

характеристики взривного действия на окружающую среду (почву), взаимодействие последнего с элементом ограждающей конструкции; физико-механические свойства материала элемента ограждающей конструкции и представляет собой краевую задачу для нелинейного дифференциального уравнения гиперболического типа. Получены аналитические зависимости, описывающие законы изменения параметров динамики элемента ограждающей конструкции. Они служат базой для оценки ее прочностных характеристик и выбора основных параметров элементов ограждающих конструкций, которые надежно защищали объекты от взрывного действия. Предложено изменение конструкции взаимодействия защитного элемента и внешней среды. Показано, что в отличие от элементов защитных конструкций, упругие характеристики которых удовлетворяют линейному закону упругости для рассматриваемого случая, собственная частота их колебаний зависит от амплитуды; динамическое перемещение точек защитного элемента (для постоянных характеристик взрыва и почвы) меньше для случаев материалов с меньшим значением параметра и большим значением модуля упругости. С целью уменьшения динамического воздействия взрыва на элементы ограждающей конструкции целесообразно ее плоскости опоры делать наклонными к горизонту. Путем использования последнего можно уменьшить амплитуду колебаний защитного элемента, следовательно максимальные динамические нагрузки, обусловленные влиянием внешнего взрывного действия. Основные результаты работы могут быть обобщены и на случай непосредственного действия взрыва на защитную конструкцию, а их достоверность подтверждается получением в предельном случае известных в научных источниках результатов, касающихся линейно-упругих характеристик элементов защитных сооружений.

Ключевые слова: инженерное сооружение, защитная способность, взрывное действие, продольные колебания.

УДК 331.451:620.267:674

DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.22.2020.37-43>

Р.В. Зінько¹, П.І. Казан², Ю.М. Черевко², О.С. Білик¹

¹Національний університет “Львівська політехніка”, Львів

²Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЙ МОБІЛЬНИХ БОЙОВИХ РОБОТІВ МЕТОДАМИ ТЕОРІЇ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

У статті доведено, що на сучасному етапі розвитку вітчизняної військової науки моделювання бойових дій є важливим інструментом для прогнозування можливих результатів бойового зіткнення з подальшим виробленням рекомендацій щодо його планування та ведення. Визначено, що інші математичні методи дають широкі можливості вирішення часткових завдань під час реалізації принципів військового мистецтва. За допомогою різних математичних методів та електронної обчислювальної техніки є можливість виробляти кількісні рекомендації для прийняття рішень у різних бойових ситуаціях.

Розглянута можливість застосування методик систем масового обслуговування для моделювання бойових дій мобільних бойових роботів. Застосування таких методик дозволило отримати аналітичний опис фінальних ймовірностей для неповно доступної системи масового обслуговування та розширити можливості врахування умов виконання бойових завдань військових підрозділів, які оснащені мобільними бойовими роботами. З цією метою приведена та розглянута модель, що описує бій, коли стрільба ведеться по спостережуваних цілях і, у разі ураження цілі, вогонь миттєво переноситься на неуразжені. Ця модель проілюстрована функціональною схемою, яка наочно показує роботу по цілях п'яти однотипних мобільних бойових роботів. При цьому виявлення цілей здійснюється за показниковим законом з функцією розподілу часу обслуговування цілі та середній інтенсивності їх виявлення й знищення.

Визначені характеристики ефективності роботи системи масового обслуговування у стаціонарному (усталеному) режимі, тобто при необмежено зростаючому часі її роботи. Також уведено два коефіцієнти, які характеризуватимуть відношення між тривалістю фази нанесення удару та часом всього процесу обслуговування цілі. На основі проведених досліджень для прикладу були проведені відповідні розрахунки та окреслені межі можливого застосування групи мобільних бойових роботів, яка складається з п'яти одиниць, для військового підрозділу. Визначена завантаженість кожної машини і, відповідно, ефективність підрозділу в цілому, надані рекомендації щодо їх кількісного складу.

Ключові слова: ефективність застосування, мобільний бойовий робот, моделювання бойових дій, теорія масового обслуговування.

