

Юрій Євгенович Репіло (доктор військових наук, професор)  
Олег Володимирович Головченко

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

## МОДЕЛЬ ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ АРТИЛЕРІЙСЬКИМИ ПІДРОЗДІЛАМИ ПІД ЧАС ВОГНЕВОЇ ПІДТРИМКИ У ХОДІ ВЕДЕННЯ НАСТУПАЛЬНИХ ДІЙ

Результати аналізу здобутих уроків ведення бойових дій артилерійськими підрозділами в збройному конфлікті на Сході України свідчать, що на цей час актуальними є питання підвищення ефективності ведення ними бойових дій та забезпечення їх живучості. На підставі аналізу способів забезпечення живучості артилерійських підрозділів визначено, що головними у ході ведення бойових дій артилерії були постійне маневрування при призначенні районів очікування (заряджання). Також відомо, що зміст ведення бойових дій артилерійськими підрозділами в наступі становить безперервну вогневу підтримку загальновійськових формувань.

Таким чином, в теорії та практиці ведення бойових дій артилерійськими підрозділами в наступі виникла суперечність між потребою збільшення часу перебування їх на вогневих позиціях залежно від певного обсягу вогневих завдань для безперервної вогневої підтримки військових формувань з одного боку та вимогою зменшення такого часу для здійснення необхідного маневру з метою забезпечення живучості артилерійських підрозділів з іншого.

Метою статті є розробка моделі ведення бойових дій артилерійськими підрозділами під час вогневої підтримки у ході ведення наступальних дій з урахуванням їх постійного маневрування для забезпечення живучості та перебування в районі очікування (заряджання).

В статті викладено опис моделі ведення бойових дій артилерійськими підрозділами під час вогневої підтримки в наступальних діях. модель є аналітико-стохастичною та описує імовірнісні характеристики ведення бойових дій артилерійськими підрозділами під час вогневої підтримки у ході ведення наступальних дій з використанням теорії випадкових процесів зі скінченною множиною послідовних перманентних змін їх функціональних станів під впливом чинників зовнішнього середовища та чинників управління в умовах можливого вогневого впливу противника при наявності таких елементів бойового порядку, як райони очікування (заряджання). запропонована модель ведення бойових дій може бути використана для пошуку причинно-наслідкових зв'язків між складовими подібних процесів та обґрунтування рекомендацій щодо забезпечення живучості артилерійських підрозділів під час вогневої підтримки в наступальних діях.

**Ключові слова:** аналітико-стохастичні моделі, марковські випадкові процеси, система диференціальних рівнянь Чепмена – Колмогорова, артилерійські підрозділи, живучість, вогнева підтримка, наступальні дії.

### Вступ

В сучасних умовах та на перспективу до 2030 року успіх ведення наступальних дій військовими формуваннями значною мірою залежатиме від результативної їх вогневої підтримки. Здобуті уроки застосування військ (сил) у збройних конфліктах останнього десятиліття та аналіз доктринальних документів країн – членів НАТО показують, що артилерійські підрозділи (АП) залишаються основним військовим формуванням, здатним забезпечити безперервну вогневу підтримку у ході ведення воєнних дій [1, с. 98; 2, с. 15–18; 3, с. 26; 4, с. 45]. Своєю чергою результати аналізу здобутих уроків ведення бойових дій артилерії в антитерористичній операції свідчать, що досягнення ефективності ведення бойових дій АП неможливе без забезпечення їх живучості. При

цьому, зі здобутих уроків ведення бойових дій артилерії виявлено, що головним способом забезпечення живучості АП для скорочення часу їх перебування на вогневих позиціях було здійснення періодичного маневру та призначення районів очікування (заряджання) [5, с. 27]. Поряд з тим, необхідність безперервної вогневої підтримки військових формувань під час виконання ними оперативних (тактичних) завдань, як головного змісту ведення бойових дій АП в наступі, викликає потребу збільшення часу перебування АП на вогневих позиціях залежно від певного обсягу вогневих завдань.

**Постановка проблеми.** Таким чином, в теорії та практиці ведення бойових дій АП в наступі виникла суперечність між потребою збільшення часу перебування їх на вогневих позиціях залежно від певного обсягу вогневих завдань для

безперервної вогневої підтримки військових формувань з одного боку та вимогою зменшення такого часу для здійснення необхідного маневру з метою забезпечення живучості АП з іншого.

Одним із ключових методів розв'язку зазначеної суперечності в теорії та практиці військового управління є моделювання ведення бойових дій. Математичні моделі, які підпорядковані вирішенню одного з головних завдань управління – прогнозування розвитку збройної боротьби, дають змогу значно скоротити час проведення моделювання й одержати вірогідні результати, які валідні реальному веденню бойових дій артилерійськими підрозділами під час вогневої підтримки у ході ведення наступальних дій.

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

Аналіз теоретичних досліджень в теорії військового управління показав, що розв'язок даного завдання можливий із використанням аналітико-стохастичних моделей, які описуються марковськими випадковими процесами з дискретною множиною станів і неперервним часом [6, с. 126–130; 7, с. 90–92; 8, с. 517–519, с. 537–544; 9, с. 151–155; 10, с. 1–46; 11, с. 126–130; 12, с. 90–92]. Результати аналізу останніх досліджень [13, с. 73–80; 14, с. 58–76; 15, с. 107–112] свідчать про певні досягнення щодо розроблення аналітико-стохастичних моделей ведення бойових дій військовими формуваннями ракетних військ і артилерії що задані марковськими випадковими процесами та системою диференційних рівнянь Чепмена – Колмогорова, однак запропоновані аналітико-стохастичні моделі у якості вихідних даних не враховують повний опис і функціонування АП під час вогневої підтримки в ході ведення наступальних дій в сучасних умовах та на перспективу до 2030 року. Зокрема у розробленій математичній аналітико-стохастичній моделі ведення бойових дій самохідної артилерійської батареї, що запропонована в [13, с. 73–80] не передбачено врахування маневрування артилерії необхідного для забезпечення її живучості. В дослідженнях [14, с. 58–76; 15, с. 107–112] під час побудови аналітико-стохастичних моделей ведення бойових дій (бойового застосування) військових формувань ракетних військ і артилерії не передбачалось врахування стану перебування підрозділів в районі заряджання (очікування).

**Мета статті** – розробка моделі ведення бойових дій АП під час вогневої підтримки у ході ведення наступальних дій з урахуванням їх постійного маневрування для забезпечення живучості та перебування в районі очікування (заряджання).

