

УДК 621.39

О. К. БАСАРАБ, викладач кафедри зв'язку, автоматизації та захисту інформації Національної академії Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА НАУКОВО-МЕТОДИЧНОГО АПАРАТУ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЕРЖАВНОЇ ПРИКОРДОННОЇ СЛУЖБИ УКРАЇНИ

У статті представлено результати експериментальної перевірки науково-методичного апарату підвищення ефективності функціонування телекомунікаційної системи Державної прикордонної служби України. Розглянуто етапи проведення експерименту. Приведені чисельні показники ефективності розробленого науково-методичного апарату.

Ключові слова: експеримент, ефективність, телекомунікаційна система, інформаційно-телекомунікаційна система, доступність.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Сучасний етап розвитку питань охорони державного кордону України та забезпечення прикордонної безпеки характеризується рядом трансформацій, зокрема інформаційними трансформаціями, які пов'язані з удосконаленням інформаційного забезпечення та впровадженням новітніх інформаційних технологій [1; 2].

У роботі [3] було проаналізовано стан телекомунікаційної системи (ТКС) Державної прикордонної служби України (ДПСУ). Результатом аналізу став висновок щодо існування протиріч між вимогами щодо доступності телекомунікаційної системи та реальним рівнем забезпечення даного показника телекомунікаційною системою. У дослідженні [3] також було сформо-

вано напрямки можливих підходів до створення науково-методичного апарату, який би дозволив оцінити та підвищити ефективність функціонування ТКС ДПСУ з огляду на ефективність оперативно-службової діяльності (ОСД) підрозділів охорони кордону при використанні інформаційно-телекомунікаційних систем (ІТС) в умовах невизначеності окремих показників.

Для вирішення зазначеного протиріччя розроблено науково-методичний апарат підвищення ефективності функціонування ТКС ДПСУ, який дозволив здійснити раціональний вибір структури мережевої складової ІТС ДПСУ з резервуванням каналів і використанням протоколу динамічної маршрутизації [4–9].

З метою перевірки достовірності запропонованого науково-методичного апарату було проведено експеримент на прикладі діючого елемента ТКС ДПСУ органу охорони державного кордону.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми та на які опирається автор. Питанням ефективної побудови телекомунікаційних систем спеціального призначення присвячені дослідження багатьох вчених, зокрема В. М. Вишневського, А. Б. Гольштейна, С. А. Яковлева, А. Н. Борисова, І. С. Катеринчука. Дослідженням експертизи телекомунікаційних систем спеціального призначення присвячено роботи В. М. Періга. Однак у них не враховувались особливості функціонування телекомунікаційної системи ДПСУ.

Метою статті є перевірка достовірності розробленого науково-методичного апарату.

Виклад основного матеріалу дослідження. Найкращим способом перевірки, безумовно, є експеримент із застосуванням реально діючої телекомунікаційної системи.

У ході проведення експерименту елемент ІТС “Гарт-1” Луганського прикордонного загону оцінено із застосуванням запропонованої системи показників оцінки ефективності функціонування ТКС [7]. Після чого, відповідно до розробленої технології [9], було внесено зміни в побудову ТКС органу охорони державного кордону. На завершальному етапі проведена комплексна оцінка значення показників ефективності функціонування ТКС та порівняння їх з початковими значеннями.

Етапи проведення експерименту.

Розглянемо міжнародний пункт пропуску для автомобільного сполучення “Должанський” ВПС “Бірюкове” Луганського прикордонного загону. Стан працездатності програмно-технічного комплексу, укомплектова-

ність засобами автоматизації у зв'язку зі стандартною комплектацією обладнання, умовами функціонування в цілому відображає працездатність ПТК АПК "Гарт-1/П" в інших пунктах пропуску через державний кордон.

Обмін даними з центральним сервером даних ІТС "Гарт-1", підключення до БД "Ризик", "ДАІ" здійснюється з використанням станції космічного зв'язку (PES-5000).

Загальний час непрацездатності системи передачі даних у 2011 році склав 143 години.

Рахуємо коефіцієнт непрацездатності:

$365 \cdot 24 = 8\,760$ годин усього у році;

143 години за рік система непрацездатна;

$(143 \cdot 100) / 8\,760 = 1,63\%$ від загального часу система передачі даних була у непрацездатному стані.