Постановка проблеми

З появою нових технологій (засоби радіоелектронної боротьби, безпілотні авіаційні комплекси, військові роботи, зброя направленої енергії та ін.) у військовій справі все більш актуальною постає проблема їх ефективного застосування. Відсутні або недосконалі методики, впровадження нового озброєння. Визначення можливих напрямів підвищення ефективності і прогнозування бойового зіткнення можна досягнути використанням експертних й інтелектуальних систем, баз даних і знань, математичним і комп'ютерним моделюванням [1, 2].

Моделювання бойових дій – важливий інструмент для військових при прогнозуванні можливих результатів бойових дій, а отже, і для вироблення рекомендацій щодо їх планування та ведення [2, 5-10].

Якщо моделювання бойових дій – це універсальний метод, то інші математичні методи, що входять до загального математичного арсеналу, дають широкі можливості вирішення часткових завдань під час реалізації принципів військового мистецтва. За допомогою різних математичних методів і електронної обчислювальної техніки є можливість виробляти кількісні рекомендації для прийняття рішень в різних бойових ситуаціях.

На сучасному етапі свого розвитку Сухопутні війська Збройних Сил України потребують оснащення наземними роботизованими комплексами у ближчій перспективі [3]. Розпочато розробку форм і способів їх застосування у бойових діях та спеціальних операціях, різних тактичних прийомів [4].

Мета статті – застосування методик систем масового обслуговування (СМО) для моделювання бойових дій мобільних бойових роботів (МБР).

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Інформаційне моделювання бойових дій сьогодні є новітнім інструментом, що використовується в бойовій підготовці більшості передових армій світу [5, 6] і належить до пріоритетних заходів НАТО у ході реалізації нової концепції Smart Defense [7].

Штабні математичні моделі Ешелон-Інф реалізують аналітико-стохастичну й детерміновану імітаційно-стохастичну моделі системи протиповітряної оборони (ППО) на оперативно-стратегічному напрямку, які призначені для автоматизації розрахунків просторово-часових параметрів зон дій засобів ППО при ухваленні рішення на протиповітряну оборону й для прогнозу динаміки розвитку бойових дій при відбитті ударів засобів повітряного нападу відповідно до конкретних реалізацій замислу дій сторін [8].

Застосування теореми і методу аналізу груп станів марковських процесів з безперервним часом і

дискретними станами дозволило отримати аналітичний опис фінальних ймовірностей для неповно доступної системи масового обслуговування та розширити можливості врахування умов виконання бойових завдань підрозділами Національної гвардії України [9].

Математичні і логіко-лінгвістичні моделі – це найрізноманітніші логіко-лінгвістичні абстрактні структури, які можуть бути задіяні для різних розділів військових наук і теорій, у тому числі і для ряду розділів військової науки і теорії управління військами [2].

Характер і завдання дослідження визначають тип моделі. Наприклад, найбільш загальні розв'язки питань дослідження військових систем можна одержати на основі відповідної ймовірнісної диференціальної ігрової моделі, хоча дослідження окремих питань може бути здійснене із застосуванням інших типів моделей. Так, питання оцінки впливу експлуатаційних параметрів на бойову готовність краще оцінюється за допомогою МСО, значна кількість питань матеріально-технічного забезпечення добре вирішується на мережевих і ентропійних моделях [10].

Методи дослідження операцій не являють собою єдиного універсального апарату. Дослідження операцій – набір різних математичних методів, об'єднаних спільним завданням обґрунтування найкращих рішень. Кожен з цих методів має свою область застосування. Їх поділяють на чотири основні групи: аналітичні, статистичні, математичного програмування та теоретико-ігрові [11].

Виклад основного матеріалу

Застосуємо теорії масового обслуговування (ТМО) для військового підрозділу, який має такі бойові засоби, як МБР. ТМО дозволить змоделювати процес виконання основного завдання військового підрозділу на основі вивчення потоків вимог на виконання завдання, що надходять у військовий підрозділ і виходять з нього, тривалості очікування і довжини вимог (впорядкування їх у чергу) [12].

Вважатимемо одиниці військового озброєння складними макросистемами і визначатимемо їх ефективність за допомогою теорії масового обслуговування, що базується на теорії марковських процесів [13].

