

Юрій Аркадійович Гусак (доктор військових наук, професор)

Сергій Олександрович Кірсанов (кандидат технічних наук, с.н.с.)

Сергій Миколайович Островський (кандидат військових наук)

Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ, Україна

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКАМИ В АСУВ ТИПУ C4ISR

Статтю присвячено розробленню математичної моделі автоматизованого управління військами в АСУВ типу C4ISR з використанням основних положень теорії управління.

Відповідно до курсу на євроатлантичну інтеграцію України низкою державних документів визначено одним із пріоритетних завдань оборонної реформи створення єдиної автоматизованої системи управління Збройними Силами України (ЄАСУ ЗС України) як основи системи управління силами оборони держави, з огляду на проєктні рішення C4ISR та стандарти країн – членів НАТО. Але, незважаючи на це, її стан, з деяких причин, не відповідає вимогам, які до неї висуваються.

Однією з причин є недосконалість існуючого методичного апарату, який використовується для моделювання процесу управління військами. Перш за все, це стосується відсутності у його складі єдиної математичної моделі автоматизованого управління в АСУВ типу C4ISR, що безпосередньо впливає на вироблення та дотримання єдиної ідеології обґрунтування вимог до неї.

Для досягнення мети статті її авторами представлено АСУВ типу C4ISR як кібернетичну систему, яка забезпечує автоматизоване управління військами на основі визначених принципів управління, ознак класифікації та базових функцій, притаманних даним системам в країнах – членах НАТО.

Відповідно до цього була розроблена математична модель процесу автоматизованого управління військами в АСУВ типу C4ISR, яка враховує послідовність виконання циклу управління та дозволяє дослідити вплив кожного із засобів автоматизованого управління на здійснення процесу управління військами з урахуванням даних про отримане завдання, склад та характер дій противника.

З метою забезпечення єдиної ідеології модель має стати аналітичною та імітаційною основою розвитку теорії щодо обґрунтування вимог до перспективної АСУВ, що є перспективним напрямом подальших досліджень.

**Ключові слова:** теорії управління; автоматизована система управління військами; об'єкт управління; математична модель; цикл управління військами; засоби автоматизованого управління; C4ISR.

### Вступ

У сучасній динамічній високотехнологічній війні перемагає той, хто швидше виявить противника, першим спланує і завдасть удару [1], [2]. Це означає, що перевага у оперативності та обґрунтованості виконання етапів циклу управління військами безпосередньо впливає на ефективність їх застосування. Маючи таку перевагу, угруповання військ здатне забезпечити перемогу навіть над противником, який переважає за чисельністю та вогневими засобами.

Як відомо [3], практична реалізація цих теоретичних положень у США та країнах – членах НАТО здійснюється на основі передових інформаційних технологій ще з 90-их років минулого століття згідно з “Концепцією ведення воєнних дій в єдиному інформаційному просторі з використанням об'єднаних інформаційно-управляючих мереж” (Network-Centric Warfare). Реалізація Концепції відбувається в межах програми “Системи управління, зв'язку, аналітичного забезпечення, розвідки і спостереження” (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance – C4ISR), яка

передбачає об'єднання розподілених у просторі різномірних сил і засобів глобальних і локальних інформаційно-управляючих систем (АСУВ) та автоматизацію процесів управління військами за напрямками: повсякденна діяльність, приведення у вищі ступені бойової готовності, мобілізація, перегруповання, бойове застосування, розвідувальне та інші види забезпечення.

**Постановка проблеми.** Відповідно до курсу на євроатлантичну інтеграцію України низкою державних документів [4], [5] визначено одним із пріоритетних завдань оборонної реформи створення ЄАСУ ЗС України як основи системи управління силами оборони держави, з огляду на проєктні рішення C4ISR та стандарти країн – членів НАТО. Але, незважаючи на це, її стан, з деяких причин, [5] не відповідає вимогам, які до неї висуваються.

Однією з причин є недосконалість існуючого методичного апарату, який використовується для моделювання процесу управління військами [6]. Перш за все, це стосується відсутності у його складі єдиної математичної моделі автоматизованого управління в АСУВ типу C4ISR, що безпосередньо впливає на вироблення та дотримання єдиної ідеології обґрунтування вимог

до неї. Розроблення такої моделі є актуальним науковим завданням, що і визначає тему статті.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Аналіз останніх досліджень і публікацій стосовно наявних математичних моделей автоматизованого управління в АСУВ, у тому числі типу С4ISR, показав, що його розробленню та розвитку приділяли недостатньо уваги. Зарубіжні видання, як правило, не розкривають зміст математичного моделювання процесів управління в АСУ військового призначення, обмежуючись загальним описом даних систем, висвітлюючи при цьому показники, які характеризують окремі, другорядні їх властивості [7].

Результати досліджень, які проводились із зазначеного питання в інтересах створення ЄАСУ ЗС України, свідчать про відсутність єдиної ідеології побудови наявних математичних моделей, що використовуються для опису АСУВ, та їх спрямованість на дослідження окремих властивостей системи. Тобто ці моделі у сукупності не становлять єдину математичну модель автоматизованого управління. Вони базуються на методах системного аналізу [8], експертного оцінювання, аналогій [9]–[10], емпіричних методах, що застосовуються під час випробувань окремих програмно-технічних рішень сучасних систем управління, які створюються у ЗС України [11]–[12]. Але такі математичні моделі містять значні припущення та обмеження, що в подальшому призводить до зменшення (узагальнення) кількості показників вимог до АСУВ та зниження точності їх розрахунків.

**Метою статті** є розроблення математичної моделі автоматизованого управління в АСУВ типу С4ISR як основи обґрунтування вимог до перспективної АСУВ.

