

ТОЛМАЧОВ В'ячеслав Юрійович,

Національний університет оборони України, Київ, Україна,
<https://orcid.org/0000-0002-3927-2041>

ЗАСТОСУВАННЯ ПАРАМЕТРИЧНОГО Й ФУНКЦІОНАЛЬНОГО МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ І ХАРАКТЕРИСТИК ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

Мета статті. На основі порівняльного аналізу параметричного та функціонального методів оцінювання параметрів і характеристик озброєння та військової техніки у статті розроблено алгоритм застосування цих методів для оцінювання параметрів і характеристик на відповідність встановленим вимогам, що використовується під час проведення випробувань, а також розглянуто можливі шляхи інтеграції розробленого алгоритму в інформаційну систему супроводження випробувань озброєння та військової техніки.

Методи дослідження. Під час проведення дослідження застосовано методологію загальної теорії систем і системного аналізу, теорію планування експерименту та теорію вимірювань, а також основи математичної статистики, що дало змогу розробити алгоритми та методи оцінювання параметрів і характеристик зразків озброєння і військової техніки. Параметричний метод базується на порівнянні фактичних значень параметрів озброєння та військової техніки із нормативними, що забезпечує швидкість й об'єктивність оцінювання, але не враховує взаємозв'язки між цими параметрами. Функціональний метод орієнтований на комплексне оцінювання об'єкту випробувань через декомпозицію його на функціональні групи, використання вагових коефіцієнтів та інтегральних показників, що дає змогу виявити слабкі ланки досліджуваного об'єкту. Проведено порівняльний аналіз цих методів, визначено їх особливості, практичну цінність у випробувальній діяльності та перспективи їх комбінованого поєднання в якості єдиного методологічного підходу.

Отримані результати дослідження. Розроблено алгоритм застосування параметричного та функціонального методів оцінювання параметрів і характеристик озброєння та військової техніки, що дає змогу автоматизувати процеси обробки отриманих результатів випробувань.

Елементи наукової новизни. Наукова новизна отриманих результатів полягає в удосконаленні методології оцінювання характеристик озброєння та військової техніки під час їх експериментальних досліджень та інтеграції розробленого алгоритму у єдину систему супроводження випробувань, що забезпечує багаторівневу оцінку якості досліджуваного зразка.

Практична значущість дослідження виявляється у підвищенні ефективності випробувань за рахунок впровадження запропонованого алгоритму та методів в інформаційну систему супроводження випробувань, що забезпечить формування обґрунтованих висновків щодо прийняття зразків озброєння та військової техніки на озброєння.

Ключові слова: випробування, оцінювання характеристик, параметричний метод, функціональний метод, інформаційна система супроводження випробувань, супроводження випробувань, система випробувань, озброєння та військова техніка.

Вступ

Постановка проблеми. Повномасштабне вторгнення російської федерації в Україну докорінно змінило підходи до розробки, виробництва та випробувань озброєння та військової техніки (далі – ОВТ). В умовах активних бойових дій та необхідності оперативного посилення обороноздатності держави, особливого значення набуває здатність оборонно-промислового комплексу у забезпеченні прискорення процесів створення та приймання на озброєння нових (модернізованих) зразків ОВТ. Водночас, критично важливо зберігати належний рівень якості випробувань ОВТ, який прямо залежить від стану та розвитку системи випробувань в цілому. На

переконання вітчизняних дослідників вирішення проблемних питань розвитку системи випробувань ОВТ можливо за рахунок нарощування базових спроможностей системи випробувань ОВТ, а саме [1, 66]:

удосконалення нормативно-правових та організаційно-методичних засад підготовки та проведення випробувань ОВТ (Doctrine): розвиток нормативно-правової бази, чіткий розподіл відповідальності між органами військового управління, удосконалення організаційно-методичних підходів до підготовки та проведення випробувань;

удосконалення організаційно-штатної структури (Organization): оптимізація та створення додаткових підрозділів з випробувань та оцінювання ОВТ за

окремими напрямками (полігон випробування високотехнологічного озброєння; автоматизовані системи управління; системи, комплекси, засоби ситуаційної обізнаності; засоби протиповітряної оборони, засоби космічної підтримки військ (сил); ракетно-артилерійське озброєння та боєприпаси [2, 13]);

підготовка та підбір наукових кадрів, фахова (інженерна) підготовка персоналу (в тому числі вузькоспеціалізована), підвищення кваліфікації тощо (об'єднані Training, Leadership та Personnel);

розвиток експериментально-випробувальної бази та інфраструктури (об'єднані Materiel та Facilities): оснащення сучасними стаціонарними та мобільними засобами випробувань, розвиток інфраструктури випробувальних полігонів та лабораторій.

Крім розвитку інституційного базису системи випробувань ОВТ, критично важливим фактором підвищення ефективності випробувань є впровадження сучасних інформаційних технологій та систем автоматизації – автоматизованої системи супроводження випробувань ОВТ, що дасть змогу досягти синергетичного ефекту через поєднання можливостей інформаційних мережних систем і професійного досвіду дослідників-випробувачів [3, 29].

Аналогічних поглядів дотримується інша група дослідників, якими пропонуються створення єдиної інформаційно-довідкової бази нормативно-правових актів (законів, постанов, наказів, стандартів, методичних рекомендацій, програм і методик випробувань) із впровадженням локального доступу до неї, а також використанням хмарного середовища [4, 106]. Розвитком впровадження запропонованого підходу може бути поєднання такої інформаційно-довідкової бази з нормативно-довідковою базою даних ОВТ інформаційної системи супроводження випробувань ОВТ [4, 109; 18, 71].

Окрім цього, подальше удосконалення інформаційної системи супроводження випробувань ОВТ можливе шляхом інтеграції сучасних інформаційно-комунікаційних технологій та створення інформаційно-комунікаційної системи для забезпечення комплексного контролю за ходом проведення випробувань і формування єдиного інформаційного простору зберігання інформації щодо їх проведення [2, 12]. На переконання автора, це сприятиме суттєвому підвищенню ефективності випробувань, оптимізуватиме використання ресурсів та мінімізуватиме ризики, які пов'язані з людським фактором.

Разом із тим, варто зазначити, що якість проведення випробувань ОВТ визначається не лише успішністю реалізації організаційно-технічних заходів розвитку системи випробувань, але й, значною мірою, залежить від досконалості методичного апарату з оцінювання характеристик дослідних зразків встановленим вимогам. Особливої значущості в цьому контексті набуває необхідність дослідження алгоритмів оцінювання тактико-технічних й експлуатаційних характеристик виробів та інтеграція таких алгоритмів до інформаційної системи супроводження

випробувань. Зазначене дасть змогу забезпечити автоматизацію процесів обробки великих обсягів даних про випробування, що особливо важливо в умовах зростаючої складності сучасного військового оснащення та необхідності прискорення процесів його прийняття на озброєння.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Питання, пов'язані з проведенням випробувань ОВТ, ретельно опрацьовані у численних нормативних актах, відомчих наказах та методичних рекомендаціях [6]. Доповнює цю нормативно-правову основу досвід спеціалізованої випробувальної установи [7], надаючи детальний огляд особливостей експериментального оцінювання кількісних характеристик зразків ОВТ під час функціонування за впливу на них зовнішніх чинників.

Теоретичним базисом математичного обґрунтування достовірності результатів експериментальних досліджень є наукова література [8–11]. Більш детально математичні методи, які застосовуються для розв'язання типових задач у випробувальній діяльності, розглянуто [12], де містяться не лише теоретичні основи, а й практичні приклади застосування математичного апарату для вирішення задач, що виникають під час проведення випробувань ОВТ.

Змістовні дослідження викладені у роботах [13–15], авторами яких запропоновані нові підходи до оптимізації процесів випробувань ОВТ. Зокрема, запропонований новий підхід до планування випробувань на основі інтервальних оцінок, а також розроблено алгоритм, який дає змогу скоротити кількість дослідів за рахунок використання математичних методів.

Крім того, корисним в контексті розуміння особливостей інформаційних процесів, які відбуваються ході підготовки та проведенні випробувань ОВТ, є наукові публікації [3; 16; 17], які висвітлюють принципи і підходи до побудови інформаційної системи супроводження випробувань ОВТ та узагальнених структур її довідкових бази даних.

Мета статті (постановка завдань). На основі порівняльного аналізу параметричного та функціонального методів оцінювання параметрів і характеристик озброєння та військової техніки розробити алгоритм застосування цих методів для оцінювання параметрів і характеристик на відповідність встановленим вимогам, що використовується під час проведення випробувань, а також розглянути можливі шляхи інтеграції розробленого алгоритму в інформаційну систему супроводження випробувань озброєння та військової техніки.

