}$, $T_{джj}$, $T_{жti}$) характеризует качество обслуживания запросов пользователей и означает реактивность узла ЛВС на запросы пользователей.

Поскольку организовать полноценный эксперимент, варьируя всеми компонентами вектора (1), довольно ресурсоемко, то мы применили способ исследования ВП и РН с помощью секущих плоскостей зависимостей от нескольких компонентов при фиксированных значениях остальных параметров в серединной точке области изменения в пространстве параметров ИМ ВП и РН на ЛВС.

Формальное представление ВП и РН на узел ЛВС

В АИС обычно решаются задачи, связанные с вводом, обработкой больших объемов информации, размещаемой в ИБД. Чтобы имитировать выполнение любого запроса пользователя, все проблемное ПО было декомпозировано на ПМ j . Были выделены следующие типы ПМ j : ввода информации (ПМ $_1$); обработки информации (ПМ $_2$); корректировки информации (ПМ $_3$); удаления информации из ИБД (ПМ $_4$); формирования отчетов (ПМ $_5$); реализации вычислений на ЦП (ПМ $_6$); печати результатов анализа и другой информации (ПМ $_7$). Для каждого типа запросов реализуется своя проблемно-ориентируемая задача, добавляемая графом GR i ($i = \overline{1,6}$). Наши исследования показали, что время обслуживания i -го запроса ИБД (τ_{ij}) при обращении к

ПМj любого типа является функцией следующих параметров и переменных ИМ:

$$\tau_{ij} = \Phi_{ij}(V_{\text{ПМ}j}, V_{\text{БД}f}, \text{MSfk}, Z_{\text{ПМ}ij}); \quad (2)$$

где $V_{\text{ПМ}j}$ — объем ОП, занимаемой ПМj; $V_{\text{БД}f}$ — объем внешней памяти, занимаемый базой данных, к которой обращается ПМj; MSfk — граф связей модулей ИБД; $Z_{\text{ПМ}ij}$ — функциональные действия (ФД), проводимые запросом i-го пользователя с ПМj и ИБД. Очевидно, что для каждого ПМj имеется свой набор ФД. Поэтому $Z_{\text{ПМ}ij}$ определяется вектором характеристик ($K_{\text{Of}}, \tau_{\text{Oвч}}, \tau_{\text{Чес}}$), где K_{Of} — количество обращений к ИБД; $\tau_{\text{Oвч}}$ — время использования ПМj ИБД; $\tau_{\text{Чес}}$ — время обращения к другому ресурсу узла ЛВС.

Итак, АИС создает РН на ЛВС, которая представляет собой поток задач, каждая из которых декомпозируется в виде графа, узлами которого являются (ПМj), а дуги определяются в динамике имитации ВП на основе приведенных выше параметров ИБД. Для каждой ИБД f-го типа задавалось количество отношений, размещенных в ИБД. По определению отношение является декартовым произведением доменов значений. Если в одной ИБД размещается несколько отношений, то это означат, что имеются кортежи с разным набором значений и разной длины. Обращения ПМj осуществляются в целом к ИБД, однако структура связей задается для каждого отношения отдельно. Поэтому размерность булевой матрицы связей между ИБД определяется общим количеством отношений. В состав параметров ИБД входят: тип (f); количество БД f-го типа (Mf); объем памяти, отводимой под служебную информацию (VSf); длина записи в p-м отношении ИБД f-го типа (Lfp); количество записей в p-м отношении (Kfp). По этим параметрам в ходе имитации ВП приближенно вычисляются необходимые объемы информации в ИБД f-го типа по формуле

$$V_{\text{оп}ij} = \sum_p LfpKfp + Vs_f. \quad (3)$$

Кроме того, задается булева матрица связей между соотношениями размерностью $RM_{\text{БД}} = \sum Mf \cdot f$ и матрица, задающая времена нахождения ПМj в данном отношении.