Таким чином, доступність системи складає $100\% - 1,63\% = 98,37\%$. Отже, лише $98,37\%$ від загального часу система передачі даних забезпечує стійкий зв'язок.

При цьому:

$98,37 \ll 99,999$ ($99,999$ – загальноприйняте задовільне значення показника доступності для ТКС).

Тобто стан працездатності системи передачі даних не задовольняє визначені критерії надійності.

Для якісної оцінки стану системи передачі даних відділів прикордонної служби визначимо доступність мережі ще для декількох пунктів пропуску через державний кордон:

ППр "Просяне" ВПС "Марківка" – $98,61\%$;

ППр "Красна Талівка" ВПС "Красна Талівка" – $98,26\%$;

ППр "Танюшівка" ВПС "Білолуцьк" – $98,43\%$;

ППр "Ізварине" ВПС "Краснодон" – $98,16\%$.

Аналіз отриманих результатів показує, що середній час t , необхідний на відновлення працездатності системи передачі даних у пункті пропуску складає:

$$t = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}{5} = \frac{143 \text{ год} + 122 \text{ год} + 153 \text{ год} + 138 \text{ год} + 162 \text{ год}}{5} = 143,6 \text{ год}, \quad (1)$$

де t_1, t_2, t_3, t_4, t_5 – час на відновлення працездатності мережі в кожному з пунктів пропуску відповідно.

На підставі отриманих результатів розрахуємо середньо-математичне очікування k часу непрацездатності системи передачі даних в пунктах пропуску:

$$k = \frac{1,63 + 1,39 + 1,74 + 1,57 + 1,84}{5} = 1,634 \%, \quad (2)$$

Для обчислення математичного очікування доступності мережі використовуємо такий вираз:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}, \quad (3)$$

де D_i – доступність мережі i -го пункту пропуску; n – кількість пунктів пропуску.

У результаті обчислень математичне очікування основного показника, який визначає доступність мережі, отримане на основі дослідження п'яти пунктів пропуску, становить $\bar{D} = 98,366 \%$.

Середня дисперсія в ході проведення статистичної обробки складає $\bar{\sigma} = 0,125 \%$, що підкреслює достовірність отриманих результатів. Визначимо ймовірність відсутності актуальної інформації у базі даних програмно-технічного комплексу автоматизації прикордонного контролю "Гарт-1/П", використовуючи вираз, який отриманий у [5]:

$$P_{\sigma\sigma} = \frac{v_0 \cdot T_p}{20000 \cdot M \cdot l} \cdot (100 - D)^2. \quad (4)$$

Підставимо у (4) отримане математичне очікування доступності існуючої мережі і отримаємо значення показника ефективності прикордонного контролю з використанням ТКС $P_{\sigma\sigma} = 4,87 \cdot 10^{-7}$

Аналогічним чином проведені розрахунки для елемента ІТС прикордонної служби "Гарт-3". Отримано значення показника ефективності прикордонної служби з використанням ТКС $P_{nc} = 0,015$.

У подальшому будемо вважати, що архітектура ІТС "Гарт-1" та "Гарт-3" не відрізняється з точки зору мережевої складової. Отже, зроблено висновок, що існуюча архітектура мережі ДПСУ не забезпечує її функціонування відповідно до загальноприйнятих вимог до доступності (99,999 %).

При цьому значення імовірнісних показників ефективності ОСД також не задовольняють вимоги. Тому надзвичайно актуальним є питання вдосконалення мережевої складової, зокрема шляхом раціональної перебудови її архітектури за рахунок резервування каналів передачі даних.

З метою підвищення ефективності функціонування ІТС використано технологію раціонального вибору побудови мережевої складової ІТС ДПСУ з резервуванням каналів і використанням протоколу динамічної маршрутизації [9]. Для застосування цієї технології визначено множини можливих варіантів архітектури мереж з використанням резервних каналів (рис. 1):

