

Г. В. Данішевський, А. Г. Кондратюк, В. М. Ляшук

МЕТОД ФОРМАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКАМИ

Запропоновано універсальний підхід до формалізації процесу управління військами в умовах сучасної війни з метою побудови математичної моделі для оцінювання ефективності системи управління військами та генерування її раціональної структури.

Особливістю формалізації процесу управління військами є введення поняття „бойова одиниця”. У запропонованому способі формалізації вона може бути або складеною (якщо включає в себе множини бойових одиниць), або простою (якщо не має підпорядкованих елементів). Таким чином, складена бойова одиниця є множиною бойових одиниць, частиною якої вона є сама. Введення поняття простої бойової одиниці робить процес формалізації завершеним. Це дозволяє отримати повну формальну систему, яка має розв’язок, та оцінити потенційну ефективність системи управління військами шляхом розрахунку часу виконання контурів бойового управління.

Запропонований метод є передумовою для проведення подальших досліджень і визначення комплексу критеріїв та показників ефективності функціонування системи управління військами, а також для розробки відповідної методики оцінювання її ефективності.

***Ключові слова:** система управління військами, контур бойового управління, бойова одиниця, математична модель.*

Постановка проблеми в загальному вигляді. У нових умовах потрібне реформування способів ведення бойових дій, а також організації підтримки військ на полі бою з урахуванням останніх досягнень у галузі інформаційних комунікацій.

У майбутніх конфліктах будуть використовуватися робототехнічні комплекси, інформаційна сфера та космічні засоби, при цьому передусім може бути атакована система державного управління противника.

Сучасні системи управління військами (СУВ) характеризуються організаційно-технічною складністю та високою вартістю їх створення й модернізації. Сьогодні здійснюється розробка сучасних засобів бойового управління та зв'язку, інтегрованих у єдиний інформаційний простір, удосконалюється система моделювання збройних сил (ЗС), зростає рівень автоматизації процесів збору та аналізу інформації про обстановку, планування бойових дій за рахунок упровадження єдиної автоматизованої системи управління військами і зброєю (рис. 1) [1].

Це означає, що в комплексі заходів щодо забезпечення обороноздатності держави поряд із підтриманням високої бойової готовності військ пріоритетним напрямком є розвиток і вдосконалення системи військового управління. Сучасний стан управління в системах військового призначення – це один із головних показників бойової спроможності й готовності ЗС. Реальне співвідношення сторін конфлікту в ході бойових дій визначається не стільки потенційними, скільки реалізованими можливостями

конфронтуючих угруповань, ступінь реалізації яких залежить від ефективності управління військами.

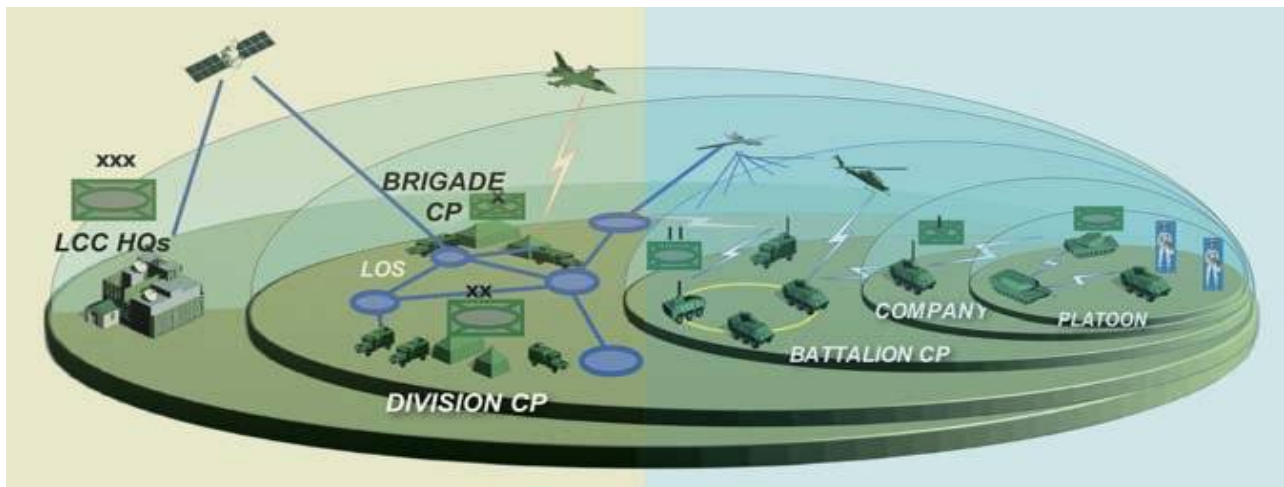


Рис. 1. Типова СУВ

Помилки системного проектування на початкових етапах створення СУВ призводять у подальшому до значних фінансових, матеріальних та часових втрат, тому наявність інструментів для отримання достовірної оцінки ефективності створюваної або існуючої СУВ є необхідною.