Виклад основного матеріалу дослідження

Випробування є важливим етапом експериментальних досліджень, що проводиться на всіх стадіях життєвого циклу виробу, включно з його розробленням, модернізацією та експлуатацією. Через складність процесів функціонування ОВТ і значну

кількість взаємопов'язаних параметрів та характеристик, випробувань стають необхідною умовою для підтвердження коректності проектних і технічних рішень, оскільки жодні апріорні теоретичні уявлення не можуть забезпечити достатньої впевненості у правильності прийнятих рішень без проведення реальних випробувань у різних умовах експлуатації. Емпіричним підтвердженням цьому є експеримент, що займає провідне місце серед способів отримання об'єктивної інформації про досліджувані явища (системи, процеси) та встановлення причинно-наслідкових зв'язків між його елементами. Фундаментом методології експериментальних досліджень є теорія експерименту, в якій на чіткій математичній основі викладено широкий спектр сучасних методів планування експерименту та статистичної обробки отриманих даних. Ця теорія надає досліднику точну логічну схему для вирішення завдань, що виникають на різних етапах дослідження, включно з формуванням мети, висуванням гіпотези про об'єкт, що досліджується, плануванням й проведенням експерименту, обробкою та аналізом результатів і перевіркою правильності висновків [11, 18]. Незважаючи на універсальність принципів теорії експерименту, кожен зразок ОВТ має свої унікальні параметри та характеристики, які залежать від його призначення, умов експлуатації та рівня технологічної складності. Це обумовлює необхідність індивідуального підходу до відпрацювання методик випробувань, які розробляються згідно з вимогами [18]. Зважаючи на означене, у статті не розглядаються детальні методики оцінювання кількісних і якісних характеристик окремих зразків ОВТ, оскільки вони потребують унікальних рішень залежно від особливостей об'єкту випробувань. Разом із тим, незмінним елементом під час контролю та оцінюванню характеристик ОВТ є застосування методологічної бази математичної статистики, яка дає змогу забезпечити об'єктивність і точність обробки отриманих результатів випробувань. Зокрема, мається на увазі використання при натурному та дослідно-теоретичному методах випробувань статистичних методів контролю та оцінювання характеристик ОВТ, які застосовуються для обробки характеристик, що мають випадкову природу, а також детермінованих методів, які використовуються для оцінювання не випадкових величин. Ці методи створюють необхідне підґрунтя для поглибленого аналізу об'єкту дослідження та дають змогу враховувати широкий спектр параметрів та умов, які можуть впливати на результати випробувань [19, 75].

Для подальшого розгляду та осмислення методичних підходів до оцінювання характеристик ОВТ доцільно звернутися до загальної теорії систем і системного аналізу, які є базовою методологією для

дослідження складних об'єктів (систем). Це пояснюється тим, що системний аналіз охоплює не лише методи аналізу, що спрямовані на розчленування системи (об'єкта) на елементи, але й методи синтезу, які дають змогу об'єднувати окремі елементи системи в єдину цілісну структуру. Тобто ці методи виступають як два рівноправних взаємозалежних компоненти дослідження складної системи [20, 162]. Такий підхід, в контексті визначеної мети, є особливо важливим, оскільки дають змогу враховувати як окремі параметри та характеристики, так і їх взаємозв'язки в межах складної системи об'єкту випробувань.

Аналіз специфіки підготовки та проведення випробувань ОВТ свідчить про необхідність системного підходу до автоматизації операцій над інформацією, яка супроводжує їх проведення. Це обумовлено, перш за все, характерною особливістю самих операцій над такою інформацією, а саме їх типовістю, що визначається універсальними і типовими методичними підходами до підготовки й проведення випробувань ОВТ, які застосовуються у спеціалізованій випробувальній організації [19, 50]. Типовість операцій є основою для їх алгоритмування і, відповідно, з'являється можливість їх автоматизації з метою реалізації алгоритмів обробки інформації в інформаційній системі супроводження випробувань (рис. 1), концептуальна модель якої запропоновано групою дослідників у [16, 56].

Функціональність компонентів інформаційної системи визначається призначенням її підсистем, тоді як рівень складності їх структури залежить від бажаного ступеня автоматизації процесів випробувань. Саме в межах такої системи, в подальшому, будемо розглядати можливість реалізації алгоритмів і методів оцінювання параметрів та характеристик зразків ОВТ.

Для обґрунтованого розгляду можливостей реалізації алгоритмів оцінювання параметрів та характеристик зразків ОВТ в інформаційній системі супроводження випробувань, а також визначення методичних підходів до статистичної обробки отриманих результатів, необхідно спочатку проаналізувати організаційно-методичні засади підготовки та їх проведення, які є основою для формування алгоритмів обробки інформації та подальшої автоматизації процесів аналізу.

Стандартна схема проведення випробувань зразка ОВТ у дещо формалізованому і спрощеному виді наведена у [16, 55], яка має вигляд ланцюга послідовних операцій: надходження вимог на випробування, вивчення зразка ОВТ, підготовка до випробувань, випробування, обробка результатів, підготовка звіту. Зокрема, дослідження об'єкту випробувань розпочинається з вивчення зразка ОВТ, яке проводиться шляхом декомпозиції на складові

функціональні одиниці – підсистеми (модулі, вузли, агрегати, елементи), що дає можливість детального вивчення його функціонування. Цей етап є основою для подальшої підготовки до проведення випробувань, яка включає питання організаційного та науково-методичного характеру, а саме: аналіз існуючих методик випробування, за потреби їх коригування або розробку нових методик випробування параметрів і

характеристик випробуваного зразка, розробку програми випробування, складання план-графіку випробування, проведення аналізу та перевірку спроможності для випробувань полігонно-випробувальної бази та метрологічного забезпечення випробувань, підготовку наказів на проведення випробування тощо [16, 55].

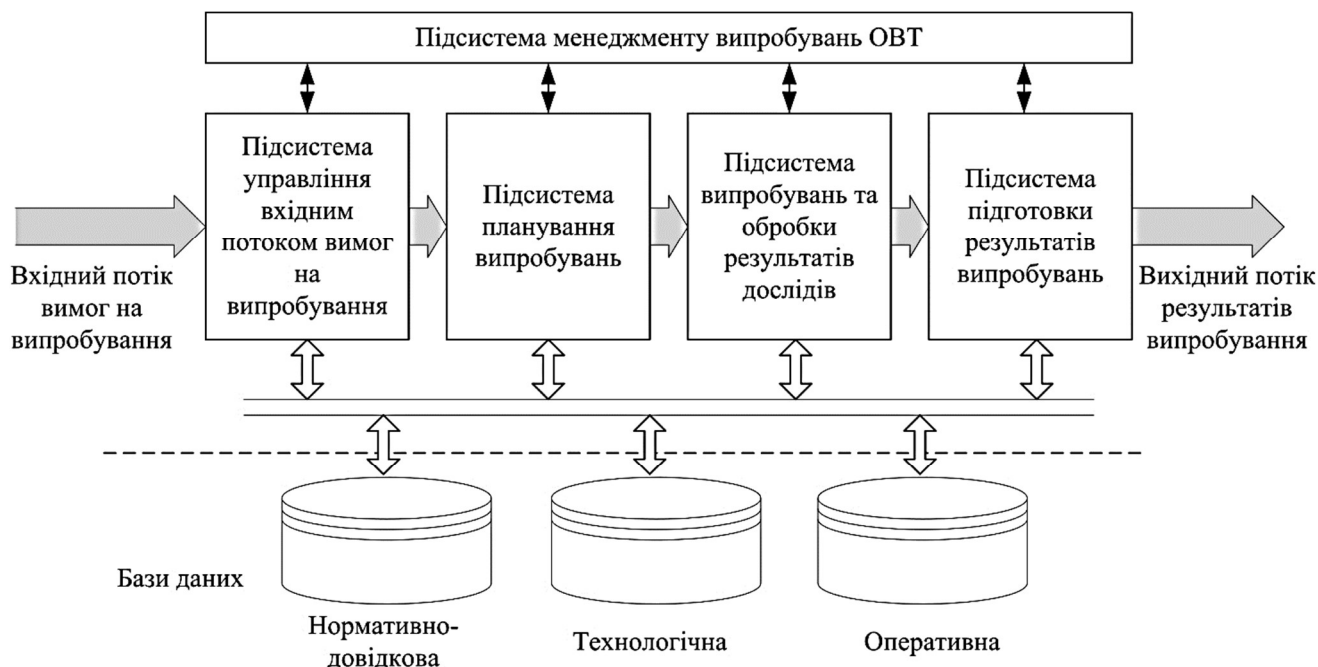


Рисунок 1 – Концептуальна модель інформаційної системи супроводження випробувань озброєння та військової техніки [16, 56]

Зважаючи на багатоетапність випробувальних робіт [19, 64] та на функціональне призначення компонентів інформаційної системи супроводження випробувань ОВТ [16, 55], доцільно виділити та розглянути такі методи оцінювання характеристик зразків ОВТ: функціональний та параметричний.

Параметричний метод оцінювання характеристик зразків ОВТ є ключовим підходом до обробки та аналізу технічних характеристик складних систем ОВТ. Сутність методу полягає у визначенні, обробці та оцінці заданим вимогам параметрів, що характеризують технічний стан та функціональні можливості досліджуваного зразка ОВТ. Розроблена автором спрощена схема покрокових етапів застосування параметричного методу оцінювання параметрів та характеристик ОВТ наведено на рис. 2.

Метод базується на принципах системного аналізу та теорії вимірювань, що забезпечує не лише формування системи бойових, технічних та експлуатаційних характеристик ОВТ, які підлягають експериментальному визначенню в ході випробувань, але й встановлення математично обґрунтованих взаємозв'язків між параметрами ОВТ та застосування аналітичних і статистичних методів для їх обробки.