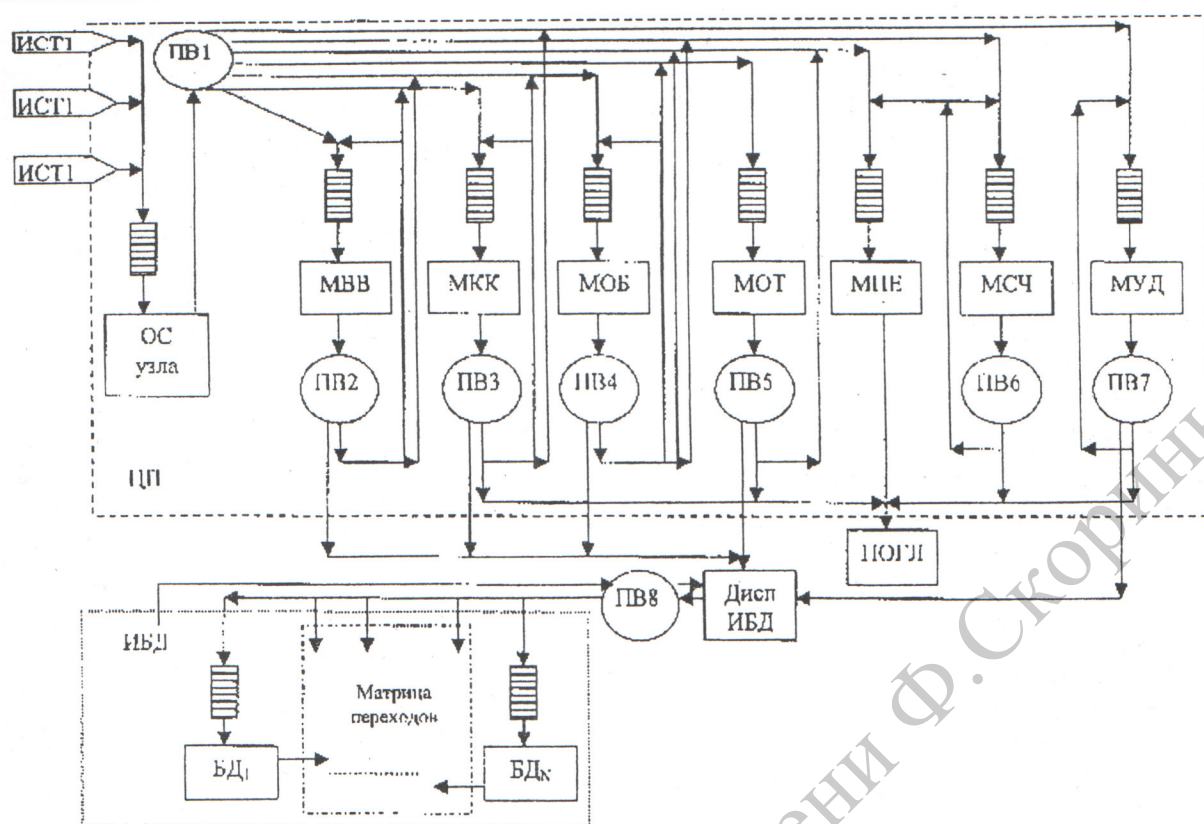
Реализация и испытание ИМ ВП и РН на узел ЛВС

Формальное описание ИМ ВП и РН на узел ЛВС было переработано в описание модели, а затем переведено в программную имитационную модель с помощью системы моделирования (СМ) MICIS [3]. Характеристики структуры задач пользователей ($F(t_{\text{обс}ij})$; $MP_{j,j+1}$) были заданы на основе экспертных данных согласно методике, изложенной в [4].

Блок-схема ИМ ВП и РН на узел ЛВС представлена на рисунке. С помощью СМ MICIS [3] были созданы две ИМ ВП и РН на ЛВС (МОД1 и МОД2).

МОД1 имела структуру ИБД типа (СТР0) и отображала ВП и РН на узел ЛВС для случая, когда в ИБД нет связей между соседними ИБД. Отметим, что запросы (TRi), использующие ПМj, поступают на ИБД типа СТРО и затем возвращаются к тому же ПМj, от которого было обращение к ИБД. МОД2 уже учитывает связи между разными ИБД узла ЛВС. Попав от ПМj, TRi на ИБД определяет по матрице $M(\text{Sfk})$ траекторию связей и попадает на нужный модуль ИБД. При этом путь своего следования TRi запоминает и при обратном возвращении на ПМj повторяет траекторию своего движения по ИБД (в обратном направлении). В результате запрос возвращается к исходной ИБД и к исходному ПМj. Заметим, что в данной ИМ ВП и РН на ЛВС второй вариант ИБД обозначается как СТР1.