Основним інструментом для отримання кількісної оцінки тактико-технічних характеристик СУВ є математичне моделювання процесу їх функціонування. У свою чергу, адекватність математичної моделі та, відповідно, точність оцінки характеристик системи управління, отримуваної в результаті моделювання, визначається способом формалізації процесу управління. Таким чином, розробка методу формалізації процесу управління військами також є актуальним науковим завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання побудови та розвитку сучасних СУВ були висвітлені в концептуальних стратегічних документах на рівні держави: Стратегії національної безпеки України [2] та Военній доктрині України [3], – де наголошувалося на забезпеченні надійного управління військами (силами) в особливий період без перебудови та проведення масштабних організаційних заходів і впровадженні стандартів управління військами, прийнятих у державах – членах НАТО, із забезпеченням постійної готовності органів управління до виконання завдань, їх регулярних навчань і тренувань, а також децентралізованого стилю управління.

Аналіз упровадження СУВ у провідних країнах світу показав, що в галузі розробок систем управління військового призначення накопичено значний досвід, згідно з яким удосконалення СУВ повинно базуватися на застосуванні новітніх методів управління, впровадженні сучасних ІТ-технологій, які реалізують концепцію інтегрованого інформаційного середовища, застосовують сучасні методи оперативного аналізу інформації та підтримки процесів прийняття рішень [4, 5].

Побудова нової СУВ з урахуванням досвіду проведення антитерористичної операції (гібридної війни) – це кропіткий процес, однією зі складових якого є попереднє визначення ефективності розробленого зразка, що не можливо без розробки його

адекватної математичної моделі. На створення зазначеної вище моделі впливають багато чинників: велика кількість різнотипних елементів; динамічний характер зміни станів об'єктів управління; імовірний характер виникнення різнопланових ситуацій та динамічно змінна цільова функція для об'єкта управління.

Крім того, оцінка адекватності моделі реальному об'єкту, що характеризується за близькістю результатів розрахунків до експериментальних даних, також є проблематичною, оскільки вимагає повномасштабного застосування СУВ. У цьому напрямку відомі роботи таких науковців: І. Котенка, А. Рунєєва, Г. Поспелова, П. Алтухова, С. Дружиніна, Б. Герасимова, Л. Бондаренка, О. Василенка, Л. Артюшина, Ю. Зіатдинова, І. Попова, А. Харченка, П. Стужука тощо [6–8]. Аналіз цих досліджень доводить **актуальність** вирішення завдання формалізації процесу управління військами.

Метою статті є розробка універсального методу формалізації процесу управління військами, який дає можливість створювати адекватні математичні моделі для оцінювання ефективності СУВ.

Виклад основного матеріалу

У процесі організації управління військами основними вимогами є оперативність обробки інформації та її доведення до підпорядкованих сил та засобів, захист інформації від противника, стійкість системи управління в разі її вогневого ураження або виходу з ладу програмно-технічних засобів. Оперативність – це одна з найважливіших вимог, що впливає із закону відповідності потрібного часу й часу, що є в розпорядженні при вирішенні завдань управління [6].

Математична модель процесу управління військами має забезпечувати розрахунок часових показників функціонування СУВ при вирішенні конкретних завдань як за умови повністю працездатної системи (її потенційні можливості), так і в разі впливу негативних факторів (структурна стійкість та технічна надійність).

Для використання математичних моделей як методу дослідження та аналізу процесу функціонування СУВ необхідно насамперед „правильно” структурувати процес, використовуючи принципи „цілеобумовленості”, цілісності та складності. Це вимагає спрощення досліджуваного об'єкта до такого рівня абстракції, на якому він зберігає свої істотні властивості.

Особливістю запропонованого підходу формалізації є введення поняття “бойова одиниця” (БО). Якщо визначити її як сукупність засобів виявлення цілі, засобів прийняття рішень, засобів ураження (ЗУ) та комплексу сил і засобів наведення на ціль, то функціональну схему процесу управління військами можна зобразити у вигляді, наведеному на рис. 2.