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

У ході ведення воєнних дій у різних їх видах, основною формою бойового застосування ракетних військ і артилерії є бойові дії. Розглядаючи процес ведення бойових дій військовими формуваннями артилерії в

наступальних діях, можна стверджувати, що головним їх змістом буде забезпечення безперервної вогневої підтримки загальновійськових формувань у ході виконання ними оперативних (тактичних) завдань. Своєю чергою результати аналізу причинно-наслідкових зв'язків досягнення високої ефективності вогневої підтримки таких формувань АП в антитерористичній операції свідчить, що така ефективність неможлива без забезпечення їх живучості. Аналіз пріоритетних тенденцій розвитку артилерійських систем та здобуті уроки ведення бойових дій артилерії в сучасних збройних конфліктах свідчить, що одним із головних способів забезпечення живучості АП є постійне їх маневрування та зменшення часу перебування на вогневій позиції в цілому та тривалості вогневого нальоту зокрема. Здійснення постійного маневру АП з метою їх виведення з-під можливого вогню противника викликає необхідність призначення районів очікування (заряджання). Такий підхід принципово відрізняється від способів ведення бойових дій АП під час вогневої підтримки у ході ведення наступальних дій у війнах минулого століття.

Представляючи процес ведення бойових дій АП під час вогневої підтримки у ході ведення наступальних дій доречно сформулювати робочу гіпотезу, яка полягає в тому, що АП можуть перебувати у таких станах:

“перебування артилерійського підрозділу в районі очікування (заряджання)” – виконання підготовчих робіт із заряджання (завантаження боєприпасів) артилерійських систем;

“маневр артилерійського підрозділу на вогневу позицію” – здійснення переміщення з району очікування (заряджання) в район вогневої позиції;

“зайняття артилерійським підрозділом вогневої позиції” – здійснення топогеодезичної прив'язки, переведення з похідного в бойове положення, орієнтування в основному напрямку стрільби (напрямку на ціль);

“виконання артилерійським підрозділом завдань вогневої підтримки” – безпосереднє ведення вогневого нальоту по об'єктам;

“згортання артилерійського підрозділу на вогневій позиції” – залишення артилерійським підрозділом вогневої позиції;

“маневр артилерійського підрозділу в район очікування (заряджання)” – здійснення переміщення із району вогневих позицій в район очікування (заряджання);

“під вогневим впливом противника” – у якому можуть опинитися артилерійські підрозділи у разі здійснення вогневого впливу противника.

Тоді, процес ведення бойових дій АП під час вогневої підтримки у ході ведення наступальних дій можна подати як послідовна зміна їх функціональних станів під впливом чинників зовнішнього середовища та чинників управління в умовах можливого вогневого впливу противника. Результати аналізу тенденцій ведення збройної боротьби силами і засобами збройних сил країн –

членів Організації договору про колективну безпеку показують, що основний обсяг завдань контрвогню буде покладений саме на військові формування артилерії, які застосовуватимуть як боєприпаси в звичайному спорядженні так і високоточні боєприпаси [16, с. 54–61]. Ця особливість визначає тривалість перебування під вогневим впливом та напряду залежить від норм витрати снарядів по цілях та зворотна від режиму вогню артилерійських систем.

Розглядаючи теоретичні та методологічні аспекти математичного моделювання ведення бойових дій складних систем військового призначення, до яких теж відносяться АП, важливим питанням є розроблення агрегативної схеми моделі процесу. Своєю чергою, при побудові моделей процесів важливим етапом математичного моделювання є вибір головного параметру та визначення закону його розподілу. Головним параметром вважається такий параметр, вилучення якого з функціонування системи зупиняє процес. У зв'язку з цим, для бойових дій АП під час вогневої підтримки, що відбувається протягом певного часу, таким параметром є інтервал часу між однорідними подіями, що фіксують цей розвиток. Наприклад, між моментами початку й закінчення ведення вогню під час вогневої підтримки, завантаженням (зарядженням) боєукладки артилерійської системи (реактивної системи залпового вогню) та зайняттям вогневої позиції для виконання завдань вогневої підтримки.

Вид закону розподілу випадкової величини головного параметру визначає можливість застосування відповідного математичного апарату для побудови моделі й повинен оцінюватися за результатами спостережень реального процесу або із його фізичного розуміння. Відомо [14, с. 63–64], що під час дослідження процесу ведення бойових дій АП найсуперечливішим виявляється показовий закон, що характеризується відсутністю післядії та мінімальною передбачуваністю.

Результати пошуку причинно-наслідкових зв'язків між елементами ведення бойових дій АП як системи показують, що тривалість виконання АП завдань вогневої підтримки у ході ведення наступальних дій хоч і планується, але є величиною випадковою. Це свідчить про те, що випадковий процес, який моделюється може мати кінцеве або нескінченне число можливих станів  $S_1, S_2, \dots, S_1, \dots, S_n$ , зміна яких відбувається у часі випадковим чином. Перелічені події (настання фактів перебування АП у конкретному стані випадковим чином повторюється у ході бойових дій неодноразово та створює певний потік). Сума цих потоків і визначає тривалість ведення бойових дій АП під час вогневої підтримки.

Оскільки важко визначити перевагу жодного з потоків подій, їх тривалість у сумарному потоці (згідно з теоремою про формування найпростішого потоку) можна вважати розподіленою із достатньою для практики точністю за показниковим законом розподілу випадкової

величини. Показниковий закон розподілу тривалості випадкових подій дає можливість будувати моделі у класі марковських процесів у режимі неперервного часового перебігу і настання певних дискретних станів. З огляду на це можна застосувати метод аналітико-стохастичного моделювання.

Результати аналізу здобутих уроків застосування військових формувань у ході ведення збройної боротьби в сучасних умовах свідчать, що випадковість чинників під час виконання завдань вогневої підтримки в наступальних діях будуть присутні завжди. Хоча планування та управління військовими формуваннями на різних рівнях ієрархії в ході ведення воєнних дій у різних їх формах спрямоване на послаблення чинника “випадковості” і надання цим процесам детермінованого характеру, стохастичну стійкість процесу ведення бойових дій під час вогневої підтримки в ході ведення наступальних дій у цілому навряд можна гарантувати. Отже, для формалізації процесу ведення бойових дій АП під час вогневої підтримки в ході ведення наступальних дій опишемо загальні гіпотези і припущення:

результат ведення бойових дій АП під час вогневої підтримки в ході ведення наступальних дій завчасно невідомий (об'єкти противника та АП можуть бути уражені чи не уражені);

події процесу ведення бойових дій АП під час вогневої підтримки в ході ведення наступальних дій відбуваються в часі як випадкові процеси;

інтервали виконання завдань вогневої підтримки є випадковими і розподілені за показовим законом розподілу імовірнісної величини;

виконання завдань щодо вогневої підтримки в наступальних діях характеризується імовірністю ураження цілей противника –  $P_{en}$ ;

АП можуть бути уражені засобами контрвогню імовірного противника з відповідною імовірністю –  $P_{ур}$ ;

маневр АП у район очікування із займаних позицій здійснюється в межах спланованого району вогневих позицій;

маневр АП із району очікування (зарядження) на вогневу позицію здійснюється у межах спланованого району вогневих позицій;

завантаження боєукладки артилерійських систем (зарядження реактивних систем залпового вогню) здійснюється штатними обслугами.

