

УДК 355.1

DOI: [https://doi.org/1034169/2414-0651.2020.2\(26\).50-58](https://doi.org/1034169/2414-0651.2020.2(26).50-58)**О. В. МАЙСТРЕНКО,***доктор військових наук, начальник кафедри ракетних військ*<https://orcid.org/0000-0002-9900-5930>**О. А. КАРАВАНОВ, ад'юнкт**<https://orcid.org/0000-0002-6189-8032>**С. І. СТЕГУРА, старший викладач кафедри ракетних військ факультету ракетних військ і артилерії**<https://orcid.org/0000-0002-7180-4255>*(Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів)***Л. С. ДАВИДОВСЬКИЙ, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник науково-дослідного відділу розвитку засобів захисту та живучості**<https://orcid.org/0000-0002-2529-1989>**В. І. СПАСУН, старший науковий співробітник науково-організаційного відділу**<https://orcid.org/0000-0002-2529-1989>*(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)*

Дослідження функціонування розвідувально-вогневої системи шляхом створення моделі вогневого ураження противника

Проведений аналіз досліджень моделювання процесу вогневого ураження противника показав, що основні зусилля були спрямовані на уточнення показників динамічної зміни моделі та безпосередньо математичного апарату, на основі якого проводиться моделювання. Доцільно провести дослідження функціонування розвідувально-вогневої системи на основі створення нової моделі вогневого ураження противника з урахуванням уточненої сукупності показників відповідно до суті властивостей процесу та вибору відповідного математичного апарату [1–2]. Результатом дослідження є розроблення моделі вогневого ураження противника, яка дозволить врахувати всі можливі складові розвідувально-вогневих систем, які створюються, та різноманітність завдань, які ними виконуються, а також вплив противника на них, що в цілому призведе до підвищення ступеня реалізації їх можливостей.

Ключові слова: розвідувально-вогнева система, модель процесу, вогневе ураження, показники, рівняння Лотки-Вольтерри.

ВСТУП

Створення моделі взаємодії двох систем, тим більше у випадку, коли їх функціонування направлене на заборону функціонування протилежної системи, є достатньо складним процесом [1–2]. Основною проблемою є той факт, що при більшій деталізації процесу функціонування (взаємодії) систем зростає кількість помилок, допущених при побудові моделі [1–2]. Чим більше враховано зв'язків в системі з певним діапазоном їх параметрів, тим більший діапазон результуючих параметрів системи, отриманих відповідно до певної моделі [1–2]. Так, наприклад, при моделюванні процесу ураження одиночної цілі визначеним вогневим засобом діапазон результуючого параметру – відхилення розриву снаряду від цілі включатиме в себе помилки підготовки та характеристики розсіювання (в даному випадку термін «помилка» вживається як загальноприйнятий в теорії стрільби термін, хоча більш точним терміном є похибки), що в деяких випадках може сягати до декількох процентів від дальності стрільби [3–4]. При стрільбі батареєю, дивізіоном ці помилки суттєво зростають [3–4], тобто діапазон результуючих параметрів суттєво розширюється, що викликає невизначеність у результатах функціонування системи. Притому, якщо врахувати усю сукупність типів артилерії, до того ж усю різноманітність типів завдань, які виконують військові формування (ВФ) ракетних військ і артилерії (РВіА), а також різноманітну протидію противника, то можна стверджувати, що використовувати дані функціонування такої моделі практично недоцільно.

Аналіз останніх досліджень і публікацій з питань моделювання процесу вогневого ураження противника (ВУП) [5–7] свідчить, що основні зусилля дослідників були спрямовані на вирішення достатньо важливих, але часткових задач. Так, певна кількість досліджень присвячена уточненню показників, які застосовуються в моделі, зокрема, щодо врахування динамічності їх змін [5–6]. Крім того, ряд досліджень присвячено уточненню математичного апарату, на основі якого було проведено моделювання [5, 7]. Однак, як правило, при уточненні сукупності показників, математичні підходи до моделювання залишались незмінними, а при удосконаленні математичного апарату, фізична сутність показників не змінювалась, що приводило до збереження основної частини невизначеності і відповідно до відносно великого діапазону значень показників.

Звичайно, існують дослідження в інших галузях науки, які вирішують задачу моделювання схожих за деякими характеристиками процесів з процесом ВУП, комплексно [8–9]. Тобто сукупно з уточненням сутнісного змісту показників переглядається (вибирається) відповідно до суті процесу математичний апарат. Однак, застосування означених моделей для дослідження процесу ВУП є ризиковим через можливу сутнісну невідповідність самих процесів (ВУП і того, для якого була створена модель). В той же час, застосування такого підходу є, на думку авторів, доцільним.

Таким чином, метою статті є дослідження функціонування розвідувально-вогневої системи шляхом

створення моделі ВУП з використанням рівняння Лотки-Вольтерри та урахуванням уточненої сукупності показників відповідно до суті властивостей процесу.

Методи дослідження. Для упорядкування роботи щодо створення моделі пропонується наступний порядок: визначення об'єкту моделювання, проведення декомпозиції об'єкту моделювання за функціональною ознакою, визначення чинників, які впливають на об'єкт в процесі його функціонування (того стану, який підпадає моделюванню), розгляд сутності функціонування об'єкту, його цілі та задачі, визначення основних властивостей об'єкту, які характеризують процес його функціонування, визначення показників означених властивостей, вибір математичного апарату для моделювання, який би відповідав сутності процесу функціонування об'єкту, структурування основних блоків моделі (створення блок-схеми, алгоритму) [10].

