

*Сергій Володимирович Волошко*  
*Микола Олександрович Масесов*

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ І АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКАМИ (СИЛАМИ)

### Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями

Існуюча система зв'язку і автоматизації Збройних Сил України не повною мірою відповідає постійно зростаючим вимогам до системи управління військами, а також стандартам Єдиної національної системи зв'язку України та НАТО. Для досягнення європейських стандартів у питаннях управління військами Збройні Сили України, як невід'ємна частина держави, мають удосконалити свою систему управління з урахуванням світової тенденції глобальної інформатизації процесів на основі стрімкого розвитку й конвергенції телекомунікаційних та інформаційних технологій. Ефективне, невідкладне й неперервне впровадження цих технологій разом з удосконаленням систем управління всіх ланок є одним з актуальних напрямів національного військового будівництва [1].

Система зв'язку і автоматизації функціонує в рамках більшої системи – системи управління військами (силами), і тому впливає на якість управління й ефективність бойових дій.

Із цим пов'язана принципова можливість оцінки результатів функціонування системи зв'язку і автоматизації на різних рівнях:

- по показниках бойової ефективності;
- по показниках ефективності системи управління військами;
- по показниках власної (внутрішньої) ефективності.

Взаємозв'язок різних рівнів оцінки знаходить висвітлення в сформованій системі оперативних вимог, що включає:

- вимоги до системи управління військами в сучасній операції;
- вимоги до зв'язку, як процесу забезпечення інформаційного обміну в системі управління військами;
- вимоги до системи зв'язку і автоматизації як матеріального об'єкту, що реалізує процес інформаційного обміну.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій. Формулювання мети статті**  
Система зв'язку і автоматизації створюється для

забезпечення потреб органів управління у взаємному обміні інформацією. Пристосованість системи до виконання завдань (відповідність своєму цільовому призначенню) називають ефективністю системи зв'язку і автоматизації. Якість зв'язку є своєрідною “ефективністю” процесу інформаційного обміну. Чисельну міру, використовувану для визначення ступеня відповідності системи зв'язку і автоматизації й процесів її функціонування вимогам, а також для порівняння можливих варіантів системи (її елементів) прийнято називати показником ефективності системи зв'язку і автоматизації (якості зв'язку). Величини, що характеризують структуру й властивості системи зв'язку і автоматизації та її елементів, називають параметрами системи. Ефективність системи зв'язку і автоматизації та якість зв'язку залежать не тільки від параметрів системи (елементів системи), але й від зовнішніх умов, у яких система працює.

Системам зв'язку і автоматизації властиві наступні основні характерні риси, що дозволяють віднести їх до класу складних (великих) систем [2]:

- багатфункціональність, що впливає з необхідності передачі різних видів інформації;
- складність структурної організації й алгоритмів функціонування;
- наявність великої кількості підсистем і елементів, їх тісний взаємозв'язок і взаємообумовленість у роботі;
- імовірнісний характер процесів функціонування системи, обумовлений випадковими змінами параметрів середовища, а також випадковим характером потоків інформації;
- великий просторовий розмах і динамічність;
- наявність управління та інше.

Виходячи із цього, оцінка ефективності систем зв'язку і автоматизації в методологічному плані повинна базуватися на основних положеннях теорії складних систем, теорії ефективності, теорії дослідження операцій і системного аналізу.

Вимоги до зв'язку й системи зв'язку і автоматизації виступають властивостями, сукупність яких характеризує якісну визначеність такого матеріального об'єкта як функціонуюча система зв'язку і автоматизації.

При оцінці ефективності будь-якої системи, як правило, визначають ступінь відповідності її властивостей вимогам, які до неї висуваються.

Оцінка системи зв'язку і автоматизації через бойову ефективність і ефективність системи управління військами (оцінка абсолютної ефективності) [3, 4] не одержала дотепер широкого поширення на практиці. Це пов'язано з відсутністю або недосконалістю математичних моделей, придатних для розрахунку показників результативності бойових дій військ залежно від якості зв'язку й визначення “внеску” системи зв'язку і автоматизації в результат операції. Тому при оцінці систем зв'язку і автоматизації найчастіше обмежуються їх власною (внутрішньою) ефективністю [5], 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.