Розглянемо модель (рис. 1), що описує бій, коли стрільба ведеться по спостережуваних цілях і, у разі ураження цілі, вогонь миттєво переноситься на неуразжені. Нехай угруповання має такі бойові засоби, як мобільні бойові роботи (МБР). Підрозділ МБР будемо вважати СМО з відмовами в обслуговуванні, яка виконує заявки щодо знищення цілей. За ознаками таку СМО можна віднести до класу СМО з чергою (цілей більше, ніж МБР у підрозділі, цілі на полі бою не

знищують, а чекають своєї черги на знищення). Ціль обслуговується МБР, який щойно звільнився. Час очікування обслуговування цілі є обмеженим, а обслуговування цілі не є пріоритетним, тобто випадковим. Хоча в деяких випадках слід розглядати випадки пріоритетності. СМО належить до відкритих – потік заявок не залежить від стану самої СМО (скільки МБР зайняті) [14].

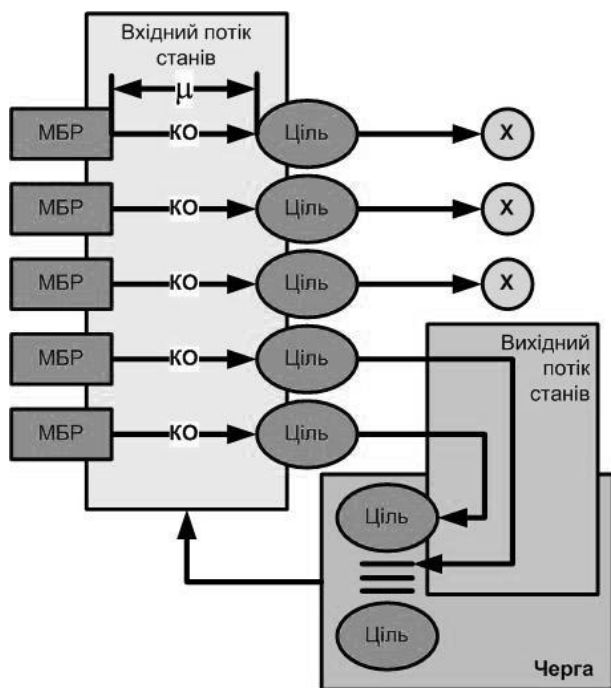


Рис. 1. Функціональна схема СМО:

КО – канал обслуговування; параметр μ визначає інтенсивність знищення цілей; X – ціль знищена

Потоком заявок (*виявлених цілей*) називається сукупність заявок на обслуговування, що надходять в обслуговуючу систему. Приймаємо його стохастичним (випадковим) – моменти появи заявки є випадковими величинами. Потік заявок однорідний: всі заявки рівноправні, розглядаються тільки моменти часу надходження заявок, тобто факти заявок без уточнення деталей кожної конкретної заявки.

Важливою характеристикою потоку виявлення цілей є його інтенсивність λ – середнє число виявлених цілей, що надходять у систему в одиницю часу. Для регулярного потоку в загальному випадку інтенсивність може бути як постійною $\lambda = \frac{1}{t}$, так і залежною від $t_{ви}$ часу виявлення цілі.

Вхідний потік називається *стаціонарним*, якщо вірогідність вступу певної кількості виявлених цілей впродовж певного проміжку часу залежить лише від довжини цього проміжку.

Приймаємо, що інтенсивність λ стаціонарного потоку має бути постійною, тобто в середньому на інтервалах рівної довжини має бути однакова кількість вимог. Приймаємо простий стаціонарний пуассонівський потік (пуассонівський, потік чистої випадковості I роду).

$$P_i(t) = \frac{(\lambda t)^i}{i!} e^{-\lambda t}. \quad (1)$$

Цей вираз визначає ймовірність надходження числа викликів i за час t .

Побудуємо розподіл Пуассона для $\lambda t = 5$, $\lambda t = 0,5$ і $\lambda t = 3,5$. Розраховані за співвідношенням (1) значення ймовірностей наведено на графіку (рис. 2).

