



УДК 621.391

## МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ

**Ю.И. ЛОСЕВ  
С.И. ШМАТКОВ  
К.М. РУККАС  
МОХАММЕД САЛАМЕ  
АБРАХИМ АРАБИЯТ**

*Харьковский  
Национальный  
Университет  
имени В. Н. Каразина*

*e-mail:  
krukkas@gmail.com*

В статье предложена математическая модель процесса сбора информации о состоянии компьютерной сети. При разработке этой модели использовался математический аппарат вероятностно-временных графов. Проведен сравнительный анализ различных вариантов информационного обеспечения. Для проведения сравнительного анализа вариантов информационного обеспечения по полученным соотношениям построены графики зависимости относительного среднего времени сбора информации от состояния канала связи, вероятности свободности абонентов и вероятности возможного конфликта. Из анализа приведенных графиков был сделан вывод о необходимости предусмотреть меры по их различению и опознанию служебных сообщений. Было показано, что при выборе метода информационного обеспечения следует учитывать не только время сбора информации, но и расходуемые при этом ресурсы сети.

Ключевые слова: математическая модель, технология информационного обеспечения, управление компьютерными сетями, вероятностно-временные графы, сбор информации.

### Введение

Современные компьютерные сети (КС) являются сложными распределенными программно-аппаратными системами, предназначенными для передачи информационных потоков абонентов с заданными требованиями [1-5]. Эффективность современных КС во многом зависит от системы управления. На сегодняшний день существует множество различных способов организации системы управления КС.

В основе существующих систем управления сетями лежит схема «менеджер-агент» [1, 2, 4]. Агент является посредником между управляемым ресурсом и основной управляющей программой-менеджером. Взаимодействуя с реальным ресурсом, агент предоставляет менеджеру обработанную и предоставленную в формализованном виде информацию, на основании которой менеджер принимает решения по управлению.

В [4] освещаются общие вопросы управления сетями связи. Приводится базовая информация по структуре и особенностям современных протоколов управления КС, проведен обзор платформ и продуктов сетевого управления некоторых иностранных компаний.

Для эффективного функционирования системы управления необходима информация о состоянии элементов сети. Анализ перечисленных работ показывает, что в настоящее время в особенности применяемых систем сетевого управления является низкая эффективность применяемых методов сбора информации. В результате снижается качество обслуживания пользователей. Поэтому для выполнения требований по качеству обслуживания разработчики сетей в процессе проектирования вынуждены предусматривать определенную избыточность при выполнении каких-либо операций в процессе управления. Это приводит к увеличению стоимости как самой сети, так и предоставляемых услуг.

Устранить данный недостаток можно путем повышения эффективности выполнения этапа сбора информации о состоянии элементов КС. Однако, для этого необходимы модели, описывающие процесс сбора информации, по которым можно было бы численно оценить эффективность этого процесса и выявить пути устранения выявленных недостатков.

### 1. Математическая модель процесса сбора информации о состоянии компьютерной сети

Первым этапом управления является его информационное обеспечение. Для уменьшения времени сбора информации о состоянии элементов сети этот процесс желательно выполняться параллельно по всем управляемым объектам. Общее время сбора информации будет определяться интервалом времени получения данных от наиболее удаленного объекта.



Сбор информации о состоянии сети может осуществляться как по инициативе центра коммутации, на котором решается задача управления сетью, так и периодически по установленному графику и по инициативе всех узлов, изменение состояния которых может повлиять на эффективность функционирования сети. В первом случае сбор информации осуществляется по специальному запросу центра управления. В других случаях запрос не передается и информация выдается по инициативе узлов коммутации. При этом информация об изменении состояния узла коммутации должна передаваться в момент обнаружения этого факта. При периодической передаче такой информации может быть задержка в выдаче обновленных данных на время равное половине периода выдачи информации. Сбор информации по запросу осуществляется путем передачи на требуемый узел вызывного пакета  $f_{\text{выз}}(z)$ . По этому пакету контролируемый узел посылает ответный пакет  $f_{\text{отв}}(z)$ , включающий кроме адреса центра управления всю необходимую для оценки состояния узла информацию. Поскольку эта информация является наиболее важной, ее получение должно квитироваться. При передаче вызывного пакета он может быть потерян (функция  $f_{\text{выз}}^{\text{пот}}(z)$ ) принят с искажением адреса вызываемого или вызывающего абонента (функции соответственно  $f_{\text{выз}}^{A_1}(z)$  и  $f_{\text{выз}}^{A_2}(z)$ ), приняты правильно (функции  $f_{\text{выз}}^{\text{пр}}(z)$ ) и опознаны с вероятностью  $P_{\text{оп}}$ . Пакет может быть принят если абонент был свободен (вероятность  $P_{\text{св}}$ ). Если вызывной пакет потерян или принят с искажением адреса вызываемого или вызывающего абонента, то квитанции на этот пакет не будет, и он будет повторен через интервал  $T_{\text{ТА}}$ . Если абонент был занят или вызывной пакет не был опознан (вероятность  $P_{\text{оп}}$ ), то вызов будет повторен через интервал времени  $T_{\text{ТА}}$ . При приеме вызывного пакета другим абонентом (искажен адрес вызывающего абонента  $A_1$ ) при условии, что он свободен, будет послан ответный пакет. При правильном приеме такого пакета за счет выяснения ошибки сети будет нанесен ущерб, измеряемый интервалом времени  $\Delta T$ , и вызываемый пакет будет потерян.

