

¹Лев Миколайович Сакович (канд. техн. наук, доцент)

¹Вадим Петрович Романенко (канд. техн. наук)

¹Сергій Євгенович Гнатюк (канд. техн. наук)

²Ігор Юрійович Розум (канд. військ. наук, старший науковий співробітник)

¹Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Київ, Україна

²Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

КОМПЛЕКСНІСТЬ ПІДХОДУ ДО ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ ЗА ВІДПОВІДНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ЯКОСТІ

Підвищення ефективності функціонування систем зв'язку в сучасних умовах їх розвитку є однією з актуальних науково-практичних проблем. Особлива увага у вирішенні цієї проблеми приділяється питанням кількісного оцінювання ефективності функціонування зазначених систем, причому не за окремими показниками, а комплексно з врахуванням впливу всіх показників якості на результат використання системи за призначенням. Публікація має за мету формалізацію процесу комплексної оцінки ефективності системи зв'язку та показати на прикладі дотримання вимог до надійності та готовності можливість упорядкування дій щодо її оцінки з розрахунком імовірнісних показників якості.

Оцінка ефективності системи зв'язку – багатокритеріальна задача визначення реального стану різноманітних складових якості її функціонування. Запропоновано формалізацію комплексної оцінки ефективності з урахуванням впливу на її значення окремих показників якості. Наукова новизна роботи полягає у кількісній оцінці значення імовірнісних показників окремих складових і комплексного оцінювання якості функціонування системи зв'язку в цілому. Отримані результати доцільно використовувати як під час оцінки ефективності існуючих, так і при обґрунтованому виборі варіанту розвитку перспективних систем зв'язку.

Ключові слова: система зв'язку, комплексна оцінка ефективності функціонування системи

Вступ

Ведення сучасних бойових дій стає все більш складними. Це пов'язано, перш за все, з істотно зміненими засобами збройної боротьби, способами їх застосування і, як наслідок, тактики ведення сучасних бойових дій. Сучасні бойові дії стають все більш інтенсивним в умовах тактичної обстановки, що постійно змінюється. У таких умовах органам військового управління вкрай складно прийняти обґрунтоване рішення на ведення бойових дій, на що вказує і досвід ведення бойових дій у ході ведення антитерористичної операції на Сході нашої країни. В умовах сьогодення начальник зв'язку не має інструментарію, який міг б надати йому допомогу у процесі прийняття рішення.

Постановка проблеми. Підвищення ефективності функціонування систем зв'язку (СЗ) в сучасних умовах їх розвитку є однією з актуальних науково-практичних проблем. Особлива увага у вирішенні цієї проблеми приділяється питанням кількісного оцінювання ефективності функціонування зазначених систем, причому не за окремими показниками, а комплексно з врахуванням впливу всіх показників якості на результат використання системи за призначенням.

Аналіз остатніх досліджень і публікацій. Останніми роками проводяться наукові дослідження щодо кількісної оцінки якості дотримання окремих вимог до використання за призначенням СЗ. В [1] сформульовані принципи побудови сучасних СЗ та

визначені вимоги до них, але відсутні рекомендації щодо кількісної оцінки показників якості. В [2–5] визначені перспективні напрямки розвитку СЗ з урахуванням досвіду передових країн світу. В [6–10] приведено рекомендації щодо оцінки надійності окремих зразків техніки зв'язку (ТЗ), а також надійності і живучості СЗ в цілому. В [11–16] розглянуті питання удосконалення діагностичного, а в [17, 18] – метрологічного забезпечення ремонту ТЗ. Проте, попередні дослідження не мали системного характеру, а вирішували часткові завдання. Аналіз робіт, присвячених методам оцінювання ефективності СЗ показує, що далеко не всі вони знаходять широке практичне застосування, не завжди є оптимальними, не враховують специфіку експлуатації ТЗ у реальних умовах.

Мета статті: Формалізувати процес комплексної оцінки ефективності СЗ та показати на прикладі дотримання вимог до надійності та готовності можливість упорядкування дій щодо її оцінки з розрахунком імовірнісних показників якості.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Система зв'язку – сукупність взаємопов'язаних, сумісних та узгоджених за завданнями підсистем, яка задовольняє вимогам [1]:

висока готовність до використання за призначенням – здатність СЗ в будь-який час та в будь-яких обставинах виконувати задачі по забезпеченню обміну

інформацією між користувачами;

стійкість – здатність СЗ виконувати завдання за призначенням за умов впливу всіх вражаючих факторів (характеризується живучістю, завадостійкістю та надійністю СЗ);

мобільність – здатність СЗ в установлені строки розгорнутися в установлені терміни, змінювати топологію та можливості відповідно до умов обстановки;

пропускна спроможність – здатність СЗ забезпечувати обслуговування потоків інформації за одиницю часу з заданою якістю;

безпека – здатність СЗ і автоматизації забезпечувати захист від несанкціонованого доступу та імітостійкість;

функціональна сумісність – здатність СЗ забезпечувати сумісну роботу засобів електров'язку і автоматизації з іншими системами без додаткових пристроїв спряження та додаткового програмного забезпечення.

У дійсний час відсутня єдина методика комплексної оцінки задоволення вказаних вимог до СЗ, що затрудняє можливість оцінити ефективність існуючих та обґрунтувати вибір раціонального варіанту їх подальшого розвитку.

Найбільш доступно кількісно оцінити відповідність СЗ вимогам щодо надійності, готовності, мобільності і пропускної спроможності при наявності встановлених керівними документами критеріїв, але по мірі розвитку систем зв'язку також необхідно їх наукове обґрунтування [6–10].

