

УДК 621.39

## МЕТОД ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

*I. С. Катеринчук*, д-р техн. наук, проф.; *Р. В. Рачок*, канд. техн. наук, доц.;

*Д. А. Мул*, канд. техн. наук, доц.; *О. К. Басараб*

Національна академія Державної прикордонної служби України  
імені Богдана Хмельницького

kater\_is@mail.ru

*Запропоновано схему формування комплексного показника ефективності телекомунікаційної системи спеціального призначення та отримано аналітичний вираз для обчислення зазначеного показника. Сформовано метод оцінки ефективності функціонування телекомунікаційної системи спеціального призначення.*

**Ключові слова:** ефективність; система показників; телекомунікаційна система спеціального призначення; комплексний показник ефективності; метод оцінки ефективності.

*The article instigates the scheme of forming up the complex efficiency index of special-purpose telecommunication systems and works out the analytical expression of this index. The method of evaluation the efficiency of special-purpose telecommunication system was formed.*

**Keywords:** efficiency; system performance; special-purpose telecommunication system; complex efficiency index; method of evaluation the efficiency.

### Вступ

Останнім часом для автоматизації вирішення різноманітних завдань у різних галузях діяльності використовуються інформаційно-телекомунікаційні системи (ІТС). Важливою їх складовою є телекомунікаційні системи (ТКС). Від працездатності ТКС у багатьох випадках залежить можливість розв'язання задач з використанням ІТС. Особливо важливим є ефективність ІТС і, відповідно, ТКС спеціального призначення, які використовуються в силових структурах. Вихід їх з ладу або неефективне функціонування може призвести до зриву вирішення надзвичайно важливих завдань.

Важливою складовою при розв'язанні різноманітних задач, пов'язаних з оцінюванням ефективності ТКС та побудовою ефективно функціонуючих ТКС, є метод, який використовується для оцінки ефективності ТКС.

Питанням раціональної побудови і експертизи телекомунікаційних систем присвячено багато наукових досліджень учених, а саме: А. Н. Борисова, А. В. Алексеєва, Б. М. Герасимова та ін. Аналіз результатів цих досліджень свідчить про необхідність їх подальшого розвитку в напрямку вдосконалення теоретичних основ побудови телекомунікаційних систем спеціального призначення з урахуванням нечіткості їх окремих параметрів і особливостей будови ІТС, до складу яких входять ці системи.

**Мета** статті — розробка методу оцінювання ефективності функціонування телекомунікаційних систем спеціального призначення.

### Результати дослідження

Для проведення експертизи ТКС з метою вибору її раціональної будови зазвичай використовують систему показників [1], за допомогою яких проводиться оцінювання її ефективності. Сучасні підходи дають змогу оцінювати ефективність в умовах невизначеності окремих вихідних даних [2]. Однак для експертизи телекомунікаційних систем спеціального призначення не всі показники є однаково важливими. Проведений аналіз дозволяє виділити такі групи показників, які для ТКС спеціального призначення слід враховувати в першу чергу [3]:

– показники продуктивності (середня пропускна спроможність  $C_{\text{спс}}$ , час реакції системи  $T_p$ , час затримки передачі  $T_{\text{зп}}$ );

– показники стійкості (об'єктова завадостійкість  $F_{\text{оз}}$ , об'єктова технічна надійність  $F_{\text{тн}}$ , функціональна стійкість  $F_{\text{фс}}$ );

– показники достовірності (точність (безпомилковість) передачі інформації  $K_{\text{п.прд.і}}$ , коефіцієнт спотворення переданої інформації  $K_{\text{н.прд.і}}$ );

– показники безпеки передачі (коефіцієнт дешифрування інформації  $K_{\text{деш.і}}$ , коефіцієнт захищеності інформаційних каналів  $K_{\text{зшк}}$ ).

Слід зазначити, що вхідні дані для обчислення окремих з цих показників отримуються в умовах невизначеності і для їх представлення доцільним є використання математичного апарату нечітких чисел.

З метою побудови комплексного узагальненого показника ефективності ТКС спеціального призначення пропонується:

– провести нормування визначених вище показників до діапазону можливих значень  $[0, 1]$ ;

– у випадку, якщо підвищення ефективності функціонування ТКС спеціального призначення досягається при зменшенні значень показника «обернути» його відніманням від 1.

У результаті цих дій отримаємо множину «приведених» часткових показників, яку в загальному випадку можна подати як:  $F = \{f_i(x, y, z)\}$ , де  $f_i(x, y, z)$  —  $i$ -й «приведений» частковий показник, який залежить від множин аргументів:  $x$  — чіткі;  $y$  — нечіткі;  $z$  — якісні.

