

УДК 681.3

**О.В. Быченко, И.В. Максимей, С.Ф. Маслович, В.С. Смородин,
В.И. Селицкий, А.М. Поташенко**

ПРОЕКТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В ЛОКАЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

Формулируются принципы формализации вычислительного процесса в локальных вычислительных сетях на основе аппарата сетевого планирования. Предлагаются имитационная модель и методика имитации распределенной обработки информации для случая, когда рабочая нагрузка задана в виде вероятностного сетевого графа выполнения процессов на различных узлах сети.

Введение

В работе [1] на аналитических моделях (АНМ) исследуется динамика изменения характеристик вычислительного процесса (ВП) под влиянием вариаций скоростей обработки информации (v_p) на центральном процессоре (ЦП) и интенсивности поступления запросов пользователей i -го типа (λ_i), составляющих в совокупности рабочую нагрузку (РН) на узлах локальных вычислительных сетей (ЛВС). С помощью этих зависимостей прогнозируется изменение коэффициентов загрузки ЦП ($\eta_{\text{ЦП}}$) и среднего времени обслуживания запросов РН ($T_{\text{жи}}$) при обслуживании запросов операционной системой (ОС) и программами пользователей, составляющих в совокупности некоторый технологический процесс обработки информации на ЛВС (ТП ЛВС). Однако в АНМ зачастую трудно учесть наличие конкуренции запросов пользователей за одни и те же ресурсы ЛВС и поэтому исследования ограничиваются верхними оценками откликов ($\eta_{\text{ЦП}}$ и $T_{\text{жи}}$). При проектном моделировании ВП в ЛВС верхних оценок указанных откликов уже недостаточно и исследователям приходится прибегать к использованию имитационных моделей (ИМ).

В работе [2] предложен интересный подход к исследованию систем, основанный на сочетании аналитических и имитационных методов исследований, в работе [3] приведены примеры полностью имитационного подхода к исследованию динамики использования ресурсов ЛВС, в работе [4] – результаты сравнения параметров ВП и РН при использовании двух типов ИМ. В первой ИМ (МОД1) конкуренция запросов на ЦП отсутствует и ИМ ВП представляет собой многоканальную многофазную систему массового обслуживания. Во второй ИМ (МОД2) учитывается наличие конкуренции нескольких программных модулей (ПМ_j) за ресурс ЦП, когда в любой момент времени ресурс ЦП может использоваться только одним из ПМ_j . Основной результат работы [4] состоял в демонстрации возникновения существенной ошибки от применения АНМ при наличии конкуренции запросов РН за ресурсы ЛВС. Была экспериментально показана возможность появления «эффекта мультиобработки» при моделировании ВП методами теории массового обслуживания. Однако простого перехода к ИМ уже недостаточно при исследовании распределенной обработки информации в ЛВС. Как правило, очень часто информация, требующая обработки по запросам пользователей, распределена в различных узлах ЛВС. Кроме того, множество запросов пользователей на распределенные ресурсы ЛВС взаимосвязано таким образом, что они не могут выполняться одновременно. Поэтому ВП в ЛВС представляет собой непрерывную смену выполнения запросов на различных узлах ЛВС. При этом вероятностные ИМ РН на ЛВС, построенные на основе идеи о полумарковском характере процесса формирования запросов пользователей за ресурсы ЛВС [4, 5], уже не могут адекватно отобразить динамику появления запросов на ресурсы, расположенные в различных узлах ЛВС. Поскольку имитация представляет собой весьма ресурсоемкую процедуру, то возникает необходимость создания средств автоматизации моделирования сложных систем. В данной статье предлагается вместо полумарковской ИМ использовать вероятностный граф (ВГР), в котором явно отображены состав и структура взаимосвязей между процессами, рождаемых запросами пользователей на разных стадиях реализации их исполнения и

разных узлах ЛВС. Ниже излагается концептуальная модель распределенной обработки в ЛВС на основе использования ВГР, сформулированы принципы формализации ВП в ЛВС на основе аппарата сетевого планирования, рассмотрена методика имитации распределенной обработки информации в ЛВС для случая, когда РН задана в виде вероятностного сетевого графа выполнения процессов на различных узлах ЛВС.

