

УДК 658.5.012.7

Мельник Ю.В., д.т.н.; Пархоменко В.Л., к.т.н.; Пархоменко В.В.

## ФОРМАЛІЗОВАНА ЗАДАЧА ПОБУДОВИ РАЦІОНАЛЬНОЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

**Melnyk Yu.V., Parkhomenko V.L., Parkhomenko V.V. Formalized task of constructing a rational telecommunication system.**

The article proposes the problem of the formalized choice of a complex of technical means (CTM) of a telecommunication system (TS), which differs from the well-known ones as follows: the system-wide approach in redistribution of parameters of reliability, efficiency and reliability of information processing in the system; the formalization of the process of choosing CTM for TS, which will allow using known methods of solving the problem of mathematical programming, perform systems design using modern computer facilities, which will significantly accelerate the process and increase the accuracy of the solution of these problem; the development of methods for the formalized definition of the schedule of the system.

**Keywords:** telecommunication system, complex of technical means, parameters, reliability, efficiency, reliability of information processing, complex system

**Мельник Ю.В., Пархоменко В.Л., Пархоменко В.В. Формалізована задача побудови раціональної телекомунікаційної системи.**

В статті запропонована постановка задачі формалізованого вибору комплексу технічних засобів (КТЗ) телекомунікаційної системи (ТС), яка відрізняється від відомих наступним: загальносистемним підходом при перерозподілі параметрів достовірності, оперативності і надійності обробки інформації в системі; формалізацією процесу вибору КТЗ для ТС, що дозволить скористатися відомими методами вирішення задачі математичного програмування, виконувати проектування систем із застосуванням сучасних засобів обчислювальної техніки, що значно прискорить процес і збільшить точність вирішення зазначеної задачі; розробкою методів формалізованого визначення графіка роботи системи.

**Ключові слова:** телекомунікаційна система, комплекс технічних засобів, параметри, достовірність, оперативність, надійність обробки інформації, складна система

**Мельник Ю.В., Пархоменко В.Л., Пархоменко В.В. Формализованная задача построения рациональной телекоммуникационной системы.**

В статье предложена постановка задачи формализованного выбора комплекса технических средств (КТС) телекоммуникационной системы (ТС), которая отличается от известных следующим: общесистемным подходом при перераспределении параметров достоверности, оперативности и надежности обработки информации в системе; формализацией процесса выбора КТС для ТС, что позволит воспользоваться известными методами решения задачи математического программирования, выполнять проектирование систем с применением современных средств вычислительной техники, что значительно ускорит процесс и увеличит точность решения указанной задачи; разработкой методов формализованного определения графика работы системы.

**Ключевые слова:** телекоммуникационная система, комплекс технических средств, параметры, достоверность, оперативность, надежность обработки информации, сложная система

### Вступ

Процес пошуку раціональної телекомунікаційної системи реалізується на етапах: проектування та впровадження мережі телекомунікації та управління мережею телекомунікації із використанням сучасних методів моделювання процесів обробки інформації для пошуку раціональних рішень; функціонування мережі телекомунікації та управління мережею телекомунікації базуючись на концептуальних положеннях стандартів створення управління мережею телекомунікації [1]. Кожен користувач телекомунікаційної системи (ТС) - мережі телекомунікації та управління мережею телекомунікації може генерувати інформацію (функція джерела інформації) і споживати інформацію різних джерел. Інформація потрібна користувачу (споживачу) для вирішення задачі щодо зняття його невизначеності про стан в якому знаходиться відповідне джерело інформації.

Відома обмежена кількість робіт, в яких зроблена спроба формалізувати процес розрахунків із задачі вибору КТЗ ТС [2]. Це пов'язано з труднощами, які зустрічають при математичному описі інформаційних моделей. До них можна віднести:

- прийнятний опис джерела інформації та процесу використання (споживання) даних користувачем;
- вибір цільової функції оптимізації;
- визначення обмежень на параметри якості системи;
- опис процесу визначення доцільних місць введення, реалізації інформаційної надмірності;
- визначення математичних методів рішення задачі.