Таким чином, метою статті є визначення показників для розробки методики оцінки ефективності системи зв'язку і автоматизації.

### Виклад основного матеріалу

У системі зв'язку і автоматизації, як і в будь-якій іншій складній системі, можна виділити наступні матеріальні складові:

- основні сили й засоби (сили й засоби, що реалізують основний процес, тобто безпосередньо беруть участь в обміні інформацією);
- сили й засоби забезпечення (бойового, спеціально-технічного, тилового);
- сили й засоби управління зв'язком;
- резерв сил і засобів.

Більшість наявних в теперішній час методів оцінки ефективності орієнтовані на оцінку системи зв'язку і автоматизації як сукупності основних сил і засобів. Однак це не означає, що ці сили й засоби штучно відриваються від інших матеріальних складових системи. Останні повинні в необхідному ступені враховуватися як параметри або обмежуючі умови.

Внутрішня ефективність системи зв'язку і автоматизації обумовлюється наступними основними факторами:

- реалізованим рівнем якості зв'язку в заданий момент часу –  $K(t)$ ;
- станом і взаємозв'язком сил і засобів (структурою системи зв'язку і автоматизації) у заданий період бойових дій –  $V(t)$ ;
- витратами матеріальних засобів на створення ( $R_0$ ) і експлуатацію ( $R(t)$ ) системи зв'язку і автоматизації.

Таким чином, ефективність системи зв'язку і автоматизації в загальному вигляді може бути виражена як функція якості зв'язку, стану сил і

засобів, а також матеріальних витрат:  $E(t) = f(K(t), V(t), R_0, R(t))$ .

Залежно від мети оцінки ефективності розрізняють:

1. Оперативну ефективність, що ототожнюється з реалізованою якістю зв'язку при заданій структурі системи й певних витратах на її створення й експлуатацію.

2. Функціональну ефективність, що пов'язана з можливістю забезпечення необхідного стану сил і засобів при заданих обмеженнях на якість зв'язку й різного роду витрати.

3. Економічну ефективність – обумовлену витратами на створення системи необхідної структури й забезпечення зв'язку заданої якості.

Якість зв'язку, відображена в оперативній ефективності, є узагальненою характеристикою (властивістю) системи зв'язку і автоматизації. Якби система й функціонувала в суворо визначених умовах, не піддаючись впливу з боку противника й власної системи управління, то по оперативній ефективності можна було б оцінювати ефективність системи в цілому. Однак зазначені умови для систем військового зв'язку, як відомо, не виконуються. Підтримка необхідного рівня якості зв'язку вимагає безперервного приведення наявних сил і засобів у відповідність зі складною обстановкою. Всебічно оцінити цей аспект відповідності системи зв'язку і автоматизації пропонованим вимогам можна тільки сукупністю показників оперативної й функціональної ефективності. Питання оцінки економічної ефективності найбільш повно вирішуються при розробці нових зразків техніки й проектуванні перспективних систем зв'язку і автоматизації. У той же час вони вимагають свого вирішення й при обґрунтуванні рішень щодо організації зв'язку в ході ведення операцій.

Необхідність в оцінці ефективності систем зв'язку і автоматизації виникає на всіх етапах організації зв'язку.

Залежно від об'єкта дослідження може проводитися:

- оцінка ефективності розгорнутих і постійно функціонуючих систем зв'язку (тобто систем військового зв'язку, що існують у мирний час);
- оцінка ефективності систем зв'язку і автоматизації, які плануються до розгортання (тобто систем зв'язку і автоматизації, що фізично не існують на момент оцінки);
- оцінка польових систем зв'язку і автоматизації в ході операції (тобто реальних систем зв'язку, які розгортаються і функціонують на навчаннях або в ході бойових дій).

В основі оцінки ефективності систем зв'язку і автоматизації, які плануються, лежить моделювання процесів їх функціонування з урахуванням умов майбутньої операції. Основним критерієм оцінки ефективності системи зв'язку і автоматизації є ступінь відповідності її визначеним оперативно-тактичним вимогам (ОТВ).