Рішення задачі комплексної оцінки ефективності СЗ доцільно виконувати в наступній послідовності (рис. 1):

в результаті збору та аналізу вихідних даних визначити фактори, що впливають на показники якості СЗ та установити функціональні залежності значення цих показників від керованих змінних для отримання нормованих значень кількісної оцінки дотримання вимог (Π_i);

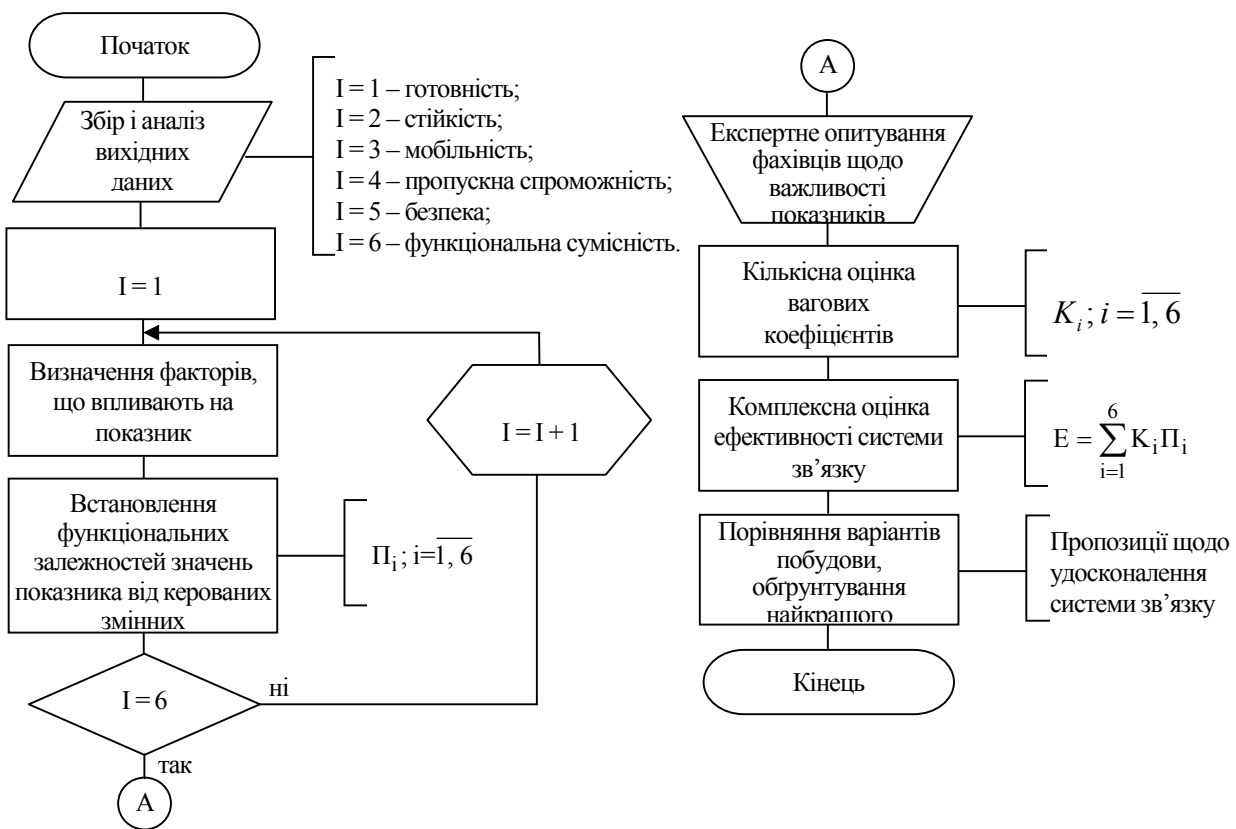


Рис. 1. Блок-схема алгоритму комплексної оцінки ефективності системи зв'язку

експертним опитуванням провідних фахівців з організації зв'язку кількісно оцінити вагові коефіцієнти всіх показників якості СЗ (K_i);

виконати комплексну оцінку ефективності СЗ у вигляді кількісної оцінки ймовірності її відповідності вимогам $0 < E = \sum_{i=1}^6 K_i \Pi_i \leq 1$,

$$0 < E = \sum_{i=1}^6 K_i \Pi_i \leq 1,$$

$$\text{де } 0 \leq \Pi_i \leq 1; \quad 0 < K_i < 1; \quad \sum_{i=1}^6 K_i = 1,$$

в результаті ранжування за ступенем зменшення значення E визначити найбільш перспективні варіанти

розвитку СЗ.

Одним із найважливіших показників якості СЗ є надійність, без якої їх використання втрачає сенс. Розглянемо можливість формалізованої оцінки цієї вимоги щодо СЗ.

Властивість надійності СЗ полягає у спроможності забезпечити зв'язок зі збереженням у часі встановлених вимог значень експлуатаційних показників, що підтримуються підсистемою технічного забезпечення зв'язку з виконанням усіх видів ремонту ТЗ, технічного обслуговування та забезпечення експлуатаційно-витратними матеріалами.

Традиційно, як основний показник надійності СЗ використовується коефіцієнт готовності A_C [19], який являє собою імовірність технічної справності усіх засобів ТЗ і готовності до функціонування в повному обсязі усіх напрямків зв'язку. Однак, для СЗ більш об'єктивною характеристикою є імовірність технічної готовності системи до обміну інформацією між абонентами хоча б по одному напрямку зв'язку P_C , що у літературі з теорії надійності визначається як імовірність зв'язності чи ймовірність справного стану хоча б одного з можливих напрямків зв'язку:

$$P_C = 1 - \prod_{j=1}^S (1 - A_j),$$

де A_j – коефіцієнт готовності j -го напрямку зв'язку, S – кількість напрямків зв'язку між абонентами в СЗ.

Цей вираз кількісно оцінює верхню межу мережевої надійності, а значення нижньої межі розраховують згідно [20] за виразом:

$$P_{CH} = \prod_{j=1}^S (1 - U_j) = \prod_{j=1}^S A_j,$$

де $U_j = 1 - A_j$ – коефіцієнт неготовності j -го напрямку зв'язку.

Для спрощення розрахунків використовують наближені методи оцінювання Езарі-Прошана і Поліського, які зводяться до розгляду неповних подій зв'язності та не зв'язності, що визначаються нижніми оцінками [19].

