

УДК 623.451.4

В.С. Мочерад

Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИРІШЕННЯ ВОГНЕВИХ ЗАДАЧ ЕКІПАЖЕМ ТАНКА

*Розроблена математична модель вирішення вогневих задач екіпажем танка для оцінки ефективності алгоритмів автоматизованого вибору цілі на ураження. В основі даної моделі є одноканальна система масового обслуговування з неоднорідним потоком заявок і абсолютними пріоритетами обслуговування.*

**Ключові слова:** математична модель, автоматизований вибір цілі, система масового обслуговування.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Технічний рівень сучасних танків і зокрема танка БМ «Оплот» дозволяє провести автоматизацію процесу вибору цілі і врахувати значну частину факторів, які суттєво впливають на раціональний вибір цілі на ураження. Так, в основі методики автоматизованого вибору цілі [1] є система підтримки прийняття рішення (СППР), реалізована у вигляді програмно-апаратного пристрою, який інтегрований в танкову інформаційно-управляючу систему (ІУС) БМ «Оплот» і отримав назву: інформаційно-керуюча система управління вогнем танка [2].

Оскільки будь-яка автоматизація спрямована на підвищення ефективності, виникла необхідність провести оцінку приросту ефективності алгоритму який реалізує автоматизований вибір цілі по відношенню до алгоритму за яким екіпаж танка обирає ціль на ураження.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** В теорії бойової ефективності танків розроблений науково-методичний апарат, що дозволяє проводити оцінку ефективності танка в різних бойових ситуаціях [4]. В основу науково-методичного апарату покладено математичні моделі, що базуються на використанні теорії марківських процесів [5], при припущенні, що процес бою можливо описати обмеженою кількістю відомих станів. При цьому складають і розв'язують рівняння Колмогорова, складовими яких є параметри потоку уражаючих пострілів [4].

Нажаль, існуючі моделі не дозволяють оцінити очікуваний приріст ефективності з причини того що: автоматизація процесу вибору цілі спрямована як на скорочення циклу бойового ураження, так і підвищення якості прийнятих рішень, а також згадані моделі не враховують тактичні умови стрільби і показники функціонування танка з урахуванням ІУС.

В останні роки з'явилося ряд наукових праць присвячених вирішенню цієї проблеми. Так в науковій статті [6], для того щоб визначити числові параметри впливу інформаційних процесів на ефектив-

ність розроблено математичну модель функціонування зразка БТО із урахуванням інформаційних процесів. В результаті моделювання було доведено пріоритетність складових, що визначають орієнтування на полі бою (зовнішній цілерозподіл і виявлення цілі) у порівнянні із швидкострільністю. Незважаючи на те, що модель доводить перевагу інформативності над швидкострільністю, її не можливо використати для оцінки ефективності алгоритмів вибору цілі. В нашому випадку необхідно щоб модель враховувала типаж цілей, щільність потоку виявлення цілей на різній дальності, варіанти вибору цілі, різновид боєприпасів.

Тому **метою статті** є розробка математичної моделі вирішення вогневих задач екіпажем танка для оцінки приросту ефективності алгоритмів вибору цілі на ураження екіпажем танка для визначення раціональної структури алгоритму автоматизованого вибору цілі.

### Основний матеріал

Вибір цілі на ураження екіпажем танка - це задача багатокритеріального вибору в масштабі реального часу. На практиці, відповідно до вимог [3], в першу чергу екіпаж танка повинен уражати найбільш важливі й небезпечні на даний момент цілі, а з однаково важливих і небезпечних – ту ціль, що розташована ближче і найбільш уразлива, з таким розрахунком, щоб можна було вразити її в найкоротший час і з найменшою витратою боєприпасів. Стає очевидним, провести оцінку за усіма вище згаданими критеріями по кожній з виявлених цілей в масштабі реального часу екіпаж танка не має можливості. Тому, з урахуванням технічних можливостей сучасних танків розроблена методика автоматизованого вибору цілі [1], в якій пропонується обрати ціль на ураження на основі визначення рангу виявленої цілі в певний момент часу.

Ранг цілі в даному випадку відображає інтелектуальну оцінку виявленої цілі за ступенем небезпеки, уразливості, її дальності і часу ураження. Передбачається, що у будь-який момент часу система за-

пропонує командир танка впорядковану послідовність виявлених цілей для ураження, при цьому, система спрогнозує місце знаходження цілей та запропонує кращий (з точки зору ефективності) боеприпас для ураження цілі.

На шляху до автоматизації цього процесу, алгоритми які реалізують такий вибір необхідно оцінювати з точки зору приросту ефективності по відношенню до алгоритму за яким діє екіпаж танка. Оскільки в основі методики автоматизованого вибору цілі є СППР тоді пропонується застосувати для оцінки ефективності алгоритмів вибору цілі методи теорії масового обслуговування [7].

