

УДК 355.1

DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.20.2019.14-19>

О.В. Майстренко, Р.В. Бубенщиков, О.В. Карга

*Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів*

## ТЕОРІЯ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЯК ЗАСІБ УДОСКОНАЛЕННЯ МОДЕЛІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ

*Стаття присвячена використанню підходів теорії масового обслуговування для удосконалення моделі прийняття рішення на виконання завдань з вогневого ураження противника за рахунок уточнення параметрів системи масового обслуговування, зокрема урахування обмеженого часу очікування заявки в черзі, що дозволить врахувати динаміку отримання розвідувальних відомостей, тип організаційного об'єднання органів управління, а також надати відповідні рекомендації щодо підвищення рівня імовірності реалізації інформації про об'єкт ураження під час вогневого ураження противника. Таким чином, у статті розглянута удосконалена модель прийняття рішення на виконання завдань з використанням підходів теорії масового обслуговування та за рахунок уточнення параметрів системи масового обслуговування, зокрема урахування обмеженого часу очікування заявки в черзі, що дозволить врахувати динаміку отримання розвідувальних відомостей, тип організаційного об'єднання органів управління, а також надати відповідні рекомендації щодо підвищення рівня імовірності реалізації інформації про об'єкт ураження під час вогневого ураження противника.*

**Ключові слова:** теорія масового обслуговування, модель прийняття рішення на виконання завдань, вогневе ураження противника.

### Постановка проблеми

Результати багатofакторного аналізу останніх збройних конфліктів свідчать про тенденцію до зменшення часу на цикл виявлення-ураження [1–3]. Зменшення часу дозволяє підвищити інтенсивність виконання завдань та, відповідно, і ефективність безпосередньо вогневого впливу на противника. Одним із ключових етапів циклу виявлення-ураження є етап прийняття рішення [2]. Результати аналізу останніх збройних конфліктів свідчать про недосконалість організації прийняття рішень, особливо під час вогневого ураження противника (ВУП) [3]. До основних недоліків під час прийняття рішень на виконання завдань з ВУП відносяться – неможливість врахувати динаміку отримання розвідувальних відомостей та, відповідно, розподілити завантаженість засобів вогневого впливу в процесі ВУП [2], часте неврахування актуальності відомостей про об'єкт ураження по відношенню до давності їх отримання [3]. Найбільш важливим, на думку автора, проблемним питанням є неможливість визначити імовірність реалізації інформації про об'єкт ураження під час ВУП [1-2].

Таким чином, у практиці прийняття рішень на виконання завдань із ВУП виникла нагальна потреба у пошуку таких шляхів удосконалення організаційних заходів, які б дозволили врахувати динаміку отримання розвідувальних відомостей, а також дозволили б підвищити рівень імовірності реалізації інформації про об'єкт ураження під час ВУП.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Результати аналізу досліджень питань, пов'язаних з прийняттям рішень на виконання завдань ВУП [4–7], свідчать про намагання дослідників визначити певні характеристики органів управління, які, на їх думку, найбільше впливають на ефективність функціонування військового формування. На жаль, досить часто в дослідженнях не враховується динаміка зміни означених характеристик, іншими словами – інтенсивність зміни станів органу управління [4-5]. В той же час, існують дослідження, пов'язані з визначенням динаміки зміни певних характеристик органів управління [6-7]. Однак формалізація процесу прийняття рішення проведена без урахування терміну актуальності розвідувальних відомостей та функціональних зв'язків між органами управління, що не дозволяє адекватно визначити імовірність реалізації інформації про об'єкт ураження під час ВУП. Певна частина робіт базується на підходах теорії масового обслуговування [6-7]. Сутність їх полягає у представленні моделі прийняття рішень як системи масового обслуговування (СМО) з відповідними властивостями. Хоча СМО дозволяє врахувати більшість зазначених проблемних питань, однак у дослідженнях не завжди параметри моделі вибираються відповідно до параметрів органів управління.

Таким чином, у теоретичному плані в питаннях, пов'язаних з прийняттям рішень на

виконання завдань з ВУП, виникла нагальна потреба в удосконаленні моделі прийняття рішення за рахунок уточнення параметрів СМО.

