

І. А. Омельчук, А. М. Токар, В. Л. Рикун, І. В. Свистунович

## ВИКОРИСТАННЯ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИПРОБУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ СИСТЕМ

*Тривала збройна агресія проти України та світовий досвід використання безпілотних систем у збройних конфліктах протягом останніх років став поштовхом до створення окремого роду сил у структурі Збройних Сил України.*

*На сьогодні спостерігається стійка тенденція до зростання ролі безпілотних систем у складі озброєння, що зумовлює потребу в нарощуванні обсягів розроблення, створення та виробництва сучасних безпілотних комплексів різного напрямку застосування. Складність процесів, що покладені в основу функціонування безпілотних систем, численні елементи й системи, взаємопов'язані між собою, велика кількість різноманітних параметрів та характеристик зразків безпілотних систем – усе це обумовлює необхідність їх дослідження й підтвердження правильності прийнятих нових технічних рішень, а також втілення вже наявних у ході розроблення та виробництва безпілотних систем. Аналіз і нормування їх тактико-технічних характеристик є актуальним завданням для забезпечення точного планування бойових дій. Для цього розроблені зразки озброєння мають пройти випробування та дослідження характеристик. Випробування є основним способом підтвердження відповідності наявних характеристик заявленим тактико-технічним вимогам до зразків техніки. Методи випробувань повинні передбачати застосування стандартизованих алгоритмів і процедур. Оскільки джерелом інформації, на основі якої можна зробити висновок про відповідність сировини чи продукту, є результати випробувань, то впевненість у їх достовірності може забезпечити підтвердження надійності застосовуваного методу.*

*У наш час таким способом підтвердження відповідності отриманих даних є акредитація лабораторій за стандартом ISO / IEC 17025:2019, відповідно до якого визначають компетенції лабораторій щодо якості результатів їх досліджень. Якщо розглянути питання впровадження зазначеного стандарту в практику випробувань зразків озброєння, а саме з огляду на імплементацію стандартів НАТО, то використання точних і надійних даних під час випробувань, які надходять від акредитованої лабораторії, дозволить мінімізувати технічні бар'єри для співпраці з європейськими виробниками озброєння.*

**Ключові слова:** система озброєння; міжнародна співпраця; випробування озброєння; безпілотна система; статистичний метод; оцінювання.

**Постановка проблеми в загальному вигляді.** Розвиток сучасної військової техніки обумовлює появу нових методів ведення бойових дій, сприяє впровадженню в бойову практику використання великої кількості дистанційно керованих систем різного призначення. Однак для успішного виконання бойових завдань необхідно мати чітко

визначені тактико-технічні характеристики таких систем. Оскільки ці дані використовують для планування операцій, то достовірність характеристик і їх оцінювання в різноманітних умовах експлуатації є важливим фактором успішного виконання завдання. Саме тому процес дослідження технічних характеристик безпілотних комплексів у процесі їх випробування – це важливий етап у постановці таких систем на озброєння. Сама процедура приймальних випробувань має охоплювати не лише оптимальні умови навколишнього середовища, а й критичні умови використання конкретного комплексу. Дані про межі можливостей (спроможностей) зразка озброєння і його характеристики в різних умовах застосування дозволять оптимально й найбільш ефективно використовувати його під час виконання бойових завдань. Тому розроблення та впровадження методів опрацювання результатів випробувань є актуальним для забезпечення об'єктивного оцінювання тактико-технічних характеристик зразків безпілотних комплексів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** порушене питання є широко обговорюваним у колах науковців та практиків-випробовувачів військової техніки. Наприклад, в [1] розкрито передумови розвитку безпілотних технологій як важливого елемента сучасних військових операцій, проаналізовано законодавче та нормативне підґрунтя процедури приймання безпілотних комплексів на озброєння.

У матеріалах статті [2] побудовано кваліметричну модель формування етапів творення інформаційно-вимірювальної системи стадії підготовки випробувань зразків військової техніки. Розроблено етапи експертизи кваліметричної моделі на основі наявної поточної мети випробувань. Також обґрунтовано необхідну кількість параметрів, що вимірюються, їх точність, порядок аналізу та критерії ефективності моделі, зокрема: мінімальну похибку вимірювань під час проведення випробувань; вартість обладнання, що забезпечує необхідну точність; ресурс обладнання тощо.

