

МОДЕЛЮВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ЦИКЛУ ЗАСТОСУВАННЯ БОЙОВОЇ МАШИНИ МОБІЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ОЗБРОЄННЯ

Наведені результати аналізу досвіду створення розвідувально-ударних комплексів провідними країнами світу та можливості їх застосування у ході реалізації концепцій війни на основі підсумків збройних конфліктів за останні роки. Метою дослідження є проведення системного аналізу тривалості функціонального циклу використання бойової машини мобільного комплексу озброєння в умовах вогневого впливу сучасних засобів повітряного нападу противника та розвідувально-ударних комплексів. Запропонована логістична модель оцінки часу застосування бойової машини мобільного комплексу озброєння в процесі експлуатації. Логістична модель дозволяє розраховувати загальну тривалість функціонального циклу бойового застосування бойової машини мобільного комплексу озброєння. Дослідження часових характеристик процесу застосування бойової машини проводиться з використанням методу критичного шляху. Розрахунок моделі дозволяє визначити операції критичного шляху бойової машини, час виконання функціонального циклу бойової роботи. При рішенні задачі розрахунку часу, який необхідний для виконання функціонального циклу застосування бойової машини, за початкові дані використані нормативи виконання операцій відомого зразка озброєння. Результати моделювання пропонується використати при оцінюванні впливу часу виконання функціонального циклу на бойову ефективність бойової машини. Такі результати є базовими для формування вимог до тактико-технічних характеристик бойової машини мобільного комплексу озброєння. Результати моделювання дозволяють визначити математичне очікування часу виконання функціонального циклу бойової машини з метою забезпечення потрібного рівня живучості та пред'явити вимоги до параметрів рухомості транспортних агрегатів перспективних бойових машин мобільних комплексів озброєння.

Ключові слова: розвідувально-ударний комплекс, мобільний комплекс озброєння, функціональний цикл, стартова позиція, транспортний агрегат, логістична модель

Вступ. На основі проведеного аналізу умов ведення бойових дій виявлено, що особливістю сучасних військових конфліктів на прикладі конфліктів на Близькому Сході та на Кавказі, а саме в Сирії, Лівії, Нагорному Карабасі, є активне застосування розвідувально-ударних комплексів (РУК), здатних одночасно виявляти, розпізнавати і уражати велику кількість цілей на території противника. При цьому скорочується час від моменту виявлення цілі до нанесення по неї вогневого удару до декількох хвилин. Отже, оцінка можливості успішного виконання поставленого перед бойовою машиною (БМ) мобільного комплексу озброєння (МКО) бойового завдання в умовах протидії РУК має високу науково-технічну та практичну актуальність.

Аналіз літературних даних і постановка проблеми. Існує низка науково-технічних видань, в яких наведено результати аналізу основних тактико-технічних характеристик (ТТХ), принципів дії, застосування тощо, у тому числі, надаються перспективні напрямки щодо створення та розвитку РУК, а також приведені різні аспекти щодо забезпечення живучості складних виробів військової техніки [1-13].

Зокрема, у [1] обґрунтовано вимоги до виживання зенітних ракетних комплексів (ЗРК) в умовах вогневого впливу засобів повітряного нападу (ЗПН) противника, але без врахування можливих етапів виконання бойового завдання.

У [2] визначені класифікаційні ознаки, характерні для об'єднання засобів розвідки, цілевказівки, наведення та ураження, що дозволяють комплексно вирішувати завдання вибору

і оперативного ураження повітряних і наземних цілей. Висвітлені тенденції розвитку та проблемні питання щодо створення таких комплексів. Запропоновано удосконалену класифікацію РУК.

У [3] запропонована методика комплексної оцінки живучості складних систем військового призначення з урахуванням їх структурної уразливості і функціональності.

У [7, 8] розглянуті методики щодо оцінки ефективності бойового застосування засобів ураження.

У [9] надано методологічний підхід щодо оцінки логістичної моделі застосування мобільного комплексу озброєнь, але без врахування сучасних змін, щодо використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) як ударної складової РУК.

У даній роботі зроблено спробу розв'язання наукової задачі обґрунтування часових характеристик функціонування БМ МКО для підвищення її живучості.

Мета і задачі дослідження. *Метою дослідження є розробка логістичної моделі оцінки часу застосування БМ МКО у процесі експлуатації та проведення системного аналізу тривалості функціонального циклу (ФЦ) її використання бойової машини в умовах вогневого впливу сучасних ЗПН противника.*

Для досягнення поставленої мети вирішено такі завдання:

- проведено оцінку часу застосування РУК противника;
- розроблено логістичну модель оцінки часу застосування БМ МКО у процесі експлуатації;
- отримано результати оцінки тривалості ФЦ БМ МКО залежно від умов обстановки.

Оцінка часу застосування розвідувально-ударного комплексу. Розвідувально-ударний комплекс є організаційним і технічним об'єднанням єдиної інформаційно-комунікаційної мережі засобів збору та обробки інформації, геоінформаційного та навігаційно-часового забезпечення, підтримки прийняття рішень і управління, наведення та ураження, що дозволяють комплексно вирішувати завдання вибору та оперативного ураження цілей [2].

Функціонально до складу РУК входять: засоби розвідки (радіолокаційні, радіо- і радіотехнічні, лазерні, телевізійні, оптико-електронні тощо); засоби комплексу автоматизації обробки інформації та бойового управління; засоби зв'язку та передачі даних; засоби навігації; засоби вогневого ураження (керована та не керована зброя та боєприпаси, що наводяться самостійно) та/або радіоелектронного придушення; засоби доставки боєприпасів (ракети різних типів, артилерія, літаки, підводні човни, кораблі, роботизовані безпілотні, безекіпажні) комплекси [2].

Залежно від можливої глибини вогневого (ударного) впливу РУК діляться на: розвідувально-вогнєві комплекси (РВК), що діють на глибину від 30 до 40 км ("тактична зона" – зона бойової побудови тактичних і оперативно-тактичних формувань [2]. Як правило РУК – це автономні артилерійські комплекси, до складу яких входять засоби артилерійської розвідки, ураження (у тому числі на основі високоточних боєприпасів), автоматизованого управління вогнем і забезпечення стрільби; безпосередньо РУК, які діють на глибину до 200 км ("оперативна зона" – зона оперативної побудови оперативних і оперативно-стратегічних об'єднань; РУК, що діють на глибину до 500 км ("оперативно-стратегічна зона" – зона оперативної побудови перших і наступних ешелонів, резервів і тилу) [2].

За результатами проведеного аналізу збройних конфліктів (бойових дій і операцій) за останні п'ять років встановлено, що у сучасних війнах домінуючу роль відіграє високотехнологічне озброєння (ВТО). Одним із основних типів ВТО є БПЛА, які визначають нову стратегію та тактику збройного протистояння на театрах бойових дій, що характеризується зменшенням часу на виявлення та ураження цілей. Як приклад, активне та ефективне застосування розвідувальних та розвідувально-ударних БПЛА у бойових діях демонструє друга війна за Нагірний Карабах восени 2020 року.

У багатьох арміях світу вже застосовують БПЛА для виконання розвідувальних і ударних функцій: розрізняють розвідувальні БПЛА, ударні БПЛА та БПЛА як "керовані

ракети" (дрон-камікадзе).

Наприклад, БПЛА, що активно був застосований під час загострення у Нагорному Карабасі, – є турецький ударний Bayraktar TB2. БПЛА Bayraktar TB2 (розробник – турецька компанія Baykar) – здатний діяти як під контролем оператора, так і самостійно. Такий БПЛА можна застосовувати як для розвідки і спостереження, так і для нанесення ударів по противнику [6].

БПЛА Bayraktar TB2 здатний нести керовані авіабомби з лазерним наведенням MAM (Mini Akıllı Mühimmat – "Розумні міні-боєприпаси") виробництва турецької компанії Roketsan Roket Sanayii ve Ticaret A.S., вага яких складає від 8 кг до 23 кг, а бойова частина дозволяє ефективно вражати автомашини і легко броньовану техніку.

БПЛА Bayraktar TB2, при вазі у 630 кг, може: піднімати 55 кг корисного навантаження – боєприпасів, здійснювати політ на максимальній висоті – 8200 м та розвивати швидкість до 220 км/ч. Радіус дії БПЛА на прямий радіовидимості – 150 км [6].

При цьому, Bayraktar TB2 працюють з висоти, практично недосяжної для ЗРК малої дії, включаючи високоенергетичний переносний ЗРК "Верба" та його аналоги. Тим більше, що з відстані у 8 км, БПЛА планує по гірці, тому, навіть ЗРК "Оса" і "Стріла-10" своїми зенітними керованими ракетами не спроможні знищити його, або можуть вести обстріл ЗКР лише лічені секунди.

Азербайджанська армія також використовувала широкий перелік БПЛА і інших моделей. За даними центру дослідження військових БПЛА американського Бард-коледжу [5], рік тому на озброєнні азербайджанської армії знаходились ізраїльські розвідувально-дозорні БПЛА Heron TP (дві одиниці) і Hermes 4507 (10 одиниць), баражуючи боєприпаси Sky Striker (100 одиниць) і Harop (50 одиниць). Крім того, у Азербайджані, на спільному з Ізраїлем підприємстві Azad systems випускалися дрон-розвідник Aerostar та "камікадзе" Orbiter1K і Orbiter-3. Нарешті, ще два дальніх Hermes 900 були у берегової охорони.

Інформаційний ресурс Туреччини "Clash Report" [6], який демонстрував успіхи Азербайджанської армії у Карабаському конфлікті, склав детальну статистику застосування турецького ударно-розвідувального БПЛА Bayraktar TB2.

Згідно з опублікованими даними, станом на 08.11.2020 р., Азербайджан знищив 976 цілей. Зокрема, тільки засобів протиповітряної оборони знищено 31 одиницю, з них: БМ 9К35 "Стріла-10" – 6 одиниць, БМ 9К33 "Оса" – 16 одиниць, БМ 9К330 "Тор" – 2 одиниці, ЗРК С-300 ПС – 7 одиниць. Крім того, знищено 26 засобів зв'язку та РЕБ, 187 одиниць бронетехніки, 257 одиниць артилерійського озброєння, 386 одиниць автотранспорту та 89 вогневих точок, складів та інших об'єктів військової інфраструктури. Загальна вартість знищених об'єктів оцінюється у 1,9 млрд доларів США [6]. Таким чином, за результатами проведеного аналізу конфлікту у Нагорному Карабасі виявлено, що використання зразків ВТО значно підвищує ефективність застосування сил та засобів.

В даних умовах необхідним стає перегляд відомого методологічного апарату щодо оцінки ефективності застосування існуючих зразків озброєння та військової техніки, та обґрунтуванню вимог до перспективних зразків [14]. Тому, у багатьох провідних країнах світу зараз здійснюється перегляд теорії побудови і практики застосування, як нових комплексів, так і тих, що є на озброєнні з урахуванням організації та ведення бойових дій у єдиному інформаційному та кібернетичному просторі [15-19].

При цьому, велика увага приділяється питанню щодо скорочення часу повного циклу бойового застосування комплексу озброєння з метою випередження противника у досягненні мети проведення операції (бою). У даній роботі – це ФЦ бойового застосування МКО.

Логістична модель оцінки часу застосування БМ МКО у процесі експлуатації. Застосуванням БМ МКО у процесі експлуатації є послідовність дій (заходів), що спрямовані на виконання бойового завдання. Тривалість цих дій може бути різною у залежності від алгоритму та змісту, технічної досконалості обладнання, навченості особового складу, дії противника тощо.

Для оцінки загальних витрат часу, який необхідний для виконання бойового завдання,

можливо використати ФЦ [9], що є основним об'єктом інтегрованої логістики. За умови застосування БМ МКО під ФЦ можливо розглядати повний цикл бойового застосування від моменту отримання завдання, до моменту її виконання та залишення БМ позиційного району (ПР). До основних властивостей ФЦ можливо віднести наступні [9]:

- базова структура ФЦ (зв'язки, вузли і тощо) однакова для фізичного розподілу, матеріально-технічного забезпечення, виробництва і постачання;
- конфігурацію окремого ФЦ необхідно досліджувати, щоб з'ясувати найважливіші взаємозв'язки і лінії контролю, не залежно від складності логістичної системи у цілому;
- оскільки часові інтервали виконання окремих операцій, з яких складається ФЦ, є випадковими величинами, то й увесь цикл – є випадковою величиною, що підкоряється певному закону розподілу.

Постановка завдання. Розрахувати загальний час виконання ФЦ бойового застосування БМ МКО у ПР.

Зроблені наступні припущення:

- БМ при виконанні ФЦ застосування за призначенням у ПР витрачає час на відпрацювання п'яти основних операцій функціонування. Операція, при описі мережевої моделі виконання ФЦ, є процес виконання БМ певної дії за кінцевий час;

- БМ у один і той же момент часу здатна виконувати тільки одну операцію;
- операція, що складається з послідовності операцій є адитивною операцією;
- операція, яку неможливо розбити на складові без зміни рівня деталізації моделі є елементарною операцією;

- T_1 – математичне очікування (МО) часу операції переміщення БМ у ПР, розгортання з похідного положення у бойове, орієнтування;

- T_2 – МО часу операції приведення БМ у бойову готовність у ПР з проведенням функціонального контролю;

- T_3 – МО часу операції залишення стартової позиції (СП) після приведення БМ у бойову готовність у ПР;

- T_4 – МО часу операції обстрілу цілей одним бойовим комплектом БМ;

- T_5 – МО часу операції залишення СП БМ після стрільби.

Для математичного опису тривалості ФЦ, що є сумою часу виконання окремих операцій, можливо скористатися відомими формулами теорії ймовірності [14]:

- для середнього значення часу ФЦ:

$$\bar{T} = \sum_{i=1}^N \bar{T}_i; \quad (1)$$

- для середнього квадратичного відхилення (СКВ) ФЦ:

$$\sigma_T^2 = \sum_{i=1}^N \sigma_i^2 + 2 \sum_{i \leq j} r_{ij} \sigma_i \sigma_j, \quad (2)$$

де \bar{T}_i - середнє значення часу виконання i -ої операції ФЦ;

σ_i - середнє значення СКВ виконання i -ої операції ФЦ;

r_{ij} - коефіцієнт кореляції між i -й і j -й операціями ФЦ;

N - кількість етапів ФЦ БМ МКО.

Знак $i \leq j$ означає, що підсумовування поширюється на усі можливі попарні поєднання випадкових величин.

За умови, якщо дані величини не корельовані, то, при усіх $r_{ij} = 0$, вираз (2) можливо записати у спрощеному вигляді наступним чином:

$$\sigma_T^2 = \sum_{i=1}^N \sigma_i^2.$$

Ймовірнісне трактування ФЦ дозволяє визначити його тривалість T_0 із заданою довірчою ймовірністю.

Наприклад, за умови, що функція розподілу часу ФЦ підкоряється нормальному закону:

$$T_0 = \bar{T} + x_p \sigma_T, \quad (3)$$

де x_p - показник нормального розподілу, що відповідає ймовірності P .

Отже, за допомогою виразу (3) можливо розрахувати час виконання бойового завдання, тобто вирішити завдання "точно-вчасно".

Відомо, що одна з основних проблем логістичного менеджменту – це зменшення невизначеності ФЦ.

Детальніше дослідження часових характеристик процесу бойового застосування БМ можливо провести завдяки використанню методу критичного шляху. Розрахунок моделі дозволяє визначити операції критичного шляху, МО часу виконання ФЦ і дисперсію.

Початкові дані для розрахунку можливо отримати завдяки обчисленню за відомими даними максимального та мінімального часу виконання операції, або розкладанням адитивної операції на складові, для яких час виконання і СКВ вже відомі.

При відомих значеннях максимального та мінімального часу виконання операції, параметри закону розподілу можливо обчислити наступним чином [14]:

$$m_t = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5}; \quad (4)$$

$$\sigma_t = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{5}, \quad (5)$$

де m_t - МО випадкової величини;

t_{\min} - мінімальне значення випадкової величини;

t_{\max} - максимальне значення випадкової величини;

σ_t - СКВ випадкової величини.

Для послідовності адитивних операцій МО часу виконання, СКВ випадкової величини можливо обчислювати за центральною граничною теоремою теорії ймовірності.

Отже, нехай подія A – є умовою початку n операцій, що виконуються одночасно. Завершення усіх n операцій є умовою настання події B . За умови, якщо для i -ої послідовності операцій виконується умова:

$$m_t - 3 \cdot \sigma_i > \max(m_j + 3 \cdot \sigma_j) \quad \forall i, j = \{1, \dots, n\}, j \neq i, \quad (6)$$

$$M|t_{AB}| = m_i, \quad (7)$$

$$\sigma_{AB} = \sigma_i, \quad (8)$$

де m_i - МО часу виконання i -ої операції;

m_j - МО часу виконання j -ої операції;

σ_i - СКВ часу виконання i -ої операції;

σ_j - СКВ часу виконання j -ої операції;

$M|t_{AB}|$ - МО часу виконання n операцій;

σ_{AB} - СКВ часу виконання n операцій.

Припущення щодо нормального закону розподілу базується на центральній граничній теоремі, проте питання про правомочність такого допущення залишається відкритим у зв'язку з наявністю протиріччя між фізичним сенсом величини, що досліджується та властивостями нормального закону розподілу. Враховуючи, що бета-розподілення справедливо тільки за умови виконання певних співвідношень між мінімальною, максимальною та нормальною оцінками закону розподілу, а експериментальні дані точніше апроксимуються нормальним законом розподілу.

Приймається гіпотеза про нормальний закон розподілу часу виконання адитивної

операції та обмежується область визначення функції розподілу позитивним значенням аргументу.

За максимальну та мінімальну оцінки закону розподілу часу виконання операцій використовується час виконання нормативів на оцінки "задовільно" і "відмінно".

Загальний середній час на виконання ФЦ (бойового завдання) може бути визначений наступним чином:

$$\bar{T}_{\text{фц}} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5,$$

$$\text{де } T_1 = \sum_{i=1}^D t_{i,i+1}, T_2 = \sum_{k=1}^F t_k, T_3 = \sum_{j=1}^E \tau_k, T_4 = \sum_{j=1}^E t_j, T_5 = \sum_{j=1}^E \tau_j;$$

$t_{i,i+1}$ - МО часу руху між i -м і $(i+1)$ -м пунктами;

t_k - МО часу приведення у бойову готовність у k -му пункті;

τ_k - МО часу згорання після приведення у бойову готовність у k -му пункті (у точці зустрічі або біля СП);

t_j - МО часу обстрілу цілей одним бойовим комплектом БМ в j -му пункті (на СП);

τ_j - МО часу згорання після обстрілу цілей у j -му пункті;

D, E, F - кількість ділянок руху БМ, між СП, тоді:

$$\bar{T}_{\text{фц}} = \sum_{i=1}^D t_{i,i+1} + \sum_{k=1}^F t_k + \sum_{k=1}^F \tau_k + \sum_{j=1}^E t_j + \sum_{j=1}^E \tau_j. \quad (9)$$

Таким чином, час початку виконання бойового завдання T_H можливо визначити за формулою:

$$T_H = T_{\text{ТВ}} - T_0, \quad (10)$$

де $T_{\text{ТВ}}$ - необхідний час на виконання бойового завдання.

Оскільки усі складові (9) є випадковими величинами, то їх можливо характеризувати відповідними статистичними параметрами: середніми значеннями і СКВ.

З випадкового характеру складових процесу бойового застосування виходить, що поняття "точно вчасно" повинно розглядатися з урахуванням довірчих границь часу на виконання бойового завдання. Це означає, що час на прибуття БМ на СП або у район зосередження після виконання бойового завдання "точно вчасно" є верхньою границею та може бути визначений аналогічно виразу (3) наступним чином:

$$T_{\text{ТВ}} = T_H + \bar{T}_0 + x_p \sigma_T. \quad (11)$$

При рішенні задачі розрахунку часу, який необхідний для виконання ФЦ бойового застосування БМ у ПР, за початкові дані використані нормативи виконання операцій ЗРК "Оса-АКМ" з правил стрільби ЗРК "Оса" [20].

Зроблено припущення, що дані величини не корельовані, середні відстані між СП, і кордоном ПР дорівнюють 2 км.

Обговорення результатів моделювання. У табл. 1 приведено вхідні данні та результати розрахунку для БМ МКО, представлено результати оцінки тривалості ФЦ для двох можливих варіантів дій, вибір яких визначається умовами обстановки.

Умовою успішного виконання ФЦ БМ МКО є не ураження БМ МКО засобами РУК противника за наступний час:

$$\bar{T}_{\text{ФЦ}} = \sum_{i=1}^N \bar{T}_i.$$

Таблиця 1

Параметри тривалості операцій ФЦ БМ в процесі експлуатації

Операція ФЦ	Норматив		m _t хв.	σ _i хв.	Кількість повторень Вариант 1	Середній час виконання операцій, хв.	Кількість повторень Вариант 2	Середній час виконання операцій, хв.
	t _{min.} хв.	t _{max.} хв.						
Переміщення БМ на СП у ПР	0,6	0,8	0,7	0,05	3	2,05	2	1,37
Розгортання БМ з орієнтуванням	4,5	6	5,1	0,3	1	5,1	1	5,1
Приведення БМ у бойову готовність	8	9,5	8,6	0,3	1	8,6	1	8,6
Залишення СП після приведення БМ у готовність	0,25	0,5	0,35	0,05	1	0,35	1	0,35
Обстріл цілей (1 комплект)	4	5	4,4	0,2	2	8,8	2	8,8
Залишення СП БМ після стрільби	0,27	0,37	0,31	0,02	2	0,6	2	0,6
Середній час ФЦ (СКВ)				0,92		25,5		24,8
Середній час ФЦ з довірчою ймовірністю P = 0,9						28,1		27,4

Висновки. Таким чином, удосконалено логістичну модель щодо оцінки часу застосування БМ МКО у процесі експлуатації, яка дозволяє розраховувати загальну тривалість ФЦ бойового застосування з урахуванням можливої зміни логістики застосування БМ МКО.

Результати досліджень, що отримані за логістичною моделлю, можуть бути використані при оцінці впливу часу виконання ФЦ на бойову ефективність БМ МКО, що може стати основою для формування вимог до тактико-технічних характеристик БМ, у тому числі й для видів забезпечення бойового застосування.

Дана модель може бути використана у рамках дослідження різних експлуатаційних і бойових властивостей, як існуючих, так і перспективних БМ МКО.

Подальшим напрямком досліджень може бути розробка удосконаленої логістичної моделі оцінки часу застосування БМ МКО, яка враховує особливості зміни умов використання БМ МКО у процесі експлуатації в сучасних умовах.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Ланецкий Б.Н., Лук'ячук В.В., Лісовенко В.В., Николаев І. М. Методичний підхід до обґрунтування вимог до виживаємості зенітних ракетних комплексів в умовах вогневої протидії противника. Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. 2014. № 2 (15). С. 93 - 97.

2. Даник Ю.Г., Шестаков В.І. Особливості розвитку та удосконалена класифікація розвідувально-ударних комплексів. Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. 2017. № 3 (30). С. 126 - 136.

3. Сафонов Р.А. Методика оценки живучести сложных систем военного назначения [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://xreferat.ru/17/622-1-metodika-ocenki-zhivuche-sti-slozhnyh-sistem-voennogo-naznacheniya.html>.

4. Інформаційне агентство [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.dsnews.ua/ukr/politics/voyna-besplotnikov-kak-ukraina-mozhet-ispolzovat-na-donbasse-opyt-azerbaydzhana-v-nagornom-karabahe-26102020-403927/> Війна безпілотників. Як Україна може використати на Донбасі: досвід Азербайджану в Нагірному Карабасі. Дата доступу: 13.11.2020.

5. The center for the study of the drone at Bard College [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://dronecenter.bard.edu/The-Drone-Databook>. Дата доступу: 13.11.2020.

6. Інформаційний ресурс [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://twitter.com/clashreport/Clash-Report>. Дата доступу: 13.11.2020.

7. Греков В.П., Акуленко ІМ., Балабуха О.С. Оцінювання ефективності бойового застосування засобів ураження з врахуванням впливу технічних характеристик систем розвідки та управління. Збірник

наукових праць Об'єднаного науково-дослідного інституту. 2005. Вип. 2 (2). С. 79 - 84.

8. Федченко В.В., Греков В.П., Балабуха О.С. Оцінювання ефективності ракетних ударів з урахуванням надійності озброєння та протидії противника. Моделювання та інформаційні технології. 2005. Вип. 2 (2). С. 41 - 46.

9. Герасимов С.В., Дергачов К.Ю., Балабуха О.С. Логістична модель застосування мобільного комплексу озброєнь. Матеріали наукового семінару "Моделювання в військово-наукових дослідженнях". 2006. Вип. 3 (4). С. 10 - 13.

10. Герасимов С.В., Дергачов К.Ю., Балабуха О.С. Структура програмного забезпечення диспетчерської системи слєження за подвижними об'єктами. Матеріали I міжнародної науково-практичної конференції "Європейська наука XXI століття: Стратегія і перспективи розвитку". 2006. Т. 23. С. 6 - 8.

11. П'янков А.А., Пискачов ОІ., Балабуха О.С. Підвищення рухомості самохідної пускової установки як перспективний шлях зменшення імовірності її ураження. Збірник наукових праць Об'єднаного науково-дослідного інституту. 2007. Вип. 1 (6). С. 54 - 59.

12. Коваль В.В., Балабуха О.С. Основні вимоги до перспективної високоточної зброї повітряного базування. Системи озброєння і військова техніка. 2016. Вип. 1 (45). С. 85 - 87.

