

УДК 358.43



В. П. Городнов



В. Г. Малюга

## ПОКАЗНИКИ ТА КРИТЕРІЙ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИХ СИЛ

*Подано коротке виведення основних показників і критерію ефективності організаційної структури системи управління Повітряних Сил, що дозволяють оцінювати якість структури системи з точки зору ступеня досягнення цілей та повноти реалізації функцій управління.*

**Ключові слова:** структура, система, орган управління, показник, ефективність, інформаційне забезпечення, функція, завдання.

**Постановка проблеми.** Основою функціонування системи управління Повітряних Сил (ПС) є її структура, яка повинна забезпечувати виконання функцій управління щодо досягнення мети бойових дій та операції. Для вибору кращого з варіантів можливих структур системи управління виникає завдання оцінювання якості цих варіантів, а саме кількісного вимірювання абсолютного або відносного значення їх ефективності. Тому для оцінювання ефективності потрібно вибрати відповідний показник якості [1, 3].

Показники ефективності системи управління та її структури повинні характеризувати здатність (присосовність) системи виконувати покладені на неї функції та характеризувати найбільш суттєві якості структури системи управління. Сукупність таких показників виявляється моделлю функціонування системи управління, структура якої досліджується.

Залежно від набору якостей реального процесу управління, який реалізується в конкретній структурі системи управління, складу прогностичних характеристик та точності прогнозу варіанти структури можна поділити на групи корисних, некорисних та шкідливих.

Корисні показники ефективності структури системи управління ПС повинні задовольняти чотири відомі вимоги, а саме [3]:

- 1) відповідати цілям та завданням процесу управління;
- 2) мати ясний фізичний зміст;
- 3) бути чутливими до змін умов обстановки, до вироблених та реалізованих рішень;
- 4) бути зручними для визначення та використання.

У ході оцінювання варіантів структури системи управління перелік показників,  
© В. П. Городнов, В. Г. Малюга, 2018

методи їх визначення, а також межі можливих значень для відносних показників мають бути однаковими. Точність обчислювання значень показників повинна зростати у разі збільшення обсягу інформації, яка використовується.

На сьогодні цілісна система показників для оцінювання ефективності структури системи управління ПС не відпрацьована. Показники ефективності, що наведені у [1, 2, 4, 5] та якими користуються на практиці, характеризують деякі суттєві властивості структури системи управління, але вони не дозволяють прямо оцінити ступінь досягнення цілей управління та повноту реалізації функцій управління, тому визначена у цих працях сукупність показників – часткова. Для оцінки структури системи в цілому потрібно розробити загальний та часткові показники, за допомогою яких можна оцінювати і прогнозувати її ефективність з точки зору досягнення цілей управління та реалізації функцій управління.

Отже, актуальною стає проблема пошуку показників та формулювання критерію, за допомогою яких можна було б оцінювати і прогнозувати ефективність структури системи управління Повітряних Сил з точки зору досягнення цілей управління та реалізації функцій управління.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Визначенню показників для оцінювання ефективності та властивостей структури системи управління, а також їх окремих елементів присвячені праці [2, 4, 5].

У [4] для оцінювання ефективності системи управління запропоновано використовувати ентропію структури та узагальнений показник важливості елемента структури, який обчислюється як середньозважене значення

показника ступеня центрованості елемента, показника відносної його транзитності та відносного показника близькості елементів.

У [5] для оцінювання якості структури системи управління Повітряних Сил запропоновано використовувати такі показники ефективності:

– показники, які характеризують можливості структури системи управління щодо обробки та передачі інформації відповідного обсягу за заданий інтервал часу, які є показниками пропускну здатності, продуктивності та завантаженості вузлів структури, а також структури всієї системи у цілому;

– показники, які характеризують у структурі окремі складові інформаційно-аналітичного забезпечення процесів управління, до яких належать показники якості інформаційних складових (сукупності даних, згрупованих за ознаками їх використання джерелами, споживачами, за їх характеристиками та ін.);

– відомі показники, що характеризують можливості технічних засобів обробки та передачі інформації; показники, що характеризують можливості та ефективність інформаційно-розрахункового та інформаційно-командного забезпечення (у тому числі за складовими інформаційного, математичного, лінгвістичного та програмного забезпечення систем управління).

У праці [2] використовуються показники ефективності організаційної структури, які характеризують окремі якості її управлінської частини (щільність управління, структурна напруга, дотримання норм управління тощо).

У зазначених та деяких інших працях завдання вимірювання та прогнозу ступеня ефективності структури системи управління в цілому не брали до уваги, що робить актуальною тему статті.

**Метою статті** є визначення показників та формулювання критерію ефективності структури системи управління Повітряних Сил з точки зору досягнення цілей управління та повноти реалізації функцій управління.