### Формулювання мети статті

Метою та завданням статті є удосконалення моделі прийняття рішення на виконання завдань вогневого ураження противника шляхом використання підходів теорії масового обслуговування.

### Виклад основного матеріалу

Для будь-якої СМО основним чинником, що визначає процеси, які протікають у ній, є потік заявок, що поступають на вхід СМО [8]. Для умов моделі прийняття рішення на виконання завдань з ВУП потоком заявок у загальному вигляді є розвідувальна інформація. Однак, виходячи з визначення, що потоком заявок називається послідовність подій, які наступають одна за одною у випадкові моменти часу [8], необхідно детермінувати розвідувальну інформацію для перетворення її в заявки. Для умов дослідження пропонується під заявкою розуміти об'єкт для ураження, який отриманий розвідувальними органами. Стосовно потоку заявок, необхідно розглянути його характеристики для визначення типу процесу, який буде характеризувати модель СМО. До основних властивостей потоку відносяться: стаціонарність, ординарність, відсутність післядії.

Сутність стаціонарності потоку полягає у тому, що імовірність попадання будь-яких подій у проміжок часу не залежить від початку проміжку, а тільки від його довжини [8-9]. Зважаючи на випадковий характер отримання відомостей про кожен об'єкт для ураження та враховуючи відносно невеликий проміжок часу проведення операції (бою), можливо припустити, що потік надходження відомостей про об'єкти для ураження буде стаціонарним.

Ординарність потоку характеризується імовірною появи на елементарному проміжку часу лише однієї події (заявки) [8-9]. Відносно потоку надходження відомостей про об'єкти для ураження можна зауважити, що кількість і можливості засобів розвідки та можливості противника щодо маскування обумовлюють практичну неможливість викриття більше одного об'єкта для ураження одночасно. Тому для умов дослідження можливо припустити, що потік надходження відомостей про об'єкти для ураження буде ординарним.

Стосовно відсутності післядії необхідно зауважити, що надходження інформації про об'єкти для ураження в органи управління буде залежати, від кількості та характеристик сил і засобів розвідки. В той же час кількість розвіданих об'єктів для ураження в певний момент часу в цілому не залежить

від кількості розвіданих об'єктів для ураження до цього моменту. Тому можливо припустити, що потік надходження відомостей про об'єкти для ураження має такі властивості, як відсутність післядії.

Враховуючи означені властивості потоку надходження відомостей про об'єкти для ураження, (далі заявок), зокрема стаціонарність, ординарність та відсутність післядії, можливо стверджувати, що потік є найпростішим (стаціонарним Пуассонівським) [8-9]. Відповідно, можливо припустити, що потік команд на виконання завдання щодо ураження об'єкта (далі оброблених заявок) є також найпростішим. Таким чином, інтервал часу між заявками на вхід та оброблених заявок на виході СМО підпорядковується експоненціальному закону розподілу.

Як правило, інформація про розміщення об'єкта ураження має певний час актуальності [2-3, 6-7]. Тобто через певний час об'єкт може змінити позицію, що, відповідно, призведе до його неуразення під час виконання завдання. Таким чином, параметром моделі СМО пропонується обрати обмежений час перебування заявки в черзі. Так, якщо заявка до встановленого терміну не буде обслугована, тобто рішення на ураження не передане до засобів ураження, то вона виходить із черги та покидає систему не обслугованою, тобто кожна заявка виходить із черги з середньою інтенсивністю  $\nu = 1/\bar{t}_{оч}$  заявок за одиницю часу [8-9].

Також необхідно врахувати той факт, що органи управління залежно від організаційної структури будуть певним чином об'єднані в ієрархічну систему, основними типами об'єднання прийнято вважати централізовану та мережецентричну [10]. Основна відмінність цих об'єднань, на думку авторів, полягає у здатності потоку інформації змінювати свій напрямок залежно від умов. Тому пропонується в моделі передбачити блок розпізнавання (визначення) типу об'єднання в ієрархічну структуру органів управління. Однак внаслідок відносно невеликого об'єму статті пропонується розглянути тип об'єднання в ієрархічну структуру органів управління як вхідний параметр.

