

УДК 621.396

**С.В. Дружинін<sup>1</sup>**, к.т.н., доц.**О.К. Климович<sup>2</sup>**, к.т.н., с.н.с.<sup>1</sup>*Полтавський музей авіації та космонавтики імені Юрія Кондратюка, м. Полтава, Україна*<sup>2</sup>*Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів, Україна*

## **ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТОРІВ ТА ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ**

*Визначені зовнішні та внутрішні фактори і параметри процесу функціонування інформаційно-телекомунікаційної мережі у Збройних Силах України. Запропонований алгоритм підготовки, оцінки та вибору раціонального варіанту інформаційно-телекомунікаційної мережі у Збройних Силах України.*

**Ключові слова:** *інформаційно-телекомунікаційна мережа, інформаційно-телекомунікаційний вузол, Збройні Сили України.*

### **Вступ**

Відповідно до Указу Президента України № 92/2016 «Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 4 березня 2016 року «Про Концепцію розвитку сектору безпеки і оборони України» удосконалення Єдиної автоматизованої системи управління Збройними Силами України передбачається в рамках єдиної системи управління сектором безпеки й оборони; підвищення рівня стратегічного управління у сфері забезпечення національної безпеки шляхом створення мережі ситуаційних центрів, які взаємодітимуть між собою та з Головним ситуаційним центром України. Мережа ситуаційних центрів сектору безпеки й оборони формуватиметься як єдиний організаційно-технічний комплекс, оснащений цільовим апаратно-програмним забезпеченням та унікальним інформаційно-комунікаційним обладнанням, що дасть змогу підвищити якість інформаційно-аналітичного забезпечення та мінімізувати строки для прийняття важливих управлінських рішень. У подальшому передбачається доповнити зазначену мережу пересувними комунікаційними комплексами, які нададуть можливість отримувати та транслювати оперативну інформацію безпосередньо з місця подій.

У 2016 році продовжено планове нарощування системи управління Збройними Силами та посилення спроможностей органів військового управління, підвищення якості оперативного та бойового управління силами і засобами військ (сил) у районі проведення антитерористичної операції та на інших напрямках. Головні зусилля зосереджувалися на переоснащенні польового (мобільного) компоненту автоматизованої системи оперативного (бойового) управління, зв'язку, розвідки та спостереження (C4ISR) сил оборони на цифрові засоби з рівнем завадостійкості та захищеності, які відповідають стандартам НАТО. Продовжувалося переведення систем управління військами (силами) на цифрові засоби зв'язку, оснащення рухомих пунктів управління новітніми засобами зв'язку. Визначені компоненти підключено до телекомунікаційних мереж спеціального призначення та загального користування [1].

На сьогодні підсистему зв'язку і передачі даних як одну зі складових частин автоматизованої системи управління Збройними Силами України утворюють інформаційно-телекомунікаційні мережі (ІТКМ), що становлять сукупність інформаційно-телекомунікаційних вузлів, локальних обчислювальних мереж, окремих робочих станцій та засобів зв'язку. Основою ІТКМ є інформаційно-телекомунікаційний вузол (ІТВ), який являє собою комплекс організаційних, технічних і програмних засобів. ІТКМ є важливою компонентою автоматизованої системи управління і має забезпечувати високошвидкісний, надійний та достовірний обмін інформацією. Відповідно до прийнятої концепції побудови Єдиної автоматизованої системи управління, що передбачає будівництво автоматизованих систем управління військами на основі принципів уніфікації і стандартизації, основу ІТКМ складають комп'ютерні мережі з відкритою архітектурою.

### Мета статті

Метою статті є визначення зовнішніх та внутрішніх факторів і параметрів процесу функціонування ІТКМ Збройних Сил України з подальшою розробкою сукупності аналітичних моделей, які дозволяють виконувати кількісну оцінку найбільш істотних властивостей цієї мережі.