Результати аналізу відомих методів синтезу ТС визначили необхідність подальших науково-технічних робіт щодо розробки і дослідження методу формалізованого вибору КТЗ ТС, що дозволяє побудувати раціональну систему шляхом перерозподілу між її елементами параметрів достовірності, оперативності і надійності обробки інформації з урахуванням загальносистемних вимог та результатів моделювання процесів обробки інформації, визначити графік роботи системи, прискорити процес вибору КТЗ і збільшити його ефективність.

Вихідними даними науково-технічних робіт є параметри структури ТС, технологічні варіанти обробки інформації та системи обслуговування, яка характеризується часом і вартістю обслуговування пристроїв, що відмовили.

### Викладення основного матеріалу дослідження

Потік інформації в ТС, що надходить з певного джерела інформації непросто виразити у вигляді найпростішого - пуассоновського.

Ще більші труднощі виникають при оцінці похибки розрахунку у зв'язку з такою апроксимацією вихідних даних. Але одночасно замовник системи в змозі представити інформаційний зв'язок джерела і споживача інформації графіком надходження і споживання об'ємів даних (НСО) (рис. 1), на одній осі якого відкладали величини об'ємів інформації

$V^j$ , де  $j = 1, 2, 3, \dots, J$ , що поступили в ТС, а на іншій - час їх надходження  $\theta^j$ , де  $j = 1, 2, 3, \dots, J$  і необхідний час доставки споживачу  $T^j$ , де  $j = 1, 2, 3, \dots, J$ .

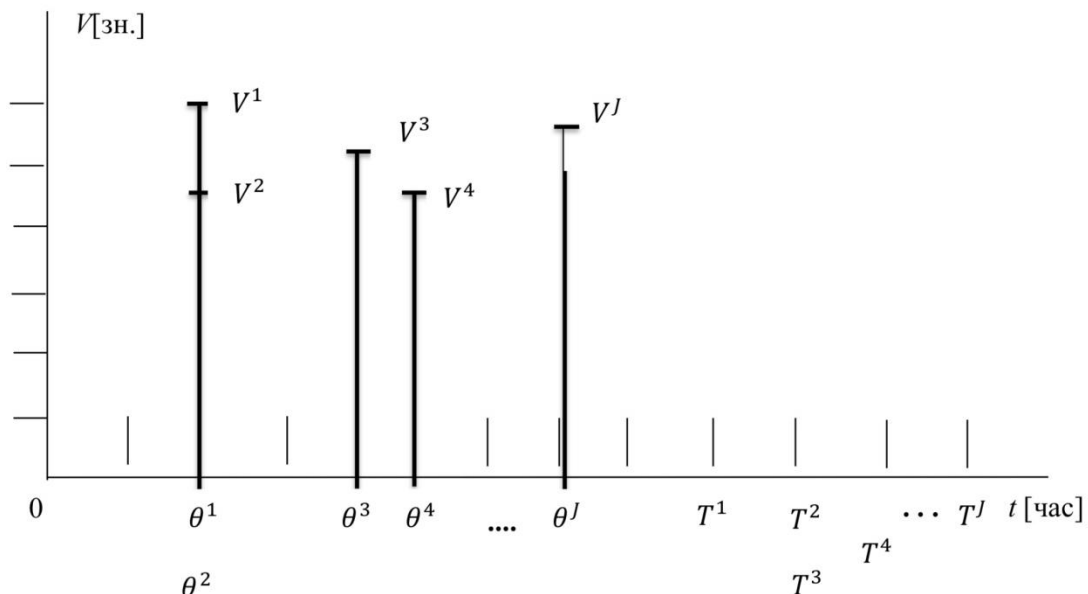


Рис. 1. Графік надходження і споживання об'ємів даних (НСО)