На першому етапі проводиться вивчення зразка ОВТ. Це передбачає вивчення основних технічних

вимог до зразка ОВТ, які задаються у тактико-технічному завданні (далі – ТТЗ), розгляд конструкторської та експлуатаційної документації, опрацювання тактико-технічних вимог (далі – ТТВ), діючих державних і міжнародних стандартів й нормативів. Опрацювання цих документів дає змогу систематизувати всі параметри, що підлягають перевірці для підтвердження виконання вимог ТТЗ.

$$P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\} \quad (1)$$

де P – множина параметрів;

p_i – окремий параметр,

$i = 1, 2, \dots, n$, n – загальна кількість параметрів.

Другий етап передбачає проведення параметричної декомпозиції. Параметри розділяються та структуруються за функціональними групами, наприклад:

$P_1 = \{p_{11}, p_{12}, \dots, p_{1k}\}$ – група масо-габаритні параметрів;

$P_2 = \{p_{21}, p_{22}, \dots, p_{2l}\}$ – група показників динамічності;

$P_3 = \{p_{31}, p_{32}, \dots, p_{3n}\}$ – група показників захисту.

Для ефективного об'єднання в такі групи можуть застосовуватися методи групування даних та типологізації [21, 444].

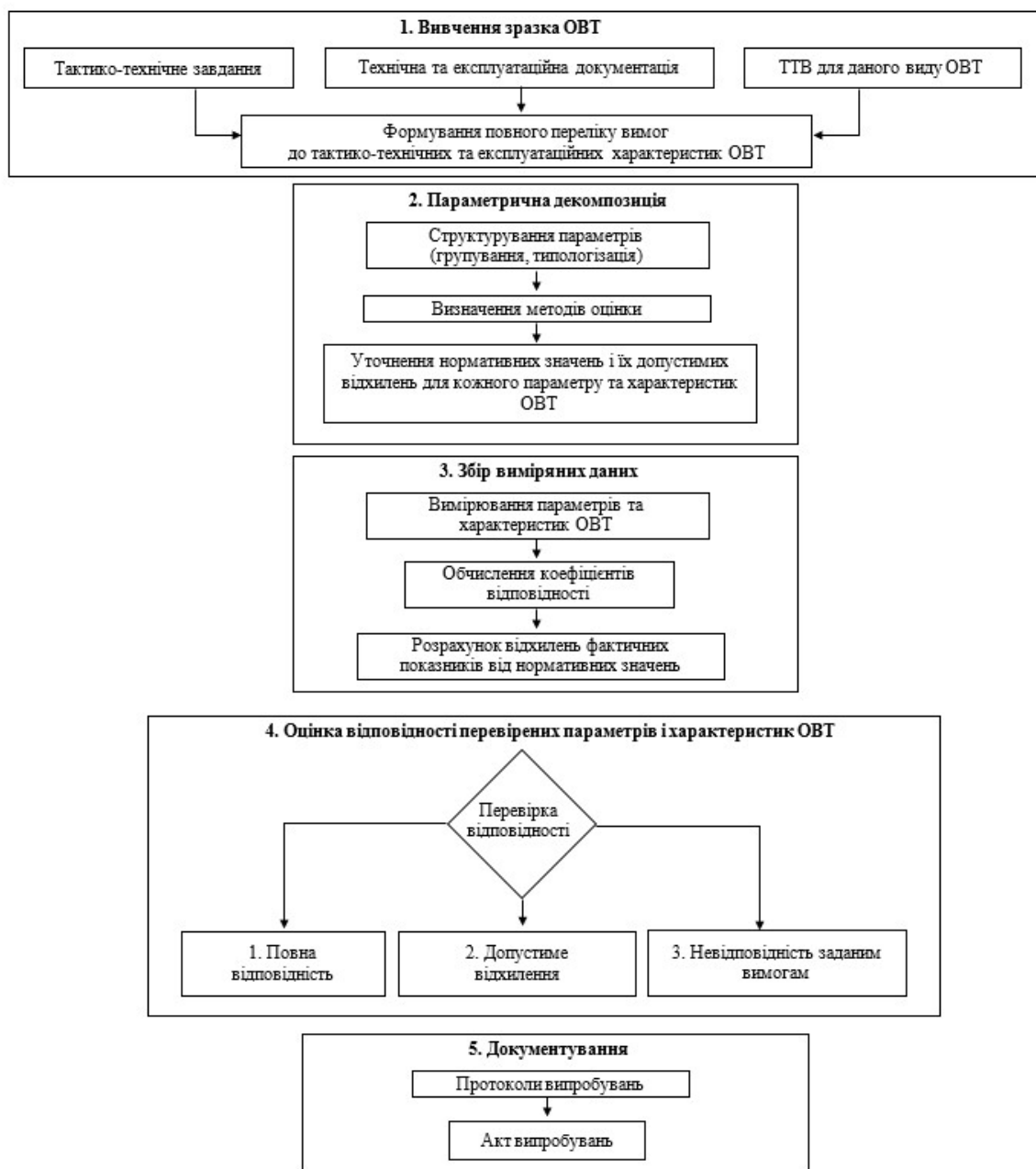


Рисунок 2 – Спрощена схема застосування параметричного методу оцінювання параметрів і характеристик озброєння та військової техніки

Проводиться розробка методів оцінки, що передбачають конкретні інструменти та процедури для збору та аналізу даних про об'єкт випробувань. Крім того, для кожного параметру, що підлягає перевірці, на підставі аналізу сформованих вимог до зразка ОВТ, встановлюються відповідні нормативні значення N_i та їх допустимі відхилення Δ_{doni}^+ , Δ_{doni}^- (межі, в яких параметр не матиме негативного впливу на функціонування системи).

$$\Delta_{doni}^{\pm} = N_i \frac{\delta_i^{\pm}}{100} \quad (2)$$

де, $\Delta_{doni}^{\pm}$ – допустиме відхилення;

$\delta_i^{\pm}$ – допустиме відхилення i -го показника у відсотках, яке визначається за результатами вивчення основних вимог до зразка ОВТ. На третьому етапі оцінювання проводиться збір вимірних даних. За допомогою спеціальних приладів вимірювання проводиться фіксація значень параметрів об'єкта випробувань V_i .

Для кожного виміряного параметра встановлюється відповідне нормативне значення N_i , яке вказує на бажане значення цього параметру. Для кожного виміряного значення обчислюється коефіцієнт відповідності K_i , який показує, у скільки разів виміряне значення V_i відрізняється від нормативного N_i :

$$K_i = \frac{V_i}{N_i}, \quad i \in [1, n] \quad (3)$$

Якщо:

$K_i = 1$, тоді вимірне значення повністю відповідає нормативному;

$K_i > 1$, вимірний параметр V_i перевищує нормативне значення N_i ;

$K_i < 1$, недосягнення нормативного значення.

Коефіцієнт відповідності це безрозмірний показник, що дає змогу порівнювати різні параметри ОБТ та визначає ступінь відхилення i -го параметру від норми у відносних одиницях.

Крім того, на цьому етапі проводиться порівняння фактичних вимірювань V_i з нормативними значеннями N_i шляхом обчислення абсолютного відхилення Δ_i :

$$\Delta_i = |V_i - N_i|, \quad \text{або} \quad (4)$$

$$\Delta_i = \frac{(V_i - N_i)}{N_i} \cdot 100\%. \quad (5)$$

Це дає змогу кількісно оцінити відхилення фактичних показників від бажаного та в подальшому оцінити ступінь відповідності об'єкта випробувань заданим вимогам. На четвертому етапі здійснюється оцінка відповідності фактичних вимірювань V_i нормативним значенням N_i за допомогою наступного правила:

якщо $V_i = N_i$, то $K_i = 1$, $\Delta_i = 0$ – повна відповідність i -го параметру заданим вимогам;

якщо $1 - \delta_i^- \leq K_i \leq 1 + \delta_i^+$ або $\Delta_i \leq \Delta_{doni}^{\pm}$, то фактичне вимірне значення i -го параметру частково відповідає нормативному значенню N_i , тобто значення V_i знаходиться в межах допустимих відхилень від нормативного значення N_i ;

якщо $K_i < 1 - \delta_i^-$ або $K_i > 1 + \delta_i^+$, або $\Delta_i > \Delta_{doni}^{\pm}$, то фактичне вимірне значення i -го параметру не відповідає нормативному, тобто значення V_i виходить за межі допустимих відхилень від нормативного N_i .

Зазвичай, процес перевірки відповідності параметрів ОБТ є заключним етапом практичної частини випробувань. Це має під собою певні підстави, особливо з огляду на практику їх проведення, де одним із завершальних етапів випробування зразка ОБТ являється оцінка відповідності параметрів та характеристик, одержаних в ході випробування зразка, специфікаціям, які зазначені в технічній документації розробника та технічному завданні замовника.

П'ятий етап передбачає документування отриманих результатів випробувань, які вважаються позитивними, а зразок ОБТ таким, що витримав випробування, якщо він випробуваний у повному обсязі й послідовності, які встановлені в програмі та методикам випробувань, а параметри систем зразка ОБТ не виходять за межі, які встановлені в ТТЗ. Результати випробувань оформлюються протоколами

випробувань, які вносять до загального Акту випробувань [19, 152].

Описаний метод має свої обмеження і не завжди забезпечує достатню повноту та об'єктивність оцінки, особливо, для складних систем. Для отримання більш достовірних і повних результатів, на думку автора, необхідно застосовувати комплексний підхід, який вміщує кількісні і якісні методи, що допоможе виявити не лише відхилення від заданих параметрів, але й оцінити їх вплив на бойові можливості системи та розробити рекомендації щодо її вдосконалення.