1. Концептуальная модель распределенной обработки в ЛВС

Содержательное описание для отображения ВП с распределенной по сети информацией должно существенно отличаться от подходов, предложенных в работах [4, 5]. Во-первых, необходимо отобразить структуру ЛВС и особенности распределенной обработки информации, хранящейся в различных узлах ЛВС. Во-вторых, в описании следует сочетать наличие взаимосвязи и возможность параллельного использования распределенных по узлам ресурсов ЛВС. В-третьих, необходимо отобразить коллективный характер использования различными процессами пользователей таких общих ресурсов ЛВС, как ЦП_i и диски (НДД_i). Состав параметров, задаваемых на моделирование, должен включать две группы характеристик, отображающих структуру РН на ЛВС (СТР РН) и определяющих состав технологических процедур, задающих последовательность технологических операций, из которых и состоит ВГР на ЛВС. В качестве задаваемой информации используются те переменные имитации, которые не меняются в ходе имитационных экспериментов (ИЭ), но определяют возможные диапазоны изменения общих ресурсов ИМ в узлах ЛВС. Откликами имитации ВП в ЛВС с распределенными ресурсами служат две группы статистик имитации: матрица статистик использования *i*-го типа ресурсов ЛВС $\|Y_{RSij}\|$ в *j*-х узлах ЛВС и матрица статистик, определяющих качество обслуживания запросов пользователей *l*-го типа, поступающих в ЛВС с *j*-х узлов ЛВС $\|Y_{TКlj}\|$. Целевой функцией имитационного моделирования *k*-го варианта организации ЛВС является максимизация скалярной величины

$$W_k = \max_k \sum_l \sum_j (\delta_{1l} Y_{СКПij} + \delta_{2l} Y_{ВПij} + \delta_{3l} Y_{ТКlj}^*),$$

где δ_{1l} и δ_{2l} – весовые коэффициенты важности для исследователя статистик загрузки соответственно ресурсов ЦП и НДД пользователями ЛВС *l*-го типа; δ_{3l} – весовые коэффициенты важности статистик качества обслуживания пользователей *l*-го типа; $\sum_l \delta_{1l} + \delta_{2l} + \delta_{3l} = 1$; $Y_{ТКlj}^*$ – обратные величины откликов $Y_{ТКlj}$, приведенные к безразмерному виду на интервале [0, 1]; $Y_{СКПij}$ и $Y_{ВПij}$ – статистики использования ресурсов соответственно ЦП и НДД на *j*-м узле ЛВС запросами пользователей *l*-го типа.

2. Формализация ВП и РН на ЛВС на основе аппарата сетевого планирования

Запросы пользователей на ресурсы узлов ЛВС уже не представляются иерархической полумарковской ИМ, как это описано в работе [5]. Отход от такой формализации РН на ЛВС обусловлен двумя обстоятельствами. Во-первых, все программные модули (ПМ_{ij}), исполняемые на ЦП *j*-го узла ЛВС, уже не являются вероятностными, а имеют место детерминированные взаимосвязи между ПМ_{ij}, обусловленные структурой ВГР, хотя длительности выполнения самих ПМ_{ij} на ЦП_j и НДД_j являются случайными функциями. Во-вторых, в последовательности выполняемых процессов ПМ_{ij} могут использовать ресурсы ЦП_{ij} и НДД_{ij} разных узлов ЛВС. Поэтому предлагается использовать вероятностные сетевые графики (ВСГ) для имитации процесса появления запросов пользователей *l*-го типа на ресурсы *i*-го типа *j*-х узлов ЛВС.

В качестве базового элемента формализации ВП и РН на ЛВС вместо ПМ_{ij} будем использовать такое понятие, как микротехнологическая операция (МТХО_{ij}). Любой ТП ЛВС представляется в виде ВСГ на основе аппарата сетевого планирования. В общем виде параметрами МТХО_{ij} могут быть следующие характеристики: расходы ресурсов ЦП ($\tau_{ЦПij}$), расход ресурсов

НДД ($V_{НДij}$) и стоимость выполнения операции (C_{ij}). При этом предполагаются известными функциональные зависимости между расходом ресурсов, стоимостью выполнения операции и временем реализаций $MTXO_{ij}$:

$$\tau_{ij} = \varphi_1(\tau_{ЦПij}, (\tau_{ЦПij}, \nu_{сij}); \quad \tau_{ij} = \varphi_2(V_{НДij}, \nu_{НДj}); \quad \tau_{ij} = \varphi_3(C_{ij}, \nu_{ср5}, \nu_{НДj}).$$

Таким образом, в терминологии сетевого планирования на ВСГ $MTXO_{ij}$ соответствуют действительным работам [6] или же PM_{ij} при полумарковском представлении ВП в ЛВС [5].