Складенню графіка передують ретельне дослідження інформаційних можливостей джерела. При цьому, статистичним шляхом визначається залежність ймовірності генерації джерелом об'єму інформації певної величини в заданий час  $P(\vartheta \leq V_{\text{зад}} | t = \theta_{\text{зад}})$ . Може бути складено безліч початкових графіків виходячи з нерівності:

$$P(\vartheta \leq V_{\text{зад}} | t = \theta_{\text{зад}}) * P(t_{\text{обр}} + T_{(\omega)} \leq T_{\text{доп}}) \geq 1 - \varepsilon, \tag{1}$$

де:  $t_{\text{обр}}$  – час обробки об’єму інформації  $V$ ;

$T_{(\omega)}$  – час на ведення та реалізацію надлишковості в дані для протидії спотворенням;

$T_{\text{доп}}$  – допустимий час обробки об’єму інформації ТС;

$1 - \varepsilon$  – показник втрат виробництва від несвоєчасної обробки об’єму інформації.

Тоді:

$$P(\vartheta \leq V_{\text{зад}} | t = \theta_{\text{зад}}) > 1 - \varepsilon$$

Таким чином, приведений опис джерела інформації дозволяє побудувати графік НСО і врахувати не тільки сталий, але і діалоговий режим в системі. Зрозуміло, що в цьому випадку виникає необхідність вирішувати задачу побудови раціональної ТС, приймаючи як вихідні дані вказаний графік.

Як відомо, процес перетворення об’єму інформації не залежить від структури системи і може бути представлений багатофазною, багатоканальною системою обробки інформації (COI) (рис. 2).

Рис. 2. Багатофазна, багатоканальна система обробки інформації (COI)

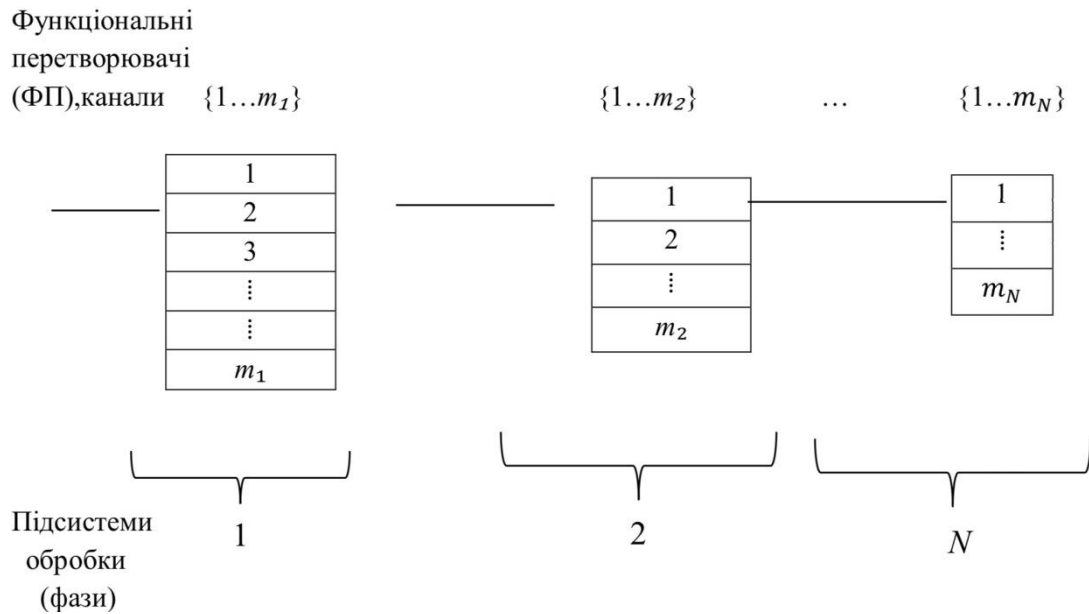


Рис. 2. Багатофазна, багатоканальна система обробки інформації (COI)

