

УДК 35.071

А. А. Коваль

МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСОБІВ ВОГНЕВОЇ ПІДТРИМКИ СПЕЦІАЛЬНИХ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ БАТАЛЬЙОНУ ВНУТРІШНІХ ВІЙСЬК

Запропоновано вдосконалити, більш адекватну, ніж відомі моделі, стохастичну модель динаміки зміни математичного сподівання відносної кількості уражених бойових одиниць противника у дуельній вогневій протидії. Метою розроблення цієї моделі є визначення математичного сподівання відносної кількості уражених бойових одиниць противника. Відмінність такої моделі від відомих моделей полягає у тому, що вона враховує також зміну інтенсивності впливу сторін у процесі бою, технічну готовність засобів до бою, своєчасність відкриття вогню тощо. Практичне значення моделі полягає у наданні командирів дієвого інструменту, за допомогою якого він зможе коригувати прийняті рішення, оцінюючи ефективність засобів вогневої підтримки.

Ключові слова: модель, засоби вогневої підтримки, спеціальні військові дії.

Постановка проблеми. Значення досліджень наукових та практичних проблем для воєнної організації держави полягає в удосконаленні методів і засобів організації управління військами (силами), виявленні за допомогою математичних методів раціональних рішень щодо їх розвитку і застосування з метою підвищення оперативності, боєготовності й ефективності застосування підрозділів Збройних Сил України, сил охорони правопорядку та інших військових формувань.

Відповідно до Концепції розвитку та розбудови внутрішніх військ МВС України [1] та Плану розвитку внутрішніх військ МВС України на 2013–2017 рр. будуть продовжені дослідження розвитку форм та способів ведення спеціальних бойових дій, які потребують сучасних підходів до їх підготовки і проведення. Зокрема, це дослідження проблем оцінювання ефективності засобів вогневої підтримки (ЗВП) військових частин (підрозділів) спеціального й оперативного призначення, які в першу чергу братимуть участь у спеціальних військових діях з блокування і знищення незаконних збройних формувань.

Необхідність досліджень зазначеного напрямку викликана тим, що серед актуальних наукових завдань для внутрішніх військ (ВВ) залишається визначення вогневих можливостей штатних (приданих, тимчасових) формувань та потрібної кількості сил ВВ для виконання типових завдань.

В умовах розвитку ВВ набувають актуальності методи оцінювання ефективності застосування ЗВП, які надаються окремим підрозділам і матимуть суттєвий вплив на результат бойового застосування. З іншого боку, математичні методи моделювання у поєднанні із

багатосторонніми можливостями електронно-обчислювальної техніки дозволяють прискорити процес обґрунтування прийняття рішення і досягнути його відповідності обстановці, що склалася. Наукова проблема полягає в адекватному вираженні ефекту вогневого ураження противника засобами вогневої підтримки батальйону ВВ для одержання правильної оцінки можливостей під час виконання службово-бойових завдань в ешелоні ізоляції та у пошуково-ударному ешелоні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сторінках наукового журналу “Честь і закон”, а також в опублікованих доповідях та тезах наукових конференцій, які проводились у вищих військових навчальних закладах і науково-дослідних установах сектора оборони та безпеки держави, чимало уваги приділялося питанням оцінювання ефективності застосування вогневих засобів.

Відомі методи оцінювання бойової ефективності ЗВП, наприклад, такі, що враховують щільність розривів (кількість розривів, яка припадає на одиницю площі, що обстрілюється), площу зони ураження одним розривом [2; 4; 5; 7], у конкретній ситуації, що розглядається, не дають очікуваного результату.

У разі рівномірного розподілу місць падіння снарядів на ділянці, що обстрілюється, ймовірність ураження будь-якої цілі на ній, а відповідно й математичне сподівання (МС) відносної кількості уражених цілей дорівнюють середній імовірності ураження цілей і залежать

від просторової щільності вибухів $\frac{N}{S}$ та від

площі зони ураження S_n у вигляді $S_n = 4\pi E_x E_y$, де E – серединні відхилення кожного розриву у відповідних координатних площинах. Величина МС відносної кількості уражених цілей, як відомо з [4], дорівнює

$$M = 1 - \exp\left(-N \frac{S_n}{S}\right). \quad (1)$$

Зрозуміло, що такий показник, який не враховує інтенсивність залежного від часу впливу на противника, а також вплив противника у відповідь, є дуже спрощеним і в цілому неприйнятним.

