



УДК 681.518:681.3.016

*О.М. ДЕМИДЕНКО, О.В. БЫЧЕНКО, А.В. ВОРУЕВ, И.В. МАКСИМЕЙ,  
В.А. НИКИШАЕВ, М.В. ПОТРАШКОВА*

## **МЕТОДИКА И СРЕДСТВА ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ ОРГАНИЗАЦИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЗАДАННОЙ РАБОЧЕЙ НАГРУЗКИ НА ЛОКАЛЬНУЮ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНУЮ СЕТЬ**

Изложены принципы формализации вычислительного процесса (ВП) и рабочей нагрузки (РН) на локальную вычислительную сеть (ЛВС). В качестве средства реализации исследований на этих принципах формализации предложены программно-технологический комплекс исследования (ПТКИ) и методика его использования. Приведены результаты апробации ПТКИ и методик выбора рациональных вариантов организации ВП.

**1. Введение.** Проблемой выбора вариантов организации вычислительного процесса (ВП) занимались многие специалисты. Основным аппаратом исследований являлись методы теории массового обслуживания [1; 2]. При этом предполагалась выполнимость целого ряда ограничений на характер потока требований пользователей к ЛВС и требовалось, чтобы времена длительности обслуживания требований имели экспоненциальный характер [2]. На практике же многие из ограничений не выполнялись и, кроме того, отсутствовали средства получения исходной информации при построении аналитических моделей ВП и РН на ЛВС. С созданием методики и средств организации мониторинга в ЛВС [3] появилась возможность задания исходной информации для моделирования ВП и РН на узлы ЛВС [4].

**2. Принципы формализации вычислительного процесса и рабочей нагрузки на ЛВС.** ЛВС представляется состоящей из традиционного состава компонентов оборудования сервера (SERV) и рабочих станций (PC): центральный процессор (CPU), жесткий диск (HDD), видеоконтроллер (VIDEO), оперативная память (MEM), сетевой адаптер (NET). Сетевое взаимодействие рассматривается в виде отдельных составляющих, соединенных друг с другом и SERV узлов ЛВС, которые взаимодействуют через среду передачи данных (СПД). Предполагается, что каждый узел ЛВС имеет свою информационную базу данных (ИБД). К функциям узла относятся обслуживание внутренних запросов (диалоговых и фоновых соответственно с интенсивностями  $\lambda_{д}$  и  $\lambda_{ф}$ ) и транзитных для узла запросов (с интенсивностью  $\lambda_{т}$ ). Все рассмотренные компоненты ЛВС соответствуют физическому и каналному уровням эталонной модели взаимодействия открытых систем. В качестве базового оборудования СПД предполагается сеть



Ethernet, имеющая скорость передачи данных 10 Мбит/с и шинную топологию (звезда-шина).

ВП представляет собой реализацию множества пользовательских и системных процессов, выполняемых либо блоками операционной системы (ОС), либо программными модулями  $j$ -го процесса ( $ПМ_j$ ). Для представления ИБД (которая может быть распределенной по сети) используется граф базы данных (GRBD $_j$ ), узлами которого являются  $l$ -е модули ИБД ( $MBD_{jl}$ ) используемые  $j$ -м процессом, а дуги между ними определяют связи между  $MBD_{jl}$ . Таким образом, любой  $k$ -й процесс реализуется последовательностью  $ПМ_j$ , динамика следования которого также определяется графом  $GRПМ_k$ . Каждый  $ПМ_j$  в свою очередь разбивается на  $S$  единичных функциональных действий длительностью ( $\tau_{\phi sj}$ ), представляющих собой группу запросов на ресурсы. Ресурсами ЛВС являются времена использования основных компонентов ЛВС: CPU ( $t_{CPU}$ ), HDD ( $t_{HDD}$ ), VIDEO ( $t_{VID}$ ), MEM ( $t_{MEM}$ ), NET ( $t_{NET}$ ), СПД ( $t_{СПД}$ ). Для всех видов ресурсов ЛВС определяются следующие характеристики динамики их перехода из состояния в состояние:

- вероятность перехода процесса  $j$  с ресурса  $g$  на ресурс  $f$  ( $P_{jgf}$ ;  $g \neq f$ ;  $g, f = CPU \div СПД$ );

- условная функция распределения времени использования  $j$ -м процессом ресурса  $f$  при условии, что перед этим использовался ресурс  $g$  ( $F_{jgf}(t)$ ;  $g \neq f$ ;  $g, f = CPU \div СПД$ ).