Формалізована задача побудови раціональної COI може бути представлена як наступна задача математичного програмування:

мінімізувати функцію:

$$S = S(\vec{c}, \vec{D}^0, \vec{\lambda}) + S(\omega), \tag{2}$$

як функцію непереривних змінних швидкості ( $c_i$ ), достовірності ( $D_i$ ), надійності ( $\lambda_i$ ) і дискретної змінної  $\omega$ , забезпечуючи при цьому виконання обмеження:

$$c_i \geq 0, \quad D_i^0 \geq 0, \quad \lambda_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, N, \quad \omega \in \Omega, \tag{3}$$

$$\tilde{t}_{\text{обр}}^j + T^j(\omega) \leq T_{\text{доп}}^j, \quad j = 1, 2, \dots, J \tag{4}$$

$$P(t_{\text{обр}}^j + T^j(\omega) \leq T_{\text{доп}}^j) \geq 1 - \varepsilon; \quad j = 1, 2, \dots, j \tag{5}$$

$$\prod_{i=1}^N D_i(D_i^0, \Delta n, \omega) \geq D_{\text{доп}}^j, \quad i = 1, 2, \dots, N, \quad j = 1, 2, \dots, J \quad (6)$$

де:  $S(\vec{c}, \vec{D}^0, \vec{\lambda})$  критерій ефективності COI; залежить від надійності ( $\vec{\lambda}$ ) функціонування пристроїв, швидкості ( $\vec{c}$ ) і достовірності ( $\vec{D}^0$ ) обробки інформації, кількості працюючих пристроїв ( $m$ ) і пристроїв, що знаходяться в резерві ( $r$ );

$\omega$  - параметр, що визначає місця введення і реалізації інформаційної надмірності;

$S_{(\omega)}$  - критерій ефективності введення і реалізації інформаційної надмірності;

$T_{(\omega)}^j$  - час на введення і реалізацію інформаційної надмірності;

$\tilde{t}_{\text{обр}}^j$  - час на обробку  $j$ -го об'єму інформації COI;

$t_{\text{обр}}^j$  - час на обробку  $j$ -го об'єму інформації COI і на відновлення пристроїв, що відмовили;

$T_{\text{доп}}^j$  - допустимий час обробки інформації в COI;

$D^0$  - достовірність обробки даних функціональним перетворювачем (ФП) при роботі без інформаційної надмірності;

$D_i(D_i^0, \Delta n, \omega)$  - достовірність обробки інформації  $i$ -им ФП з урахуванням введеної інформаційної надмірності ( $\Delta n$ ), її місця введення і реалізації ( $\omega$ );

$D_{\text{доп}}^j$  - допустима достовірність обробки інформації;

$\lambda_i$  - інтенсивність аварійних відмов  $i$ -ого ФП;

$1 - \varepsilon_j$  - показник втрат виробництва від несвоєчасної доставки  $j$ -го об'єму інформації до споживача, задається замовником системи;

$P(\cdot)$  - ймовірність того, що інформація буде доставлена до споживача за  $T_{\text{доп}}^j$ ;

$N$  - кількість функціональних перетворювачів, що обробляють інформацію.

Вихідними даними для задачі є:

- інформаційна характеристика джерела даних;

- вимоги замовника COI -  $\varepsilon_j; T_{\text{доп}}^j; D_{\text{доп}}^j$ ;

- експлуатаційно-технічні характеристики застосування КТЗ ( $c, D, \lambda$ ).

Для перевірки виконання обмеження на оперативність обробки інформації проводимо моделювання процесу проходження заданого графіка об'ємів інформації через вказану систему.

На практиці, в системах COI є „вузькі місця” на достовірність обробки інформації. До них можна віднести користувача (оператора), що здійснює збір і первинну обробку інформації. З метою підвищення достовірності оброблюваної інформації, в систему необхідно ввести інформаційну і структурну надмірність. При цьому зі всієї сукупності методів і місць введення надмірності необхідно вибрати метод і місце, які відповідають мінімуму критерію ефективності системи. Плануючи систему необхідно врахувати, що вводячи інформаційну надмірність з метою підвищення достовірності інформації, зменшуємо швидкість обробки інформації і погіршуємо надійність системи.