При правильном приеме вызываемого пакета (функция  $f_{\text{выз}}^{\text{пр}}(z)$ ) будет выдан ответный пакет, который может быть принят правильно (функция  $f_{\text{отв}}^{\text{пр}}(z)$ ), потерян (функция  $f_{\text{отв}}^{\text{пот}}(z)$ ), принят с искажением адреса вызываемого абонента (функция  $f_{\text{отв}}^{A_2}(z)$ ), обнаруженной ошибкой (функция  $f_{\text{отв}}^{\text{оо}}(z)$ ), с искажением информационного поля (функция  $f_{\text{отв}}^{\text{ош}}(z)$ ), устаревшими данными (функция  $f_{\text{отв}}^{\text{уст}}(z)$ ) или неполными данными (функция  $f_{\text{отв}}^{\text{нп}}(z)$ ).

В случае приема вызывного и ответного пакетов, свободного абонента ( $P_{\text{св}}$ ) производится решение задачи управления.

При потере ответного пакета ( $f_{\text{отв}}^{\text{пот}}$ ), возникновении обнаруженной ошибки ( $f_{\text{отв}}^{\text{оо}}$ ) и искажении адреса ( $f_{\text{отв}}^{A_2}$ ) через интервал  $T_{\text{ТА}}$  будет вторично передан вызывной пакет.

При передаче информации о состоянии сети по инициативе управляющего узла коммутации вызывной пакет не выдается. Далее процесс сбора информации о состоянии сети осуществляется аналогично описанному выше.

Обозначим вероятности применения вариантов сбора информации по вызывному пакету, по изменению состояния и по графику периодически соответственно  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_3$ , где эти вероятности могут принимать значения 1 или 0. Тогда обобщенный вероятностно-временной граф (ВВГ), характеризующий процесс сбора информации для трех указанных вариантов, будет иметь вид, представленный на рис.1. На этом графе дополнительно обозначено  $\Delta T_{\text{ц}}$  время ожидания выдачи данных о состоянии сети при их периодической выдаче.