Об'єктивна оцінка якості СЗ повинна враховувати крім ймовірності зв'язності також значення "ерлангових" втрат p , зумовлених зайнятістю каналів за час t виконання задачі передачі повідомлення. Тоді комплексний показник надійності напрямку зв'язку приймає вигляд [21]:

$$W_j = 1 - \prod_{j=1}^S \left[1 - A_j (1 - p_j) \exp\left(-\frac{t}{T_j}\right) \right],$$

де T_j – напрацювання на відмову ТЗ що утворює шлях j .

Вочевидь, що $W_j < P_C$, тому що E_n кількісно оцінює потенційну структурну надійність СЗ. Звідси випливає, що при комутації каналів доцільно використовувати як критерій вибору шляху показник [21]:

$$V_j = \frac{W_j}{r_j}; \quad j=1, m;$$

де r_j – кількість переприйомів напрямку зв'язку j із m можливих.

Напрямки зв'язку вибирають в міру зменшення значення цього показника і перевага завжди віддається більш надійним, найменш завантаженим з мінімальною кількістю переприйомів, що дозволяє підвищити ефективність управління топологією СЗ [22].

В такому разі в якості нормованого показника надійності СЗ доцільно використовувати значення P_C , яке отримують за блок-схемою рис. 2 після аналізу топології СЗ, складу її ТЗ та вимог до мінімального припустимого значення імовірності зв'язності P_{CH} , де n_j – кількість ТЗ напрямку j . Тобто, нормоване значення

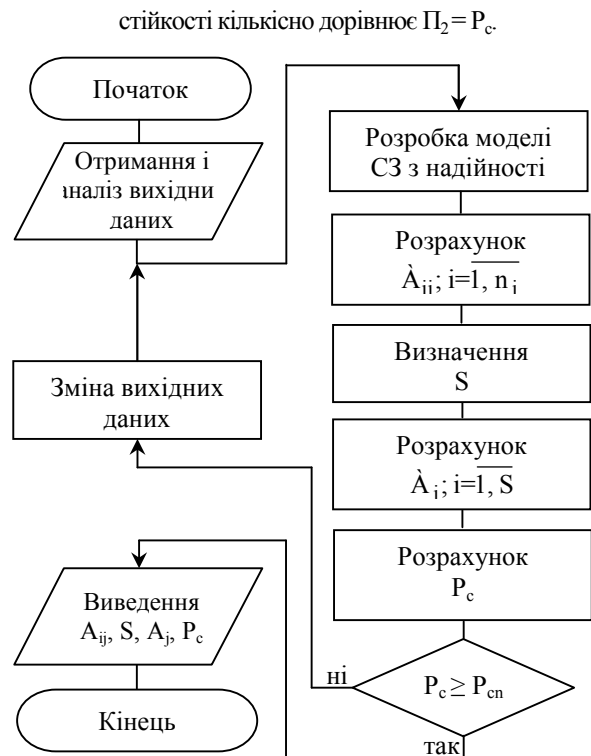


Рис. 2. Блок-схема алгоритму розрахунку імовірності зв'язності системи зв'язку

Розглянемо можливість формалізації кількісної оцінки значення однієї з основних вимог до СЗ – готовності до використання, яка залежить від професійної підготовки персоналу, технічного стану ТЗ, технічного, діагностичного та метрологічного забезпечення. Це можливо кількісно оцінити під час контролю технічного забезпечення зв'язку з метою глибокого і всебічного вивчення стану ТЗ та організації роботи персоналу з експлуатації.

Послідовність дій першого етапу формалізовано у вигляді граф-схеми рис. 3, а перелік відповідних операцій приведено в таблиці 1, де враховано фактори, що впливають на готовність окремих зразків ТЗ.

Комплексна оцінка готовності СЗ є багато кроковим процесом:

на першому етапі кількісно оцінюють технічний стан окремих зразків ТЗ;

потім отримують кількісну оцінку технічного стану апаратних зв'язку (АЗ), яка враховує фактори, що впливають на якість готовності;

далі оцінюють технічний стан і готовність до використання за призначенням групи однотипної техніки вузла зв'язку;

на завершальному етапі отримують комплексну оцінку готовності вузла зв'язку залежно від його призначення.

Граф-схема представлення процесу оцінки стану ТЗ (рис. 3) дозволяє з використанням математичного апарату алгебри логіки розглянути можливі варіанти оцінки технічного стану:

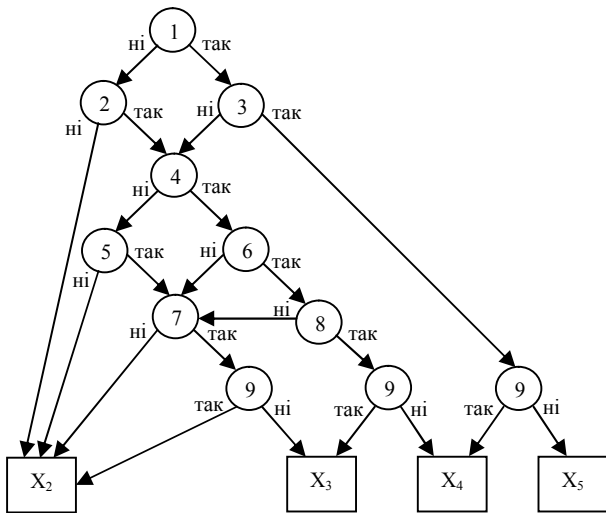


Рис. 3. Граф-схема алгоритму операцій оцінки технічного стану зразків засобів зв'язку

Таблиця 1

Перелік операцій оцінки технічного стану зразків засобів зв'язку

Умовний номер	Зміст операції
1	Зразок справний, ЗІП-0 укомплектований, документація ведеться правильно, засоби електробезпеки справні.
2	Зразок працездатний, укомплектований складовими частинами, готовий до використання.
3	Своєчасно і якісно в повному обсязі проведено чергове технічне обслуговування.
4	Комплектність ЗІП-0 не менше 50% кожної номенклатури і інструменту не менше 85%.
5	Комплектність ЗІП-0 не менше 50% кожної номенклатури і інструменту не менше 75%.
6	Значення параметрів доведені до норм екіпажем за допомогою регулювання в процесі перевірки зразка.
7	Виявлені недоліки усунені екіпажем із залученням фахівців ремонтного органу і використанням ЗІП-0 не пізніше 4 годин.
8	Виявлені недоліки усунені екіпажем з використанням ЗІП-0 не пізніше 1 години.
9	Несправно до 20% абонентських трактів або однотипних виробів, відсутній внутрішньовузловий зв'язок, не повірені засоби вимірювання.