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Стосовно вибору об'єкту моделювання необхідно зауважити, що ВУП необхідно розглядати в декількох площинах – по-перше, це фізична площина, тобто сили і засоби, які задіяні у ВУП, по друге, це сам процес ВУП, який відноситься до функціональної площини. Загалом необхідно зауважити, що основна увага під час моделювання буде приділена саме процесу ВУП з певними відсилками до фізичної площини для уточнення деяких параметрів.

Декомпозиція об'єкту моделювання проводиться для виявлення найбільш суттєвих зв'язків. Декомпозицію пропонується провести за функціональною ознакою, що дозволить врахувати найбільш характерні особливості функціонування складових процесу ВУП. Так, за функціональною ознакою процес ВУП можливо поділити на такі основні складові: процес розвідки, що включає в себе процес добування відомостей про противника, частково про свої війська та про умови проведення ВУП; процес управління, що включає в себе в загальному розумінні цілерозподіл та процес вогневого впливу, що включає в себе безпосередньо завдання вогневого впливу противнику [11]. В цілому така декомпозиція за загальними ознаками відповідає загальновідомим циклам Бойда [12], за винятком – розподіл процесу «оцінювання» між процесом розвідки та управління. В загальному вигляді означену декомпозицію можливо представити у вигляді діаграми (рис. 1).

Такий розподіл процесу ВУП на складові звичайно є загальним, при більш детальному розгляді

необхідно звернути увагу на двохсторонність процесу та на об'єктивну необхідність витратити певні ресурси.

Стосовно двохсторонності процесу ВУП, сутність якої полягає у взаємному впливі наших військ і противника, необхідно зауважити, що функціонально «корисним» для процесу ВУП нашими військами є зв'язок процесу розвідки з функціонуванням противника. Водночас саме функціонування противника матиме негативний вплив на складові процесу ВУП. Тому на наступних етапах означені зв'язки необхідно враховувати для запобігання невизначеності при безпосередньому моделюванні.

Відносно необхідності витрати ресурсів на означені процеси необхідно відмітити, що в деяких дослідженнях [6] процес забезпечення включений в загальну структуру процесу ВУП. Однак, на думку авторів, процес забезпечення має дещо іншу природу впливу на процес ВУП на відміну від процесів розвідки, управління та вогневого впливу. Відміна між означеними процесами полягає у швидкості реакції процесу ВУП на зміну параметрів складових процесів. Так при зміні параметрів процесів розвідки, управління або вогневого впливу результуючі параметри процесу ВУП змінюються майже одночасно. Водночас зміна параметрів процесу забезпечення призводять до зміни параметрів процесу ВУП з деяким запізненням внаслідок специфіки самого процесу. До того ж, із зменшенням організаційного рівня ВФ, яке приймає участь у ВУП, швидкість зміни параметрів процесу ВУП відносно зміни параметрів процесу забезпечення збільшується, хоча інертність цього процесу залишається. Тому пропонується розглядати процес ВУП окремо від процесу забезпечення, а при необхідності детального дослідження впливу процесу забезпечення на процес ВУП створювати окрему модель. Водночас, для збереження адекватності моделі ВУП пропонується процес забезпечення враховувати як чинник та відповідно через певні показники відображати у процесі моделювання.

Наступним етапом моделювання було прийнято визначення чинників, які впливають на об'єкт в процесі його функціонування (того стану, який підпадає моделюванню). Означені чинники пропонується визначати шляхом деталізації основних груп чинників, які впливають на процес ВУП. За основні групи чинників можливо прийняти загальновідому сукупність, зокрема це чинники, пов'язані з нашими військами, противником та умовами функціонування [13]. Якраз в групі чинників, пов'язаних з нашими військами, і пропонується враховувати вплив процесу забезпечення. Причому

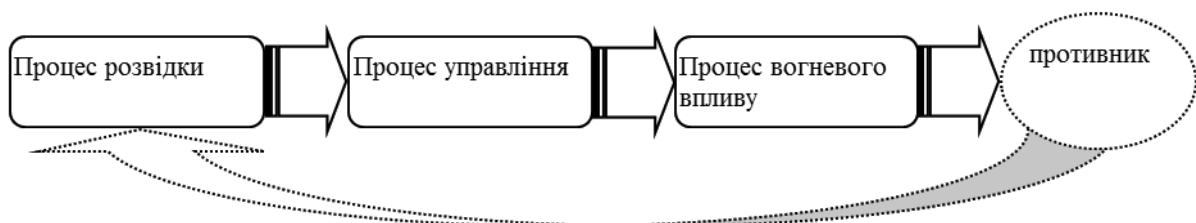


Рис. 1. Діаграма декомпозиції процесу ВУП

пропонується ці чинники розподілити на підгрупи – пов’язані з особовим складом, з озброєнням та військовою технікою, а також з витратними матеріалами. До того ж, необхідно зауважити, що означені чинники повинні враховувати як кількісну складову, так і якісну, тобто кількість певних елементів системи ВУП (фізична площа) та їх готовність до виконання завдань за призначенням.

Наступною групою прийнято чинники, пов’язані з противником. Означені чинники пропонується враховувати через здатність до протидії впливу противника, тобто захищеність. Причому, за прийнятим підходом [13] враховуються такі заходи, як маскування, маневр, інженерне обладнання та відновлення.

Стосовно групи чинників, пов’язаних з умовами функціонування, пропонується у відповідності до керівних та методичних документів враховувати час доби, рельєф місцевості, метеорологічні умови [13]. Загальний вигляд впливу чинників на процес ВУП можливо представити у вигляді діаграми (рис. 2).