#### **Виклад основного матеріалу дослідження**

Як відомо [13], [14], метою управління військами є забезпечення ефективного використання їх бойових можливостей у будь-яких умовах обстановки для досягнення мети операції (бою). У першу чергу, це має бути здійснено за рахунок оптимізації рішень, що приймаються, та підвищення оперативності, якості планування операцій (боїв) військ [15] на основі автоматизації процесу управління ними.

Теорія систем визначає [16], що оптимальність управління за своєю суттю передбачає досягнення мети функціонування системи за умови витрачання якомога менше зусиль та ресурсів.

Відповідно до цього для досягнення мети операції (бою) сучасна АСУВ типу С4ISR має забезпечити оптимальне використання ресурсу об'єкта управління (військ), а саме: особового складу, часу, матеріальних засобів, озброєння та військової техніки тощо, з обов'язковим урахуванням визначених для них обмежень [17].

З огляду на зазначене, задача вибору оптимального управляючого впливу в реальному масштабі часу може бути розв'язана на основі положень теорії управління, яка передбачає повне використання наявної апріорної інформації у

вигляді моделі процесу або об'єкта, який управляється, в заданій тій чи іншій формі [18].

Математичну модель процесу управління військами з використанням основних положень теорії управління розроблено у роботі [6]. Цей процес управління реалізується в АСУВ.

Тому для забезпечення об'єктивності та необхідного рівня повноти досліджень розробимо математичну модель АСУВ типу С4ISR.

З точки зору кібернетики для забезпечення процесу управління військами ця АСУВ має будуватися та функціонувати на основі наступних принципів [19]:

цілеспрямованості (наявності мети) управління; використання причинно-наслідкових та зворотних зв'язків між елементами АСУВ (засобами автоматизованого управління (ЗАУ), їх комплексами (КЗАУ));

урахування впливу на елементи АСУВ зовнішнього середовища (дій противника, фізико-географічних умов району операції);

динамічного характеру АСУВ (здатність АСУВ переходити з одного стану в інший під управляючим впливом);

наявності обміну інформацією між елементами АСУВ як обов'язкової умови її функціонування та збереження цілісності.

Відповідно до цього організаційна структура перспективної АСУВ типу С4ISR як кібернетичної системи на прикладі вертикалі управління “оперативне угруповання військ (ОУВ) – оперативне-тактичне угруповання військ (ОТУВ)” може бути представлена у вигляді, зображеному на рис. 1.

Згідно з цією структурою комплекси засобів автоматизованого управління АСУВ, розгорнуті на пунктах управління (ПУ), перебувають у контурі управління. При цьому до КЗАУ надходить основний потік інформації про стан об'єкта управління (ОБУ). Ця інформація в КЗАУ безперервно накопичується та обробляється, звідки, головним чином, ОУ отримує через запит необхідну інформацію про стан ОБУ. Таким чином забезпечується безперервний інформаційний зв'язок між ОУ та ОБУ у процесі управління військами. Представлена структура вертикалі управління перспективної АСУВ передбачає повну автоматизацію всіх основних функцій процесу управління військами. Вона дозволяє за наявності необхідного високоінтелектуального спеціального математичного та програмного забезпечення за рішенням ОУ здійснювати управління військами у квазіавтоматичному режимі. Тобто, згідно з [1]–[3], [20], відповідає класу АСУВ (за термінологією НАТО) С4, яка дає можливість повністю автоматизувати процеси збирання і оброблення інформації, забезпечує інформаційну та аналітичну підтримку прийняття рішення на основі моделювання результатів бойових дій.

Відповідно до цього така АСУВ, згідно з термінологією та класифікацією АСУВ у країнах – членах НАТО, має класифікаційні ознаки С4ISR, опис яких представлено у табл. 1.