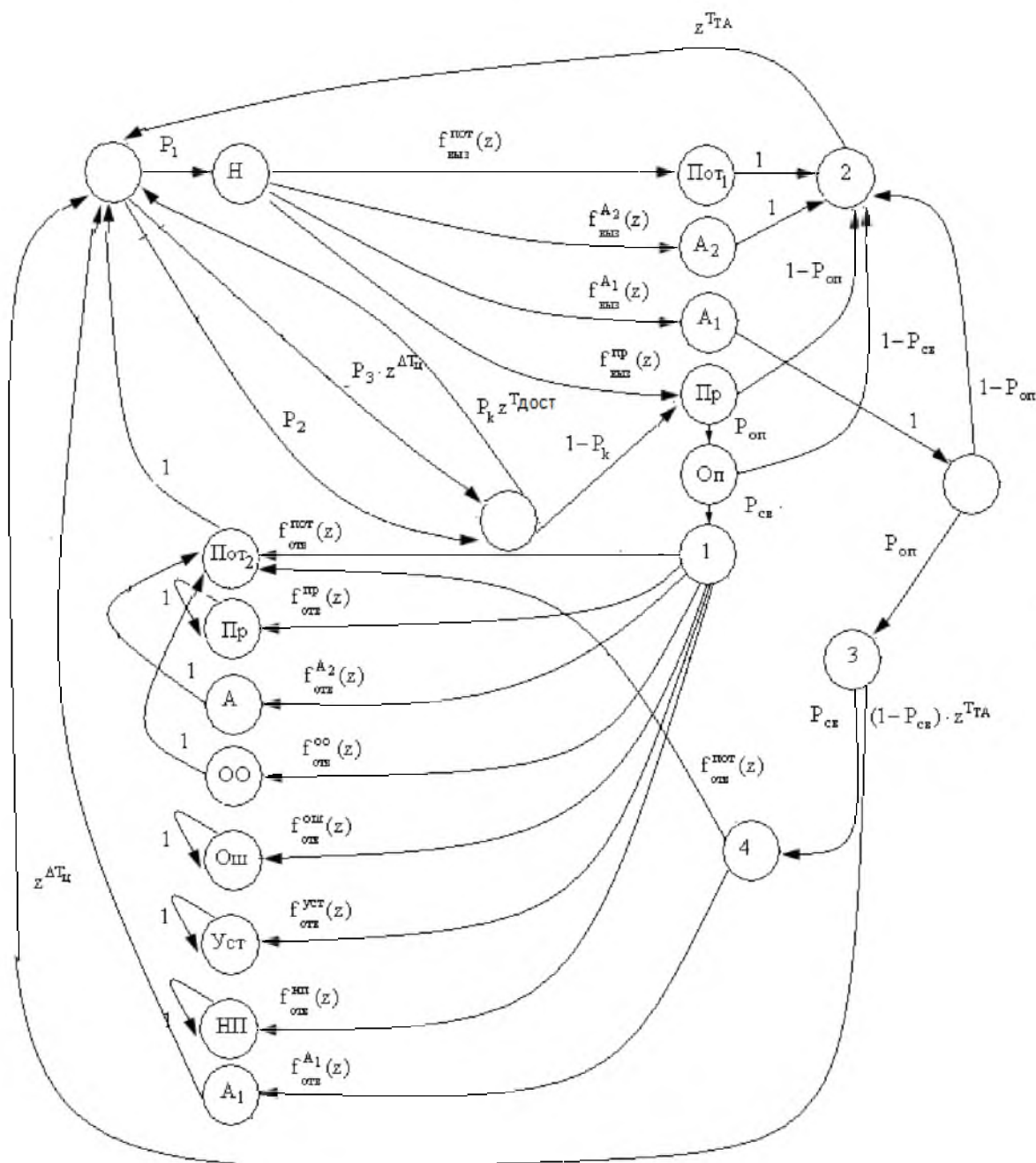


Рис.1. ВВГ этапа сбора информации

Граф, изображенный на рис.1 путем эквивалентных преобразований приведен к виду представленному на рис.2. На рис.2 обозначены

$$\begin{aligned}
 f_1(z) &= f_{\text{выз}}^{\text{пот}} + f_{\text{выз}}^{A_2} + f_{\text{выз}}^{\text{пр}} \cdot [(1 - P_{\text{оп}}) + P_{\text{оп}} \cdot (1 - P_{\text{св}}) + f_{\text{выз}}^{A_1} \cdot (1 - P_{\text{оп}})]; \\
 f_2(z) &= f_{\text{выз}}^{A_1} \cdot P_{\text{оп}}; \\
 f_3(z) &= z^{T_{\text{ТА}}}; \\
 f_4(z) &= (1 - P_{\text{св}}) \cdot z^{T_{\text{ТА}}} + P_{\text{св}} \cdot f_{\text{отв}}^{\text{пот}} \cdot z^{T_{\text{ТА}}} + P_{\text{св}} \cdot f_{\text{отв}}^{A_1} \cdot z^{T_{\text{ТА}}}; \\
 f_5(z) &= P_{\text{пот}} \cdot z^{T_{\text{ТА}}}, \text{ где } P_{\text{пот}} = f_{\text{отв}}^{\text{пот}} + f_{\text{отв}}^{A_2} + f_{\text{отв}}^{\text{оо}}; \\
 f_6(z) &= f_{\text{выз}}^{\text{пр}} \cdot f_{\text{оп}} \cdot f_{\text{св}}; \\
 f_{\text{отв}}^{\text{пр}}(z) &= f_{\text{отв}}^{\text{пр}} \cdot (1 - P_{\text{уст}} - P_{\text{нш}} - P_{\text{пот}} - P_{\text{но}}) \cdot z^{T_{\text{Дост}}};
 \end{aligned}$$



$$f_{\text{отв}}^{\text{ош}}(z) = f_{\text{отв}}^{\text{ип}} \cdot P_{\text{но}} \cdot z^{\Gamma_{\text{дост}}};$$

$$f_{\text{отв}}^{\text{уст}}(z) = f_{\text{отв}}^{\text{ип}} \cdot P_{\text{уст}} \cdot z^{\Gamma_{\text{дост}}};$$

$$f_{\text{отв}}^{\text{нп}}(z) = f_{\text{отв}}^{\text{ип}} \cdot P_{\text{нп}} \cdot z^{\Gamma_{\text{дост}}};$$