Загальне урахування груп чинників, зведених у певну сукупність (рис. 2), пропонується проводити через відповідні нормовані коефіцієнти (від 0 до 1), зокрема коефіцієнт якості наших військ K_n , коефіцієнт захищеності K_z та коефіцієнт умов K_u .

Наступним етапом визначено розгляд сутності функціонування об’єкту, його цілі та задачі. Розгляд сутності процесу ВУП обумовлений подоланням певного протиріччя між тим, що сутність процесу визначається його цілями та задачами [14], та тим, що цілі та задачі визначаються, виходячи із сутності процесу ВУП [15]. На думку авторів, подолання означеного протиріччя можливе, якщо визначити пріоритет дослідження. Якщо пріоритетом є саме сутність процесу, то цілі та задачі визначаються із уточненої (переосмисленої) суті процесу, якщо ж пріоритетом є саме цілі та задачі, то сутність процесу визначається (удосконалюється або переформатується) відповідно до цілей та задач.

З огляду на специфіку процесу ВУП та специфіку самого дослідження можливо припустити, що пріоритетом є саме мета цього процесу. За одним із існуючих трактувань, метою ВУП є завдання втрат противнику, за

яких знижується бойовий потенціал (зменшуються бойові можливості), знижується морально-психологічний стан, змінюється співвідношення сил і засобів сторін на користь наших військ (сил) та створюються сприятливі умови для виконання завдань загальновійськовими формуваннями [16]. Існуюче формулювання мети ВУП відображає опосередкований результат процесу, тобто завдання втрат противнику не може напряму свідчити про зниження бойового потенціалу, зниження морально-психологічного стану і т. д. Скоріш за все, таке трактування зручне для виправдання існуючого методичного апарату з організації ВУП. Однак реальною метою ВУП, на думку авторів, є зниження можливостей противника до рівня, який дозволить максимізувати рівень виконання поставлених завдань при встановленому рівні втрат та витрат або мінімізувати рівень втрат та витрат при встановленому рівні виконання поставлених завдань.

Виходячи з такого визначення мети ВУП можна припустити, що сутністю процесу ВУП якраз і буде виконання завдань щодо зниження можливостей противника. Грунтуючись на специфіці функціонування підсистем ВУП можливо стверджувати, що завданням для підсистеми розвідки є отримання відомостей про об’єкт для ураження (об’єкт, який має можливості щодо ураження або сприяння ураженню наших військ). Для підсистеми управління завданням є визначення засобу вогневого впливу на об’єкт для ураження та виду впливу на нього (не обов’язково це буде безпосереднє нанесення йому втрат, це може бути заборона виконання завдання означеним об’єктом противника). Для підсистеми вогневого впливу завданням є завдання такого виду впливу на об’єкт противника, який знизить його можливості щодо ураження або сприяння ураженню наших військ. Таким чином, сутність процесу ВУП полягає в такому функціонуванні підсистем ВУП, яке дозволить досягнути мети ВУП.

Наступним етапом є визначення основних властивостей об’єкту, які характеризують процес його функціонування. Виходячи з визначеної мети ВУП та специфіки збройної боротьби можна стверджувати, що основними властивостями об’єкту, які характеризують процес ВУП, є здатність до зниження можливостей

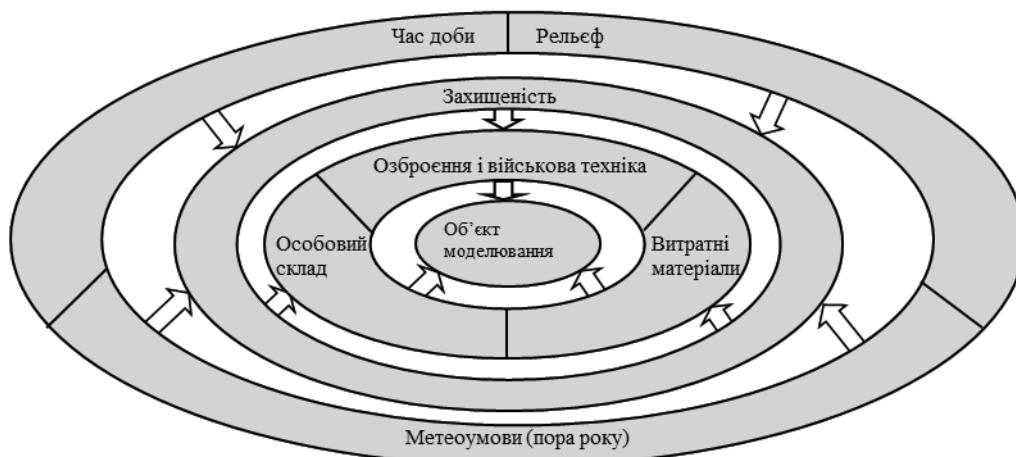


Рис. 2. Діаграма впливу груп чинників на процес ВУП

противника щодо завдання ураження нашим військам та здатність зберігати свої можливості щодо завдання ураження противнику під впливом противника.

Таким чином, пропонується здатність до зниження можливостей противника позначити як продуктивність, так як вона характеризує здатність отримувати цільовий ефект за певний час [17], а здатність зберігати свої можливості – стійкість, так як вона характеризує здатність зберігати параметри свого функціонування під зовнішнім впливом [17]. Причому необхідно відмітити, що продуктивність і стійкість взаємовпливають, тобто при підвищенні продуктивності зменшується вплив противника, відповідно, зростає і стійкість процесу ВУП, при зростанні стійкості, зберігається більше можливостей щодо ураження противника, відповідно, зростає продуктивність і навпаки.