Так у разі мережецентричного об'єднання СМО можна представити у вигляді комплексу одноканальних СМО, об'єднаних в єдину структуру з рівномірним розподілом потоку заявок залежно від рівня ієрархії (рис. 1) та від часу функціонування.

Умови функціонування СМО: система складається з  $n$  однотипних каналів (кількість груп, які можуть приймати рішення на виконання завдань з ураження об'єктів), причому кількість каналів буде змінюватись (зменшуватись) під впливом певних факторів, основним з яких є вогневий вплив противника; на вхід системи надходить найпростіший потік заявок

із середньою інтенсивністю  $\lambda$ ; обслуговані заявки створюють вихідний потік з інтенсивністю  $\mu$  (для одного каналу); довжина черги  $l$ ; середня інтенсивність виходу однієї заявки з черги дорівнює  $\nu$  заявок за одиницю часу;  $f(t)$  функцією виходу з ладу (відмов) каналів за певний час [8-9].

Система такого типу в процесі роботи переходить з одного стану до іншого під впливом трьох якісно різних потоків подій: потоку заявок, що надходить на обслуговування  $\lambda$ ; потоку обслугованих заявок з інтенсивністю  $\mu$ ; потоку заявок, що виходять з черги (системи) не обслугованими з інтенсивністю  $l\nu$  ( $l$  – число заявок, що знаходяться в черзі) [8-9].

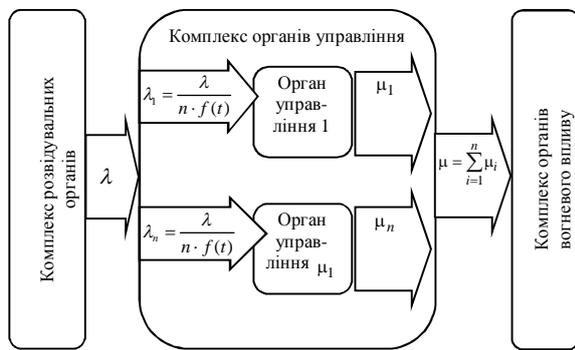


Рис. 1. Загальний вигляд підсистем ВУП, структурно об'єднаних мережецентрично

При розгляді СМО в певний зріз часу комплекс одноканальних СМО трансформується в багатоканальну СМО з кількістю каналів  $n \cdot f(t)$ . Таким чином, з певним спрощенням можливо розглянути органи управління як багатоканальну СМО з обмеженим часом очікування та необмеженою кількістю місць у черзі.

Багатоканальна СМО з обмеженим часом очікування та необмеженою кількістю місць у черзі має наступні стани:  $S_0$  – всі канали вільні, черги немає;  $S_1$  – зайнятий один канал, решта  $n-1$  вільні, черга відсутня;...;  $S_n$  – зайняті всі  $n$  каналів, черга відсутня;  $S_{n+1}$  – зайняті всі  $n$  каналів, одна заявка стоїть у черзі;  $S_{n+2}$  – зайняті всі  $n$  каналів, дві заявки стоїть у черзі;...;  $S_{n+l}$  – зайняті всі  $n$  каналів,  $l$  заявок стоїть у черзі і так далі [8-9].

Марковський випадковий процес, що відбувається в СМО, також буде являти собою процес “загибелі та розмноження” [8], тому що всі потоки є найпростішими та переводять систему зі стану до стану у протилежних напрямках. Граф станів системи має наступний вигляд (рис. 2):

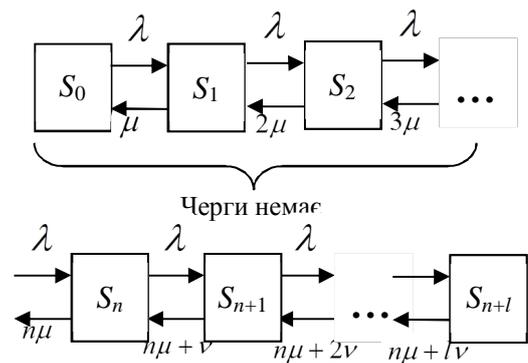


Рис. 2. Загальний вигляд графу станів багатоканальної СМО з обмеженим часом очікування