Враховуючи, що для отримання результатів у межах дослідження реальний процес ведення бойових дій АП під час вогневої підтримки в ході ведення наступальних дій та прийнятих при цьому припущеннях здійснити неможливо, пропонується застосувати процедуру абстрагування від дійсного процесу і здійснити перехід до його формалізації. Тоді, кожен описаний вище стан АП, в якому він може перебувати, відобразимо у вигляді певного вузла на графі станів АП з відповідними його позначеннями. Лініями, що з'єднують ці вузли,

позначимо можливі переходи одного стану АП в інший, які відбуваються з певними інтенсивностями.

Таким чином, процес ведення бойових дій АП під час вогневої підтримки в ході ведення наступальних дій пропонується представити у вигляді графу, який відповідає дискретному марковському процесу (дискретний процес з неперервним часом), який володіє ергодичною (коли математичне сподівання по часових рядах збігається з математичним сподіванням по просторових рядах) властивістю, наведено на рис. 1.

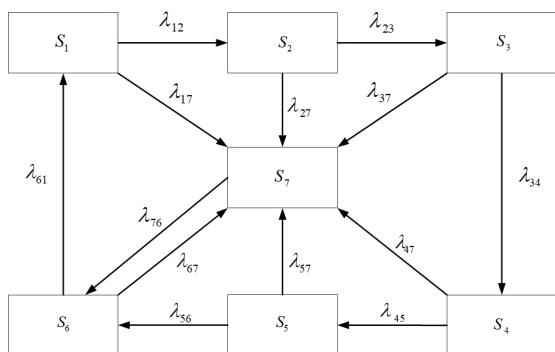


Рис. 1. Граф процесу ведення бойових дій артилерійськими підрозділами під час вогневої підтримки в ході ведення наступальних дій

де  $S_1$  – “перебування артилерійського підрозділу в районі очікування (заряджання)”;

$S_2$  – “маневр артилерійського підрозділу на вогневу позицію”;

$S_3$  – “зайняття артилерійським підрозділом вогневої позиції”;

$S_4$  – “виконання артилерійським підрозділом завдань вогневої підтримки”;

$S_5$  – “згортання артилерійського підрозділу на вогневій позиції”;

$S_6$  – “маневр артилерійського підрозділу в район очікування (заряджання)”;

$S_7$  – “перебування під вогневим впливом противника”.

Як видно з наведеного рисунка, переходи між станами графу відбуватимуться із відповідними інтенсивностями  $\lambda_{ij}$ , що описують властивості ведення бойових дій АП під час вогневої підтримки у ході ведення наступальних дій. Важливо зазначити, що у разі виявлення військового формування артилерії та здійснення вогневого впливу противником, імовірніше за все АП буде намагатися здійснити маневр з метою забезпечення своєї живучості. А отже перехід до стану  $S_7$  можливий з будь якого стану, а перехід системи із стану “під вогневим впливом противника” необхідно здійснити лише у стан  $S_6$ .

Запропонований граф дає можливість формалізувати процес ведення бойових дій АП в умовах, що розглядаються, та визначити ймовірності перебування їх у конкретних станах залежно від випадкових чинників. При цьому, пропонується цей граф станів описати за допомогою добре відомих та апробованих диференціальних рівнянь Чепмена – Колмогорова, при складанні яких з теорії масового обслуговування можна виділити кілька рекомендацій (мнемонічних правил)

[4, с. 175–177]: перша – похідна  $\frac{dP_i(t)}{dt}$  дорівнює

алгебраїчній сумі стількох членів, кількість яких дорівнює кількості стрілок на графі станів системи, які виходять зі стану  $S_i$  і входять у нього (з’єднують стан  $S_i$  з іншими станами). Якщо стрілка спрямована до стану  $S_i$ , то член беруть зі знаком плюс; якщо стрілка виходить зі стану  $S_i$  – зі знаком мінус; друга – кожен член суми дорівнює добуткові ймовірностей того стану, від якого спрямована стрілка, на інтенсивність потоку подій, який переводить систему по цій стрілці; третя – кількість від’ємних членів дорівнює кількості стрілок, спрямованих зі стану  $S_i$ ; четверта – кількість додатних членів дорівнює кількості стрілок, спрямованих до стану  $S_i$ . Користуючись такими рекомендаціями, можна отримати систему рівнянь такого виду:

$$\begin{cases} \frac{dP_1(t)}{dt} = -\lambda_{12}P_1(t) - \lambda_{17}P_1(t) + \lambda_{61}P_6(t); \\ \frac{dP_2(t)}{dt} = \lambda_{12}P_1(t) - \lambda_{23}P_2(t) - \lambda_{27}P_2(t); \\ \frac{dP_3(t)}{dt} = \lambda_{23}P_2(t) - \lambda_{34}P_3(t) - \lambda_{37}P_3(t); \\ \frac{dP_4(t)}{dt} = \lambda_{34}P_3(t) - \lambda_{45}P_4(t) - \lambda_{47}P_4(t); \\ \frac{dP_5(t)}{dt} = \lambda_{45}P_4(t) - \lambda_{56}P_5(t) - \lambda_{57}P_5(t); \\ \frac{dP_6(t)}{dt} = \lambda_{56}P_5(t) - \lambda_{61}P_6(t) - \lambda_{67}P_6(t) + \lambda_{76}P_7(t); \\ \frac{dP_7(t)}{dt} = \lambda_{17}P_1(t) + \lambda_{27}P_2(t) + \lambda_{37}P_3(t) + \lambda_{47}P_4(t) + \lambda_{57}P_5(t) + \lambda_{67}P_6(t) - \lambda_{76}P_7(t). \end{cases} \quad (1)$$