13. Кожушко Я.М., Гричанюк О.М., Саморок М.Г., Балабуха О.С. Аналіз можливого бортового оснащення радіотехнічними та телевізійними системами безпілотного літального апарату. Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. 2018. Вип. 4 (58). С. 37 - 42.

14. Хемді А. Таха. Дослідження операцій. К.: ДИАЛЕКТИКА, 2018. 1056 с.

15. Herasimov S., Belevshchuk Y., Ryapolov I. and alc. Characteristics of radiolocation scattering of the SU-25T attack aircraft model at different wavelength ranges. *Information and controlling systems. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. № 6/9 (96). 2018. P. 22 – 29. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.152740>.

16. Herasimov S., Tymochko O., Kolomiitsev O. and alc. Formation Analysis Of Multi-Frequency Signals Of Laser Information Measuring System. *EUREKA: Physics and Engineering*. № 5. 2019. P. 19 – 28. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2019.00984>.

17. Kriukov O., Melnikov R., Bilenko O. and alc. Modeling of the process of the shot based on the numerical solution of the equations of internal ballistics. *Applied physics. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. № 1/5 (97). 2019. P. 40 – 46. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.155357>.

18. Herasimov S., Roshchupkin E., Kutsenko V. and alc. Statistical analysis of harmonic signals for testing of Electronic Devices. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*. № 8 (7). 2020. P. 3791 – 3798. <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/143872020>.

19. Herasimov S., Pavlenko M., Roshchupkin E. and alc. Aircraft flight route search method with the use of cellular automata. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*. № 9 (4). P. 5077 – 5082. <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/129942020>.

20. Оса (зенітний ракетний комплекс) [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%81%D0%B0_\(%D0%B7%D0%B5%D0%BD%D1%96%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B0%D0%BA%D0%B5%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%81%D0%B0_(%D0%B7%D0%B5%D0%BD%D1%96%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B0%D0%BA%D0%B5%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81)).

REFERENCES:

1. Lanetsky B. N., Lukyanchuk V. V., Lisovenko V. V. and Nikolaev I. M. (2014), "Methodical approach to substantiation of requirements to survival of anti-aircraft missile systems in the conditions of enemy fire resistance". *Science and technology of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine*, 2(15). P. 93 - 97.

2. Danyk Yu. G. and Shestakov V. I. (2017), "Features of development and improved classification of reconnaissance and strike systems". *Modern information technologies in the field of security and defense*, 3(30). P. 126 - 136.

3. Safonov R. A. "Methods for assessing the survivability of complex military systems" [Electronic resource]. Access mode: <http://xreferat.ru/17/622-1-metodika-ocenki-zhivuche-sti-slozhnyh-sistem-voennogo-naznacheniya.html>. Access date: 15.11.2020.

4. "Information agency" [Electronic resource]. Access mode: <https://www.dsnews.ua/ukr/politics/voyna-bes-pilotnikov-kak-ukraina-mozhet-ispolzovat-na-donbasse-opyt-azerbaydzhana-v-nagornom-karabahe-26102020-403927>. Access date: 15.11.2020.

5. "The center for the study of the drone at Bard College" [Electronic resource]. Access mode: https://dronecenter.bard.edu/The_Drone_Databook. Access date: 15.11.2020.

6. "Information agency" [Electronic resource]. Access mode: <https://twitter.com/clashreport/> Clash

Report. Access date: 15.11.2020.

7. Grekov V. P., Akulenko I. M. and Balabukha O. S. (2005), "Estimation of efficiency of combat use of means of defeat taking into account influence of technical characteristics of systems of reconnaissance and management". Collection of scientific works of the Joint Research Institute, 2(2). P. 79 - 84.

8. Fedchenko V. V., Grekov V. P. and Balabukha O. S. (2005), "Evaluation of the effectiveness of missile strikes taking into account the reliability of weapons and enemy counteraction". Modeling and information technology, 2(2). P. 41 - 46.

9. Gerasimov S. V., Dergachev K. Yu. and Balabukha O. S. (2006), "Logistic model of application of a mobile complex of armaments". Proceedings of the scientific seminar "Modeling in military research", 3(4). P. 10 - 13.

10. Gerasimov S. V., Dergachev K. Yu. and Balabukha O. S. (2006), "Struktura software software of the dispatching system for tracking moving objects". Proceedings of the I International Scientific and Practical Conference "European Science of the XXI Century: Strategy and Prospects for Development", 23. P. 6 - 8.

