

УДК 004.67; 001.891.57

# Метод моделирования процессов обработки информации для построения рациональной телекоммуникационной системы

**МЕЛЬНИК Ю.В.,**  
д. т. н., заведующий кафедрой  
телекоммуникационных технологий

**ПАРХОМЕНКО В.Л.,**  
к. т. н., доцент кафедры  
мобильных и видеоинформационных технологий

**ПАРХОМЕНКО В.В.,**  
соискатель кафедры телекоммуникационных технологий

Государственный университет телекоммуникаций (Киев, Украина)

**ПОЛОВЕНЯ С.И.,**  
заведующий кафедрой ТКС

УО «Белорусская государственная академия связи»

В статье предложены общая постановка задачи формализованного выбора комплекса технических средств систем обработки информации и метод решения указанной задачи математического программирования, что позволяет построить рациональную телекоммуникационную систему (ТС) путем выделения и формирования в структуре сети телекоммуникации и управления сетью телекоммуникации множества систем обработки информации (СОИ) и дальнейшего моделирования в ее подсистемах, фазах процессов обработки информации.

**Введение.** Достижения современного уровня развития общества и государства невозможны без использования вычислительных систем, систем транспортировки информации, ТС, сетей телекоммуникации и управления сетями связи. Широкое внедрение ТС обуславливается наличием финансовых, человеческих и

программно-технических ресурсов. Наличие указанных ресурсов в общественных, производственных и государственных образованиях ограничено. Поэтому поиск рациональных составляющих ТС в целом является актуальной задачей новых разработок и исследований, что позволяет достичь заданного уровня качества обработки

информации с минимальными затратами на создание и эксплуатацию путем перераспределения значений их параметров, сделать целенаправленным, организованным процесс построения рациональной ТС.

Целью управления телекоммуникациями вообще и автоматизации управления в частности является обеспечение оптимального функционирования сетей телекоммуникаций в соответствии с их назначением, при котором телекоммуникации выполняют необходимые задачи при минимуме материальных, финансовых, физических, интеллектуальных затрат.

Задачей управления телекоммуникациями является обеспечение длительной и качественной работы средств и сетей телекоммуникаций в процессе их постоянного совершенствования и развития в условиях различных переменных воздействий [1].

Концептуально сеть управления телекоммуникациями (TMN) является отдельной сетью, соединяется с сетью телекоммуникаций в отдельных точках для обмена информацией с целью управления сетью телекоммуникаций. Для своих целей они могут использовать части сети телекоммуникаций.

В соответствии с рекомендациями ИТУ (Международного союза электросвязи) сеть управления телекоммуникациями предназначена для выполнения задач управления сетями телекоммуникаций и службами операторов телекоммуникаций при планировании сетей, оказании услуг, построении и введении в эксплуатацию новых систем и услуг, техническом обслуживании и административном управлении.

На уровне управления всеми сетевыми ресурсами осуществляется учет, контроль и анализ функционирования каждого сетевого элемента или некоторых групп в их взаимосвязи, а также их техническое обслуживание.

Для взаимодействия распределенных компонентов управления в единой системе, а также для реализации ими функций управления необходима сеть, по которой передается информация управления.

**Изложение основного материала исследования.** ТС (сеть телекоммуникации и управления сетью телекоммуникации) является сложным объектом, в котором пользователь реализует функции генерирования и потребления информации [2].

Учитывая изложенное, процесс построения рациональной ТС можно реализовать на этапах:

- проектирования и внедрения сети телекоммуникации и управления сетью телекоммуникации с использованием современных методов моделирования процессов обработки информации для поиска рациональных решений;

- функционирования сети телекоммуникации и управления сетью телекоммуникации, основываясь на концептуальных положениях стандартов создания управления сетью телекоммуникации.

Каждый пользователь сети телекоммуникации и управления сетью телекоммуникации может генерировать информацию (функция источника информации) и потреблять информацию различных источников. Информация нужна потребителю для решения задачи по снятию его неопределенности о состоянии, в котором находится соответствующий источник информации.

Процесс обработки заданного объема информации в ТС можно представить в виде последовательно соединенных функциональных преобразователей (ФП). Под ФП понимаем устройство регистрации, предварительной обработки информации, аппаратуры передачи данных, устройства коммутации, устройства ввода в ЭВМ, обработки информации в ЭВМ. В целом указанную цепь последовательно соединенных подсистем функциональных преобразователей (ФП) определим как систему обработки информации (СОИ).