### Виклад основного матеріалу

На функціонування ІТКМ Збройних Сил України впливають різноманітні фактори, які обумовлені як внутрішніми, так і зовнішніми процесами, при цьому наявні в елементах керованої ІТКМ та системі управління (СУ) мережею зв'язку, другі – у навколишньому зовнішньому середовищі. Ці фактори в багатьох випадках визначають режим інформаційного обміну між органами й об'єктами управління, і поділяються на три групи:

фактори, пов'язані з плановими морфологічними змінами керованої мережі ( $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i, \dots \in A$ );

фактори, обумовлені агресивними проявами зовнішнього середовища та технічними відмовами в елементах керованої ІТКМ ( $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_i, \dots \in B$ );

фактори, які обумовлені вимогами споживачів послуг зв'язку в інформаційному обміні ( $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_i, \dots \in \Gamma$ ).

Інформаційний обмін між матеріальними компонентами характеризується формуванням і передачею повідомлень різноманітного виду. Вид повідомлень визначає інтенсивність інформаційного обміну й обслуговування заявок на передачу повідомлень, які їх охоплюють. Враховані лише основні види таких повідомлень, які обумовлюються:

погіршенням показників якості обслуговування ( $q_1, q_2, \dots, q_i, \dots \in Q$ );

виникненням в елементах мережі технічних відмов, які ведуть до погіршення параметрів функціонування напрямків зв'язку ІТКМ ( $j_1, j_2, \dots, j_i, \dots \in J$ );

відновленням нормального функціонування елементів керованої мережі, про ушкодження яких раніше передавалися дані в СУ ІТКМ ( $h_1, h_2, \dots, h_i, \dots \in H$ ).

Вплив цих факторів на ІТКМ може призвести до нестачі ресурсу мережі для передачі необхідних обсягів інформації, виникнення місцевих або загальномережевих перевантажень, зміни складу шляхів передачі інформації в напрямках зв'язку і їхньої значущості, погіршення якості обслуговування або повної відсутності зв'язку в певних напрямках.

Від органів управління на елементи ІТКМ можуть передаватися такі команди:

необхідності вибіркового контролю технічного стану елементів ІТКМ ( $k_1, k_2, \dots, k_i, \dots \in K$ );

використання необхідних сил і засобів для відновлення ушкоджених (уражених) елементів і ділянок керованої мережі ( $r_1, r_2, \dots, r_i, \dots \in R$ );

здійснення перемикання на ІТВ для маневру каналами з метою підтримки необхідних показників якості обслуговування у ІТКМ ( $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_i, \dots \in \Delta$ );

необхідності корекції програм роботи керівних пристроїв ІТВ ІТКМ ( $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_i, \dots \in P$ ).

Для підтримки характеристик ІТКМ ЗСУ у межах заданих значень показників створюється спеціальна система управління, від якої значно залежить відповідність керованої нею телекомунікаційної мережі своєму призначенню та здатність вирішувати покладені на неї завдання. Наявні нині роботи [2-6], які розкривають принципи побудови систем управління мережею зв'язку й основи їхнього функціонування, є достатньою базою для опису та побудови таких систем, однак цього недостатньо для того, щоб розрахувати необхідні параметри ІТКМ та провести їхню оцінку відповідно до запропонованих до них вимог.

За результатами аналізу покладених на СУ ІТКМ завдань розглядається узагальнена структурна модель ІТКМ ЗСУ (рис. 1). При цьому під моделлю варто розуміти формальний опис із акцентуванням уваги на деякі аспекти її побудови та функціонування, що становлять інтерес для цих досліджень. При розгляді моделі увагу, насамперед, приділено двом аспектам, перший з яких визначається наявністю постійного інформаційного обміну між основними матеріальними компонентами СУ ІТКМ. Фактично будь-яка закінчена дія в елементах моделі спричиняє формування та передачу повідомлень, і переважна більшість операцій, виконаних органами управління, ініціюються доставленими на них повідомленнями. Другий аспект проявляється у впливі на матеріальні компоненти моделі різнорідних факторів, обумовлених як внутрішніми, так і зовнішніми процесами, при цьому перші мають місце в елементах керованої мережі та СУ ІТКМ, другі – у навколишньому зовнішньому середовищі.