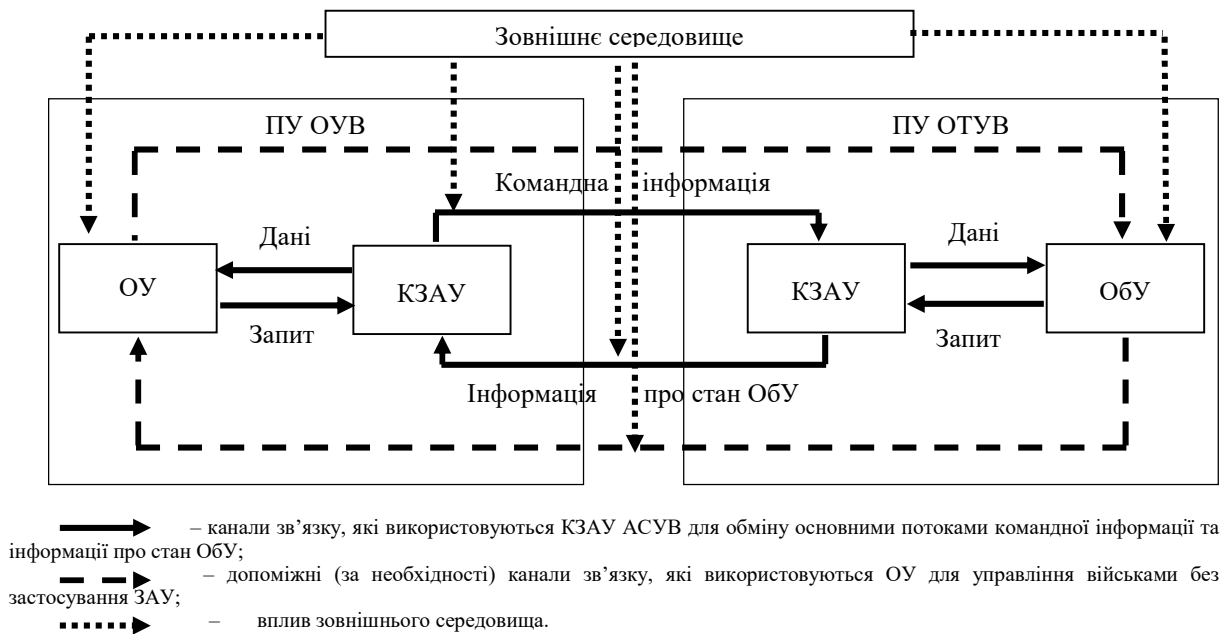


Рис. 1. Структурна схема методичного підходу оцінювання рівня автоматизації

Таблиця 1

Ознаки класифікації та базові функції АСУВ типу С4ISR у країнах – членах НАТО

Ознака класифікації АСУВ	Зміст ознаки класифікації	Базові функції АСУВ
Command	Командна підсистема	Планування органами управління застосування підпорядкованих сил і засобів, вироблення і прийняття рішення на застосування, його оформлення
Control	Підсистема управління поточними операціями	Збирання інформації для органів управління від різних джерел про стан військ та постановка завдань військам з використанням засобів зв'язку, контроль за їх виконанням
Communication	Комунікаційна підсистема	Організація мереж зв'язку
Computers	Підсистема аналітичного (спеціального програмного) забезпечення	Виконання оперативного-тактичних розрахунків, моделювання бойових дій, що визначає функціональні можливості АСУВ
Intelligence	Підсистема розвідки	Збирання, накопичення, оброблення та збереження даних про характер дій противника
Surveillance	Підсистема спостереження (моніторингу)	Система спостереження (моніторингу) за тактичною обстановкою у реальному часі
Reconnaissance	Підсистема рекогносцировки	Візуальне вивчення позицій противника і місцевості

Ці ознаки визначають функціональне призначення даної АСУВ і тому мають бути враховані під час математичного моделювання процесу автоматизованого управління військами. Беручи до уваги наведені ознаки класифікації, позначимо на функціональній моделі процесу управління військами, розробленій у роботі [6], відповідні функціональні підсистеми С4ISR, які автоматизують роботу посадових осіб ПУ відповідно до  $W$  етапів циклу управління (рис 2).

На рисунку 2 позначено:  $\vec{b}$  – вектори вихідних параметрів станів етапів циклу управління військами в моменти часу операції;  $M$  – матриці параметрів станів етапів циклу управління військами під час ведення операції;  $\vec{u}$  – вектор параметрів вхідного завдання;  $\vec{x}$  – вектор параметрів стану своїх військ.

Так виконання заходів етапу  $W_o$  "Оцінювання обстановки", що здійснюється на підставі аналізу отриманого завдання  $\vec{b}_d$ , автоматизується одночасно трьома функціональними підсистемами:

підсистемою розвідки (Intelligence) – для забезпечення автоматизованого збирання даних про стан та характер дій військ противника  $W_h$ ;

підсистемою спостереження (моніторингу) (Surveillance) – для забезпечення автоматизованого збирання даних про стан та характер дій своїх військ  $W_m$ ;

підсистемою рекогносцировки (Reconnaissance) – для забезпечення автоматизованого збирання даних про район операції  $W_{ro}$ .

За результатами виконання кожного із заходів формуються відповідні вектори вихідних параметрів  $\vec{b}_d$ ,  $\vec{b}_h$ ,  $\vec{b}_m$ ,  $\vec{b}_{ro}$  та вектор  $\vec{b}_o$ , які кількісно характеризують стан цього етапу циклу управління військами у моменти часу.

Наступні етапи циклу управління військами, а саме: вироблення задуму  $W_z$ , прийняття рішення  $W_r$ , розроблення плану операції  $W_p$  автоматизуються відповідними засобами автоматизованого управління підсистеми

аналітичного забезпечення (Computers). Вихідними даними для послідовного відпрацювання визначених на цих етапах заходів є значення вихідних параметрів вектора  $\vec{b}_0$ .

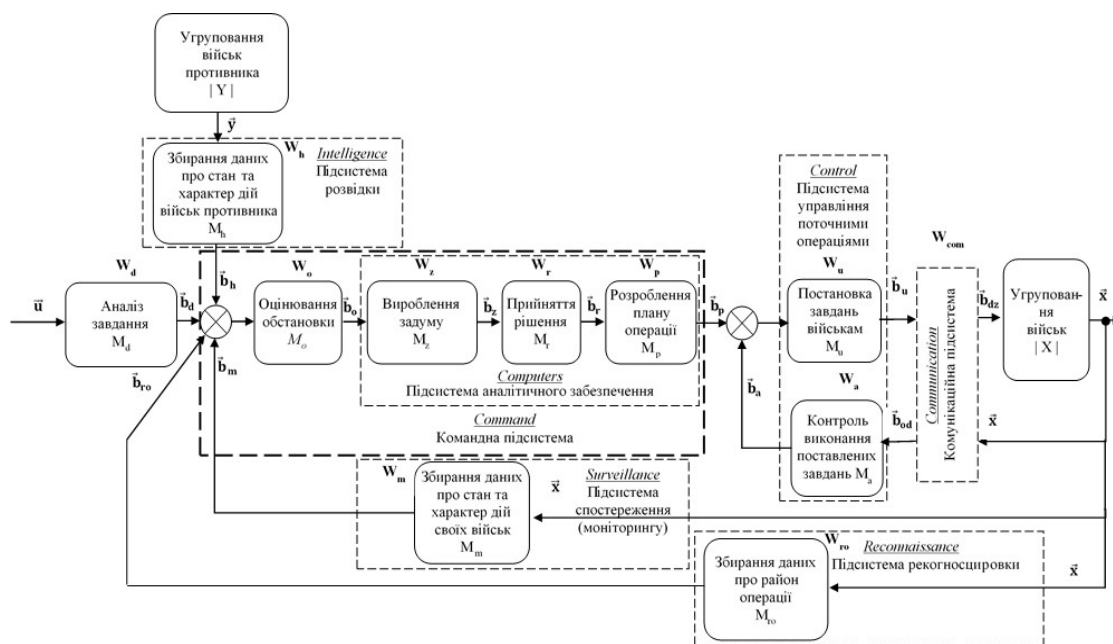


Рис. 2. Функціональні підсистеми АСУВ типу C4ISR, які автоматизують роботу посадових осіб ПУ

Кожен із цих етапів після виконання передбачених в його межах заходів на виході має вектор відповідних йому параметрів  $\vec{b}_z$ ,  $\vec{b}_r$  та  $\vec{b}_p$ .