Используя метод суперпозиции из указанных цепей последовательно соединенных функциональных преобразователей (ФП) можно получить общую структуру ТС. Затраты на создание и эксплуатацию рациональной ТС за год ( $\min S_{ТС}$ ) и затраты на создание и эксплуатацию рациональной системы СОИ за год ( $\min S_{СОИ}$ ) находятся в соотношении

$$\min S_{ТС} = \min \sum_{i=1}^K S_{СОИ,i} \leq \min S_{СОИ,1} + \min S_{СОИ,2} + \dots + \min S_{СОИ,K}$$

где  $K$  – количество СОИ в структуре ТС.

Предложенный подход позволяет сформировать целенаправленный процесс проектирования рациональной ТС.

Срок внедрения ТС и степень ее эффективности в значительной степени зависят от метода выбора комплекса технических средств (КТС) для систем обработки информации (СОИ). Выбор КТС для СОИ определяет:

- значения показателей достоверности, надежности и оперативности обработки информации в ее подсистемах;

- график работы системы в целом, состоящий из графиков работы источников и потребителей объемов информации.

В связи с большой размерностью и многофакторностью задач по выбору КТС для СОИ разработка систем в наше время производится путем их разделения на подсистемы. При этом созданием каждой подсистемы занимаются разные, часто организационно не связанные коллективы разработчиков.

Каждый из них, указывая на важность создаваемой подсистемы в процессе обработки информации, стремится создать ее с максимальными параметрами достоверности, надежности и оперативности обработки информации, тратя на это имеющиеся ресурсы, что влечет значительные затраты на реализацию и эксплуатацию системы.

Однако процесс обработки заданного объема информации в СОИ можно представить в виде последовательно соединенных функциональных преобразователей (ФП). ЭВМ, выполняющей решение конкретной задачи, безразлично, возникли ошибки при сборе информации или при ее передаче. Таким образом, повышение достоверности обработки информации в подсистеме ее передачи не всегда эффективно для системы в целом, т. к. в ней имеется ФП с низкой достоверностью – устройство сбора и обработки информации совместно с пользователем, который и определяет общую достоверность обработки информации в системе [3]. К аналогичному выводу можно прийти, рассматривая вопросы обеспечения оперативности и надежности обработки информации в СОИ.

Решение каждой из этих задач имеет большую практическую ценность для ТС. Так, например, восстановление утраченной единицы информации при современных методах построения системы требует в 400–500 раз больше затрат труда, чем первичная подготовка к вводу этой же единицы информации; стоимость исправления ошибки на всех стадиях обработки информации в 100–200 раз превышает стоимость обработки безошибочной информации.

Поэтому решение задачи разработки СОИ с минимальными затратами на ее реализацию и эксплуатацию требует системного подхода при определении параметров достоверности, надежности, оперативности обработки информации в каждой из ее подсистем [4].

Несистемный подход к решению задачи выбора КТС для СОИ не позволяет корректно построить график работы системы в целом, кроме того, известные руководящие технические материалы по построению систем вообще не содержат методик определения графика работы СОИ.

Однако необходимость упорядочения работы системы приводит к эмпирическому поиску графиков, влечет значительные временные и материальные затраты.

Графики работы системы приобретают особую важность на этапе внедрения ТС, когда возникает необходимость коррекции работы системы в связи с влиянием неучтенных возмущающих воздействий. При их помощи проводится поиск резервов как временных, так и структурных для устранения причин, вызывающих нестабильность в работе системы. Для определения степени неустойчивой работы необходима зависимость, позволяющая оценить влияние надежности и других параметров технических средств на своевременность доставки объема информации потребителю. В дальнейшем на этапе эксплуатации системы графики работы системы и указанные зависимости составляют основу специальных программ для ежедневной коррекции работы системы.

Рациональное перераспределение в СОИ параметров достоверности ( $D$ ), оперативности ( $c$ ) и надежности ( $\lambda$ ) обработки информации, определение графика работы системы образуют некоторую общность связанных задач, решение которых должно быть достигнуто на основе общесистемных требований.

В настоящее время утвердилось мнение, что формализация постановки задачи выбора КТС СОИ, описания процессов обработки информации подсистемами и ФП СОИ позволит успешно решить существующие проблемы, используя известные методы математического программирования и современные средства вычислительной техники [5]. Этим продиктована необходимость дальнейшего исследования и разработки методов формализованной постановки задач построения и моделирования процессов обработки информации СОИ.