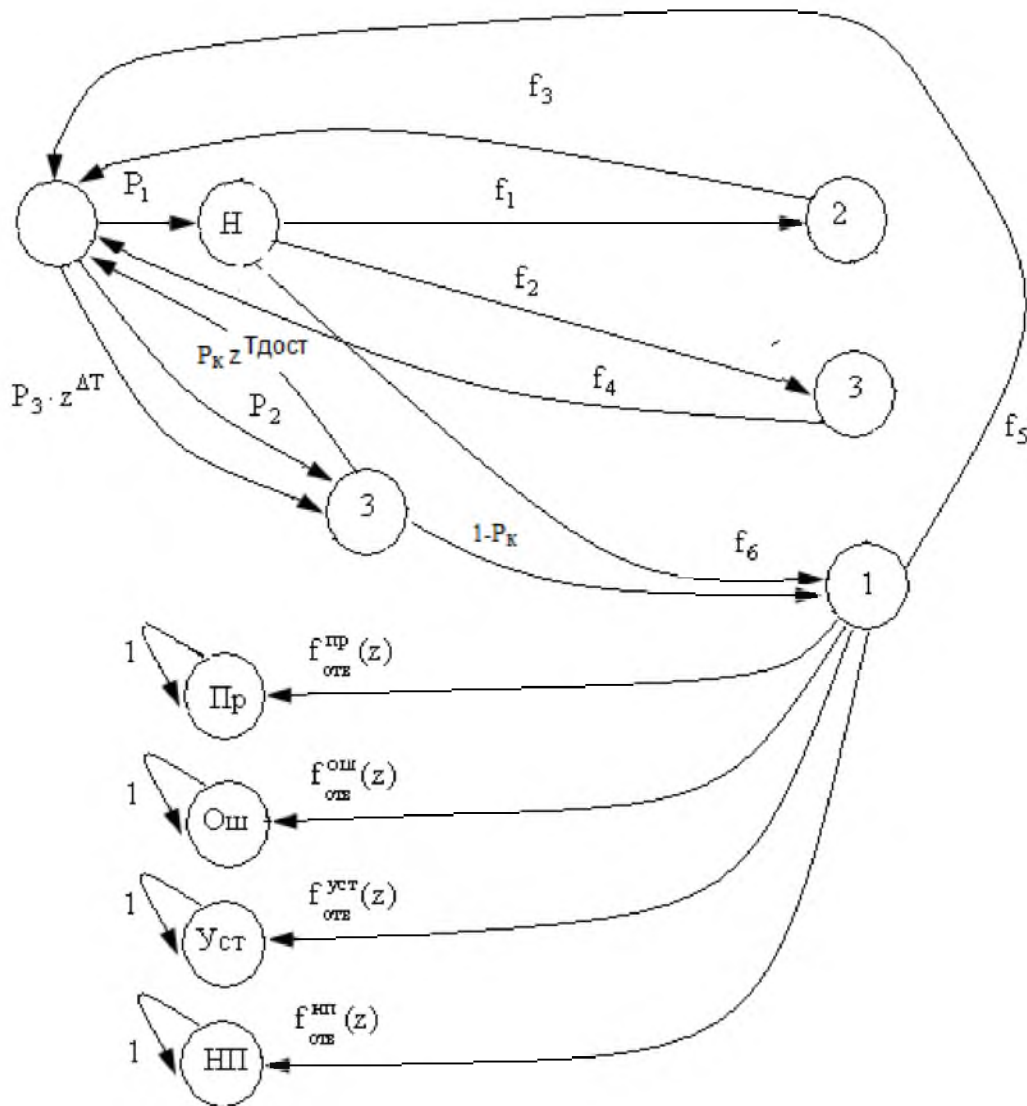


Рис. 2. Преобразованный ВВГ

Граф, изображенный на рис.2 путем эквивалентных преобразований приведен к виду, представленному на рис.3.

На рис.3 введены следующие обозначения:

$$f_{31} = f_6 \cdot f_{\text{отв}}^{\text{ип}}(z); f_{32} = f_6 \cdot f_{\text{отв}}^{\text{ош}}(z); f_{33} = f_6 \cdot f_{\text{отв}}^{\text{уст}}(z); f_{34} = f_6 \cdot f_{\text{отв}}^{\text{нп}}(z);$$

$$f_{35} = f_1 \cdot f_3 + f_6 \cdot f_5 + f_2 \cdot f_4; \tag{1}$$

$$f_{36} = (1 - P_k) \cdot (P_2 + P_3 \cdot z^{\Delta\Gamma_u}) \cdot f_{\text{отв}}^{\text{ип}}(z); f_{37} = (1 - P_k) \cdot (P_2 + P_3 \cdot z^{\Delta\Gamma_u}) \cdot f_{\text{отв}}^{\text{ош}}(z);$$

$$f_{38} = (1 - P_k) \cdot (P_2 + P_3 \cdot z^{\Delta\Gamma_u}) \cdot f_{\text{отв}}^{\text{уст}}(z); f_{39} = (1 - P_k) \cdot (P_2 + P_3 \cdot z^{\Delta\Gamma_u}) \cdot f_{\text{отв}}^{\text{нп}}(z).$$

Приведенный на рис.3 граф приведем к виду (рис.4).