Для спрощення пропонується прийняти наступні позначення, де

$$\alpha = \frac{\lambda}{\mu} \text{ – зведена інтенсивність потоку заявок, що надходять в СМО;}$$

$$\beta = \frac{\nu}{\mu} \text{ – зведена інтенсивність потоку виходу заявок зі не обслугованими СМО [8].}$$

Використовуючи правило визначення граничних ймовірностей перебування в станах системи, можна записати наступну систему рівнянь [8-9]:

$$\begin{cases} p_1 = \frac{\lambda}{\mu} p_0 = \frac{\alpha}{1!} p_0; \\ p_2 = \frac{\lambda\lambda}{\mu \cdot 2\mu} p_0 = \frac{\alpha^2}{2!} p_0; \\ \dots \dots \dots \\ p_n = \frac{\lambda^n}{n!} p_0; \\ p_{n+1} = \frac{\lambda^n}{n!} \cdot \frac{\lambda}{n\mu + \nu} p_0 = \frac{\alpha^n}{n!} \cdot \frac{\alpha}{n + \beta} p_0; \\ \dots \dots \dots \\ p_{n+l} = \frac{\alpha^n}{n!} \cdot \frac{\alpha^l}{(n + \beta)(n + 2\beta) \dots (n + l\beta)} p_0 = \frac{\alpha^n}{n!} \cdot \frac{\alpha^l}{\prod_{m=1}^l (n + m\beta)} \cdot p_0; \\ \dots \dots \dots \end{cases} \quad (1)$$

Для знаходження  $p_0$  необхідно ввести рівняння (умову)  $p_0 + p_1 + p_2 + \dots + p_n + \dots + p_{n+l} = 1$ . Відповідно, підставивши існуючі рівняння, отримаємо наступний вираз:

$$p_0 + \frac{\alpha}{1!} p_0 + \frac{\alpha^2}{2!} p_0 + \dots + \frac{\alpha^n}{n!} p_0 \cdot \left[ \frac{\alpha}{n + \beta} + \frac{\alpha^2}{(n + \beta)(n + 2\beta)} + \dots + \frac{\alpha^l}{(n + \beta)(n + 2\beta) \dots (n + l\beta)} \right] = 1, \quad (2)$$

звідки отримаємо (3).

Відповідно ймовірність відмови від обслуговування заявки [8-9] (термін перебування відомостей про об'єкт противника в черзі більше терміну актуальності означених відомостей).

$$p_0 = \left[ \sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^n}{n!} \cdot \sum_{l=1}^{\infty} \frac{\alpha^l}{\prod_{m=1}^l (n+m\beta)} \right]^{-1} \dots (3)$$

$$P_{від} = \frac{\beta}{\alpha} \cdot \frac{\frac{\alpha^n}{n!} \cdot \sum_{l=1}^{\infty} \frac{\alpha^l}{\prod_{m=1}^l (n+m\beta)}}{\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^n}{n!} \cdot \sum_{l=1}^{\infty} \frac{\alpha^l}{\prod_{m=1}^l (n+m\beta)}} \dots (4)$$

У разі централізованого об'єднання СМО можливо представити у вигляді певного набору напрямків, в якому потік заявок розподіляється відповідно до можливостей кожного із потоку (рис. 3).

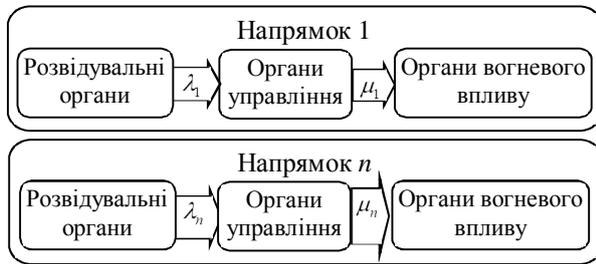


Рис. 3. Загальний вигляд підсистем ВУП структурно об'єднаних централізовано

В такому випадку органи управління можливо представити як комплекс одноканальних СМО з обмеженим часом очікування та необмеженою кількістю місць у черзі. СМО має наступні стани:  $S_0$  – канал вільний, черги немає;  $S_1$  – канал зайнятий, черга відсутня;  $S_{1+l}$  – канал зайнятий, одна заявка стоїть у черзі;  $S_{1+2}$  – канал зайнятий, дві заявки стоять у черзі; ...;  $S_{1+l}$  – канал зайнятий,  $l$  заявок стоять у черзі.