До переваг такого методу слід віднести об'єктивність його оцінки, точність результатів і можливість автоматизації. Об'єктивність оцінки досягається завдяки використанню емпіричних даних, отриманих під час випробувань, що забезпечує достовірність і точність аналізу, а також мінімізації людського фактору через формалізовані методи обробки, що дає змогу отримувати однакові результати за однакових умов. Точність результатів забезпечується завдяки можливості кількісної оцінки похибок, використанню статистичних методів для забезпечення репрезентативності даних і застосуванню математичних моделей для обґрунтування висновків. Можливість автоматизації зводиться до: простоти алгоритмізації завдяки чітким математичним процедурам, що дає можливість застосовувати автоматизовані системи для аналізу; швидкості обробки великих обсягів даних, яка забезпечує оперативність отримання результатів; адаптивності методу до різних типів об'єктів і обсягу даних, що зберігає його ефективність незалежно від складності поставленої задачі.

Однак, метод має й певні обмеження, зокрема, складність у врахуванні якісних характеристик та високу чутливість до якості вхідних даних, що може впливати на точність і достовірність результатів. Це пояснюється тим, що такі якісні характеристики, як ергономіка чи технологічність, часто не мають чітко визначеного кількісного вираження. Це ускладнює їх введення до розглянутої формалізованої моделі оцінювання, яка орієнтована на роботу з кількісними даними. Для їх оцінювання, зазвичай, потрібні фахові експертні висновки. Крім того, вхідні параметри, які використовуються у методі, мають бути точними, оскільки похибки у вимірюваннях або помилки можуть суттєво спотворити вихідну інформацію. Це особливо важливо в умовах, коли невеликі відхилення можуть призвести до неправильних висновків про відповідність ОБТ заданим вимогам.

Функціональний метод оцінювання характеристик зразків ОБТ спрямований на оцінку складних технічних систем шляхом декомпозиції об'єкту випробувань на функціональні підсистеми та аналізу їх якості через ключові показники та взаємозв'язки, а також інтеграції результатів для формування комплексної оцінки. Іншими словами, метод фокусується

на аналізі функціональних можливостей складної системи, розглядаючи її підсистеми як взаємодіючий набір функцій та процесів. Якість системи оцінюється за допомогою комплексних показників, які враховують різноманітні аспекти її функціонування.

Тобто, об'єкт дослідження розділяється на підсистеми, кожна з яких відповідає за виконання конкретних функцій (наприклад, мобільність, живучість, бойова ефективність). Підсистеми аналізуються не ізольовано, а з урахуванням їхнього впливу одна на одну та на загальну мету функціонування в цілому. Наприклад, у процесі оцінювання сучасного бойового літака, система управління вогнем аналізується не лише з погляду точності стрільби, але й з урахуванням її взаємодії з системою наведення, яка, у свою чергу, залежить від даних, отриманих від радіолокаційної станції. Якщо радіолокаційна станція має низьку точність виявлення цілей, це може суттєво вплинути на ефективність системи управління вогнем, навіть якщо вона сама по собі є високотехнологічною. Отже, функціональний метод дає змогу враховувати не лише індивідуальні характеристики підсистем, але й їхню взаємодію, що забезпечує більш об'єктивну та комплексну оцінку ефективності всієї системи в цілому.

Порядок застосування функціонального методу оцінювання характеристик ОВТ дещо схожий на параметричний метод, але має суттєві відмінності. Метод базується на теоретичних засадах кваліметрії та його потужному інструментарію для побудови математичних моделей для аналізу та оцінки якості функціонування складних технічних систем.

Оцінка комплексної інтегральної якості складної системи проводиться в такій послідовності [20, 108]:

$$G_{\text{дв}} \rightarrow G_{\text{днв}} \rightarrow G_{\text{шк}} \rightarrow G_{32} \rightarrow G_0 \rightarrow G_{32,0}, \quad (6)$$

де: $G_{\text{дв}}$ – побудова декомпозиційної моделі властивостей якості системи (дерево властивостей);

$G_{\text{днв}}$ – побудова декомпозиційної моделі показників властивостей (дерево показників властивостей);

$G_{\text{шк}}$ – обрання кваліметричної шкали для показників і нормативного значення для кожного показника (визначається у ТТЗ на зразок ОВТ);

G_{32} – проведення згортки (побудова групових показників);

G_0 – оцінка якості за груповими показниками (вектор оцінок);

$G_{32,0}$ – проведення згортки групових показників (отримати комплексну оцінку).

Окрім формування вимог до зразка ОВТ, на початковому етапі проводиться вивчення цілей і завдань об'єкту випробувань. Визначаються основні властивості, які впливають на його якість функціонування. Кожна з цих властивостей відповідає за конкретну функцію, яка важлива для виконання завдань. Результатом є дерево властивостей, яке відображає основні функції зразка ОВТ, що підлягає випробуванню.

$$Q = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_n\} \quad (7)$$

Схематично це можна навести ієрархічною структурою функцій складної системи та пов'язати з нею ієрархічну модель показників підсистем [20, 109] (рис. 3). Для кожної властивості визначаються показники, що її описують, які вимірюються в конкретних одиницях вимірювання. У підсумку створюється дерево показників властивостей (таблиця показників та їх нормативні значення).

Наступним кроком є проведення згортки (побудова групових показників), що передбачає об'єднання окремих показників у групі для отримання більш загальної оцінки. Тобто, кожна підфункція Q_i розбивається на параметри f_{ij} , від яких вона залежить, які деталізують її складові (наприклад, функція мобільності може включати динамічність, економічність, маневреність, прохідність). Тому, функції структуруються за групами, наприклад:

$Q_1 = \{f_{11}, f_{12}, \dots, f_{1k}\}$ – підфункція мобільність;

$Q_2 = \{f_{21}, f_{22}, \dots, f_{2l}\}$ – підфункція бойова ефективність;

$Q_3 = \{f_{31}, f_{32}, \dots, f_{3m}\}$ – підфункція показників захисту.

Метод передбачає використання шкали абсолютних показників та вагових коефіцієнтів, які встановлюються для кожного показника підсистеми групою кваліфікованих експертів на основі емпіричного досвіду або математично в ході аналізу впливу цих показників на системи в цілому. Після побудови моделі показників та їх шкалювання проводиться адитивна згортка показників нижнього рівня в агрегований показник верхнього рівня:

$$Q_j = \sum_{i=1}^n \lambda_i P(f_i) \quad (8)$$

де: Q_j – згортка показників нижнього рівня (груповий показник);

f_i – показник, що характеризує міру i -тої властивості підсистеми;

$P(f_i)$ – корисність i -го показника;

λ_i – ваговий коефіцієнт i -го показника, в межах однієї функціональної групи

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \quad (9)$$

n – кількість показників у одній функціональній групі.

Ваговий коефіцієнт вказує на відносну важливість окремих показників у загальній оцінці якості та може бути розрахований різними методами залежно від доступних даних, цілей аналізу та рівня деталізації: експертним методом, методом статистичного опрацювання проєктів, методом часткових коефіцієнтів кореляції, методом регресивних залежностей, методом граничних та номінальних значень або методом еквівалентних співвідношень [22].

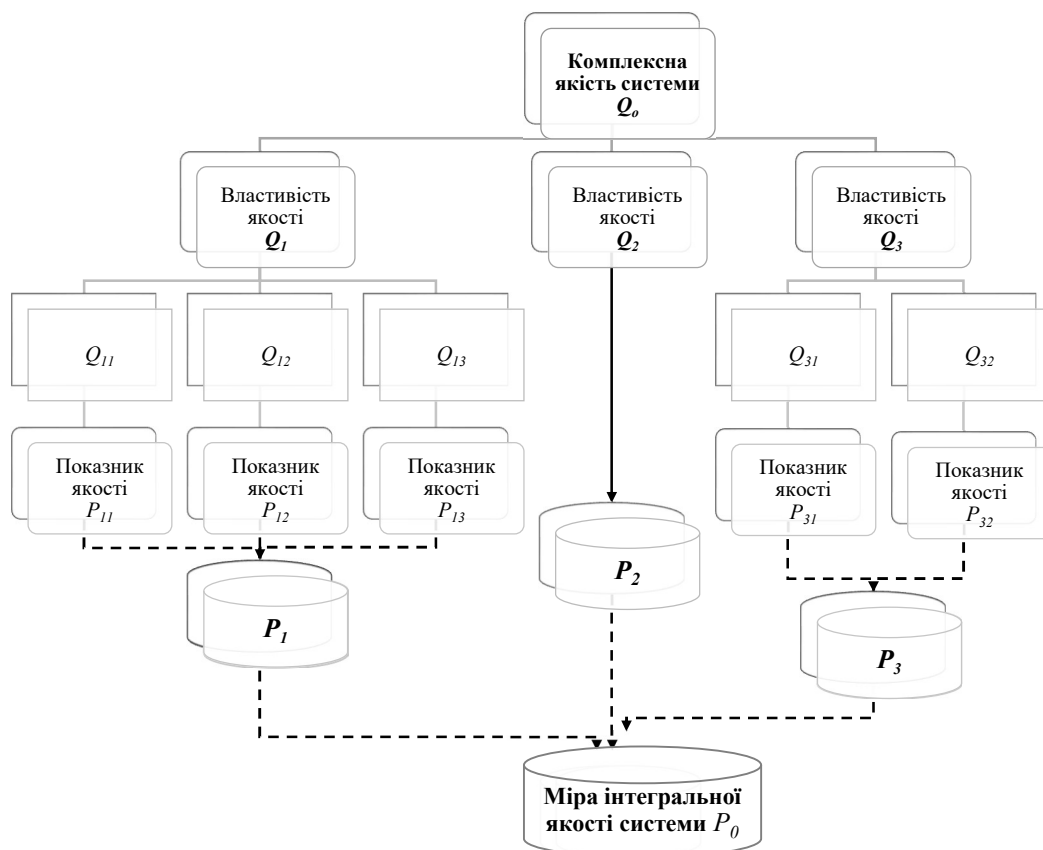


Рисунок 3 – Модель оцінювання інтегральної якості складної системи [34, 109]