Разработка и исследование метода формализованного выбора КТС СОИ с учетом результатов моделирования процессов обработки информации подсистемами и ФП СОИ позволят построить рациональную систему путем перераспределения между ее элементами параметров достоверности, оперативности и надежности обработки информации с учетом общесистемных требований, определить график работы системы, ускорить процесс выбора КТС и увеличить его эффективность на этапах проектирования, внедрения и эксплуатации.

С целью успешного решения поставленной задачи возникает необходимость четкого определения взаимосвязей изложенных вопросов.

Понятно, что эта взаимосвязь и определяет методику решения задачи выбора КТС СОИ.

Задача построения рациональной СОИ может быть представлена как следующая задача математического программирования:

минимизировать функцию  $S = S(\vec{c}, \vec{D}^0, \vec{\lambda}) + S(\omega)$  (1) как функцию непрерывных переменных скорости ( $c_i$ ), достоверности ( $D_i$ ), надежности ( $\lambda_i$ ) и дискретной переменной  $\omega$ , обеспечивая при этом выполнение ограничений:  $c_i \geq 0, D_i^0 \geq 0,$

$\lambda_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, N, \quad \omega \in \Omega,$

$$\tilde{t}_{обр}^j + T^j(\omega) \leq T_{доп}^j, \quad j = 1, 2, \dots, J \quad (2)$$

$$P(t_{обр}^j + T^j(\omega) \leq T_{доп}^j) \geq 1 - \epsilon_j, \quad j = 1, 2, \dots, J, \quad (3)$$

$$\prod_{j=1}^N D_i(D_i^0, \Delta n, \omega) \geq D_{доп}^j, \quad i = 1, 2, \dots, N, j = 1, 2, \dots, J, \quad (4)$$

где  $S(\vec{c}, \vec{D}^0, \vec{\lambda})$  – критерий эффективности СОИ; зависит от надежности ( $\vec{\lambda}$ ) функционирования устройств, скорости ( $\vec{c}$ ) и достоверности ( $\vec{D}^0$ ) обработки информации, количества работающих устройств ( $m$ ) и устройств, которые находятся в резерве ( $r$ );

$\omega$  – параметр, определяющий места введения и реализации информационной избыточности;  $S_{(\omega)}$  – критерий эффективности ввода и реализации информационной избыточности;  $T_{(\omega)}^j$  – время на ввод и реализацию информационной избыточности для  $j$ -го объема информации СОИ;

$\tilde{t}_{обр}^j$  – время на обработку  $j$ -го объема информации СОИ;

$t_{обр}^j$  – время на обработку  $j$ -го объема информации СОИ и на восстановление отказавших устройств при его обработке;

$T_{доп}^j$  – допустимое время обработки  $j$ -го объема информации СОИ;

$D^0$  – достоверность обработки данных ФП при работе без информационной избыточности;

$D_i(D_i^0, \Delta n, \omega)$  – достоверность обработки информации  $i$ -м ФП с учетом введенной информационной избыточности ( $\Delta n$ ), места ее введения и реализации ( $\omega$ );

$D_{доп}^j$  – допустимая достоверность обработки  $j$ -го объема информации СОИ;

$\lambda_i$  – интенсивность аварийных отказов  $i$ -го ФП;

$1 - \epsilon_j$  – показатель потерь производства от несвоевременной доставки  $j$ -го объема информации до потребителя, задается заказчиком системы;

$P(\cdot)$  – вероятность того, что  $j$ -й объем информации будет доставлен потребителю за  $T_{доп}^j$  ;

$N$  – количество устройств ФП, которые обрабатывают  $j$ -й объем информации.

Исходными данными для решения задачи являются:

- структура ТС – сети телекоммуникации и управления сетью телекоммуникации;

- структура СОИ – составляющей множество структур СОИ, полученных в результате детализации ТС;

- график генерирования объемов информации источником информации заданной СОИ;

- график потребностей в объемах информации потребителя информации заданной СОИ;

- требования заказчика СОИ –  $\epsilon_j, T_{доп}^j, D_{доп}^j$ ;

- эксплуатационно-технические характеристики КТС ( $c, D, \lambda$ ).