У системі рівнянь (1) коефіцієнтами  $\lambda_{ij}$  позначено густину потоку подій, що переводять систему зі стану  $S_i$  у стан  $S_j$ . Кожний  $i$ -й стан сукупності  $S = \{S_i, i = 1, 2, \dots, 7\}$  характеризується відповідною імовірністю  $P_i(t)$  перебування в ньому АП у визначений момент часу. Для опису процесу ведення бойових дій АП під час вогневої підтримки в ході ведення наступальних дій залежно від кількості можливих його станів (у нашому випадку – семи) виникає потреба розв'язати систему звичайних диференціальних рівнянь сьомого порядку при початкових умовах:

$$P_1(0) = 1; P_i(0) = 0, i = \overline{2, 7}. \quad (2)$$

Отримані наукові результати попередніх досліджень [17, с. 49–56] дають змогу стверджувати, що при 3...5 циклах ведення бойових дій АП дослідження елементів вогневої підтримки в наступальних діях можна проводити у стаціонарному режимі. У стаціонарних режимах процесів усі ймовірнісні характеристики не залежать від часу. Зокрема, у стаціонарного випадкового процесу математичне очікування та дисперсія з функцій аргументу часу  $t$  перетворюється у константи. Щоб знайти ймовірності станів в стаціонарному процесі, прирівнюємо до нуля ліві частини системи рівнянь

(1), тобто  $\frac{dP_i}{dt} = 0$ , для всіх можливих станів ( $i = \overline{1, 7}$ ). Для стаціонарного процесу диференціальні рівняння Чепмена – Колмогорова з системи рівнянь (1) перетворюється у систему  $n$ -го порядку однорідних лінійних алгебраїчних рівнянь. З цієї системи визначають значення шуканих ймовірностей  $p_k (k = 1, n)$  з точністю до сталого множника, проте ця невизначеність усувається, якщо долучити нормальну умову (2), яка має місце в будь-який момент часу:

$$\begin{aligned} (\lambda_{12} + \lambda_{17})P_1 &= \lambda_{61}; \\ \lambda_{12}P_1 &= (\lambda_{23} + \lambda_{27})P_2; \\ \lambda_{23}P_2 &= (\lambda_{34} + \lambda_{37})P_3; \\ \lambda_{34}P_3 &= (\lambda_{45} + \lambda_{47})P_4; \\ \lambda_{45}P_4 &= (\lambda_{56} + \lambda_{57})P_5; \\ (\lambda_{61} + \lambda_{67})P_6 &= \lambda_{56}P_5(t) + \lambda_{76}P_7; \end{aligned} \quad (3)$$

$$\lambda_{76}P_7 = \lambda_{17}P_1 + \lambda_{27}P_2 + \lambda_{37}P_3 + \lambda_{47}P_4 + \lambda_{57}P_5 + \lambda_{67}P_6.$$

З системи алгебраїчних рівнянь (3) знаходимо співвідношення, які визначають ймовірності можливих станів перебування АП у процесі їх застосування під час вогневої підтримки в наступальних діях:

$$P_k = m_k P_6, k = \overline{1, 5}; P_7 = \frac{1 - m_6}{a_7} P_6. \quad (4)$$

У виразі (4) введено такі позначення:

$$\begin{aligned} m_1 &= a_1; m_2 = a_1 a_2; m_3 = a_1 a_2 a_3; m_4 = a_1 a_2 a_3 a_4; \\ m_5 &= a_1 a_2 a_3 a_4 a_5; m_6 = a_1 a_2 a_3 a_4 a_5 a_6; \\ a_1 &= \frac{\lambda_{61}}{\lambda_{12} + \lambda_{17}}; a_2 = \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{23} + \lambda_{27}}; a_3 = \frac{\lambda_{23}}{\lambda_{34} + \lambda_{37}}; \\ a_4 &= \frac{\lambda_{34}}{\lambda_{45} + \lambda_{47}}; a_5 = \frac{\lambda_{45}}{\lambda_{56} + \lambda_{57}}; a_6 = \frac{\lambda_{56}}{\lambda_{61} + \lambda_{67}}; \\ a_7 &= \frac{\lambda_{76}}{\lambda_{61} + \lambda_{67}}. \end{aligned}$$

Шляхом відповідних алгебраїчних перетворень у співвідношеннях (4) отримаємо вирази для обчислення шуканих ймовірностей:

$$P_k = \frac{a_7 m_k}{\Delta}, k = \overline{1, 5}; P_6 = \frac{a_7}{\Delta}; P_7 = \frac{1 - m_6}{\Delta}. \quad (5)$$

У залежностях (5) позначено:  $\Delta = 1 - m_6 + a_7(m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + 1)$ .

У той же час кожен з можливих станів перебування АП у процесі виконання бойового завдання під час вогневої підтримки в ході ведення наступальних дій характеризується відповідними часовими характеристиками функціонування, а тому, пропонується їх розглядати автономно, оскільки кожен з станів має свій часовий лаг:

момент закінчення перебування АП у районі очікування (заряджання) переводить його зі стану “перебування артилерійського підрозділу в районі очікування (заряджання)” у стан “маневр артилерійського підрозділу на вогневу позицію” з інтенсивністю  $\lambda_{12}$ , яку визначають за таким співвідношенням:

$$\lambda_{12} = 1 / t_{12}, \quad (6)$$

де  $t_{12}$  – час перебування АП у районі очікування (заряджання), що визначається планованою тривалістю їх перебування у визначеному районі з метою забезпечення безперервної вогневої підтримки (часом, необхідним для заряджання реактивних систем залпового вогню, завантаження боеукладки самохідних артилерійських гармат (мінометів), машин підвезення боеприпасів, хв;

момент завершення маневру в район вогневих позицій АП переводить його зі стану “маневр АП на вогневу позицію” у стан “зайняття АП вогневої позиції” з інтенсивністю  $\lambda_{23}$ , яку визначають за таким співвідношенням:

$$\lambda_{23} = 1 / t_{23}, \quad (7)$$

де  $t_{23}$  – час потрібний АП на здійснення маневру з району очікування (заряджання) на плановану вогневу позицію, хв;

момент готовності АП до виконання вогневого завдання у ході вогневої підтримки та переведення його зі стану “зайняття АП вогневої позиції” у стан “виконання АП завдань вогневої підтримки” з інтенсивністю  $\lambda_{34}$ , яку визначають за таким співвідношенням:

$$\lambda_{34} = 1 / t_{34}, \quad (8)$$

де  $t_{34}$  – час розгортання АП на вогневій позиції, хв;