Згідно з табл. 1 за своїми функціями підсистеми, залучені для автоматизації етапу  $W_o$  "Оцінювання обстановки", спільно з підсистемою аналітичного забезпечення на своїй основі утворюють командну підсистему (Command), яка є визначальною підсистемою щодо функціонального призначення АСУВ типу C4ISR.

Наступні етапи циклу управління військами  $W_u$  та  $W_a$ , автоматизуються засобами автоматизованого управління підсистеми управління поточними операціями (Control). Вони забезпечують автоматизацію процесу постановки завдань військам  $\vec{b}_u$  та автоматизований контроль їх виконання  $\vec{b}_a$ .

Автоматизоване доведення по телекомунікаційній мережі директивних, розпорядчих та інших документів і донесень про їх виконання забезпечується на основі комунікаційної підсистеми  $W_{com}$  (Communication). Ця підсистема визначається векторами вихідних параметрів відправлених документів  $\vec{b}_{dz}$  та отриманих доповідей про їх виконання  $\vec{b}_{od}$ , відповідно.

Вектори вихідних параметрів етапів циклу управління військами визначають у будь-який момент часу операції стан кожного з етапів та представляють собою вектор-функцію декількох показників. Дані показники у процесі управління військами у часі поступово формуються у матриці етапів циклу управління військами.

На основі рис. 2 представимо АСУВ типу

C4ISR у вигляді структурно-логічної схеми засобів автоматизації відповідного функціонального призначення, які забезпечують автоматизацію робіт щодо управління військами рис. 3.

На основі розробленої структурно-логічної схеми запишемо математичні рівняння для розрахунку вектор-функцій на виході V засобів автоматизованого управління АСУВ типу C4ISR відповідного функціонального призначення, які автоматизують  $W$  етапи циклу управління військами.

Так, рівняння вектор-функції параметрів на виході аналізу завдання  $V_d$  має наступний вигляд:

$$\vec{b}_d = M_d \cdot \vec{u}, \quad (1)$$

де  $\vec{b}_d$  – вектор-функція вихідних параметрів аналізу завдання;

$M_d$  – матриця вихідних параметрів аналізу завдання;

$\vec{u}$  – вектор параметрів вхідного завдання.

Рівняння вектор-функції на виході засобів автоматизації моніторингу поточної обстановки  $V_m$ :

$$\vec{b}_m = M_m \cdot \vec{x}, \quad (2)$$

де  $\vec{b}_m$  – вектор-функція параметрів на виході засобів автоматизації моніторингу поточної обстановки;

$M_m$  – матриця параметрів на виході засобів автоматизації моніторингу поточної обстановки;

$\vec{x}$  – вектор параметрів стану своїх військ.

Рівняння вектор-функції на виході засобів автоматизації розвідки противника  $V_h$ :

$$\vec{b}_h = M_h \cdot \vec{y}, \quad (3)$$

де  $\vec{b}_h$  – вектор-функція параметрів на виході засобів автоматизації розвідки противника;  
 $M_h$  – матриця параметрів на виході засобів автоматизації розвідки противника;  
 $\vec{y}$  – вектор параметрів стану військ противника.

Рівняння вектор-функції на виході засобів

автоматизації збирання даних про район операції  $V_{ro}$ :

$$\vec{b}_{ro} = M_{ro} \cdot \vec{x}, \quad (4)$$

де  $\vec{b}_{ro}$  – вектор-функція параметрів на виході засобів автоматизації збирання даних про район операції;

$M_{ro}$  – матриця параметрів на виході засобів автоматизації збирання даних про район операції.

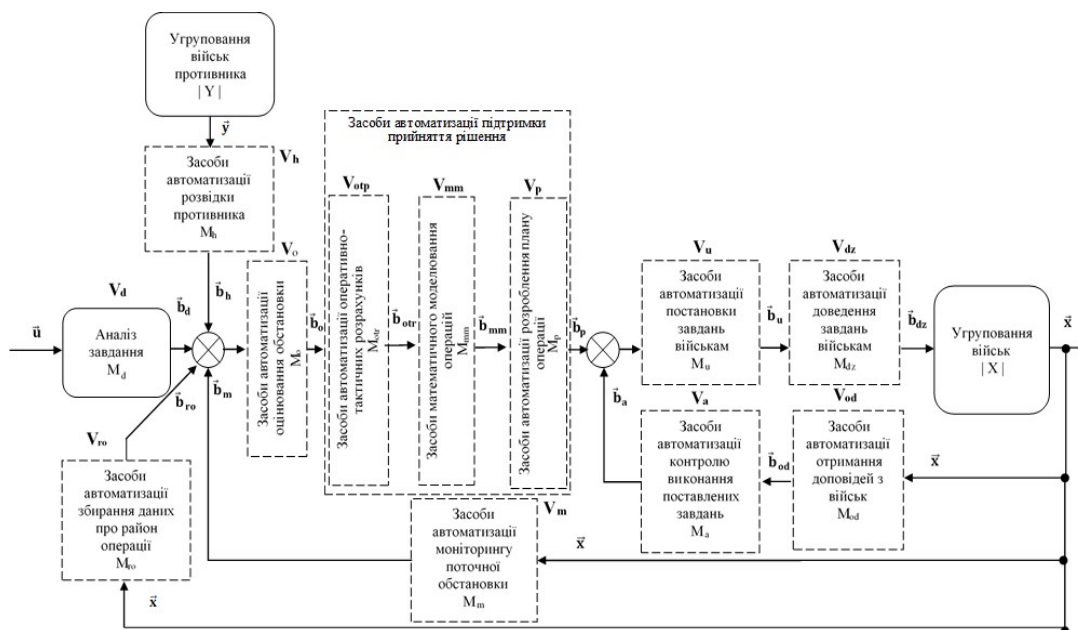


Рис. 3. Структурно-логічна схема автоматизованого управління військами в АСУВ типу С4ІSR