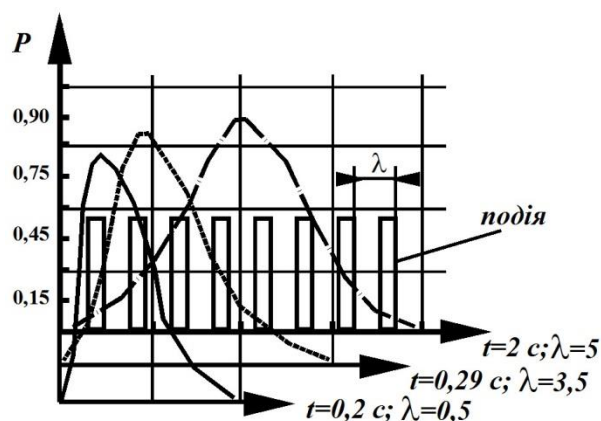


Рис. 2. Графіки розподілу Пуассона для $\lambda t = 5$; $\lambda t = 3,5$; $\lambda t = 0,5$

Як видно з рис. 2, при $\lambda = 5$ значення ймовірностей максимальні, після чого починають спадати. У випадку, коли $\lambda = 0,5$, максимум розподілу Пуассона спостерігається на початку потоку заявок. При $\lambda = 3,5$ максимум розподілу Пуассона переміщується в бік нормального.

Для спрощення розглядатимемо систему, що складається з однотипних МБР. Цілі виявляються роботами за показниковим законом з функцією розподілу часу обслуговування цілі [8]

$$F(t) = 1 - e^{-\mu t}. \quad (2)$$

Параметр μ (аналогічно параметру λ вхідного потоку виявлення цілей) визначає інтенсивність знищення цілей і є середнім часом обслуговування t однієї заявки

$$Mt = \int_0^{\infty} tF'(t)dt = \frac{1}{\mu}, \quad (3)$$

Найважливішою властивістю показникового закону є те, що при такому законі час обслуговування

цілі, що залишився, не залежить від того, скільки часу обслуговування цілі вже тривало.

Приймаємо кількість каналів n , на які надходить простий потік виявлених цілей з інтенсивністю λ . Якщо у момент вступу чергової вимоги є хоч би один вільний МРБ, то будь-який з МРБ негайно приступає до обслуговування – знищення цілі.

Усі канали (МБР) працюють незалежно один від одного і від вхідного потоку виявлених цілей.

Час обслуговування кожної виявленої цілі розподілений за показниковим законом (3) з параметром μ (тобто середній час знищення цілі $t_{зи} = \frac{1}{\mu}$). Вима-

гається знайти характеристики ефективності роботи СМО в стаціонарному (усталеному) режимі, тобто при необмежено зростаючому часі її роботи.

Процес виявлення і знищення цілі складається з ряду етапів.

Етап t_1 починається з моменту пошуку цілі і закінчується моментом виявлення об'єкта, що відповідає базовій множині ознак цілі. Час виявлення об'єкта (цілі) визначається залежністю

$$t_{ви} = -\mu^{-1} \ln(1 - R), \quad (4)$$

де $R = F(t)$ – випадкове число з інтервалу $[0, 1]$.

Час t_2 починається з моменту збігу ознак виявленого об'єкта з базовою множиною ознак зразків у базі МБР. Далі відбувається формалізація об'єкта з урахуванням невизначеності довкілля. Ураховується освітленість, подібність вигляду, форми об'єкта тощо.

Далі проходить перевірка об'єкта ідентифікації t_3 з додатковими або вторинними ознаками вже з формалізованою ціллю.

За час t_4 повинен закінчитися процес, на основі прийнятого рішення, що виявлений об'єкт – ціль, призначена для ураження, вибір зброї і способу її застосування залежно не тільки від цілі, але й від тактичної ситуації.

Після цього починається фаза нанесення удару (ураження цілі). Випадкову величину t_5 найчастіше вважають експоненціально розподіленою. Щоправда, у деяких дослідженнях, що ґрунтуються на результатах вимірювань, рекомендується використовувати інші закони розподілу [10]. Можна зазначити, що в загальному випадку для випадкової величини t_5 вважається прийнятним діапазон $(0, \infty)$. У нашому випадку приймаємо обмежений час обслуговування цілі.

