

УДК 355.54



П. А. Болкот



П. І. Ванкевич



І. О. Стратійчук

МЕТОДОЛОГІЧНІ ПРИНЦИПИ ОЦІНЮВАННЯ ТРЕНАЖЕРНИХ ЗАСОБІВ ВІТЧИЗНЯНИХ ТА ЗАКОРДОННИХ РОЗРОБНИКІВ

Одним з практичних завдань сьогодення є вибір тренажерних засобів, які пропонуються вітчизняними і закордонними розробниками та підприємствами Міністерству оборони України. Сучасний ринок військових тренажерів характеризується різноманітністю характеристик і цінових параметрів. Проблему вибору продукту пропонується розв'язувати на основі порівняльного тренажерних засобів за всією сукупністю їх показників. Таке оцінювання дає можливість вибрати з множини запропонованих розробниками зразків найбільш прийнятні. Викладено методику багатовимірного порівняльного оцінювання.

К л ю ч о в і с л о в а : показники ефективності, бойова підготовка, рівень навичок, бойова робота, умови навчання, імітатори, якість візуалізації, оптичні і оптико-електронні прилади, навчально-інформаційна модель, проведення занять і тренувань, експлуатаційні показники.

Постановка проблеми. Досягнення і підтримання високого рівня злагодженості та боєздатності механізованих, танкових, артилерійських, протитанкових, зенітних підрозділів є вкрай складним завданням. Подібне завдання неможливо ефективно вирішити без проведення тактичних і тактико-спеціальних занять (навчань) з використанням сучасної тренажерної бази та відповідного програмного забезпечення в умовах, характерних для сучасного загальновійськового бою (району бойового призначення).

Під час використання існуючої навчально-матеріальної бази бойової підготовки принципово неможливе проведення двосторонніх навчальних бойових зіткнень між підрозділами, максимально наближених до реальних бойових умов. Також практично неможливе проведення з частинами і підрозділами тактичних занять і навчань в тих районах, де планується виконання завдань за призначенням, тобто прикордонних та наближених до районів бойових дій на тимчасово окупованій території України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ситуація з модернізацією навчальної матеріальної бази бойової підготовки ЗС України є достатньо складною та неоднозначною, оскільки в Україні існує низка науково-виробничих підприємств, здатних протягом декількох років повністю забезпечити всі потреби Сухопутних військ у тренажерних засобах високої якості з необхідними тактико-технічними характеристиками, але цього з різних об'єктивних та суб'єктивних причин не спостерігається.

Одним із важливих чинників, що визначають якість тренажерних засобів, які має замовляти Міністерство оборони (МО) України, є зміст тактико-технічних вимог (ТТВ) до тренажерів. Аналіз умов проведення декількох закордонних тендерів на постачання тренажерних засобів показав, що не завжди ТТВ до конкретних тренажерів є повними й обґрунтованими щодо їх конфігурації, а також можливостей управління й тренувального контролю [1–7]. Разом з цим замовники часто висувають до тренажерних засобів надмірні вимоги стосовно розмірів та обладнання синтезованих ділянок місцевості, трас для водіння, директрис, тактичних полів тощо.

Основною причиною такого стану розроблення ТТВ є неповне розуміння можливостей сучасних тренажерів фахівцями замовника (управлінь та відомств МО України) та безпосереднього споживача. Це зумовлено тим, що глибокого та всебічного знання можливостей сучасних тренажерів як принципово нових засобів формування та вдосконалення навичок управління підрозділами і володіння озброєнням та військовою технікою (ОВТ) можна досягнути або під час практичної експлуатації тренажерів безпосередньо у військах, або в ході їх військових випробувань. З цього

погляду цікавим є досвід армій зарубіжних країн, керівництво яких пішло шляхом створення тренажерних центрів [2, 8, 9].

Питання створення та функціонування тренажного центру Сухопутних військ безпосередньо пов'язане з виробленням обґрунтованих рекомендацій МО України за програмою створення та розвитку тренажних засобів для забезпечення ефективної бойової підготовки військ.

Метою статті є розроблення методів оцінювання вітчизняних та закордонних тренажних засобів, обґрунтування їх якісних і кількісних характеристик для забезпечення ефективної бойової підготовки підрозділів і військових частин ЗС України.

Виклад основного матеріалу. Показники, за якими оцінюються військові тренажери, можна поділити на кілька груп, які складаються стосовно потреб Сухопутних військ. Перелік цих показників може бути змінений і доповнений відповідно до специфіки тренажерних засобів для інших видів Збройних Сил України.

1. Показники ефективності підготовки тих, кого навчають.

1.1. Ступінь виконання завдань і вимог програм бойової підготовки, курсів стрільб, правил стрільб і курсів водіння бойових машин на базі індивідуальних тренажерів, комплексних тренажерів, тренажерів підрозділів.

1.2. Забезпечення можливості визначення початкового й поточного рівнів навичок у фахівців, яких навчають (для індивідуальних тренажерів); злагодженості екіпажів і бойових обслуг (для комплексних тренажерів); бойової злагодженості підрозділів (для тактичних тренажерів).

1.3. Забезпечення можливості професійного відбору (тестування) фахівців на базі тренажерів.

2. Показники адекватності тренажера.

2.1. Повнота відтворення обладнання робочих місць тих, кого навчають.

2.2. Відповідність сенсорно-моторного поля робочих місць тренажера робочим місцям зразка ОВТ.

2.3. Адекватність імітаційної моделі зразка ОВТ.

2.4. Можливість імітації аварійних і позаштатних режимів функціонування зразка ОВТ (озброєння підрозділу).

2.5. Повнота охоплення і реалізованість операцій бойової роботи зразка ОВТ та процесу функціонування системи озброєння підрозділу.

2.6. Ступінь відповідності умов навчання і тренування реальним умовам: повнота імітації фоноцільової обстановки; відповідність типу й розміру ділянки місцевості, що моделюється, вимогам бойової підготовки; відповідність мікрокліматичних, вібраційних і шумових характеристик робочого місця в тренажері характеристикам реального робочого місця зразка ОВТ.

2.7. Можливість створення умов навчання і тренування у всьому діапазоні прогнозованих умов бою (бойових дій), які охоплюють: масштаб і характер дій наземного й повітряного противника; завади радіоелектронні та в оптичному діапазоні хвиль, пило-димові та аерозольні перешкоди; час доби й пору року; атмосферні явища (туман різної інтенсивності, дощ, сніг, вітер); температуру повітря; атмосферний тиск; тип місцевості (рівнинна, гірська, пустельна).

2.8. Можливість ведення двостороннього бою з урахуванням його динаміки та імітацією ураження мішеней (цілей) і свого зразка (зразків) ОВТ.

2.9. Якість візуалізації фоноцільової обстановки в полі зору оптичних і оптико-електронних приладів тренажера:

– інформаційна та психофізична подібність фоноцільової обстановки, що відображається в полі зору імітаторів оптичних і оптико-електронних приладів спостереження та прицілювання тренажера і зразка ОВТ;

– залежність кутових розмірів цілей від дальності до них;

– розміри, форма, фарбування та параметри руху мішеней і цілей;

– ступінь деталізації ближньої і дальньої зон ділянки місцевості з рослинністю і місцевими предметами та штучними спорудами;

– імітація польоту і розривів ракет та снарядів, кулеметних черг;

– урахування оптичної видимості, імітація задимлення і запилення поля зору оптичних приладів під час стрільби (пусків ракет);

– урахування коливань корпусу бойової машини під час пострілу (пуску ракети) та її руху.

2.10. Використання цифрових карт місцевості в комплексних і тактичних тренажерах.

2.11. Відтворення характерних аудіо- та візуальних ефектів функціонування бойових машин під час пострілу (пуску ракети) та її руху.

3. Показники, що характеризують дидактичні можливості тренажера.