Функции дуг этапа сбора информации определяются по формулам

$$f_1(z) = \left[ \frac{P_1 \cdot f_{31}}{1 - f_{35}} + \frac{f_{36}}{1 - f_{35} \cdot P_1} \right] \cdot \frac{1}{1 - (P_2 + P_3 \cdot z^{\Delta\Gamma}) \cdot z^{\Gamma_{\text{дост}}}};$$



$$f_2(z) = \left[ \frac{P_1 \cdot f_{32}}{1 - f_{35}} + \frac{f_{37}}{1 - f_{35} \cdot P_1} \right] \cdot \frac{1}{1 - (P_2 + P_3 \cdot z^{\Delta T}) \cdot z^{T_{дост}}}; \quad (2)$$

$$f_3(z) = \left[ \frac{P_1 \cdot f_{33}}{1 - f_{35}} + \frac{f_{38}}{1 - f_{35} \cdot P_1} \right] \cdot \frac{1}{1 - (P_2 + P_3 \cdot z^{\Delta T}) \cdot z^{T_{дост}}};$$

$$f_4(z) = \left[ \frac{P_1 \cdot f_{34}}{1 - f_{35}} + \frac{f_{39}}{1 - f_{35} \cdot P_1} \right] \cdot \frac{1}{1 - (P_2 + P_3 \cdot z^{\Delta T}) \cdot z^{T_{дост}}}.$$

Производящая функция этого графа имеет вид

$$F(z) = f_1(z) + f_2(z) + f_3(z) + f_4(z). \quad (3)$$

Среднее время сбора информации о состоянии сети равно

$$T_{ср\text{сб}} = \left. \frac{dF(z)}{dz} \right|_{z=1}. \quad (4)$$

Вероятность правильного сбора, сбора с ошибкой, устаревшей и неполной информацией соответственно равны