Корисність i -го показника $P(f_i)$ (в науковій літературі зустрічається як нормалізоване значення) дає змогу привести значення показників до безрозмірної шкали від 0 до 1, що спрощує їх порівняння. Водночас, для показників, які покращують якість системи (стимуляторів), використовується формула

$$P(f_i) = \left(\frac{V_i - V_{\min}}{V_{\max} - V_{\min}} \right)^\alpha \quad (10)$$

а для показників, які погіршують якість (дестимуляторів), застосовується формула

$$P(f_i) = \left(\frac{V_{\max} - V_i}{V_{\max} - V_{\min}} \right)^\alpha \quad (11)$$

де V_i – фактичне виміряне значення i -го показника;

$V_{\max}$ – верхнє значення i -го показника (верхня межа) із заданого інтервалу, тобто максимально ідеальний стан показника;

$V_{\min}$ – найгірше значення i -го показника (нижня межа) із заданого інтервалу, тобто мінімально допустиме значення показника, при якому об'єкт випробувань може виконувати свою функцію.

Джерелами визначення показників $V_{\max}$ та $V_{\min}$ є:

тактико-технічні вимоги, що встановлюють необхідні характеристики зразка на етапі його розробки,

ТТЗ із розробки або модернізації зразка ОВТ, які містять граничні параметри для показників;

міжнародні, національні та галузеві стандарти;

результати випробувань аналогічних зразків ОВТ;

конструкторська та технічна документація виробника.

Стимулятор – це показник, який характеризує властивість об'єкта, яку необхідно підвищувати для досягнення максимальної ефективності системи, тобто сприяють підвищенню бойової ефективності, надійності чи функціональності зразка ОВТ. Наприклад, максимальна швидкість руху, далекобійність або прохідність.

Дестимулятор – це показник, який відображає властивість, значення якого необхідно зменшувати для покращення загальної якості та ефективності системи, тобто чим менше значення дестимулятора, тим краще. Наприклад, витрати пального або рівень шуму в кабіні, час розгортання зразка в бойове положення є характеристиками, які повинні бути мінімальними.

Корисність враховує характер впливу показника на результат через коефіцієнт α , який визначає нелінійність залежності. Коефіцієнт α відображає ступінь відповідності фактичного значення показника бажаному рівню в межах допустимого інтервалу. Він визначає, як саме змінюється корисність показника у межах його значень. Його фізичний зміст зводиться до моделювання нелінійності впливу показника на загальну оцінку ефективності. Отже, якщо:

$\alpha=1$, то встановлюється лінійна залежність між значенням показника та його корисністю (найчастіше використовується у розрахунках);

$\alpha>1$, то вплив має підсилюючий характер на значення показника (експоненціальна залежність);

$\alpha<1$, то знижується вплив великих значень показника (логарифмічна залежність).

На подальшому етапі проводиться адитивна згортка групових показників, тобто групові показники об'єднуються у комплексну інтегральну оцінку. Це дає змогу отримати фінальне значення, яке характеризує якість усього об'єкта випробувань загалом.

$$Q_o = \sum_{j=1}^m w_j Q_j \quad (12)$$

де Q_o – комплексний інтегральний показник якості об'єкта випробувань;

Q_j – групові показники j -ї функції;

m – кількість функцій (груп);

w_j – вага функції j -ї групи, яка визначає її відносну важливість у загальній оцінці якості (наприклад, ваги мобільності, захисту, бойової ефективності). Вагові коефіцієнти груп встановлюються експертним методом або на основі аналізу впливу групи на якість об'єкта випробувань в цілому, одночасно:

$$\sum_{j=1}^m w_j = 1 \quad (13)$$

Комплексна оцінка якості є числовим показником, який узагальнює результати оцінки всіх функціональних властивостей зразка ОВТ, та дає змогу оцінити відповідність зразка встановленим вимогам шляхом об'єднання показників різних рівнів у єдиний показник. Це фінальний розрахунок, який дає комплексну оцінку всього об'єкта випробувань. До

переваг функціонального методу оцінювання характеристик зразків ОВТ слід віднести його універсальність, системність, об'єктивність та можливість автоматизації.

Універсальність методу зводиться до того, що він допомагає комплексно оцінювати різноманітні технічні системи, враховуючи їхні численні характеристики. Завдяки нормалізації показників та використанню математичних алгоритмів, метод забезпечує об'єктивність та прозорість оцінки, мінімізуючи суб'єктивний вплив експертів. Системний підхід дає змогу аналізувати як окремі компоненти системи, так і її загальну ефективність. Гнучкість методу полягає у можливості адаптації вагових коефіцієнтів під конкретні вимоги. Можливість автоматизації пояснюється тим, що алгоритми розрахунку можуть бути реалізовані у програмному забезпеченні, що значно спрощує процес оцінювання. Крім того, отримані інтегральні результати допомагають реалізувати порівняння різних зразків ОВТ, що забезпечує обґрунтоване прийняття рішень.

Проте розглянутий метод має певні обмеження. Водночас, деякі з них схожі на обмеження попереднього розглянутого методу, а саме: залежність від якості вхідних даних та складність врахування якісних показників. Крім того, визначення вагових коефіцієнтів хоча й формалізоване, але залишається суб'єктивним процесом підвищуючи ризики методологічних помилок, що вимагає високої кваліфікації експертної групи. Сильна кореляція між показниками також може ускладнювати розрахунки та призводити до переоцінки їхнього сукупного впливу.

Для унаочнення результатів проведеного аналізу, автором систематизовано отриману інформацію у табл. 1, яка відображає спільні та відмінні риси розглянутих методів.

Таблиця 1

Порівняльна таблиця методів оцінювання характеристик зразків озброєння та військової техніки

Критерій порівняння	Параметричний метод	Функціональний метод
Сутність методу	Параметричної декомпозиції за функціональними групами, порівняння фактичних значень параметрів із нормативними значеннями, визначених у ТТЗ	Декомпозиція об'єкта на функціональні підсистеми та оцінка їх ефективності через аналіз функціональних можливостей
Мета	Оцінка відповідності параметрів зразка ОВТ визначеним вимогам ТТЗ	Комплексна оцінка взаємозв'язків між функціями та підсистемами, а також їх впливу на загальну ефективність системи
Типи показників	Кількісні показники, що мають чітко визначені одиниці вимірювання (наприклад: швидкість, вага, витрати пального, дальність стрільби)	Поєднання кількісних і якісних показників, які враховують функціональні зв'язки між підсистемами (наприклад: рівень захисту, бойова ефективність, ергономіка)
Методологія	Визначення та аналіз фактичних значень параметрів і порівняння їх із нормативними без застосування вагових коефіцієнтів чи згортки	Використання дерева функцій для структурування показників, розрахунок групових й інтегральних показників за допомогою вагових коефіцієнтів
Терміни виконання	Швидкий (можливість автоматизації обробки даних)	Повільний (потрібен час на побудову моделей, експертні оцінки)
Вимоги до кваліфікації осіб, які проводять випробування	Мінімальні (достатньо знання стандартів та методик випробувань)	Високі (потрібні експерти для визначення вагових коефіцієнтів, аналізу взаємозв'язків)

Критерій порівняння	Параметричний метод	Функціональний метод
Збір фактичних даних	Безпосереднє вимірювання за допомогою спеціальних сертифікованих приладів та стандартизованих методик, об'єднання у функціональні групи	Безпосереднє вимірювання за допомогою спеціальних сертифікованих приладів та стандартизованих методик, збір даних щодо функціональних властивостей системи, побудова групових показників, адитивна згортка агрегованих показників
Методи нормалізації	Не застосовується, оскільки порівнюються фактичні виміряні та нормативні значення	Використовується шкала нормалізації для уніфікації різнорідних показників; формула стимулятора: $P(f_i) = \left(\frac{V_i - V_{\min}}{V_{\max} - V_{\min}} \right)^\alpha$ формула дестимулятора: $P(f_i) = \left(\frac{V_{\max} - V_i}{V_{\max} - V_{\min}} \right)^\alpha$
Розрахунок підсумкової оцінки	Коефіцієнт відповідності $K_i = \frac{V_i}{N_i}, i \in [1, n]$ Допустиме відхилення $\Delta_{don}^\pm = N_i \frac{\delta_i}{100}$ Правила оцінки: 1. Якщо $V_i = N_i$, то $K_i = 1$, $\Delta_i = 0$ – повна відповідність i -го параметру заданим вимогам; 2. $1 - \delta_i^- \leq K_i \leq 1 + \delta_i^+$ або $\Delta_i \leq \Delta_{doni}^\pm$ – фактичне виміряне значення i -го параметру частково відповідає нормативному значенню N_i , та знаходиться в межах допустимих відхилень; 3. Якщо $K_i < 1 - \delta_i^-$ або $K_i > 1 + \delta_i^+$, або $\Delta_i > \Delta_{doni}^\pm$ – фактичне виміряне значення i -го параметру не відповідає нормативному та виходить за межі допустимих відхилень	Комплексний показник якості об'єкта випробувань $Q_o = \sum_{j=1}^m w_j Q_j$ де Q_o – комплексний показник якості об'єкта випробувань; Q_j – групові показники j -ї функції; m – кількість функцій (груп); w_j – вага функції j -ї групи, де $\sum_{j=1}^m w_j = 1$
Аналіз результатів	Оцінка відповідності кожного параметра встановленим вимогам і виявлення параметрів, що не відповідають нормативним значенням	Використання багаторівневої моделі аналізу групових та інтегрального показників якості, виявлення слабких підсистем, аналіз причин низької функціональної ефективності, формулювання рекомендацій щодо вдосконалення системи
Типові обмеження	Не враховує взаємозв'язків між параметрами, чутливість до якості вхідних даних	Залежить від якості експертних оцінок, потребує значних ресурсів для формування дерева функцій і розрахунку інтегрального показника
Можливість автоматизації	Можливість повної автоматизації завдяки простоті розрахунків	Потребує складної автоматизації для моделювання функціональних взаємозв'язків і розрахунків вагових коефіцієнтів