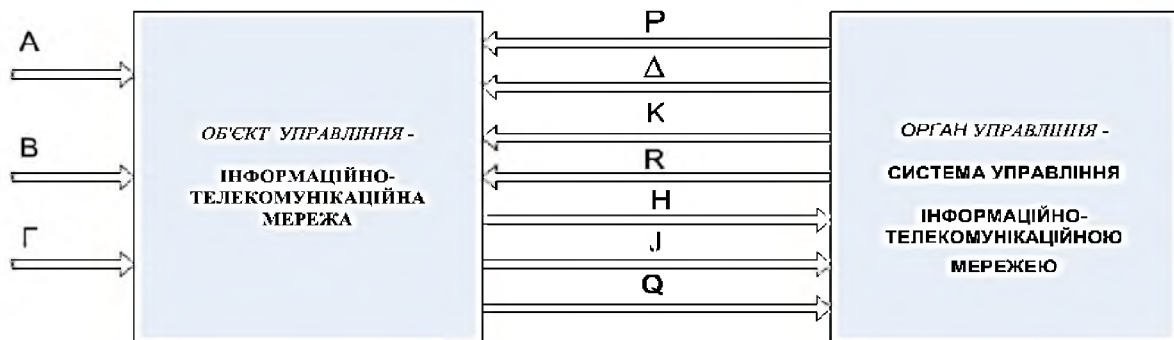


Рис. 1. Структурна модель інформаційно-телекомунікаційної мережі Збройних Сил України

Підвищення якості та скорочення часу прийняття рішень при управлінні комплексами і складними системами управління на сьогодні є актуальною проблемою. Особливо гостро ця проблема постає при прийнятті рішень у такій системі реального часу як автоматизована система управління військами, де дефіцит часу відчувається особливо сильно, а наслідки при несвоєчасному або необґрунтованому ухваленні рішення можуть бути фатальними.

Основою для прийняття рішення щодо організації та функціонування ІТКМ є пропозиції відповідних посадових осіб із застосування телекомунікаційних сил та засобів. Сукупність пропозицій альтернатив (варіантів) становить безліч варіантів рішення, що прийнято називати пріоритетною множиною. Під пріоритетною множиною розуміється безліч пропозицій-альтернатив для ухвалення рішення, які відповідають значенням обраних показників з урахуванням критеріїв якості, за якими виконується оцінка окремих складових або всього рішення в цілому.

Вибір раціонального варіанту рішення щодо організації та функціонування ІТКМ можливий при багатокритеріальній оцінці варіантів пріоритетної множини. У зв'язку із цим, у ході ухвалення рішення щодо організації та функціонування ІТКМ, з урахуванням сукупності найбільш значущих факторів і параметрів функціонування ІТКМ необхідно вирішити багатопараметричне завдання. Для цього необхідно мати сукупність моделей для оцінки найбільш істотних властивостей ІТКМ, порівняння підготовлених альтернатив, а також можливість урахування впливу підготовлених пропозицій на ефективність функціонування ІТКМ.

Проектована ІТКМ буде керованою, якщо в ній первісно буде закладена можливість зміни в певних межах значень її істотних властивостей. При цьому, органи управління ІТКМ мають мати інструмент, використання якого дозволить оцінювати і змінювати значення параметрів управління та показників ефективності ІТКМ відповідно до мети її функціонування.