Показник бойової ефективності ЗВП, який можливо отримати для дуельного бою як результат рішення системи рівнянь Ланчестера – Осіпова [2], що враховують інтенсивність втрат сторін залежно від кількості N_1 , N_2 бойових одиниць сторін на початок бою й інтенсивностей їх ударів β_1 , β_2 , являє собою відносну кількість уражених цілей противника у вигляді функції часу

$$M(t) = 1 - \left[ch\sqrt{\beta_1\beta_2}t - \sqrt{\frac{\beta_1}{\beta_2}} \cdot \frac{N_1}{N_2} sh\sqrt{\beta_1\beta_2}t \right]. \quad (2)$$

Аналізуючи вираз (2), можна переконатись у його невисокій об'єктивності, очевидно, через неадекватність моделі Ланчестера – Осіпова реальній ситуації безкомпромісного бойового протиборства. Дійсно, у разі суттєвого перевищення кількості бойових одиниць ЗВП батальйону над кількістю ЗВП противника (у кілька разів), при одночасному значному зниженні інтенсивності ударів по противнику відносна кількість уражених цілей противника у будь-який момент часу бою не відрізнятиметься від величини, яку було отримано за формулою (2) до вказаної зміни співвідношення інтенсивностей впливу сторін. Навряд чи такий результат моделювання можливо вважати прийнятним.

Оцінювання втрат підрозділів у бою, у тому числі їх ЗВП, розглядалось у [3; 6].

Підсумовуючи викладене вище, можливо дійти висновків, що методика оцінювання бойової ефективності ЗВП потребує подальшого вдосконалювання.

Метою статті є розроблення стохастичної моделі оцінювання ефективності засобів

вогневої підтримки спеціальних військових дій батальйону внутрішніх військ у дуельному бою.

Виклад основного матеріалу. Для досягнення поставленої мети у статті вирішувалися такі окремі задачі:

- визначення коефіцієнта технічної готовності бойових одиниць ЗВП батальйону;
- визначення ймовірності своєчасного відкриття вогню ЗВП батальйону, яка залежить від затримки τ у своєчасному відкритті вогню;
- визначення показника збереження боєздатності ЗВП;
- визначення усередненої умовної ймовірності ураження бойових одиниць противника, яка залежить від різниці інтенсивностей впливу сторін та від нерівномірності впливу сторін у часі.

Під час вирішення зазначених вище задач використовувався підхід, який викладений у [4; 5], а також методи теорії ймовірностей.

У загальному вигляді модель зміни у часі (протягом бою) відносної кількості уражених бойових одиниць противника доцільно подати як добуток показників

$$M(t) = K_2 \cdot K_0(\tau) \cdot K_\delta(t) \cdot K(t), \quad (3)$$

де K_2 – коефіцієнт технічної готовності бойових одиниць ЗВП батальйону; $K_0(\tau)$ – ймовірність (показник) своєчасного відкриття вогню ЗВП батальйону, яка залежить від затримки τ у своєчасному відкритті вогню; $K_\delta(t)$ – показник збереження боєздатності ЗВП; $K(t)$ – усереднена умовна ймовірність ураження бойових одиниць противника, яка залежить від різниці інтенсивностей впливу сторін та від нерівномірності впливу сторін у часі.

Розглянемо докладніше складові рівняння (3). Коефіцієнт технічної готовності K_2 залежить від середнього часу T_0 напрацювання на відмову ЗВП та середнього часу відновлення T_δ цих засобів у разі відмови їх з причини обмеженої експлуатаційної надійності або через ушкодження слабкого ступеня. Цей показник дорівнює:

$$K_2 = \frac{T_0}{T_0 + T_\delta}. \quad (4)$$

Ймовірність своєчасного відкриття вогню наблизиться до нуля у разі збільшення затримки у своєчасному відкритті вогню τ :

$$K_0(\tau) = 1 - \left(\frac{\tau}{\tau + t}\right)^2, \quad (5)$$

де t – тривалість часу дуельної протидії.