Основными базовыми элементами ВГР являются события (SO_i). В соответствии с классическим определением события на ВСГ каждое событие обладает следующими параметрами: номером события (i), ранними и поздними сроками свершения событий (t_{pi} и t_{pi}), резервом свершения события (R_i). Вторым базовым элементом ВСГ является понятие микротехнологической операции ($MTXO_{ij}$). В отличие от традиционной технологии исследования сетевых графиков все параметры работ в предлагаемом ниже подходе к исследованию ВСГ являются случайными величинами, задаваемыми соответствующими функциями распределения $F_1(\tau_{ik})$, $F_2(V_{ik})$, $F_3(C_{ik})$. Будем называть времена выполнения $MTXO_{ik}$ (τ_{ik}) основными параметрами, остальные характеристики (V_{ik} и C_{ik}) являются вспомогательными. В соответствии с традиционным представлением ВСГ необходимо указать, что j – номер узла ресурса, на котором используются ресурсы $ЦП_j$ и $НДD_j$ при выполнении $MTXO_{ik}$. Таким образом, с помощью ВСГ и параметров $MTXO_{ik}$ задается местонахождение ресурсов в ЛВС, длительности и стоимости их использования и порядок выполнения. Независимые друг от друга $MTXO_{ik}$ выполняются параллельно, а зависимые $MTXO_{ik}$ запускаются только при свершении событий в моменты (t_{pi}).

Определим понятие критического пути (КПП) на ВСГ как последовательность $MTXO_{ik}$, выполняемых на ресурсах различных узлов ЛВС, которая имеет максимальное время свершения I -го запроса пользователей ЛВС.

Если характеристики $MTXO_{ik}$ постоянны, то аппарат сетевого планирования позволяет найти все сроки свершения событий (t_{pi} , t_{pi}) и резервы их выполнения (R_i). Затем по известной методике [6] рассчитываются значения параметров выполняемых $MTXO_{ik}$: раннее начало ($t_{рн,ik}$), позднее начало ($t_{пн,ik}$), раннее окончание ($t_{ро,ik}$), позднее окончание ($t_{по,ik}$) $MTXO_{ik}$. Не представляет труда и поиск критического пути ($КПП_s$) для s -го варианта реализации запроса либо по временным, либо по стоимостным показателям его выполнения (рис. 1, 2).

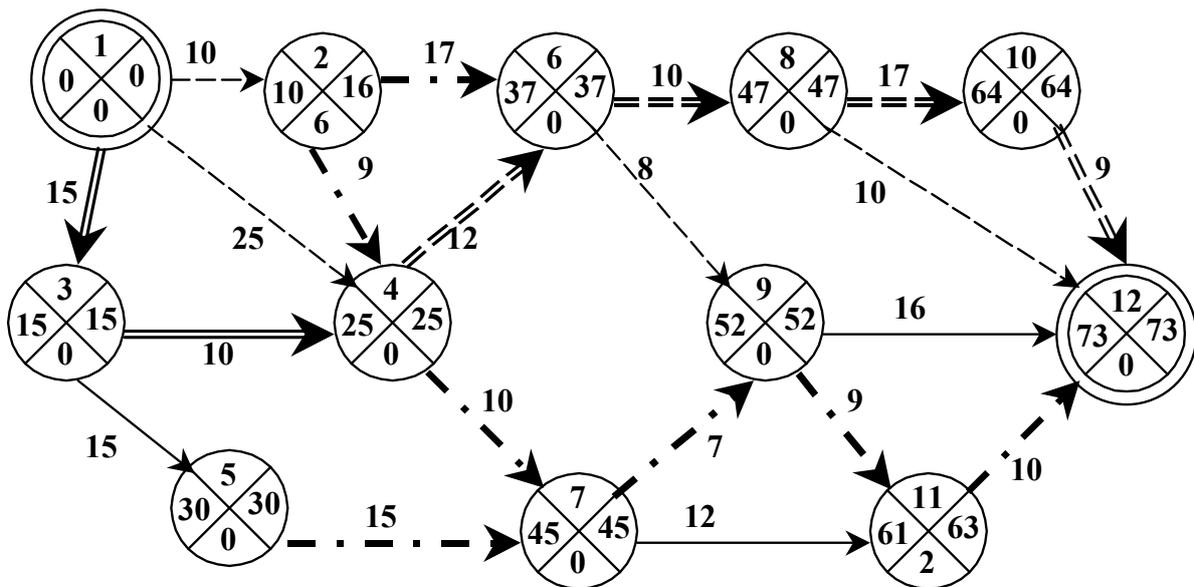


Рис. 1. Критический путь по времени реализации I -го запроса РН на ЛВС при постоянных значениях времени выполнения $MTXO_{ik}$, равных математическим ожиданиям их распределений