Тому, залежність (5) повинна враховувати цей взаємозв'язок, як погіршення надійності системи і її оперативність, пов'язані із втратами у виробництві. З метою визначення впливу методу обслуговування пристроїв, що відмовили, на оперативність обробки інформації розглянемо наступні системи:

- система з резервом часу на ремонт пристроїв, що відмовили;

- система з резервом пристроїв;

- система змішаного типу (з резервом часу і резервом пристроїв).

Для кожної з вказаних систем, відповідно до змісту формалізованої задачі побудови раціональної системи обробки інформації (COI), визначимо вид залежності (5), яка враховуватиме зміну технічних параметрів пристроїв, характеристику джерела інформації і вибрану систему обслуговування пристроїв, що відмовили.

Вводячи і реалізуючи інформаційну надмірність в певних місцях ( $\omega$ ) системи, проектувальник зменшує швидкість обробки інформації групи пристроїв. Отриману при цьому швидкість обробки інформації можна обчислити:

$$c_{cp} = f(c, n, \Delta n, \tilde{p}), \quad (7)$$

де:  $c$  - швидкість обробки інформації без надмірності;

$n$  - кількість елементів повідомлення;

$\Delta n$  - кількість надмірних елементів повідомлення;

$\tilde{p}$  - вірогідність прийому інформації без повторень.

Для порівняння конкурентоздатних варіантів СОІ обираємо критерій ефективності, що приведений до періоду обробки заданого графіка надходження і споживання об'ємів даних.

Точність вирішення формалізованої задачі раціонального вибору визначається видом вибраної цільової функції. Вибору критерію порівняння варіантів систем присвячена значна кількість робіт [3,4]. Визначено, що найбільш раціональним і необхідним є економічний критерій. В роботах розглянутий критерій приведених витрат, як найбільш доцільний показник для порівняння конкурентоздатних систем. Для порівняння конкурентоздатних варіантів СОІ приймемо приведені витрати на обробку заданого графіка надходження і споживання об'ємів інформації (НСО).

Тоді, приведені витрати на  $i$ -й ФП, що входить до складу СОІ визначаються за формулою:

$$S_i = \frac{E_H}{Q} K_i + \Xi_i, \quad (8)$$

де:  $E_H$  - коефіцієнт окупності капітальних витрат;

$K_i$  - капітальні витрати на  $i$ -й ФП;

$Q$  - кількість обробок СОІ графіка НСО в рік;

$\Xi_i$  - експлуатаційні витрати на  $i$ -м ФП при обробці графіка НСО.

В загальному вигляді залежність (8) можна записати:

$$S_i = BK_i + \Xi_{li}t_{pi} + \Xi_{2i} + \Xi_{3i}, \quad (9)$$

$$B = \frac{E_H}{Q}; \quad \Xi_i = \Xi_{li}t_{pi} + \Xi_{2i} + \Xi_{3i}, \quad (10)$$

де:  $B$  - коефіцієнт, що приводить капітальні витрати  $K_i$  до періоду обробки графіка НСО;

$\Xi_{li}$  - експлуатаційні витрати, за одиницю часу роботи  $i$ -го ФП;

$\Xi_{2i}$  - експлуатаційні витрати, що залежать від періоду обробки графіка;

$\Xi_{3i}$  - амортизаційні відрахування;

$t_{pi}$  - час обробки  $i$ -им ФП графіка НСО;

$K_i$  в (8) в загальному вигляді визначається:

$$K_i = K_{1i} + K_{2i} + K_{3i}, \quad (11)$$

де:  $K_{1i}$  - преіскурантна ціна  $i$ -го ФП;

$K_{2i}$  - витрати на монтаж і наладку  $i$ -го ФП;

$K_{3i}$  - транспортні витрати.