Варто зауважити, що для забезпечення функціонування ТКС спеціального призначення (ТКС СП) кожен з цих показників має знаходитись у допустимих межах  $f_{\min i} \leq f_i(x, y, z) \leq f_{\max i}$

Для окремих «приведених» показників  $f_{\min i}$  та  $f_{\max i}$  можна визначити, виходячи з вимог до значень початкових відповідних їм показників. Якщо такий підхід використати неможливо, для

обчислення  $f_{\min i}$  та  $f_{\max i}$  пропонується використати метод експертних оцінок.

Сукупність вимог до «приведених» показників  $f_{\min i} \leq f_i(x, y, z) \leq f_{\max i}$  визначає систему обмежень.

З метою максимізації ефективності функціонування ТКС СП побудуємо комплексний показник  $F_{\text{ТКС}}$ . Оскільки окремі показники є незалежними, комплексний показник буде визначатись адитивно (див. рисунок).

Відповідно до рисунка для побудови комплексного показника  $F_{\text{ТКС}}$  необхідно сформулювати зважену суму окремих елементів множини «приведених» часткових показників  $F = \{f_i(x, y, z)\}$

$$F_{\text{ТКС}} = \sum_i \alpha_i f_i(x, y, z), \quad (1)$$

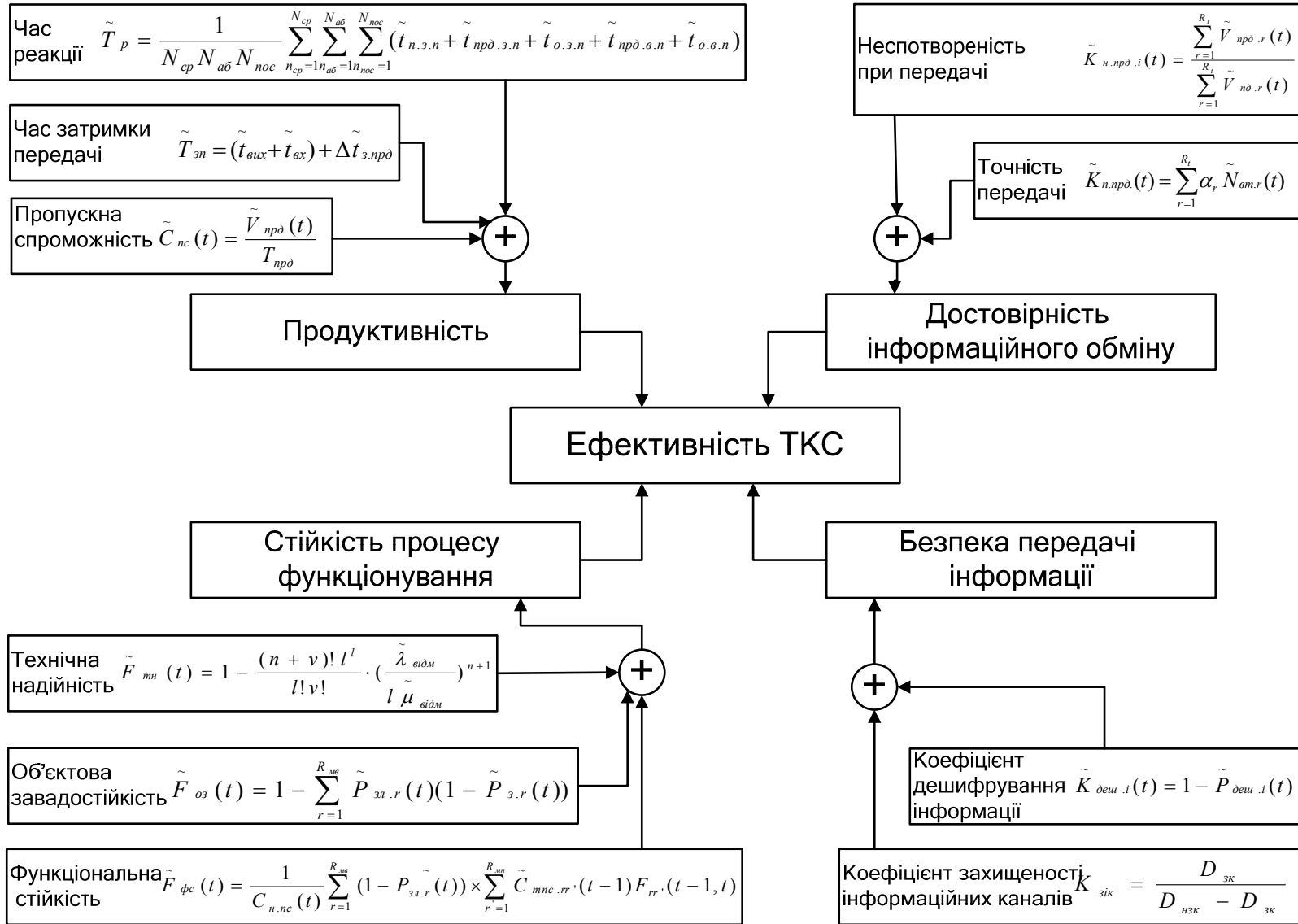
де  $\alpha_i$  — ваговий коефіцієнт  $i$ -го показника.