**Виклад основного матеріалу.** Одним із способів оцінювання ефективності структури системи управління є порівняння результатів моделювання бойових дій з урахуванням реальної системи управління та результатів моделювання з ідеальними параметрами управління. Припущення, що ефективність управління військами пов'язана із загальною ефективністю бойових дій, може бути справедливим, але через багатопараметричність

та високу невизначеність процесів, які відбуваються у ході бойових дій, складно встановити функціональну залежність між ефективністю управління та ефективністю бойових дій. Тому моделі, які б відтворювали всю оперативну (бойову) обстановку в органах управління та на полі бою і дозволяли б отримувати значення показників ефективності всіх структур в ієрархії управління, сьогодні немає. Відсутність такої інтегральної моделі ведення бойових дій ПС вимагає пошуку інших підходів до оцінювання ефективності структури системи управління Повітряних Сил.

За методом аналогій можна застосувати відомий методичний підхід, описаний у [3] для оцінки ефективності штабних математичних моделей бойових дій Військ ППО. Як і ефективність моделей бойових дій, ефективність структури системи управління залежить від просторово-часових параметрів, а також від параметрів, що характеризують якість вхідних даних, або інформації, що використовується для формування управляючих впливів. На відміну від процесу моделювання бойових дій процес управління військами буде мати свою шкалу значущих факторів, за допомогою якої оцінюються часткові показники ефективності, та матиме свою фізичну інтерпретацію просторово-часових параметрів.

Однією з основних вимог до показника ефективності є кількісна характеристика ступеня досягнення мети управління. Як мету управління для системи управління ПС можна розглядати в загальному випадку досягнення результату ведення бойових дій угрупованням ПС, що відповідає заданому критерію ефективності. Досягнення такої мети може бути реалізовано у ході виконання набору оперативних функцій управління, основними серед яких є цілепокладання, планування, підготовка, організація та контроль ведення бойових дій і операцій, їх всебічне забезпечення та інші функції. Тоді за повнотою реалізації функцій у структурі системи можна оцінювати якість як системи управління взагалі, так і її структури зокрема.

Процес виконання завдань з реалізації функцій управління ( $N$  – кількість функцій) здійснюється протягом деякого інтервалу часу (часто випадкового). Цей факт обумовлює необхідність урахування не тільки якості, але і своєчасності виконання кожної функції. Неякісне (несвоєчасне та неповне) виконання функцій управління призводить до втрати ефективності управління і як наслідок – до

зниження ефективності бойових дій угруповання ПС (збільшення втрат своїх сил та об'єктів, зменшення втрат противника тощо). За однакових умов обстановки можна припустити, що система управління з кращою структурою забезпечить менші втрати ефективності.

Отже, показник втрати ефективності ( $B_e$ ) є загальним для всіх типів структур системи управління і може бути використаний для формування показника їх якості.

Будемо вважати, що "ідеальна структура" системи управління має граничні можливості, які характеризуються виконанням усіх необхідних функцій управління миттєво, об'єктивно (з урахуванням усіх умов) та у повному обсязі. Тоді "ідеальна структура" забезпечить мінімальні втрати ефективності ( $B_e^i$ ), які обумовлені тільки невизначеністю вхідних даних про умови обстановки, противника, іноді і своїх військ.

Для порівняння існуючої структури системи управління з перспективною з урахуванням досягнутого рівня ефективності існуючої відносно граничного рівня ідеальної структури введемо відносний загальний показник ефективності  $E^o$  структури:

$$E^o = \frac{B_e^{ic} - B_e^o}{B_e^{ic} - B_e^i}, \quad (1)$$

де  $B_e^{ic}$  – втрати ефективності існуючої структури системи управління;

$B_e^o$  – втрати ефективності структури, що оцінюється.

Значення введеного показника знаходиться у границях ( $-\infty < E^o \leq 1$ ). Тоді до корисних структур можна віднести структури, для яких  $\Delta < E^o \leq 1$ , до некорисних – структури, для яких  $0 \leq E^o \leq \Delta$ , та до шкідливих – структури, для яких  $-\infty < E^o < 0$ . Величина порога  $\Delta$  може бути вибрана за вимогою збалансованості приросту ефективності та витрат на його забезпечення (витрати на створення нової структури, проведення заходів злагодження підрозділів у складі нових органів управління, дослідницьких заходів опробування нової структури під час заходів оперативної підготовки тощо).

Якщо зробити деяку послідовність математичних перетворень із заміною та підстановкою нових змінних величин, яка наведена у [3], то можна формулу (1) привести до виду

$$E^o = \frac{\Phi^o - \Phi^{ic}}{1 - \Phi^{ic}}, \quad (2)$$

де  $\Phi^*$  – показник, який є характеристикою величини внеску (\*)-ї структури [ $(*) = (o)$  – структура, що оцінюється;  $(*) = (ic)$  – існуюча] в скорочення втрат ефективності під час виконання завдань за всім переліком функцій управління (Н). Тому  $\Phi^*$  може бути показником повноти реалізації функцій управління в (\*)-й структурі системи управління.