Методику рішення задачі вибору КТЗ СОІ можна представити у вигляді наступної послідовності етапів:

- вибір множини структур системи і технологій обробки інформації;

- поділ структур на складові (підсистеми), які дозволяють змоделювати процес обробки інформації;

- перерозподіл в підсистемах параметрів пристроїв, що входять до СОІ;

- визначення місць ( $\omega$ ) застосування і реалізації інформаційної надмірності в системі;
- визначення залежності  $C_{cp}$  при обраному способі підвищення достовірності інформації і розрахунок швидкості обробки інформації пристроями;
- моделювання процесу проходження заданих об'ємів інформації в підсистемі;
- визначення зв'язків між підсистемами;
- визначення значення критерію ефективності COI;
- вибір структури системи з певною технологією обробки, яка відповідає мінімуму критерію ефективності на основі розрахунку, вибраної множини структур і технологій обробки інформації.

Таким чином, виникає необхідність визначення залежностей (4, 5), при обраній системі обслуговування пристроїв, що відмовили. Визначені залежності дозволять сформулювати задачу вибору КТЗ.

### Висновки

Формалізована задача побудови раціональної телекомунікаційної системи потребує розробки, вирішення та дослідження науково-технічних питань:

- опису джерела інформації в ТС;
- визначення залежності складових критерію ефективності КТЗ від параметрів якості технічних засобів (швидкості, достовірності та надійності обробки інформації). Визначення вказаної залежності дало б можливість перерозподілити значення вказаних параметрів в системі і добитися мінімальних витрат на її створення та експлуатацію;
- визначення обмежень на параметри якості системи, що дозволяє перерозподілити надійність, достовірність і швидкість обробки інформації залежно від показника витрат виробництва ( $1 - \varepsilon$ );
- визначення доцільних місць введення і реалізації інформаційної надмірності із метою забезпечення заданої достовірності обробки інформації;
- визначення графіка роботи системи;
- загальної постановки задачі оптимального проектування КТЗ, в якій би були методично взаємозв'язані обмеження на параметри якості системи і процес введення інформаційної надмірності.

### Список використаної літератури

1. Мельник Ю.В. Моделі керування мережевими елементами у відповідності до ідеології TMN. // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2018. – № 1(58). – С. 66-72.
2. Пархоменко В.Л. Задача побудови раціональної системи передачі даних / Пархоменко В.Л., Сайко В.Г., Кравченко В.І. // Сучасний захист інформації. – 2017. – № 1. – С. 15-20.
3. Стеклов В.К., Беркман Л.Н. та ін. Оптимізація та моделювання пристроїв і систем зв'язку: Підручник. - К.: Техніка, 2004.- 576 с.
4. Стеклов В.К., Беркман Л.Н. Проектування телекомунікаційних мереж: Підручник. - К.: Техніка, 2002.- 792 с.

### Автори статті

**Мельник Юрій Віталійович** – доктор технічних наук, завідувач кафедри Телекомунікаційних технологій, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

**Пархоменко Володимир Лукич** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри Мобільних та відеоінформаційних технологій, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

**Пархоменко Вячеслав Володимирович** – здобувач кафедри Телекомунікаційних технологій, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

### Authors of the article

**Melnik Yuriy Vitaliyovych** – doctor of Science (technic), Head of the Department of Telecommunication Technologies, State university of telecommunications, Kyiv, Ukraine.

**Parkhomenko Volodymyr Lukych** – candidate of Science (technic), assistant professor of the Department of Mobile and Video Information Technologies, State university of telecommunications Kyiv, Ukraine.

**Parkhomenko Viacheslav Volodymyrovych** – candidate of the Department of Telecommunication Technologies, State university of telecommunications, Kyiv, Ukraine.

Дата надходження в редакцію: 16.10.2018 р.

Рецензент: д.т.н., доцент С.І. Отрох