Внаслідок стохастичності процесу функціонування ІТКМ, показники оцінки її ефективності мають ґрунтуватися на врахуванні випадкових величин. Мета оцінки ефективності ІТКМ у процесі управління військами полягає у встановленні ступеня відповідності її характеристик обраним критеріям стосовно умов виконання завдань. Отже, для встановлення ступеня відповідності ІТКМ потребам системи управління військами, необхідно обґрунтувати та вибрати показники оцінки ефективності

функціонування ІТКМ і сформуванати методикку розрахунку їх значень. На підставі системного підходу це можливо при використанні взаємопов'язаної сукупності моделей для оцінки істотних властивостей ІТКМ. Оцінку має бути виконано з погляду досягнення основної мети функціонування ІТКМ – своєчасної передачі необхідної кількості повідомлень різних видів зв'язку з урахуванням факторів і параметрів реального процесу. Врахування всіх факторів, що впливають на результати функціонування ІТКМ, практично неможливе через необмежений ріст розмірності завдання. У зв'язку із цим необхідно виокремити і врахувати в розроблюваних моделях ті фактори і параметри, які мають найбільш істотний вплив на процес і на результати функціонування ІТКМ.

Одним з основних питань побудови моделей процесів є вибір головного параметра. Прийнято вважати, що головним є такий параметр, виключення якого веде до зупинки розвитку процесу. Якщо такий параметр є величиною випадковою, то потрібна оцінка його закону розподілу. Для процесу передачі повідомлень, що розвивається в часі, таким параметром є інтервали часу між однорідними подіями – повідомленнями, що надходять у ІТКМ для передачі. Вид закону розподілу головного параметра визначає можливість вибору необхідного математичного апарату для побудови відповідних моделей. Показовий закон розподілу в цьому разі є найбільш несуперечливим і відрізняється відсутністю післядії, мінімальною “прогностичністю” та дозволяє враховувати найбільш складні умови передачі повідомлень у процесі управління військами. Результати і тривалість процесу передачі повідомлень величини випадкові. Оцінка очікуваних результатів своєчасної передачі повідомлень всіх видів між складовими елементами ІТКМ – одне з основних завдань, що вирішується в органі управління ІТКМ під час її діяльності. Такі завдання пов'язані з рівнем обмеженості інформаційних потоків та напрямків передачі повідомлень і кінцевою стійкістю складових елементів і вузлів ІТКМ.

У дослідженні потенційними значеннями показників із передачі повідомлень прийнято вважати можливості ІТКМ, які можуть виявитися в ідеальних умовах (без урахування впливу супротивника). Реалізовані значення визначені як такі, що отримані з урахуванням умов, факторів і параметрів реального процесу передачі повідомлень, які впливають на ефективність функціонування ІТКМ (вплив засобів розвідки, радіоелектронної боротьби і вогневої поразки супротивника). Виходячи із цього, основними показниками для розрахунків доцільно вибирати такі:

потенційну частку обсягу вчасно переданих повідомлень у ІТКМ  $\Omega_{\text{пд.пт}}^{\text{ІТКМ}}$  з урахуванням керованих параметрів у відносних одиницях. Критерієм оцінки цього показника може бути вираз  $\Omega_{\text{пд.пт}}^{\text{ІТКМ}} \geq \Omega_{\text{пд.пт.необх}}^{\text{ІТКМ}}$ , (де  $\Omega_{\text{пд.пт.необх}}^{\text{ІТКМ}}$  – необхідна частка обсягу вчасно переданих повідомлень у ІТКМ);

імовірність виявлення вузла (елемента) ІТКМ і втрата його живучості є ймовірністю його неживання  $P_1$ , що залежить від незалежності подій з виявленню вузла (елемента) ІТКМ і втрати ним живучості при його виявленні:  $P_1 = P_{\text{виявл.г}} + P_{\text{втр.г}}$ , де  $P_{\text{виявл.г}}$  – імовірність виявлення супротивником вузла (елемента) ІТКМ,  $P_{\text{втр.г}}$  – імовірність втрати живучості вузла (елемента) ІТКМ за умови, що подія з його виявлення відбулась;

імовірність стійкого функціонування інформаційних напрямків  $P_{\text{ст}}$ , утворених від відповідних вузлів (елементів) ІТКМ у відносних величинах. Виконати кількісну оцінку цього показника можна використовуючи такі показники, як імовірність неживання вузла (елемента) ІТКМ  $P_1$  в обраний період і коефіцієнт справної дії напрямку зв'язку за технічною надійністю  $K_{\text{сп}}^q$ .