момент закінчення виконання вогневого завдання АП та переведення його зі стану “виконання АП завдань вогневої підтримки” у стан “згортання АП на вогневій позиції” з інтенсивністю  $\lambda_{45}$ , яку визначають за таким співвідношенням:

$$\lambda_{45} = 1/t_{45}, \quad (9)$$

де  $t_{45}$  – час виконання вогневого завдання АП під час вогневої підтримки, хв;

момент закінчення згортання АП на вогневій позиції та переведення його зі стану “згортання АП на вогневій позиції” у стан “маневр АП в район очікування (заряджання)” з інтенсивністю  $\lambda_{56}$ , яку визначають за таким співвідношенням:

$$\lambda_{56} = 1/t_{56}, \quad (10)$$

де  $t_{56}$  – час потрібний на згортання АП на вогневій позиції, хв;

момент завершення маневру АП переводить його зі стану “маневр АП в район очікування (заряджання)” у стан “перебування АП в районі очікування (заряджання)” з інтенсивністю  $\lambda_{61}$ , яку визначають за таким співвідношенням:

$$\lambda_{61} = 1/t_{61}, \quad (11)$$

де  $t_{61}$  – час потрібний АП на здійснення маневру з району вогневих позицій у район очікування (заряджання), хв.

Інтенсивність переходу АП у стан перебування під вогневим впливом противника  $\lambda(\lambda_{17}, \lambda_{27}, \lambda_{37}, \lambda_{47}, \lambda_{57}, \lambda_{67})$ , з якою можливий перехід зі станів  $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$  у стан  $S_7$ , визначаємо через відповідні параметри, які обумовлюються часом на викриття АП у відповідному стані, часом на обробку розвідувальних даних, виконанням ним вогневого завдання та імовірністю його виявлення. Інтенсивність переходу АП у стан “перебування під вогневим впливом противника” можна визначити за таким виразом:

$$\lambda = \frac{1}{T_{cf}} P_{tar}^{en},$$

де  $P_{tar}^{en}$  – показник, який характеризує ймовірність викриття АП і корелюється зі станом, у якому він перебуває;  $T_{cf}$  – загальний час, впродовж якого військові формування противника спроможні здійснити контрвогонь щодо ураження артилерійського підрозділу при перебуванні його у стані  $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$ , хв.

Інтенсивність виходу АП зі стану “перебування під вогневим впливом противника”  $\lambda_{76}$ , яка переводить АП зі стану  $S_7$  у стан  $S_6$ , можна визначити за такою залежністю:

$$\lambda_{76} = 1/t_{76}, \quad (12)$$

де  $t_{76}$  – час вогневого впливу на АП у ході ведення бойових дій, хв.

На основі отриманих залежностей (5) та з урахування співвідношень (6)–(12) виконаємо чисельні розрахунки ймовірностей перебування у відзначених дискретних станах АП, для цього прийємо низку умов, вказаних в табл. 1.

Таблиця 1

Комплекс умов та нормативних параметрів ведення бойових дій артилерійським взводом самохідних гармат 2С3 під час вогневої підтримки у ході ведення наступальних дій

| Найменування параметра  | Показник параметра |
|---|--------------------|
| Тривалість перебування АП у районі заряджання, $t_{12}$   | 3,5 хв             |
| Тривалість здійснення маневру АП з району заряджання у район вогневих позицій, $t_{23}$                         | 2,5 хв             |
| Тривалість зайняття АП вогневої позиції, $t_{34}$   | 2 хв 35 с          |
| Тривалість ведення вогневого нальоту під час виконання вогневого завдання АП, $t_{45}$                          | 15 хв              |
| Тривалість залишення АП вогневої позиції, $t_{56}$  | 1 хв 50 с          |
| Тривалість здійснення маневру АП з району вогневих позицій у район заряджання, $t_{61}$                         | 2,5 хв             |
| Тривалість вогневого впливу, $t_{76}$   | 3 хв               |
| Імовірність викриття АП у районі заряджання, $P_{tar}^{en}$   | 0,1                |
| Імовірність викриття АП під час здійснення маневру з району заряджання у район вогневих позицій, $P_{tar}^{en}$ | 0,2                |
| Імовірність викриття АП під час зайняття вогневої позиції, $P_{tar}^{en}$                                       | 0,1                |
| Імовірність викриття АП під час виконання вогневого завдання, $P_{tar}^{en}$                                    | 0,9                |
| Імовірність викриття АП під час залишення вогневої позиції, $P_{tar}^{en}$                                      | 0,1                |
| Імовірність викриття АП під час здійснення маневру з району вогневих позицій у район заряджання, $P_{tar}^{en}$ | 0,1                |

Джерело: розроблено авторами за даними [18, с. 11–25; 19, с. 92–95; 20, с. 27; 21, с. 175–177; 22, с. 256; 23, с. 327–335].

Для проведення дослідження (в умовах наведеного прикладу) прийємо, що параметр загальної тривалості часу, впродовж якого військові формування противника спроможні

здійснити контрвогню по АП під час вогневої підтримки у ході ведення наступальних дій, дорівнює тривалості перебування його у відповідному стані  $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$ .

З урахуванням даних табл. 1, прийнятих умов дослідження та отриманих залежностей (4), (5) визначимо ймовірність перебування артилерійського підрозділу у відповідних станах:

- ймовірність перебування під вогневим впливом противника:  $P_7 = 14,5\%$ ;

- ймовірність перебування у стані маневр з району вогневих позицій до району зосередження:  $P_6 = 13,88\%$ ;

- ймовірність перебування у стані перебування в районі зосередження:  $P_1 = 17,67\%$ ;

- ймовірність перебування у стані маневр до району вогневих позицій:  $P_2 = 10,51\%$ ;

- ймовірність перебування у стані зайняття вогневої позиції:  $P_3 = 9,88\%$ ;

- ймовірність перебування у стані ведення вогню:  $P_4 = 30,2\%$ ;

- ймовірність перебування у стані залишення вогневої позиції:  $P_5 = 3,36\%$ .