В условиях конкуренции процессов за эти ресурсы параметрами динамики взаимодействия компонентов ЛВС будут соответствующие матрицы:

- $\|P_{jgf}\|$  – матрицы переходов процессов по ресурсам ЛВС;
- $\|F_{jgf}(t)\|$  – матрицы, элементами которых являются функции условных распределений времен выполнения процессов на ресурсах ЛВС.

Предполагаем, что основными характеристиками качества обслуживания запросов пользователей  $i$ -го типа являются длительности их выполнения ( $T_{ик}$ ;  $i = \overline{1,3}$ ). РН обычно характеризуются некоторым объемом работ, создаваемым совокупностью элементов работы. Под элементами работы понимается либо выполнение пользовательского процесса на ресурсе  $g$ , либо взаимодействие пользовательских и системных процессов с использованием ресурсов ЛВС. Элементами работ считаем задачи пользователей, инициируемые к решению по запросам пользователей. Поэтому РН на ЛВС представляет собой совокупность задач и данных, которые обрабатываются ЛВС в течение интервала исследования ( $T_{ис}$ ). Атрибутами запросов пользователя являются: тип пользователя ( $i$ ), номер процесса ( $j$ ), тип используемого ресурса ( $g$ ), объем ресурса ( $t_g$  или  $V_g$ ).

Под ОС подразумевается весь спектр ОС Windows. На узлах ЛВС обычно решается конечный набор  $ПМ_j$ , которые взаимосвязаны в виде  $GRПМ_j$ . Предполагаем, что количество  $MBD_{jl}$  в ИБД также типовое для конкретного информационного предприятия (ИНП), а ресурсов имеется всего 7 типов. В качестве первого приближения при исследовании ВП в узлах ЛВС с распределенной ИБД нами было выделено семь типов модулей  $ПМ_j$ .

Основными характеристиками организации ВП в ЛВС являются коэффициенты использования  $ПМ_j$  следующих ресурсов ЛВС: процессора РС ( $\eta_{CPU}$ ), дисковой памяти ( $\eta_{HDD}$ ), общей памяти ( $\eta_{MEM}$ ), видеосистемы ( $\eta_{VID}$ ), СПД ( $\eta_{NET}$ ), процессора сервера ( $\eta_{SERV}$ ). Дополнительными характеристиками качества сба-



лансированности или наличия узких мест в ВП являются: средняя длина очереди к  $g$ -му ресурсу ( $l_{\text{очг}}$ ); среднее время ожидания требований в очереди к  $g$ -му ресурсу ( $t_{\text{ожг}}$ ); удельный вес числа требований, побывавших в очереди к  $g$ -му ресурсу ( $\gamma_{\text{очг}}$ ).

**3. Средства и методика исследования ВП и РН на ЛВС.** Исследование ВП и РН на узлах ЛВС можно проводить либо с помощью натуральных экспериментов (НЭ) на функционирующей ЛВС, либо с помощью имитационного эксперимента (ИЭ), либо путем комбинации НЭ и ИЭ. Проблема состояла в отсутствии средств измерения большинства параметров и откликов системы. Для ее решения был разработан программно-технологический комплекс исследования (ПТКИ), обеспечивающий автоматизацию основных этапов исследований при решении перечисленных задач. Структурно ПТКИ состоит из трех групп программного обеспечения: базового, проблемно-ориентированного технологического; исследования и адаптации ВП под РН. Базовое ПО включает в себя стандартный пакет статистической обработки данных STATISTIKA, систему автоматизации моделирования (CM MICIC) [5], процедуры обработки данных в среде MS Excel. Проблемно-ориентированное технологическое обеспечение реализовано на базе трех подсистем: испытания имитационных моделей ВП и РН (ISPIM); компоновки ИМ ЛВС из библиотеки параметризованных описаний компонентов; имитационных моделей вариантов организации ЛВС (LIB.IMIT). ПО исследования и адаптации ВП под РН включает в себя: систему мониторинга реального ВП и РН (SYSMON); подсистему постановки управляемого натурального эксперимента с реальной ЛВС (MODELTEST); подсистему обработки и отображения журналов статистики (LOGVIEW); библиотеку процедур анализа результатов НЭ и ИЭ на ЭВМ (RECHEN).

Структура SYSMON определяется необходимостью реализации следующих функций: отслеживание системных событий в реальной ЛВС; сопоставление этих операций процессам; периодическая запись статистики измерений на диск. Системными событиями считаются: переключение потоков, обращение к диску, использование виртуальной памяти, графические операции. SYSMON состоит из трех модулей: перехвата системных событий ( $MS_1$ ), идентификации событий процессов ( $MS_2$ ), сбора статистики ( $MS_3$ ).  $MS_1$  представляет собой драйвер, реализованный на языке C++ с использованием библиотеки VtoolsD. Он перехватывает управление при появлении указанных выше системных событий. Для хранения информации  $MS_1$  выделяется буфер памяти емкостью в 2048 событий.  $MS_2$  представляет собой динамически загружаемую библиотеку процедур, содержащую системные «ловушки». С помощью этих «ловушек» фиксируется переход системы в другое состояние.  $MS_3$  написан на языке Borland Delphi 5.0. Он выполняет следующие действия: загружает драйвер перехвата системных событий; регистрирует в системе «ловушку», содержащую модуль идентификации процессов; создаёт файл журнала событий с уникальным именем; запускает отдельный программный поток, отвечающий за считывание данных из драйвера и запись их в журнал; отображает промежуточные данные на дисплее.

MODELTEST используется для достижения равных условий при постановке НЭ в разных сеансах взаимодействия пользователей с реальной ЛВС. УНЭ с помощью MODELTEST проводится методом независимого выполнения ПМ. Можно считать, что РН является установившейся, поскольку реализуются одни



и те же типовые задачи, формируемые менеджером MODELTEST в стандартном контексте служебных задач ОС при разных комбинациях значений параметров ресурса узла ЛВС.

С помощью LOGVIEW осуществляется графическое представление результатов измерения. Библиотека RECHEN включает в себя следующие группы процедур: проверка целесообразности адаптационных работ в ВП под существующую РН (CELESOB); адаптационные модификации состава параметров ВП и РН при постановке НЭ (ADNATU); процедуры задания исходной информации параметризованным моделям РН (ZAPIMN); формирование очередных значений параметров ВП в параметризованных моделях IMLVS (FORPAR); адаптационные модификации состава параметров ВП и РН при постановке ИЭ (ADIMIT); вычисление значений обобщенных показателей качества ВП и РН с помощью методики задания «весовых коэффициентов» компонентам вектора откликов (ОВОБК); вычисление значений критериев эффективности ВП и РН на основе классических процедур принятия решений (KRITE).

Выбор рациональных вариантов организации ВП при заданной РН на ЛВС осуществляется при соблюдении следующих принципов выбора.

1. Фиксация структуры РН. На все время исследований РН представляется фиксированными значениями матриц, указывающими фактические значения переходов графа, определяющего структуру ИБД ( $GRBD_{ij}$ ,  $GRRV_{ij}$ ) и структуру связей ПМ<sub>j</sub> ( $GRPM_{ij}$ ,  $GRRt_{ij}$ ).

2. Полумарковское представление моделей РН на узлы ЛВС. Для этой цели определяются матрицы вероятностей смен ПМ<sub>j</sub>  $\|P_{kj}\|$  и распределений квантов времен их выполнения на CPU ( $t_{kj}$ ). Кроме того, процесс использования ИБД запросами пользователей задается матрицей вероятностей смен модулей ИБД  $\|q_{sl}\|$  и распределений квантов объемов информации ( $V_{sr}$ ), используемой в ИБД. Начало и завершение этих полумарковских процессов определяется соответственно векторами вероятностей ( $P_{ikj}$  и  $P_{okj}$ ) и количеством этих переходов ( $n_{ikj}$  и  $n_{okj}$ ).

3. Последовательный характер изменения параметров ВП и РН. Фиксация всех параметров в центральной точке области изменения параметров и поочередное изменение компонент вектора: интенсивности запросов пользователей ( $\lambda_i$ ); размеров ресурсов памяти и ИБД ( $V_{MEM}$ ,  $V_{ИБД}$ ); скоростей обработки информации ( $\vartheta_{CPU}$ ,  $\vartheta_{SER}$ ,  $\vartheta_{HDD}$ ). Отдельной парой параметров ЛВС изменяются тип ОС и длительность интервала исследований ( $T_{ис}$ ).

4. Рассмотрение нескольких стратегий вычисления обобщенного показателя эффективности ВП  $e_{ik}$  на основе различных комбинаций весовых коэффициентов  $d_p$ , сумма которых равна единице:  $e_{ik} = \sum_l \delta_l * \eta_{il}$ , где  $\eta_{il}$  – значения коэффициентов занятости  $i$ -го устройства ЛВС при  $l$ -ом варианте состава ресурсов ВП.

5. Составление групп комбинаций интенсивностей  $\lambda_i$ , позволяющее адаптировать параметры ВП в условиях неопределенности состояний РН на узлах ЛВС.

6. Принятие решений на основе классических критериев (с точки зрения пессимиста, оптимиста, нейтралитета, сожалений Севиджа); позволяющих бо-



лее обоснованно выбрать рациональный состав параметров ресурсов из ограниченного числа возможных их комбинаций.

**4. Результаты апробации ПТКИ и методик его применения.** Апробация ПТКИ проводилась в условиях Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины. Для проведения НЭ использовалось 13 вычислительных комплексов различных конфигураций. Все компьютеры были объединены в общую ЛВС в рамках одного домена сети Ethernet. Суммарное время сбора статистики при исследовании ВП в узле ЛВС составило 300 часов машинного времени.

УНЭ проводился с помощью MODELTEST, обеспечивавшей в ходе НЭ постоянную структуру и состав РН. Изменялись инварианты РН по каждому ПМ<sub>j</sub> при фиксированных значениях параметров интенсивности РН ( $\tau_{\text{ОБД}}, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ ).

Исследования проводились для трех типов ОС: Windows'95, Windows'98, Windows'ME.

С помощью процедуры ADNATU были исследованы зависимости откликов ВП и РН на ЛВС от изменения параметров ВП. Исследованиями был установлен нелинейный характер зависимости времени выполнения ПМ<sub>j</sub> ( $t_{\text{ОБСj}}$ ) и объема оперативной памяти ( $V_{\text{ОЗУ}}$ ). Подтвердилась гипотеза о том, что при увеличении этого ресурса менеджер ОС увеличивает потребление системного ресурса. Была установлена близость значений параметров  $t_{\text{ОБС}}$  для ОС Windows'95 и Windows'98 и существенно большее значение времени работы ПМ<sub>j</sub> наблюдалось в среде Windows'ME. Выявлено также, что РН при апробации ПТКИ использовала ресурс MEM незначительно. Прослеживается тенденция, что для всех ПМ<sub>j</sub>, находящихся в среде ОС Win98, времена обслуживания минимальны. Явно медленно выполняются задачи в Windows'ME, что обусловлено недостаточностью ресурсов ЛВС для работы системных процессов. При увеличении  $\vartheta_{\text{CPU}}$  наблюдается снижение времени выполнения ПМ<sub>j</sub> при обслуживании запроса пользователей  $i$ -го типа ( $t_{\text{ОБСij}}$ ). Установлен факт устойчивости значений  $t_{\text{ОБСij}}$  для всех типов ОС, что делает обоснованным использование интегральной функции распределения параметра  $t_{\text{ОБСij}}$  по всем типам пользователей, обозначаемой в дальнейшем как  $F_{ij}(t_{\text{ОБС}})$ , в качестве инвариантов РН.

При проведении УНЭ РН на узлах ЛВС была стабильна. При работе в среде каждой ОС компоненты РН имели одинаковые веса использования в сеансах работы пользователей. Была проведена оценка точности расчета отклика, которая позволила установить, что точность расчета откликов находится в приемлемых для практики пределах. Коэффициент растяжения временной диаграммы ( $\gamma$ ) из-за работы SYSMON попутно является показателем накладных расходов на организацию ВП. Поскольку среднее значение накладных расходов ОС на мониторинг  $\Delta_{\text{SYSMON}} \approx 2\%$  и оно достаточно стабильно во всех вариантах НЭ, то в дальнейшем его влиянием на ВП можно пренебречь. Было также установлено, что при изменении  $V_{\text{ОЗУ}}$  в диапазоне от минимального (32 Мбайт) до максимального (128 Мбайт) значения оказывает слабое влияние на  $\gamma$  и  $t_{\text{ОБСij}}$ . Увеличение же скорости вычисления  $\vartheta_{\text{CPU}}$  в десять раз (диапазон изменений от 0,66 до 6,66) серьезно не сказывается на значениях  $\gamma$ . Поэтому можно сделать вывод, что накладные расходы на организацию ВП не зависят от скорости CPU и ха-



рактически исключительно типом ОС. Причем накладные расходы на организацию ВП в ОС Win98 почти вдвое превосходят накладные расходы Win95 и WinME. Отсюда следует вывод, что структура ОС Win98 является наименее рациональной с точки зрения организации ВП при той РН, которая была измерена в ходе УНЭ для условий ГГУ им.Ф.Скорины.

При апробации ПТКИ был поставлен НЭ из 24 вариантов сочетаний трех параметров ВП: тип ОС;  $V_{\text{ОЗУ}}$ ;  $\vartheta_{\text{CPU}}$ . Было установлено, что изменение параметров  $V_{\text{ОЗУ}}$  и  $\vartheta_{\text{CPU}}$  в тех же диапазонах не оказывает существенного влияния на качество обслуживания диалоговых задач ( $T_{\text{ЖД}}$ ) и загрузку основного оборудования узла ЛВС ( $\eta_{\text{CPU}}$  и  $\eta_{\text{HDD}}$ ) для рассмотренных типов ОС. Это означает, что отклики системы ( $\eta_{\text{CPU}}$  и  $\eta_{\text{HDD}}$ ) имеют установившийся характер для исследуемых типов ОС и, таким образом, все варианты равнозначны. Отметим, что загрузка CPU различна для разных типов ОС. Так, например,  $\eta_{\text{CPU}}$  у ОС Win98 максимален, а у ОС Win95  $\eta_{\text{CPU}}$  минимален. По загрузке дисковой памяти  $\eta_{\text{HDD}}$  имеет место следующая ранжировка (по убыванию) ОС: Win95, WinME, Win98. Время реакции системы на запросы диалоговых пользователей ( $T_{\text{ЖТ}}$ ) минимально для ОС Win98 и максимально для ОС WinME. Все это подтверждает вывод, сделанный ранее на основе анализа коэффициентов растяжения временной диаграммы  $\gamma$ , что при одинаковых временах обслуживания запросов пользователей в среде ОС Win98 ресурс CPU менее занят, т.е. большой процент уходит на простой CPU, что обусловлено нерациональной, с нашей точки зрения, внутренней организацией ОС Win98. Однако, потерянное время на простоях CPU ОС Win98 компенсирует за счет более оптимальной работы с дисками.

Поскольку отклик системы является вектором из пяти компонент ( $\eta_{\text{CPU}}$ ,  $\eta_{\text{HDD}}$ ,  $T_{\text{ЖД}}$ ,  $i=1,3$ ), то для вычисления интегрального показателя использовался метод весовых коэффициентов:

$$e_{ii} = \eta_{\text{CPU}} \delta_{1i} + \eta_{\text{HDD}} \delta_{2i} + \rho_1 \delta_{3i};$$

где  $r_i = q_i / q_{\text{max}}$ ;  $q_i = 1 / T_{\text{ЖД}}$ ;  $0 \leq r_i \leq 1$ ;  $i=1,6$  (шесть стратегий изменения весовых коэффициентов);  $i=1, 24$  (номера вариантов сочетаний параметров ВП).