11. Pyankov A. A., Piskachev O. I. and Balabukha O. S. (2007), "Increasing the mobility of self-propelled launcher as a promising way to reduce the probability of its defeat". Collection of scientific works of the Joint Research Institute, 1(6). P. 54 - 59.

12. Koval V. V. and Balabukha O. S. (2016), "Basic requirements for promising high-precision air-based weapons". Weapons systems and military equipment, 1(45). P. 85 - 87.

13. Kozhushko Ya. M., Hrychanyuk O. M., Samorok M. G. and Balabukha O. S. (2018), "Analysis of possible onboard equipment with radio and television systems of unmanned aerial vehicles". Collection of scientific works of Kharkiv National University of the Air Force, 4(58). P. 37 - 42.

14. Hamdi A. Taha. Operations Research (2018). Kyiv: DIALECTICS. 1056 p.

15. Herasimov S., Belevshchuk Y., Ryapolov I. and alc. Characteristics of radiolocation scattering of the SU-25T attack aircraft model at different wavelength ranges. Information and controlling systems. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. № 6/9 (96). 2018. P. 22 – 29. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.152740>.

16. Herasimov S., Tymochko O., Kolomiitsev O. and alc. Formation Analysis Of Multi-Frequency Signals Of Laser Information Measuring System. EUREKA: Physics and Engineering. № 5. 2019. P. 19 – 28. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2019.00984>.

17. Kriukov O., Melnikov R., Bilenko O. and alc. Modeling of the process of the shot based on the numerical solution of the equations of internal ballistics. Applied physics. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. № 1/5 (97). 2019. P. 40 – 46. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.155357>.

18. Herasimov S., Roshchupkin E., Kutsenko V. and alc. Statistical analysis of harmonic signals for testing of Electronic Devices. International Journal of Emerging Trends in Engineering Research. № 8 (7). 2020. P. 3791 – 3798. <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/143872020>.

19. Herasimov S., Pavlenko M., Roshchupkin E. and alc. Aircraft flight route search method with the use of cellular automata. International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. № 9 (4). P. 5077 – 5082. <https://doi.org/10.30534/ijatce/2020/129942020>.

20. Wasp (anti-aircraft missile system) [Electronic resource]. Access mode: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%81%D0%B0_\(%D0%B7%D0%B5%D0%BD%D1%96%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B0%D0%BA%D0%B5%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%81%D0%B0_(%D0%B7%D0%B5%D0%BD%D1%96%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B0%D0%BA%D0%B5%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81)). Access date: 15.11.2020.

Danilov Yu., Khrol L.O., Bologov A.V., Moshnoy S.V., Solodeeva L.V.
SIMULATION OF FUNCTIONAL CYCLE OF APPLICATION COMBAT MACHINE OF THE
MOBILE WEAPONS COMPLEX

The results of the analysis of the experience of creation of reconnaissance and strike complexes by the leading countries of the world and the possibility of their application in the implementation of the concepts of war based on the results of armed conflicts in recent years are presented. The purpose of the study is to conduct a systematic analysis of the duration of the functional cycle of the combat vehicle of the mobile weapon complex in the conditions of fire influence of modern means of air attack of the enemy and reconnaissance and strike systems. The logistic model of estimation of time of application of the fighting machine of a mobile complex of armament in the course of operation is offered. The logistics model allows to calculate the total duration of the functional cycle of combat use of the combat vehicle of the mobile

armament complex. The study of the time characteristics of the process of using a combat vehicle is carried out using the critical path method. The calculation of the model allows to determine the operations of the critical path of the combat vehicle, the execution time of the functional cycle combat work. In solving the problem of calculating the time required to perform the functional cycle of the combat vehicle, for the initial data used standards for operations of a known type of weapon. The simulation results are proposed to be used in assessing the impact of the time of the functional cycle on the combat effectiveness of the combat vehicle. Such results are the basis for the formation of requirements for the tactical and technical characteristics of the combat vehicle of the mobile armament complex. The simulation results allow to determine the mathematical expectation of the time of execution of the functional cycle of the combat vehicle in order to ensure the required level of survivability and to set requirements for the mobility parameters of transport units of advanced combat vehicles of mobile weapons systems.

Keywords: reconnaissance and strike complex, mobile armament complex, functional cycle, starting position, transport unit, logistics model