3.1. Управління параметрами навчально-інформаційної моделі тренажера в процесі занять і тренувань відповідно до мети і завдань бойової підготовки.

3.2. Об'єктивний контроль дій тих, кого навчають, та автоматизоване оцінювання результатів виконання навчальних завдань і вправ.

3.3. Ступінь автоматизації процесу навчання (неавтоматизований, автоматизований з жорстким чи гнучким програмуванням тренувань).

3.4. Документування результатів виконання навчальних завдань (вправ) протягом будь-якого періоду навчання.

3.5. Повнота бібліотеки навчальних завдань тренажера.

4. Показники надійності.

4.1. Термін служби.

4.2. Середнє напруження на відмову.

4.3. Середній ресурс тренажера.

4.4. Тривалість безперервної роботи.

5. Показники стандартизації та уніфікації.

5.1 Програмна і технічна сумісність тренажерів зразків ОВТ одного типу.

5.2. Можливість роботи рознесених у просторі тренажерів різного призначення, конфігурації та складу в мережному режимі.

5.3. Відкрита архітектура програмно-апаратних комплексів тренажерів.

6. Економічні та експлуатаційні показники.

6.1. Вартість тренажера (одиночного і серійного зразка).

6.2. Вартість експлуатації тренажера (з урахуванням енергоспоживання, технічного обслуговування, ремонту та кількості фахівців, які його обслуговують).

6.3. Можливість експлуатації у складних кліматичних умовах.

6.4. Необхідна площа для розміщення. Вимоги до навчального класу (приміщення).

6.5. Зручність технічного обслуговування.

6.6. Тривалість підготовки тренажера до проведення занять і тренувань.

Наведені показники мають різну природу, а ті з них, що підлягають кількісному вимірюванню, – ще й різні розмірності. У зв'язку з цим для вирішення задачі вибору потрібно насамперед виконати адекватне нормування цієї множини величин [6, 10].

Задача нормування може бути формалізована в такий спосіб:

$$F' : \{M_j\}_j J \rightarrow \{M'_j\}_j J[0,1] \rightarrow \mathfrak{R}, \quad (1)$$

де F' – відображення M_j у M'_j , яке потрібно знайти;

M_j – характеристика j -го тренажера;

M'_j – нормована характеристика j -го тренажера;

J – множина індексів порівнюваних систем;

$\mathfrak{R}$ – множина дійсних чисел (числова вісь).

Відображення F' є першим етапом відображення F , що реалізує пропорційний метод вибору оцінюваних систем.

Задачу оцінювання та вибору альтернатив тренажерів за певною сукупністю нормованих метричних характеристик можна інтерпретувати так. У просторі R^n цих показників визначають тренажер, який вважається ідеальним. Він відображається ідеальною точкою або точкою утопії. З урахуванням прийнятого стандартного виду нормованих показників координатами такої точки буде набір одиниць $(1, 1, \dots, 1)$; усього – n одиниць. Ідеальний тренажер відображатиметься однією з вершин n -вимірного гіперкуба G_1^n з одиничними координатами. Очевидно, що будь-який тренажер також можна відобразити n -вимірною точкою в тому самому просторі. Проте ймовірність того, що точка,

яка відображає реальний тренажер, досить мала, тобто точка, яка відображає реальний тренажер, завжди розміщуватиметься всередині гіперкуба G_1^n .

Отже, тренажерні засоби можна порівнювати між собою за ступенем їх наближення до ідеалу. Іншими словами, за введеною відстанню (метрикою) між ідеальним і реальними тренажером, які розглядаються, можна судити про їхню якість. Тобто чим ближчий той чи інший варіант тренажера до ідеального, тим вища його якість, оцінена за всією сукупністю характеристик [11, 12].