$$X = X_5 \vee X_4 \vee X_3 \vee X_2 = \bigvee_{i=2}^5 X_i;$$

$$X_5 = x_1 x_3 x_9;$$

$$X_4 = x_1 x_3 x_9 \vee x_1 x_3 x_4 x_6 x_8 x_9 \vee x_1 x_2 x_4 x_6 x_8 x_9;$$

$$X_3 = x_1 x_3 x_4 x_6 x_8 x_9 \vee x_1 x_2 x_4 x_6 x_8 x_9 \vee x_1 x_2 x_4 x_6 x_7 x_9 \vee x_1 x_2 x_4 x_6 x_7 x_8 x_9 \vee x_1 x_2 x_4 x_5 x_7 x_9;$$

$$X_2 = x_1 x_2 \vee x_1 x_2 x_4 x_5 \vee x_1 x_2 x_4 x_5 x_7 \vee x_1 x_2 x_4 x_5 x_7 x_9 \vee x_1 x_2 x_4 x_6 x_7 x_8 \vee x_1 x_2 x_4 x_6 x_7 x_8 x_9;$$

де X – технічний стан ТЗ;

X_i – оцінка технічного стану ($i=2, 5$);

x_i – позитивна оцінка операції i таблиці 1;

\bar{x}_i – негативна оцінка операції i таблиці 1.

Це необхідно для кількісної оцінки показників якості процесу визначення стану ТЗ.

Розглянемо можливість кількісної оцінки математичного сподівання (МС) відхилення оцінки технічного стану зразку ТЗ від дійсного результату виконання операції таблиці 1 на прикладі оцінки “добре”. Згідно [23] МС дискретної величини дорівнює сумі добутку значення випадкової величини на ймовірність її появи.

В такому разі отримуємо:

помилка на першому кроці не впливає на результат;

помилка на другому кроці (операція 2) дає найбільше відхилення оцінки стану ТЗ, яке дорівнює $2(1-p)p$;

помилка на інших кроках приводять до відхилення оцінки стану ТЗ на $(1-p)p^5$;

де p – імовірність правильної оцінки результату виконання операції таблиці 1.

Аналогічно отримаємо МС відхилення оцінки для всіх можливих випадків за умови, що ймовірності правильної оцінки результатів виконання всіх операцій однакові і дорівнюють p :

$$\rho_2 = 2(1-p)p^2 + 2(1-p)p^5 = 2(1-p)p^2(1+p^3);$$

$$\rho_3 = (1-p)p^5 + (1-p)p^5 + (1-p)p^5 + (1-p)p^5 + (1-p)p^5 = 5(1-p)p^5;$$

$$\rho_4 = 2(1-p)p + (1-p)p^5 + (1-p)p^5 + (1-p)p^5 = (2+3p^4)(1-p)p;$$

$$\rho_5 = (1-p)p^5 + (1-p)p^4 + (1-p)p^2 = [p^2(p+1)+1](1-p)p^2.$$

Мінімальне значення імовірності правильної оцінки стану ТЗ отримуємо при максимальній кількості перевірок:

$$P_5 = p^3; P_4 = p^6; P_3 = P_2 = p^7.$$

Отримані результати відображено на рис. 4 і 5.

Розглянемо вимоги до значення p за умов

$$P \geq 0,9 \text{ і } p \leq 0,5 \text{ [21, 24];}$$

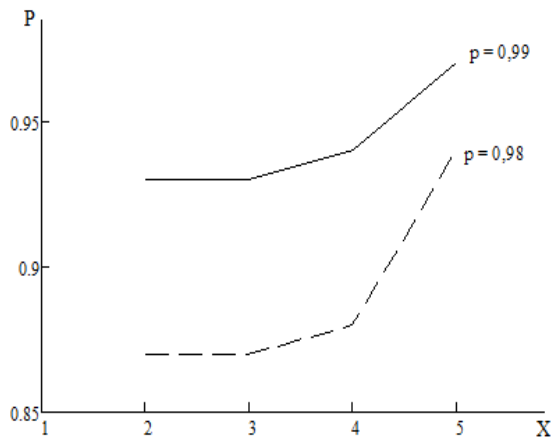


Рис. 4. Залежності мінімального значення ймовірності правильної оцінки стану зразків засобів спеціального зв'язку

$p_4 = (2+3p^4)(1-p)p \leq 0,5$ – рішення існує при $p \geq 0,8$;

$P_3 = p^7 \geq 0,9$ – рішення існує при $p \geq 0,988$.

Виконання операцій таблиці 1 потребує одночасного оцінювання кількох логічних умов. Відомо, що ймовірність прийняття правильного рішення при декількох логічних умовах дорівнює [24]:

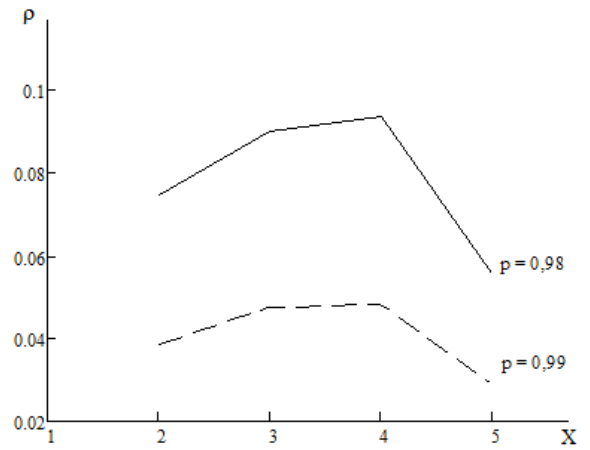


Рис. 5. Залежності математичного сподівання відхилення оцінки стану зразків засобів спеціального зв'язку

одне, два $p=0,995$;
три, чотири $p=0,950$;
п'ять і більше $p=0,900$;

що відповідає отриманим результатам.