Ймовірність ураження батальйонних ЗВП $K_\delta(\tau)$ у ході бою за час t в умовах дуельної бойової протидії при прирівняних бойових потенціалах сторін, подібно до виразу (2), характеризується залежністю

$$K_\delta(\tau) = \operatorname{ch}\sqrt{\alpha_1\alpha_2}t - \sqrt{\frac{\alpha_2}{\alpha_1}}\operatorname{sh}\sqrt{\alpha_1\alpha_2}t, \quad (6)$$

де α_i – інтенсивність вогневого впливу однієї сторони на другу, $i=1,2$; вона відображує кількість впливів за одиницю часу.

Умовну ймовірність $K(t)$ слід визначити за допомогою стохастичної (додаткової) моделі з урахуванням обмежень та вимог, згаданих раніше.

Під час побудови часткової моделі для визначення функції $K(t)$ будемо вважати, що зміна величини K у часі відбувається реально під впливом двох груп факторів, спрямованих протилежно. Деякі з них сприяють збільшенню K , тобто зростанню ймовірності K , інші, що пов'язані із цільовими установками противника, сприяють зростанню ймовірності протилежної події, тобто зростанню ймовірності $(1-K)$.

Зауважимо, що в умовах, які розглядаються, події досягнення цілей протидіючих сторін є несумісними, і сума ймовірностей досягнення протилежних цілей завжди дорівнюватиме одиниці, а швидкість зміни функції $K(t)$ залежатиме від добутку ймовірностей:

$$\frac{dK(t)}{d(t)} \sim K(1-K). \quad (7)$$

Урахуємо далі, що основним фактором впливу на динаміку зміни $K(t)$ є різниця інтенсивностей впливу $(\alpha_1 - \alpha_2)$ сторін, тобто маємо залежність

$$\frac{dK(t)}{dt} \sim (\alpha_1 - \alpha_2)K(1-K). \quad (8)$$

Відобразимо також ситуацію, яка полягає в

тому, що різниця інтенсивностей впливу сторін $(\alpha_1 - \alpha_2)$ може бути незмінною (постійною) у ході боєз'явки, як показано у виразі (8), але може у часі зростати або спадати. Для цього помножимо величину $(\alpha_1 - \alpha_2)$ на відносну величину $\frac{t^n}{T^n}$ для $n = 0; 1; -1$; назвемо n

показником інтенсифікації впливів у часі, де T – загальна тривалість бою.

Надалі отримуємо диференціальне рівняння, яке більш адекватно описує процес зміни у часі ймовірності ураження засобів противника у ході дуельної бойової протидії у вигляді

$$\frac{dK}{dt} = (\alpha_1 - \alpha_2) \frac{t^n}{T^n} \cdot K(1-K). \quad (9)$$

Розв'язання рівняння (9) для початкових умов, наприклад, $K(t=t_0) = 0,5$, має вигляд ймовірнісної підмоделі

$$K(t) = \left\{ 1 + \exp \left[-\frac{\alpha_1 - \alpha_2}{(n+1)T^n} (t^{n+1} - t_0^{n+1}) \right] \right\}^{-1}, \quad (10)$$

де α_i – інтенсивність впливу, тобто відносна кількість впливів i -ї сторони за одиницю часу; t_0 – момент часу, при якому протилежні події результату бою мають однакову ймовірність.

Графіки цієї функції для $\alpha_1 > \alpha_2$ і різних значень параметра асиметричності впливів n , оброблені у середовищі Maple13, подані нижче.