Залежно від рівня управління БО може бути окремий боєць, танк, літак, бойовий комплекс, бойова тактична група тощо. БО може бути або **складеною** (якщо включає в себе підпорядковані елементи), або **простою** (за їх відсутності).

Тобто елемент системи, який спочатку виникає для виконання функції координації дій між множиною цілеспрямовано діючих елементів, у кінцевому підсумку сам перетворюється в систему, що змінює структуру цієї множини і властивості її елементів.

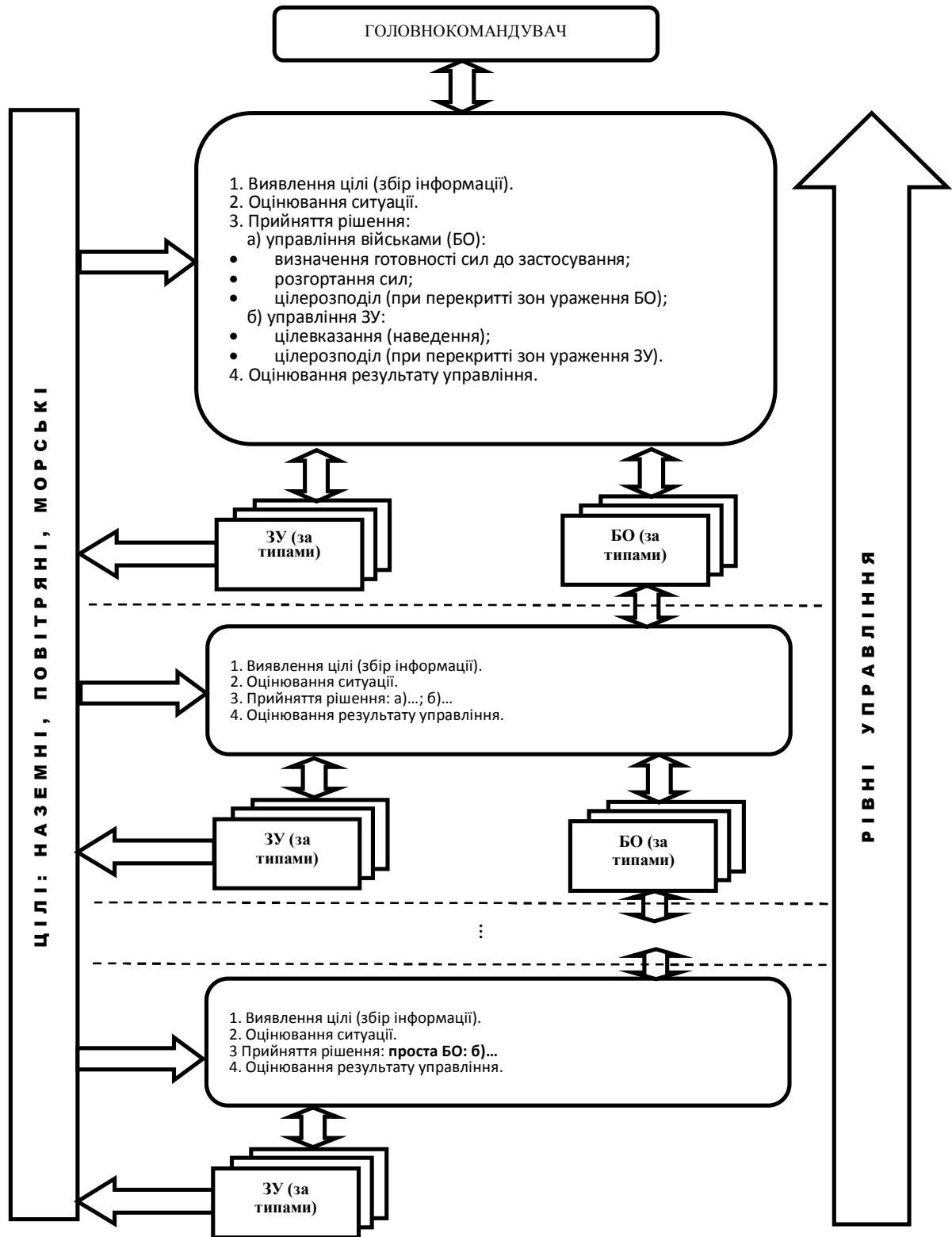


Рис. 2. Функціональна схема процесу управління військами

Таким чином, складена БО є множиною БО, елементом якої вона є сама. Наявність простої БО є необхідною умовою для завершення процесу формалізації будь-якої СУВ. Таким чином, ми отримуємо повну формальну (у термінах математичної логіки) систему, яка має розв'язок за певну кількість ітерацій.