Визначено найбільш доцільний інструмент системного підходу до прийняття рішень для побудови кваліметричної моделі інформаційно-вимірювальних систем.

У [3] розкрито питання щодо визначення та забезпечення якості продукції оборонного призначення, контролю за додержанням її відповідності встановленим вимогам, а також створення та впровадження системи якості, яка спроможна вирішувати завдання щодо оцінювання відповідності. Окремо було висвітлено термін “якість”, який можна трактувати як відповідність вимогам споживача або рівень його задоволеності. Щодо зразків оборонного призначення, то якість ототожнюється з ефективністю виконання бойового завдання. Безпосереднє застосування озброєння, систем військової техніки та спорядження в бойових умовах є найкращою перевіркою його ефективності, а саме придатності для використання за призначенням. Крім того, у статті розкрито актуальність обрання системи перевірки озброєння, здатної забезпечити вирішення проблем якості оборонної продукції.

У публікації [4] запропоновано методичний підхід до визначення пріоритетності напрямів вирішення проблемних питань розвитку системи випробувань озброєння та військової техніки. Окреслено орієнтовний перелік заходів, на основі яких може бути сформовано достатню множину варіантів розвитку алгоритмів розвитку. Наведено сукупність показників оцінювання альтернативних варіантів розвитку системи оцінювання зразків військової продукції.

У статті [5] за результатами проведеного аналізу чинних нормативних документів зроблено висновки щодо зміни статусу деяких стандартів НАТО в Україні з національного на військовий та введення обов'язковості застосування цих військових стандартів на підприємствах, установах та організаціях усіх форм власності, що виконують роботи для потреб оборони. Також виділено три групи військових стандартів, що прямо чи опосередковано регламентують вимоги до забезпечення єдності вимірювань та їх простежуваності в ході випробувань зразків озброєння та військової техніки, а також розглянуто конкретні вимоги до цих зразків за кожною групою. Згадані групи стандартів розроблені на основі угод зі стандартизації НАТО STANAG 4107, STANAG 4370 і STANAG 4704. Описано особливості випробувань зразків техніки за STANAG 4370, висвітлено питання щодо впровадження STANAG 4704 у повному обсязі в Україні. Окреслено труднощі в запровадженні стандартів НАТО в нашій державі та шляхи їх вирішення.

У [6] проаналізовано поточні проблеми впровадження та реалізації стандартів НАТО в безпековому та оборонному секторі. Автори аналізують регуляторне та юридичне управління в галузі національної безпеки та головні документи, пов'язані із сектором безпеки та оборони, що мають бути адаптовані в Україні відповідно до стандартів НАТО.

Ці стандарти надають нові можливості для розроблення, виробництва, продажу зброї та військового обладнання для української оборонної промисловості, а також відкривають нові сфери для співпраці із західними партнерами.

Публікація [7] присвячена проблемам створення та впровадження інтегрованої системи управління якістю підприємства, які виникли через необхідність імплементації вимог стандартів НАТО серії AQAP 2000 до вимог стандарту ISO 9001. У статті проаналізовано переваги та недоліки таких систем управління. Надано схему постачань продукції військового призначення замовнику, у якій передбачено сертифікацію системи управління якістю виробника зовнішнім органом з оцінювання відповідності та контроль за якістю продукції військовим представництвом, а також державне гарантування якості (ДГЯ). Авторами зазначено, що на виробничому підприємстві чи у випробувальній лабораторії повинна функціонувати система метрологічного забезпечення згідно зі стандартом ДСТУ ISO 10012.

У [8] розглянуто деякі питання впровадження та застосування міжнародних нормативних та нормативно-технічних документів, зокрема стандартів НАТО, під час проведення випробувань зразків озброєння. Визначено певні труднощі щодо співробітництва України з НАТО у сфері стандартизації, з-поміж яких варто виокремити відмінності організаційних структур систем стандартизації та відмінності структур фондів стандартів.

Публікація [9] присвячена особливостям випробувань, відповідності стандартам НАТО з гарантування якості (STANAG 4107) та вимогам до алгоритмів, методів і порядку проведення різного виду випробувань зразків озброєння та військової техніки. Однак у ній не проаналізовані в достатньому обсязі особливості впровадження стандартів НАТО в приймальні випробування.