Для кількісного врахування властивостей необхідно визначити певні показники. Показники означених властивостей повинні враховувати динамічність процесу ВУП, відображати мету і завдання функціонування підсистем ВУП і мати певний рівень однорідності для врахування їх взаємовпливу (між властивостями, між підсистемами, між сторонами збройної боротьби). Найбільш доцільними показниками, на думку авторів, є інтенсивність виконання завдань, що буде характеризувати продуктивність та інтенсивність відмови від виконання завдань, що буде характеризувати стійкість. Причому означені показники повинні враховувати відповідно імовірність виконання завдань $P^{(ns)}$ та імовірність відмови від виконання завдань $\Theta^{(ns)}$, а також коефіцієнти, які характеризують чинники, що впливають на процес ВУП для запобігання збільшення діапазону результуючих параметрів моделі та відповідно зменшення невизначеності.

Так, показниками властивостей підсистеми розвідки пропонується прийняти інтенсивність виконання завдань щодо виявлення об'єктів для ураження $\lambda_p^{(ns)}$ та інтенсивність відмови від виконання завдань щодо виявлення об'єктів для ураження $\mu_p^{(ns)}$, для підсистеми управління – інтенсивність виконання завдань щодо розподілу об'єктів для ураження між засобами вогневого впливу та визначення характеру впливу $\lambda_y^{(ns)}$ та інтенсивність відмови від виконання завдань щодо розподілу об'єктів для ураження між засобами вогневого впливу та визначення характеру впливу $\mu_y^{(ns)}$ та для підсистеми вогневого впливу – інтенсивність виконання завдань щодо визначеного впливу на об'єкти для ураження $\lambda_{ov}^{(ns)}$ та інтенсивність відмови від виконання завдань щодо визначеного впливу на об'єкти для ураження $\mu_{ov}^{(ns)}$.

Причому пропонується припустити, для врахування взаємовпливу сторін збройної боротьби, що інтенсивність виконання завдань підсистемою вогневого впливу з урахуванням імовірності виконання завдання та коефіцієнтів чинників буде рівною інтенсивності відмов від виконання завдання противником, тобто $\lambda_{ov}^{(ns)} = \mu_{ov}^{(np)}$ і навпаки $\lambda_{ov}^{(np)} = \mu_{ov}^{(ns)}$. Хоча для більш точного відображення суті процесу ВУП необхідно записати:

$$\lambda_{ov}^{(ns)} P_{ov}^{(ns)} K_r^{(ns)} K_y^{(ns)} K_z^{(np)} = \mu_{ov}^{(np)} \Theta_{ov}^{(np)} K_r^{(np)} K_y^{(np)} K_z^{(ns)}$$

Отримана нова сукупність властивостей і їх показників та сутність процесу ВУП дозволяє припустити, що загалом ВУП має ознаки системи масового обслуговування, адже складовими системи можна визначити потік заявок на виконання завдань з відповідною інтенсивністю, певна сукупність каналів обробки цих заявок – окремі елементи підсистем, деяка черга очікування заявок, якщо всі канали зайняті, певний час актуальності заявки. Тобто зважаючи на означені складові, можливо стверджувати, що за своєю сутністю процес ВУП (функціонування кожної підсистеми ВУП) відповідає процесу масового обслуговування з чергою та з обмеженим часом очікування в черзі.

Для деталізації опису означеної системи масового обслуговування необхідно визначити (прийняти) характеристики потоків заявок. Звичайно реальні функції розподілу надходження заявок на вхід каналу та їх обробки мають відносно складний характер. Однак, з метою зменшення похибок і помилок при суттєвій деталізації вигляду означеної функції розподілу пропонується прийняти розподіл Пуасонівським (найпростішим) [18]. Тим більше, що в цілому потік заявок, тобто завдань кожної із підсистем ВУП буде залежати від розміру часового інтервалу, який буде розглядатися в більшій мірі, ніж від його початку (при умові, що інтервал буде в межах від початку бойового зіткнення до його закінчення), що свідчить про стаціонарність потоку заявок.

До того ж імовірність надходження декількох заявок в деякий момент часу достатньо мала, що свідчить про однорідність процесу. Також, якщо розглядати потік заявок (завдань) кожної із підсистем ВУП на інтервалі часу від початку до закінчення бойового зіткнення, то його інтенсивність буде скоріш залежати від розміру інтервалу, що розглядається, ніж від кількості заявок, розглянутих до початку інтервалу, який досліджується, що свідчить про відсутність післядії.

Таким чином, за основними вимогами, тобто стаціонарність, ординарність та відсутність післядії [18] потік заявок, що надходить на вхід кожної із підсистем ВУП, є Пуасонівським (найпростішим).

Також необхідно заважити, що кожна із підсистем ВУП складається із однієї або декількох сукупностей окремих елементів підсистеми (елементи, що можуть виконувати мінімальне функціональне завдання), які мають однакові характеристики. Однак зважаючи на відносно невелику кількість окремих елементів підсистем та характеристики наявних засобів обробки, зберігання та передачі даних більш доцільним є урахування особливості кожного окремого елемента підсистеми.

Звичайно розглядати процес ВУП можливо тільки з позиції дослідження внутрішніх процесів, однак, як свідчить практика, при одній і тій же кількості завдань з нашого боку можна отримати різні результуючі показники. Означене має місце тому, що з боку противника функціонують також три підсистеми ВУП і відповідно комбінація впливу на них призводить до різних результатів. Тим більше і вплив противника кількісно однакокий і може комбінуватися за різними підсистемам ВУП і призводити до різних результуючих показників. Тому

необхідно підібрати такий математичний апарат, що описує взаємодію двох систем ВУП.