Якщо припустити, що існує ідеальний варіант повністю автоматизованої СУВ, у якій рішення про застосування усіх ЗУ, що працюють автоматично, приймає одна людина

(головнокомандувач), то функціональна схема такої системи буде складатися з одного елемента (БО).

Рекурсивне застосування запропонованого способу формалізації для існуючих організаційних структур СУВ дозволяє не тільки побудувати їх математичну модель, але вже на етапі аналізу усунути з них дублюючі функціональні елементи або додати відсутні.

Основною аксіомою при формалізації процесу управління військами з метою оцінювання оперативності функціонування СУВ є твердження, що в процесі бойового застосування військ завжди присутні такі етапи [8]: виявлення (ідентифікація) цілі; прийняття рішення на її знищення; застосування ЗУ; оцінювання результатів застосування ЗУ.

Дані етапи створюють **контур бойового управління (КБУ)**, який визначається наявними цілями і доступними для їх знищення ЗУ. Виконання КБУ займає в загальному вигляді час $T_{\text{КБУ}}$, який складається з таких інтервалів:

$$T_{\text{КБУ}} = T_{\text{ВЦ}} + T_{\text{ПР}} + T_{\text{ЗУ}} + T_{\text{ОЦ}} + T_{\text{ПЕР}},$$

де $T_{\text{ВЦ}}$ – час, необхідний для виявлення (ідентифікації) цілі;

$T_{\text{ПР}}$ – час, потрібний для прийняття рішення на знищення цілі;

$T_{\text{ЗУ}}$ – час наведення на ціль та застосування ЗУ;

$T_{\text{ОЦ}}$ – час оцінювання результатів застосування ЗУ;

$T_{\text{ПЕР}}$ – час, необхідний для передачі інформації та сигналів управління між елементами СУВ.

Загальне завдання СУВ можна сформулювати в такий спосіб: ефективно застосування наявних ЗУ по виявленим цілям противника, у результаті якого досягається максимум знищених цілей при мінімальних витратах. Тобто це є завданням оптимального цілерозподілу множини ЗУ $R = \{R_i\}_{i=1}^N$ на множину цілей $Z = \{Z_k\}_{k=1}^M$ на заданій множині сценаріїв бойових дій $S = \{S_j\}_{j=1}^L$.

Можливість порівняти розрахунки, отримані з використанням конкретної математичної моделі, з експериментальними даними бойового застосування обраного сценарію бойових дій (на заданій множині сценаріїв S) дозволяє зробити висновок про адекватність математичної моделі.

Кожний сценарій S_j бойових дій визначає перелік завдань, які має вирішити СУВ. А кожне i -е завдання із цього переліку, у свою чергу, деталізується до рівня обробки інформації, на якому можна визначити час виконання його k -го етапу (t_{ik}). Час виконання i -го завдання буде дорівнювати

$$t_i = \sum_{k=1}^{K_i} t_{ik},$$

а граф його виконання G_i складатиметься з конкретних елементів СУВ та БО, задіяних для цього. Очевидно, що граф G_i розв'язку i -ї задачі є нічим іншим, як варіантом конкретного КБУ при виконанні даного завдання.

Математична модель СУВ має бути здатною обчислювати час виконання кожної i -ї задачі для всієї множини сценаріїв S та відповідної множини графів розв'язання задач $\{G_i\}_{i=1}^N$ (рис. 3).