Для порівняльної оцінки альтернативних варіантів розрахунок представлених показників доцільно виконувати в абсолютних і відносних величинах з урахуванням параметрів реального процесу, які необхідні супротивникові для виявлення елемента ІТКМ (ІТВ ПУ); кількості виконаних заходів щодо протидії засобам розвідки противника та ін. Для оцінки значень представлених показників доцільно використати такі критерії ефективності:  $P_{\text{ст}}^{\text{ІТКМ}} \geq P_{\text{ст.необх}}^{\text{ІТКМ}}$ ;  $P_{\text{виявл.ІТВ}} \geq P_{\text{виявл.ІТВ.необх}}$ ;

$P_{виявл} \leq P_{виявл.прип}$ ;  $T_{zn} \geq T_{zn.прип}$ , де  $P_{ст.необх}^{нз}$  – необхідна ймовірність стійкого функціонування аналізованого напрямку зв'язку;  $P_{виж.ІТВ.необх}$  – необхідна ймовірність виживання g-го ІТВ;  $P_{виявл.прип}$  – припустима ймовірність виявлення g-го ІТВ (елемента) ІТКМ за період часу;  $T_{zn}$  – час перебування вузла (елемента) ІТКМ на одному місці;  $T_p$  – час розвідки.

Управління військами здійснюється в умовах динамічної зміни структури ІТКМ. Виходячи із причин, що ускладнюють використання пропонованої моделі для розрахунку мобільності ІТКМ, можна використати показник імовірності своєчасного виконання завдання  $P_{свз}$  (відносна величина), для розрахунку значень якого можуть використовуватись такі параметри:  $T_{проп}$  – час, встановлений особою, яка приймає рішення;  $T_{p.з}$  – середній час, необхідний для вирішення поставленого завдання.

Очевидно, що визначальним фактором для успішного вирішення завдання зі зміни структури ІТКМ, є час, після закінчення якого наступні дії не приведуть до бажаного результату або виявляться менш ефективними, ніж планувалися. У зв'язку із цим фактом має виконуватися умова, представлена нерівністю  $T_{p.з} \leq T_{p.з}^{прип}$ .

Подолання істотних труднощів, пов'язаних з одночасним врахуванням значної кількості факторів, що впливають на процес функціонування ІТКМ і на показники, що характеризують цей процес, можливо з використанням методів вирішення багатокритеріальних завдань. Методи вирішення багатокритеріальних завдань можна зарахувати до трьох груп: методів головного показника, методів результуючого показника, лексикографічного методу (методу послідовних поступок) (рис. 2) [7]. Вибір методу вирішення багатокритеріального завдання визначається тим, у якому виді подана експертна інформація про перевагу показників або їхню важливість, що дозволяє обґрунтовано вибрати метод багатокритеріальної оптимізації залежно від експертної інформації про перевагу показників.