В практиці досліджень збройної боротьби існують декілька підходів, що на свій час та для своїх умов доволі успішно (з відносно невеликою невизначеністю) дозволяли моделювати процес взаємного вогневого ураження. До таких підходів відноситься метод бойових потенціалів, модель Осіпова-Ланчестера та деякі інші [5–7]. Однак ці підходи або не враховують динаміку (метод бойових потенціалів), або не враховують різноманіття засобів дальнього ВУП (модель Осіпова-Ланчестера) та майже ні один із підходів в повній мірі не враховує взаємодію підсистем ВУП, чинники, які впливають на процес ВУП та взаємозв'язок між продуктивністю та стійкістю.

В цілому ж в інших галузях науки існують підходи, які дозволяють моделювати процеси, що пов'язані з взаємним негативним впливом (протистоянням) двох сторін, причому з врахуванням тих чинників, які означені раніше. Так в хімії, біології, зоології та деяких інших галузях науки застосовується модель (рівняння) Вольтерри або модель (рівняння) з логістичною поправкою Лотки-Вольтерри [8–9]. Означена модель являє собою систему двох диференціальних однопараметричних рівнянь, які описують динаміку зміни одної з характеристик системи при врахуванні параметрів росту, взаємодії та самообмеження. Сутність означеної моделі полягає у реалізації так званого принципу зіткнень – результат протистояння двох сторін залежить від кількості зіткнень окремих її елементів.

В загальному вигляді та відповідно до гіпотез Вольтерри динаміка взаємодії двох сторін може бути описана рівняннями [8–9]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\Psi_1}{dt} &= a_1\Psi_1 - b_{12}\Psi_1\Psi_2 - c_1\Psi_1^2; \\ \frac{d\Psi_2}{dt} &= a_2\Psi_2 - b_{21}\Psi_1\Psi_2 - c_2\Psi_2^2. \end{aligned} \right\},$$

де Ψ_1, Ψ_2 – характеристики взаємодіючих видів (сторін), які підлягають дослідженню;

a_1, a_2 – параметри власної швидкості росту параметру;

c_1, c_2 – параметри самообмеження параметра (внутрішні чинники);

b_{12}, b_{21} – параметри взаємодії сторін.

Звичайно застосування такої моделі дозволило б врахувати взаємну динаміку зміни характеристик двох систем, які протистоять одна одній. У випадку з процесом ВУП можливо було б дослідити динаміку зміни виконання завдань щодо вогневого впливу на противника з урахуванням характеристик функціонування підсистем управління, розвідки, а також врахувати зв'язок між продуктивністю та стійкістю підсистем ВУП. Однак складність застосування означеної моделі полягає у необхідності достатньо точно визначити параметри росту, взаємодії та самообмеження, які застосовуються в рівняннях, для запобігання росту невизначеності у результируючих показниках.

Виходячи із сутності параметра власної швидкості росту (a_1, a_2), скоріш за все він буде характеризуватися інтенсивністю виконання завдань.

$$\left. \begin{aligned} a_1 &= \lambda_{\text{вв}}^{(\text{вв})}; \\ a_2 &= \lambda_{\text{вв}}^{(\text{вп})}. \end{aligned} \right\}$$

Параметри самообмеження c_1, c_2 скоріш за все характеризуватимуть роботу внутрішніх елементів сторін щодо передачі розвідувальної інформації до засобів вогневого впливу [8–9]. Тому, параметри самообмеження пропонується виразити через інтенсивність розвідки та інтенсивність передачі отриманих даних.

$$\left. \begin{aligned} c_1 &= 1 - \frac{\lambda_y^{(\text{вв})}}{\lambda_p^{(\text{вв})}}; \\ c_2 &= 1 - \frac{\lambda_y^{(\text{вп})}}{\lambda_p^{(\text{вп})}}. \end{aligned} \right\}$$

Відносно інтенсивності розвідки можливо зробити допущення, що набуття цим показником нульового значення свідчить про повну відсутність можливості щодо отримання інформації про противника. В такому випадку, інтенсивність виконання завдань підсистемою вогневого впливу також набуде нульового значення та відповідно не буде необхідності в подальшому дослідженні такого ВФ. Адже швидкість його знищення буде залежати від характеристик ВФ противника.

В прийнятих умовах параметри взаємодії b_{12}, b_{21} можна визначити через інтенсивність виконання завдань противником, приведену до показника стійкості функціонування нашого військового формування.

$$\left. \begin{aligned} b_{12} &= \frac{\lambda_{\text{вв}}^{(\text{вп})}}{\mu^{(\text{вв})}}; \\ b_{21} &= \frac{\lambda_{\text{вв}}^{(\text{вв})}}{\mu^{(\text{вп})}}. \end{aligned} \right\}$$

Звичайно використовувати означені параметри без проведення натурального експерименту (статистичних випробувань) є ризикованим. Хоча і перевірка означеної моделі на існуючих історичних прикладах та вивірка по граничним параметрам свідчить про адекватність означених параметрів, однак існує можливість появи суттєвих неточностей при застосуванні на практиці. Тому необхідно обов'язкове коректування означених параметрів.

Загальний вигляд моделі ВУП з урахуванням уточненої сукупності показників відповідно до суті властивостей процесу та вибору відповідного математичного апарату зображено у вигляді блок-схеми на рис. 3.