Після підстановки виразів для обчислення окремих часткових показників у (1) отримаємо

$$\begin{aligned} \tilde{F}_{\text{ТКС}} = & \alpha_1 \frac{\tilde{v}_{\text{прд}}(t)}{F_{1\text{max}} T_{\text{прд}}} + \alpha_2 \left[ 1 - \frac{1}{F_{2\text{max}} N_{\text{ср}} N_{\text{аб}} N_{\text{пос}}} \sum_{n_{\text{ср}}} \sum_{n_{\text{аб}}} \sum_{n_{\text{пос}}} (\tilde{t}_{\text{п.з.п}} + \tilde{t}_{\text{прд.з.п}} + \tilde{t}_{\text{о.з.п}} + \tilde{t}_{\text{прд.в.п}} + \tilde{t}_{\text{о.в.п}}) \right] + \\ & + \alpha_3 \left[ 1 - \frac{(\tilde{t}_{\text{вих}} - \tilde{t}_{\text{вх}}) + \Delta t_{\text{з.прд}}}{F_{3\text{max}}} \right] + \alpha_4 \left[ 1 - \frac{\sum_{r=1}^{R_{\text{МВ}}} \tilde{P}_{\text{зл.}r}(t) (1 - \tilde{P}_{\text{з.}r}(t))}{F_{4\text{max}}} \right] + \alpha_5 \left[ 1 - \frac{(n+v)! l^l}{F_{5\text{max}} l! v!} \cdot \left( \frac{\lambda_{\text{відм}}}{l \mu_{\text{відм}}} \right)^{n+1} \right] + \\ & + \alpha_6 \frac{1}{F_{6\text{max}} C_{\text{н.пс}}(t)} \sum_{r=1}^{R_{\text{МВ}}} (\tilde{P}_{\text{зл.}r}(t)) \sum_{r'}^{R_{\text{МП}}} \tilde{C}_{\text{тпс.}r'r'}(t-1) F_{r'r'}(t-1, t) + \alpha_7 \frac{\sum_{r=1}^{R_{\text{М}}} \alpha_r \tilde{N}_{\text{вт.}r}(t)}{F_{7\text{max}}} + \\ & + \alpha_8 \left[ \frac{\sum_{r=1}^{R_{\text{М}}} \tilde{v}_{\text{прд.}r}(t)}{F_{8\text{max}} \sum_{r=1}^{R_{\text{М}}} v_{\text{прд.}r}(t)} \right] + \alpha_9 \left[ 1 - \frac{\tilde{P}_{\text{деу.}i}(t)}{F_{9\text{max}}} \right] + \alpha_{10} \left[ 1 - \frac{D_{\text{зк}}}{F_{10\text{max}} (D_{\text{нзк}} + D_{\text{зк}})} \right]. \end{aligned}$$

де  $\alpha_i$  — ваговий коефіцієнт для  $i$ -го показника;  $F_{i\text{max}}$  — максимально можливе значення  $i$ -го показника, яке використовується для нормування;  $\tilde{v}_{\text{прд}}(t)$  — нечітка величина загального обсягу переданих по каналу передачі даних;  $N_{\text{пос}}$  — кількість послуг, які надаються;  $N_{\text{аб}}$  — кількість абонентів, які обслуговуються;  $N_{\text{ср}}$  — кількість серверів послуг, до яких звертаються абоненти;  $\tilde{t}_{\text{п.з.п}}$  — нечітка величина часу, який витрачається на підготовку користувачем запиту на мобільному терміналі  $n$ -го типу;  $\tilde{t}_{\text{прд.з.п}}$  — нечітка величина часу передачі запиту між терміналом і сервером послуг через сегмент мережі;  $\tilde{t}_{\text{о.з.п}}$  — нечітка величина часу обробки запиту на сервері;  $\tilde{t}_{\text{прд.в.п}}$  — нечітка величина часу передачі відповіді від сервера до терміналу;  $\tilde{t}_{\text{о.в.п}}$  — нечітка ве-