Проблеми створення системи ДГЯ оборонної продукції відповідно до чинних стандартів НАТО проаналізовано в роботі [10]. Вказано нормативно-правові документи, які

вимагають створення такої системи, та проаналізовано основні напрямки цього процесу, а також запропоновано низку заходів щодо вирішення актуальних проблем забезпечення якості продукції та послуг оборонного призначення. Однак результати опублікованої дослідницької роботи потребують додаткового осмислення на сучасному етапі розвитку нормативної бази.

**Формулювання завдання дослідження.** На підставі проаналізованих публікацій та огляду порушених проблемних питань можна зробити висновок, що система технічного регулювання в оборонній сфері знаходиться на етапі становлення та переходу на міжнародні стандарти. Отже, питання розроблення та впровадження методів випробування відповідно до чинної нормативної бази, впровадження способів перевірки стійкості застосованих методів до зміни вхідних умов, а також створення однозначних математичних моделей із використанням статистичних методів для оцінювання результатів випробування безпilotних систем є надзвичайно актуальними на сьогодні.

**Виклад основного матеріалу.** Дослідження присвячено розв'язанню актуальної науково-прикладної проблеми оцінювання стійкості методів випробування зразків продукції. Оскільки джерелом інформації, на основі якої роблять висновок про відповідність сировини чи продукту певним нормам, є результати випробувань, то впевненість у їх достовірності може забезпечити підтвердження точності застосовуваного методу та довіру до результатів випробувань у цілому. На сьогодні таким способом підтвердження відповідності отриманих даних є акредитація лабораторій за стандартом ISO / IEC 17025 або оцінювання та визнання їх вимірювальних можливостей згідно з ДСТУ ISO 10012.

Акредитація передбачає аудит лабораторії незалежними експертами та офіційне визнання її компетентності.

Упровадження в роботу лабораторії набору розроблених документів, що регламентують порядок її роботи – системи управління якістю, є одним із дієвих способів показати, що дані досліджень є достовірними, а тому на них можна покластися для прийняття рішень щодо придатності продукції. З іншого боку, стандартизація процесів лабораторного аналізу гарантує достатню точність отриманих даних, а можливі помилки в результатах випробування зведені до мінімуму.

Отже, одним із показників правильності роботи лабораторії є надання нею документальних доказів придатності методів випробування для отримання достовірних результатів, а саме верифікація методів випробування.

Верифікація у виробничій діяльності – це процедура, що дає високий ступінь упевненості в тому, що конкретний процес, метод або система буде послідовно приводити до результатів, які відповідають заздалегідь встановленим критеріям прийнятності. Дослідження мають комплексний характер. Метою верифікації є підтвердження стабільності результатів випробувань зразка продукції в разі зміни вхідних параметрів випробувань, тобто стабільності методу до зовнішніх умов.

При цьому у валідаційну модель вводиться змінна величина – ознака, що характеризує вхідні параметри в ході випробувань. Такими ознаками можуть бути зміни оператора або

умов навколишнього середовища, або часових проміжків між випробуваннями (стабільність у часі).

Водночас часто виникає питання взаємозв'язку ознаки та результатів випробувань: чи зміняться результати випробувань у разі інших вхідних параметрів.

Статистичний метод, який використовується для дослідження таких взаємозв'язків, називається кореляційним аналізом. Він полягає у визначенні ступеня зв'язку між двома випадковими величинами  $X$  та  $Y$ .

Для оцінювання інтенсивності взаємозв'язку в кореляційному аналізі використовують абсолютну величину (модуль) спеціального показника – коефіцієнта кореляції, абсолютне значення якого знаходиться в межах від 0 до 1. Коефіцієнт кореляції дає кількісну оцінку статистичного взаємозв'язку між результатами вимірів та показує, яка частка варіативності залежної змінної пояснюється регресійною моделлю. Тобто цей показник у застосуванні до результатів випробувань можна пояснити їх близькістю в базовому експерименті (випробування проводяться в первинних нормалізованих початкових умовах) і результатів експерименту, у разі дії однієї з ознак (вплив змін часу, навколишнього середовища та оператора під час випробувань тощо).

Розглянемо процедуру проведення аналізу. Запропонований тест забезпечує визначення того, чи призведе зміна вхідних параметрів проведення випробувань до зміни отриманих результатів. Для його виконання проводять два послідовні випробування одного і того ж зразка. При цьому щоразу всі вхідні параметри експерименту зберігаються без змін, окрім одного, вплив якого на результати випробувань досліджується цим тестом.