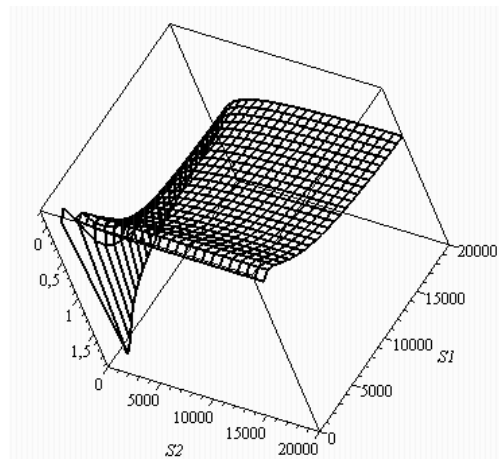


Рис. 1. Динаміка зміни ймовірності ураження противника при величині показника інтенсифікації впливів у часі $n = 0$

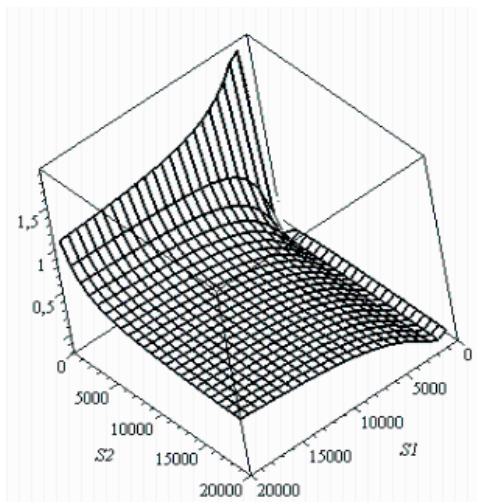


Рис. 2. Динаміка зміни ймовірності ураження противника при величині показника інтенсифікації впливів у часі $n = -1$

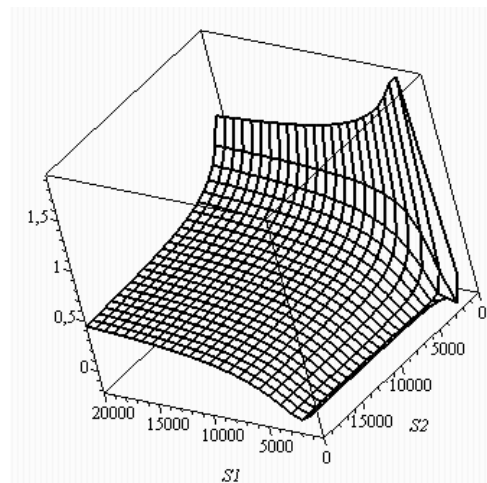


Рис. 3. Динаміка зміни ймовірності ураження противника при величині показника інтенсифікації впливів у часі $n = +1$

Підставляючи коефіцієнти виразів (4), (5), (6) і (10) до формули (3), у результаті отримаємо узагальнену ймовірнісну оцінку залежності від часу бою МС відносної кількості бойових одиниць противника, уражених ЗВП батальйону, у вигляді

$$M(t) = \left(1 + \frac{T_B}{T_0}\right)^{-1} \left[1 - \frac{\tau^2}{(\tau + t)^2}\right] \times \left[\operatorname{ch} \sqrt{\alpha_1 \alpha_2} t - \sqrt{\frac{\alpha_2}{\alpha_1}} \operatorname{sh} \sqrt{\alpha_1 \alpha_2} t \right] \times \left\{ 1 + \exp \left[-\frac{\alpha_1 - \alpha_2}{(n+1)T^n} (t^{n+1} - t_0^{n+1}) \right] \right\}^{-1} \quad (11)$$

Інтенсивність α_i вогневого впливу i -ї сторони доцільно виразити у вигляді добутку щільності розривів (кількості випущених по противнику боєприпасів) за одиницю часу F_0 на відношення середньої площі зони ураження одного розриву до площі S простору, який займає противник:

$$\alpha_1 = F_{01} \cdot \frac{S_{n1}}{S_2}; \quad \alpha_2 = F_{02} \cdot \frac{S_{n2}}{S_1} \quad (12)$$

