

ВОЛОШКО С.В.

- підполковник, кандидат технічних наук, начальник кафедри комплексів військового зв'язку Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України "КПІ", м. Полтава

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПІДСИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ І АВТОМАТИЗАЦІЇ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКАМИ (СИЛАМИ)

У статті розглянутий взаємозв'язок між ефективністю функціонування системи зв'язку і автоматизації та ефективністю управління військами. Визначені показники ефективності системи зв'язку і автоматизації, які найчастіше вживаються. Приведені методики розрахунку показників ефективності систем зв'язку і автоматизації, створені на основі моделювання основних її властивостей.

Система зв'язку і автоматизації, оцінка ефективності, показник ефективності.

Система зв'язку і автоматизації функціонує в рамках більшої системи – системи управління військами (силами) і тому впливає на якість управління й ефективність бойових дій [1–3]. Для підвищення ефективності управління військами та бойовими засобами необхідно підвищувати ефективність системи зв'язку і автоматизації.

Оцінка ефективності систем зв'язку і автоматизації, як складних систем, в методологічному плані повинна базуватися на основних положеннях теорії складних систем, теорії ефективності, теорії дослідження операцій і системного аналізу.

Ефективність простих дій може бути оцінена по єдиному показнику. При оцінці такої складної системи, якою є система зв'язку і автоматизації, часто виникає необхідність залучення декількох показників ефективності, що викликає необхідність вирішення завдання багатокритеріальної оптимізації. У деяких випадках цього можна уникнути, визначивши основний і додаткові показники. Основний показник повинен відповідати головній меті дії, з досягненням якої вирішується поставлене завдання. Додаткові показники покликані характеризувати стан сил і засобів, просторово-часові й інші умови або обмеження. В даний час оцінка ефективності систем зв'язку і автоматизації проводиться за допомогою одного показника [4–6] і не існує методики оцінки ефективності систем зв'язку і автоматизації, яка б спиралася на комплексне дослідження найбільш істотних її властивостей.

Метою статті є розробка методики оцінки ефективності функціонування системи зв'язку і автоматизації, яка складається з методик розрахунку основних її властивостей.

Система зв'язку і автоматизації повинна бути завжди в постійній готовності до забезпечення управління військами, силами й бойовими засобами, володіти високою стійкістю, мобільністю, необхідною перепускною здатністю й задовольняти вимогам безпеки.

Кожна з перерахованих вимог до системи зв'язку і автоматизації відноситься до її найбільш істотних властивостей, сукупність яких характеризує об'єкт розгляду – систему зв'язку і автоматизації. По суті, модель системи зв'язку і автоматизації, створювана з метою обґрунтування рішень щодо організації зв'язку, є сукупність ряду часткових моделей, які можуть використовуватися або в комплексі, або окремо. Важливо відзначити, що методики розрахунку показників ефективності систем зв'язку і автоматизації, що викладаються далі, створені на основі моделювання основних її

властивостей, орієнтовані в першу чергу на відтворення характеристик мережі електрозв'язку, тобто тієї частини системи військового зв'язку, що забезпечує можливість обміну інформацією з використанням електричних сигналів.

Найбільш часто використовувані показники ефективності систем зв'язку і автоматизації наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Показники ефективності системи зв'язку і автоматизації

| Оцінювані властивості | Показники |
|-------------------------|--|
| 1. Бойова готовність | – ймовірність своєчасного виконання необхідного комплексу заходів щодо переведення системи зв'язку в заданий ступінь готовності за установлений час; – час переведення системи зв'язку в необхідну ступінь бойової готовності. |
| 2. Перепускна здатність | – максимальна швидкість передачі сигналів; – кількість стандартних каналів на напрямку зв'язку; – математичне очікування кількості каналів на напрямку зв'язку. |
| 3. Стійкість | – коефіцієнт справної дії й середній час справної роботи напрямку зв'язку; – ймовірність того, що час перерви зв'язку не перевищить заданої (припустимої) величини; – ймовірність виживання напрямку зв'язку; – математичне очікування кількості працездатних (збережених) каналів на напрямку зв'язку; – ймовірність зв'язності пари вузлів у мережі. |
| 4. Мобільність | – ймовірність своєчасного виконання визначеного комплексу робіт зі зміни структури системи зв'язку; – припустимий час виконання завдань із заданою надійністю. |
| 5. Безпека | – математичне очікування числа елементів системи зв'язку, розкритих технічними засобами розвідки противника за певний час; – ймовірність виявлення елементів системи зв'язку; – час розкриття певного числа елементів системи зв'язку із заданою ймовірністю; – коефіцієнт безпеки системи зв'язку. |