Час знищення цілі $t_{зи}$ – випадкова величина, яка виражається числом з рівномірним законом розподілу в інтервалі $[0, T_{\max}]$

$$t_{зи} = -\tau^{-1} \ln(1 - R). \quad (5)$$

Випадкова величина t_6 визначає інтервал часу, який починається після завершення фази t_5 , ідентифікації результатів нанесення удару. Ця величина (як і t_1) порівняно з рештою досить мала, що часто дозволяє виключити їх з формул для розрахунку тривалості процесу обслуговування цілі.

Можна ввести два коефіцієнти, які характеризуватимуть відношення між тривалістю фази нанесення удару та часом всього процесу обслуговування цілі.

Перший коефіцієнт η_1 дозволяє оцінити частку тривалості фази нанесення удару в сумарному часі всього процесу обслуговування цілі

$$\eta_1 = \frac{t_5}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6}. \quad (6)$$

Другий коефіцієнт η_2 оцінює неефективне зайняття каналу обслуговування (витрати часу, за який МБР не виконує своє основне функціональне призначення)

$$\eta_2 = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_6}{t_5}. \quad (7)$$

При зростанні тривалості фази нанесення удару (ураження цілі) η_1 і η_2 наближаються до одиниці й нуля відповідно. Оператор МБР в ручному режимі (дистанційному режимі керування процесом знищення цілі) може впливати на ефективність МБР, змінюючи, наприклад, тривалість етапів/фаз. Але можливість управління такого роду обмежена фізіологічними можливостями оператора, тому такий вплив не завжди може бути ефективним.

Позначимо

$$\frac{\lambda}{\mu} = \alpha. \quad (8)$$

Величина α – є приведеною інтенсивністю потоку виявлених цілей і її суть – середня кількість виявлених цілей, що надходять за середній час знищення однієї цілі. Користуючись цим позначенням, можна показати, що P_0 – вірогідність того, що підрозділ взагалі не задіяний (вірогідність того, що всі n каналів СМО вільні), виражається формулами Ерланга

$$P_0 = \left(1 + \alpha + \frac{\alpha^2}{2!} + \dots + \frac{\alpha^n}{n!} \right)^{-1}, \quad (9)$$

а P_k при $0 \leq k \leq n$ – вірогідність того, що задіяно n МРБ мають вигляд

$$P_k = \frac{\alpha^k}{k!} P_0. \quad (10)$$

Для того, щоб була виявлена ціль, яка отримала відмову, необхідно, щоб всі n МРБ були зайняті.

$P_{відм}$ – вірогідність відмови або того, що ціль в бойовому зіткненні не буде знищеною, визначається

$$P_{відм} = P_n = \frac{\alpha^n}{n!} P_0. \quad (11)$$

Звідси знаходимо відносну пропускну спроможність військового підрозділу, тобто вірогідність, що ціль буде знищена:

Q – відносна пропускну спроможність (ефективність) військового підрозділу або середня частка вхідних цілей, що обслуговуються системою – будуть підлягати удару;

$$Q = 1 - P_{відм} = 1 - \frac{\alpha^n}{n!} P_0. \quad (12)$$

Для визначення A – абсолютної пропускну спроможності (ефективності) військового підрозділу (тобто середнього числа цілей, що знищуються в одиницю часу) застосуємо

$$A = \lambda \cdot Q = \lambda \cdot \left(1 - \frac{\alpha^n}{n!} P_0 \right). \quad (13)$$

Середнє число зайнятих МРБ \bar{k} за визначенням математичного сподівання з урахуванням формул (9) і (10) дорівнює

$$\begin{aligned} 0 \cdot P_0 + 1 \cdot P_1 + \dots + n P_n &= \sum_{k=1}^n \frac{k \alpha^k}{k!} P_0 = \sum_{l=0}^{n-1} \frac{\alpha^{l+1}}{l!} P_0 = \\ &= \alpha \sum_{l=0}^{n-1} P_l = \alpha (1 - P_n); \\ \bar{k} &= \alpha \cdot \left(1 - \frac{\alpha^n}{n!} P_0 \right). \end{aligned} \quad (14)$$

При цьому визначимо коефіцієнти:

$k_3 = \frac{\bar{k}}{n} \cdot 100\%$ – коефіцієнт зайнятості МБР у відсотках (%);

$k_n = \left(1 - \frac{\bar{k}}{n} \right) \cdot 100\% = (100 - k)\%$ – коефіцієнт простою МРБ у відсотках (%).