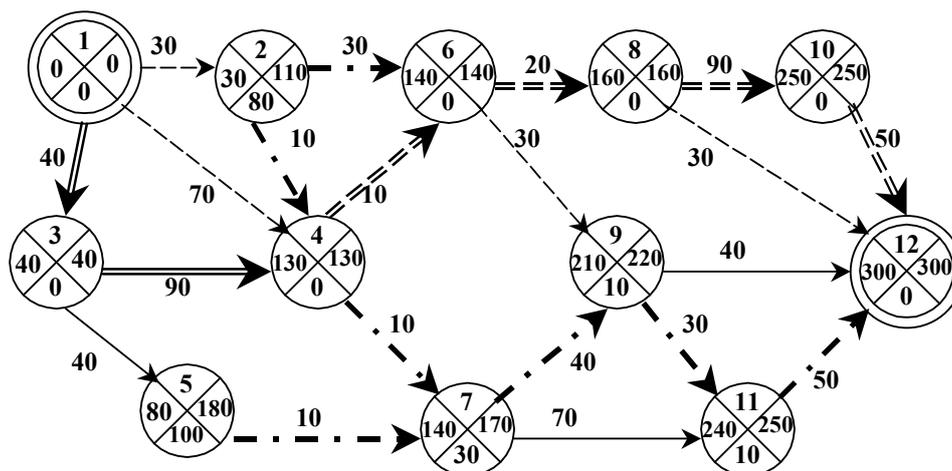


Рис. 2. Критический путь в графе стоимостей реализации I-го запроса РН на ЛВС при постоянных значениях стоимостей выполнения $MTXO_{ij}$, равных математическим ожиданиям их распределений

Любая $MTXO_{ik}$ представлена ориентированными ребрами графа технологии обработки запросов пользователей I-го типа на трех узлах ЛВС, а события изображаются в виде кружков, состоящих из четырех секторов: в левом и правом секторах указаны соответственно t_{pi} и t_{pi} , в верхних секторах приведены номера событий i , а в нижних секторах содержатся найденные резервы свершения событий (R_i). Как следует из рис. 1, 2, критические пути по времени выполнения и по стоимости реализации на ЛВС запроса пользователей I-го типа совпадают. Однако такое совпадение, скорее, редкий случай. И уже совсем невозможно использовать аппарат календарного планирования для случая, когда все параметры $MTXO_{ik}$ являются случайными величинами. Вероятностный характер сетевого графика (см. рис. 1) при произвольных типах распределений обуславливает необходимость постановки ИЭ с использованием процедур метода Монте-Карло. В таких случаях результат имитации выполнения ВСГ при одних и тех же начальных значениях исследуемого ТП ЛВС также будет вероятностным. Поиск же критических путей значительно усложняется по сравнению со случаем, когда параметры $MTXO_{ik}$ являются детерминированными величинами.

3. Расчет и анализ параметров ВСГ по методу Монте-Карло

Для решения проблем исследования вероятностных технологических процессов производства (ТПП) с помощью ИМ был разработан программно-технологический комплекс имитации (ПТКИ) ТПП [7]. Применение комплекса основано на приведенной формализации ТП ЛВС с помощью модифицированного метода сетевого планирования и реализуется следующей последовательностью этапов.

1. Запись параметров $MTXO_{ik}$, входящих в $ВСГ_1$ реализации I-го типа запросов РН на ЛВС, в информационную базу (ИБ) комплекса. При этом происходит преобразование описаний $MTXO_{ik}$ во внутреннее представление, контроль корректности описания $ВСГ_1$, вывод результатов этого контроля на дисплей для устранения ошибок в описании $ВСГ_1$. Взаимодействие ПТКИ ТПП с пользователем происходит на основе набора «меню» возможностей комплекса в режиме вопрос-ответ. По завершении этого этапа синтаксические ошибки в $ВСГ_1$ будут исправлены.

2. Расчет и анализ параметров $ВСГ_1$ по методу Монте-Карло, которые реализуются следующей последовательностью шагов.

2.1. Разыгрывание на s -й реализации $ВСГ_s$ ($s = 1, \bar{N}$) всех значений параметров $MTXO_{ik}$ ($\tau_{iks}, V_{iks}, C_{iks}$) с помощью функций распределения $F_1(\tau_{ik}), F_2(V_{ik}), F_3(C_{ik})$. В результате формируется s -я реализация $ВСГ_s$ с детерминированными параметрами $MTXO_{ik}$ (DCG_s).

2.2. Моделирование выполнения $ВСГ_s$ в режиме прямого изменения модельного времени t_{01} при вычислении ранних сроков свершения событий (t_{pis}). Одновременно с этим моделирует-

ся расход ресурсов (V_{iks}) и стоимости выполнения (C_{iks}) на реализацию $MTXO_{ik}$. Для вычисления поздних сроков свершения событий (t_{nis}) используется имитация с инверсным характером изменения модельного времени t_{02} .