ВИСНОВКИ

Таким чином в статті проведено дослідження функціонування розвідувально-вогневої системи через створення моделі ВУП з урахуванням уточненої сукупності показників відповідно до суті властивостей процесу та вибору відповідного математичного апарату. Створення моделі проведено на підставі використання відомого з інших галузей науки рівняння Лотки-Вольтерри з

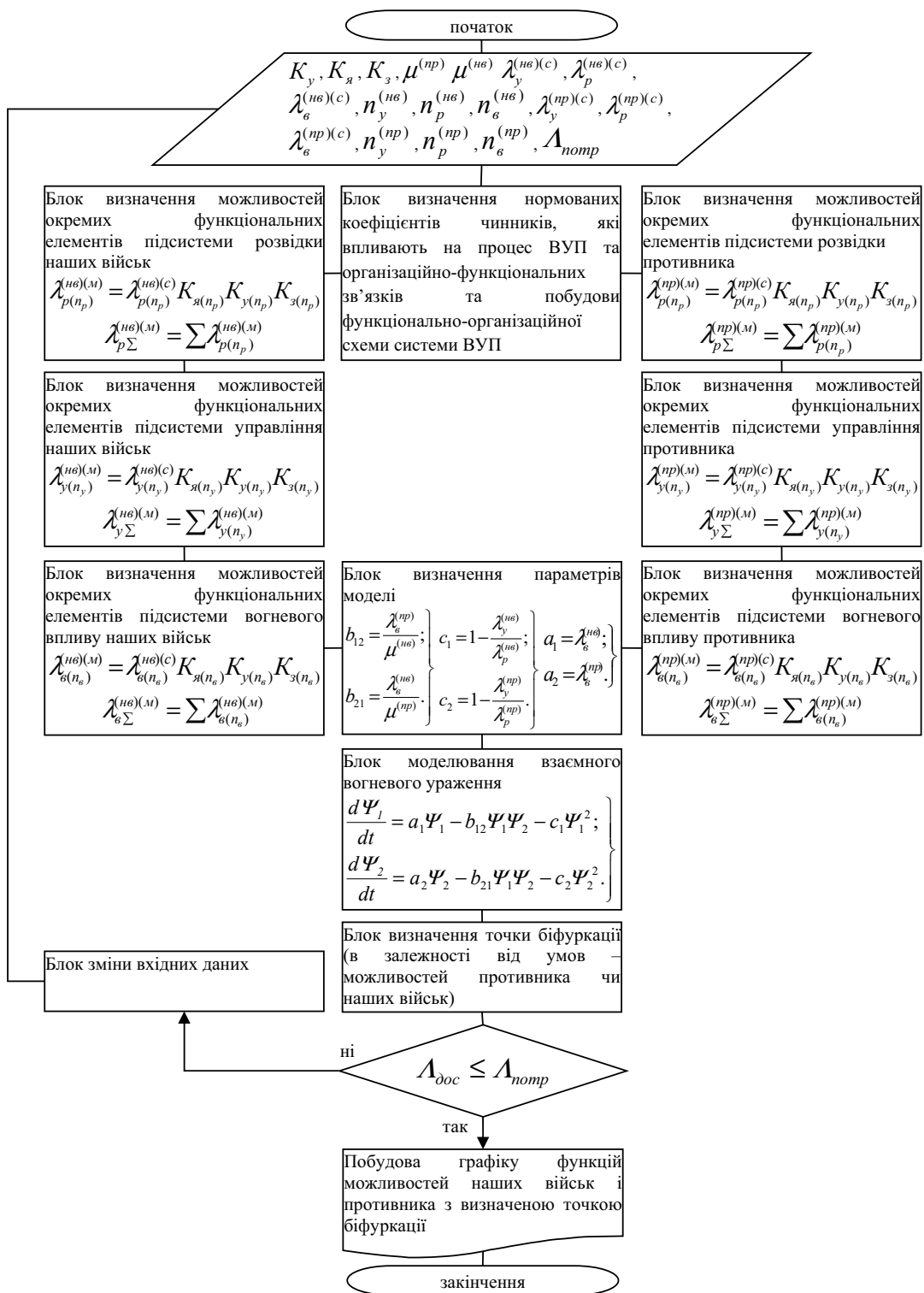


Рис. 3. Блок-схема моделі ВУП з урахуванням уточненої сукупності показників

уточненням параметрів рівняння у відповідності до суті процесу ВУП. Також в моделі використана удосконалена сукупність показників властивостей процесу ВУП, які враховують динаміку та двохсторонність процесу ВУП.

Застосування означеної у статті моделі дозволить врахувати сукупність складових створюваних розвідувально-вогневих систем та різноманітність завдань, які

ними виконуються, а також вплив противника на них, що в цілому призведе до підвищення ступеня реалізації їх можливостей.