Використання отриманих результатів щодо оцінки технічного стану окремих зразків ТЗ, підготовки персоналу, технічного і метрологічного забезпечення їх експлуатації дозволяє формалізувати процес оцінки технічного стану АЗ в цілому (рис. 6).

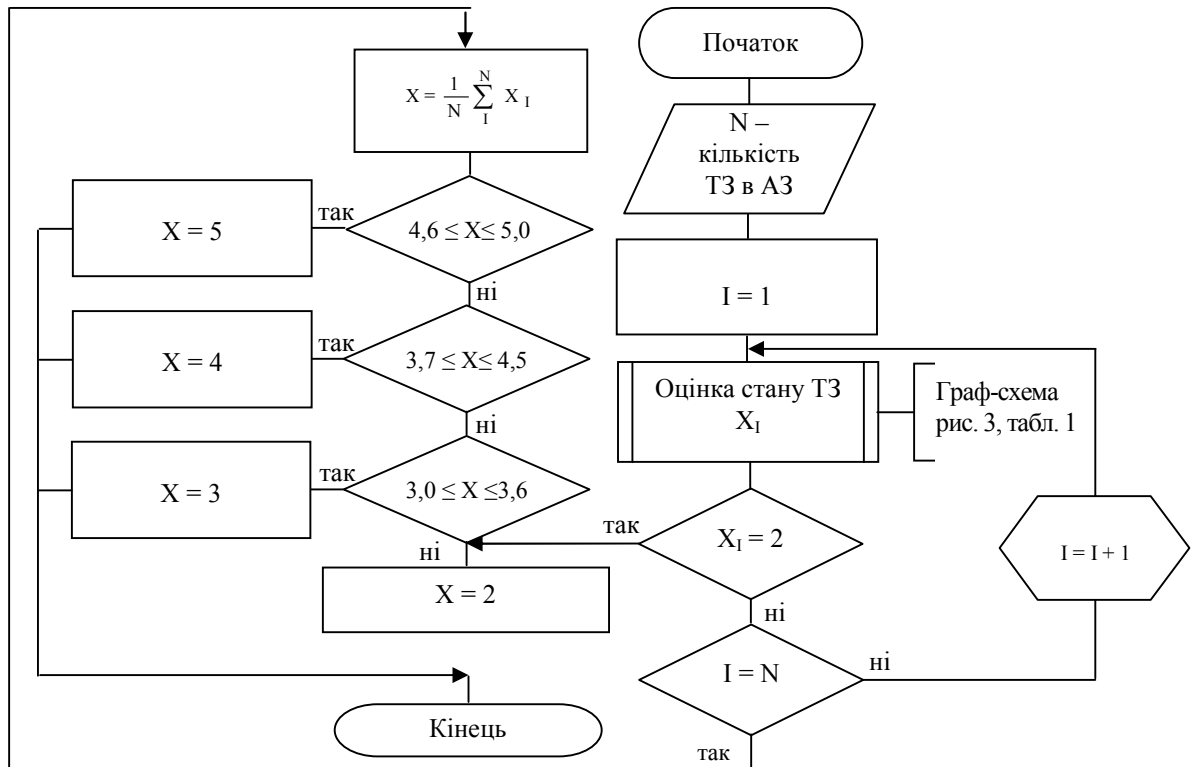


Рис. 6. Блок-схема алгоритму оцінки технічного стану апаратної зв'язку

Оцінка технічного стану окремих АЗ дозволяє в подальшому оцінити технічний стан групи однотипної техніки. Вся ТЗ підрозділяється на n груп, порядок оцінки стану яких приведено на рис. 7, де n_i – кількість перевірених АЗ, що отримали оцінку $X_i = \overline{2,5}$; N –

загальна кількість зразків техніки в групі; Z_i – відсоток АЗ що отримали оцінку i ; Z – загальна оцінка групи однотипних засобів зв'язку.

На завершальному етапі оцінки готовності вузла зв'язку враховують кількість справної та працездатної ТЗ, що отримала позитивні оцінки ($Z > 2$) за групами.

При оцінці готовності СЗ доцільно їх порівняти за отриманим значенням η_0 , яке в подальшому дорівнює

Згідно вимог вузол зв'язку є готовим до використання, якщо відношення справної та працездатної ТЗ до їх штатної кількості для основних груп $\eta_0 \geq 0,75$ і для не основних груп $\eta_n \geq 0,5$.

Π_1 згідно рис. 1, а нерівність $\eta_n \geq 0,5$, використовувати як обмеження.

Таким чином, приведений в роботі підхід дозволяє об'єктивно і комплексно оцінити ступінь готовності вузлів зв'язку під час перевірки.

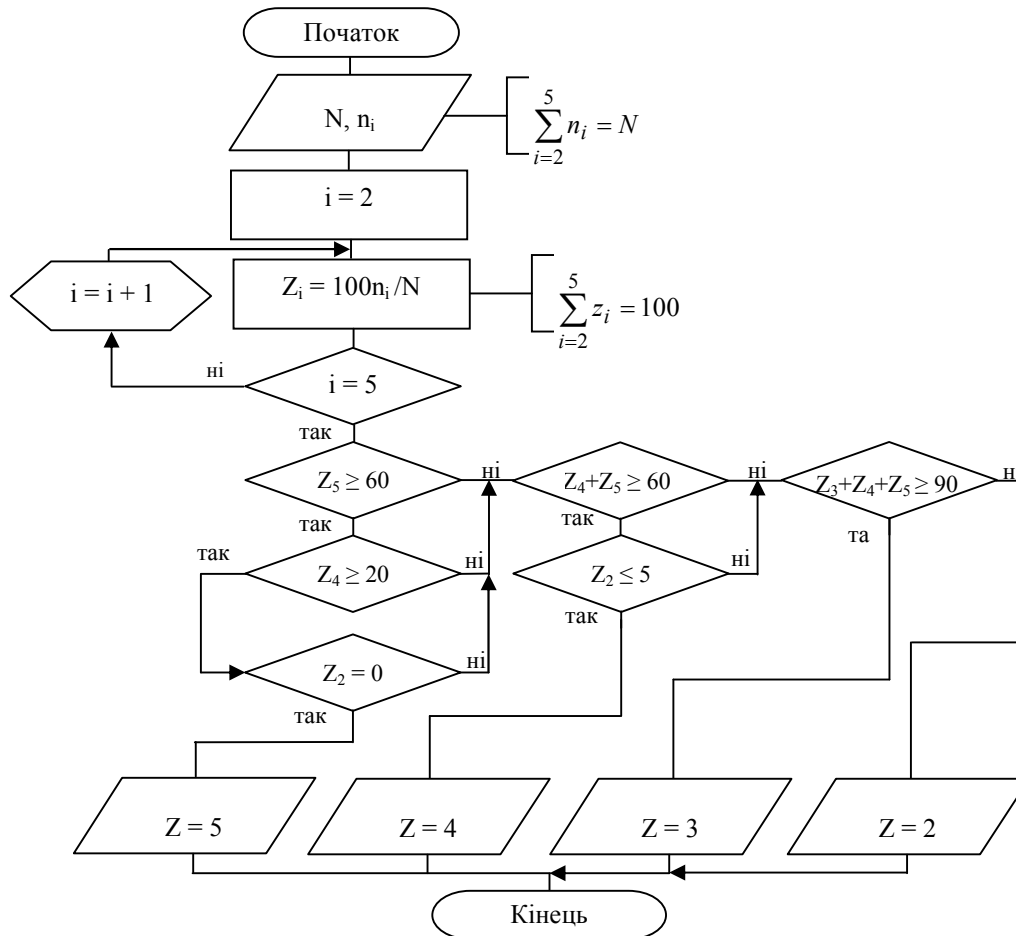


Рис. 7. Блок-схема алгоритму оцінки технічного стану груп однотипних засобів зв'язку

Висновки й перспективи подальших досліджень.

В статті на основі проведеного аналізу відомих методів оцінювання ефективності СЗ з врахуванням вимог керівних документів формалізований порядок дій під час перевірки задоволення дійсним вимогам.

На прикладі кількісної оцінки надійності та готовності СЗ вперше розглянуто можливість реалізації запропонованих етапів оцінки з визначенням ймовірнісних показників отриманих результатів, в чому

і полягає наукова новизна і відмінність від відомих робіт.

Подальшими завданнями дослідження є визначення факторів, що впливають на інші показники якості СЗ, та встановлення функціональних залежностей значення цих показників від керованих змінних, а також проведення експертного опитування провідних фахівців в галузі організації зв'язку та кількісна оцінка значень вагових коефіцієнтів окремих показників якості СЗ.

Реалізація вказаних завдань дозволяє отримати комплексну оцінку ефективності СЗ.

Література

1. Олійник В.Ф. Основи теорії систем зв'язку. – К: Техніка, 2000. – 152 с. 2. Edward Golan, Adam Kraśniewski, Janusz Romanik, Paweł Skarżyński, Robert Urban, "Experimental Performance Evaluation of the Narrowband VHF Tactical IP Radioin Test-Bed Environment", Military Communications and Information Technology: A Trusted Cooperation Enabler, vol. 2, pp. 99-106, 2012. 3. United States. Joint Chiefs of Staff, Defense Technical Information Center (DTIC). Joint Publication 6-0: Joint Communications System (2015, June 10). [Online]. Available: http://www.dtic.mil/doctrine/new_pubs/jp6_0.pdf. 4. Defense Information Network (DISN) ARCHITECTURE. – DISA, Center for Systems Engineering. Version 1.2c, April 1998. 5. Signal

battalion recognized for outstanding support, The Maple Leaf, 28 September 2007, Vol. 10, No. 6. 6. Зайцева Е.Н. Исследования надежности информационных систем / Е.Н. Зайцева // Электросвязь. – 2003. – № 6. – С. 37–39. 7. Харьбин А.В. О подходе к решению задачи выбора методологии оценки структурной надежности и живучести информационных систем критического применения / А.В. Харьбин, О.Н. Одарущенко // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – Х. : НАУ "ХАІ". – 2006. – № 6(18). – С. 61–70. 8. Головань С.М. Основи надійності інформаційних систем / С.М. Головань, О.В. Корнейко, О.С. Петров, В.О. Хорошко, Л.М. Щербак. – Луганськ : Вид-во "Наулідж", 2012. – 335 с. 9. Волочий Б.Ю.