2.3. Расчет резервов свершения событий R_{is} и типовых характеристик напряженности выполнения работ при реализации BCG_1 (t_{pniks} , t_{nniks} , t_{poiks} , t_{noiks}). Завершаются расчеты характеристик s -й реализации BCG_1 по методу Монте-Карло нахождением критического пути (KPP_{sl}) реализации l -го запроса на РН ЛВС.

2.4. Формирование в результате имитации выполнения N реализаций BGP_1 в ИБ комплекса выборки значений параметров BCG_1 для событий $\{t_{pis}, t_{gis}, R_{is}\}$, для $MTXO_{ik}$ $\{t_{pis}, t_{nis}, R_{is}\}$ и для критического пути $\{KPP_{sl}\}$. Таким образом, каждой s -й реализации BCG_1 в этих выборках соответствуют s -е номера параметров событий, $MTXO_{ik}$ и критических путей KPP_{sl} .

3. Оптимизация BCG_1 по данным ИЭ, которая реализуется следующей последовательностью шагов.

3.1. Формирование по выборкам функций распределений значений статистик имитации BCG_1 (F_z), математических ожиданий (M_z) и дисперсии (D_z). Здесь под z понимаются названия перечисленных ранее характеристик выполнения $MTXO_{ik}$, сроков свершения событий и длины критических путей в BCG_1 .

3.2. Анализ критических путей BCG_1 . Каждый KPP_{sl} представляет собой последовательность $MTXO_{ik}$ и событий SOB_{is} , обладающих нулевым резервом времени их свершения (R_{ij}). В общем случае для N реализаций BCG_1 может существовать множество $\{KPP_{sl}\}$, в котором только некоторые пары (SOB_{is} , $MTXO_{ik}$) различные, а остальные пары не отличаются друг от друга. Поэтому алгоритм анализа всех реализаций BCG_1 представляет исследователю диапазон различных событий, одновременно возникающих в BCG_1 в одно и то же время t_{01} , и различных реализаций $\{KPP_{sl}\}$ в BCG_1 .

3.3. Формирование графа критических путей ($GRKPP_1$) по результатам статистической обработки параметров $\{MTXO_{iks}\}$, событий $\{SOB_{is}\}$ и критических путей $\{KPP_{sl}\}$ с помощью оценки вероятных значений коэффициентов напряженности $MTXO_{ik}$ [6]. При этом определяется список событий, имеющих наибольшие резервы времени их свершения с высокой вероятностью. Из этого списка выбираются $MTXO_{ik}$ в качестве кандидатов для исключения из графа критических путей.

3.4. В случае, если множество $\{KPP_{sl}\}$ достаточно большое, то формирование графа критических путей ($GRKPP_1$). В этом графе, состоящем из критических путей, могут появиться вероятностные переходы (P_{ir}) между уже обобщенными событиями $OSOB_{ir}$ и $OSOB_r$. Далее реализуется процедура, аналогичная этапу 2, с той лишь разницей, что анализу подвергается уже граф критических путей. Очевидно, что необходимо осуществлять несколько итераций для нахождения результирующего наиболее вероятного критического пути реализации l -го запроса РН на ЛВС.

3.5. Хранение информации, сформированной на каждом шаге этапа 3, в ИБ ПТКИ ТПП и вывод по запросу на экран дисплея в любом требуемом виде. Это позволяет исследователю либо принять решение о завершении исследований, либо корректировать в диалоговом режиме параметры $MTXO_{ik}$ с учетом технологических ограничений на их реализацию.

3.6. Изменение параметров модифицируемых $MTXO_{ik}$ и переход к выполнению этапа 1. При этом возможно сравнение результатов, полученных на предыдущей итерации, и принятие решений о завершении имитации выполнения BGP_1 на ЛВС [12].

4. Методика имитационного моделирования распределенной обработки информации в ЛВС

Для имитации распределенной обработки информации в ЛВС с помощью ПТКИ ТПП используется транзактный способ представления структуры запросов l -го типа РН на ЛВС [8]. Для этой цели на входе ИМ узлов ЛВС с помощью генератора транзактов GEN_1 формируются информационные транзакты ($TRIN_1$). В теле $TRIN_1$ находится BGP_1 реализации ТП ЛВС. GEN_1 формирует на входе j -го узла ЛВС $TRIN_1$ с интенсивностью λ_j , которые затем обслуживаются моделью ВП в ЛВС. Таким образом, на входе каждого узла ЛВС установлено столько GEN_1 , сколько предусмотрено типов запросов РН на узлах ЛВС в исследуемой технологии распределенной обработки запросов пользователей на ресурсы ЛВС.