Конкретные значения интервалов изменения интенсивностей TRi определялись в ходе "затравочного" ИЭ, который представлял собой реализацию процедуры выбора рабочей области исследования. Методика "затравочного" ИЭ изложена в [4]. В этом ИЭ



Блок-схема ИМ узла ЛВС

откликами обеих ИМ служили дифференциальные и интегральные статистики моделирования вариантов организации ВП в узле ЛВС. Дифференциальными статистиками, характеризующими качество ВП в узлах ЛВС, являлись $\eta_{пмj}$, $I_{очj}$, $t_{ожj}$. Интегральными характеристиками качества ВП в узлах ЛВС являлись средние значения коэффициентов загрузки ЦП и ВМП $\eta_{цп}$, $\eta_{вмп}$. Откликами ИМ ВП и РН на узел ЛВС, характеризующими качество обслуживания узлом ЛВС запросов пользователей, служили средние значения времени цикла обслуживания запросов узлом ЛВС $T_{жф}$, $T_{жд}$, $T_{жт}$.

С помощью библиотеки процедур SM MICIS [3] для ИМ МОД1 и МОД2 была реализована вся последовательность процедур испытания и исследования свойств ИМ, рекомендованная в [5].

Была оценена **точность** имитации вариантов организации ВП в узлах ЛВС. Показано, что наибольшая величина погрешности (порядка 12%) откликов РН соответствует длительности цикла обслуживания транзитных за-

просов к узлу ЛВС. Значения коэффициентов точности для остальных откликов ИМ не превышают 10%. Было доказано, что **длительность переходного режима** имитации в обеих ИМ примерно одинакова и составляет $T_{пп} = 8000$ с. При времени моделирования одного варианта ВП и РН на ЛВС $T_{мод} = 40000$ с. Можно говорить об **устойчивости режима** имитации по всем откликам ИМ, поскольку все отклики имели тенденцию сходимости к средним значениям и отсутствовал рост амплитуды отклика даже при четырехкратном увеличении времени имитации $T_{мод}$. Была установлена **иерархия чувствительности откликов** ИМ к изменениям интенсивностей РН на входе узла ЛВС. Оценка проводилась по отношению процента приращения отклика к проценту изменения значений параметра ВП и РН на ЛВС. Оказалось, что по этому показателю наиболее чувствителен ВП в узле ЛВС к изменениям интенсивностей транзитных запросов пользователей ($\lambda_{тj}$). Проверка **адекватности** ИМ ВП и РН на узел ЛВС не проводилась, поскольку реальная ЛВС

и АСОИ находились на стадии проектирования и отсутствовал предмет сравнения с моделью. Вместо этого осуществлялся поиск рабочей области исследований согласно методике, изложенной в [4]. Анализ результатов этого поиска позволяет сделать следующие выводы:

- при росте интенсивностей поступления требований на обслуживание в 4 раза и изменении скорости обработки информации на ЦП рабочих узлов (ϑ_p) до 6 раз наблюдается падение значений откликов: $\eta_{цп}$ в 2,5 раза; $T_{жф}$ в 9 раз; $T_{жт}$ в 8 раз; $T_{жд}$ в 5 раз;

- область изменения интенсивности фоновых (λ_T) возрастает в 4 раза, а интенсивность диалоговых запросов — только в 2 раза;

- при росте скорости ЦП узла ЛВС (ϑ_p) область изменения параметров и откликов существенно уменьшается.