Подальші дослідження пропонується присвятити моделюванню процесу ВУП розвідувально-вогневими системами для пошуку закономірностей в результатах моделювання з подальшим наданням рекомендацій.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Фандеев А.Г. Об имитационном моделировании противоборства войсковых группировок. Военная мысль. 2003. № 9. С. 33–36.
2. Поленин В.И. Применение вероятностных моделей при планировании операций. Военная мысль. 2004. № 3. С. 54–55.
3. Стрельба и управление огнем артиллерии: учебное пособие. СПб: ВА Акад. 2003. 477 с.
4. Бобриков А.А. Оценка эффективности огневого поражения ударами ракет и огнем артиллерии: учебное пособие. СПб.: Галера Принт. 2006. 424 с.
5. Морозов Н.А., Баков В.В. К методике параметризации модели для оценки боевых возможностей группировок войск (сил) в операциях. Научн.-техн. сб. МОРФ. 2003. № 1. С. 24–31.
6. Поляк Г.Л. Математическая модель экономических последствий вооруженного противостояния неравных по силе противников. Математические и инструментальные методы экономики. Тамбов: ТГТУ. 2011. № 12(85). С. 381–386.
7. Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Бутенко В.А. Моделирование борьбы с разведывательно-ударными комплексами: учебное пособие. Л.: ЛВАА им. М.И. Калинина. 1992. 190 с.
8. Бондарчук С.С., Перевозкин В.П. Математическое моделирование в популяционной экологии: учебное пособие. Тамбов: ТГПУ. 2014. 224 с.
9. Кузнецов А.П., Савин А.В., Седова Ю.В., Тюрюкина Л.В. Бифуркации отображений: учебное пособие. С.: Издательский центр «Наука». 2012. 196 с.
10. Петухов Г.Б., Якунин В.И. Методологические основы внешнего проектирования целенаправленных процессов и целеустремленных систем : учебное пособие. М.: АСТ, 2006. 504 с.
11. Майстренко О.В. Декомпозиція процесу вогневого ураження противника за допомогою методу побудови «дерева цілей». Труды ун-ту. 2015. №2 (129). С. 141–146.
12. Ивлев А.А. Основы теории Джона Бойда. Принципы, применение и реализация: монография. М.: ОРИОН. 2008. 64 с.
13. Майстренко О.В. Обґрунтування загального підходу до визначення сукупності чинників, які впливають на процес ВУП та величин їх показників. Зб. наук. пр. НАДПС України. 2016. №1. С. 124–132.
14. Атрохов А.В., Вернер И.Е., Гавалко В.И., Козаков Ю.И. Основы моделирования боевых действий войск: навчальный посібник. Київ: НАУО. 2005. 484 с.
15. Буянов Б.Б., Лубков Н.В., Поляк Г.Л. Математическая модель длительного вооруженного конфликта. Проблемы управления. 2007. № 5. С. 48–51.
16. Вогневе ураження противника в операціях оперативного угруповання військ (сил) (армійського корпусу). Київ: НУОУ. 2011. 68 с.
17. Майстренко О.В. Сукупність властивостей військового формування та їх показників в процесі вогневого ураження противника. Труды ун-ту. 2016. № 1. С. 152–160.
18. Новиков О.А., Петухов С.И. Прикладные вопросы ТМО: учебное пособие. М.: Советское радио. 1969. 320 с.

REFERENCES

1. Fandeev, A.G. (2003). "Ob imitatsionnom modelirovanii protivoborstva voyskovykh gruppировок" [About the simulation modeling of the confrontation of military groups], *Military Thought*, No. 9, pp. 33–36.
2. Polenin, V.I. (2004), "Primeneniye veroyatnostnykh modeley pri planirovanii operatsiy" [The use of probabilistic models in planning operations], *Military Thought*, No. 3, pp. 54–55.
3. "Strelba i upravleniye ognem artillerii" (2003) [Shooting and fire control of artillery], SPb. 477 p.
4. Bobrikov, A.A. (2006). "Otsenka effektivnosti ogneвого porazheniya udarami raket i ognem artillerii" [Evaluation of the effectiveness of fire damage by missile strikes and artillery fire], SPb. 424 p.
5. Morozov, N.A. & Bakov, V.V. (2003). "K metodike parametrizatsii modeli dlia otsenki boyevykh vozmozhnostei gruppировок voisk (sil) v operatsiakh" [The methodology of parameterization of the model for assessing the combat capabilities of forces in operations], *Scientific and technical coll. of MORF*, No 1, pp. 24–31.
6. Poluak, G.L. (2011). "Matematicheskaya model ekonomicheskikh posledstviy voozruzhennogo protivostoyaniya neravnykh po sile protivnikov" [The mathematical model of the economic consequences of armed confrontation of unequal strength opponents], *Mathematical and instrumental methods of economics*, No 12(85), pp. 381–386.
7. Anisimov, V.G., Anisimov, E.G. & Butenko, V.A. (1992), "Modelirovanie borby s razvedyvatelyno-udarnymi kompleksami" [Modeling the fight against reconnaissance and strike systems], LMAA named after M. Kalinina, L. 190 p.
8. Bondarchuk, S.S. & Perevozkin, V.P. (2014), "Matematicheskoe modelirovanie v populyatsionnoi ekologii" [Mathematical modeling in population ecology], TSPU, Tambov, 224 p.
9. Kuznetsov, A.P., Savin, A.V., Sedova, Y.V. & Tyuryukina, L.V. (2012). "Bifurkatsii otobrazheniy", [Bifurcations of mappings], LLC Publishing Center "Science", Saratov. 196 p.
10. Petukhov, G.B. & Yakunin, V.I. (2006). "Metodologicheskie osnovy vneshnego proyektirovaniya tselenapravlennykh protsessov i tseleustremlyennykh sistem", [Methodological foundations of external design of purposeful processes and purposeful systems], AST, M. 504 p.
11. Maistrenko, O.V. (2015). "Dekompozitsiya protsesu vohneвого urazhennya protyvnyka za dopomohoiu metodu pobudovy «dereva tsiley»", [Decomposition of the process of fire damage to the enemy using the