Якщо провести деякі математичні перетворення з відповідними припущеннями за аналогією з [3], то показник  $\Phi^*$  буде дорівнювати:

$$\Phi^* = \sum_{h=1}^N \eta_h \cdot P_h^* \cdot C_h^*, \quad (3)$$

де  $\eta_h$  – коефіцієнт важливості виконання завдань за h-ю функцією управління (важливість h-ї функції управління);

$P_h^*$  – імовірність своєчасного виконання завдань за h-ю функцією управління в (\*)-й структурі системи управління (показник оперативності управління);

$C_h^*$  – показник об'єктивності виконання завдань за h-ю функцією управління в (\*)-й структурі системи управління.

Коефіцієнт важливості  $\eta_h$  для кожної функції може бути визначений методами експертного оцінювання [6] або за допомогою методів таксономії [7].

Розрахункові формули для показника оперативності управління – імовірності своєчасного виконання завдань та показника об'єктивності виконання завдань за кожною функцією можуть бути отримані шляхом використання відомого методичного підходу [3]. Для спрощення запису математичних виразів опустимо індекси (h) та (\*), маючи на увазі, що показники розраховуються відповідно до наведених формул для кожної h-ї функції в (\*)-й структурі.

Показник об'єктивності виконання завдань управління при реалізації будь-якої функції управління за будь-якого варіанта структури системи управління Повітряних Сил після проведення деяких підстановок та математичних перетворень на підставі визначеної шкали значущих факторів для реалізації конкретної функції управління, низки наведених у [3] припущень та відомих формул приблизного обчислювання деяких математичних виразів можна записати у вигляді

$$C = 1 - \sum_{j=1}^4 \lambda_j \sum_{k=1}^K \beta_k, \quad (4)$$

де  $\beta_k$  – вага k-го фактора (параметра) із шкали значущих факторів та параметрів (K – кількість факторів у шкалі для реалізації конкретної функції управління). Ця вага у деяких випадках може бути визначена у відносних одиницях експертним методом для кожного фактора (параметра) з визначеної зі згаданої шкали;

$\lambda_j$  – показник відносної методичної похибки, яка виникає під час виконання завдань з реалізації функції управління для досягнення конкретного кількісного результату; він дорівнює [3]:

$$\lambda_j = \begin{cases} 0 & \text{при безпосередньому врахуванні фактора (j=1);} \\ 0,4-0,49 & \text{при простому врахуванні фактора (j=2);} \\ 0,6 & \text{при функціональному врахуванні фактора (j=3);} \\ 1,06-1,6 & \text{при непряму врахуванні фактора (j=4).} \end{cases}$$

Показник оперативності управління у цьому випадку може бути розрахований за формулою

$$P = 1 - \exp\left(-\frac{T_n}{T_p}\right), \quad (5)$$

де  $T_n$  – час, який є у наявності органу управління для реалізації конкретної функції управління;

$T_p$  – час, який потрібний для реалізації конкретної функції управління (робітний).

Отримана формула (5) може бути використана для визначення імовірності своєчасного виконання завдань за кожною h-ю функцією управління та для оцінювання оперативності процесу управління, який реалізується в конкретній структурі системи управління. Але при цьому виникає необхідність в оцінці середнього потрібного часу ( $T_p$ ) на формування та реалізацію управляючого впливу (реалізацію функції управління) та часу, який є у розпорядженні за умовами обстановки ( $T_n$ ). Такі оцінки можуть бути одержані під час проведення дослідження процесів управління шляхом імітаційного моделювання бойових дій.

На основі отриманих виразів для часткових та загального показників ефективності структури системи управління Повітряних Сил, а також з урахуванням відомих показників [2, 4, 5] критерієм  $\Theta_n$  ефективності структури можна визначити вимогу максимізації загального показника E (2) за умови прийняття частковими показниками визначених допустимих значень:

$$\Theta_n = (E \rightarrow \max) \cap \left[ \bigcap_{k=1}^K Y_k \in \{Y_k^{\text{доп}}\} \right] = \text{True}, \quad (6)$$

де  $Y_k$  – k-й частковий показник ефективності структури системи управління Повітряних Сил ( $k = 1, \dots, K$ );

$Y_k^{\text{доп}}$  – визначена область допустимих значень k-го часткового показника ефективності структури системи управління Повітряних Сил.

За допомогою розроблених показників та визначеного критерію ефективності можна оцінити структуру системи управління Повітряних Сил у цілому, а також порівняти різні варіанти існуючої та перспективної структури за цими показниками.