В зависимости от точки зрения исследователя при выборе весовых коэффициентов ( $\delta_i$ ) различные варианты могут считаться рациональными, поскольку значение обобщенного показателя может изменяться в 2 раза. Таким образом, в ходе апробации ПТКИ рациональной оказалась следующая комбинация ресурсов узла ЛВС:  $V_{\text{ОЗУ}}=96\text{Мбайт}$ ,  $\vartheta_{\text{CPU}}=(5,5 \times 75)\text{МГц}$ .

Поскольку возможности изменения аппаратной базы при апробации ПТКИ были ограничены, то для уточнения характеристик системы было принято решение продолжить исследования на ИМ ВП и РН на узел ЛВС. При этом параметры, влияющие на ВП и качество обслуживания РН, были изменены. Вместо  $V_{\text{ОЗУ}}$  был введен параметр размер ИБД ( $V_{\text{ИБД}}$ ). Менялась также в широких пределах интенсивность диалоговых запросов ( $\lambda_{\text{Д}}$ ). Интенсивности фоновых ( $\lambda_{\text{Ф}}$ ) и транзитных запросов ( $\lambda_{\text{Т}}$ ) были установлены постоянными в центре области рабочей зоны исследований. Увеличивалось (по сравнению с НЭ) и число откликов системы:  $\eta_{\text{CPU}}$ ,  $\eta_{\text{HDD}}$ ,  $T_{\text{ЖД}}$ ,  $T_{\text{ЖТ}}$ ,  $T_{\text{ЖФ}}$ . Параметр  $\lambda_{\text{Д}}$  изменялся на 5 уров-



нях его возможных значений. Скорость CPU ( $\vartheta_{\text{CPU}}$ ) изменялась на 5 уровнях, а  $V_{\text{ИБД}}$  соответствовал 3 типоразмерам ИБД. В качестве исходной информации при задании структуры РН использовались инварианты РН, полученные с помощью ПТКИ. Была доказана адекватность ИМ ВП и РН реальному узлу ЛВС. Доказательство адекватности проводилось по методике, изложенной в работе [5]. Величина ошибки моделирования не превышала 8 %, причем львиную долю (5 %) в этой ошибке занимала ошибка измерений инвариантов задач пользователей. Доказана была также устойчивость ИМ ВП и РН, а также оценена чувствительность откликов модели к вариациям параметров ВП и РН. По результатам ИЭ можно сделать следующие выводы.

1. Все параметры качества обслуживания пользователя ( $T_{\text{ЖД}}$ ,  $T_{\text{ЖТ}}$ ,  $T_{\text{ЖФ}}$ ) слабо зависят от интенсивности поступления диалоговых запросов ( $\lambda_{\text{Д}}$ ) в области сбалансированности РН. Установлен экспоненциальный характер  $T_{\text{ЖТ}}$  от  $\vartheta_{\text{CPU}}$ . Этот факт позволяет использовать аппарат аналитического моделирования для прогноза возможных значений характеристик ВП без ИЭ.

2. Величина отклика  $T_{\text{ЖТ}}$  существенно зависит от  $\vartheta_{\text{CPU}}$  и эта зависимость носит устойчивый характер, что совпадает с результатами НЭ.

3. Для заданного класса задач и выбранных интенсивностей диалоговых запросов пользователей  $\lambda_{\text{Д}}$  размеры ИБД не существенно влияют на загрузку оборудования и качество обслуживания пользователей.

**5. Заключение.** Результаты апробации ПТКИ и методик его использования подтвердили их практическую значимость для адаптации ВП под имеющуюся РН на ЛВС. Для изучения сетевых аспектов организации обработки информации в ЛВС необходимо было бы расширение состава структуры ИМ ЛВС. В условиях ГГУ им. Ф.Скорины эта задача не являлась актуальной в силу ограниченных возможностей по доукомплектации ЛВС дополнительными ресурсами. Однако с помощью ПТКИ имеется возможность реализации подобных исследований. Поэтому можно утверждать, что ПТКИ и методика его использования имеют хорошую перспективу развития именно из-за ресурсоэкономности и высокой технологичности реализации процедур проектного моделирования ЛВС.

1. Зайченко, Е. Ю. Анализ и синтез структуры глобальных вычислительных сетей. – Киев: ЗАО «Укрспецмонтажпроект», 1998. – 108 с.

