

С.В. Дружинін<sup>1</sup>, О.К. Климович<sup>2</sup>, Н.В. Лукова-Чуйко<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Полтавський музей авіації та космонавтики, Полтава

<sup>2</sup> Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

<sup>3</sup> Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, Київ

## МОДЕЛЬ ОЦІНКИ МОБІЛЬНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Завдання забезпечення зв'язку між органами управління в системі управління військами Збройних Сил України є актуальним завданням під час проведення антитерористичної операції. З метою підвищення ефективності управління підрозділами виникає гостра необхідність в використанні оцінки найбільш істотних показників ефективності функціонування інформаційно-телекомунікаційної мережі спеціального призначення. Результати дослідження існуючих моделей та методик оцінки мобільності розкривають їх обмежені можливості і визначають необхідність використання моделі, більш зручної для оцінки мобільності даної мережі. В статті розглядається модель оцінки мобільності інформаційно-телекомунікаційної мережі спеціального призначення, яка може бути використана для визначення рівня ймовірності вчасного виконання заходів щодо зміни її структури. Фактори і параметри процесу експлуатації інформаційно-телекомунікаційної мережі спеціального призначення відбивають динаміку функціонування даної системи. Оцінка значень удосконалених показників може дозволити виконувати порівняння і вибір оптимальної стратегії діяльності системи в складних умовах. В подальшому розрахунок значень отриманих показників може забезпечити прогноз результатів функціонування інформаційно-телекомунікаційної мережі спеціального призначення шляхом спрямованого поліпшення якості прийнятого рішення.

**Ключові слова:** модель, мобільність, інформаційно-телекомунікаційна мережа спеціального призначення.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Проведення антитерористичної операції (АТО) на сході держави показало необхідність швидкої модернізації української армії. Військові підрозділи оснащуються сучасними системами автоматизації управління і інформаційними системами, тому вирішення проблеми застосування інформаційно-телекомунікаційних мереж спеціального призначення (ІТКМ СП) в системі управління військами Збройних Сил України (ЗСУ) є актуальною проблемою сьогодні, а основою для прийняття рішення щодо організації та функціонування ІТКМ СП є пропозиції відповідних посадових осіб по застосуванню телекомунікаційних сил та засобів. Для ухвалення раціонального рішення щодо організації та функціонування ІТКМ СП потрібен інструмент, що дозволить у динаміці управління процесом інформаційного обміну визначити очікувану якість функціонування системи.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сучасні телекомунікаційні й інформаційні технології дозволяють створювати складні інформаційно-телекомунікаційні системи, окремий підклас яких становлять ІТКМ СП [1–6; 8–13]. Аналіз останніх досліджень і публікацій показує, що існуючі моделі та методики оцінки мобільності розкривають їх обмежені можливості і визначають необхідність використання моделі, більш зручної для оцінки мобільності ІТКМ СП. У зв'язку з цим сформульована наступна мета статті: підвищити ефективність

функціонування ІТКМ СП за рахунок використання математичної моделі оцінки мобільності ІТКМ СП.

### Основна частина

При оцінці мобільності ІТКМ СП (її фрагмента) на етапі прийняття рішення відповідальну посадову особу можуть цікавити не тільки часові параметри зміни структури ІТКМ СП у цілому, але і питання – наскільки ІТКМ СП в запропонованому варіанті буде здатна вирішувати завдання по частковій зміні своєї структури. Для оцінки мобільності ІТКМ СП і її елементів обрані наступні показники:  $P_{\text{вчасн. завд}}$  – ймовірність вчасного виконання завдання по зміні структури ІТКМ СП;  $K_{\text{вчасн. ріш. завд}}$  – коефіцієнт вчасного рішення (виконання) завдання.

Вхідними даними для розрахунків є значення наступних параметрів:  $T_{\text{норм}}$  – нормативний час для рішення завдання зі зв'язку;  $T_{\text{ріш. завд}}$  – час практичного рішення завдання (окремого або комплексу заходів), обумовлені на підставі просторових і часових показників. Блок-схема моделі оцінки мобільності ІТКМ СП наведено на рис. 1.

У зв'язку з тим, що час вирішення завдань по забезпеченню процесу інформаційного обміну у ІТКМ СП  $T_{\text{ріш. завд}}$  є величина випадкова, отже, час для успішного виконання завдання повинен бути гарантовано меншим нормативного  $T_{\text{норм}}$ .