Вхідними даними для оцінювання ефективності структури системи управління Повітряних Сил з використанням розроблених показників є:

- склад функцій управління, які реалізуються в органах управління Повітряних Сил;
- коефіцієнти “важливості” ( $\eta_h$ ) кожної функції, що реалізується;
- шкала значущих факторів та параметрів при реалізації кожної функції управління та процесу управління в цілому з ваговими коефіцієнтами ( $\beta_k$ ) кожного фактора;
- оцінки потрібного та наявного часу для виконання кожної функції управління.

Зазначені параметри вхідних даних можуть бути оцінені для кожної існуючої або перспективної структури системи управління Повітряних Сил, тому розроблені показники можуть бути обчислені.

### **Висновки**

Таким чином, одержані вирази для часткових (3), (4), (5) і загального (2) показників ефективності та сформульований критерій (6) можуть бути використані органами військового управління для кількісної оцінки функціональної ефективності існуючої та перспективної структури системи управління. Вони дозволяють порівнювати різні структури і встановлювати факт необхідності вдосконалення існуючої структури системи управління Повітряних Сил.

При цьому кожний із розроблених і відомих показників характеризує одну або кілька властивостей структури системи управління. Тому для повної характеристики структури системи управління необхідно застосовувати набір як розроблених, так і відомих показників. Напрямою подальших досліджень може бути розробка алгоритму методики оцінювання ефективності організаційної структури системи управління Повітряних Сил.

**Список використаних джерел**

1. Воробйов, Г. П. Методичні підходи до обґрунтування перспективної структури системи управління військами (силами) [Текст] / Г. П. Воробйов // Збірник наукових праць ОНДІ ЗС. – Харків : ОНДІ ЗС, 2006. – № 3 (5). – С. 3–15.
2. Реструктуризация предприятий и компаний [Текст] : справ. пособие / И. И. Мазур, В. Д. Шапиро, С. А. Титов, Л. В. Элькина. – Москва : Высш. школа, 2000. – 587 с.
3. Городнов, В. П. Моделирование боевых действий частей, соединений и объединений Войск ПВО [Текст] / В. П. Городнов. – Харьков : ВИРТА, 1987. – 380 с.
4. Ярош, С. П. Теоретичні основи побудови та застосування розвідувально-управляючих інформаційних систем протиповітряної оборони [Текст] : монографія / С. П. Ярош ;

за ред. І. О. Кириченка. – Харків : ХУПС, 2012. – 500 с.

5. Смірнов, Є. Б. Метод автоматизованого нечіткого визначення корисної інформації для прийняття раціонального рішення [Текст] / Є. Б. Смірнов // Системи озброєння і військова техніка. – Харків : ХУПС, 2010. – № 4 (24). – С. 136–140.
6. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] / Т. Саати ; пер. Р. Г. Вачнадзе. – Москва : Радио и связь, 1993. – 278 с.
7. Плюта, В. Сравнительный многомерный анализ в экономических исследованиях: методы таксономии и факторного анализа [Текст] / В. Плюта. – Москва : Статистика, 1980. – 151 с.

*Стаття надійшла до редакції 16.03.2018 р.*

**УДК 358.43**

**В. П. Городнов, В. Г. Малюга**

**ПОКАЗАТЕЛИ И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ СИЛ**

*Наряду с известными показателями оценки эффективности системы управления вводятся показатели и формулируется критерий, которые позволяют оценить качество структуры системы с точки зрения степени достижения целей и полноты реализации функций управления.*

**Ключевые слова:** структура, система, орган управления, показатель, эффективность, информационное обеспечение, функция, задание.

**UDC 358.43**

**V. P. Gorodnov, V. G. Malyuga**

**INDICATORS AND THE CRITERIA OF ESTIMATION OF STRUCTURE EFFICIENCY AIR FORCE CONTROL SYSTEM**

*Determination of main indicators and the measure of effectiveness of an organizational structure of the Ukrainian Air Force command and control (C2) system were made in this article. These indicators allow to assess the quality of the C2 structure in terms of the degree of achievement of system's goals and completeness of implementation of management functions.*

*Obtained expressions for the partial and total efficiency index and identified criterion (measure) can be used by military management bodies to quantify the functional effectiveness of the management system structure: the existing and perspective. These indicators permit to compare structures and justify the need to improve the existing structure of the Air Force management system.*

*In this case, each of the developed and known indicators characterizes one or several characteristics of the C2 structure. Therefore, to characterize in general the management system structure, it is necessary to apply a set of developed and known indicators as a whole. As a direction for further research, the development of the effectiveness assessment methodology for the Air Force management system organizational structure can be proposed.*

**Keywords:** structure, system, control body, indicator, efficiency, information provision, function, task.

**Городнов Вячеслав Петрович** – доктор військових наук, професор, професор кафедри управління повсякденною діяльністю Національної академії Національної гвардії України

**Малюга Володимир Геннадійович** – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, докторант Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба