

Лаврінчук Олександр Васильович (кандидат технічних наук, старший науковий співробітник)

Чопа Дмитро Анатолійович (кандидат технічних наук, старший науковий співробітник)

Кільменінов Олексій Анатолійович (кандидат технічних наук)

Національний університет оборони України, Київ, Україна

ПІДХІД ДО ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ПОКАЗНИКІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЗРАЗКА АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ОЗБРОЄННЯ В ІМІТАЦІЙНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

У сучасних умовах артилерія залишається основним засобом вогневого ураження противника. Артилерійське озброєння постійно вдосконалюється, розробляється і приймаються на озброєння нові зразки, проводиться модернізація та удосконалення існуючих, надходять зразки артилерійського озброєння від західних партнерів. Від повноти переліку та обґрунтування тактико-технічних вимог прямо залежать бойові якості зразків, що розробляються або модернізуються. Тому створення зразка артилерійського озброєння в базі даних системи імітаційного моделювання JCATS, що здійснюється через обґрунтоване і повне формування його кількісних показників, є важливим етапом проведення досліджень з оцінювання ефективності застосування зразка даного класу озброєння. Метою статті є визначення підходу до формування кількісних значень показників ефективності зразка артилерійського озброєння для створення (опису) боєприпаса в імітаційному середовищі на прикладі уламково-фугасного снаряда на основі аналізу системи показників, що використовуються в базах даних системи імітаційного моделювання JCATS та використовуючи відомий математичний апарат і наявну інформаційну базу. Під час проведення дослідження застосовувались такі методи: аналіз системи показників, порівняння показників, формалізація процесу функціонування зразка озброєння, аналогія показників із вітчизняної практики з практикою країн НАТО, узагальнення результатів дослідження. Зазначений методологічний підхід дав змогу провести аналіз системи показників оцінювання ефективності зразків артилерійського озброєння, що використовуються у вітчизняній практиці, структури та змісту складових бази даних системи імітаційного моделювання JCATS, а також відповідної системи показників, що описують зразок артилерійського озброєння (уламково-фугасний боєприпас) в імітаційному середовищі, та запропонувати можливі підходи щодо формування (визначення) необхідних чисельних характеристик для створення зразка артилерійського озброєння в базі даних системи імітаційного моделювання JCATS. У статті наведено аналіз системи показників оцінки ефективності зразка артилерійського озброєння (на прикладі уламково-фугасного боєприпаса, що використовується у вітчизняній практиці, а також системи показників, що використовуються в базі даних системи імітаційного моделювання JCATS. Авторами запропоновано підхід до формування (визначення) кількісних значень показників для створення (опису) уламково-фугасного снаряду в імітаційному середовищі для подальшого моделювання процесу його функціонування з метою оцінювання його ефективності. Аналіз системи показників оцінювання ефективності зразка артилерійського озброєння, а також системи показників, що використовуються в базі даних системи імітаційного моделювання JCATS, дає змогу виявити відмінності у структурі, змісті та формі подання показників оцінювання ефективності уламково-фугасних снарядів, що використовуються у вітчизняній нормативно-довідковій літературі, порівняно з тими, що використовуються в базі даних означеної системи, та сформулювати підходи до вирішення цієї проблеми. Отримані результати дослідження забезпечать адаптацію (приведення до єдиного формату) існуючої системи показників оцінки ефективності у відповідність до системи показників, що використовуються для опису зразків артилерійського озброєння в базі даних системи імітаційного моделювання JCATS.

Ключові слова: зразок артилерійського озброєння, тактико-технічні вимоги, система імітаційного моделювання бойових дій, оцінка ефективності застосування зразка артилерійського озброєння, система показників, приведена площа ураження.

Вступ

Якість матеріальної складової бойового потенціалу артилерійського підрозділу забезпечується сукупністю певних властивостей, що, в свою чергу, визначають відповідність зразків артилерійського озброєння (далі – АО) завданням, що на них покладені. Кількісно-якісним відображенням властивостей зразків АО є їх тактико-технічні характеристики (далі – ТТХ). Від повноти переліку та обґрунтування їх рівня прямо залежать бойові якості перспективних зразків АО.

На сучасному етапі розвитку АО використовують поняття «артилерійський комплекс» (далі – АК), що розглядається, як сукупність функціонально взаємозв'язаних зразків артилерійського озброєння і спеціальної військової техніки [1]. До складу АО входять артилерійські установки (гармати, міномети, пускові установки реактивних систем) і боєприпаси до них. До спеціальної військової техніки слід віднести засоби розвідки цілей, управління і забезпечення стрільби, транспортні засоби тощо. Наведене поняття АК

доцільно використовувати під час аналізу наявних зразків АО, обґрунтування тактико-технічних вимог (далі – ТТВ) формування тактико-технічних завдань (далі – ТТЗ) для розроблення нових (удосконалення існуючих) артилерійських комплексів.

Постановка проблеми. Існуюча система показників, що характеризують АО, та використовуються для формування ТТВ, не повною мірою відповідають змісту (сукупності показників) бази даних (далі – БД) системи імітаційного моделювання (далі – СІМ) JCATS (Joint Conflict and Tactical Simulation), в якій створюється зразок АО для моделювання його функціонування в імітаційному середовищі. Це, у свою чергу, обумовлює невідповідність зразка АО, ефективність якого буде оцінюватись в імітаційному середовищі, реальному зразку, для якого потрібно кількісно обґрунтувати ТТВ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Огляд існуючих науково-методичних підходів до моделювання бойових дій, першочергово аналітичних, свідчить про обмеження використання таких підходів для моделювання процесів, що характерні для сучасної збройної боротьби [2]. Сьогодні спостерігається прикладне використання СІМ JCATS в основному, під час проведення практичної підготовки військових фахівців. Водночас означена СІМ не знаходила системного застосування для проведення наукових досліджень у военній сфері. Тому запропоновано використовувати СІМ JCATS для обґрунтування способів бойового застосування підрозділів і визначення раціональних шляхів підвищення бойової ефективності озброєння та військової техніки (далі – ОВТ). Автори роботи [3] розглядали деякі загальні питання можливості проведення теоретико-експериментальних досліджень ОВТ з використанням СІМ JCATS. В роботах [4; 5] було проаналізовано можливості СІМ JCATS щодо проведення досліджень для оцінки ефективності зразків ОВТ. У роботі [6] розглянуті питання щодо використання СІМ JCATS для оцінювання ефективності застосування зразків стрілецької зброї в імітаційному середовищі.

Аналіз літератури свідчить, що розглядалися деякі питання стосовно можливості та доцільності використання СІМ JCATS для проведення наукових досліджень за певними напрямками, що пов'язані з оцінюванням ефективності зразків ОВТ, або розглядалися певні аспекти дослідження ефективності лише окремого класу ОВТ.

Проте питання щодо формування (визначення) чисельних характеристик показників, що використовуються в БД СІМ JCATS для опису зразка АО для оцінювання ефективності його застосування в імітаційному середовищі, не розглядалися.

Метою статті є визначення підходу до формування кількісних значень показників ефективності зразка артилерійського озброєння для створення (опису) боєприпаса в імітаційному

середовищі на прикладі уламково-фугасного снаряда на основі аналізу системи показників, що використовуються в базах даних системи імітаційного моделювання JCATS.

Виклад основного матеріалу дослідження

Як відомо з теорії оцінювання ефективності, бойова ефективність зразка ОВТ, як ступінь його відповідності призначенню, визначається переважно через збиток, що наноситься противнику [9]. Інструментальним засобом отримання чисельних значень показників ефективності зразка ОВТ у складі підрозділу є математична модель (комплекс моделей) бойових дій, що ведуться цим підрозділом. У дослідженнях як модель функціонування пропонується використовувати систему імітаційного моделювання JCATS. Моделювання варіанту застосування підрозділу за допомогою СІМ JCATS є машинне відтворення в часі динаміки дій об'єктів моделювання в обстановці, що формується з урахуванням факторів природного середовища і протидії противника.

Підхід до оцінювання ефективності підрозділу на основі моделювання процесу застосування призводить до трирівневої системи показників. Як показники нижнього рівня використовуються натуральні параметри, кількісні значення яких можуть бути отримані з відповідної документації, та які складають зміст БД СІМ JCATS. Показники нижнього рівня є ввідними даними для імітаційного моделювання процесів, що властиві функціонуванню підрозділу, і відображають зміст оперативно-тактичної (тактичної) моделі обстановки. Значення показників нижнього рівня підлягають безпосередньому формуванню під час підготовки до моделювання з використанням СІМ JCATS. Частина значень показників нижнього рівня, що визначають ТТХ реальних зразків ОВТ, військової та спеціальної техніки, обирається із відповідних довідників [10].

Виходячи із мети статті потрібно дослідити, як визначаються (формується) кількісні показники для створення зразка АО (на прикладі 155-мм уламково-фугасного снаряда М107 HE) в БД СІМ JCATS для подальшого оцінювання ефективності його застосування. Основними властивостями уламково-фугасного (далі – УФ) снаряда є: *могутність дії, дальність стрільби, купність стрільби* [11]. Тобто ті, які визначають ефективність бойового застосування боєприпаса.

Могутність є найважливішим показником, що характеризує ефективність застосування артилерії в бойових умовах, оскільки впливає на витрату снарядів, час виконання бойових завдань та економічність дії АК загалом. УФ боєприпаси є найбільш ефективним стосовно могутності, оскільки забезпечують два види вражаючої дії: уламкову та фугасну.

Основною характеристикою уламкової дії є приведена площа ураження цілі S_{np} .

S_{np} – деяка умовна площа цілі, за умови влучення в яку вважають, що ціль виводиться з ладу з ймовірністю, що дорівнює одиниці.

Також використовують таке поняття, як ефективність стрільби [7] по:

окремій цілі, яка характеризується ймовірністю її ураження (P);

груповій цілі – математичним очікуванням відносного числа (або відсотка) уражених окремих цілей у складі цієї групової цілі $M[a]$.