Процес виконання поставленого завдання на етапі ухвалення рішення характеризується ймовірні-

стю його виконання за нормативний час і може бути поданий у вигляді [7]:

$$P_{\text{вчасн. завд}} = 1 - e^{-\frac{T_{\text{норм}}}{T_{\text{рiш. завд}}}} \quad (1)$$

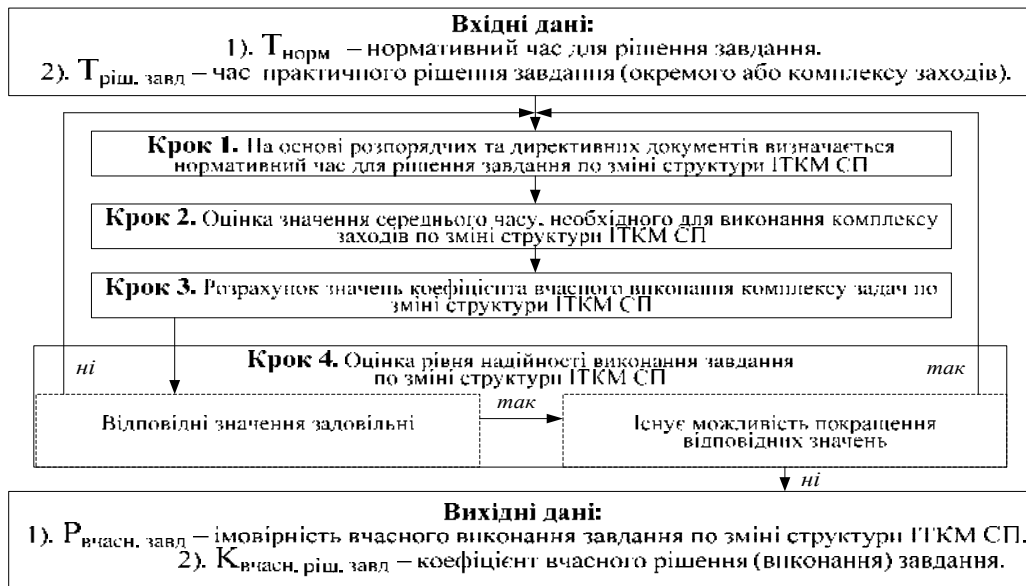


Рис. 1. Блок-схема оцінки мобільності ІТКМ СП

З виразу (1) витікає, що ймовірність вчасного виконання комплексу завдань (робіт) зі зв'язку буде залежати від відношення значень нормативного часу і сумарного часу рішення комплексу заходів. Це відношення можна зафіксувати, як коефіцієнт вчасного рішення завдання  $K_{\text{вчасн. рiш. завд}}$  і спробувати знайти його припустиме значення, виходячи з вимоги до надійності. Надійність виконання завдання можна визначати за показником ймовірності його вчасного виконання.

На практиці значення довірчої ймовірності у статистиці беруть числа, близькі до одиниці: 0,8; 0,85; 0,9; 0,95; 0,99; 0,999 [7].

Розглянемо межі значень коефіцієнта  $K_{\text{вчасн. рiш. завд}}$  за рівнем 0,8. У цьому випадку для оцінки мобільності ІТКМ СП або окремо розв'язуваних завдань можна використати  $K_{\text{вчасн. рiш. завд}}$  у вигляді

$$K_{\text{вчасн. рiш. завд}} = \frac{T_{\text{норм}}}{T_{\text{рiш. завд}}}, \quad (2)$$

і ймовірність вчасного виконання завдання  $P_{\text{вчасн. завд}}$ , що представлена виразом (1).

Визначити значення ймовірності вчасного виконання комплексу заходів щодо зміни структури ІТКМ СП (1) з рівнем практичної впевненості її рішення  $P_{\text{вчасн. завд}} = 0,8$  можна за допомогою виразу:

$$T_{\text{рiш. завд}} = \frac{T_{\text{норм}}}{-\ln(1 - P_{\text{вчасн. завд}})} = \frac{T_{\text{норм}}}{-\ln(1 - 0,8)} \quad (3)$$

$$= \frac{T_{\text{норм}}}{-\ln(0,2)} \approx \frac{T_{\text{норм}}}{1,61}$$

Використовуючи коефіцієнт вчасного рішення завдань за рівнем 0,8  $K_{\text{вчасн. рiш. завд}}$ , як відношення нормативного часу до часу вирішення завдання, оцінки виконання комплексу завдань (робіт) щодо зміни структури ІТКМ СП з рівнем практичної впевненості їхнього рішення можна виконувати за умови:

$$K_{\text{вчасн. рiш. завд}} = \frac{T_{\text{норм}}}{T_{\text{рiш. завд}}} \Big|_{P_{\text{вчасн. завд}} = 0,8} \approx 1,61. \quad (4)$$

З отриманого виразу можна зробити висновок, що для того, щоб надійно встигнути виконати завдання зі зв'язку з рівнем практичної впевненості його рішення (комплексне або будь-яке окремо взяте), середній час рішення комплексу завдань (робіт) повинен бути у відповідну кількість разів менше нормативного (табл. 1):

$$1,61 T_{\text{рiш. завд}} \leq T_{\text{норм}} \quad (5)$$

Таблиця 1  
Середній час рішення комплексу завдань (робіт)

$P_{\text{вчасн. завд}}$	0,8	0,85	0,9	0,95	0,99	0,999
$K_{\text{вчасн. рiш. завд}}$	1,61	1,9	2,3	2,99	4,61	6,91

Використовуючи отриманий вираз (5) з'явилася можливість реально оцінити ступінь практичної надійності рішення завдань щодо зміни структури ІТКМ СП.

### Висновки

Розглянута модель оцінки мобільності ІТКМ СП (її елементів), яка може бути використана для визначення рівня ймовірності вчасного виконання

комплексу заходів щодо зміни її (ІТКМ СП) структури. Склад вхідних і вихідних даних моделі для оцінки мобільності ІТКМ СП дозволяє посадовим особам, що обґрунтовують і приймають рішення щодо організації та функціонування ІТКМ СП, виконувати кількісну оцінку майбутніх результатів прийнятих рішень щодо зміни структури ІТКМ СП і окремих її елементів.

### Список літератури

1. Визначення перспективних технологій в системах радіозв'язку та транкінгового зв'язку для подальшого використання в Збройних Силах України / О.К. Климович, О.О. Лаврут, Т.В. Лаврут, С.О. Івко // Збірник наукових праць Військової академії. – Одеса: ВА, 2016. – Вип. 2 (6). – С. 31-36.
2. Климович О.К. Застосування сучасних систем і комплексів зв'язку та автоматизації для потреб Збройних Сил України під час проведення антитерористичної операції / О.К. Климович // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: ХУПС, 2015. – Вип. 2 (43). – С. 23-28.
3. Климович О.К. Застосування мобільних телекомунікаційних мереж спеціального призначення в Збройних Сил України / О.К. Климович // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2015. – Вип. 5 (130). – С. 135-140.
4. Воробієнко П.П. Телекомунікаційні та інформаційні мережі / П.П. Воробієнко, Л.А. Нікітюк, П.І. Резніченко. – К.: САММІТ-Книга, 2010. – 708 с.
5. Огороднійчук М.Д. Комплекси і засоби військових телекомунікаційних мереж / М.Д. Огороднійчук, Ю.Д. Чайка, О.Г. Оксїук. – К.: Національний університет оборони України, 2010. – 384 с.
6. Інформаційно-телекомунікаційні системи військового призначення / М.Д. Огороднійчук, І.Ю. Розум, А.О. Микус, В.С. Жуков [та ін.]. – К.: Національний університет оборони України, 2010. – 288 с.
7. Городнов В.П. Вища математика / В.П. Городнов – Х.: Видавництво Народної української академії, 2003. – 384 с.
8. Sharma A. Cluster Based Routing in Mobile Ad hoc Wireless Networks Using Neuro-Genetic Paradigm / A. Sharma, S. Agarwal, R.S. Rathore // International Journal of Scientific & Engineering Research. – July 2012. – Vol. 3. – Issue 7. – Pp. 255-265.
9. Jo M. A Survey of Converging Solutions for Heterogeneous Mobile Networks / M. Jo, T. Maksymyuk, R.L. Batista, T.F. Maciel, A.L.F. de Almeida, M. Klymash // IEEE Wireless Communications. – 2014. – Vol. 21. – No. 8. – Pp. 54-62.
10. The software communications architecture: two decades of software radio technology innovation / C. Belisle, V. Kovarik, L. Pucker, M. Turner // IEEE Communications Magazine. – 2015. – Vol. 53. – No. 9. – Pp. 31–37.
11. Moy C. Software radio: a catalyst for wireless innovation / C. Moy, J. Palicot // IEEE Communications Magazine. – 2015. – Vol. 53. – No. 9. – Pp. 24-30.
12. Bilén S.G. Software-defined radio: a new paradigm for integrated curriculum delivery / S.G. Bilén // IEEE Communications Magazine. – 2014. – Vol. 52. – No. 5. – Pp. 184-193.
13. Rost P. Mobile Network Architecture Evolution toward 5G / P. Rost, A. Banchs, I. Berberana and oth. // IEEE Communications Magazine. – 2016. – no. 5. – pp. 84-91.