Рівняння вектор-функції на виході засобів автоматизації оцінювання обстановки  $V_o$ :

$$\vec{b}_o = M_o \cdot (\vec{b}_d + \vec{b}_m + \vec{b}_h + \vec{b}_{ro}), \quad (5)$$

де  $\vec{b}_o$  – вектор-функція параметрів на виході засобів автоматизації оцінювання обстановки;

$M_o$  – матриця параметрів на виході засобів автоматизації оцінювання обстановки.

Рівняння вектор-функції на виході засобів автоматизації оперативно-тактичних розрахунків  $V_{otr}$ :

$$\vec{b}_{otr} = M_{otr} \cdot \vec{b}_o, \quad (6)$$

де  $\vec{b}_{otr}$  – вектор-функція параметрів на виході засобів автоматизації оперативно-тактичних розрахунків;

$M_{otr}$  – матриця параметрів на виході засобів автоматизації оперативно-тактичних розрахунків.

Рівняння вектор-функції на виході засобів математичного моделювання  $V_{mm}$ :

$$\vec{b}_{mm} = M_{mm} \cdot \vec{b}_{otr}, \quad (7)$$

де  $\vec{b}_{mm}$  – вектор-функція параметрів на виході засобів математичного моделювання;

$M_{mm}$  – матриця параметрів на виході засобів автоматизації математичного моделювання.

Рівняння вектор-функції на виході засобів автоматизації розроблення плану операції  $V_p$ :

$$\vec{b}_p = M_p \cdot \vec{b}_{mm}, \quad (8)$$

де  $\vec{b}_p$  – вектор-функція параметрів на виході засобів автоматизації розроблення плану операції;

$M_p$  – матриця параметрів на виході засобів автоматизації розроблення плану операції.

Рівняння вектор-функції на виході засобів автоматизації контролю виконання поставлених завдань  $V_a$ :

$$\vec{b}_a = M_a \cdot \vec{b}_{od}, \quad (9)$$

де  $\vec{b}_{od}$  – вектор-функція параметрів на виході засобів автоматизації отримання доповідей з військ;

$\vec{b}_a$  – вектор-функція параметрів на виході засобів автоматизації контролю виконання поставлених завдань;

$M_a$  – матриця параметрів на виході засобів автоматизації контролю виконання поставлених завдань.

Рівняння вектор-функції на виході засобів автоматизації постановки завдань військам  $V_u$ :

$$\vec{b}_u = M_u \cdot (\vec{b}_p + \vec{b}_a), \quad (10)$$

де  $\vec{b}_u$  – вектор-функція параметрів на виході засобів автоматизації постановки завдань військам;

$M_u$  – матриця параметрів на виході засобів автоматизації постановки завдань військам.

Рівняння вектор-функції на виході засобів автоматизації доведення завдань військам  $V_{dz}$ :

$$\vec{b}_{dz} = M_{dz} \cdot \vec{b}_u, \quad (11)$$

де  $\vec{b}_{dz}$  – вектор-функція параметрів на виході засобів автоматизації доведення завдань військам;

$M_{dz}$  – матриця параметрів на виході засобів автоматизації доведення завдань військам.

Рівняння вектор-функції на виході засобів автоматизації отримання доповідей з військ  $V_{od}$ :

$$\vec{b}_{od} = M_{od} \cdot \vec{x}, \quad (12)$$

де  $M_{od}$  – матриця параметрів на виході засобів автоматизації отримання доповідей з військ.

Підставивши (1), (2), (3) та (4) у (5), отримаємо:

$$\begin{aligned} \vec{b}_o &= M_o \cdot (\vec{b}_d + \vec{b}_m + \vec{b}_h + \vec{b}_{ro}) = \\ &= M_o \cdot \vec{b}_d + M_o \cdot \vec{b}_m + M_o \cdot \vec{b}_h + \\ &+ M_o \cdot \vec{b}_{ro} = M_o \cdot M_d \cdot \vec{u} + M_o \cdot \vec{x} \cdot \\ &\cdot (M_m + M_{ro}) + M_o \cdot M_h \cdot \vec{y} \end{aligned} \quad (13)$$

Підставивши (13) у (6), маємо:

$$\vec{b}_{otr} = M_{otr} \cdot M_o \cdot M_d \cdot \vec{u} + M_{otr} \cdot M_o \cdot \vec{x} \cdot \\ \cdot (M_m + M_{ro}) + M_{otr} \cdot M_o \cdot M_h \cdot \vec{y} \quad (14)$$

Підставивши (14) у (7), отримаємо:

$$\begin{aligned} \vec{b}_{mm} &= M_{mm} \cdot M_{otr} \cdot M_o \cdot M_d \cdot \vec{u} + \\ &M_{mm} \cdot M_{otr} \cdot M_o \cdot \vec{x} \cdot (M_m + M_{ro}) + \\ &+ M_{mm} \cdot M_{otr} \cdot M_o \cdot M_h \cdot \vec{y} \end{aligned} \quad (15)$$

Підставивши (15) у (8), отримаємо:

$$\begin{aligned} \vec{b}_p &= M_p \cdot M_{mm} \cdot M_{otr} \cdot M_o \cdot M_d \cdot \vec{u} + \\ &M_p \cdot M_{mm} \cdot M_{otr} \cdot M_o \cdot \vec{x} \cdot (M_m + M_{ro}) + \\ &+ M_p \cdot M_{mm} \cdot M_{otr} \cdot M_o \cdot M_h \cdot \vec{y} \end{aligned} \quad (16)$$