Отримані числові значення ймовірностей дозволяють провести оцінювання втрат артилерійських систем за час ведення бою. Математичне сподівання відносної кількості безповоротних втрат  $M_{втрат}$  пропонується визначити як добуток ймовірності перебування у стані виконання завдань вогневої підтримки  $P_4$  та ймовірності ураження  $P_{ур}$ , яка залежатиме від тривалості ведення вогню. Якщо, для прикладу прийняти, що ймовірність ураження від тривалості ведення вогню становить 0,9, тоді математичне очікування відносної кількості безповоротних втрат артилерійських систем самохідного взводу 2С3, який у своєму складі має 3 самохідні гармати, становитиме

$$M_{втрат} = P_4 \times P_{ур} = 0,302 \times 0,9 = 0,2718.$$

Наступний крок – визначення кількості артилерійських систем, які будуть уражені

### Література

1. Репіло Ю. С., Головченко О. В. Невідповідності у поглядах на підготовку та ведення бойових дій артилерійськими підрозділами в контраступальній операції та можливі шляхи їх усунення. *Труди університету*: зб. наук. пр. Київ: НУОУ імені Івана Черняхівського, 2021. Вип. 1 (164). С. 97–105. 2. FM 3-09 Fire Support and Field Artillery Operations. URL: <https://cutt.ly/7zKWF1u>. 3. STANAG 2484 AARTYP-05 Ed B, *NATO Fire Support Doctrine*: 05 November 2015. 4. Reference Guide Joint Fire Support Handbook for planning & co-ordination Ed 3.2. URL: [https://www.academia.edu/36429094/REFERENCE\\_GUIDE\\_JOINT\\_FIRE\\_SUPPORT\\_Handbook\\_for\\_planning\\_and\\_co\\_ordination](https://www.academia.edu/36429094/REFERENCE_GUIDE_JOINT_FIRE_SUPPORT_Handbook_for_planning_and_co_ordination). 5. Головченко О. В. Здобуті уроки

противником за один цикл вогневої підтримки. Шляхом перемноження математичного очікування безповоротних втрат  $M_{втрат}$  на кількість артилерійських систем, які є у бойовому складі АП (за умовами їх кількість 3 одиниці) отримуємо  $3 \times 0,2718 \cong 0,8$  гармати, тобто за один цикл вогневої підтримки при веденні вогню тривалістю 15 хв. передбачається, що безповоротні втрати підрозділу складатимуть 1 гармати, а при трьох циклах з заданими параметрами самохідний артилерійський взвод буде повністю знищений противником.

### Висновки й перспективи подальших досліджень

Сформовано систему лінійних диференціальних рівнянь зі сталими коефіцієнтами, яка формалізує процес ведення бойових дій артилерійськими підрозділами в умовах, що розглядаються, та дозволяє визначити ймовірності перебування їх у конкретних станах залежно від випадкових чинників. Отримано фінальні ймовірності, які можна трактувати, як середній час перебування системи в окресленому стані.

Таким чином, запропонована модель надає такі можливості для проведення подальших досліджень: визначити, при скількох циклах АП втратить свою боєздатність, тобто можливість вести ефективні бойові дії; оцінювання доцільних відстаней між районами очікування (заряджання), що матимуть безпосередній зв'язок з інтенсивністю виконання вогневих завдань, адже в основі вихідних положень при формуванні моделі була покладена ідея постійного маневрування та варіювання тривалістю перебування в районі очікування (заряджання); раціональної організації процесу поповнення бойової укладки артилерійських систем чи підвозу боєприпасів; встановлення оптимальної тривалості забезпечення безперервної вогневої підтримки загальновійськових формувань.

способів забезпечення живучості артилерійських підрозділів у ході антитерористичної операції (операції Об'єднаних сил). *Українське військо: сучасність та історична ретроспектива*: зб. матеріалів I міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 27 лист. 2020 р.). Київ: НУОУ, 2020. С. 27. URL: <https://nuou.org.ua/nauka/conf/mnprk1-uv-2020.html>.

6. Абчук В. А., Матвейчук Ф. А., Томашевський Л. П. Справочник по исследованию операций / под общ. ред. проф. Ю. В. Чуева. Москва: Сов. радио, 1965. 592 с. 7. Боровков А. А. Вероятностные процессы в теории массового обслуживания. Москва: Наука, 1972. 428 с. 8. Вентцель Е. С. Теория вероятностей: учебник для вузов. 3-е изд., испр. Москва: Наука, 1964. – 576 с.

9. Панченко Н. Г., Резуненко М. Є. Елементи дослідження операцій в управлінні процесами перевезень: підручник: у 2 ч. Харків: УкрДУЗТ, 2015. Ч. 2. 314 с. 10. Guzik, Dennis M. A Markov model for measuring artillery fire support effectiveness (Monterey, California : Postgraduate School, 1988). URL: <https://hdl.handle.net/10945/23070> 11. Гогоняц С. Ю., Поліщук С. В. Модель радіолокаційного забезпечення бойових дій угруповання сил і засобів протиповітряної оборони в операціях. Система обробки інформації. Харків : ХНУПС імені Івана Кожедуба, 2016. № 3 (140). С. 126–130. URL: <http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/16464> 12. Гогоняц С. Ю., Поліщук С. В. Обґрунтування інтенсивностей зміни функціональних станів мобільного радіолокаційного комплексу. Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. Харків : ХНУПС імені Івана Кожедуба, 2016. № 3 (24). С. 90–92. URL: <http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/17183>. 13. Грабчак В. І., Супрун В. М., Заскока А. М., Сокіл Б. І. Аналітична модель ураження артилерійської батареї противника з урахуванням своєчасності її виявлення. Військово-технічний збірник. Львів : АСВ імені Петра Сагайдачного, 2013. № 9. С. 73–80. doi.org/10.33577/2312-4458.9.2013.73-80 . 14. Приміренко В. М. Обґрунтування рекомендацій щодо підвищення ефективності бойового застосування військових частин ракетних військ у сучасних операціях : дис. ... канд. військ. наук : 20.01.01. Київ, 2017. 147 с. 15. Адаменко М. В., Заболотний О. А. Математична модель функціонування органів радіолокаційної розвідки РВіА. Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняховського. Київ :
- НУОУ імені Івана Черняховського. 2018. № 1 (62). С. 107–112. doi.org/10.33099/2304-2745/2018-1-62/107-112 . 16. Golovchenko O. Content-analysis of trends of waging warfare by the army of the armed forces of the Russian Federation. Sciences of Europe. 2020. Vol. 2, No. 58. С. 54–61. URL: <https://www.europe-science.com/archive/> 17. Розвідувально-ударні, розвідувально-вогневі комплекси (принципи побудови в умовах реалізації концепції мережецентричних війн, оцінка ефективності бойового застосування) : монографія / [В. М. Тарасов, Р. І. Тимошенко, О. М. Загорка] ; за заг. ред. В. М. Телелима. Київ : НУОУ ім. Івана Черняховського, 2015. 184 с. 18. Збірник нормативів з бойової підготовки для спеціалістів і підрозділів артилерії: затв. наказом Генерального штабу ЗС України від 03.01.2020 № 5. Київ: ГШ ЗС України, 2020. 127 с. 19. Правила стрільби і управління вогнем наземної артилерії (дивізіон, батарея, взвод, гармата): затв. наказом Генерального штабу ЗС України від 05.01.2018 № 6. Київ: ГШ ЗС України, 2018. 268 с. 20. Посібник з вивчення правил стрільби і управління вогнем наземної артилерії (дивізіон, батарея, взвод, гармата): затв. наказом Генерального штабу ЗС України від 03.09.2018 № 532. Київ: КСВ ЗС України, 2018. 278 с. 21. Курс підготовки артилерії Збройних Сил України (бригада, дивізіон, батарея, взвод, гармата) : затв. наказом Генерального штабу ЗС України від 11.03.2020 № 97. Київ: ГШ ЗС України, 2020. 226 с. 22. Правила стрельбы и управления огнем артиллерии. Ч. I. Москва: Воениздат, 2011. 292 с. 23. Пособие по изучению правил стрельбы и управления огнем артиллерии. Ч. I.: Дивизион, батарея, взвод, орудие. Москва: Воениздат, 2011. 354 с.