2. Тихоненко, О. М. Теория массового обслуживания. – Мн.: ВУЗ – ЮНИТИ БГПА, 1999. – 144 с.

3. Воружев А. В., Демиденко О. М., Никишаев В. А., Агеенко И. В. Мониторинг операционной обстановки вычислительного процесса в мультизадачных операционных системах // Автоматика-2000: Материалы Международной конференции автоматического управления (укр.) / Державний НДІ інформаційної інфраструктури. Т. 7. – Львов, 2000. – С. 13-20.

4. Демиденко О. М., Максимей И. В. Имитационное моделирование взаимодействия процессов в локальных вычислительных сетях. – Мн.: Беларуская навука, 2001. – 252 с.

5. Максимей И. В., Левчук В. Д., Жогаль С. П., Подобедов В. Н. Задачи и модели исследования операций: Уч. пособие: В 3 ч. – Гомель: БелГут, 1999. Ч. 3. Технология имитации на ЭВМ и принятие решений. – 150 с.

Поступила в редакцию 13.11.2001.

Formalization principles for computing and a working load in a local computing net have been specified. As the realization means for investigations, based on these formalization principles, there



has been described a software-technological investigation complex as well techniques for its application. Approbation results and techniques for selection of computing rational variants have been formulated

*Демиденко Олег Михайлович*, кандидат техн. наук, зав. кафедрой автоматизированных систем обработки данных Гомельского госуниверситета им. Ф.Скорины.

*Быченко Олег Владимирович*, аспирант Гомельского госуниверситета им. Ф.Скорины.

*Воруев Андрей Валерьевич*, кандидат техн. наук, ст. преподаватель кафедры автоматизированных систем обработки данных Гомельского госуниверситета им. Ф.Скорины.

*Максимей Иван Васильевич*, доктор техн. наук, зав. кафедрой математических проблем управления Гомельского госуниверситета им. Ф.Скорины.

*Никишаев Василий Александрович*, аспирант Гомельского госуниверситета им. Ф.Скорины

*Потрашкова Мария Викторович*, аспирант Гомельского госуниверситета им. Ф.Скорины

УДК 517.953

*А.М. АСТАХОВ, М.А. МАТАЛЫЦКИЙ, Т.В. РОМАНЮК*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ ОДНОЙ ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

В работе проводится исследование замкнутой сети массового обслуживания с разнотипными заявками, которая является вероятностной моделью локальной вычислительной сети, предназначенной для управления процессом производства изделий на предприятии.

В работе проведено исследование вероятностной модели локальной вычислительной сети, предназначенной для управления в реальном масштабе времени технологическим процессом производства изделий. Предприятие, состоящее из  $n-1$  цехов, занимается производством некоторых изделий. Для управления производством изделий необходимо создать локальную сеть, которая должна функционировать следующим образом. Входные данные для учета и расчетов, содержащие информацию о производстве изделий, должны поступать из каждого цеха предприятия через периферийные ПЭВМ (ППЭВМ), имеющиеся в цеху, в центральную ПЭВМ (ЦПЭВМ). ЦПЭВМ выполняет функции управления: она непрерывно получает информацию с производства в каждом цехе, моделирует ситуацию, применяет набор правил решения к данной ситуации и посылает команды в цех. После того как сообщение поступит из цеха в ППЭВМ, ее оператор либо передает ее в ЦПЭВМ, либо, если это возможно, обрабатывает его с помощью ППЭВМ и передает данные для дальнейшей обработки в ЦПЭВМ. Если оператор не занят обработкой или передачей сообщений из цеха, то в это время он решает на ППЭВМ другие задачи, не связанные с процессом производства изделий, но если сообщение из цеха поступило, он немедленно начинает его обработку либо передачу в ЦПЭВМ. Интенсивность поступлений сообщений из цеха является кусочно-постоянной функцией времени, например, она может принимать одно значение в ночное время и другое днем. Важную роль при проектировании таких сетей, препятствующих растрачиванию их ресурсов впус-  
тую, играет решение задачи нахождения оптимального числа ППЭВМ  $m_i, i = \overline{1, n}$ , в каждом цехе на различных интервалах времени, минимизирующего стоимостные затраты, зависящие от стоимости компонент сети и потерь от простоев