По информации, сосредоточенной в параметрах $MTXO_{ik}$ и определяющей запросы пользователей I-го типа на g -м узле ЛВС на ресурсы узлов ЛВС, согласно $ВСГ_1$ формируются последовательности управляющих транзактов (UTR_{ik}), представляющие собой поток запросов на ресурсы ЛВС. Каждый UTR_{ikl} представляет собой заказ к ОС ЛВС на ресурсы, в котором указываются номер узла (j) и номер выполняемой $MTXO_{ik}$ (ik). Значения этих ресурсов разыгрываются при имитации выполнения $ВСГ_1$ по функциям распределения.

Собственно выполнение очередной $MTXO_{ik}$ (согласно графу $ВСГ_1$) имитируется на устройствах обработки, при этом на j -м узле может быть расходовано три типа ресурсов: ЦП $_j$, НДД $_j$ и МЕМ $_j$ (здесь ЦП $_j$, НДД $_j$ и МЕМ $_j$ означают факт применения соответственно ЦП, НДД и памяти j -го узла ЛВС). В рассматриваемой модели использования ресурсов ЛВС предусмотрен монопольный захват ресурсов ЦП $_j$ и МЕМ $_j$ и частичный захват ресурса НДД $_j$ объема V_{ik} на время выполнения $MTXO_{ik}(\tau_{ik})$. По завершении очередного выполнения $MTXO_{ik}$ ресурсы j -го узла ЛВС возвращаются и становятся доступными для очередного захвата следующей $MTXO_{ik}$. Времена собственно реализации всех $MTXO_{ik}$ при выполнении I-го запроса РН в общем случае представляют сумму использования ресурсов узлов ЛВС:

$$\tau_{ikl} = \tau_{set} + \tau_{osw} + \tau_{цпик} + \tau_{ндик} + \tau_{ожцпj} + \tau_{ожндj} + \tau_{ожсет},$$

где τ_{set} , τ_{osw} – постоянные значения затрат времени выполнения сетевых операций по пересылке запросов пользователей I-го типа с g -го узла на выполнение в j -м узле ЛВС;

$\tau_{ожцпj}$, $\tau_{ожндj}$, $\tau_{ожсет}$ – моделируемые значения времени ожидания запросов, сформированные по инициативе UTR_{ikl} , на ресурсы j -го узла ЛВС (соответственно ЦП $_j$, НДД $_j$ и устройства сетевого доступа);

$\tau_{цпик}$, $\tau_{ндик}$ – конкретные значения времени использования ресурса ЦП $_j$ на НДД $_j$, сформированные по соответствующим функциям распределения.

В итоге по запросам UTR_{ik} на ИМ устройств обработки информации определяются значения временных характеристик τ_{set} , τ_{osw} , $\tau_{цпик}$, $\tau_{ндик}$. В очередях к ИМ устройств обработки UTR_{ik} формируются суммарные времена ожидания освобождения ресурсов узлов ЛВС ($\tau_{ожцпj}$, $\tau_{ожндj}$, $\tau_{ожсет}$). Длительности выполнения сетевых операций (τ_{SET}) операционной системы (τ_{OSW}) устанавливаются постоянными для конкретного варианта топологии ЛВС.

Динамику обслуживания $TRIN_1$ и UTR_{ik} при выполнении s -й реализации $ВСГ_1$ можно представить следующим образом. Как только в $TRIN_1$ возникает необходимость выполнения $MTXO_{ik}$, формируется UTR_{ik} , который поступает к устройству j -го узла обработки OSW_j , имитирующему выполнение управляющего модуля ОС ЛВС длительностью τ_{osw} . Далее UTR_{ik} поступает в очередь к ресурсу сетевого доступа (SET_j), имитирующему пересылку запроса по сети согласно заданной топологии ЛВС длительностью τ_{SET} . Затем UTR_{ik} последовательно обслуживается имитаторами основных ресурсов j -го узла ЛВС (ЦП $_j$ и НДД $_j$). Для отображения процесса монопольного захвата основных ресурсов j -го узла ЛВС используется система очередей на их входе согласно обобщенной модели функционирования устройств обработки запросов на ресурсы j -го узла (рис. 3).