Приклад. У складі військового підрозділу знаходиться 5 МБР. Потік виявлених цілей приймаємо простим з інтенсивністю виявлення $\lambda = 1$ за хвилину, а середній час знищення цілі, розподілений за показниковим законом, приймаємо $t_{уд} = 2$ хв. Передбачається також, що виявлена ціль не знищується (дістає

відмову), якщо у момент виявлення усі 5 МБР зайняті (див. рис. 2).

Визначимо основні характеристики ефективності військового підрозділу в усталеному (типовому) режимі.

Ми маємо п'ятиканальну СМО з очікуванням $n = 5$, $\lambda = 1$ за хвилину. Середній час знищення цілі

$$t_u = \frac{1}{\mu} = 2 \text{ хв.}$$

Використовуючи формули (8) – (11), знайдемо, що $\alpha = \frac{\lambda}{\mu} = \lambda t_{cp} = 1 \cdot 2 = 2$, $P_0 = 0,138$, $P_1 = P_2 = 0,275$,

$$P_3 = 0,103, P_4 = 0,092, P_5 = 0,138 \cdot \frac{2^5}{5!} = 0,037.$$

Таким чином $P_{відм} = 0,138 = 2 \cdot (1 - 0,037) \approx 1,93$, $Q = 1 - 0,037 \approx 0,96$, $A = 1 \cdot Q \approx 0,96$,

$$k_3 = \frac{1,93}{5} \cdot 100\% \approx 39\%, k_n = (100 - 39)\% = 61\%.$$

Звідси робимо висновок, що у військового підрозділу з п'ятьма МБР у середньому будуть задіяні тільки 2, при цьому кожен з них буде завантажений лише на 39% та буде втрачено приблизно 4 виявлених зі 100 цілей. Таким чином, військовий підрозділ працює не зовсім ефективно, і в такому разі цілком можна скоротити загальне число МБР до трьох.

Висновки

На сучасному етапі розвитку військової науки моделювання бойових дій є важливим інструмент для прогнозування можливих результатів бойових зіткнень із подальшим виробленням рекомендацій щодо їх планування та ведення. На основі проведених досліджень були окреслені межі можливого застосування групи МБР для військового підрозділу. Визначено завантаженість кожної машини і, відповідно, ефективність підрозділу в цілому. На основі проведеного аналізу прораховано варіанти підвищення ефективності застосування машин і військового підрозділу в цілому. Дослідження проводилися з використанням ТМО, а застосування при цьому методик СМО показало свою придатність та ефективність.

Список літератури

1. Телелім В.М. Тенденції розвитку збройної боротьби сучасності: лекція / В.М. Телелім // К: НУОУ, 2009. – 24 с.
2. Ткаченко П.М. Математические модели боевых действий / П.М. Ткаченко, Л.Н. Куцев, Г.А. Мещеряков, А.М. Чавкин, А.Д. Чебыкин. – М.: Советское радио, 1969. – 240 с.
3. Зінько Р.В. Дослідження експлуатаційних властивостей малого розвідувального робота та варіантів його

застосування розвідувальними підрозділами Збройних Сил України / Р.В. Зінько, П.І. Казан, Д.Є. Хаустов, О.С. Білик // Зб. наук. праць Військової академії (технічні науки). – Одеса: ВА, 2019. – № 1 (11). – С. 29–38.

4. Мирончук Ю.В. Сучасний стан та перспективи розвитку наземних мобільних робототехнічних комплексів для Сухопутних військ Збройних Сил України / Військ.-техн. зб. – Львів: НАСВ, 2016. – № 14. – С. 31–35.