Кількісними характеристиками готовності системи зв'язку і автоматизації до забезпечення управління військами є час переведення системи зв'язку і автоматизації в необхідний ступінь бойової готовності і ймовірність своєчасного виконання необхідного комплексу заходів за встановлений час.

Постійна готовність системи зв'язку і автоматизації до забезпечення управління військами в будь-яких умовах обстановки не може бути досягнута без високої бойової готовності військ зв'язку.

Постійна готовність системи зв'язку і автоматизації забезпечується своєчасним й організованим проведенням військами зв'язку заходів і робіт у відповідності з установленим ступенем бойової готовності військ (сил). Основою постійної готовності системи зв'язку і автоматизації є завчасне і якісне планування.

Методика розрахунку стійкості системи зв'язку і автоматизації

Порушення процесу передачі інформації в системі зв'язку і автоматизації можуть відбуватися під впливом різних факторів, які, у силу причин, які їх викликають, можуть діяти на протязі обмеженого (хвилини, години) або тривалого (десятьки годин) часу.

Фактори, обумовлені техніко-експлуатаційною надійністю, порушеннями умов електромагнітної сумісності, ненавмисними й навмисними перешкодами, впливають на систему зв'язку і її елементи багаторазово й характеризуються стійкою повторюваністю в ході ведення операцій. Процес функціонування системи зв'язку і автоматизації з урахуванням цієї групи факторів

можна розглядати як близький до стаціонарного, а їхній вплив оцінювати ймовірнісно-часовими характеристиками, прийнятими в теорії надійності.

В якості основних показників оцінки стійкості системи зв'язку і автоматизації щодо цієї групи факторів використовуються коефіцієнт справної дії K_c і середній час справної роботи T_c або простою T_n , віднесені до окремого елемента або напрямку зв'язку. У ряді випадків більш зручною може виявитися гарантована оцінка по ймовірності того, що час переговорів зв'язку не перевищує заданої (припустимої) величини. Для багатоканальних напрямків зв'язку додатковим показником стійкості напрямку зв'язку по цій групі факторів може виступати середня очікувана кількість працездатних каналів.

Фактори, обумовлені застосуванням ядерної і звичайної (у тому числі й високоточної) зброї, не мають стійкої повторюваності за час функціонування системи зв'язку і автоматизації в одній операції і призводять, як правило, до втрат техніки зв'язку або до тривалого її відновлення в ремонтно-відновлювальних органах. Вплив цих факторів, як правило, враховується під час оцінки живучості системи зв'язку і автоматизації.

Наявність зазначених факторів дуже ускладнює введення аналітичного виразу для показника стійкості як інтегральної характеристики системи зв'язку і автоматизації. Однак часто, особливо під час моделювання своєчасності зв'язку, необхідно мати таке поняття, що відображало б вплив на зв'язок всіх факторів, що приводять до його відмов. Застосування інтегрального показника не припускає виключення понять надійності, живучості й завадостійкості. Показник стійкості є функцією показників системи по цих часткових її властивостях.

Стосовно одиночного каналу зв'язку характеристики стійкості системи зв'язку і автоматизації щодо факторів першої групи мають як часовий, так і ймовірнісний зміст.

Чисельно K_c дорівнює відношенню сумарної тривалості періодів справної роботи t_c до загального часу роботи каналу T (для стаціонарного режиму при $T \rightarrow \infty$)

$$K_c = \frac{\sum_{i=1}^m t_{ci}}{T},$$

а коефіцієнт простою

$$K_n = 1 - K_c.$$

Середній час справної роботи T_c є математичним очікуванням тривалості інтервалів справної роботи й чисельно дорівнює

$$T_c = \frac{\sum_{i=1}^m t_{ci}}{m},$$

де $m \rightarrow \infty$ – кількість інтервалів справної роботи.