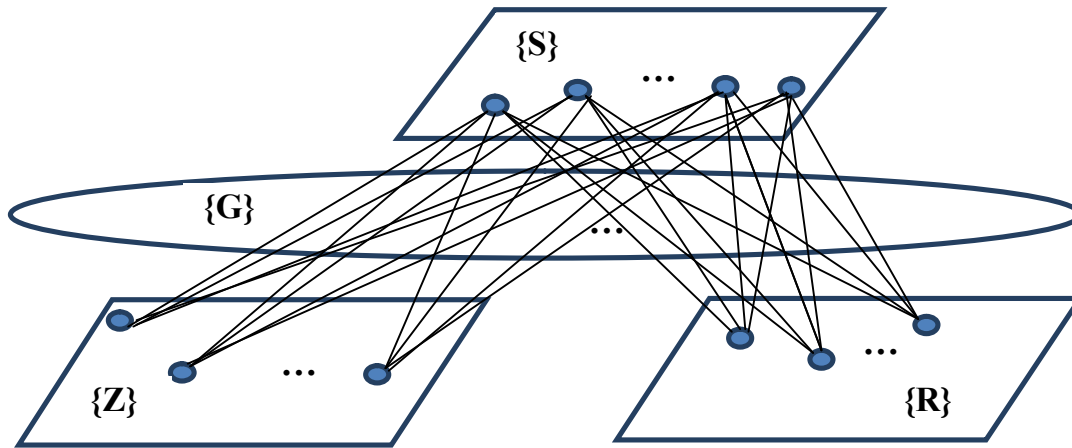


Рис. 3. Множина графів розв'язання задач

Таким чином, КБУ – це динамічно змінний граф, що зв'язує ціль із множиною ЗУ за допомогою БО. Довжина та структура даного графа залежать насамперед від структури СУВ та визначеної в ній ієрархії прийняття рішень.

Відповідно до рівня автоматизації СУВ та автоматизації управління ЗУ окремих БО КБУ поділяються на три типи (рис. 4).

Тип БО	Рівень управління	Виявлення цілі (ідентифікація)	Прийняття рішення		Наведення ЗУ та застосування	Оцінка результатів
			Управління БО	Управління ЗУ		
Складена	1	○	○ → ○	○ → ○	○ → ○	t_1
	2	○	○ → ○	○ → ○	○ → ○	t_2

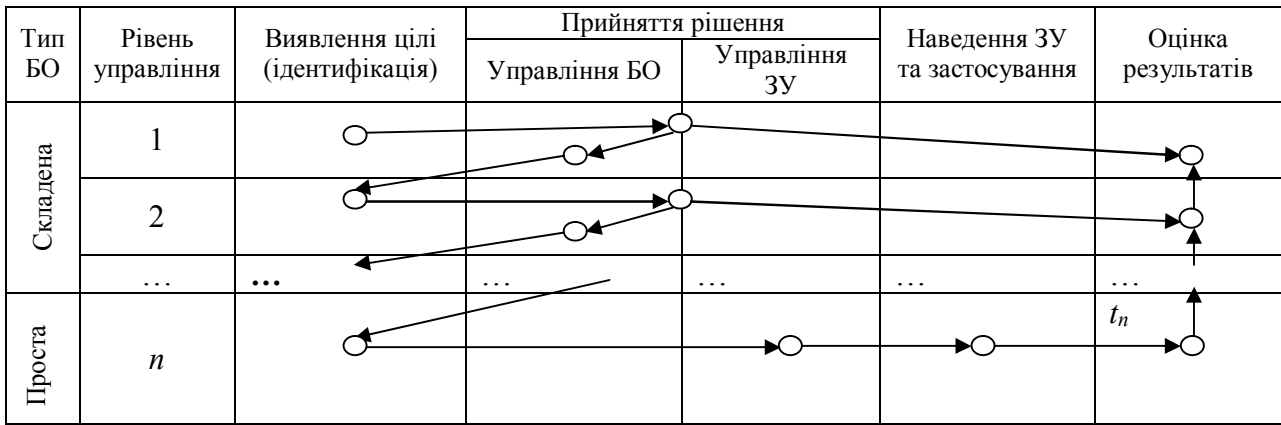
Проста	n	○	○ → ○	○ → ○	○ → ○	t_n

а)

Тип БО	Рівень управління	Виявлення цілі (ідентифікація)	Прийняття рішення		Наведення ЗУ та застосування	Оцінка результатів
			Управління БО	Управління ЗУ		
Складена	1	○	○ → ○	○ → ○	○ → ○	t_1
	2	○	○ → ○	○ → ○	○ → ○	t_2

Проста	n	○	○ → ○	○ → ○	○ → ○	t_n

б)



в)

Рис. 4. Графи КБУ відповідно до рівня автоматизації СУВ:

а) БО всіх рівнів мають ЗУ цілі; б) БО не всіх рівнів мають ЗУ цілі; в) ЗУ мають лише прості БО

Як було викладено вище, КБУ визначається наявними цілями та доступними ЗУ. Але ефективність СУВ при виконанні КБУ залежить від додаткових вимог, а саме:

наявності БО, здатної його реалізувати;

максимального часу виконання КБУ T_{max} , що залежить від характеристик цілі й розташування рубежу оборони;

часу знищення цілі $T_{ЗУ}$, обумовленого характеристиками ЗУ для даного типу цілі та тривалістю виведення БО на рубіж знищення й наведення ЗУ на ціль.