5. Заруба О.Г. Імітаційне моделювання: досвід збройних сил Франції / О.Г. Заруба // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – 2008. – № 2(2). – С. 44-46.

6. Резяпов Н. Развитие систем компьютерного моделирования в вооруженных силах США / Н. Резяпов // ЗВО. – 2007. – № 6. – С.17–23.

7. Казмірчук Р. Світовий досвід і тенденції застосування засобів імітаційного моделювання бойових дій / Р. Казмірчук, С. Рижов, О. Корольова, В. Боженко // Військ.-техн. зб. – Львів: АСВ, 2010. – № 2. – С. 63–72.

Городнов В.П., Дробаха Г.А., Єрмошин М.О., Смірнов С.Б., Ткаченко В.І. Моделювання бойових дій військ (сил) протиповітряної оборони та інформаційне забезпечення процесів управління ними (теорія, практика, історія розвитку). Монографія. – Х.: ХВУ, 2004. – 409 с.

10. Городнов В.П., Сукоцько С.М., Овчаренко В.В. Застосування математичного апарату неповно доступних систем масового обслуговування для моделювання бойових дій підрозділу Національної гвардії України з озброєними злочинцями. Актуальні питання освіти і науки. – Х.: НАНГУ, 2017. – С. 201-206.

11. Чуєв В.Ю. Исследование операций в военном деле / В.Ю. Чуєв. – М.: ВИ МО СССР, 1970. – 256 с.

12. Дослідження операцій [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Дослідження_операцій.

13. Чобиток В.А. Оценка боевой эффективности и технического совершенства вооружения и военной техники. Учебное пособие. – К.: КВТИУ, 1984. – 58 с.

14. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятности и математической статистике. – М.: Высшая школа, 2004. – 407 с.

15. Івницький В.А. Теорія мереж масового обслуговування. – М.: Физматлит, 2004. – 772 с.

Оценка эффективности действий мобильных боевых роботов методами теории массового обслуживания

Зінько Р.В., Казан П.І., Черевко Ю.Н., Билык О.С.

В статті підтверджено, що на сучасному етапі розвитку отечественної військової науки моделювання бойових дій є важливим інструментом для прогнозування можливих результатів бойового зіткнення з наступною розробкою рекомендацій по його плануванню та веденню. Визначено, що інші математичні методи дають широкі можливості рішення частиних задач при реалізації принципів військового мистецтва. С допомогою різних математичних методів та електронної обчислювальної техніки є можливість виробляти кількісні рекомендації для прийняття рішень у різних бойових ситуаціях.

Показана можливість застосування методик масового обслуговування для моделювання бойових дій мобільних бойових роботів. Застосування таких методик дозволило отримати аналітичне описання фінальних ймовірностей для не повністю доступної системи масового обслуговування та розширити можливості урахування умов виконання бойових завдань військових підрозділів, оснащених мобільними бойовими роботами. З цією метою наведено та розглянуто модель, що описує бойові дії, коли стрільба ведеться по спостережуваним цілям і, в разі поразки цілі, вогонь миттєво переноситься на непоранені. Ця модель проілюстрована функціональною схемою, яка наочно показує роботу по цілям п'яти однотипних мобільних бойових роботів. При цьому виявлення цілей здійснюється показовим законом з функцією розподілу часу обслуговування цілі та середньої інтенсивності їх виявлення та знищення.

Визначено характеристики ефективності роботи системи масового обслуговування в стаціонарному (установившомуся) режимі, тобто при неограниченно зростаючому часі її роботи. Також введено два коефіцієнти, які характеризують відношення між тривалістю фази нанесення удару та часом всього процесу обслуговування цілі. На основі проведених досліджень для прикладу були проведені відповідні розрахунки та окреслені межі застосування групи мобільних бойових роботів, що складається з п'яти одиниць, для військового підрозділу. Визначено навантаженість кожної машини і, відповідно, ефективність підрозділу в цілому, дані рекомендації по їх кількісному складу.

Ключові слова: ефективність застосування, мобільний бойовий робот, моделювання бойових дій, теорія масового обслуговування.