Відповідно, середній час простою дорівнює

$$T_n = \frac{\sum_{i=1}^n t_{ni}}{n},$$

де $n \rightarrow \infty$ – кількість інтервалів несправної роботи.

Якщо потік відмов пуассонівський з параметром $\lambda = \frac{1}{T_c}$, а тривалість перерв зв'язку розподілена за показовим законом

$$P_{(t_{ci} < t)} = 1 - e^{-\frac{t}{T_n}},$$

то ймовірність того, що в будь-який момент часу в інтервалі T канал буде перебувати в справному стані, дорівнює:

$$P_{c(t)} = \frac{1}{1 + \frac{\lambda}{\mu} \times \left[1 - \frac{\lambda}{\mu} \times e^{-(\lambda + \mu) \times t} \right]},$$

де $\mu = \frac{1}{t_{обс\ сер}}$ – інтенсивність обслуговування.

При досить великому часі роботи каналу (напрямку) зв'язку можна вважати, що $T, t \rightarrow \infty$. У цьому випадку маємо

$$P_c = \frac{1}{1 + \lambda / \mu} = \frac{T_c}{T_c + T_n} = K_c.$$

Звідси впливає можливість ймовірнісного трактування K_c і заміни (при виконанні відповідних умов) часового усереднення усередненням по ймовірності й навпаки, що широко використовується в практиці розрахунків зі зв'язку.

Розглянутий часовий і ймовірнісний зміст K_c повною мірою зберігається й стосовно складених каналів, а також окремих зв'язків, коли до кожного комплекту кінцевої апаратури здійснено підключення робочих і резервного (резервних) каналів, причому сукупність цих каналів може розглядатися як одиночний канал з еквівалентними характеристиками стійкості.

У разі впливу на елементи напрямку зв'язку (окремі лінії) факторів першої групи показники стійкості визначаються техніко-експлуатаційною надійністю ($K_{сн}$, $T_{сн}$) і заводстійкістю засобів зв'язку ($K_{сз}$, $T_{сз}$) і, у припущенні про незалежність впливу цих факторів, можуть бути розраховані у співвідношеннях

$$K_{c\ лз} = K_{сн} \times K_{сз},$$

$$T_{c\ лз} = \frac{T_{сн} \times T_{сз}}{T_{сн} + T_{сз}}.$$

Вплив факторів другої групи, як правило, оцінюється ймовірнісними величинами – ймовірністю виживання $P_{ви.жс}$ напрямку зв'язку або ймовірністю його враження $P_{вра.жс}$.

З огляду на викладене й припускаючи, що вплив факторів першої й другої груп взаємозалежні, у якості інтегрального показника стійкості напрямку зв'язку можна використати ймовірність функціонування (простою) напрямку зв'язку P_{ϕ} , фізичний зміст якого полягає в тому, що в будь-який довільно взятий момент часу існує певна ймовірність застати напрямком зв'язку в працездатному (або непрацездатному) стані

$$P_{\phi} = K_{слз} \times P_{виж},$$

$$P_{враз} = 1 - P_{\phi}.$$

Методика розрахунку перепускної здатності системи зв'язку

Перепускна здатність системи військового зв'язку характеризує потенційну можливість системи щодо передачі потоків повідомлень за одиницю часу. Як правило, перепускна здатність визначається для кожної двополюсної мережі системи зв'язку і автоматизації (пари вузлів зв'язку, лінії зв'язку, каналу між вузлами зв'язку або абонентами).

Внаслідок того, що перепускна здатність певним чином пов'язана зі швидкістю передачі сигналів у каналі зв'язку й ступенем використання каналів, розрізняють теоретичну й експлуатаційну перепускну здатність.

Теоретична або шеннонівська перепускна здатність – це максимальна швидкість передачі повідомлень. При використанні оптимальних способів передачі й прийому теоретична перепускна здатність визначається відомою формулою Шеннона:

$$C_e = \Delta F \times \log_2 \left(1 - \frac{P_c}{P_n} \right),$$

де ΔF – ширина смуги частот перепускання каналу, Гц;

P_c – середня потужність сигналу, Вт;

P_n – середня потужність перешкод у каналі, Вт.