Результаты исследований

Всего было рассмотрено 30 вариантов сочетания параметров моделирования ВП узлов ЛВС в обоих ИМ (МОД1 и МОД2) для выделения эффекта влияния ИБД на ВП. Значения компонентов вектора интенсивностей запросов пользователей были фиксированы в центре найденной рабочей области моделирования ($\lambda_{ф0}$, $\lambda_{д0}$, $\lambda_{т0}$). Результаты вычисления интегральных характеристик ВП и качества обслуживания РН при разных вариантах сочетания параметров моделирования узлов ЛВС представлены в таблице. По этой информации можно сделать следующие выводы:

1. Для МОД1 отклики $\eta_{цп}$ и $\eta_{внп}$ практически нечувствительны к изменению фактора $V_{ибд}$. Для откликов $T_{жд1}$, $T_{жф}$, $T_{жт1}$ рост размеров ИБД узла ЛВС на 2 порядка (от малого до среднего) практически не чувствителен. Поэтому можно констатировать, что простейшие зависимости типа СТРО между модулями ИБД не требуют существенного расхода ресурсов ЦП и ВНП.

2. Если в узлах ЛВС используется ИБД типа СТР1, то по сравнению с вариантом ИБД типа СТРО суммарная загрузка ЦП ($\eta_{цп}$) при росте ϑ_p в 6,6 раза падает гораздо медленнее. Максимум загрузки ЦП узла ЛВС имеет место для $\vartheta_p = 2,0$. При росте ϑ_p от 0,66 до 2,0 $\eta_{цп}$ происходит почти линейное падение $\eta_{цп}$ примерно в 3,3 раза. Само же распределение узких мест ВП в МОД1 и МОД2 примерно одинаково. Зависимость $\eta_{цп}$ от ϑ_p практически не меняется при переходе от ИБД типа СТРО к ИБД типа СТР1.

3. Коэффициент загрузки ИБД ($\eta_{внп}$) слабо зависит от ϑ_p . Фактически этот отклик чувствителен только к вариациям параметра $V_{ибд}$. Времена цикла обслуживания диалоговых заказов ($T_{жд1}$) для узла ЛВС с ИБД типа СТР1 очень чувствительны к изменению скорости ЦП (ϑ_{pl}). Кроме того, отклик $T_{жд1}$ очень чувствителен к изменению $V_{ибд}$. Для фоновых запросов ϑ_p играет очень существенную роль. Высока также чувствительность $T_{жф}$ к вариациям параметра $V_{ибд}$. Интересно также сохранение отношения $T_{жт1}/T_{жф} = 2$ для МОД1 и МОД2.

Итак, общий вывод: для вариантов ВП ЛВС ИБД типа СТР1 подтверждается факт нелинейной зависимости практически всех откликов моделирования от изменений ϑ_p .

4. Исследование влияния $V_{ибд}$ на отклики ИМ ВП и РН на узел ЛВС позволило установить высокую чувствительность $\eta_{цп}$ и $\eta_{внп}$ к вариациям размера ИБД ($V_{ибд}$). Особенно чувствительны к влиянию $V_{ибд}$ длительности циклов обслуживания запросов пользователей. Этот факт означает, что даже наличие простейших связей между модулями ИБД структуры типа СТР1, задаваемых матрицами связей компонентов ИБД, требует существенных расходов ресурса ЦП и ВНП.

В заключение сформулируем конечные результаты данного исследования.

Таблица. Результаты вычисления интегральных характеристик ВП и качества обслуживания РН при разных вариантах сочетания параметров моделирования узлов АВС