Тоді ймовірнісна модель для узагальненої оцінки бойової ефективності ЗВП батальйону набирає такого вигляду:

$$M(t) = \left(1 + \frac{T}{T_0}\right)^{-1} \left[1 - \frac{\tau^2}{(\tau + t)^2}\right] \times \left[\operatorname{ch} \sqrt{\left(F_{01} \frac{S_{n1}}{S_2}\right) \cdot \left(F_{02} \frac{S_{n2}}{S_1}\right) t} - \sqrt{\left(\frac{F_{02} S_{n2} S_2}{F_{01} S_{n1} S_1}\right) \operatorname{sh} \sqrt{\left(\frac{F_{01} S_{n1} F_{02} S_{n2}}{S_1 S_2}\right) t}} \right] \times \left\{ 1 + \exp \left[-\frac{F_{01} \frac{S_{n1}}{S_2} - F_{02} \frac{S_{n2}}{S_1}}{(n+1)T^n} (t^{n+1} - t_0^{n+1}) \right] \right\}^{-1} \quad (13)$$

Наведемо приклади аналітичного оцінювання бойової ефективності гіпотетичних ЗВП, які різняться значеннями параметрів асиметричності процесу впливу у часі сторін протягом бою, тобто приклади для випадків $n = -1$; $n = 0$; $n = 1$. Інші вихідні дані будемо залишати незмінними у всіх трьох прикладах.

Припустимо, що маємо вихідні дані:

$$T = t = 1,5; \quad \frac{T}{T_0} = 0,05; \quad F_{01} = 1 \cdot 10^4 \cdot \text{ч}^{-1};$$

$$F_{02} = 10^4 \cdot \text{ч}^{-1}; \quad S_1 = S_2 = 2,0 \cdot 10^4 \text{ м}^2;$$

$$S_{n1} = 2,5 S_{n2} = 2,5 \cdot 10^4 \text{ м}^2; \quad t_0 = 0,5 \text{ г.}$$

Приклад 1: $n = -1$, інтенсивність протидії на початку бою найбільша.

У цьому випадку модель (13) у результаті граничного переходу, який здійснюється, наприклад, за правилом Лопітала, відповідно границі

$$\lim_{n \rightarrow -1} \frac{t^{n+1} - t_0^{n+1}}{(n+1)T^n} = T \ln \frac{t}{t_0} \quad (14)$$

зміняться з урахуванням виразів (6) та (12) і матиме вигляд

$$M(t) = \left(1 + \frac{T_e}{T_0}\right)^{-1} \left(1 - \frac{\tau^2}{(\tau + t)^2}\right) \times \left\{ \left[1 + \left(\frac{t}{t_0}\right)^{-\left(F_{01} \frac{S_{n1}}{S_2} - F_{02} \frac{S_{n2}}{S_1}\right)T} \right]^{-1} \right\} \quad (15)$$

Цей вираз являє собою модифіковану функцію Баттерворта з асиметрією, яка відбиває більшу інтенсивність протидії сторін на початковому етапі бою.

Ураховуючи вихідні дані відповідно до (14), отримуємо оціночне значення МС відносної кількості уражених бойових одиниць противника, яке дорівнює:

$$n = -1 \Rightarrow M(t=1,5) \cong 0,64.$$

Приклад 2: $n = 0$, різниця інтенсивностей впливу однієї сторони на іншу протягом бою залишилася на одному рівні.

При $n = 0$ маємо залежність

$$M(t) = \left(1 + \frac{T_e}{T_0}\right)^{-1} \left(1 - \frac{\tau^2}{(\tau + t)^2}\right) \times \left[\operatorname{ch} \sqrt{\alpha_1 \alpha_2} t - \sqrt{\frac{\alpha_2}{\alpha_1}} \operatorname{sh} \sqrt{\alpha_1 \alpha_2} t \right] \times \left\{ 1 + \exp \left[- \left(F_{01} \frac{S_{n1}}{S_2} - F_{02} \frac{S_{n2}}{S_1} \right) (t - t_0) \right] \right\}^{-1} \quad (16)$$

З урахуванням вихідних даних знаходимо:

$$n = 0 \Rightarrow M(t=1) = 0,56.$$

Приклад 3: $n = 1$, різниця інтенсивностей впливу сторін зростала на кінець бою.