## МОДЕЛЬ ВЕДЕНИЯ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ АРТИЛЕРИЙСКИМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ ВО ВРЕМЯ ОГНЕВОЙ ПОДДЕРЖКИ В ХОДЕ ВЕДЕНИЯ НАСТУПАТЕЛЬНЫХ ДЕЙСТВИЙ

Юрий Евгеньевич Репило (доктор военных наук, профессор)  
Олег Владимирович Головченко

Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина

Результаты анализа полученных уроков ведения боевых действий артиллерийскими подразделениями в вооруженном конфликте на Востоке Украины свидетельствуют, что в настоящее время актуальными являются вопросы повышения эффективности ведения ими боевых действий и обеспечения их живучести. На основании анализа способов обеспечения живучести артиллерийских подразделений определено, что главными в ходе ведения боевых действий артиллерии были постоянное маневрирование при назначении районов ожидания (заряжания). Также известно, что содержание ведения боевых действий артиллерийскими подразделениями в наступлении составляет непрерывная огневая поддержка общевойсковых формирований.

Таким образом, в теории и практике ведения боевых действий артиллерийскими подразделениями в наступлении возникло противоречие между потребностью увеличения времени пребывания на огневых позициях в зависимости от определенного объема огневых задач для непрерывной огневой поддержки военных формирований с одной стороны и требованием уменьшения этого времени для осуществления необходимого маневра с целью обеспечения живучести артиллерийских подразделений с другой.

Целью статьи является разработка модели ведения боевых действий артиллерийскими подразделениями во время огневой поддержки в ходе ведения наступательных действий с учетом их постоянного маневрирования для обеспечения живучести и пребывания в районе ожидания (заряжания).

В статье изложено описание модели ведения боевых действий артиллерийскими подразделениями при огневой поддержке в наступательных действиях. модель является аналитико-стохастической и описывает вероятностные характеристики ведения боевых действий артиллерийскими



подразделениями при огневой поддержке в ходе ведения наступательных действий с использованием теории случайных процессов со конечным множеством последовательных перманентных изменений их функциональных состояний под влиянием факторов внешней среды и факторов управления в условиях возможного огневого воздействия противника при наличии таких элементов боевого порядка, как районы ожидания (заряжания). предложена модель ведения боевых действий может быть использована для поиска причинно-следственных связей между составляющими подобных процессов и обоснование рекомендаций по обеспечению живучести артиллерийских подразделений при огневой поддержке в наступательных действиях.

**Ключевые слова:** аналитико-стохастические модели, марковские случайные процессы, система дифференциальных уравнений Чепмена - Колмогорова, артиллерийские подразделения, живучесть, огневая поддержка, наступательные действия.

## THE MODEL OF COMBATING BY ARTILLERY UNITS DURING FIRE SUPPORT DURING OFFENSIVE ACTIONS

*Yurii Repilo (Doctor of Military Sciences, Professor)  
Oleg Golovchenko*

*The National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskyi, Kyiv, Ukraine*

*The results of the analysis of the lessons learned from the conduct of hostilities by artillery units in the armed conflict in eastern Ukraine show that the issues of increasing the effectiveness of their conduct of hostilities and ensuring their viability are now relevant. On the basis of an analysis of the methods of ensuring the survivability of artillery units, it was determined that the main of them during the fighting were constant maneuvering when designating waiting areas (charging). It is also known that the conduct of combat operations by artillery units in the offensive constitutes the continuous fire support of the units.*

*Thus, in the theory and practice of combat actions by artillery units, there have being a contradiction in the offensive between the need to increase the time spent in firing positions depending on the level of firepower required to provide continuous fire support to active units on the one hand, and the requirement to reduce that time necessary maneuver to ensure the survivability of the artillery units on the other hand.*

*The purpose of the article is to develop a model of combat actions of artillery units during fire support in offensive actions, taking into account their constant maneuvering to ensure survivability and stay in the charging (waiting) area.*

*The article describes the model of combat operations by artillery units supported by fire in offensive actions. The model is stochastic and analytical and describes the probability of artillery combat offensive actions with fire support during offensive actions using the theory of random processes with a finite set of successive permanent changes in their functional states due to the influence of environmental factors and control factors under the conditions of possible hostile fire, provided such elements are available on the order of as waiting (charging) areas. The proposed combat actions model can be used to find cause-effect relationships between the components of such processes and to substantiate recommendations for ensuring the survivability of artillery units with fire support in offensive actions.*

**Key words:** *analytical-stochastic models, Markov random processes, the system of differential equations of Chapman - Kolmogorov, artillery units, survivability, fire support, offensive actions.*