У даному випадку під відстанню (метрикою) слід розуміти невід'ємну дійсну функцію $d(M_i, M_j)$, яка задовольняє стандартні аксіоми метрики:

$$d(M_i, M_j) \geq 0 \forall M_i, M_j \in G_1; \quad (2)$$

$$d(M_i, M_j) = 0 \Leftrightarrow M_i = M_j; \quad (3)$$

$$d(M_i, M_j) = d(M_j, M_i); \quad (4)$$

$$d(M_i, M_j) \leq d(M_i, M_k) + d(M_k, M_j), \quad (5)$$

де M_i, M_j, M_k – вектори з одиничного n -вимірному гіперкуба G_1^n , координатами яких є нормовані метричні характеристики i -го, j -го та k -го тренажерів відповідно.

Для комплексного оцінювання тренажерних засобів як формулу задання метрики, яка зумовлює форму комплексного показника, використовують евклідову відстань

$$d(M_j, M_0) = \left[\sum_{i=1}^n (M_{ij} - M_{0i})^2 \right]^{1/2}. \quad (6)$$

Критерієм вибору кращого зразка буде правило: менше чисельне значення відстані (метрики) від точки відображення зразка до ідеалу відповідає кращому зразку тренажера.

Потрібно брати до уваги та враховувати те, що деякі показники тренажерів не можна оцінити кількісно. Для перетворення інформації про них у форму, зручну для прийняття рішення, доцільно використовувати методи експертних оцінювань – безпосереднього оцінювання та спектрального оцінювання [1, 4, 13–17].

Висновки

За останні десятиліття відбулися серйозні зміни в поглядах на формування основних принципів та теоретичних основ підходу до побудови навчально-тренувальних засобів і систем на основі комп'ютерних технологій з використанням систем штучного інтелекту. Удосконалення навчальних технологій наклало свій відбиток на шляхи розвитку системи підготовки військовослужбовців, особливо керівного складу нижньої ланки (сержантів, офіцерів) Збройних Сил України, яка нерозривно пов'язана з оптимізацією процесу набуття ними вмінь і навичок щодо управління підрозділами, які оснащені складною військовою технікою та різноманітним високотехнологічним озброєнням, особливо в умовах вогневого зіткнення з противником.

Викладені методичні підходи є основою обґрунтування якісних і кількісних характеристик тренажерів для забезпечення ефективної бойової підготовки та розроблення рекомендацій керівництву МО України щодо оснащення Збройних Сил України тренажерними засобами і системами.