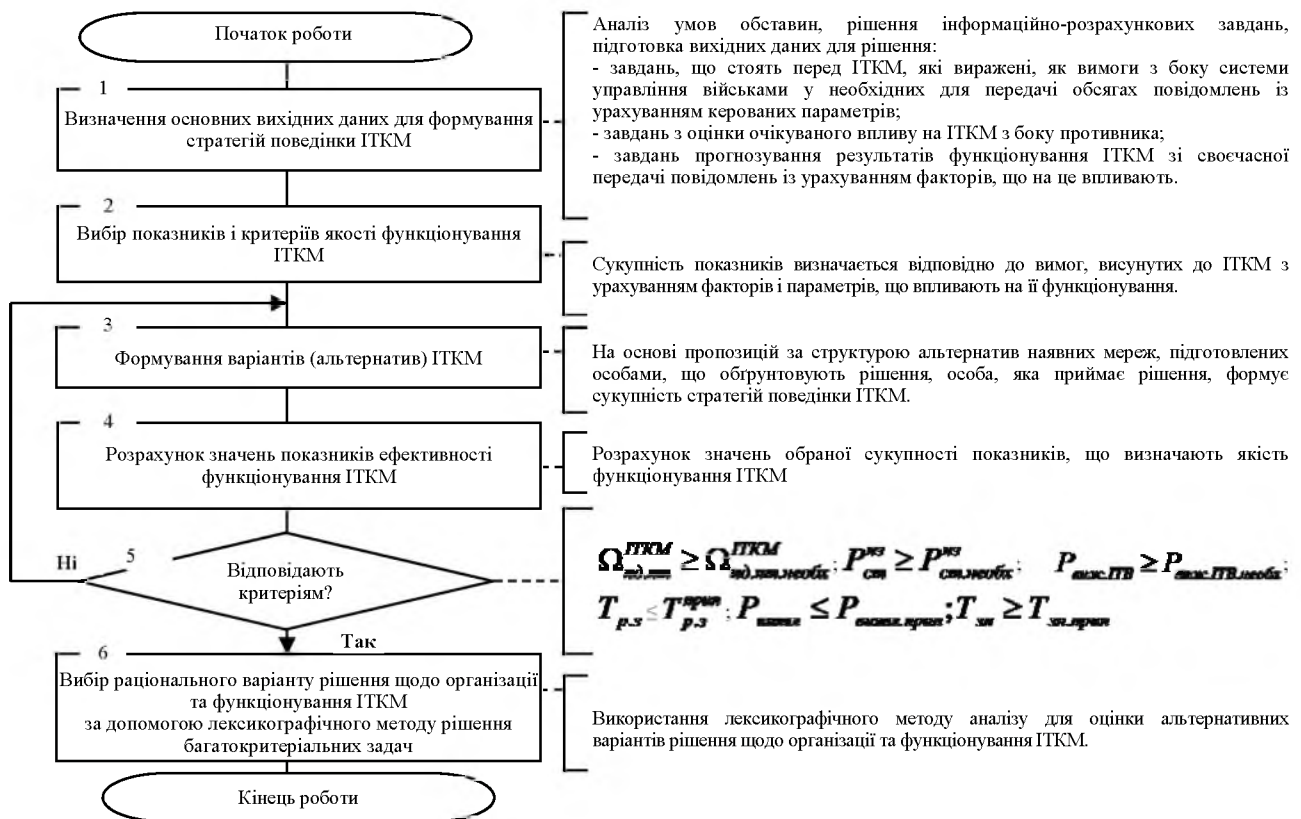


Рис. 2. Алгоритм підготовки, оцінки та вибору раціонального варіанту інформаційно-телекомунікаційної мережі Збройних Сил України

Для порівняльної оцінки аналізованих варіантів ІТКМ, формування більш чіткого уявлення про вплив окремих показників на ефективність функціонування ІТКМ можна використати лексикографічний метод. Вибір раціонального варіанту рішення з аналізованої сукупності можливий під час розрахунку значень інтегрального показника ефективності ІТКМ  $i$ -го варіанту  $W_i^{ITKM}$ , за умови допустимості значень загальних і певних окремих показників ІТКМ.