$$P_{собр} = f_1(z)|_{z=1}; P_{собр\text{ш}} = f_2(z)|_{z=1};$$

$$P_{собр\text{уст}} = f_3(z)|_{z=1}; P_{собр\text{нп}} = f_4(z)|_{z=1}.$$

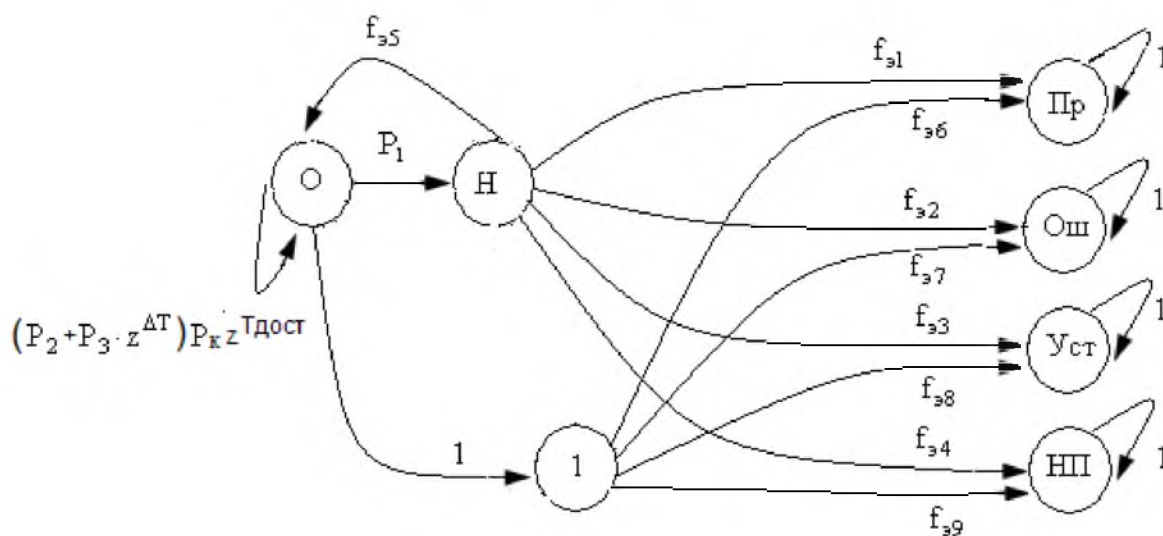


Рис. 3. Промежуточный ВВГ

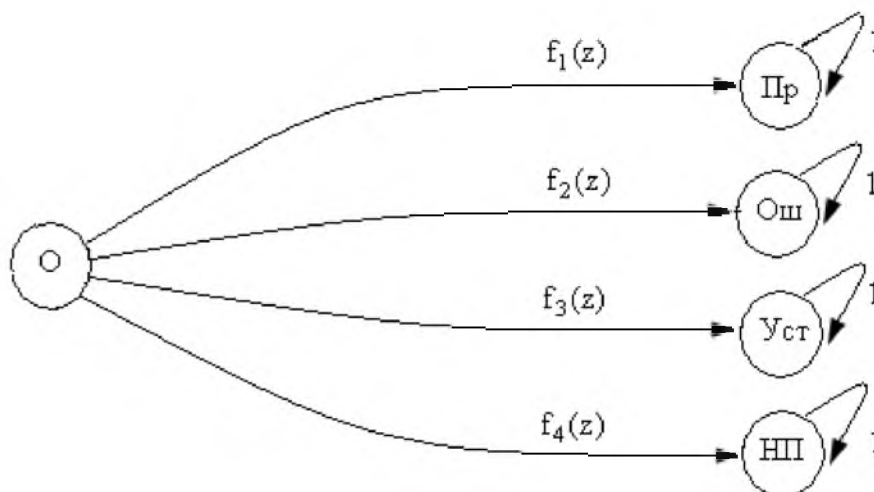


Рис. 4. Преобразованный ВВГ



Выражения (2-4) и входящие в них данные представляют модель технологии сбора информации о состоянии сети при решении задач управления. В этой модели в зависимости от значений  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_3$ , которые могут быть равны 1 или 0, реализованы методы сбора информации по запросу, по изменению состояния элементов или периодически.

## 2. Сравнительный анализ вариантов информационного обеспечения

Для проведения сравнительного анализа вариантов информационного обеспечения по полученным выше соотношениям построены графики зависимости относительного среднего времени сбора информации от состояния канала связи (вероятности искажения одного бита), вероятности свободности абонентов и вероятности возможного конфликта.

Используя разработанную модель и полученные математические соотношения можно обоснованно проводить выбор варианта информационного обеспечения.

На рис.5 и рис.6 изображены зависимости относительного времени сбора информации от вероятности ошибок в канале для трех вариантов информационного обеспечения, построенные по выражениям (2-4) соответственно вероятности свободности абонента  $P_{св} = 0.8$  и  $P_{св} = 1$ .

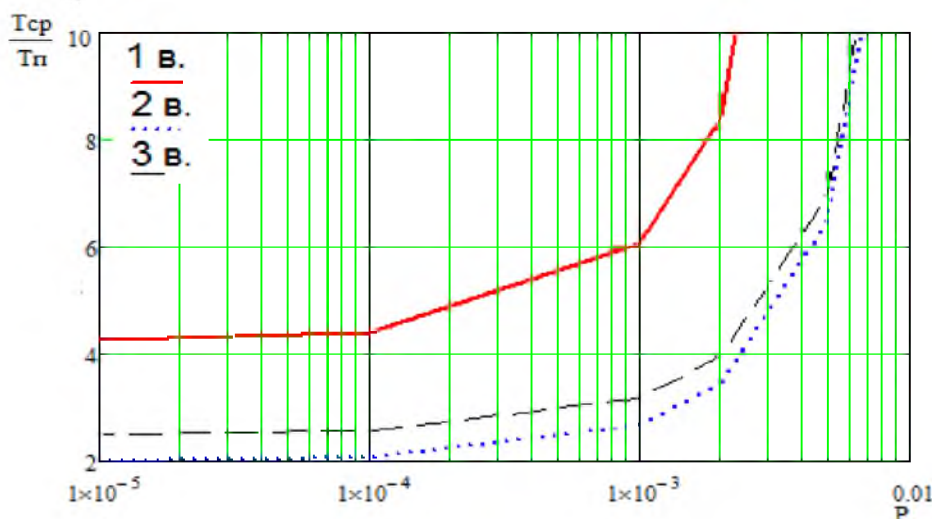


Рис. 5. Зависимость  $\frac{T_{cp}}{T_n} = f(p)$  при  $P_{св} = 0.8$ .

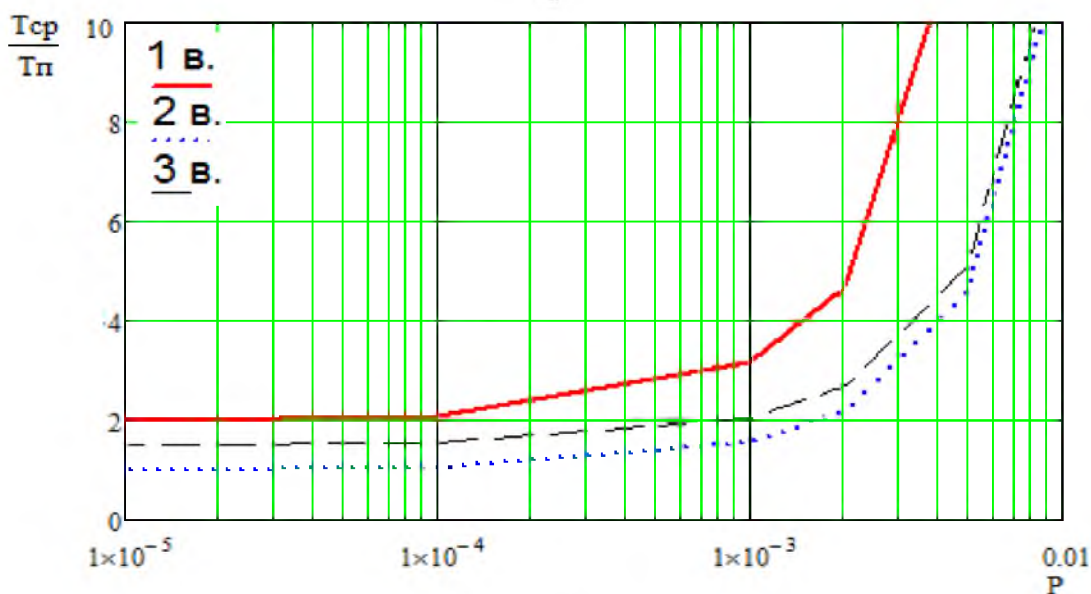


Рис. 6. Зависимость  $\frac{T_{cp}}{T_n} = f(p)$  при  $P_{св} = 1$ .