Метод решения общей задачи построения рациональной ТС формулируется следующим образом:

- построить рациональную по стоимости ТС сбора и передачи данных между некоторым множеством пользователей – абонентских пунктов (АП), каждый из которых может быть или источником, или потребителем информации, или тем и другим;

- система предназначена для обработки всех графиков объемов информации, циркулирующих между объектами АП;

- спроектированная система должна обрабатывать заданные графики объемов информации в сроки, указанные конкретным потребителем информации, за счет резерва времени и устройств, которые есть в наличии.

Принятая система обслуживания устройств, которые отказали с интенсивностью  $\lambda$ , характеризуется интенсивностью восстановления  $\mu$  устройств и разной стоимостью их ремонта.

Для решения поставленной задачи предлагается алгоритм, который позволяет

минимизировать стоимость ТС, удовлетворив вышеупомянутые ограничения по времени и достоверности обработки информации.

Предлагаемый алгоритм заключается в расщеплении общей иерархической системы на подсистемы линейного радиального типа. Расщепление проводим в АП с наименьшим количеством информационных связей. При этом указанному мероприятию предшествует выделение в АП функциональных преобразователей, которые обрабатывают информацию для различных линейных радиальных систем. Подсчитав баланс времени и расходы для выделенной системы по изложенной методике, определим необходимые графики поступления и потребления объемов данных для каждой линейной радиальной системы, включающие данный АП.

Таким образом, приходим к полному расщеплению иерархической системы на линейные радиальные. Для каждой линейной радиальной системы решаем оптимизационные задачи выбора КТС по методике, изложенной ранее. В результате для указанных подсистем будет определен рациональный набор технических средств. Объединив рассчитанные системы, определим затраты на иерархическую систему и ее параметры.

В дальнейшем можно провести коррекцию конечных результатов решения задачи, определив новые графики поступления и потребления объемов данных после ФП, входящих в различные

радиальные системы. Таким образом, процесс решения задачи итерационный.

В результате решения задачи для всей системы определим рациональные графики работы каждого АП, соответствующие системе с минимальными затратами.

**Выводы.** Метод позволит спроектировать СОИ с заданными параметрами качества обработки информации, минимальными затратами на ее создание и эксплуатацию. Суперпозиция СОИ определенного множества позволит в целом построить ТС с минимальными затратами на создание и эксплуатацию. Для формирования исходных данных поставленной задачи необходимо провести теоретические и экспериментальные исследования, основными из которых являются: разработка и исследование критерия сравнения конкурентоспособных СОИ; изучение факторов, влияющих на оперативность обработки информации и определения зависимости, позволяющей оценить своевременность доставки информации потребителю; исследование влияния информационной избыточности на ограничения по оперативности обработки информации; разработка моделей, позволяющих имитировать процесс прохождения объемов информации через подсистемы, фазы обработки СОИ; постановка задачи формализованного выбора КТС для конкретной СОИ и определение методов ее решения; предварительное исследование ограничений на оперативность обработки информации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мельник, Ю.В. Моделі керування мережевими елементами у відповідності до ідеології TMN. // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2018. – № 1 (58). – С. 66–72.
2. Мельник, Ю.В. Математическая модель распределения информационных потоков / Мельник Ю.В., Козелков С.В., Бондарчук А.П., Сторчак К.П., Половения С.И. // Проблемы инфокоммуникаций. – 2018. – № 1(7). – С. 13–22.
3. Мельник, Ю.В. Людина-оператор в структурі управління TMN мережі / Мельник Ю.В., Гаврилко Є.В. // Зв'язок. – 2017. – № 6 (130). – С. 6–11.
4. Стеклов, В.К., Беркман, Л.Н. Оптимізація та моделювання пристроїв і систем зв'язку: Підруч. для вищ. навч. закл. – К.: Техніка, 2004. – 576 с.
5. Стеклов, В.К., Беркман, Л.Н. Проектування телекомунікаційних мереж: Підруч. для студентів вищ. навч. закл. за напрямом «Телекомунікації». – К.: Техніка, 2002. – 792 с.

*A general formulation of the task of a formalized choice of a complex of technical means of information processing systems and a method for solving this mathematical programming problem are proposed, which allows building a rational telecommunication system by selecting and forming a set of information processing systems in the structure of a telecommunication network and telecommunications network management and subsequent modeling in its subsystems information processing processes. The method will allow to design an information processing system with specified parameters of information processing quality, minimal expenses for its creation and operation.*