### References

1. Klimovich, O.K., Lavrut, O.O., Lavrut, T.V. and Ivko, C.O. (2016), “Vyznachennia perspektyvnykh tekhnolohii v systemakh radiozviazku ta trankinhovoho zviazku dlia podalshoho vykorystannia v Zbroinykh Sylah Ukrainy” [Identification of advanced technologies in radio communication and trunk communication systems for further use in the Armed Forces of Ukraine], *Collection of scientific works of the Military Academy*, No. 2(6), pp. 31-36.
2. Klimovich, O.K. (2015), “Zastosuvannia suchasnykh system i kompleksiv zviazku ta avtomatyzatsii dlia potreb Zbroinykh Syl Ukrainy pid chas provedennia antyterorystychnoi operatsii” [Application of modern communication and automation systems and complexes for the needs of the Armed Forces of Ukraine during the antiterrorist operation], *Collection of scientific works of Kharkiv National University of Air Forces*, No. 2(43), pp. 23-28.
3. Klimovich, O.K. (2015), “Zastosuvannia mobilnykh telekomunikatsiinykh merezh spetsialnoho pryznachennia v Zbroinykh Syl Ukrainy” [Application of mobile telecommunication networks of special purpose in the Armed Forces of Ukraine], *Information processing systems*, No. 5(130), pp. 135-140.
4. Vorobiyenko, P.P. (2010), “Telekomunikatsiini ta informatsiini merezhi” [Telecommunication and information networks], SAMMIT-Knyha, Kyiv, 708 p.
5. Ohorodniichuk, M.D., Chaika, Yu.D. and Oksiiuk, O.H. (2010), “Kompleksy i zasoby viiskovykh telekomunikatsiinykh merezh” [Complexes and means of military telecommunication networks], *Natsionalnyi universytet obrony Ukrainy*, Kyiv, 384 p.
6. Ohorodniichuk, M.D., Rozum, I.Iu., Mykus, A.O., Zhukov V.Ie. and in. (2010), “Informatsiino-telekomunikatsiini systemy viiskovoho pryznachennia” [Information and telecommunication systems of military setting], *Natsionalnyi universytet obrony Ukrainy*, Kyiv, 288 p.
7. Horodnov, V.P. (2005), “Vyshcha matematyka” [Higher mathematics], *Vydavnytstvo Narodnoi ukrainskoi akademii*, Kharkiv, 384 p.
8. Sharma, A., Agarwal, S. and Rathore, R.S. (2012), “Cluster Based Routing in Mobile Ad hoc Wireless Networks Using Neuro-Genetic Paradigm”, *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Vol. 3, Issue 7, pp. 255-265.
9. Jo, M., Maksymyuk, T., Batista, R.L., Maciel, T.F., De Almeida, A.L.F. and Klymash, M. (2014), “A Survey of Converging Solutions for Heterogeneous Mobile Networks”, *IEEE Wireless Communications*, Vol. 21, No. 6, pp. 54-62.
10. Belisle, C., Kovarik, V., Pucker, L. and Turner, M. (2015), “The Software Communications Architecture: Two Decades of Software Radio Technology Innovation”, *IEEE Communications Magazine*, Vol. 53, No. 9, pp. 31-37.
11. Moy, C., Palicot, J. (2015), “Software radio: a catalyst for wireless innovation”, *IEEE Communications Magazine*, Vol. 53, No. 9, pp. 24-30.
12. Bilén, S.G. (2014), “Software-defined radio: a new paradigm for integrated curriculum delivery”, *IEEE Communications Magazine*, Vol. 52, No. 5, pp. 184-193.
13. Rost, P., Banchs, A., Berberana, I. and oth. (2014), “Mobile Network Architecture Evolution toward 5G”, *IEEE Communications Magazine*, No. 5, pp. 84-91.