Результати проведеного аналізу свідчать про те, що обидва методи мають чітко визначену сферу застосування та є невід'ємною частиною загальної системи випробувань. Параметричний метод оцінювання є ідеальним для оцінки базових параметрів та характеристик ОБТ. Водночас функціональний – забезпечує аналіз взаємодії підсистем і дає можливість ідентифікувати слабкі сторони об'єкта випробувань, але вимагає комплексних розрахунків та експертного аналізу, що ускладнює його автоматизацію. Оптимальним підходом є комбіноване використання обох методів, коли параметричний аналіз

використовується для перевірки відповідності встановленим вимогам, а функціональний – для аналізу загальної ефективності та виявлення слабких місць складної системи в цілому.

Проведений аналіз розглянутих методів дав змогу автору сформулювати узагальнений алгоритм застосування параметричного та функціонального методів оцінювання параметрів і характеристик зразків ОБТ (рис. 4), який може стати основою для забезпечення автоматизації процесів обробки отриманих результатів випробування ОБТ.

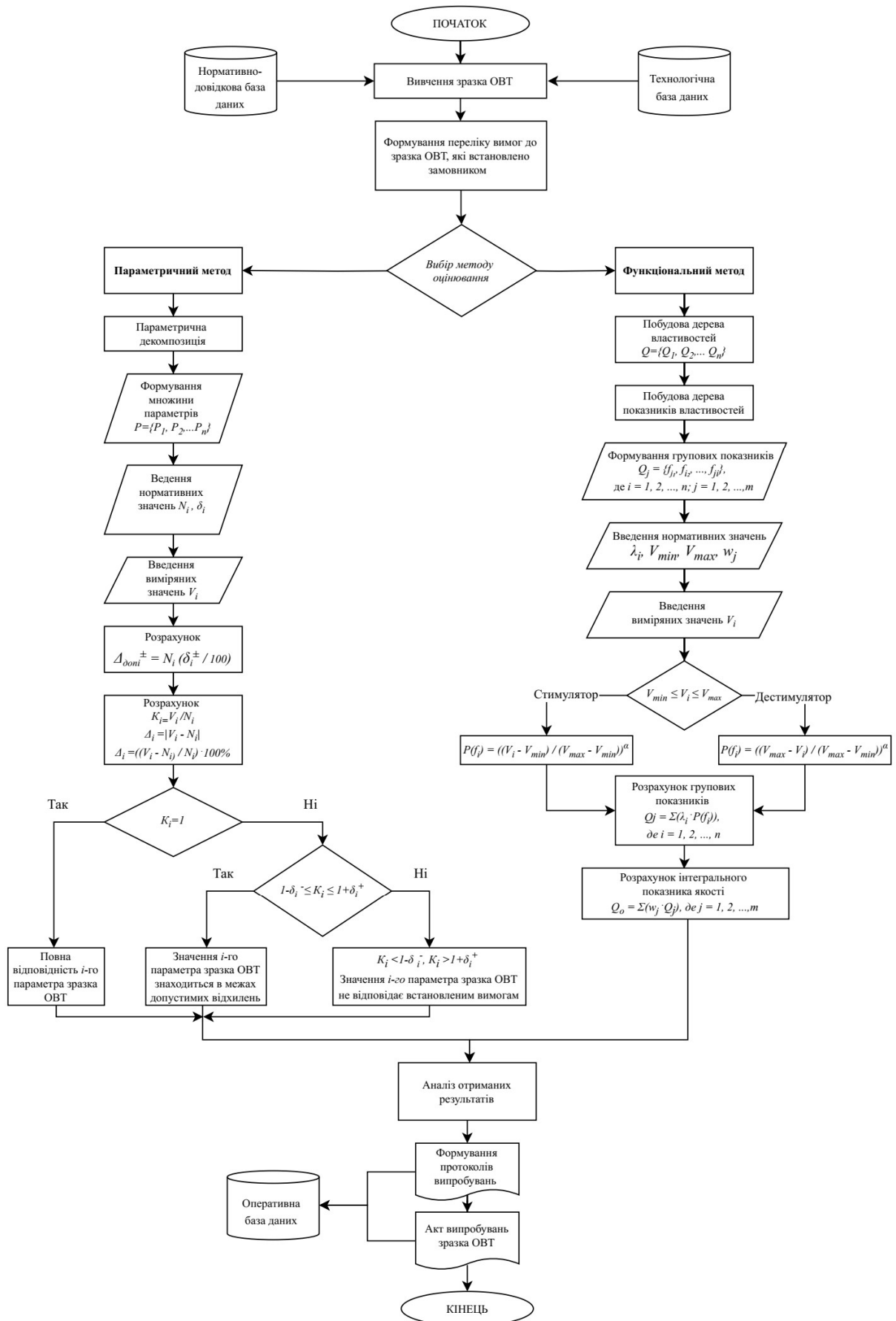


Рисунок 4 – Алгоритм застосування параметричного та функціонального методів оцінювання параметрів і характеристик озброєння та військової техніки

Для визначення оптимальних шляхів інтеграції розробленого алгоритму оцінювання характеристик зразків ОВТ до автоматизованої інформаційної системи супроводження випробувань, розглянемо склад окремих її компонентів (рис. 1), описаних у [16, 56], де на думку автора, можлива їх успішна реалізація, а саме:

підсистема випробувань та обробки результатів дослідів, яка може налічувати: модуль збирання телеметричної та іншої вимірювальної інформації; мобільну компоненту (додаток, застосунок) супроводження програми випробувань і забезпечення якості; модуль статистичної обробки результатів випробувань і аналізу якості одержаних оцінок;

підсистема підготовки результатів випробувань, що може містити модулі агрегування результатів випробування, оцінки якості досліджуваного зразка та автоматизованого складання звітної документації.

Підсистема випробувань та обробки результатів досліджень забезпечує автоматизовану реєстрацію й збір даних, отриманих під час випробувань, аналіз і їх інтерпретацію, а також виконує обчислення статистичних характеристик, таких як: середнє арифметичне, дисперсія, середнє квадратичне відхилення та довірчі інтервали, що дає змогу об'єктивно оцінити достовірність отриманих параметрів та характеристик. Підсистема підготовки результатів випробувань є ключовим елементом автоматизованої обробки отриманих результатів випробувань, яка узагальнює інформацію про функціонування досліджуваного зразка ОВТ.

Інтеграція розробленого алгоритму потребує безперервного інформаційного обміну між функціональними модулями цих підсистем. Зокрема, спочатку дані надходять до модуля збирання телеметричної інформації, що отримує виміряні значення характеристик натурних експериментів або результатів комп'ютерного моделювання. Ці дані передаються до модуля статистичної обробки, де виконується їх фільтрація, нормалізація та перевірка на коректність.

На наступному етапі алгоритму аналізуються отримані дані, шляхом порівняння їх із нормативними значеннями, які зберігаються у нормативно-довідковій базі даних. Якщо параметри мають чіткі числові значення, алгоритм перевіряє їх на відповідність нормативним вимогам, а у разі оцінювання складних функціональних характеристик розраховуються комплексні показники.

Результати обчислень передаються до модулів агрегації та оцінки якості досліджуваного зразка, де вони об'єднуються та доповнюються допоміжною інформацією для проведення фінального аналізу. Далі інформація має надходити до модуля візуалізації, який видає результати у вигляді графіків, аналітичних таблиць та звітів. Кінцевим етапом є автоматизоване складання звітної документації, де формулюються висновки про відповідність зразка ОВТ заданим вимогам замовника.

Крім того, для повноцінного функціонування апробованого алгоритму необхідно забезпечити

взаємодію з такими базами даних:

оперативна база даних, яка містить інформацію про параметри та характеристики, отримані під час випробувань;

нормативно-довідкова база даних, яка забезпечує доступ до основних технічних вимог зразків ОВТ, які задаються у ТТЗ, а також до інших нормативно-технічних документів;

технологічна база даних, яка містить математичні моделі розрахунку вагових коефіцієнтів, алгоритми обробки складних характеристик, а також підходів, методологій, методів, методик наукового пізнання в контексті випробувальної діяльності.