Ймовірність ураження P і математичне очікування $M[a]$ називають показниками ефективності стрільби, а їх чисельні значення – рівнями показників ефективності стрільби. Зазначені показники можуть бути визначені з використанням математичного апарата теорії ймовірності.

Дальність стрільби визначає глибину і можливість завдань, що виконуються артилерією. Для різних типів снарядів та умов стрільби ця вимога оцінюється різними показниками, зокрема, для УФ снарядів – мінімальною та максимальною дальністю стрільби.

Купність характеризується показниками розсіювання точок падіння снарядів, які називаються серединними відхиленнями Vd , Vb і Vv за дальністю, за напрямком і за висотою відповідно. Ці показники пов'язані з явищами, що описуються в теорії зовнішньої балістики [12].

Крім характеристик розсіювання є ще одна група показників – це помилки, що впливають на ефективність стрільби: Ed , En – серединні помилки визначення установок за дальністю та напрямком відповідно. Вони є наслідком помилок визначення установок, викликають відхилення середньої точки розривів снарядів від цілі та характеризуються зведеними серединними помилками за дальністю і напрямком. Їх зазвичай називають помилками підготовки стрільби. Величини серединних помилок Ed і En залежать від артилерійської системи, дальності стрільби і способу визначення установок. Значення Vd , Vb і Vv , а також Ed і En розраховуються, або наводяться у відповідних довідниках (таблицях стрільб) для існуючих артилерійських систем та боеприпасів [8].

Для порівняння системи показників, що наведені вище та використовуються в існуючій системі формування ТТВ для АО, а саме, для УФ снарядів, із показниками, які використовуються для формування (опису) УФ снарядів в БД СИМ JCATS, потрібно провести аналіз змісту відповідних таблиць БД СИМ JCATS, в якій створюється зразок АО для подальшого моделювання його функціонування в імітаційному середовищі.

Кожен боеприпас має особливості *уражаючої дії*, що стосуються конкретного класу боеприпасів. Для вибору боеприпаса в БД СИМ JCATS відображаються певні вкладки атрибутів, потрібні для визначення цих конкретних боеприпасів.

Усі можливі типи боеприпасів подані у вкладці «Список боеприпасів» (Munition List) (рис. 1).

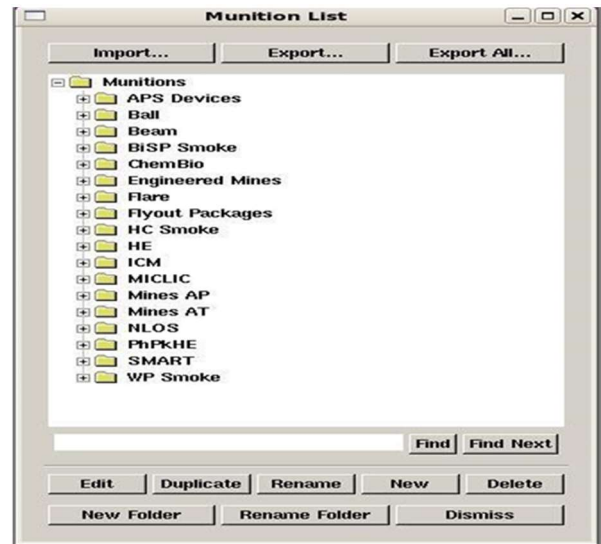


Рисунок 1 – Список боеприпасів

У вкладці «Загальні» вказуються основні характеристики боеприпасів, режими вогню, завдання та інші (рис. 2).

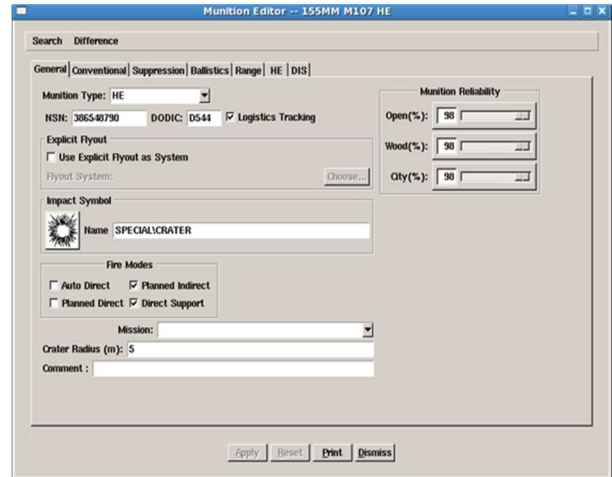


Рисунок 2 – Загальні характеристики боеприпасів

Потрібні дані належать визначеному типу боеприпаса. Для прикладу розглянемо 155-мм УФ снаряд М107 виробництва США.

У вкладці, наведеній на рис. 2 є два показники могутності снаряду: надійність боеприпаса (Munition Reliability) та фугасна дія (Crater Radius). *Перший показник* визначає ймовірність спрацювання (детонації) боеприпаса, розсіювання уламків тощо в різних умовах місцевості (відкрита, лісиста і забудована). Показник виражається в термінах ймовірності ефективної дії (0% – 100%), де 0% визначає, що боеприпаси завжди будуть давати збої (могутність снаряда не реалізується), а 100% – боеприпаси ніколи не будуть давати збої (повна реалізація могутності дії). Для вітчизняних боеприпасів (відповідних калібрів снарядів артилерійських систем радянського виробництва) показника в такому вигляді не існує. Для визначення його кількісних значень необхідно проводити практичні експерименти (стрільби) в

зазначених вище умовах місцевості. Стосовно боєприпасів виробництва країн НАТО слід використовувати дані із закордонних джерел. Наприклад, Загальний довідник з оцінювання ефективності боєприпасів (JMЕМ – Joint Munitions Effectiveness Manual) або довідники науково-дослідного центру систем бойової техніки Сухопутних військ Збройних Сил США (AMSAA – Army Materiel Systems Analysis Activity).

Другий показник визначає радіус воронки, яка утворюється в результаті вибуху снаряда. У вітчизняній практиці використовують поняття «об'єм воронки в ґрунті». Значення цього показника розраховується аналітичним способом або береться з відповідних довідників [13].

Редактор звичайних боєприпасів (Conventional) (дія яких заснована та традиційних фізичних принципах), наведено на рис. 3.

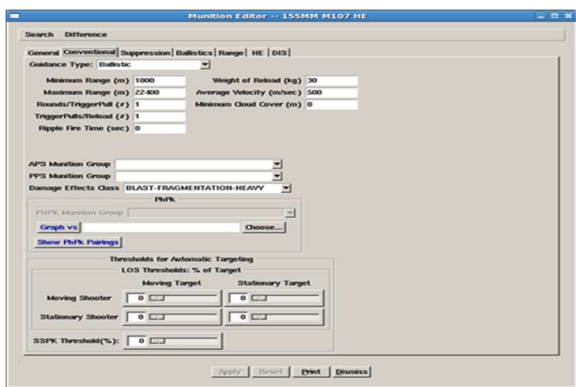


Рисунок 3 – Редактор звичайних боєприпасів

У цій вкладці визначаються показники, характеристики яких надаються у відповідних довідниках, таблицях стрільб або технічній документації [8]:

Minimum Range (мінімальна дальність стрільби) – відстань, яку боєприпас подолає до того, як він буде переведений у бойове положення та буде застосований за призначенням (визначається часом, що необхідний для зведення підричника);

Maximum Range (максимальна дальність стрільби) – максимальна відстань, на якій боєприпас може бути застосований.

Позиція *Damage Effects Class* – індекс в таблицях втрат, що визначає результати застосування боєприпасів залежно від заданого класу пошкоджень або втрат.

PhPk – дані про ймовірності влучання та ймовірності ураження.

PhPk Munition Group – вибір системи (System) для порівняння результатів застосування боєприпасу з обраним класом систем.

Graph vs. – надає графік, який ілюструє ймовірність ураження одним пострілом в залежності від дальності дії даного боєприпасу по відношенню до обраного класу систем.

Show PhPk Pairings – відображає форму зі списком всіх систем, уразливих до впливу такого боєприпасу. У формі зазначаються цільова група і

таблиці PhPk, що використовуються для цього боєприпаса.

Наведені показники пов'язані з характеристиками могутності боєприпаса, але в такому вигляді у вітчизняній практиці не використовуються і для їх визначення та заповнення відповідних таблиць БД СІМ JCATS потрібно користуватися вищезгаданими довідниками JMЕМ та AMSAA, а потім апроксимувати до боєприпасів, що відрізняються від боєприпасів США.

Suppression (придушення) – ефекти придушення визначають, як ціль реагує на снаряд, що наносить ураження. Значення, що використовуються для визначення результатів, указані в таблиці Перелік/Класи – Ефекти Придушення (рис. 4).

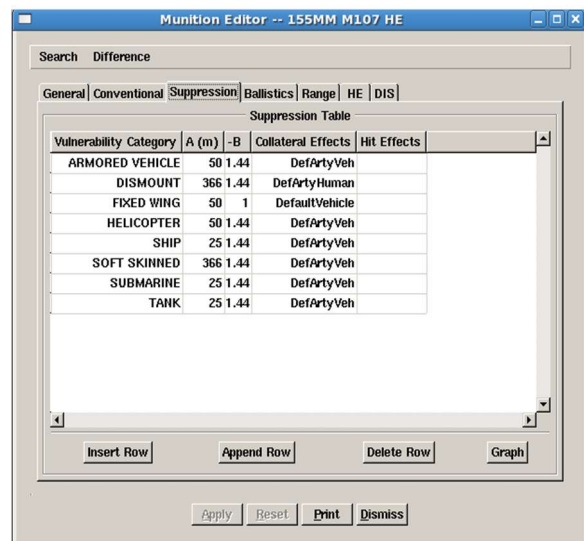


Рисунок 4 – Таблиця ефектів придушення

Vulnerability Category – група аналогічних систем, уразливих для конкретного боєприпаса.

Значення А – це радіус (метри) зони, в якій ціль має знаходитись, щоб бути придушеною.

Значення –В є логарифмічною функцією, що визначає ймовірність придушення системи в межах значення А як функцію діапазону. Низьке значення –В збільшує ймовірність придушення системи. Значення –В визначає форму кривої як функцію діапазону (рис. 5).

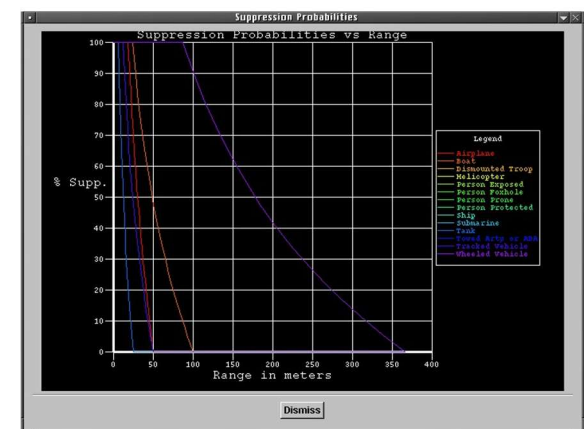


Рисунок 5 – Графік ймовірностей придушення

У процесі побудови графіка всі системи «нижче» криві мають більш високу ймовірність придушення, ніж системи «вище» криві.

Collateral Effects (Супутні Ефекти) – це індекс в редакторі Список / Класи – Ефекти Придушення, що визначає вплив ефектів на систему, коли боєприпас розривається поблизу системи під час стрільби із закритих вогневих позицій.

Hit Effects (Ефект Влучання) – це індекс в тій самій таблиці, що визначає ефекти під час ураження системи, але не кількість цілей, що знищені боєприпасом.

Числові значення характеристик придушення цілі в результаті дії певного УФ боєприпаса можна отримати експериментальним шляхом або використовуючи дані із довідників для існуючих боєприпасів країн НАТО. У вітчизняній практиці такі характеристики не використовуються.

Range (Дальність) визначає дальність стрільби боєприпасом, час польоту, кут падіння, а також дані про балістичні помилки (рис. 6).

Range (m)	Time of Flight (sec)	Angle of Fall (degrees)	Aiming Error (deflection)	Aiming Error (range)	Ballistic Error (deflection)	Ballistic Error (range)
1000	22	30	5	6	6	42
6100	22	30	5	6	6	42
12200	44	39	7	9	10	64
22400	58	57	7	10	18	108

Рисунок 6 – Балістичні характеристики

Значення помилок прицілювання і балістики є стандартним відхиленням нормального розподілу, а не ймовірною помилкою.

Time of Flight (час польоту) – час, потрібний для того, щоб боєприпас після пострілу подолав визначену відстань.

Angle of Fall (кут падіння) – кут між дотичною до траєкторії снаряда в точці його падіння та горизонтом артилерійської гармати.

Aiming Error (Deflection) – середина помилка прицілювання за напрямком E_n .

Aiming Error (Range) – середина помилка прицілювання за дальністю E_d .

Ballistic Error (Deflection) – серединне відхилення за напрямком B_b .

Ballistic Error (Range) – серединне відхилення за дальністю B_d .

Тобто, ці помилки доцільно розділити на дві групи, що визначають характеристики розсіювання та помилки в підготовці стрільби, і можуть бути визначені аналітичним способом або взяті з відповідних таблиць стрільб.

Вкладка HE (*High Explosive*) – УФ боєприпаси за класифікацією НАТО (рис. 7).

У наведеній на рис 7 вкладці визначаються показники, що безпосередньо визначають могутність УФ боєприпаса. УФ боєприпаси, як правило, детонують поблизу цілі, а не влучають

Vulnerability Category	Algorithm	Open 141	Open 201	Open 304	Open 517	Max Kill %	FP Kill %	Min Kill %	K Kill %
FIXED WING	Cartan	1	3050	1325	2525	3050	2525	1325	25
HELICOPTER	Cartan	1	409	409	409	409	409	409	25
ARMORED VEHICLE	Cartan	1	75	45.5	45.5	75	45.5	45.5	0
BIRMOUNT	Cartan	1	534	267	267	534	267	267	0
Person Exposed	Cartan	1	534	267	267	534	267	267	0
Person Inside	Cartan	1	2	0.5	0.5	2	0.5	0.5	0
Person Behind Fence	Cartan	1	103	30.3	30.3	103	30.3	30.3	0
Person Protected	Cartan	1	2	0.5	0.5	2	0.5	0.5	0
SHIP	Cartan	1	100	100	100	100	100	100	0
SOFT SKINNED	Cartan	1	78	47	47	78	47	47	0
TANK	Cartan	1	54	56	56	54	56	56	0

Рисунок 7 – Редактор уламково-фугасних боєприпасів

безпосередньо у неї та утворюють зону ураження уламками залежно від кута падіння (Lethality Angle) снаряда. Від розміру зони розльоту уламків, залежить ефективність УФ боєприпаса. В базах даних CIM JCATS цей кут визначає три можливі зони ураження таким боєприпасом за різними категоріями уразливості, що визначені для кожного з трьох типів місцевості: відкритої (Open), лісової (Wood) (рослинність) і міської (City) (забудованість). Під час влучання снаряда CIM JCATS використовує технологію SEDRIS (The Source for Environmental Data Representation & Interchange), що дозволяє детально подавати дані про елементи рельєфу, обмінюватися даними, а також використовувати їх для моделювання різних процесів у точці падіння і застосовує відповідне значення зони ураження. Крім того, з цього моменту розраховується траєкторія польоту снаряду і визначається ступінь закриття цілі елементами рельєфу місцевості від уламків, що розлітаються. Зони ураження розраховані для трьох значень кутів падіння (град):

- перше – 1/3 максимального кута;
- друге – 2/3 максимального кута;
- третє – максимальний кут.