Для оцінювання результатів випробування може бути застосовано математичний апарат обрахунку параметричної кореляції (коефіцієнт кореляції Пірсона).

Передумовами застосування цього методу є такі: усі спостереження є взаємно незалежними; спостереження мають нормальний закон розподілу.

#### *Опис методу*

Значення коефіцієнта кореляції розраховуємо за такою формулою:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X}) (Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2}}, \quad (1)$$

де  $X_i$  –  $i$ -те значення результату випробувань у ході першого експерименту (нормалізовані умови);

$\bar{X}$  – середнє арифметичне значення результатів випробувань під час першого експерименту (нормалізовані умови);

$Y_i$  –  $i$ -те значення результату випробувань за час проведення другого експерименту (умови зі зміною параметра, вплив якого на результати випробувань досліджується за цим тестом);

$\bar{Y}$  – середнє арифметичне значення результату випробувань під час проведення другого експерименту (умови зі зміною параметра, вплив якого на результати випробувань досліджується за цим тестом);

$N$  – кількість спостережень.

Отримані дані повинні аналізуватися. Обрахований результат знаходиться в межах  $r = \pm 1$ , де  $r = +1$  означає прямо пропорційну кореляційну залежність (рис. 1);  $r = -1$  – обернено пропорційну кореляційну залежність (рис. 2);  $r^2 = 0$  означає 0% збігу, тобто нульову кореляційну залежність (рис. 3).

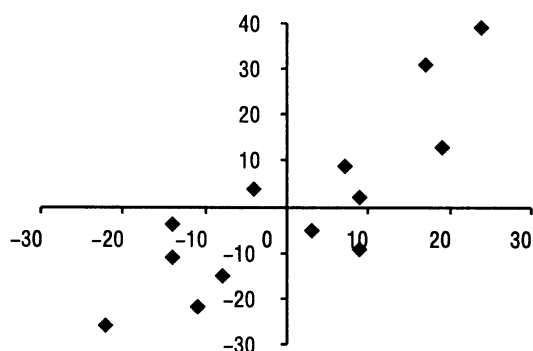


Рис. 1. Приклад прямо пропорційної кореляційної залежності

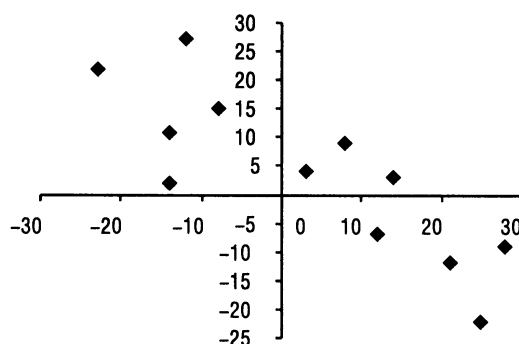


Рис. 2. Приклад обернено пропорційної кореляційної залежності

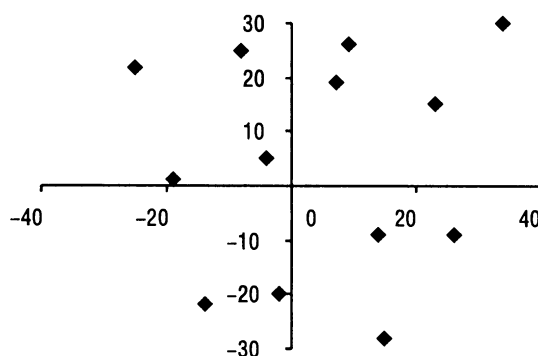


Рис. 3. Приклад нульової кореляційної залежності

Оскільки проводиться обрахунок випадкової величини, то в цьому разі значення лише одного коефіцієнта кореляції для висновку є недостатнім. Для надання достовірного результату оцінювання необхідно визначити значущість коефіцієнта кореляції, тобто перевірити, чи суттєво він відмінний від нуля. Це можна зробити за допомогою критерію

Стьюдента. Перевірятимемо гіпотезу рівності коефіцієнта кореляції та нульового значення (нульова гіпотеза). Для цього критерій значущості  $t_{розр}$  розрахуємо за такою формулою:

$$t_{розр} = \frac{r_{xy} \sqrt{(N-2)}}{\sqrt{(1-r_{xy}^2)}}, \quad (2)$$

де  $r_{xy}$  – розрахований коефіцієнт кореляції;

$N$  – кількість спостережень.