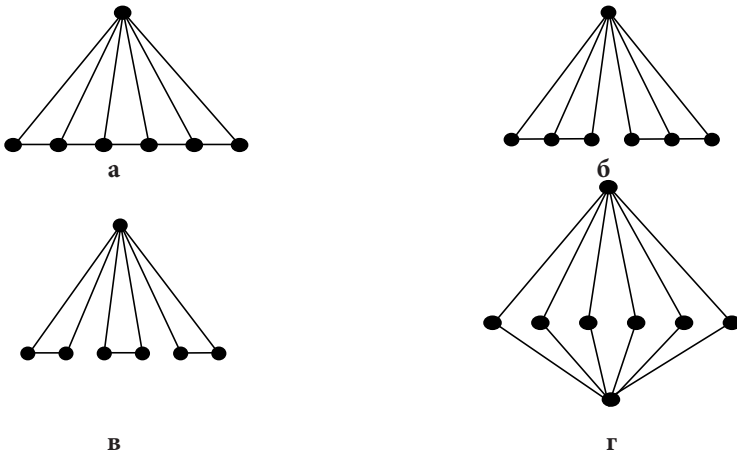


Рис. 1. Варіанти архітектури мережевої складової ІТС "Гарт-1" ДПСУ з використанням резервування каналів

Відповідно до технології визначення раціональної будови мережі [9] для кожної з архітектури була побудована модель у програмі CISCO Packet Tracer та проведено обчислення показників [7], у тому числі і тих, які є нечіткими.

Для тих мереж, значення показників яких відповідали вимогам, на основі моделювання були визначені нечіткий час відновлення мережі при виході з ладу основного каналу (для його визначення використовувалась статистична обробка відповідно до технології [9]) та імовірнісні показники ефективності ОСД.

Результуючі дефазифіковані значення імовірнісного показника ефективності ОСД для різних варіантів архітектур наведені на рис. 2.

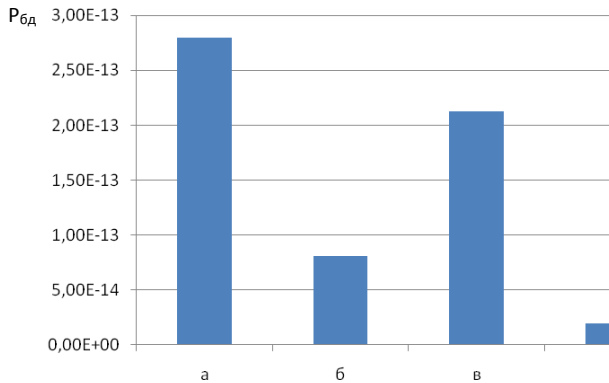


Рис. 2. Дефазифіковані значення імовірнісного показника ефективності ОСД

З проведених розрахунків випливає, що результуючою найкращою архітектурою мережі є рис. 1, варіант г.

З метою практичної перевірки результатів моделювання за основу було взято фрагмент існуючої мережі, яка забезпечує передачу інформації між ППР “Должанський” (ВПС “Бірюкове”), ППР “Просяне” (ВПС “Марківка”) і центральним сервером передачі даних (Адміністрація ДПСУ). Для утворення резервного каналу зв’язку було використано VPN з’єднання через мережу Internet. Фізично додаткове з’єднання реалізоване з використанням 3G модемів і мережі стільникового зв’язку “Київстар”.

З метою забезпечення автоматичного відновлення зв’язку при виході з ладу основного каналу в конфігурацію маршрутизаторів були внесені зміни щодо переведення на використання динамічної маршрутизації за протоколом EIGRP.

Дослідження доступності системи у випадку використання резервування відповідно до визначеної раціональної архітектури побудови мережі проводилось за технологією [9], а саме: з допомогою відправки ICMP пакетів здійснювався моніторинг доступності мережі; у довільні моменти часу фізично відключався основний канал зв’язку і вимірювався час на відновлення працездатності.

Використання резервування каналів дозволило суттєво покращити значення як показника ефективності прикордонного контролю з використанням ТКС, так і комплексного ймовірнісного показника. Звичайно,

запропонована технологія, яка ґрунтується на оптимізації побудови мережі саме за цим показником, дозволяє отримати найкращі результати.

За існуючою методикою були отримані:

значення показника ефективності прикордонного контролю з використанням ТКС $P_{\text{бд}} = 2,73 \cdot 10^{-13}$;

значення показника ефективності прикордонної служби з використанням ТКС $P_{\text{нс}} = 0,00000143$.