Підставивши (12) у (9), отримаємо:

$$\vec{b}_a = M_a \cdot M_{od} \cdot \vec{x} \quad (17)$$

Підставивши (16) та (17) у (10), отримаємо:

$$\begin{aligned} \vec{b}_u &= M_u \cdot M_p \cdot M_{mm} \cdot M_{otr} \cdot M_o \cdot M_d \cdot \vec{u} + \\ &M_u \cdot M_p \cdot M_{mm} \cdot M_{otr} \cdot M_o \cdot \vec{x} \cdot \\ &\cdot (M_m + M_{ro}) + M_u \cdot M_p \cdot M_{mm} \cdot \\ &\cdot M_{otr} \cdot M_o \cdot M_h \cdot \vec{y} + \\ &+ M_u \cdot M_a \cdot M_{od} \cdot \vec{x} \end{aligned} \quad (18)$$

Підставивши (18) у (11), отримаємо:

$$\begin{aligned} \vec{b}_{dz} &= M_{dz} \cdot M_u \cdot M_p \cdot M_{mm} \cdot M_{otr} \cdot M_o \cdot \\ &\cdot M_d \cdot \vec{u} + M_{dz} \cdot M_u \cdot M_p \cdot M_{mm} \cdot M_{otr} \cdot \\ &\cdot M_o \cdot \vec{x} \cdot (M_m + M_{ro}) + M_{dz} \cdot M_u \cdot M_p \cdot \\ &\cdot M_{mm} \cdot M_{otr} \cdot M_o \cdot M_h \cdot \vec{y} + M_{dz} \cdot M_u \cdot \\ &\cdot M_a \cdot M_{od} \cdot \vec{x} \end{aligned} \quad (19)$$

### Література

1. Макаренко С. И., Иванов М. С. Сетевая война – принципы, технологии, примеры и перспективы: моногр. Санкт-Петербург: Научно-технологический институт, 2018. 898 с. 2. Попов И. М., Хамзатов М. М. Война будущего: концептуальные основы и практические выводы. Очерки стратегической мысли. Москва: Кучково поле, 2016. 832 с. 3. Паршин С., Кожанов Ю. Концепции сетецентрического боевого управления ВС США, Великобритании и ОВС НАТО. Общее и различия // Зарубежное военное обозрение.

Перетворимо вираз (19) таким чином:

$$\begin{aligned} \vec{b}_{dz} &= (M_{dz} \cdot M_u \cdot M_p \cdot M_{mm} \cdot M_{otr} \cdot M_o \cdot \\ &\cdot (M_m + M_{ro}) + M_{dz} \cdot M_u \cdot M_a \cdot M_{od}) \cdot \vec{x} + \\ &\cdot M_{dz} \cdot M_u \cdot M_p \cdot M_{mm} \cdot M_{otr} \cdot M_o \cdot M_d \cdot \vec{u} \cdot \\ &\cdot M_{dz} \cdot M_u \cdot M_p \cdot M_{mm} \cdot M_{otr} \cdot M_o \cdot M_h \cdot \vec{y} = \\ &= A \cdot \vec{x} + B \cdot \vec{u} + C \cdot \vec{y} \end{aligned} \quad (20)$$

де  $A = M_{dz} \cdot M_u \cdot M_p \cdot M_{mm} \cdot M_{otr} \cdot M_o \cdot (M_m + M_{ro}) + M_{dz} \cdot M_u \cdot M_a \cdot M_{od}$  – матриця параметрів на виході засобів автоматизації відповідного функціонального призначення, які реалізують етапи циклу управління військами;

$B = M_{dz} \cdot M_u \cdot M_p \cdot M_{mm} \cdot M_{otr} \cdot M_o \cdot M_d$  – матриця параметрів на виході засобів автоматизації з урахуванням параметрів вхідного завдання;

$C = M_{dz} \cdot M_u \cdot M_p \cdot M_{mm} \cdot M_{otr} \cdot M_o \cdot M_h$  – матриця параметрів на виході засобів автоматизації з урахуванням даних про склад та характер дій військ противника.

Згідно з основними положеннями теорії управління [14]:

$$\vec{x} = \int \vec{b}_{dz} dt \quad (21)$$

Відповідно до цього рівняння автоматизованого управління військами в АСУВ типу С4ISR може бути представлено у такому вигляді:

$$\frac{d\vec{x}}{dt} = A\vec{x} + B\vec{u} + C\vec{y} \quad (22)$$

### Висновки і перспективи подальших досліджень

Таким чином, у статті на основі ознак класифікації та змісту базових функцій АСУВ типу С4ISR з урахуванням послідовності виконання етапів циклу управління розроблено математичну модель автоматизованого управління військами.

Ця модель базується на основних положеннях теорії управління і дозволяє дослідити вплив кожного із засобів автоматизованого управління на здійснення процесу управління військами з урахуванням даних про отримане завдання, склад та характер дій противника.

З метою забезпечення єдиної ідеології досліджень математична модель має стати аналітичною та імітаційною основою розвитку теорії щодо обґрунтування вимог до перспективної АСУВ, що є перспективним напрямом подальших досліджень.