**Обмеження та припущення.** В даній статті розглядається ситуація безпосереднього вогневого зіткнення з противником; досліджується процес вогневого ураження типових цілей основним озброєнням танка з використанням трьох видів боеприпасів. Перелік типових цілей обраних з позиції загальноприйнятого в теорії танка типу протитанкових засобів і відображають як ступінь захищеності, так і вогневі можливості цілей: Танк, БМП, ПТРК, вертоліт вогневої підтримки (ВВП). Також прийнято, що виявлені цілі стаціонарні, а дальність виявлення обрано проміжок – 1800...2000 м. з таких міркувань: цей проміжок повинен бути незначним для людського ока і пріоритет типової цілі не повинен змінюватись від дальності виявлення. Робота екіпажа танка по вирішенню вогневої задачі описана типовою циклограмою підготовки пострілу з танка [4]. Співвідношення між кількістю виявлених цілей є такою: Танк – 50%, БМП – 20%, ПТРК – 20%, ВВП – 10% [8]. Початкові умови для моделювання наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Вхідні дані моделювання

Тип цілі	Кількість цілей, %	Дальність виявлення, м	Пріоритетність цілі	Різновид боеприпаса для ураження цілі
Танк	50	1800...2000	1	БПС
БМП	20	1800...2000	2	КС
ПТРК	20	1800...2000	4	ОФС
ВВП	10	1800...2000	3	ОФС

**Математична модель вирішення вогневих задач екіпажем танка.** Для побудови математичної моделі обрана одноканальна система масового обслуговування (СМО) з неоднорідним потоком заявок і пріоритетним обслуговуванням (рис. 1). На вхід СМО поступає потік заявок (виявлених цілей)  $A(t)$ , де інтервали між ними розподілені за Пуасонівським законом розподілу із середнім значенням від 50...500 с. Кількість цілей по типам визначено відповідно до процентного співвідношення (табл. 1). Один прилад обслуговування СМО відображає ос-

новне озброєння і систему управління вогнем (СУВ) танка. Ємкість накопичувача  $E_{\text{черги}}$ : не обмежена (дорівнює безкінечності); відображає кількість виявлених цілей в певний момент часу. Значення тривалості обслуговування заявки в приладі СМО (тривалість ураження цілі –  $t_{\text{ураж}}$ ) визначається на основі формул викладених в [10] і залежить від дальності виявлення цілі, її типу, різновиду використаного боеприпаса, та тривалості підготовки пострілу.

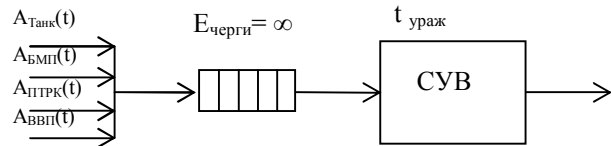


Рис. 1. Одноканальна СМО з пріоритетами обслуговування

На основі цієї моделі пропонується дослідити два алгоритми кожен з яких відображає процедуру вибору цілі серед виявлених цілей. Відмінністю цих двох алгоритмів полягає у порядку визначення пріоритету виявленої цілі. Виходячи із початкових умов моделювання (табл. 1) при виборі цілі екіпажем танка пріоритет виявлених цілей незалежно від дальності виявлення не буде змінюватись для певного типу цілі (Алгоритм 1).

Алгоритм 2: реалізує процедуру визначення пріоритетності на основі формули [2]:

$$R_k(t_n) = \frac{N_k}{N_{\max}} \cdot \left( 1 - \frac{t_{\text{упк}}}{t_{\max}} \right),$$

де  $R_k(t_n)$  – пріоритет виявленої цілі на момент часу  $t_n$ ;  $N_k/N_{\max}$  – співвідношення між ступенем небезпеки  $k$ -ї цілі до максимального значення ступеня небезпеки серед решти виявлених цілей;  $t_{\text{упк}}/t_{\max}$  – співвідношення між часом ураження  $k$ -ї цілі до максимального значення часу ураження серед решти виявлених цілей.

В процесі моделювання змінювалась кількість виявлених цілей (від 73...7) шляхом зміни середнього значення Пуасонівського розподілу потоку заявок (від 50...500 с.), при загальному часі моделювання – 3600 с.

В результаті моделювання встановлено, що вибір цілі на основі «Алгоритму 2» має значні переваги над «Алгоритмом 1» при збільшенні кількості виявлених цілей. При невеликій кількості виявлених цілей обидва алгоритми показують однакову ефективність (рис. 2).