После завершения обслуживания UTR_{ik} уничтожаются. В моменты освобождения устройства обработки j -го узла ЛВС из входной очереди выбирается очередной UTR_{ik} и формируется сигнал «закрыть устройство $MTXO_{ik}$ », имитирующий начало выполнения $MTXO_{ik}$ (t_{HIK}). В момент уничтожения UTR_{ik} формируется сигнал «открыть устройство», имитирующий конец выполнения $MTXO_{ik}$ (t_{KIK}). Таким способом автоматически имитируется выполнение $MTXO_{ik}$ длительностью $\tau_{ikl} = t_{KIK} - t_{HIK}$. Далее в случае, если очередь к устройству U $MTXO$ не пустая, из входной очереди выбирается следующий $TRIN_1$, формируется сигнал создания UTR_{ik} , по которому из $GENU_j$ поступает UTR_{ik} во входную очередь к устройству обработки i -го узла ЛВС ($USISP$), и весь цикл выполнения $MTXO_{ik}$ парой транзактов $TRIN_1$ и UTR_{ik} повторяется. На рис. 3 приведена обобщенная схема ИМ j -го узла ЛВС, состоящая из следующих процессов: генератора $TRIN_1$ (GEN_1), поглотителя $TRIN_1$ ($POGI_1$), генератора UTR_{ik} ($GENU_j$), поглотителя UTR_{ik} ($POGU_1$), имитатора выполнения $MTXO_{ik}$ (U $MTXO_{ik}$), имитаторов устройств-исполнителей ($USISP$) запросов ресурсов ЛВС (OSW_j , SET_j , ЦП $_j$, НДД $_j$), которые связаны между собой системой входных очередей, имитирующих функции ожидания UTR_{ik} захвата соответствующих ресурсов j -го узла ЛВС.

Предложенная технология обслуживания запросов РН I-го типа на ресурсы ЛВС зависит от топологии сети. На рис. 4 показаны варианты компоновки ИМ технологии обработки информации.

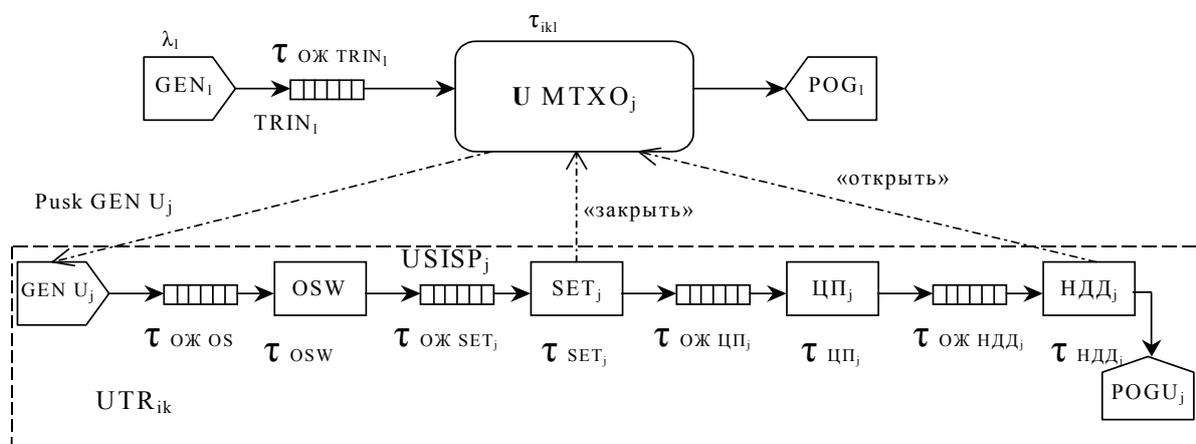


Рис. 3. Блок-схема связи устройства-имитатора ИМТ_j выполнения МТХО_{ик} с устройством-имитатором расхода ресурсов j-го узла ЛВС