- Системотехнічне проектування телекомунікаційних мереж / Б.Ю. Волочій, Л.Д. Озіровський. – Львів : Вид-во Львівська політехніка, 2012. – 128 с. **10. Гнатюк С.С.** Показники надійності систем зв'язку / С.С. Гнатюк, Л.М. Сакович // Зв'язок. – 2013. – № 5. – С. 8–12. **11. Yanliang Li, Rui Kang, Lin Ma, Lei Li.** Application and improvement study on FMEA in the process of military equipment maintenance. 9th International Conference on Reliability, Maintainability and Safety, 12-15 June 2011, Guiyang, China: Proc. IEEE, 2011, Vol. I, II, pp. 803–810. — DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/ICRMS.2011.5979402>. **12. Robert Thomson, John Lynn.** The benefits of using head mounted displays and wearable computers in a military maintenance environment. 2010 International Conference on Education and Management Technology (ICEMT), 2-4 November 2010, Cairo, Egypt: Proc. IEEE, 2010, pp. 560–564. — DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/ICEMT.2010.5657592>. **13. Qiao Ma, Guibo Yu, Lijun Cao, Jinhui Zhao, Bing Feng.** Decision-making model for ranking battlefield damaged equipment repairs based on multi-criteria. 2013 International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering (QR2MSE), 15-18 July 2013, Emeishan, Sichuan, China: Proc. IEEE, 2013, Vol. II, pp. 1942–1944. — DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/QR2MSE.2013.6625959>. **14. Haikuan Wang, Quan Shi, Fei Xiong, Kan Wang.** The application of TOPSIS on sequencing decision-making in equipment battlefield repair. 2013 International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering (QR2MSE), 15-18 July 2013, Emeishan, Sichuan, China: Proc. IEEE, 2013, Vol. II, pp. 1574–1578. — DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/QR2MSE.2013.6625876>. **15. Chunliang Chen, Wenhua Shi, Shixin Zhang** The key operation ascertaining of armored equipment parts batch-repair progress for quality monitoring based on FCE. 2013 International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering (QR2MSE), 15-18 July 2013, Emeishan, Sichuan, China: Proc. IEEE, 2013, Vol. II, pp. 1542–1545. — DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/QR2MSE.2013.6625867>. **16. Lenkov S.V., Zubarev V.V., Salimov R.M., Protsenko V.A.** “Formalization of process of carrying out of repair of components of radio-electronic equipment”, Visnik Cherkaskogo derzavnogo tehnologichnogo universitetu, pp. 20–22, 2009. **17. UddE.** Application of Fiber Optic Smart Structures // Opt. and Photon News. – 1996. Vol. 7, № 5. – P. 17–22. **18. Senior J. M.** Moss S.E., Cusworth S.D. Multiplexing Techniques for Noninterferometric Optical Point-Sensor Networks // Fiber and Integr. Opt. 1998. – Vol. 17, № 1. – P. 3–20. **19. Надійність техніки.** Терміни та визначення : ДСТУ 2860–94. – [Чинний від 1995-01-01]. – К. : Держстандарт України, 1995. – 90 с. – (Національний стандарт України). **20. Поповський В.В.** Методи априорної оцінки мережової надійності / В.В. Поповський, В.С. Волотка // Радіотехніка. – Харків : ХНУР, 2014. – Вип. № 178. – С. 20–23. **21. Рьжаков В.А.** Кількісне оцінювання структурної надійності систем зв'язку / В.А. Рьжаков, Л.М. Сакович // Зв'язок. – 2004. – № 4. – С. 53–57. **22. Минючкин А.И.** Управление топологией мобильной радиосети / А.И. Минючкин, В.А. Романюк // Зв'язок. – 2003. – № 2. – С. 28–33. **23. Вентцель Е.С.** Теория вероятностей. – М.: Высшая школа., 2002. – 275 с. **24. Сакович Л.Н.** Выбор средств измерений для технического обслуживания и текущего ремонта оборудования систем защиты информации / Л.Н. Сакович, В.А. Рьжаков, В.П. Павлов // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення систем захисту інформації в Україні. – К. : НТУУ “КПІ”, 2003. – Вип. № 7. – С. 77–85.

КОМПЛЕКСНОСТЬ ПОДХОДА К ОЦЕНИВАНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ СВЯЗИ ПО СООТВЕТСТВУЮЩИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ КАЧЕСТВА

Лев Николаевич Сакович (канд. техн. наук, доцент)¹

Вадим Петрович Романенко (канд. техн. наук)¹

Сергей Евгеньевич Гнатюк (канд. техн. наук)¹

Игорь Юрьевич Розум (канд. військ. наук, старший научный сотрудник)²

¹*Национальный технический университет Украины “Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского”, Киев, Украина*

²*Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина*

Повышение эффективности функционирования систем связи в современных условиях их развитие есть одной из актуальных научно-практических проблем. Особое внимание в решении этой проблемы уделяется вопросу количественной оценки эффективности функционирования определённых систем, причём не по отдельным показателям, а комплексно с учётом влияния всех показателей качества на результат применения системы по назначению. Публикация имеет цель формализации процесса комплексной оценки эффективности системы связи и показать на примере соблюдение требований по надёжности и готовности возможности упорядочить действия по её оценке с расчётом вероятностных показателей качества.

Оценка эффективности системы связи – многокритериальная задача определения реального состояния различных составляющих качества её функционирования. Предложенная формализация комплексной оценки эффективности с учётом влияния на её значения отдельных показателей качества. Научная новизна работы состоит в количественной оценке значения вероятностных показателей отдельных составляющих и комплексной оценки качества функционирования системы связи в целом. Полученные результаты целесообразно использовать как во время оценки эффективности существующих, так и при обоснованному выбору варианта развития перспективных систем связи.

Ключевые слова: *система связи, комплексная оценка эффективности функционирования системы*

A COMPLEXITY OF GOING IS NEAR EVALUATION OF EFFICIENCY OF FUNCTIONING THE COMMUNICATION NETWORKS ARE ON CORRESPONDING INDEXES OF QUALITY

Lev Nikolayevich Sakovich (Candidate of Technical Sciences, Associate Professor)¹

Vadim Petrovich Romanenko (Candidate of Technical Sciences)¹

Sergey Evgeniyevich Gnatyuk (Candidate of Technical Sciences)¹

Igor Yuriyevich Rozum (Candidate of Military Sciences, Senior science employer)²

¹*National Technical University of Ukraine the “Kyiv polytechnic institute of the name of Igor Sikorsky”, Kyiv, Ukraine*

²*National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv, Ukraine*

Improving the efficiency of communication systems in the modern conditions of their development is one of the most urgent scientific and practical problems. Particular attention is paid to the problem of quantifying the effectiveness of the functioning of these systems, and not on individual indicators, but in a complex way, taking into account the influence of all indicators of quality on the result of the system's intended use. The purpose of the publication is to formalize the process of comprehensive assessment of the effectiveness of the communication system and to demonstrate, by way of example, the observance of the requirements for reliability and readiness, the opportunity to streamline its evaluation activities with the calculation of probabilistic quality indicators.

Evaluation of the efficiency of the communication system is a multi-criteria problem of determining the real state of various components of the quality of its functioning. The formalization of the complex estimation of efficiency is proposed, taking into account the influence on its value of separate quality indicators. Scientific novelty of the work consists in quantitative estimation of the value of the probabilistic indices of individual components and a comprehensive assessment of the quality of the functioning of the communication system in general. The results obtained should be used both in assessing the effectiveness of existing and well-founded choices for the development of promising communication systems.