Максимальні значення кутів падіння для УФ снарядів можна знайти у відповідних таблицях стрільб [8].

Інформація про вибух (Burst Info) вказує висоту (м) над землею, на якій відбувається детонація боєприпасів. Крім того функція зміни сектору куту розльоту уламків (Lethal Angle) дає змогу зменшити його значення. Початковим значенням є 360°, але може бути меншим залежно від кута падіння снаряду та конструктивних особливостей боєприпаса.

Можливість застосування боєприпаса з підривною, що програмується (NLOS Range Based Fusing) – дані для моделювання застосування УФ боєприпасів із підривною, що програмується. Це забезпечує моделювання стрільби, коли дальність вводиться в балістичний комп'ютер, а дані передаються на боєприпаси з підривною, що

програмується. Система управління вогнем забезпечує відповідну розраховану точку прицілювання. Потім снаряд відстрілюється і детонує на точній відстані над ціллю.

Range Based Fuse – вказує, що цей боєприпас детонує на розрахунковій дальності, а не під час контакту з поверхнею.

Lethality Data for Each Lethality Angle – таблиця, що містить дані про приведені площі ураження S_{np} боєприпаса за різними групами цілей.

JMEMS Lethal Area Format – визначає приведену площу ураження S_{np} в квадратних метрах за відповідним кутом падіння в кожному типі середовища.

Lethal Radius Format – дозволяє користувачам вказувати приведену зону ураження S_{np} у вигляді радіуса за відповідним кутом падіння в кожному типі місцевості.

Open 1st – 3rd – S_{np} на відкритій місцевості для кожного значення кута падіння.

Wood 1st – 3rd – S_{np} у лісистій місцевості для кожного значення кута падіння.

City 1st – 3rd – S_{np} у забудованій місцевості для кожного значення кута падіння.

Слід зазначити, що в СИМ JCATS не здійснюються розрахунки S_{np} . У таблиці Lethality Data for Each Lethality Angle зазначаються фіксовані значення S_{np} для певних кутів падіння та типу місцевості. У вітчизняних довідниках є значення S_{np} для УФ боєприпасів відносно певних категорій цілей (відкритих, закритих, особового складу, легко броньованої техніки тощо), але без врахування типу місцевості (умов застосування). Тому для заповнення вищезазначених таблиць в БД СИМ JCATS (рис. 7) потрібно: або проводити розрахунки S_{np} , або – відповідні натурні (полігонні) випробування, чи користуватися довідниками Сухопутних військ ЗС США.

Отже, для формування системи показників, що описують УФ снаряд в імітаційному середовищі частково можливо використовувати як показники з вітчизняної практики, що містяться у відповідних довідниках, так і показники, що є у довідниках ЗС

країн НАТО, Також їх можна визначати аналітичним способом, використовуючи теорію імовірності, теорію зовнішньої балістики, науково-методичний апарат розрахунку показників ефективності різних типів боєприпасів.

Висновки й перспективи подальших досліджень

Проведений аналіз системи показників оцінювання ефективності зразка артилерійського озброєння (на прикладі уламково-фугасного боєприпаса), що використовуються у вітчизняній нормативній та інформаційно-довідковій літературі, а також системи показників, що використовуються в базах даних системи імітаційного моделювання JCATS, свідчить про певні розбіжності в структурі, змісті та формі подання таких показників. Наведені, на прикладі уламково-фугасного снаряда результати, дають змогу використовувати підхід до формування кількісних значень показників ефективності зразка артилерійського озброєння для створення (опису) боєприпасу в імітаційному середовищі на основі аналізу системи показників, що використовуються в базах даних системи імітаційного моделювання JCATS для подальшого моделювання процесу його функціонування з метою оцінювання ефективності застосування.

Тому напрямами подальших досліджень можна вважати такі: розроблення можливих підходів щодо подолання розбіжностей між показниками ефективності зразка артилерійського озброєння, вивчення можливих шляхів адаптування існуючої системи показників ефективності зразків артилерійського озброєння відповідно до системи показників, що використовуються для опису зазначеного класу озброєння та військової техніки в базах даних системи імітаційного моделювання JCATS; розгляд підходів щодо визначення кількісних показників ефективності інших класів озброєння та військової техніки відповідно до системи показників ефективності, що використовуються для їх опису в базах даних системи імітаційного моделювання JCATS.