Також слід зазначити, що середній час ураження цілі для «Алгоритму 2» менший ніж для «Алгоритму 1» не залежно від кількості виявлених цілей, а коефіцієнт завантаження системи управління вогнем танка при максимальній кількості виявлених цілей од-

наковий в обох алгоритмах. Отже, приріст ефективності при застосування «Алгоритму 2» набуває максимального значення у випадку збільшення кількості виявлених цілей.

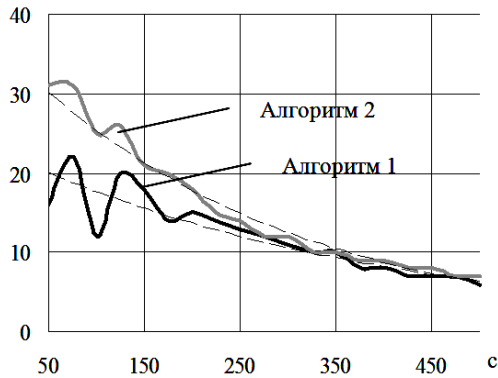


Рис. 2. Кількість уражених цілей в залежності від середнього значення потоку виявлених цілей

### Висновок

Розроблена математична модель дозволяє проводити оцінку ефективності алгоритмів при автоматизованому виборі цілі на ураження.

На основі результатів моделювання показано значний приріст ефективності алгоритму який лежить в основі автоматизованого вибору цілі інформаційно-керуючою системою управління вогнем танка.

Подальші дослідження спрямовані на проведення експериментальних досліджень оцінки ефективності алгоритмів вибору цілі.

### Список літератури

1. Мочерад В.С. Автоматизація вибору цілі в об'єктах бронетехніки / Б.О. Оліярник, В.С. Мочерад // Зб. наук. пр. ЦНДІ ОВТ ЗС України. – К.: ЦНДІ ОВТ ЗСУ, 2012. – Вип. № 4 (47). – С. 183-188.

2. Пат. 105962 Україна, МПК F41G5/24, F41H7/00. Інформаційно-керуюча система управління вогнем танка / Оліярник Б.О., Гринькович О.С., Мочерад В.С., Чепков І.Б.: – №201214034; заявл. 25.02.13; опубл. 10.07.14, Бюл. № 13.

3. Правила стрільби з танків // Видавництво МО України. – К.: 2008. – С. 112.

4. Танки (основи теорії, конструкції та бойової ефективності): учебн., кн.2 / под ред. О.А. Лосика. – М.: ВА БТВ, 1983. – 157 с.

5. Васьковський М.И. Подход к моделированию парного и группового боя в интересах оценки эффективности бронетанкового вооружения / М.И. Васьковський // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2010. – № 4. – С. 22-27.

6. Васьковський М.И. Математическая модель функционирования образца бронетанкового вооружения, оснащенного информационно-управляющей системой / М.И. Васьковський // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2011. – № 1. – С. 6-11.

7. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень: Теорія, синтез, ефективність / В.О. Тарасов, Б.М. Герасимов, І.О. Левін, В.О. Корнійчук. – К.: МАКНС, 2007. – 336 с.

8. Кошелев В.В. Методика оцінки огневої сили танка / В.В. Кошелев, Б.П. Лаврицев, В.Н. Путков, Г.М. Стерник // Весник бронетанкової техніки. – 1981. – № 4. – С. 16-21.

9. Васьківський М.И. Автоматизація підготовки пострілу на основі даних про тактичну ситуацію / М.И. Васьківський, В.А. Ткаченко // Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень національного університету оборони України. – К.: НУОУ, 2011. – Вип. 3(44). – С. 85-94.

10. Танки (основи теорії, конструкції та бойової ефективності): учебн., кн. 1 / под ред. О.А. Лосика. – М.: ВА БТВ, 1983. – 568 с.

Надійшла до редакції 28.01.2015

Рецензент: д-р техн. наук, ст. наук співр. Б.О. Оліярник, Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів.

### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РЕШЕНИЯ ОГНЕВЫХ ЗАДАЧ ЭКИПАЖЕМ ТАНКА

В.С. Мочерад

Разработанная математическая модель решения огневых задач экипажем танка для оценки эффективности алгоритмов автоматизированного выбора цели на поражение. В основе данной модели является одноканальная система массового обслуживания с неоднородным потоком заявок и абсолютными приоритетами обслуживания.

**Ключевые слова:** математическая модель, автоматизированный выбор цели, система массового обслуживания.

### MATHEMATICAL MODEL SOLUTIONS FIRE MISSIONS TANK CREW

V.S. Mocherad

The mathematical model of solving problems firing tank crew to assess the effectiveness of automated algorithms for selecting targets for destruction. At the core of this model is single-channel queuing system with heterogeneous flow applications and absolute priority service.

**Keywords:** mathematical model, automated selection of target, queuing system.