Из этих графиков видно, что время сбора информации существенно возрастает при вероятности  $p > 10^{-4}$  при использовании любого из анализируемых вариантов. Время сбора информации по запросу более чем в два раза превышает аналогичную характеристику при использовании других вариантов. Существенное влияние на время сбора оказывает вероятность свободности абонента (рис.7). Так при  $P_{св} = 0.8$  и  $p = 10^{-3}$  время сбора информации для 2-ого и 3-ого практически сравнивается с такой же характеристикой при использовании 1-ого варианта при  $P_{св} = 1$  (рис.5, 6).

Аналогичная зависимость времени сбора информации от вероятности опознавания служебных пакетов ( $P_{оп}$ ).

Поскольку в сети служебных пакетов много необходимо предусмотреть меры по их различению и опознаванию с вероятностью не хуже 0.9.

На время сбора существенное влияние оказывает вероятность возникновения конфликта при сборе информации ( $P_{к}$ ), которая зависит от нагрузки сети. Как видно из рис.8 при  $P_{к} > 0.1$  время информационного обеспечения для 2-ого и 3-ого вариантов начинает быстро возрастать и превосходит такие же характеристики 1-ого варианта (рис.8).

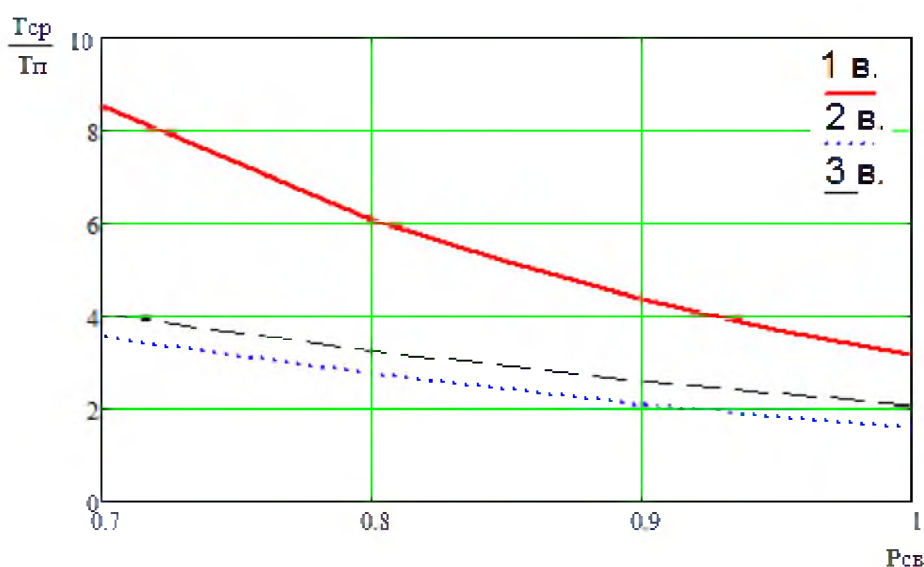


Рис.7. Зависимость  $\frac{T_{ср}}{T_{п}} = f(P_{св})$  при  $p = 10^{-3}$ .

При выборе метода информационного обеспечения следует учитывать не только время сбора информации, но и расходуемые при этом ресурсы сети. Ресурсы сети расходуются только во время информационного обмена между управляющим и управляемыми центрами. При использовании первого варианта сбора данных необходимость обмена информацией возникает по инициативе управляющего центра, а для второго варианта – по инициативе управляемых центров. Третий вариант предполагает периодическую передачу обновляемых данных. Поскольку вероятность необходимости вносить коррективы в процессе управления сетью в обычных условиях эксплуатации не очень большая, следует полагать, что расходуемые ресурсы сети при сборе информации о ее состоянии для третьего варианта будут больше, чем для первого и второго вариантов.

При использовании второго варианта информационного обеспечения время сбора информации, а следовательно, и расходуемые ресурсы сети, несколько меньше, чем у первого. Однако необходимость использования первого варианта определяется управляющим



центром. Поэтому для информационного обеспечения необходимо предусмотреть возможность сбора информации как по запросу, так и при изменении состояния элементов сети.