Список бібліографічних посилань

1. Чопа Д. А., Дерев'янчук А. Й., Дерев'янчук В. А. Інформаційні технології як засіб підвищення якості вивчення військово-технічних дисциплін. *Сучасні інформаційні технології в сфері безпеки та оборони*. 2022. № 1(43). С. 91–98. 2. Купрієнко А. М., Голуб В. А., Гумінський Р. В. Можливості застосування імітаційної системи JCATS в наукових дослідженнях. *Військово-Технічний Збірник*. 2014. № 11. С. 89–98. 3. Чепков І. Б., Лапицкий С. В., Гребенник А. В., Расстрыгин А. А. Основы военно-технических исследований теория и приложения. Том 9. Прикладные аспекты испытаний и теоретико-экспериментальных исследований вооружения и военной техники: монография. Київ : ЦНДІ ОБТ ЗС України, 2015. С. 373–400. 4. Звіт про НДР «Методика застосування засобів імітаційного моделювання бойових дій для оцінки тактико-технічних вимог до перспективних зразків озброєння та військової техніки» шифр «МЕТОДИКА ІМ» (остаточний). Київ :

НУОУ, 2019. 5. Кільменінов О. А., Чопа Д. А., Мельник Я. В. Використання можливостей системи імітаційного моделювання JCATS для обґрунтування тактико-технічних вимог до перспективних зразків озброєння та військової техніки. *Сучасні інформаційні технології в сфері безпеки та оборони*. 2020. № 2(38). С. 125–132. 6. Кільменінов О. А., Чопа Д. А. Використання системи імітаційного моделювання JCATS для проведення досліджень з оцінки ефективності бойового застосування зразків озброєння. *Сучасні інформаційні технології в сфері безпеки та оборони*. 2023. № 1 (46). С. 69–72. 7. Стрельба и управление огнем артиллерийских подразделений. Министерство обороны СССР. Москва : Воениздат, 1987. 440 с. 8. Збірник таблиць стрільби: навчальний посібник. Суми: Сумський державний університет, 2011. 300 с. 9. Жуков Г. П., Викулов С. Ф. Военно-экономический анализ и исследование операций: учебник. Москва :

Воениздат, 1987. 10. Колесниченко В. И. Об оценке эффективности АСУ ВВС. *Военная мысль*. 2009. № 20. С. 35–42. 11. Генкин Ю. В., Павлов Я. О., Преображенская М. А. Конструкция артиллерийских выстрелов : учебное пособие. Санкт-Петербург: Балтийский государственный технический университет

«Военмех». 2012. 12. Буров В. В. и др. Баллистика ствольных систем. Москва : Машиностроение, 2006. 459 с. 13. Вовк А. А., Черный Г. И., Кравец В. Г. Действие взрыва в грунтах. Киев : Наук. думка, 1974. 208 с.

APPROACH TO FORMING A SYSTEM OF INDICATORS FOR CREATING A SAMPLE OF ARTILLERY WEAPONS IN A SIMULATION ENVIRONMENT

Lavrinchuk Oleksandr (Candidate of technical sciences, Senior Research Fellow)

Chopa Dmytro (Candidate of technical sciences, Senior Research Fellow)

Kilmeninov Oleksii (Candidate of technical sciences)

National Defence University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Formulation of the problem in general. *The completeness of the list and justification of tactical and technical requirements directly depend on the combat qualities of the models being developed or modernized. Therefore, the creation of a sample of artillery weapons in the database of the JCATS simulation modeling system, carried out through the justified and complete formation of its quantitative indicators, is an important stage in conducting research to assess the effectiveness of using a sample of this class of weapons. The purpose of the article is a definition of an approach to the formation of quantitative values of performance indicators of an AO sample for the creation (description) of ammunition in a simulation environment using the example of a UV projectile based on an analysis of the system of indicators used in the JCATS SIM database and using the well-known mathematical apparatus and the available information base.*

Methods. *When conducting the study, the following methods were used: analysis of the system of indicators, comparison of indicators, formalization of the process of functioning of a weapon model, analogy of indicators in domestic practice with the practice of NATO countries, generalization of the research results. This methodological approach made it possible to analyze the system of indicators for assessing the effectiveness of artillery weapons used in domestic practice, the structure and content of the components of the JCATS simulation system database, as well as the corresponding system of indicators describing the artillery weapon in a simulation environment and propose possible approaches to the formation (determination) of the necessary numerical characteristics for creating a sample of artillery weapons in the database of the JCATS simulation modeling system.*

Analysis of recent researches and publications. *An analysis of the literature showed that some issues of the possibility and feasibility of using JCATS simulation modeling system for conducting scientific research in certain areas that are related to assessing the effectiveness of weapons and military equipment were considered, or certain aspects of studying the effectiveness of only a separate class of weapons and military equipment were considered. However, the issue of forming (determining) the numerical characteristics of the indicators used in the JCATS simulation modeling system database to describe an sample of the artillery weapon to assess the effectiveness of its use in a simulation environment has not been considered.*