Перелік джерел посилання

1. Матвієвський О. Обґрунтування характеристик тренажерних засобів і систем. *Наука і оборона*. 2010. С. 58–62.
2. Гринченко С. Создатели виртуальности. Краткий обзор европейских тренажерных систем. *Defense Express*. 2006. № 4. С. 34–38.
3. Тренажерный тренд. Создание украинских тренажеров. Теория, практика, реальность. *Defense Express*. 2006. № 5. С. 10–19.
4. Матвієвський О. М., Герасименко О. В., Щебланін Ю. М. Методичний підхід до обґрунтування характеристик тренажерних засобів і систем. *Наука і оборона*. 2005. № 1. С. 59–65.
5. Матвиевский А. М. О конкуренции в тренажерной тематике. URL:<http://www.defense-express.ua.com>.
6. Бард Й. Нелинейное оценивание параметров. Москва : Статистика, 1979. 349 с.
7. Дробан О. М. Методика оцінки ефективності навчально-тренажерних комплексів підготовки фахівців Сухопутних військ : дис. ... канд. військ. наук : Київ, 2005. С. 16–58.
8. Рудковський О. М. Інтегрування системи тренажерів у процес бойової підготовки підрозділів Сухопутних військ. *Військово-технічний збірник*. Львів, 2013. № 2 (9). С. 99–104.
9. Руснак І. С., Шевченко В. Л., Артемов Ю. І. Методологічні засади створення інтегрованої навчально-тренувальної системи оперативної та бойової підготовки військ. *Наука і оборона*. 2002. № 2. С. 29–35.
10. Комплектування полігону навчально-тренувальними комплексами для підготовки операторів безпілотних летальних апаратів / С. В. Герасимов та ін. *Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса)*, 2023. № 2 (20). С. 63–72. DOI:<https://doi.org/10.37129/2313-7509.2023.20.63-72>.
11. Матвієвський О. Спроможність тренажерних засобів забезпечити бойову підготовку Сухопутних військ. *Матеріали доповідей засідання круглого столу Центру дослідження армії, конверсії та роззброєння*. Київ, 2012. С. 47–49.
12. Рудковський О. М. Інтегрування системи тренажерів у процес бойової підготовки підрозділів Сухопутних військ. *Збірник праць Академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного*. Львів, 2013. С. 99–104.
13. Обладнання полігону навчально-тренувальними комплексами для збільшення дальності дії систем управління безпілотних апаратів / Герасимов С. В. та ін. *Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса)*, 2024. № 1 (21). С. 77–86. DOI:<https://doi.org/10.37129/2313-7509.2024.21.77-86>.
14. Аналіз основних тенденцій та напрямків розвитку тренажерної бази в контексті підвищення якості підготовки особового складу Повітряних Сил Збройних Сил України / Калачова В. В., Дуденко С. В., Бойко В. В., Бабенко О. П. *Системи озброєння і військова техніка*. 2011. С. 206–210.
15. Тенденції та перспективи розвитку тренажерної бази Збройних Сил України / Черныш И. А., Кобзарь А. В., Якутович Б. Л., Симоненков В. Н. *Збірник наукових праць*. Київ, 2015. № 1 (3). С. 68–74.
16. Modeling of the process of the shot based on the numerical solution of the equations of internal ballistics / O. Kriukov et al. *Applied physics. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. No 1/5 (97). Pp. 40–46. DOI:[10.15587/1729-4061.2019.155357](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.155357).
17. Development of a method for assessing the efficiency of technical systems' computer dynamic simulators / O. Shmatko et al. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2025. No 2(9) (134). Pp. 50–61. DOI:<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.327558>.

Стаття надійшла до редакції 05.07.2025 р.

UDC 355.54

P. Bolkot, P. Vankevych, I. Stratiichuk

**METHODOLOGICAL PRINCIPLES OF ESTIMATION OF TRAINING FACILITIES
OF DOMESTIC AND OVERSEA DEVELOPERS**

One of practical tasks of present time is the choice of тренажерних facilities which are offered by domestic and oversea developers and enterprises to Department of defense of Ukraine. On this time a few domestic enterprises work in a country – developers of trainers. In Ukraine, countries of former USSR and Western Europe plenty of firms and enterprises have a considerable experience of development and production of soldieries trainers. The modern market of soldieries trainers is characterized to the varieties of descriptions and prices parameters. In these terms it is suggested to decide the problem of choice on the basis of comparative estimation of тренажерних facilities which are offered by producers, after all aggregate of their indexes. Such estimation objectively testifies to the attained level of preparation of those, who teach, and enables to choose from the great number of the standards offered by developers most acceptable. The methodical base of multidimensional comparative estimation is expounded.

K e y w o r d s: indexes of efficiency of trainer, combat training, level of skills, battle work, terms of studies, imitators, qualities of visualization, and optical and electronic scopes, educational-informative model, teach of employments and trainings, operating indexes.

Болкот Петро Андрійович – доктор філософії з галузі озброєння та військової техніки, старший науковий співробітник науково-дослідного відділу навчально-тренувальних засобів та бойового екіпірування Наукового центру Сухопутних військ Національної академії Сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного.

<https://orcid.org/0000-0002-1603-5828>

Ванкевич Петро Іванович – доктор технічних наук, професор, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник науково-дослідного відділу навчально-тренувальних засобів та бойового екіпірування Наукового центру Сухопутних військ Національної академії Сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного.

<https://orcid.org/0000-0001-8674-901x>

Стратійчук Ігор Олегович – старший викладач спеціальної кафедри № 1 Інституту управління державної охорони України Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

<https://orcid.org/0009-0006-3513-4502>