Evaluation of actions efficiency of mobile combat robots by methods of mass-service theory

R. Zinko, P. Kazan, Yu. Cherevko, O. Bilyk

The article confirms that at the present stage of the development of domestic military science, the simulation of military operations is an important tool for predicting the possible results of a military conflict with the subsequent development of recommendations for its planning and management. It is determined that other mathematical methods provide ample opportunity to solve particular problems in the implementation of the principles of military art. Using various mathematical methods and electronic computer technology, it is possible to develop quantitative recommendations for making decisions in various combat situations.

The possibility of using queuing systems techniques for modeling the combat operations of mobile combat robots is shown. The use of such techniques made it possible to obtain an analytical description of the final probabilities for an incompletely accessible queuing system and to expand the possibilities of taking into account the conditions for fulfilling the combat tasks of military units equipped with mobile combat robots. For this purpose, a model is described and considered that describes the battle when the firing is conducted on the observed targets and, in the event of a target hit, the fire is instantly transferred to the unaffected one. This model is illustrated by a functional diagram that clearly shows the work on the targets of five of the same type of mobile combat robots. In this case, the identification of targets is carried out by an exponential law with a function of distributing the service time of the target and the average intensity of their detection and destruction.

The characteristics of the efficiency of the queuing system in a stationary (steady state) mode, that is, with an unlimitedly growing time of its operation, are determined. Two coefficients have also been introduced that will characterize the relationship between the duration of the strike phase and the time of the entire process of serving the target. Based on the research, for example, the corresponding calculations were carried out and the boundaries of the possible use of a group of mobile combat robots, consisting of five units, for the military unit were outlined. The workload of each machine and, accordingly, the efficiency of the unit as a whole are determined, recommendations are given on their quantitative composition.

Keywords: application efficiency, mobile combat robot, combat modeling, queuing theory.

УДК 623.094

DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.22.2020.43-47>

О.В. Майстренко, М.В. Бурдейний, С.І. Стегура, С.В. Стеців

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ НАЗЕМНИХ ЦІЛЕЙ З ВИКОРИСТАННЯМ МАЛОГАБАРИТНИХ БПЛА НА ОСНОВІ ВДОСКОНАЛЕНОГО ПСЕВДОДАЛЬНОМІРНОГО МЕТОДУ

У статті обґрунтована доцільність використання вдосконаленого псевдодальномірного методу для визначення координат наземних цілей із застосуванням малогабаритних безпілотних літальних апаратів, що використовується для визначення координат об'єкта на місцевості в режимі реального часу без залучення потужної обчислювальної техніки.

Проведено аналіз існуючих методів визначення координат наземних об'єктів за допомогою безпілотних літальних апаратів та запропоновано алгоритм їх визначення на основі вдосконаленого псевдодальномірного методу із використанням малогабаритних безпілотних літальних апаратів.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, псевдодальномірний метод, координати цілі.

Постановка проблеми

Для ведення сучасних бойових дій потрібна висока інформативність розвідувальних даних, що забезпечується формуванням цифрових зображень з високою просторовою розрізненістю. Повнота, точність та оперативність надання достовірної інформації при використанні безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для виконання спеціальних задач суттєво залежить від умов, в яких здійснюється його застосування (рельєфу та забудови місцевості, впливу інших заважаючих факторів). Застосування БПЛА при виконанні спеціальних задач в інтересах охорони та оборони територіальної цілісності України, як правило, здійснюється в умовах складного рельєфу та забудови місцевості, впливу інших заважаючих факторів.

Сьогодні в умовах становлення і розвитку цифрової економіки України цифрові дані є ключовим фактором виробництва у всіх сферах соціально-економічної діяльності. Зростає попит на цифрові геопросторові дані, які виступають універсальним елементом зв'язку різних баз даних з метою побудови єдиного геоінформаційного простору в рамках стратегії розвитку Держави.

Традиційно велику частину геопросторових даних для єдиного геоінформаційного простору забезпечують засоби і методи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) – космічна та аерофотозйомка (АФЗ).

В останнє десятиліття з розвитком мікроелектроніки, робототехніки, штучного інтелекту, активно розвивається виробництво малогабаритних і нескладних в управлінні БПЛА, які успішно використовуються для виконання АФЗ.