Прийняття обґрунтованих рішень за наявності альтернативних варіантів пов'язане з аналізом і оцінкою витрати різних ресурсів. Як узагальнений показник оцінки ресурсовживання  $G$  під час розрахунків можна використати відношення інтегрального показника ефективності ІТКМ до узагальненого показника певних ресурсів, що витрачаються при функціонуванні ІТКМ  $\Sigma \mathcal{E}$  у досліджуваній етап операції. Вибір кращого варіанта за значенням показника ресурсовживання здійснюється за критерієм  $\max_i \{G\}$ , при  $W_i^{ITKM} \rightarrow \max, \Sigma \mathcal{E}_i \leq \Sigma \mathcal{E}_i^{прим}$ ,

де  $i$  – оцінюваний варіант ІТКМ;  $\Sigma \mathcal{E}_i^{прим}$  – припустимий для використання  $i$ -го варіанта ресурс.

### Висновки

Запропонований алгоритм підготовки, оцінки та вибору раціонального варіанту інформаційно-телекомунікаційної мережі у Збройних Силах України на основі визначених зовнішніх та внутрішніх факторів і параметрів процесу функціонування цієї мережі.

У зв'язку з тим, що в основі підготовки і оцінки ефективності альтернатив щодо організації та функціонування ІТКМ лежить прогнозування результатів реального процесу, наступним етапом дослідження буде розробка моделей, що враховують ширше коло найбільш істотних факторів і параметрів процесу функціонування ІТКМ.

### Список використаних джерел

1. Біла книга – 2016. Збройні Сили України. – К. : Міністерство оборони України, 2017. – 113 с.
2. Застосування телекомунікаційних систем у процесі управління військами: посіб. для вищ. військ. навч. закл. / І.Ю. Розум, П.А. Савісько, М.Д. Огороднійчук та ін.; за ред. І.Ю. Розума. – [1 вид.]. – К.: НУОУ, 2014. – 160 с.
3. Огороднійчук М.Д. Комплекси і засоби військових телекомунікаційних мереж / М.Д. Огороднійчук, Ю.Д. Чайка, О.Г. Оксіюк; за ред. М.Д. Огороднійчука. – К. : НУОУ, 2010. – 384 с.
4. Огороднійчук М.Д. Інформаційно-телекомунікаційні системи військового призначення / М.Д. Огороднійчук, І.Ю. Розум, А.О. Микусь, В.Є. Жуков [та ін.]; за ред. М.Д. Огороднійчука. – К. : НУОУ, 2010. – 288 с.
5. Огороднійчук Н. Д. Інтегровані та мобільні телекомунікаційні системи / Н.Д. Огороднійчук. – К. : НАОУ, 2002. – 72 с.
6. Романов А.И. Телекоммуникационные сети и управление / А.И. Романов. – К. : Издательско-полиграфический центр «Киевский университет», 2003. – 247 с.
7. Герасимов Б.М. Системы поддержки принятия решения: проектирование, применение, оценка эффективности / Б.М. Герасимов, М.М. Дивизинюк, И.Ю. Субач. – С. : Издательский центр СНИЯЭиП, 2004. – 320 с.

**Рецензент:** С.М. Богуцький, к.т.н., с.н.с., Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ И ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ  
СЕТИ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ УКРАИНЫ**

С.В. Дружынин, О.К. Климович

*Определены внешние и внутренние факторы и параметры процесса функционирования информационно-телекоммуникационной сети Вооруженных Сил Украины. Предложен алгоритм подготовки, оценки и выбора рационального варианта информационно-телекоммуникационной сети Вооруженных Сил Украины.*

**Ключевые слова:** информационно-телекоммуникационная сеть, информационно-телекоммуникационный узел, Вооруженные Силы Украины.

**DETERMINATION OF FACTORS AND PARAMETERS  
OF PROCESS OF FUNCTIONING OF THE INFORMATION-TELECOMMUNICATION  
NETWORK IN THE ARMED FORCES OF UKRAINE**

S. Druzhynin, O. Klimovich

*External and internal factors and parameters of process of functioning of information-telecommunication network of the Armed Forces of Ukraine are certain. The algorithm of preparation, estimation and choice of rational variant of information-telecommunication network of the Armed Forces of Ukraine is offered.*

**Keywords:** information-telecommunication network, information-telecommunication node, Armed Forces of Ukraine.