Відповідно до виразу (13) знаходимо динаміку зміни МС кількості бойових одиниць противника, уражених ЗВП батальйону, у вигляді

$$M(t) = \left(1 + \frac{T_e}{T_0}\right)^{-1} \times \left[1 - \frac{\tau^2}{(\tau + t)^2} \right] \left[\operatorname{ch} \sqrt{\frac{F_{01} F_{02} S_{n1} S_{n2}}{S_1 S_2}} t - \sqrt{\frac{F_{02} S_{n2} S_2}{F_{01} S_{n1} S_1}} \operatorname{sh} \sqrt{\frac{F_{01} F_{02} S_{n1} S_{n2}}{S_1 S_2}} t \right] \times \left\{ 1 + \exp \left[- \frac{\frac{F_{01} S_{n1}}{S_2} - \frac{F_{02} S_{n2}}{S_1}}{2T} (t^2 - t_0^2) \right] \right\}^{-1} \quad (17)$$

Підставивши до (17) вихідні дані, знаходимо значення МС на кінець бою:

$$n = 1 \Rightarrow M(1,5) = 0,51.$$

Висновки

1. В умовах бою, які відповідають наведеним вихідним даним, коли перевага ЗВП батальйону виражається лише у перевищенні площі ураження їх боеприпасами над площею ураження боеприпасами противника всього у 2,5 рази, а в останньому змін практично немає, у цих умовах МС відносної кількості уражених бойових одиниць противника незначно відрізняється від рівня 0,5, що, очевидно, об'єктивно відповідає дійсності.

2. Результат бою залежить від ступеня реалізації максимальної інтенсивності впливу на противника під час початкового етапу бойової протидії.

3. Стохастична модель оцінювання ефективності ЗВП спеціальних бойових дій батальйону, яка запропонована, може бути використана під час дослідження процесу розвитку боезіткнення у часі в імітаційній моделі, коли вихідні параметри (або їх частина) мають випадкові значення, що розподілені за тим або іншим законом із відомими параметрами.

Список використаних джерел

1. Концепція розбудови внутрішніх військ МВС України на період до 2015 року [Електронний ресурс] : наказ МВС України від 29.11.2006 р. № 1167. – Режим доступу : <http://www.vv.gov.ua>

2. Стрельба и управление огнем наземной артиллерии / В. В. Куренков, В. И. Юнкеров, А. А. Бедрин, П. С. Часовский ; под ред. А. С. Круковского. – М. : Воениздат, 1976. – 542 с.

3. Обрядін, В. В. Математична модель оцінювання втрат у бою з урахуванням чинників організації систем розвідки та управління, зразків озброєння, впливу факторів несподіваності та введення резервів [Текст] / В. В. Обрядін, В. В. Антоненко, В. В. Овчаренко // Честь і закон. – 2012. – № 4. – С. 17–26.

4. Вентцель, Е. С. Исследование операций [Текст] / Е. С. Вентцель. – М. : Сов. радио, 1972. – 430 с.

5. Краснощеков, П. С. Математические модели в исследовании операций [Текст] / П. С. Краснощеков. – М. : Знание, 1984. – 62 с.

6. Клименко, В. М. Розробка імітаційно-навчальної моделі бою механізованого батальйону в обороні [Текст] / В. М. Клименко, В. М. Оленів // Науково-технічний збірник Одеського інституту Сухопутних військ. – Одеса, 1996. – № 3. – 108 с.

7. Чудаков, Ю. В. Основы оценки эффективности огневого поражения противника силами и средствами РВ и А Сухопутных войск [Текст] / Ю. В. Чудаков. – Л. : ВАА, 1990. – 64 с.

Стаття надійшла до редакції 18.12.2013 р.

Рецензент – доктор військових наук, професор І. О. Кириченко, Академія внутрішніх військ МВС України, Харків, Україна