Граф станів одноканальної СМО для комплексу має наступний вигляд (рис. 4).

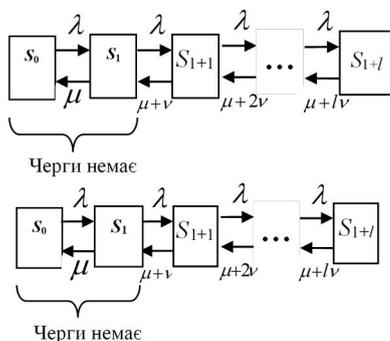


Рис. 4. Загальний вигляд графу станів комплексу одноканальних СМО з обмеженим часом очікування

Система рівнянь граничних ймовірностей станів для одного ланцюга набуде вигляду:

$$\begin{cases} p_1 = \frac{\lambda}{\mu} p_0 = \frac{\alpha}{l!} p_0; \\ \dots \\ p_{1+l} = \frac{\lambda^2}{\mu + \nu} p_0 = \frac{\alpha^2}{1 + \beta} p_0; \\ \dots \\ p_{1+l} = \frac{\alpha^{l+1}}{(1 + \beta)(1 + 2\beta) \dots (1 + l\beta)} p_0 = \frac{\alpha^{l+1}}{\prod_{m=1}^l (1 + m\beta)} p_0; \\ \dots \end{cases} \dots (5)$$

Відповідно імовірність того, що всі канали вільні, черги немає (для одного ланцюга) можна визначити за формулою

$$p_0 = \left[ \alpha + \alpha \sum_{l=1}^{\infty} \frac{\alpha^l}{\prod_{m=1}^l (1 + m\beta)} \right]^{-1} \dots (6)$$

Відповідно імовірність відмови від обслуговування заявки

$$P_{від} = \frac{\beta}{\alpha} \cdot \frac{\alpha \sum_{l=1}^{\infty} \frac{\alpha^l}{\prod_{m=1}^l (1 + m\beta)}}{\alpha + \alpha \cdot \sum_{l=1}^{\infty} \frac{\alpha^l}{\prod_{m=1}^l (1 + m\beta)}} \dots (7)$$

Зважаючи на прийняті допущення про однорідність органів управління, можна стверджувати, що у разі централізованого об'єднання можливо застосувати підходи динаміки середніх. Сутність підходу полягає у дослідженні одного об'єкта із всієї сукупності за умови їх однорідності та, відповідно, за результатами досліджень робити висновки про середні значення параметрів решти об'єктів.

Зважаючи на означені теоретичні викладки, загальний вигляд моделі прийняття рішення можна представити у вигляді блок-схеми (рис. 5).

### Висновки

Таким чином, у статті розглянута удосконалена модель прийняття рішення на виконання завдань з вогневого ураження противника з використанням підходів теорії масового обслуговування та за рахунок уточнення параметрів системи масового обслуговування, зокрема урахування обмеженого часу очікування заявки в черзі, що дозволить врахувати динаміку отримання розвідувальних відомостей, тип організаційного об'єднання органів управління, а також дозволить надати відповідні рекомендації щодо підвищення рівня імовірності реалізації інформації про об'єкт ураження під час вогневого ураження противника.

Подальші дослідження пропонується присвятити органів управління під час прийняття рішення на обґрунтуванню методичних рекомендацій щодо виконання завдань з вогневого ураження підвищення ступеня реалізації спроможностей противника.