Отже, ефективність СУВ (за критерієм оперативності) можна визначити за наявністю для кожної цілі непорожньої множини ЗУ $R = \{R_i\}_{i=1}^N$ і відповідної їм БО, яка забезпечує виконання КБУ за час, менший максимального: $T_{КБУ} < T_{max}$.

1. Якщо множина ЗУ є порожньою ($R = \emptyset$), то ціль вважається пропущеною, а завдання не виконаним.

2. Якщо множина ЗУ не є порожньою ($R \neq \emptyset$), але для всіх БО $T_{КБУi} > T_{max}$, то ціль вважається пропущеною, а завдання не виконаним.

3. Якщо множина ЗУ не є порожньою ($R \neq \emptyset$) та існує декілька КБУ, для яких $T_{КБУi} < T_{max}$, то ймовірність знищення цілі дорівнює:

$$P = p_1 + (1 - p_1) [p_2 + (1 - p_2) [p_3 + (1 - p_3) \dots [p_n] \dots]],$$

де n – кількість БО різних рівнів, що належать до одного КБУ;

p_i – імовірність знищення цілі БО i -го рівня (розраховується за допомогою математичної моделі або експертним оцінюванням за результатами випробувань ЗУ).

4. Якщо існує лише одна БО, для якої $T_{КБУ} < T_{max}$, то ймовірність знищення цілі становить $P = p_n$.

Використовуючи запропонований спосіб формалізації, можна дійти такого висновку: для заданої множини цілей Z та заданої множини ЗУ R , що відповідає БО, завжди можна оцінити потенційну ефективність СУВ шляхом розрахунків часу виконання КБУ.

У процесі функціонування СУВ час виникнення запитів на вирішення i -го завдання (як і час його виконання) також є випадковим і може бути описаним у вигляді випадкових потоків $\{\lambda_i\}_{i=1}^N$, характеристики яких відповідають конкретному сценарію бойових дій та є вхідними даними при оцінюванні оперативності функціонування системи. СУВ, яка обробляє N випадкових потоків завдань, є системою масового обслуговування, що передбачає використання аналітичного апарату теорії масового обслуговування або розробки математичної імітаційної моделі. Можливість врахування в математичній моделі випадкових потоків відмов програмно-технічних засобів СУВ та випадкових потоків вогневого ураження окремих елементів СУВ дозволить оцінити ефективність функціонування СУВ за комплексним критерієм ефективності.

Визначення математичних методів (аналітичних або імітаційних), які будуть використовуватися для розрахунку показників ефективності СУВ, є окремим науковим завданням.

Висновки. У ході роботи був запропонований підхід до формалізації процесу управління військами, особливістю якого є введення поняття „бойова одиниця”. При такому способі формалізації вона може бути або складеною (якщо включає в себе множину БО), або простою (якщо не має підпорядкованих елементів). Тобто складена БО є множиною БО, частиною якої вона є сама. Наявність простої БО робить процес формалізації завершеним. Це дозволяє отримати повну формальну систему, яка має розв’язок, та дає можливість оцінити потенційну ефективність СУВ шляхом розрахунку часу виконання контурів бойового управління.

Напрямом подальших досліджень є: визначення комплексу критеріїв та показників ефективності функціонування СУВ; побудова математичної моделі функціонування СУВ; розробка методики оцінювання ефективності функціонування СУВ з метою генерування її раціональної структури.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Концепция автоматизированной системы управления боевыми действиями Сухопутных войск АСУВ 2.0. URL: <http://army-news.ru/2013/10/koncepciya-avtomatizirovannoj-sistemy-upravleniya-boevymi-dejstvivyami-suxoputnyx-vojsk-asuv-2-0>.
2. Стратегія національної безпеки України: Указ Президента України від 26.05.2015 № 287/2015. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/287/2015>.
3. Воєнна доктрина України: Указ Президента України від 24.09.2015 № 555/2015. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/555/2015/print1445342698582805>.
4. Аналіз впровадження автоматизованих систем управління військами (силами) в провідних країнах світу / Галаган В. І., Сурков О. О., Прокопенко О. С. та ін. // Зб. наук. праць Центру воен.-стратег. досліджень Нац. ун-ту оборони України ім. Івана Черняхівського. 2013. № 3 (49). С. 40–46.
5. Стужук П. І., Грицай П. М., Вознюк Ю. С. Світові тенденції, проблеми та перспективи створення автоматизованих систем управління військами (силами) // Зб. наук. праць Центру воен.-стратег. досліджень Нац. ун-ту оборони України ім. Івана Черняхівського. 2012. № 1 (45). С. 68–76.