Цей вираз дає верхню, фізично недосягну межу для швидкості передачі інформації, тому що при його виведенні зроблена передумова про ідеальне завадостійке кодування, що вимагає для своєї реалізації нескінченно великого часу і, отже, приводить до нескінченно великого часу передачі інформації.

Експлуатаційна перепускна здатність для кожної двополюсної мережі може бути визначена за формулою

$$C_e = K_e \times K_{не} \times C,$$

де K_e – коефіцієнт експлуатаційної ефективності, який визначається як відношення корисного часу до загального часу використання мережі;

$K_{не}$ – коефіцієнт використання двополюсної мережі при використанні визначених заходів підвищення вірогідності;

C – теоретична перепускна здатність двополюсної мережі.

Експлуатаційна перепускна здатність також вимірюється в біт/с, але може перераховуватися на стандартні знаки, слова й повідомлення за різні одиниці часу.

При послідовному з'єднанні елементів експлуатаційна перепускна здатність двополюсної мережі C_{eij} дорівнює перепускній здатності елементу, що володіє мінімальною експлуатаційною перепускною здатністю

$$C_{eij} = \min C_{es}, s = 1, n.$$

При паралельному з'єднанні двополюсних мереж експлуатаційна перепускна здатність підсумовується:

$$C_{e\Sigma} = \sum_{i=1}^s C_{ei}, i = 1, s.$$

Однак необхідно мати на увазі, що швидкість передачі інформації не є вичерпною і в теоретичному відношенні досить строгою мірою перепускної здатності. Це, у першу чергу, витікає з того, що:

- швидкість не враховує дійсної кількості інформації, що може нести окремий вид зв'язку;
- максимальна швидкість передачі для одного й того ж каналу (з визначеними технічними характеристиками) не є однозначною в тому розумінні, що її значення залежить від необхідної вірогідності.

Виходячи із цього більш правильно при розрахунку перепускної здатності системи зв'язку користуватися величинами, що мають однозначну оцінку для всіх видів зв'язку. В якості таких величин для напрямків зв'язку можуть бути обрані час заняття каналів зв'язку для забезпечення передачі повідомлень по мережі за певний проміжок часу або кількість задіяних на напрямку каналів зв'язку.

Сумарний час заняття каналів зв'язку для забезпечення передачі повідомлень по мережі зв'язку за одиницю часу називається навантаженням. Чисельно навантаження виражається в годинах-заняттях каналів зв'язку. Одиниця вимірювання навантаження – Ерланг – відповідає одній годині заняття каналу за годину. Навантаження на напрямку зв'язку створюється потоком інформації, що характеризується інтенсивністю λ і середнім часом передачі заявок різних видів зв'язку t_{ni} . При вираженні інтенсивності заявок кількістю повідомлень за годину, а часу передачі годинами, навантаження в Ерлангах визначається як

$$Z = \lambda \times t_n.$$

Однак значення перепускної здатності в одиницях навантаження хоча й відображає істотні сторони перепускної здатності системи зв'язку і автоматизації, але мало показове при обґрунтуванні рішень на організацію зв'язку. Більш прийнятною характеристикою перепускної здатності напрямку зв'язку може бути кількість каналів з обговореними параметрами. Цей показник в оціночному плані можна визначити як

$$N_k = \sum_{i=1}^l K_{ei} \times n_i,$$

де N_k – перепускна здатність k -го напрямку зв'язку (каналів зв'язку);

K_{ei} – коефіцієнт експлуатаційної ефективності каналів у i -му пучку;

n_i – кількість каналів для визначеного виду зв'язку в i -му пучку;

l – кількість пучків каналів.

Методика розрахунку безпеки системи зв'язку і автоматизації

Безпека системи військового зв'язку визначається розвідзахищеністю й імітостійкістю елементів системи зв'язку і автоматизації і в цілому досягається своєчасним проведенням цілого комплексу організаційних і технічних заходів. До числа зазначених заходів відносяться контроль і аналіз використання апаратури засекречування, виконання встановлених режимів роботи засобів

зв'язку, заходів маскуванню, вимог щодо прихованого управління військами, охорона й оборона елементів системи зв'язку і автоматизації і т.д.