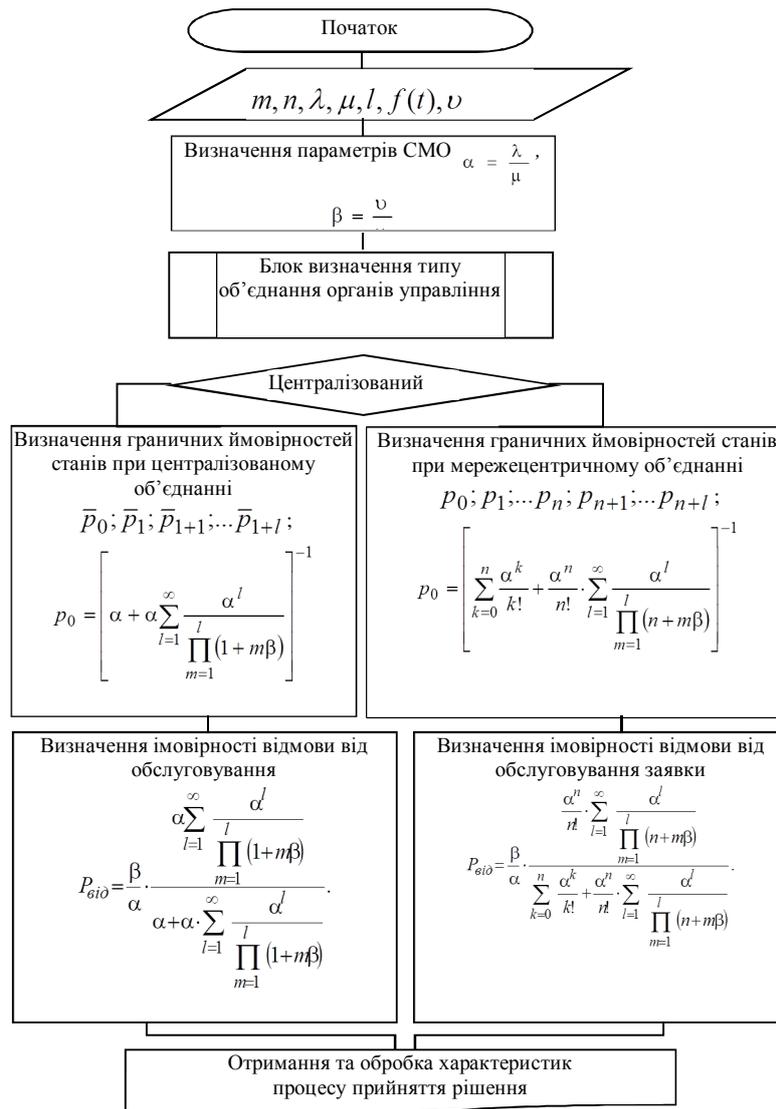


Рис. 5. Загальний вигляд блок-схеми моделі прийняття рішення

## Список літератури

1. Майстренко О.В. Аналіз форм і способів застосування ракетних військ і артилерії у локальних війнах та збройних конфліктах останніх десятиліть / О.В. Майстренко // Матеріали науково-практичного семінару "Роль і місце ракетних військ і артилерії в системі вогневого ураження за досвідом їх застосування у локальних війнах та збройних конфліктах останніх десятиліть". – Львів: АСВ, 2013. С. 25–29.
2. Майстренко О.В. Тенденції розвитку форм і способів застосування ракетних військ і артилерії у локальних війнах та збройних конфліктах останніх десятиліть / О.В. Майстренко // Матеріали доповідей науково-практичного семінару кафедри ракетних військ і артилерії "Перспективи бойового застосування ракетних військ і артилерії ЗС України". – Львів: АСВ, 2015. – С. 8.
3. Майстренко О.В. Підхід до визначення бойових можливостей угруповання в бою (операції) / О.В. Майстренко, Ю.Є. Репіло // К.: НУОУ, 2013. – Труды ЦВСД №3 (49) – С. 55–59.
4. Троценко К.А. О реализации боевых возможностей тактической группировки войск / К.А. Троценко // Военная мысль. – 2008. № 6. – С. 70–75.
5. Калиновский О.Н. Об оценке огневых возможностей войск в операции / О.Н. Калиновский // Военная мысль, 1996. № 5 (9-10). – С. 52–56.
6. Морозов Н.А. К методике параметризации модели для оценки боевых возможностей группировок войск (сил) в операциях / Н.А. Морозов, В.В. Баков // Научно-технический сборник МО РФ. – 2003. № 1. – С. 24–31.
7. Майстренко О.В. Визначення області доцільних значень для показників точності та раптовості вогню артилерії (ударів ракет) / О.В. Майстренко, Ю.Є. Репіло,

Д.Л. Демидко // К.: НУОУ, 2015. – Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони № 1 (22). – С. 79–83.