- method of constructing a “tree of goals”], *Proc. of the Univ.* No 2 (129), pp. 141–146.
12. Ivlev, A.A. (2008). “*Osnovy teorii Dzhona Boyda. Printsipy, primeneniye i realizatsiya*” [Fundamentals of the theory of John Boyd. Principles, application and implementation], ORION, M. 64 p.
 13. Maistrenko, O.V. (2016). “Obgruntuvannia zahalnoho pidkholu do vyznachennia sukupnosti chynnykiv, yaki vplyvayut na protses VUP ta velychyn yikh pokaznykiv”, [Substantiation of the general approach to determining the set of factors that influence the process of GDP and the magnitudes of their indicators], *Coll. of scientific works of NASGS of Ukraine.* No 1, pp. 124–132.
 14. Atrokhov, A.V., Werner, I.E., Gavalko, V.I. and Kozakov, Y.I. (2005), “*Osnovy modelyuvannya boyovykh diy viys'k*”, [Fundamentals of military combat modeling], NDAU, K. 484 p.
 15. Buyanov, B.B., Lubkov, N.V. & Poluak, G.L. (2007). “*Matematicheskaia model dlitel'nogo vooruzhennoho konflikta*”, [The mathematical model of a long armed conflict], *Management Problems*, No 5, pp. 48–51.
 16. “*Vohneve urazhennya protyvnyka v operatsiyakh operatyvnoho uhrupovannya viysk (syl) (armiyskoho korpusu)*” (2011), [Firing defeat of the enemy in operations of the operational grouping of troops (forces) (army corps)], NDAU, K. 68 p.
 17. Maistrenko, O.V. (2016). “*Sukupnist vlastyvostryy viyskovoho formuvannya ta yikh pokaznykiv v protsesi vohnevoho urazhennya protyvnyka*”, [Aggregate properties of military formation and their indicators in the course of enemy firing], *Proc. of the Univ.* No 1, pp. 152–160.
 18. Novikov, O.A. & Petukhov, S.I. (1969). “*Prikladnye voprosy TMO*”, [Applied issues QT], Soviet Radio, M. 320 p.

**Maistrenko O.V., Karavanov O.A., Stehura S.I.,
Davydovskiy L.S., Spasun V.I.**

STUDY OF THE FUNCTIONING OF THE RECONNAISSANCE AND FIRE SYSTEM BY CREATING A MODEL OF ENEMY FIRE DEFEAT

The analysis studies of modeling the process of enemy fire destruction showed that the main efforts were aimed at clarifying the indicators of dynamic changes in the model and directly, the mathematical apparatus on the basis of which modeling is carried out. But little attention has been paid to the study of enemy engagement in the use of reconnaissance and fire systems, which are increasingly being used in armed combat. The creation of such systems consists in the organizational and technical unification in a single information field of a control center for dissimilar means of reconnaissance, fire destruction, guidance and automation in order to ensure coordinated in space and time-synchronized operation of system elements to inflict damage on enemy targets with a minimum time delay from

the moment it detection. At the same time, the functional features of the enemy's fire destruction process can be divided into the following main components, namely the reconnaissance process, the control process and the process of fire impact on the enemy. Thus, taking into account the above, it is advisable to conduct a study of the functioning of the reconnaissance and fire system based on the creation of a new model of enemy fire destruction, taking into account the specified set of indicators in accordance with the essence of the process properties and the choice of the appropriate mathematical apparatus [1–2]. The creation of the model is based on the use of the well-known the Lotka-Volterra equation, specifying the parameters of the equation in accordance with the essence of the process of enemy fire. The model uses an advanced set of indicators of the properties of the enemy fire process, which take into account the dynamics and two-sided process. The result of the study is a model of fire damage to the enemy, which will allow to take into account the entire set of components of the reconnaissance fire systems and the variety of tasks that they perform, as well as the impact of the enemy on them, which in general will increase the degree of realization of their capabilities.

Keywords: reconnaissance-fire system, process model, fire damage, performance, Lotka-Volterra equation.

Відомості про авторів:

Майстренко Олександр Васильович

доктор військових наук
начальник кафедри ракетних військ
Національної академії сухопутних військ імені гетьмана
Петра Сагайдачного,
м. Львів, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-9900-5930>

Information about the authors:

Oleksandr Maistrenko

Doctor of Military Sciences
Head of the Missile Forces Department
of the National Academy of Land Forces Hetman Peter
Sahaidachny,
Lviv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-9900-5930>

Караванов Олександр Анатолійович

магістр
ад'юнкт
Національної академії сухопутних військ імені гетьмана
Петра Сагайдачного,
м. Львів, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-6189-8032>

Oleksandr Karavanov

Master
Doctoral Student
of the National Academy of Land Forces named after Hetman
Peter Sahaidachny,
Lviv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-6189-8032>

Стегура Сергій Іванович

магістр
старший викладач кафедри ракетних військ
Національної академії сухопутних військ імені гетьмана
Петра Сагайдачного,
м. Львів, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-7180-4255>

Serhii Stehura

Master

Senior Instructor of the Missile Forces Department
of the National Academy of Land Forces named after Hetman
Peter Sahaidachny,

Lviv, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-7180-4255>**Давидовський Леонід Сергійович**

кандидат технічних наук

старший науковий співробітник Центрального науково-
дослідного інституту озброєння та військової техніки
Збройних Сил України,

м. Київ, Україна

<https://orcid.org/0000-0002-2529-1989>**Leonid Davydovskyi**

Doctor of Philosophy

Senior Researcher of Central Scientific Research Institute of
Armament and Military Equipment of the Armed Forces of
Ukraine,

Kyiv, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-2529-1989>**Спасун Валерій Іванович**старший науковий співробітник Центрального науково-
дослідного інституту озброєння та військової техніки
Збройних Сил України,

м. Київ, Україна

<https://orcid.org/0000-0002-2529-1989>**Valeriy Spasun**Senior Researcher of Central Scientific Research Institute of
Armament and Military Equipment of the Armed Forces of
Ukraine,

Kyiv, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0001-5437-2473>

Стаття надійшла до редколегії 16.04.2020.