Оцінка безпеки системи зв'язку і автоматизації є одним з найбільш складних завдань під час оцінки ефективності системи зв'язку, оскільки при цьому виникають значні труднощі по створенню адекватної моделі системи. Одну зі складових безпеки – розвідвахищеність – можна оцінити ймовірністю виявлення елементів системи зв'язку і автоматизації, яка визначається на підставі положень теорії пошуку об'єктів.

При обґрунтуванні рішення на організацію зв'язку більш прийнятним показником безпеки системи зв'язку і автоматизації може бути коефіцієнт безпеки K_B , який визначається виразом:

$$K_B = \frac{\sum_i^k \alpha_i}{k},$$

де α_i – коефіцієнт, що характеризує частку заходів щодо забезпечення безпеки системи зв'язку і автоматизації, для виконання яких є часові й матеріальні ресурси, але по відношенню до загальної кількості заходів, які необхідно провести;

K – загальна кількість заходів, визначена керівними вимогами щодо організації управління й зв'язку.

Висновок

При оцінці систем зв'язку і автоматизації найчастіше обмежуються їх власною (внутрішньою) ефективністю, під якою прийнято розуміти ступінь пристосованості системи до забезпечення потреб управління по передачі інформації із заданою якістю в будь-яких умовах обстановки з урахуванням матеріальних витрат на її створення й експлуатацію. Варто підкреслити, що тут мова йде про оцінку відносної ефективності системи зв'язку, під якою розуміється результат зіставлення кількісних показників, що дозволяють судити про переваги й недоліки одного варіанту системи стосовно інших її варіантів. Урахувати всі показники ефективності функціонування системи зв'язку і автоматизації при організації зв'язку практично важко, а найчастіше й неможливо. Найбільш важливим і складним заходом для підвищення ефективності функціонування системи зв'язку і автоматизації є забезпечення високої перепускної спроможності.

Одним з напрямків наступних досліджень варто виділити розробку методики розрахунку бойової готовності ефективності системи зв'язку і автоматизації.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Стороженко О. В. Перспективи розвитку автоматизованих та інформаційних систем, системи безпеки зв'язку та інформатизації в Збройних Силах України. Перспективи щодо переозброєння Збройних Сил України на сучасні засоби зв'язку / О. В. Стороженко // Збори керівного складу військ зв'язку, 30 травня – 1 червня 2007 р.: тези виступу: – Севастополь, 2007.
2. Алтухов П. К. Основы теории управления войсками / П. К. Алтухов, И. А. Афонский, И. В. Рыболовский, А. Е Татарченко // – М.: Воениздат, 1984. – 220 с.
3. Безбах В. С. Організація управління військами як наукова категорія теорії управління військами в сучасних умовах / В. С. Безбах, О. А. Заболотний, М. С. Заборовський // Збірник наукових праць НАОУ. – 2003. – № 43.
4. Шевченко В. О. Системний підхід до розроблення методологічних основ дослідження телекомунікаційних мереж військового призначення / В. О. Шевченко, Ю. М. Доленко // Наука і оборона. – 2004. – № 4. – С. 42–46.
5. Методики по расчету и оценке полевых систем связи // Курс лекций. – Л.: ВАС, 1985.

6. Оліфер В.Г. Комп'ютерні мережі. Принципи, технології, протоколи / В. Г. Оліфер, Н. А. Оліфер // Підручник для вузів. – С-Пб.: Питер, 2004. – 863 с.

Стаття рекомендована до друку кафедрою комплексів військового зв'язку Військового інституту телекомунікацій та інформатизації НТУУ "КПІ".

Рецензент: полковник Дружинін С.В., к. військ. н., доцент, начальник факультету засобів військового зв'язку Військового інституту телекомунікацій та інформатизації НТУУ "КПІ".

Контактний телефон: (0532)534218 (дод. 3-14-52)

E-mail: woloshko@mail.ru

“ _____ ” _____ 2011 р. _____ С.В. Волошко