8. Новиков О.А. Прикладные вопросы ТМО / О.А. Новиков, С.И. Петухов. – М.: Советское радио, 1969. – 320 с.

9. Гнеденко Б.В., Коваленко Н.Н. Введение в теорию массового обслуживания. – М.: Наука, 1987.

10. Майстренко О.В. Удосконалення методики оцінювання ефективності ураження системи бойового

управління противника / О.В. Майстренко, С.М. Соколовський, В.С. Артамоценко // К.: НУОУ, 2012. – Труды университета №6 (112). – С. 43–46.

**Рецензент:** доктор технічних наук, старший науковий співробітник А.М. Зубков, Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів.

### Теория массового обслуживания как средство совершенствования модели принятия решения

А.В. Майстренко, Р.В. Бубенщиков, А.В. Карга

Статья посвящена использованию подходов теории массового обслуживания для усовершенствования модели принятия решения на выполнение задач по ВУП за счет уточнения параметров СМО, в частности учета ограниченного времени ожидания заявки в очереди, что позволит учесть динамику получения разведывательных сведений, тип организационного объединения органов управления, а также позволит предоставить соответствующие рекомендации по повышению уровня вероятности реализации информации об объекте поражения при ВУП. Таким образом, в статье рассмотрена усовершенствованная модель принятия решения на выполнение задач по огневому поражению противника с использованием подходов теории массового обслуживания и за счет уточнения параметров системы массового обслуживания, в частности учета ограниченного времени ожидания заявки в очереди, что позволит учесть динамику получения разведывательных сведений, тип организационного объединения органов управления, а также позволит предоставить соответствующие рекомендации по повышению уровня вероятности реализации информации об объекте поражения при огневом поражении противника.

**Ключевые слова:** теория массового обслуживания, модель принятия решения на выполнение задач, огневое поражение противника.

### The theory of mass service as a means of improving the decision-making model

O. Maistrenko, R. Bubenshchykov, O. Karha

The results of multifactorial analysis of recent armed conflicts indicate a tendency to reduce the time of the detection-engagement cycle. One of the key stages of the detection-engagement cycle is a decision-making phase. The main disadvantages when making decisions for the tasks of the enemy's fire engagement include the impossibility of taking into account the dynamics of obtaining intelligence and, accordingly, distributing the load of means of fire influence in the process of fire engagement of the enemy. The most important, in the opinion of the author, is the problem of impossibility of determining the probability of realizing information about the object of the engagement during the fire engagement of the enemy.

In the theoretical domain, in matters related to the decision-making on the tasks of the enemy fire engagement, there was an urgent need for improved decision-making models, due to specification of the parameters of the mass service system.

For any system of mass maintenance, the main factor determining the processes occurring in it, is the flow of applications entering the system of mass maintenance. For the conditions of the model of decision-making to perform tasks from the fire engagement of the enemy, the flow of applications in general is the intelligence.

Usually, objects for engagement have a certain time of relevance. That is, after a certain time the object can change the position, which, accordingly, will lead to its failure in the performance of the task. Thus, the parameter of the model of the system of mass service is offered to choose a limited waiting time for the application to be queued. It is also necessary to take into account the fact that the administrative bodies, depending on the organizational structure, will in some way be merged into a hierarchical system, the main types of association are considered to be centralized and network-centric. The main difference between these associations, according to the author, is the ability of the flow of information to change its direction, depending on the conditions. Therefore, it is proposed to provide a recognition unit (definition) of the type of association in the hierarchical structure of the governing bodies in the model.

Thus, in the case of network-centric association, the system of mass service can be represented as a complex of one-channel mass maintenance systems merged into a single structure with a uniform distribution of the flow of applications, depending on the level of the hierarchy and the time of functioning.

In the case of a centralized merger, the mass service system may be presented as a set of directions in which the flow of applications is distributed according to the capabilities of each stream.

Taking into account the accepted assumptions about the uniformity of the authorities, it can be argued that in the case of a centralized association it is possible to apply medium-term approaches. The essence of the approach is to study one object from the whole population provided they are homogeneous and, accordingly, according to research findings, draw conclusions about the mean values of the parameters of the remaining objects.

**Keywords:** mass service theory, model of decision-making on implementation tasks, fire engagement of the enemy.