Presenting the main material. *The article provides an analysis of the system of indicators for assessing the effectiveness of a sample of artillery weapons (for example, high-explosive ammunition) used in domestic practice, as well as the system of indicators used in the JCATS simulation modeling system database. The authors proposed an approach to the formation (determination) of quantitative values of indicators for the creation (description) of a high-explosive projectile in a simulated environment for further modeling of the process of its functioning in order to evaluate its effectiveness.*

Elements of scientific novelty. *The analysis of the system of indicators for assessing the effectiveness of a sample of artillery weapons, as well as the system of indicators used in the JCATS simulation modeling system database, made it possible to identify differences in the structure, content and form of presentation of indicators for assessing the effectiveness of high-explosive shells used in domestic regulatory and reference literature, according to compared with those used in the JCATS simulation modeling system database and to formulate approaches to solve this problem.*

Practical significance of the article. *The proposed approach to determining (forming) quantitative values of indicators for creating (describing) a high-explosive projectile in a simulation environment will ensure their compliance with the content (set of indicators) of the JCATS simulation modeling system database and will determine the compliance of the artillery weapon sample, the effectiveness assessment of which will be carried out in the simulation environment, a real sample for which it is necessary to quantitatively substantiate the tactical and technical requirements.*

Conclusion and the perspectives of future researches. Based on the analysis of the system of indicators for assessing the effectiveness of a sample of artillery weapons (using the example of high-explosive ammunition), as well as the system of indicators used in the JCATS simulation modeling system database, an approach to the formation (determination) of quantitative values of indicators for the creation (description) of a high-explosive projectile in simulation environment for further modeling of its functioning process is formulated. Directions for further research are: studying possible ways to adapt the existing system of performance indicators for samples weapon in accordance with the system of indicators used to describe the specified class of weapon in the JCATS simulation modeling system database; consideration of approaches to determining quantitative indicators for assessing the effectiveness of other classes of equipment in accordance with the system of efficiency indicators used to describe them in the JCATS simulation modeling system database.

Key words: sample of artillery weapons, tactical and technical requirements, simulation and modeling system of combat operation, assessment of effectiveness of application of sample of artillery weapons, system of indicators, area of defeat.

References

1. Chopa, D., Derevyanchuk, A., Derevyanchuk, V., (2022). Information technologies as a means of increasing the quality of studying military technical disciplines. *Suchasni informatsiini tekhnologii u sferi bezpeky ta oborony*. 1(43).
2. Kuprienko, A., Holub, V., Huminskyi, R., (2014). Possibilities of using the JCATS simulation system in scientific research. *Viiskovo-Tekhnichniy Zbirnyk*. 11, 89-98.
3. Chepkov, I., Lapytskyi, S., Grebennyk, A., Rasstrygin, A., (2015). Fundamentals of military-technical studies, theory and applications. Volume 9. Applied aspects of tests and theoretical-experimental studies of weapons and military equipment. *Osnovni voenno-tehnicheskikh issledovaniy teoriya i prilozheniya*. Tom 9. Prikladnye aspektyi ispytaniy i teoretiko-eksperimentalnykh issledovaniy vooruzheniya i voennoy tehniky: monografiya. Kyiv: TsNDI OVT ZS Ukrainy.
4. Zvit pro NDR "Metodyka zastosuvannya zasobiv imitatsiinoho modeliuвання boiovykh dii dlia otsinky taktyko-tekhnichnykh vymoh do perspektyvnykh zrazkiv ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki" shyfr "METODYKA IM" (ostatochnyi). Kyiv: NUOU, (2019).
5. Kilmeninov, O., Chopa, D., Melnyk, Y., (2020). Using the capabilities of the JCATS simulation modeling system to justify the tactical and technical requirements for promising samples of weapons and military equipment. *Suchasni informatsiini tekhnologii u sferi bezpeky ta oborony*, 2 (38).
6. Kilmeninov, O., Chopa, D., (2023). Using the JCATS simulation modeling system to conduct research to assess the effectiveness of combat use of weapons. *Suchasni informatsiini tekhnologii u sferi bezpeky ta oborony*, 1 (46), 69-72.
7. **Firing and fire control of artillery units** (1987). Mynysterstvo oborony SSSR. Moskva: Voenyzdat, 440.
8. **Collection of shooting tables** (2011). Sumy: Sumskiy derzhavnyi universytet, 300.
9. Zhukov, G., Vikulov, S., (1987). *Military Economic Analysis and Operations Research*. uchebnik. Moscow : Voenizdat.
10. Kolesnichenko, V., (2009). On assessing the effectiveness of Air Force automated control systems. *Voennaya mysl*, 20, 35–42.
11. Genkin, Y., Pavlov, Y., Preobrazhenskaya, M., (2012). Design of artillery munitions. Uchebnoe posobie. Sankt-Peterburg: Baltiyskiy gosudarstvenniy tekhnicheskiiy universitet «Voenmeh».
12. Burov, V. i dr., (2006). **Ballistics of barrel systems**. Moskva: Mashinostroenie, 459.
13. Vovk, A., Chorny, G., Kravets, V., (1974). Effect of explosion in soils. Kiev: Nauk. dumka, 208.