личина часу обробки отриманих відповідей на терміналі;  $\tilde{t}_{\text{вх}}$ ,  $\tilde{t}_{\text{вих}}$  — нечітка величина часу появи пакету (повідомлення) на вході та на виході системи відповідно;  $\Delta t_{\text{з.прд}}$  — нечітка величина варіації затримки передачі;  $R_{\text{МВ}}$  — кількість можливих варіантів впливу;  $\tilde{P}_{\text{зл.}r}(t)$  — імовірність реалізації зловмисником  $r$ -го варіанта впливу;  $\tilde{P}_{\text{з.}r}(t)$  — імовірність захищеності каналу інформаційного обміну при  $r$ -му варіанті впливу;  $v$  — кількість робочих елементів, які безпосередньо взаємодіють з засобами передачі даних;  $n$  — кількість резервних елементів, які безпосередньо взаємодіють з засобами передачі даних;  $R_{\text{МП}}$  — кількість можливих варіантів протидії;  $l$  — кількість елементів, що безпосередньо взаємодіють з засобами передачі даних і одночасно відновлюють свою працездатність;



Структурно-аналітична схема формування комплексного показника ефективності телекомунікаційної системи спеціального призначення

$\lambda_{\text{відм}}$  — нечітка величина інтенсивності відмов елементів, які безпосередньо взаємодіють з засобами передачі даних;  $\mu_{\text{відм}}$  — нечітка величина інтенсивності відновлення елементів, які безпосередньо взаємодіють з засобами передачі даних;  $C_{\text{н.пс}}(t)$  — задана пропускна здатність ТКС;  $\tilde{C}_{\text{тпс.rr}}(t-1)$  — нечітка величина технічної пропускної здатності при  $r'$  способі протидії застосуванню зловмисником  $r$ -го варіанта впливу на  $(t-1)$ -му етапі функціонування;  $F_{rr}(t-1, t)$  — функція корисності для оцінки варіантів відновлення інформаційного каналу обміну;  $\alpha_r$  — відносна важливість (пріоритет) переданої інформації  $r$ -го виду;  $R_m$  — кількість різновидів трафіку, що передається;  $\tilde{N}_{\text{вт.г}}(t)$  — нечітка величина кількості  $N_{\text{н.с}}(t)$  втрачених або помилково зрозумілих (незрозумілих, спотворених) слів і словосполук для голосової інформації, кількість  $N_{\text{н.р.об}}(t)$  неправильно розпізнаних образів під час передачі відеоінформації і кількість  $N_{\text{пом}}(t)$  помилкових (спотворених) даних, які прийняті під час передачі даних;  $\tilde{v}_{\text{пр.д.г}}(t)$  — нечітка величина кількості перекручених даних  $r$ -го виду;  $\tilde{v}_{\text{пд.г}}(t)$  — кількість переданих даних  $r$ -го виду;  $\tilde{P}_{\text{деш.г}}(t)$  — нечітка величина ймовірності дешифрування інформації за інтервал часу, тривалість якого не перевищує значення, яке визначається швидкістю старіння інформації;  $D_{\text{зк}}$ ,  $D_{\text{нзк}}$  — кількість криптографічно захищених і незахищених інформаційних каналів відповідно.

Для отримання значень вагових коефіцієнтів  $\alpha_i$  для запропонованої системи показників було використано метод експертних оцінок.

Використовуючи (2), можна розв'язувати пряму задачу, яка полягає в оцінюванні ефективності функціонування ТКС СП або виборі найкращого

варіанта ТКС СП при заданих їх вхідних характеристиках.

Можливо використати (2) і для розв'язання більш складної оберненої задачі, яка полягає у знаходженні значень параметрів ТКС СП, при яких досягається оптимальне або задане значення ефективності функціонування ТКС СП.

Слід зазначити, що умовами застосування запропонованого методу є: неврахування «людського фактора» (проблемних ситуацій, пов'язаних з помилками, які допускають користувачі систем); урахування лише часу, протягом якого ТКС СП була задіяна в оперативно-службовій діяльності.

### Висновок

У результаті проведених досліджень було розроблено метод оцінювання ефективності функціонування телекомунікаційних систем спеціального призначення. Цей метод доцільно застосовувати під час розв'язання задач: оцінювання ефективності ТКС СП та синтезі ТКС СП, яка відповідає визначеним вимогам.

### ЛІТЕРАТУРА

1. *Періг В. М.* Науково-методичне забезпечення експертизи телекомунікаційних систем спеціального призначення в умовах невизначеності: дис. канд. техн. наук 05.13.12 / В. М. Періг. — 2011. — 161 с.
2. *Рачок Р. В.* Використання апарату нечітких чисел для врахування невизначеності вихідних даних в оперативно-тактичних розрахунках: зб. наук. праць № 35, ч. II / Р. В. Рачок, Д. А. Мул. — Хмельницький: вид-во Національної академії ДПСУ, 2006. — С. 241–242.
3. *Басараб О. К.* Система показників ефективності функціонування телекомунікаційної системи державної прикордонної служби України / О. К. Басараб // Проблеми інформатизації та управління. — 2013. — № 2.

Стаття надійшла до редакції 17.12.2013