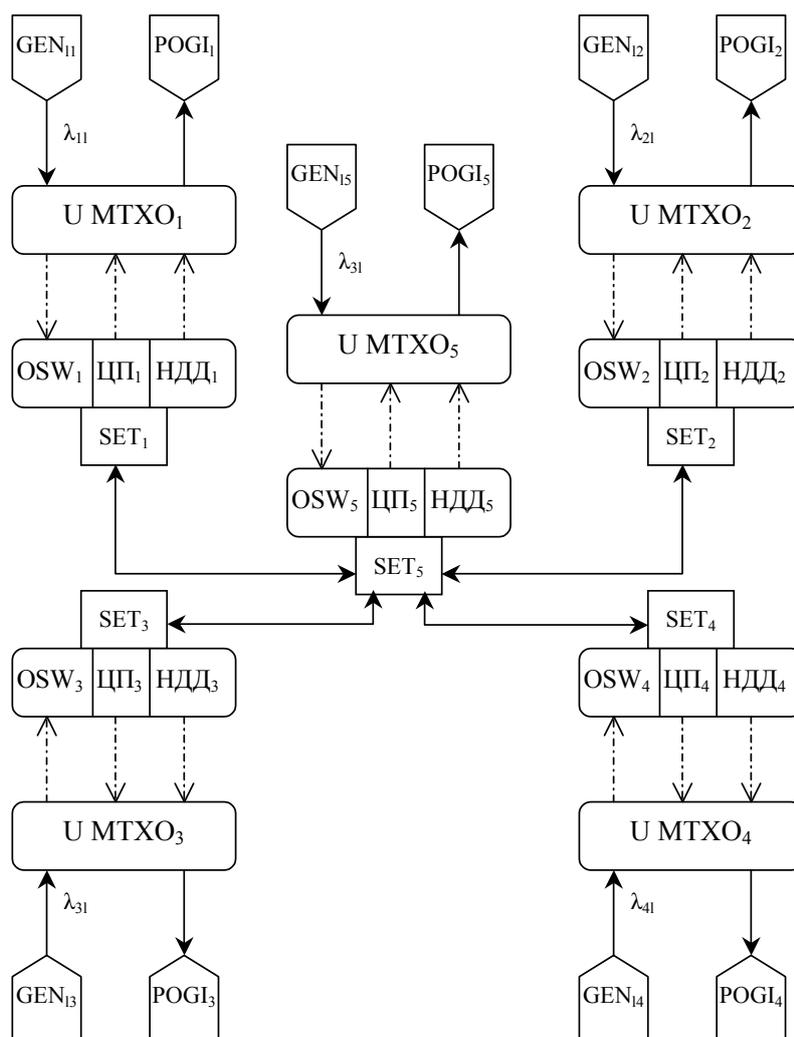


Рис. 4. Имитационная модель реализации технологического процесса обработки информации в ЛВС топологии «звезда», состоящей из пяти узлов

Заключение

Изложенные методики имитации распределенной обработки в ЛВС обладают преимуществом в использовании перед моделированием на основе полумарковских процессов при проектном моделировании ЛВС в тех случаях, когда реальная ЛВС еще не существует и решается задача выбора состава и размещения ресурсов узлов ЛВС, которые были бы адаптированы для решения тех задач, которые преимущественно будут решаться на проектируемой ЛВС. Полумарковский подход к представлению ИМ РН на ЛВС используется уже при наличии действующей ЛВС, и ставится задача перераспределения ресурсов узлов ЛВС при адаптации их к РН на ЛВС.

Список литературы

1. Зайченко Е.Ю. Анализ структуры глобальных вычислительных сетей. – Киев: ЗАО «Укрспецпроект», 1998. – 108 с.
2. Коваленко И.Н., Наконечный А.Н. Приближенный расчет и оптимизация надежности. – Киев: Наукова думка, 1989. – 182 с.
3. Демиденко О.М., Максимей И.В. Проектное моделирование вычислительного процесса в локальных вычислительных сетях. – Мн.: Беларуская навука, 2001. – 252 с.
4. Демиденко О.М., Максимей И.В. Влияние конкуренции запросов пользователей за ресурсы вычислительной системы на организацию вычислительного процесса // Математические машины и системы. – 2001. – № 2. – С. 3–9.
5. Демиденко О.М. Технология мониторинга и адаптации вычислительного процесса под рабочую нагрузку на локальную вычислительную сеть. – Мн.: Беларуская навука, 2002. – 193 с.
6. Жогаль С.И., Максимей И.В. Задачи и модели исследования операций. Ч. 1. Аналитические модели исследования операций: учеб. пособие. – Гомель: БелГУТ, 1999. – 109 с.
7. О проблемной модификации программно-технологического комплекса имитации технологических процессов производства / И.В. Максимей, В.Д. Левчук, С.Ф. Маслович и др. // Известия Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины. – 2003. – № 3 (18). – С. 38–41.
8. Максимей И.В., Левчук В.Д., Жогаль С.П. Задачи и модели исследования операций. Ч. 3. Технология имитации на ЭВМ и принятие решений: учеб. пособие. – Гомель: БелГУТ, 1999. – 150 с.

Поступила 04.10.04

*Гомельский государственный
университет им. Ф. Скорины,
Гомель, Советская, 104
e-mail: tpi@gsu.unibel.by*

**O.V. Bichenko, I.V. Maximey, S.F. Maslovich, V.S. Smorodin,
B.I. Selitski, A.M. Potashenko**

DESIGN MODELING THE DISTRIBUTED PROCESSING OF THE INFORMATION IN LOCAL COMPUTER NETWORKS

Principles of formalization of computational process on the base of method of network planning for local computing networks are formulated. Simulation model and strategy of imitation of distributed processing of information for the case, when working load is given as a probabilistic network graph of processing in different network nodes are offered.