6. Дружинін С. В., Климович О. К., Саєнко О. Г. Сучасний стан автоматизації управління військами в Збройних Силах України // Системи озброєння і військова техніка : зб. наук. праць. Полтава : Вид-во Військ. ін-ту телекомунікацій та інформатизації Нац. техн. ун-ту України «КПІ», 2010. № 1 (21). С. 60–62.
7. Герасимов Б. М., Дивизинюк М. М., Субач И. Ю. Системы поддержки принятия решения: проектирование, применение, оценка эффективности. Севастополь : СНИЯЭИП, 2004. 320 с.
8. Теория управления в системах военного назначения : учебник / А. В. Боговик, С. С. Загоруйко, И. С. Ковалев и др. ; под. ред. И. В. Котенко. Москва, 2001. 320 с.
9. Андрейчикова О. Н. Интеллектуальные системы для поддержки процессов принятия решений. Волгоград : Изд-во ВолгГТУ, 1996. 93 с.
10. Кириченко С. О. Система управління Збройних Сил України: ретроспективний аналіз і перспективи розвитку // Наука і оборона. 2007. № 3. С. 13–18.
11. Люгер Дж. Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. 4-е изд. ; пер. с англ. Москва: Изд. дом «Вильямс», 2005. 864 с.
12. Математические модели боевых действий / П. Н. Ткаченко, Л. Н. Куцев, Г. А. Мещеряков и др. Москва : Изд-во «Советское радио», 1969. С. 350–365.

Подано 24.04.2018

Г. В. Данишевский, А. Г. Кондратюк, В. Н. Ляшук

МЕТОД ФОРМАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ВОЙСКАМИ

Предложен универсальный подход к формализации процесса управления войсками в условиях современной войны с целью построения математической модели для оценки эффективности системы управления войсками и генерирования ее рациональной структуры.

Особенностью формализации процесса управления войсками является введение понятия «боевая единица». В предложенном способе формализации «боевая единица» может быть либо составной (если включает в себя множество боевых единиц), либо простой (если нет подчиненных боевых единиц). Таким образом, составная боевая единица – это множество боевых единиц, элементом которого она сама является. Введение понятия простой боевой единицы делает процесс формализации завершенным. Это позволяет получить полную формальную систему, которая имеет решение, и оценить потенциальную эффективность системы управления войсками путем расчета времени выполнения контуров боевого управления.

Предложенный метод является предпосылкой для проведения дальнейших исследований и определения комплекса критериев и показателей эффективности функционирования системы управления войсками, а также для разработки методики оценивания ее эффективности.

Ключевые слова: *система управления войсками, контур боевого управления, боевая единица, математическая модель.*

H. V. Danishevsky, A. H. Kondratiuk, V. M. Liashuk

THE METHOD OF FORMALIZING THE COMMAND AND CONTROL PROCESS

A universal approach to the formalization of the process of command of troops in the conditions of modern warfare is proposed in order to construct a mathematical model for assessing the effectiveness of the control system of troops and generating its rational structure.

The peculiarity of the formalization of the control of troops is the introduction of the concept of "combat unit". In the proposed method of formalization, the "combat unit" can be either an integral part (if it includes a plurality of combat units) or a simple one (if there are no subordinate combat units). Thus, a component of a combat unit is a plurality of combat units, the element of which it itself is. Introduction of the concept of a simple combat unit makes the process of formalization complete. This allows you to get a complete formal system that has a solution, and evaluate the potential effectiveness of the control system of troops by calculating the time of execution of the contours of combat control.

The proposed method is a prerequisite for further research and definition of a set of criteria and indicators of the effectiveness of the operation of the troop control system, as well as for developing a methodology for assessing the effectiveness of the operation of the troop control system.

Keywords: *control system of troops, contour of combat control, combat unit, mathematical model.*