2010. № 4. С. 7–18. 4. Україна. Президент (2014–2019); П. О. Порошенко). Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 20 травня 2016 року “Про Стратегічний оборонний бюлетень України”: Указ Президента України від 06.06.2016 № 240/2016. Київ: АПУ, 2016. 61 с. 5. Концепція відомчих програм створення Єдиної автоматизованої системи управління Збройних Сил України, єдиної інформаційної системи управління оборонними ресурсами та інформаційної інфраструктури до 2020



року: затв. Міністром оборони України 12.05.2018. Київ. 2018. 13 с. 6. **Гусак Ю. А., Кірсанов С. О., Островський С. М.** Математична модель процесу управління військами у просторі станів // 36. наук. пр. ЦНДІ ЗС України. 2021. № 1 (96). С.18–30. 7. **Кондратьев А. Е.** Общая характеристика сетевых архитектур, применяемых при реализации перспективных сетевых концепций ведущих зарубежных стран // Военная мысль. 2008. № 12. С. 63–74. 8. **Кірсанов С. О., Азаревич В. О., Манько О. О.** Один із поглядів на зміст та послідовність проведення досліджень щодо обґрунтування оперативного-тактичних вимог до складової єдиної автоматизованої системи управління Збройних Сил України // 36. наук. пр. ЦНДІ ЗС України. 2011. № 3 (57). С. 221–236. 9. **Островський С. М.** Обґрунтування вимог до системи управління оперативного угруповання військ: дис. ... канд. військ. наук: 20.02.12 / Островський Сергій Миколайович. Київ. 2019. 187 с. 10. **Кірсанов С. О., Островський С.** Методичний підхід до оцінювання рівня автоматизації роботи органів управління // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. 2018. № 3 (33). С. 77–80. 11. Звіт про результати досліджень в ході стратегічного командно-штабного навчання з органами військового управління, військами (силами) ЗС України, іншими складовими сил оборони України “Козацька воля – 2018” (в період з 25 по 29 вер. 2018 р.). Київ: ЦНДІ ЗС України, 2018. 107 с. 12. **Ткачук П. П., Бударецький Ю. І., Цавінський Ю. В.,**

**Прокопенко В. В.** Вплив засобів автоматизації управління підрозділами і вогнем артилерії на ефективність її застосування // Військово-технічний збірник. 2015. № 12. С. 75–82. 13. **Огарков Н.В.** Советская Военная Энциклопедия. В 8 т. / пред. гл. ред. комиссии Н.В. Огарков. Москва: Воениздат, 1976–1980. С. 203–204. 14. **Алтухов П.К.** Основы теории управления войсками / под ред. П. К. Алтухова. Москва: Воениздат, 1984. 221 с. 15. **Рябчук В.Д.** Автоматизация управления войсками / под ред. засл. деятеля науки РСФСР, докт. воен. наук, профессора, генерал-майора В. Д. Рябчука. Москва: Военное изд-во, 1984. С. 39–40. 16. **Тараканов К. В., Овчаров Л. А., Тырышкин А. Н.** Аналитические методы исследования систем. Москва: Советское радио, 1974. 240 с. 17. Советская Военная Энциклопедия. В 8 т. / пред. гл. ред. комиссии А. А. Гречко. Москва: Воениздат, 1976. Т. 1. А – Бюро. С. 81. 18. **Красовский А.А.** Справочник по теории автоматического управления / под ред. А. А. Красовского. Москва: Ордена трудового Красного Знамени изд-во “Наука”. 19. **Сулин Л.И.** Автоматизированные системы управления войсками и автоматизированные системы связи / под ред. Л. И. Сулина. Москва: Военное изд-во, 1991. 408 с. 20. **Сидорин А. Н., Прищепов В. М., Акуленко В. П.** Вооруженные силы США в XXI веке: военно-теоретический труд. Москва: Кучково поле; Военная книга, 2013. 800 с.

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКАМИ В АСУВ ТИПУ C4ISR

*Юрий Аркадиевич Гусак (доктор военных наук, профессор)  
Сергей Александрович Кирсанов (кандидат технических наук, с.н.с.)  
Сергей Николаевич Островский (кандидат военных наук)*

*Центральный научно-исследовательский институт Вооруженных Сил Украины, Киев, Украина*

*Статья посвящена разработке математической модели автоматизированного управления войсками в АСУВ типа C4 ISR с использованием основных положений теории управления.*

*В соответствии с курсом на евроатлантическую интеграцию Украины рядом государственных документов определено одним из приоритетных заданий оборонной реформы создания единой автоматизированной системы управления Вооруженными Силами Украины (АСУВ ЗС Украины) как основы системы управления силами обороны государства, учитывая проектные решения C4 ISR и стандарты стран - членов НАТО. Но, невзирая на это, ее состояние, по некоторым причинам, не отвечает требованиям, которые к ней выдвигаются.*

*Одной из причин есть несовершенство существующего методического аппарата, который используется для моделирования процесса управления войсками. Прежде всего, это касается отсутствия в его составе единственной математической модели автоматизированного управления в АСУВ типа C4 ISR, что непосредственно влияет на выработку и соблюдение единственной идеологии обоснования требований к ней.*

*Для достижения цели статьи ее авторами представлено АСУВ типа C4 ISR как кибернетическую систему, которая обеспечивает автоматизированное управление войсками на основе определенных принципов управления, признаков классификации и базовых функций, присущих данным системам в странах - членах НАТО.*

*В соответствии с этим была разработана математическая модель процесса автоматизированного управления войсками в АСУВ типа C4 ISR, которая учитывает последовательность выполнения цикла управления и позволяет исследовать влияние каждого из средств автоматизированного управления на осуществление процесса управления войсками с учетом данных о полученном задании, составе и характере действий противника.*

*С целью обеспечения единственной идеологии модель должна стать аналитической и имитационной основой развития теории относительно обоснования требований к перспективной АСУВ, что является перспективным направлением дальнейших исследований.*

**Ключевые слова:** теории управления; автоматизированная система управления войсками; объект управления; математическая модель; цикл управления войсками; средства автоматизированного управления C4 ISR.