9	ПАРАМЕТРЫ					ОТКЛИКИ					№ вар.
	СТРi	ИБД	λ_{Φ}^0	λ_{Δ}^0	λ_T^0	$\eta_{\text{цп}}$	$\eta_{\text{вп}}$	Tф	Tт	Tд	
0,66	СТРО №1	МАЛ	0,025	0,026	0,011	0,799	0,005	52	103	92	15
1,0			0,024	0,016	0,006	0,480	0,013	14	91	26	16
2,0			0,006	0,033	0,023	0,300	0,006	10	50	16	17
4,0			0,006	0,033	0,023	0,190	0,015	6	38	10	18
6,66			0,006	0,072	0,023	0,180	0,007	2	18	4	19
0,66	СТР1 №2	МАЛ	0,030	0,028	0,007	0,672	0,016	30	95	69	20
1,0			0,045	0,033	0,055	0,792	0,030	26	100	60	21
2,0			0,013	0,051	0,067	0,850	0,044	23	60	39	22
4,0			0,200	0,033	0,050	0,713	0,016	9	50	16	23
6,66			0,018	0,015	0,115	0,305	0,012	2	45	3	24
0,66	СТРО №1	СРЕД	0,022	0,026	0,011	0,716	0,156	63	113	127	25
1,0			0,024	0,016	0,006	0,503	0,150	30	111	59	26
2,0			0,006	0,033	0,023	0,346	0,113	8	50	18	27
4,0			0,006	0,033	0,023	0,200	0,060	3	37	9	28
6,66			0,006	0,072	0,023	0,174	0,058	2	19	4	29
0,66	СТР1 №2	СРЕД	0,030	0,028	0,007	0,520	0,350	184	164	274	30
1,0			0,045	0,033	0,055	0,615	0,384	143	106	258	31
2,0			0,013	0,051	0,067	0,653	0,377	121	93	166	32
4,0			0,200	0,033	0,050	0,674	0,349	77	105	116	33
8,66			0,018	0,015	0,115	0,272	0,331	6	83	16	34
0,66	СТРО №1	БОЛ	0,022	0,026	0,011	0,701	0,174	73	118	137	35
1,0			0,024	0,016	0,006	0,432	0,166	28	116	57	36
2,0			0,006	0,033	0,023	0,326	0,118	8	50	18	37
4,0			0,006	0,033	0,023	0,191	0,070	3	37	7	38
6,66			0,006	0,072	0,023	0,172	0,065	2	19	4	39
0,66	СТР1 №2	БОЛ	0,030	0,028	0,007	0,522	0,371	127	202	390	40
1,0			0,045	0,033	0,055	0,614	0,383	214	264	378	41
2,0			0,013	0,051	0,067	0,627	0,415	132	168	187	42
4,0			0,200	0,033	0,050	0,669	0,419	126	151	164	43
6,66			0,018	0,015	0,115	0,274	0,403	12	88	22	44

Построена и испытана ИМ ВП и РН на АВС на высоком уровне детализации организации обработки информации, учитывающая конкуренцию запросов пользователей за ресурсы АВС

и которую невозможно построить на основе аппарата теории массового обслуживания. Показано, что с помощью подобного рода ИМ возможно исследование качества ресурсного обеспе-

чения обработки запросов пользователей с учетом архитектуры и объемов ресурсов ЛВС.

Доказан существенно нелинейный характер изменений значений откликов ВП и РН от роста интенсивностей запросов пользователей и скоростей ЦП. Показано, что, несмотря на это обстоятельство, рабочая область пропорционального соответствия откликов параметрам весьма обширна.

Оценена степень влияния факторов, связанных с конкуренцией запросов пользователей за ресурсы внешней памяти, на характеристики ВП и качество обслуживания этих запросов. Установлено, что загрузка ЦП слабо зависит от размера ИБД, но существенно — от ее структуры. Показано, что наличия простейших связей между модулями задач и ИБД достаточно для резкого ухудшения характеристик качества обслуживания запросов пользователей.

1. Артамонов Г.Т., Тюрин В.Д. Топология сетей ЭВМ и многопроцессорных систем. — М.: Радио и связь, 1991. — 247 с.
2. Зайченко Ю.П., Гонга Ю.В. Структурная оптимизация сетей ЭВМ. — Киев: Техніка, 1986. — 168 с.
3. Задачи и модели исследования операций. Ч.3.: Технология имитации на ЭВМ и принятие решений: Уч. пособие / И.В. Максимей, В.Д. Левчук, С.П. Жогаль и др. — Гомель: БелГУТ, 1999. — 150 с.
4. Агеенко И.В. Метод и средства автоматизации исследования вычислительного процесса информационных систем в локальных вычислительных сетях: Автореф. дис. канд. техн. наук. — Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 1999. — 22 с.
5. Максимей И.В. Имитационное моделирование на ЭВМ. — М.: Радио и связь, 1988. — 232 с.

Получено 10.11.2000

Об авторах

Агеенко Ирина Владимировна,
ассистент

Демиденко Олег Михайлович,
кандидат технических наук, доцент

Максимей Иван Васильевич,
доктор технических наук, профессор

Место работы авторов:
Гомельский государственный университет
им. Ф. Скорины

Тел. (0232+2) 57 88 63, 56 42 37