### References

1. Repilo I. Y. and Golovchenko O. V. (2021). Contradiction in preparation and conduct of combat operations by artillery subunits in counter-offensive operation and possible ways of their elimination. [Nevidpovidnosti u pohljadakh na pidghotovku ta vedennja bojovykh dij artylerijskymy pidrozdilamy v kontrnastupalnij operaciji ta mozhyvi shljakhy jikh usunennja], Proceedings of the University, No. 1 (164), pp. 97-105.
2. FM 3-09 Fire Support and Field Artillery Operations (2020), available at: <https://cutt.ly/7zKWF1u> (accessed 24 April 2021).
3. STANAG 2484 (2015). AARTYP-05 Ed B, NATO Fire Support Doctrine: 05 November 2015.
4. Reference Guide Joint Fire Support Handbook for planning & co-ordination Ed 3.2. (2017), available at: [https://www.academia.edu/36429094/REFERENCE\\_GUIDE\\_JOINT\\_FIRE\\_SUPPORT\\_Handbook\\_for\\_planning\\_and\\_co\\_ordination](https://www.academia.edu/36429094/REFERENCE_GUIDE_JOINT_FIRE_SUPPORT_Handbook_for_planning_and_co_ordination) (accessed 24 April 2021).
5. Golovchenko O. V. (2020). Lessons learned on how to ensure the survivability of artillery units during the anti-terrorist operation (Joint Forces operation). [Zdobuti uroky sposobiv zabezpechennja zhyvuchosti artylerijskykh pidrozdiliv u khodi antyterorystychnoji operaciji (operaciji Ob'jednanykh syl)], Ukrainian army: modernity and historical retrospective. Proceedings of the I International Scientific and Practical Conference, Kyiv, November 27, 2020, pp. 27, available at: <https://nuou.org.ua/nauka/confi/mnpk1-uv-2020.html> (accessed 24 April 2021).
6. Abchuk V. A., Matveychuk F. A., Tomashevskiy L. P. (1965). Operations Research Handbook. (Textbook) [Spravochnik po issledovaniyu operatsiy], Moscow. 592 p.
7. Borovkov A. A. (1972). Probabilistic processes in queuing theory,

- (Textbook) [*Veroyatnostnyie protsessyi v teorii massovogo obsluzhivaniya*], Moscow. 428 p. **8. Venttsel E. S.** (1964). Probability theory (Textbook) [*Teoriya veroyatnostey*], Moscow. 576 p. **9. Panchenko N. G.** and Rezenenko M. J. (2015). Elements of operations research in transportation process management. (Textbook) [*Elementy doslidzhennja operacij v upravlinni procesamy perevezennj*], Kharkiv. 314 p. **10. Guzik, Dennis M. A.** (1988). Markov model for measuring artillery fire support effectiveness. available at: <https://hdl.handle.net/10945/23070> (accessed 24 April 2021). **11. Gogoniants S. J.** and Polishchuk S. V. (2016). The model of radiolocal combat supporting group of air defence forces and means in operations. [*Modelj radiolokacijnogho zabezpechennja bojovykh dij ughrupovannja syl i zasobiv protypovitrjanoji oborony v operacijakh*], Information Processing Systems, No. 3 (140), pp. 126-130, available at: <http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/16464> (accessed 24 April 2021). **12. Gogoniants S. J.** and Polishchuk S. V. (2016). Justification of intensity of changes of functional conditions or mobile radar complex. [*Obgruntuvannja intensyvnojei zminy funkcionalnykh staniv mobiljnogho radiolokacijnogho kompleksu*], Science and Technology of the Air Force of Ukraine, No. 3 (24), pp. 90-92, available at: <http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/17183> **13. Hrabchak V. I.,** Suprun V. M., Zaskoka A. M., Sokil B. I. (2013). Analytical model of enemy's artillery battery engagement with account for timeliness of its detection. [*Analitychna modelj urazhennja artylerijskoji batareji protyvnyka z urakhuvannjam svojechasnosti jji vyjavlennja*], Military Technical Collection, No. 9, pp. 73-80, [doi.org/10.33577/2312-4458.9.2013.73-80](https://doi.org/10.33577/2312-4458.9.2013.73-80) . **14. Primirenko V. M.** (2017). Substantiation of recommendations for improving the effectiveness of combat use of missile troops in modern operations. [*Obgruntuvannja rekomendacij shhodo pidvyshhennja efektyvnosti bojovogho zastosuvannja vijsjkovykh chastyn raketnykh vijsjk u suchasnykh operacijakh: dis. cand. viysk. nauk*]. Kyiv, p.147. **15. Adamenko M. V.** and Zabolotny O. A. (2018). Mathematical model of the operation of radar reconnaissance bodies in conditions of combat operations. [*Matematychna modelj funkcionuvannja orghaniv radiolokacijnoji rozvidky RViA*], Collection of scientific papers of the Center for Military and Strategic Studies of the National Defence University, No. 1 (62), pp. 107-112, [doi.org/10.33099/2304-2745/2018-1-62/107-112](https://doi.org/10.33099/2304-2745/2018-1-62/107-112) . **16. Golovchenko O. V.** (2020). Content-analysis of trends of waging warfare by the army of the armed forces of the Russian Federation". Sciences of Europe. 2020. Vol. 2, No. 58. pp. 54–61, available at: <https://www.europe-science.com/archive/> **17. Tarasov V. M.,** Tymoshenko R. I., Zaghorka O. M. (2015). Reconnaissance and strike, reconnaissance and fire complexes (principles of construction in the implementation of the concept of network-centric wars, assessment of the effectiveness of combat use). (Textbook) [*Rozvidualjno-udarni, rozvidualjno-voghnevi komplekxy (pryncypy pobudovy v umovakh realizaciji koncepciji merezhcentrychnykh vijn, ocinka efektyvnosti bojovogho zastosuvannja)*], Kyiv. NUOU, 2015. p.184. **18.** Collection of standards for combat training for specialists and artillery units (2020). [*Zbirnyk normatyviv z bojovoji pidghotovky dlja specialistiv i pidrozdiliv artyleriji*]. Kyiv, p.127. **19.** Rules of firing and fire control of ground artillery (division, battery, platoon, gun) (2018). [*Pravyla striljby i upravlinnja voghnem nazemnoji artyleriji (dyvizion, batareja, vzvod, gharmata)*]. Kyiv, p.268. **20.** Guide to the study of the rules of firing and fire control of ground artillery (division, battery, platoon, gun) (2018). [*Posibnyk z vyvchennja pravyl striljby i upravlinnja voghnem nazemnoji artyleriji (dyvizion, batareja, vzvod, gharmata)*]. Kyiv, p.278. **21.** Artillery training course of the Armed Forces of Ukraine (brigade, division, battery, platoon, gun) (2020). [*Kurs pidghotovky artyleriji Zbrojnykh Syl Ukrainy (bryghada, dyvizion, batareja, vzvod, gharmata)*]. Kyiv, p.226. **22.** Rules of firing and control of artillery fire. (2011). [*Pravyla striljby i upravlinnja voghnem artyleriji*]. Moscow. 292 p. **23.** A guide to learning the rules of firing and controlling artillery fire (2011). [*Posibnyk z vyvchennja pravyl striljby i upravlinnja voghnem artyleriji*]. Moscow. 354 p.