## MATHEMATICAL MODEL OF AUTOMATED COMMAND AND CONTROL IN AUTOMATED COMMAND AND CONTROL SYSTEM SIMILAR TO C4ISR

*Uriy Husak (Doctor of Military science, Professor.)  
Serhiy Kirsanov (Candidate of Technical science, Senior Research Fellow)  
Serhiy Ostrovskiy (Candidate of Military science)*

*Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

*The article is devoted to the development of a mathematical model of automated command and control (C2) in the automated C2 system similar to C4ISR based on provisions of command and control theory.*

*In accordance with the course for Ukraine's Euro-Atlantic integration, a number of state documents identify one of the priorities of defence reform as the development of a unified automated command and control system of the Armed Forces of Ukraine (UASU) as a basis for C2 of the state defence forces, based on C4ISR projects decisions and NATO standards. However, despite this, its status, for some reason, does not meet the requirements for this system.*

*One of the reasons is the underdevelopment of an existing methodology used to model the process of C2. First of all, this concerns the lack of a single mathematical model of automated C2 in the UASU similar to C4ISR, which directly affects the development and compliance with a unified ideology to justify the requirements for this system.*

*To achieve the goal of the article, its authors presented the UASU similar to C4ISR as a cybernetic system that provides automated C2 based on certain command principles, classification features and basic functions inherent in these systems in countries of NATO.*

*Accordingly, a mathematical model of the process of automated C2 was developed, which takes into account the sequence of the C2 cycle and allows to research the impact of each of the means of automated C2 on the C2 process taking into account data on a given task, Enemy Manning & Table of Equipment as well as Enemy actions.*

*In order to ensure a unified ideology, the model should become an analytical and simulation basis for the development of the theory to substantiate the requirements for UASU prototype, which is a potential area of further research.*

**Keywords:** *command and control theories; automated command and control system; object of command and control; mathematical model; command and control cycle; means of automated command and control; C4ISR.*

### References

- 1. Makarenko S.I., Ivanov M.S.** Network-centric war – principles, technologies, examples and perspectives: monograph . Saint Petersburg: Science-intensive technologies, 2018. 898 p.
- 2. Popov I.M., Khamzatov M.M.** Future War: conceptual foundations and practical conclusions. Essays on strategic thought. Moskau: Rechko pole, 2016. 832 p.
- 3. Parshin S., Kozhanov Y.** Concepts of network-centric combat command and control of the US, British and NATO Armed Forces. General and Differences // Foreign military review. 2010. № 4. P. 7–18.
- 4. Ukraine. The President (2014–2019; P.O Poroshenko).** On the decision of the National Security and Defense Council of Ukraine of May 20, 2016 “On the Strategic Defence Bulletin of Ukraine”: Decree of the President of Ukraine of 06.06.2016 № 240/2016. Kyiv: APU, 2016. 61 p.
- 5.** The concept of departmental programs for the creation of a Unified automated command and control system of the Armed Forces of Ukraine, a unified information system for the command and control of defense resources and information infrastructure until 2020: approved. Minister of Defense of Ukraine on May 12, 2018. Kyiv. 2018. 13 p.
- 6. Gusak Y.A., Kirsanov S.O., Ostrovsky S.M.** Mathematical model of the process of command and control in the space of states // Coll. Science. etc. Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine. 2021. № 1 (96). P.18–30.
- 7. Kondrat'ev A.E.** General characteristics of network architectures used in the implementation of promising network-centric concepts of leading foreign countries // Military Thought. 2008. № 12. P. 63–74.
- 8. Kirsanov S.O., Azarevich V.O., Manko O.O.** One of the views on the content and sequence of research on the justification of operational and tactical requirements for the component of a unified automated command and control system of the Armed Forces of Ukraine // Coll. Science. etc. Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine. 2011. № 3 (57). p. 221–236.
- 9. Ostrovsky S.M.** Substantiation of requirements to the command and control system of the operational task forces: dis. ... Cand. Mil. Sciences: 20.02.12 / Ostrovsky Sergey Nikolaevich. Kyiv. 2019. 187 p.
- 10. Kirsanov S.O., Ostrovsky S.M.** Methodical approach to assessing the level of automation of staff work // Modern information technology in the field of security and defense. 2018. № 3 (33). Pp. 77–80.
- 11.** Report on the results of research during Strategic Command-Post Exercise with military HQs, military forces of the Armed Forces of Ukraine, other components of the Defense Forces of Ukraine "Cossack Will - 2018" (from 25 to 29 September 2018). Kyiv: Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine, 2018. 107 p.
- 12. Tkachuk P.P., Budaretsky Y.I., Shchavinsky Y.V., Prokopenko V.V.** Influence of means of automation of C2 of units and artillery fire on efficiency of its application // Military-technical collection. 2015. № 12. S. 75–82.
- 13. Ogarkov N.V.** Soviet Military Encyclopedia. In 8 val / head. main ed. board N.V. Ogarkov. Moscow: Voenizdat, 1976–1980. p. 203–204.
- 14. Altukhov P.K.** Fundamentals of the theory of command and control / ed. P.K. Altukhov. Moscow: Voenizdat, 1984. 221 p.
- 15. Riabchuk V.D.** Automation of command and control of forces / ed. hon. scientist of the russia, Dr. Military. Sciences, Professor, Major General V.D. Ryabchuk. Moscow: Voennoe izd-vo, 1984. p. 39–40.
- 16. Tarakanov K.V., Ovcharov L.A., Tyryshkin A.N.** Analytical methods of systems research. Moscow: Soviet Radio, 1974. 240 p.
- 17.** Soviet Military Encyclopedia. In 8 val./ head. main ed. board A.A. Grechko. Moscow: Voenizdat, 1976. T. 1. A - Bureau. p. 81.
- 18. Krasovsky A.A.** Handbook of automatic command and control theory / ed. A.A. Krasovsky. Moscow: Order of the Red Banner of Labor, Nauka Publishing House. 19. Sulin L.I. Automated command and control systems and automated communication systems / ed. L.I. Sulina. Moscow: Military Publishing House, 1991. 408 p.
- 20. Sidorin A.N., Prishchepov V.M., Akulenko V.P.** The US Armed Forces in the XXI century: military-theoretical work. Moscow: Kuchkovo Pole; Voenaya kniga