Є всі підстави вважати, що інтеграція цих методів в єдиний інформаційний простір супроводження випробувань ОВТ сприятиме створенню гнучкого інструменту для комплексного дослідження об'єктів випробувань, а також значному підвищенню ефективності, якості та швидкості проведення випробувань.

Висновки й перспективи подальших досліджень

У статті проведено детальний аналіз параметричного та функціонального методів оцінювання параметрів і характеристик зразків озброєння та військової техніки, кожен з яких має унікальні властивості для використання в різних аспектах випробувальної діяльності. Обидва методи мають чітко визначену сферу застосування та є невід'ємною частиною загальної системи випробувань, які спрямовані на забезпечення об'єктивної та комплексної оцінки об'єкта випробувань.

Параметричний метод базується на оцінці відповідності фактичних значень параметрів нормативним. Його ключовими перевагами є швидкість і простота реалізації, що забезпечує можливість автоматизації процесу. Цей метод дає змогу аналізувати інформацію на основі точних вимірювань, формуючи основу для оцінки відповідності технічним вимогам, проте не враховує взаємозв'язки між параметрами, що обмежує його аналітичні можливості у процесі оцінювання складних систем.

Функціональний метод оцінювання характеристик озброєння та військової техніки, у свою чергу, має іншу природу: він передбачає декомпозицію об'єкта на підсистеми, аналіз функцій і їх взаємозв'язків. Його перевагою є здатність проводити багаторівневий синтез кількісних та якісних показників. Завдяки цьому функціональний метод забезпечує системний аналіз складних об'єктів випробувань, проте вимагає більше ресурсів і залучення фахових експертів.

Результати дослідження свідчать, що оптимальним рішенням є комбінація обох методів у межах інформаційної системи супроводження випробувань ОВТ. Параметричний метод може використовуватися на етапі первинної перевірки відповідності встановленим вимогам, тоді як функціональний – для поглибленого аналізу ефективності системи в цілому.

Такий підхід забезпечить багаторівневе оцінювання, що охопить більше даних про особливості функціонування об'єкту випробувань.

Аналіз розглянутих методів дав змогу розробити узагальнений алгоритм оцінювання параметрів та характеристик зразків ОБТ, який може стати основою для автоматизації обробки великих обсягів даних про випробування, що є особливо актуальним через зростаючу складність сучасного військового оснащення та необхідність прискорення його прийняття на озброєння.

Фокус подальших наукових досліджень доцільно сконцентрувати на інтеграції цих методів та алгоритму

у комплексі повнофункціональну інформаційну систему супроводження випробувань озброєння та військової техніки, яка може стати базисом не лише для створення сучасної інформаційно-комунікаційної системи, але й для побудови ефективної системи підтримки прийняття рішень для супроводження випробувань озброєння та військової техніки, що, в свою чергу, може суттєво підвищити ефективність випробувань, оптимізувати використання ресурсів та мінімізувати ризики, які пов'язані з людським фактором.

Список бібліографічних посилань

1. Павленко А. Г., Ларін В. В., Гапоненко Г. М. Методичний підхід до визначення пріоритетності напрямів розвитку системи випробувань озброєння та військової техніки у контексті оборонного планування. *Збірник наукових праць ДНДІ ВС ОБТ*. 2023. Вип. 2(16). С. 66. DOI: 10.37701/dndivsovt.16.2023.09. 2. **Стратегія розвитку Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки до 2027 року.** URL: <https://dndivsovt.mil.gov.ua/app/uploads/2024/04/14-strategiya-dndi-vs-ovt-2027.pdf> (дата звернення 20.02.2025). 3. Корнієнко С. П., Корнієнко І. В., Шевага В. В., Казначей С. М., Кравченко В. С. Обґрунтування інформаційних компонентів нормативно-довідкової бази даних автоматизованої інформаційної системи супроводження випробувань озброєння та військової техніки. *Збірник наукових праць ДНДІ ВС ОБТ*. 2021. Вип. №7 (1). С. 29–39. DOI: 10.37701/dndivsovt.7.2021.04. 4. Скиба О. В., Доманов І. О., Рибачок Д. В., Скиба А. О. Підходи щодо підвищення ефективності підготовки і проведення випробувань шляхом створення єдиної інформаційно-довідкової системи та автоматизації діяльності науковців інституту. *Збірник наукових праць ДНДІ ВС ОБТ*. 2023. Вип. 4(18). С. 104–111. DOI: 10.37701/dndivsovt.18.2023.15. 5. Корнієнко І. В., Корнієнко С. П., Дмитрієв В. А., Павленко Д. О., Камак Д. О. Алгоритм скорочення кількості дослідів при використанні інтервальних оцінок якості випробуваного зразка озброєння та військової техніки. *Система озброєння і військова техніка*. 2020. № 4 (64). С. 86–92. DOI: 10.30748/soivt.2020.64.11. 6. **Нормативна база.** URL: <https://dndivsovt.mil.gov.ua/normativna-baza> (дата звернення 20.02.2025). 7. **Особливості випробувань зразків озброєння та військової (спеціальної) техніки** : навч. посіб. / Певцов Г. В. та ін. ДНДІ ВС ОБТ. Черкаси : вид. Пономаренко Р. В., 2023. 168 с. 8. **Вентцель Е. С.** Теория вероятностей. Москва : Наука, 1969. 576 с. 9. **Вентцель Е. С., Овчаров Л. А.** Теория вероятностей и ее инженерные приложения : учеб. пособ. для втузов. 2-е изд., стер. Москва : Высш. шк., 2000. 480 с. 10. **Шефтель З. Г.** Теория ймовірностей: підр. 2-ге вид., переробл. і допов. Київ : Вища шк., 1994. 192 с. 11. **Хартман К., Лецкий Э., Шефер В.** Планирование экспериментов в исследовании технологических процессов. Москва : Мир, 1977. 541 с. 12. **Певцов Г. В., Пантелеева Н. М., Хуторна М. Е., Гончаренко О. О., Череди́ков О. М.** Математика випробувань озброєння та військової техніки : навч. посіб. ДНДІ ВС ОБТ. Черкаси: вид. Пономаренко Р. В., 2023. 272 с. 13. **Корнієнко С. П., Корнієнко І. В., Камак Д. О., Казначей С. М., Жирна О. В.** Планування кількості

випробувань при інтервальних оцінках зразків ОБТ. *Збірник наукових праць ДНДІ ВС ОБТ*. 2020. Вип. № 2(4). С. 46–55. DOI: 10.37701/dndivsovt.13.2022.06. 14. **Корнієнко І. В., Корнієнко С. П., Дмитрієв В. А., Павленко А. Г., Камак Д. О.** Алгоритм скорочення кількості дослідів при використанні інтервальних оцінок якості випробуваного зразка озброєння та військової техніки. *Система озброєння і військова техніка*. 2020. Вип. № 4(64). С. 86–92. DOI: 10.30748/soivt.2020.64.11. 15. **Корнієнко С. П., Корнієнко І. В., Дмитрієв В. А., Павленко А. Г., Камак Д. О.** Формування кількісних характеристик випробувань для одержання точкових оцінок заданої якості. *Технічні науки та технології*. 2020. Вип. № 1(19). С. 140–155. DOI: 10.25140/2411-5363-2020-1(19)-140-155. 16. **Корнієнко І. В., Корнієнко С. П., Камак Д. О., Казначей С. М., Жирна О. В.** Щодо можливих функціональних компонент інформаційної системи супроводження випробувань Збройних Сил України. *Збірник наукових праць ДНДІ ВС ОБТ*. 2020. Вип. № 4(6). С. 52–62. DOI: 10.37701/dndivsovt.6.2020.06. 17. **Корнієнко І. В., Корнієнко С. П., Казначей С. М., Руденко О. В., Толмачов В. Ю.** Узагальнена структура інформаційно-довідкової бази даних ОБТ інформаційної системи супроводження випробувань. *Збірник наукових праць ДНДІ ВС ОБТ*. 2022. Вип. № 1(11). С. 66–78. DOI: 10.37701/dndivsovt.11.2022.08. 18. **ДСТУ В 15.211:2023.** Система керування життєвим циклом озброєння та військової техніки. Програми і методики випробувань. Основні положення. [Чинний від 01.11.2023]. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=102731 (дата звернення 02.02.2025). 19. **Певцов Г. В., Тристан А. В., Гордієнко А. М., Павленко А. Г., Погасій М. С.** Організаційно-методичні засади підготовки та проведення випробувань нових (модернізованих) зразків (комплексів, систем) ОБТ у Збройних Силах України : навч. посіб. ДНДІ ВС ОБТ. Черкаси : вид. Пономаренко Р. В., 2023. 179 с. 20. **Лямець В. І., Успенко В. І.** Основи загальної теорії систем і системний аналіз: навч. посіб. Харків. «БУРУН І К», Київ. ТОВ «КНТ», 2020. 304 с. 21. **Толмачов В. Ю., Мозальов В. Є.** Методичні підходи до синтезу інформації в системах підтримки прийняття рішень для супроводження випробувань озброєння та військової техніки. *Випробування і сертифікація озброєння та військової техніки* : тези доповідей III наук.-техн. конф. ДНДІ ВС ОБТ, м. Черкаси 26 вересня 2024 р. Черкаси : ДНДІ ВС ОБТ, 2024. С. 443–445. 22. **Бойко Т. Г.** Огляд методів визначення вагових коефіцієнтів показників властивостей продукції. *Методи та прилади контролю якості*. 2010. Вип. № 24. С. 84–89.