Keywords: communication system, complex evaluation of the functioning of the system system

References

- Oleynik V.F.** Base teori of Communications. – Kiev: Techniques, 2000. – 152 c. **2. Edward Golan**, Adam Kraśniewski, Janusz Romanik, Paweł Skarżyński, Robert Urban, “Experimental Performance Evaluation of the Narrowband VHF Tactical IP Radio in Test-Bed Environment”, Military Communications and Information Technology: A Trusted Cooperation Enabler, vol. 2, pp. 99-106, 2012. **3. United States.** Joint Chiefs of Staff, Defense Technical Information Center (DTIC). Joint Publication 6-0: Joint Communications System (2015, June 10). [Online]. Available: http://www.dtic.mil/doctrine/new_pubs/jp6_0.pdf. **4. Defense Information Network (DISN) ARCHITECTURE.** – DISA, Center for Systems Engineering. Version 1.2c, April 1998. **5. Signal** battalion recognized for outstanding support, The Maple Leaf, 28 September 2007, Vol. 10, No. 6. **6. Zayceva E.M.** Researches of reliability of the informative systems / E.M. Zayceva // Electro Communications. – 2003. – № 6. – С. 37-39. **7. Habarin A.V.** About going near the decision of task of choice of methodology. / A.V. Habarin, O.M. Odaruschenko // Radioelectronic and Computer System. – Harkiv: NAU “HAI”. – 2006. – № 6 (18). – С. 61–70. **8. Goloman S.M.** Base reliability Information System / S.M. Goloman, O.V. Komeyko, O.S. Petrov, V.O. Horoshko, L.M. Scherbak. – Lugansk: “Naulidg”, 2012. – 335c. **9. Volochiy B.Yu.** System engineering design of telecommunication networks / B.Yu. Volochiy, L.D. Ozirovskiy. – Lvov: Lvovska politehnic, 2012. – 128 c. **10. Gnatyuk S.E.** Показники reliability Sistem of Communications / S.E. Gnatyuk, L.N. Sakovich // Communications. – 2013. – № 5. – С. 8–12. **11. Yanliang Li**, Rui Kang, Lin Ma, Lei Li. Application and improvement study on FMEA in the process of military equipment maintenance. 9th International Conference on Reliability, Maintainability and Safety, 12-15 June 2011, Guiyang, China: Proc. IEEE, 2011, Vol. I, II, pp. 803–810. – DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/ICRMS.2011.5979402>. **12. Robert Thomson**, John Lynn. The benefits of using head mounted displays and wearable computers in a military maintenance environment. 2010 International Conference on Education and Management Technology (ICEMT), 2-4 November 2010, Cairo, Egypt: Proc. IEEE, 2010, pp. 560–564. – DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/ICEMT.2010.5657592>. **13. Qiao Ma**, Guibo Yu, Lijun Cao, Jinhui Zhao, Bing Feng. Decision-making model for ranking battlefield damaged equipment repairs based on multi-criteria. 2013 International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering (QR2MSE), 15-18 July 2013, Emeishan, Sichuan, China: Proc. IEEE, 2013, Vol. II, pp. 1942–1944. – DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/QR2MSE.2013.6625959>. **14. Haikuan Wang**, Quan Shi, Fei Xiong, Kan Wang. The application of TOPSIS on sequencing decision-making in equipment battlefield repair. 2013 International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering (QR2MSE), 15-18 July 2013, Emeishan, Sichuan, China: Proc. IEEE, 2013, Vol. II, pp. 1574–1578. – DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/QR2MSE.2013.6625876>. **15. Chunliang Chen**, Wenhua Shi, Shixin Zhang. The key operation ascertaining of armored equipment parts batch-repair progress for quality monitoring based on FCE. 2013 International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering (QR2MSE), 15-18 July 2013, Emeishan, Sichuan, China: Proc. IEEE, 2013, Vol. II, pp. 1542–1545. – DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/QR2MSE.2013.6625867>. **16. Lenkov S.V**, Zubarev V.V., Salimov R.M., Protzenko V.A. “Formalization of process of carrying out of repair of components of radio-electronic equipment”, Visnik Cherkaskogo derjavnogo tehnologichnogo universitetu, pp. 20–22, 2009. **17. Udde.** Application of Fiber Optic Smart Structures // Opt. and Photon News. – 1996. Vol. 7, № 5. – P. 17–22. **18. Senior J. M.** Moss S.E., Cusworth S.D. Multiplexing Techniques for Noninterferometric Optical Point-Sensor Networks // Fiber and Integr. Opt. 1998. – Vol. 17, № 1. – P. 3–20. **19. Reliability Indicators** Reliable Terms and definitions: DSTU 2860-94. – [Effective from 1 January 1995-01-01]. – K.: Gosstandart of Ukraine, 1995. – 90 p. – (National Standard of Ukraine). **20. Popovskiy V.V.** Methods of a priori assessment of network reliability / V.V. Popovskiy, V.S. Volotka // Radiotechniques. – Harkov: HNUR, 2014. – Вип. № 178. – С. 20–23. **21. Rizchakov V.A.** Quantitative assessment of structural reliability Sistem of Communications / V.A. Rizchakov, L.N. Sakovich // Communications. – 2004. – № 4. – С. 53–57. **22. Minochkin A.I.** The management of the topology of the mobile radio network / A.I. Minochkin, V.A. Romanyuk // Communications. – 2003. – № 2. – С. 28–33. **23. Ventcel E.S.** The theory of probabilities. – M.: Higher school., 2002. – 275 c. **24. Sakovich L.N.** Choice of measuring instruments for maintenance and current repair of equipment for information security systems / L.N. Sakovich, V.A. Rizchakov, V.P. Pavlov // Legal, normative and metrological provision of information security systems in Ukraine. – K.: NTUU “KPI”, 2003. – V. № 7. – С. 77–85.