Використання запропонованої технології дозволило отримати такі значення показників ефективності ОСД:

$$P_{\text{бд}} = 1,94 \cdot 10^{-14},$$

$$P_{\text{нс}} = 0,00000082.$$

У порівнянні з існуючою методикою досягається покращення комплексного ймовірнісного показника на 43 %. Доступність мережі при цьому покращилась від незадовільного значення 98,366 % до 99,999635 %, що відповідає сучасним вимогам, до вискоефективних мереж за цим показником.

Висновок. При порівнянні результатів експериментального дослідження з результатами моделювання, яке проводилось у межах технології визначення раціональної структури інформаційно-телекомунікаційної системи Державної прикордонної служби України на основі використання резервних каналів, можна зробити висновок про їх збіжність. Це підтверджує достовірність отриманих результатів.

Шляхом **подальших наукових досліджень** доцільно вважати дослідження впливу особливостей налаштування протоколів динамічної маршрутизації та служб QoS на ефективність функціонування телекомунікаційної системи ДПСУ.

Список використаної літератури

1. Литвин М. М. Нові підходи до охорони державного кордону в сучасних умовах / М. М. Литвин // Честь і закон. – 2008. – № 2. – С. 3–8.
2. Литвин М. М. Стратегія розвитку Державної прикордонної служби України / М. М. Литвин // Збірник наукових праць. – Хмельницький : Вид-во НАДПСУ, 2007. – № 39. – Ч. II. – С. 33–38.
3. Basarab O. K. Formation of approaches to the creation of scientific and analytical apparatus to enhance the functioning SBS telecommunications system / O. K. Basarab, R. V. Zyubina // Science-based technologies. – 2013. – № 2. – P. 101–104.

4. Басараб О. К. Визначення залежності окремих показників ефективності прикордонного контролю від функціонування телекомунікаційної мережі / О. К. Басараб // Збірник наукових праць № 58. Серія: Військові та технічні науки / голов. ред. Олексієнко Б. М. – Хмельницький : Вид-во НАДПСУ, 2012. – С. 83–85.
5. Басараб О. К. Імовірнісний підхід до визначення показників ефективності прикордонного контролю / О. К. Басараб // Збірник наукових праць № 59. Серія: Військові та технічні науки / голов. ред. Олексієнко Б. М. – Хмельницький : Вид-во НАДПСУ, 2013. – С. 69–71.
6. Басараб О. К. Методика визначення комплексного імовірнісного показника ефективності оперативно-службової діяльності на основі моделювання функціонування мережі / О. К. Басараб // Вестник Инженерной академии Украины. – 2013. – № 2. – С. 23–26.
7. Басараб О. К. Система показників ефективності функціонування телекомунікаційної системи Державної прикордонної служби України / О. К. Басараб // Проблеми інформатизації та управління. – 2013. – № 2. – С. 73–75.
8. Басараб О. К. Формування комплексного ймовірнісного показника ефективності оперативно-службових дій Державної прикордонної служби України в залежності від функціонування телекомунікаційних систем / О. К. Басараб // АСУ та прилади автоматики. – 2013. – № 2. – С. 38–40.
9. Басараб О. К. Технологія визначення раціональної структури телекомунікаційної системи Державної прикордонної служби України на основі використання резервних каналів / О. К. Басараб // Захист інформації. – 2013. – № 2. – С. 55–57.

Рецензент – кандидат технічних наук, доцент Рачок Р. В.

Стаття надійшла до редакції 24.10.2013.

Басараб А. К. Экспериментальная проверка научно-методического аппарата повышения эффективности функционирования телекоммуникационной системы Государственной пограничной службы Украины

В статье представлены результаты экспериментальной проверки научно-методического аппарата повышения эффективности функционирования телекоммуникационной системы Государственной пограничной службы Украины. Рассмотрены этапы проведения эксперимента. Приведены численные показатели эффективности разработанного научно-методического аппарата.

Ключевые слова: *эксперимент, эффективность, телекоммуникационная система, информационно-телекоммуникационная система, доступность.*

Basarab O. K. Experimental verification of scientific and methodical apparatus of improving the efficiency of the telecommunications system of the State Border Guard Service of Ukraine

The article presents the results of experimental verification of scientific and methodical apparatus that improve the efficiency of telecommunications system of the State Border Guard Service of Ukraine. The stages of the experiment are described. The numerical indicators of the developed scientific and methodical apparatus are presented.

Keywords: *experiment, efficiency, telecommunications systems, information and telecommunication systems, access.*