APPLICATION OF PARAMETRIC AND FUNCTIONAL METHODS FOR EVALUATING PARAMETERS AND CHARACTERISTICS OF ARMAMENT AND MILITARY EQUIPMENT

TOLMACHOV Vyacheslav, National Defence University of Ukraine, Kyiv, Ukraine,
<https://orcid.org/0000-0002-3927-2041>

Formulation of the problem in general. Based on a comparative analysis of parametric and functional methods for evaluating the parameters and characteristics of Armament and Military Equipment, an algorithm for applying these methods has been developed to assess parameters and attributes for compliance with established requirements during testing. Additionally, possible ways to integrate the developed algorithm into the information system for test support of Armament and Military Equipment are considered.

Research methods. The research methodology includes general systems theory and systems analysis, experimental design theory, and measurement theory, as well as the fundamentals of mathematical statistics. These approaches enabled the development of algorithms and methods for assessing the parameters and characteristics of Armament and Military Equipment samples.

Analysis of recent research and publications. The parametric method compares the actual values of Armament and Military Equipment parameters with normative ones, ensuring a fast and objective evaluation, but not accounting for interdependencies between these parameters. The functional method focuses on a comprehensive assessment of the test object by decomposing it into functional groups, using weight coefficients and integral indicators, which allows for identifying weak points in the examined object. A comparative analysis of these methods defined their features, practical value in testing activities, and prospects for their combined application as a unified methodological approach.

Presenting the primary material. An algorithm for applying the parametric and functional methods for evaluating the parameters and characteristics of Armament and Military Equipment has been developed, enabling the automation of the processing of test results.

Elements of scientific novelty. The scientific novelty of the obtained results lies in improving the methodology for evaluating the characteristics of Armament and Military Equipment during experimental studies and integrating algorithms into a unified test support system, ensuring a multi-level assessment of the quality of the examined sample.

Theoretical and practical significance of the article. The practical relevance of the research is reflected in the increased efficiency of testing through the implementation of the proposed algorithm and methods in the information system for test support. This will ensure the formation of well-grounded conclusions regarding the adoption of Armament and Military Equipment into service.

Conclusion and the perspectives of future research. The article provides a detailed analysis of the parametric and functional methods for evaluating the parameters and characteristics of Armament and Military Equipment, which are an integral part of the overall testing system and aim to ensure an objective and comprehensive assessment of the test object. A generalized algorithm for evaluating Armament and Military Equipment parameters and characteristics has been developed, which can serve as a foundation for automating the processing of test results. Future scientific research should focus on integrating these methods and the algorithm into a comprehensive, fully functional information system for test support of Armament and Military Equipment. This system could serve as the basis for developing a modern information and communication system and as the foundation for an effective decision support system for test support. Such an approach, in turn, could significantly enhance testing efficiency, optimize resource utilization, and minimize risks associated with the human factor.

Keywords: testing, characteristic evaluation, parametric method, functional method, test support information system, test support, testing system, Armament and Military Equipment.

References

1. Pavlenko, A. H., Larin, V. V., Haponenko, H. M., (2023). A methodological approach to determining the priority of directions for developing a system of weapons and military technology tests in the context of defense planning. *Zbirnyk naukovykh prats DNDI VS OVT*. 2(16), 65-69. DOI: 10.37701/dndivsovt.16.2023.09.
2. Strategy for developing the State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification until 2027 [online]. Available at: <https://dndivsovt.mil.gov.ua/app/uploads/2024/04/14-strategiya-dndi-vs-ovt-2027.pdf> [Accessed: 20 February 2025].
3. Korniienko, S. P., Korniienko, I. V., Shevaha, V. V., Kaznachei, S. M., Kravchenko, V. S., (2012). Substantiation of information components of the regulatory reference database of the automated information system of armament and military equipment test support. *Zbirnyk naukovykh prats DNDI VS OVT*. 7(1), 29-39. DOI: 10.37701/dndivsovt.7.2021.04.
4. Skyba, O. V., Domanov, I. O., Rybachok, D. V., Skyba, A. O., (2023). Approaches to increase the efficiency of training and testing by creating a uniform information and reference system and automating the activities of the institute's scientists. *Zbirnyk naukovykh prats DNDI VS OVT*. 4(18), 104-111. DOI: 10.37701/dndivsovt.18.2023.15.
5. Korniienko, I. V., Korniienko, S. P., Dmytriiev, V. A., Pavlenko, D. O., Kamak, D. O., (2020). An algorithm for reducing the number of experiments using interval quality assessments of weapons and military equipment test samples. *Systema ozbroiennia i viiskova tekhnika*. 4(64), 86-92. DOI: 10.30748/soivt.2020.64.11.
6. Regulatory framework [online], (2025). Available at: <https://dndivsovt.mil.gov.ua/normatyvna-baza> [Accessed: 20 February 2025].
7. Pevtsov, H. V. and others, (2023). *Peculiarities of testing samples of armament and military (special) equipment: Textbook*. State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification. Cherkasy : Ponomarenko R. publishing, 168.
8. Venttsel, E. S.,

- (1969). *Probability Theory*. Moscow: Science. 9. **Venttsel, E. S., Ovcharov, L. A.**, (2000). *Probability Theory and Its Engineering Applications: Textbook for Technical Universities*. 2nd edn. Moscow: Vysshaya Shkola. 480. **10. Sheftel, Z. H.** *Probability Theory: Textbook*. 2nd edn, revised and expanded. Kyiv: Vyshcha Shkola. 192. **11. Khartman, K., Letskyi, E., Shefer V.**, (1977) *Experimental Design in the Study of Technological Processes*. Moscow: Mir. 541. **12. Pevtsov, H. V., Pantelieieva, N. M., Khutorna, M. E., Honcharenko, O. O. and Cherednikov, O. M.**, (2023). *Mathematics of testing armament and military equipment: Textbook*. State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification. Cherkasy: Ponomarenko R. publishing, 272. **13. Korniienko, S. P., Korniienko, I. V., Kamak, D. O., Kaznachei, S. M., Zhyrna, O. V.**, (2020). Planning the number of test intervals, estimates, armament, and military equipment. *Zbirnyk naukovykh prats DNDI VS OVT*. 2(4), 46-55. DOI: 10.37701/dndivsovt.13.2022.06. **14. Korniienko, I. V., Korniienko, S. P., Dmytriiev, V. A., Pavlenko, A. H., Kamak, D. O.**, (2020). An algorithm for reducing the number of experiments using interval quality assessment of weapons and military equipment test samples. *Systema ozbroiennia i viiskova tekhnika*. 4(64), 86-92. DOI: 10.30748/soivt.2020.64.11. **15. Korniienko, S. P., Korniienko, I. V., Dmytriiev, V. A., Pavlenko, A. H., Kamak, D. O.**, (2020). Tests with quantitative characteristics were formed to obtain point-quality assessments. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii*. 1(19), 140-155. DOI: 10.25140/2411-5363-2020-1(19)-140-155. **16. Korniienko, I. V., Korniienko, S. P., Kamak, D. O., Kaznachei, S. M., Zhyrna, O. V.**, (2020). On possible functional components of the information system of arms and military equipment testing of the armed forces of Ukraine. *Zbirnyk naukovykh prats DNDI VS OVT*. 4(6), 52-62. DOI: 10.37701/dndivsovt.6.2020.06. **17. Korniienko, I. V., Korniienko, S. P., Kaznachei, C. M., Rudenko, O. V., Tolmachov, V. Iu.**, (2022). Generalized structure of the information and reference database of armament and military equipment of the information system of testing support. *Zbirnyk naukovykh prats DNDI VS OVT*. 1(11), 66-78. DOI: 10.37701/dndivsovt.11.2022.08. **18. Derzhstandart Ukrainy**, (2023). *Lifecycle Management System for Armaments and Military Equipment. Testing programs and methods. Basic Provisions*. DSTU V 15.211:2023. Available at: <https://www.scribd.com/document/816854333/%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3-%D0%92-15-211-2023> [Accessed: 01 November 2023]. **19. Pevtsov, H. V., Trystan, A. V., Hordiienko, A. M., Pavlenko, A. H., Pohasii, M. S.**, (2023). *Organizational and methodological principles for preparing and testing new (modernized) samples (complexes, systems) of armament and military equipment in the Armed Forces of Ukraine: Textbook*. State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification. Cherkasy: Ponomarenko R.V. Publishing. 173. **20. Liamets, V. I., Uspalenko, V. I.**, (2020). *Basics of General Systems Theory and Systems Analysis: Textbook*. Kharkiv: «Burun i K»; Kyiv: TOV «KNT». 304. **21. Tolmachev, V. Yu., Mozalov, V. Ye.**, (2024). Testing and Certification of Armament and Military Equipment. In: *Methodical approaches to information synthesis in decision support systems for supporting armament and military equipment tests: tezy dopovidei III nauk.-tekhn. konf. DNDI VS OVT. Cherkasy 26 veresnia 2024*. Cherkasy: State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification. **22. Boiko, T. H.**, (2010). Overview of methods for determining weight coefficients of product property indicators. *Methods and Instruments of Quality Control*. 24, 84-89.

Рукопис надійшов до редакції	11.02.2025
Рукопис прийнято до друку після рецензування	26.03.2025
Дата публікації	30.04.2025