Оцінка ефективності систем зв'язку і автоматизації на етапі експлуатації ґрунтується на аналізі статистичних даних, що відображають

основні характеристики реального процесу їх функціонування. Критеріями оцінки ефективності виступають як ступінь відповідності ОТВ, так і ступінь відповідності характеристик системи зв'язку і автоматизації, яка розгортається, запланованим показникам.

Кількісне обґрунтування рішень, прийнятих у ході організації зв'язку, проводиться шляхом математичного моделювання досліджуваних систем і процесів зв'язку.

Математична модель системи зв'язку і автоматизації – це формальний логіко-математичний опис її структури або процесів, що протікають у ній. Моделювання – один з основних методів аналізу й синтезу системи зв'язку і автоматизації.

Числові величини, що характеризують зовнішні умови, називають параметрами обстановки. Параметри обстановки для систем військового зв'язку значною мірою випадкові. Внаслідок цього системи зв'язку і автоматизації прийнято називати імовірнісними системами, а їхні математичні моделі – імовірнісними (стохастичними) моделями.

Розрізняють два типи імовірнісних моделей – аналітичні й статистичні. Аналітична модель – це сукупність співвідношень, що встановлюють залежність між параметрами системи, параметрами обстановки й показником ефективності.

Найважливішою перевагою аналітичних моделей є те, що результати, отримані на основі їх використання, можуть бути визначені в результаті однократного виконання дій у загальному виді. Останнє дозволяє проводити всебічне дослідження отриманого результату з метою його оптимізації. Однак побудова аналітичної моделі системи зв'язку і автоматизації часто пов'язана із прийняттям ряду допущень. Це є наслідком складності адекватного відображення досліджуваного об'єкта.

Статистична модель, як правило, не накладає ніяких обмежень на складність модельованої системи й дозволяє враховувати в моделі будь-яку кількість факторів.

За певних умов можуть бути використані комбіновані моделі, у яких сполучаються аналітичні й статистичні методи.

Оцінка якості зв'язку й ефективності систем зв'язку і автоматизації виробляється за допомогою використання різного роду показників і критеріїв.

Під показником ефективності розуміють характеристику або функцію характеристик, обрану для оцінки деякої сукупної властивості об'єкта. Найбільш загальним показником ефективності для будь-яких систем (процесів) є ймовірність досягнення мети або вирішення завдань, які стоять перед системою. Такий показник може бути сформульований практично для будь-якої складної системи, однак часто виникають труднощі, пов'язані з його кількісним визначенням.

Для систем зв'язку і автоматизації найбільш загальним і широко застосовуваним показником є ймовірність своєчасної передачі заданого потоку повідомлень із забезпеченням необхідної

вірогідності переданої інформації й прихованості її змісту.

Хоча цей показник досить повно характеризує ступінь відповідності системи зв'язку і автоматизації своєму основному призначенню, провести комплексну всебічну оцінку ефективності за його допомогою не завжди вдається. Це обумовлено відсутністю можливості хоча б задовільно пов'язати в рамках єдиної математичної або навіть концептуальної моделі все різноманіття властивостей системи в динаміці їхнього прояву з якістю забезпечуваного зв'язку. Властивості зв'язку й системи зв'язку надзвичайно різноманітні, суперечливі щодо змін параметрів системи й зовнішніх умов її функціонування й вимагають, як правило, побудови “своїх” математичних моделей для розрахунку. Саме тому в основу оцінки ефективності систем зв'язку і автоматизації і якості зв'язку береться система показників і критеріїв.

Показники поділяють на кількісні, порядкові і якісні.

Кількісні показники виражаються у вигляді функціоналу від параметрів системи й визначають абсолютну числову міру властивості або його відносну міру (частку, частину), або ймовірність. (Наприклад, час розгортання елементу системи зв'язку і автоматизації, частка вчасно переданих повідомлень, ймовірність своєчасного встановлення з'єднання й т. п.).

Порядкові показники дозволяють виконати ранжування альтернативних рішень, але не дозволяють визначити абсолютний прояв тієї або іншої властивості.