**Відомості про авторів:**

**Дружинін Світозар Віталійович**  
кандидат військових наук доцент  
провідний науковий співробітник Полтавського  
музею авіації та космонавтики,  
Полтава, Україна  
<https://orcid.org/0000-0001-8566-7485>  
e-mail: svetozar\_plt@ukr.net

**Климович Олег Костянтинович**  
кандидат технічних наук  
старший науковий співробітник  
докторант штатний науково-організаційного відділу  
Національної академії сухопутних військ  
ім. гетьмана П. Сагайдачного,  
Львів, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-3863-4984>  
e-mail: vanpersi1950@gmail.com

**Лукова-Чуйко Наталія Вікторівна**  
кандидат фізико-математичних наук доцент  
доцент кафедри Київського національного  
університету ім. Тараса Шевченка,  
Київ, Україна  
<http://orcid.org/0000-0003-3224-4061>  
e-mail: lukova@ukr.net

**Information about the authors:**

**Svetozar Druzhynin**  
Candidate of Military Sciences Associate Professor  
Senior Research Associate  
of Poltava Museum of Aviation and Astronautics,  
Poltava, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0001-8566-7485>  
e-mail: svetozar\_plt@ukr.net

**Oleg Klimovich**  
Candidate of Technical Sciences Senior Research  
Doctoral Student of the Staffing Scientific and  
Organizational Department of Hetman Petro  
Sahaidachnyi National Army Academy,  
Lviv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-3863-4984>  
e-mail: vanpersi1950@gmail.com

**Natalia Lukova-Chuiko**  
Candidate of Physics and Mathematics Sciences  
Associate Professor Senior Lecturer of Department  
of Kyiv National Taras Shevchenko University,  
Kyiv, Ukraine  
<http://orcid.org/0000-0003-3224-4061>  
e-mail: lukova@ukr.net

**МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ МОБИЛЬНОСТИ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ  
СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

С.В. Дружинин, О.К. Климович, Н.В. Лукова-Чуйко

*Задание обеспечения связи между органами управления в системе управления войсками Вооруженных Сил Украины является актуальным во время проведения антитеррористической операции. С целью повышения эффективности управления подразделениями возникает острая необходимость в использовании оценки наиболее существенных показателей эффективности функционирования информационно-телекоммуникационной сети специального назначения. Результаты исследования существующих моделей и методик оценки мобильности раскрывают их ограниченные возможности и определяют необходимость использования модели, более удобной для оценки мобильности данной сети. В статье рассматривается модель оценки мобильности информационно-телекоммуникационной сети специального назначения, которая может быть использована для определения уровня вероятности своевременного выполнения мероприятий по изменению ее структуры. Факторы и параметры процесса эксплуатации информационно-телекоммуникационной сети специального назначения отражают динамику функционирования данной системы. Оценка значений усовершенствованных показателей может позволить выполнять сравнение и выбор оптимальной стратегии деятельности системы в сложных условиях. В дальнейшем расчет значений полученных показателей может обеспечить прогноз результатов функционирования информационно-телекоммуникационной сети специального назначения путем направленного улучшения качества принятого решения.*

**Ключевые слова:** модель, мобильность, информационно-телекоммуникационная сеть специального назначения.

**MODEL OF ESTIMATION OF MOBILITY INFORMATIVELY-TELECOMMUNICATION NETWORKS  
OF THE SPECIAL SETTING**

S. Druzhynyn, O. Klimovich, N. Lukova-Chuiko

*The task of providing of communication between the organs of control in the control system by the troops of Armed Forces of Ukraine is actual during conducting of counterterrorist operation. With the target of increase of efficiency of control a sharp necessity in the use of estimation of the most substantial indexes of efficiency of functioning of informatively-telecommunication network of the special setting is subdivisions. The results of research of existent models and methods of estimation of mobility expose their limited possibilities and determine the necessity of the use of model, mobility of this network setting more comfortable for estimation. The model of estimation of mobility of informatively-telecommunication network of the special setting, which can be used for determination of level of probability of timely implementation of measures on the change of its structure, is examined in the article. Factors and parameters of process of exploitation of informatively-telecommunication network of the special setting reflect the dynamics of functioning of this system. Estimation of values of the improved indexes can allow to execute comparison and choice of optimum strategy of activity of the system in difficult terms. In future the calculation of values of the got indexes can provide the prognosis of results of functioning of informatively-telecommunication network of the special setting by the directed improvement of quality of the accepted decision.*

**Keywords:** model, mobility, informatively-telecommunication network of the special setting.