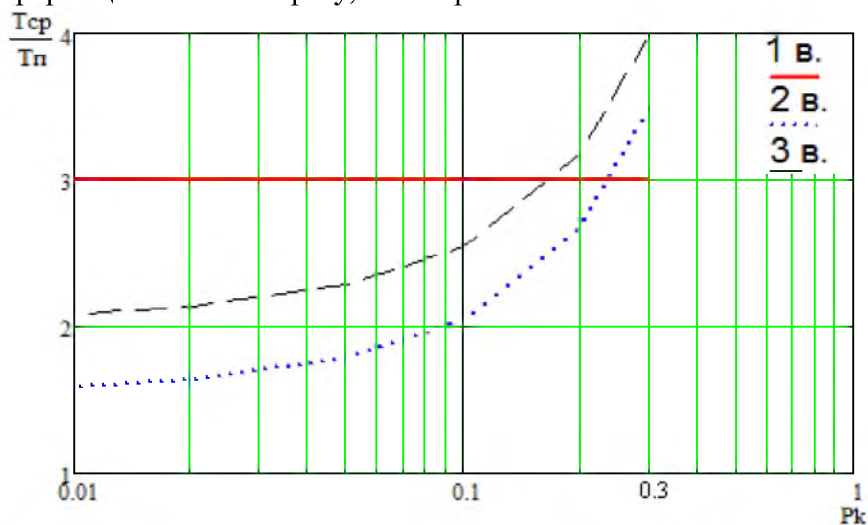


Рис. 8. Зависимость  $\frac{T_{\text{ср}}}{T_{\text{п}}} = f(P_k)$  при  $p = 10^{-3}$ .

### Выводы

1. В статье описана математическая модель технологии информационного обеспечения решения задач управления компьютерной сети. Предложенная модель позволяет учитывать особенности последовательного или параллельного управления объектами, информационного обеспечения процесса управления, контроля результатов этого управления и устранение замеченных ошибок.

2. Показано, что в процессе управления необходимо обеспечить минимальное время доставки и максимальную вероятность доставки за заданное время, максимальное значение коэффициента использования ресурсов сети.

3. Проведен сравнительный анализ вариантов информационного обеспечения. Для проведения сравнительного анализа вариантов информационного обеспечения по полученным соотношениям построены графики зависимости относительного среднего времени сбора информации от состояния канала связи (вероятности искажения одного бита), вероятности свободности абонентов и вероятности возможного конфликта.

Из этих графиков видно, что время сбора информации существенно возрастает при вероятности  $p > 10^{-4}$  при использовании любого из анализируемых вариантов. Время сбора информации по запросу более чем в два раза превышает аналогичную характеристику при использовании других вариантов. Существенное влияние на время сбора оказывает вероятность свободности абонента, вероятность опознавания служебных пакетов, вероятность возникновения конфликта при сборе информации.

Из анализа приведенных графиков был сделан вывод о необходимости предусмотреть меры по их различению и опознаванию служебных сообщений с вероятностью не хуже 0.9.

Было показано, что при выборе метода информационного обеспечения следует учитывать не только время сбора информации, но и расходуемые при этом ресурсы сети.

### Список литературы

1. Польщикова К.А. Методы динамического управления в цифровой сети интегрального обслуживания на основе применения интеллектуальных многоагентных систем: Дис. ... канд. техн. наук. – Харьков: ХВУ, 2003. 202 с.
2. Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2003. 864 с.
3. Таненбаум Э. Компьютерные сети. – СПб.: Питер, 2002. 848 с.





4. Гребешков А. Ю. Стандарты и технологии управления сетями связи. – М.: Эко-Трендз, 2003. 288 с.

5. Дымарский Я. С., Крутякова Н. П., Яновский Г. Г. Управление сетями связи: принципы, протоколы, прикладные задачи. – Серия изданий «Связь и бизнес». – М.: ИТЦ «Мобильные коммуникации», 2003. 384 с.

## **ALL-RUSSIAN TENDENCY OF MUNICIPAL FORMATIONS ENLARGEMENT IN THE TERMS OF LOCAL SELF-GOVERNMENT REFORMATION**

**U.I. LOSEV**  
**S.I. SHMATKOV**  
**K.M. RUKKAS**  
**MOHAMMED CALAME**  
**ABRAHIM ARABIAT**

*V.N.Karazina Kharkov  
National University*

*e-mail:  
krukkas@gmail.com*

In this paper, a mathematical model of the process information gathering about the state of the network. In developing this model, the mathematical apparatus used probability-time graphs. A comparative analysis of options with information. For a comparative analysis of options for information support on the relationship obtained was plotted relative average time gathering information on the state of the communication channel, the probability of free extensions and the probability of a potential conflict. From the analysis of the graphs, it was concluded on the need to provide measures for their discernment and recognition of service messages. It has been shown that the choice of method of information gathering should take into account not only the time of data collection, but also spent providing resources of the network.

Key words: Mathematical model, information support, computer networks control, probability-time graphs, information gathering.