Використання цих показників характерне для верхніх рівнів ухвалення рішення, при неформальних судженнях, що відображають перевагу. Тому вироблення порядкових показників є прерогативою посадових осіб, що володіють відповідним досвідом, правами й відповідальністю.

При використанні якісних показників оперують поняттями якої-небудь установленої шкали суджень (зокрема “бальної” шкали). Якісна оцінка, особливо при дослідженні складних систем, є ефективним засобом уточнення й доповнення результатів кількісного аналізу.

Оцінка ефективності системи здійснюється за допомогою критеріїв.

Під критерієм розуміють ознаку, мірило, судження, правило, на підставі яких виробляється оцінка або класифікація чого-небудь. Математичним виразом критерію найчастіше є умова (наприклад,  $P(t_{cs} \leq t_{cs \text{ доп}}) \geq P_{\text{вим}}$  – ймовірність своєчасної передачі повідомлень більша або дорівнює тій, що вимагається).

Слід зазначити, що якісні й порядкові показники самі можуть виступати критеріями оцінки.

Найбільш уживаними кількісними показниками імовірнісних систем є не випадкові характеристики випадкової величини, у якості яких, як правило, використовують ймовірність події й математичне очікування (середнє значення). Для систем зв'язку такими показниками можуть виступати: ймовірність виконання завдання; математичне очікування

результату; імовірність одержання результату не меншого за заданий або мінімальний результат, отриманий із заданою гарантією.

Показники й критерії, які використовуються при оцінці ефективності, повинні задовольняти наступним вимогам:

відображати цільове призначення системи або основний зміст оцінюваної властивості;

мати змістове трактування в сталих організаційно-технічних і техніко-економічних термінах;

забезпечувати облік істотних внутрішніх і зовнішніх параметрів і бути чутливими до їх зміни;

володіти максимально можливою простотою в математичному змісті, зручністю обчислення й доступністю для дослідної перевірки.

Показники ефективності систем зв'язку і автоматизації, які найбільш часто використовуються: бойова готовність, стійкість, пропускну спроможність, мобільність та безпека.

### Висновки й перспективи подальших досліджень

Ефективність простих дій може бути оцінена за єдиним показником. 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 статті рассмотрена взаємозв'язок між ефективністю функціонування системи зв'язку і автоматизації та ефективністю управління військами. Рассмотрены разные виды эффективности. Проведено анализ существующих методов оценки эффективности систем связи и автоматизации. Определены наиболее часто употребляемые показатели оценки эффективности системы связи и автоматизации. Определены направления дальнейших исследований.

*Ключевые слова:* система управління, система зв'язку, оцінка ефективності, показник ефективності, критерій ефективності.

Врахувати 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 забезпечення високої пропускну спроможності.

Одним з напрямків подальших досліджень варто визначити розробку методики оцінки ефективності функціонування підсистеми зв'язку і автоматизації в системі управління військами, яка має складатися з методик розрахунку бойової готовності, стійкості, пропускну спроможності, мобільності та безпеки системи зв'язку і автоматизації.

### Література

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. **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.
3. **Алтухов П. К.** Основы теории управления войсками / П. К. Алтухов, И. А. Афонский, И. В. Рыболовский, А. Е. Татарченко. – М.: Воениздат, 1984. – 220 с.
4. **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.
5. **Методики** по расчету и оценке полевых систем связи. Курс лекций. – Л.: ВАС, 1985.
6. **Оліфер В. Г.** Комп'ютерні мережі. Принципи, технології, протоколи. Підручник для вузів / В. Г. Оліфер, Н. А. Оліфер. – С-Пб.: Питер, 2004. – 863 с.

In article the intercoupling between efficiency of performance of a communication system and automation and a management efficiency armies is considered. Different kinds of efficiency are considered. It is carried out the analysis of existing methods of an estimation of efficiency of communication systems and automation. Most often used indicators of an estimation of a system effectiveness of communication and automation are defined. Directions of the further probings are defined.

*Key words:* management system, communication system, an efficiency estimation, an efficiency indicator, an effectiveness criterion.