Якщо обчислена величина  $t_{розр}$  більше або дорівнює табличному значенню коефіцієнта Стьюдента, взятого з  $N = 2$  ступенів свободи, то нульова гіпотеза відкидається. Це означає, що коефіцієнт кореляції значно відрізняється від нуля (із вибраним рівнем значущості) і кореляція є підтвердженою. Тобто критерій статистичної прийнятності коефіцієнта кореляції визначають таким, що є задовільним, а знайдений зв'язок є статистично значущим (не випадковим) та правильно описує припущення методу про наявність кореляції між масивами результатів.

Для впевненості в тому, що метод обрахунку коефіцієнта кореляції може бути застосований до масиву результатів, необхідно пересвідчитися в нормальності розподілу цього масиву. Для визначення нормальності розподілу результатів проводиться розрахунок асиметрії та ексцесу (рис. 4), зокрема методом перевірки відхилення розподілу від нормального за допомогою параметрів асиметрії та ексцесу, за допомогою критерію Колмогорова – Смирнова.

Зазначені критерії розраховуємо таким чином:

1) визначаємо асиметрію розподілу результатів для масивів даних  $X$  та  $Y$ :

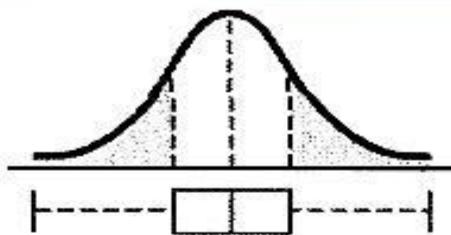
$$A_x = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^3}{N \left( \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N-1}} \right)^3}; \quad A_y = \frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^3}{N \left( \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2}{N-1}} \right)^3}; \quad (3)$$

2) розраховуємо ексцес розподілу:

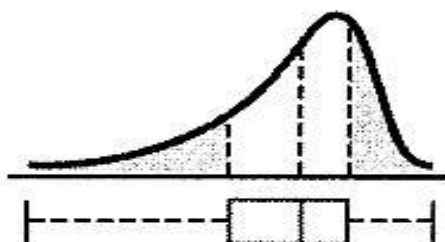
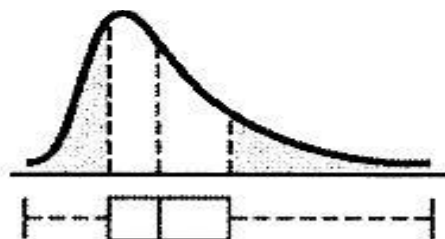
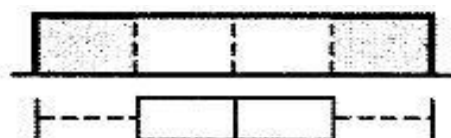
$$E_x = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^4}{N * \left( \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N-1}} \right)^4} - 3; \quad E_y = \frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^4}{N * \left( \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2}{N-1}} \right)^4} - 3. \quad (4)$$

Для перевірки нормальності розподілу за значеннями асиметрії та ексцесу обраховуємо для них критичні значення за формулами:

$$D(A) = \frac{6 * (N-1)}{(N+1) * (N+3)}, \quad D(E) = \frac{24 * (N-2)(N-3) * N}{(N-1)^2 * (N+3) * (N+5)}. \quad (5)$$



Дзвоноподібний (нормальний) розподіл

Дзвоноподібний (нормальний) розподіл  
зі зворотною асиметрієюДзвоноподібний (нормальний) розподіл із  
прямою асиметрією

Прямокутний розподіл

Рис. 4. Асиметрія розподілу результатів

Нормальність розподілу вважається підтвердженою, якщо виконуються рівняння перевірки виконання критеріїв:

$$|A| \leq 3\sqrt{D(A)}; \quad |E| \leq \sqrt{D(E)}. \quad (6)$$

Отже, якщо знайдені значення асиметрії та ексцесу не перевищують своїх критичних значень за абсолютною величиною, то розподіл можна вважати нормальним.

Результати цієї перевірки надають докази правомірності використання методу обрахунку коефіцієнта кореляції для аналізу результатів випробувань, оскільки нормальність закону розподілу результатів є однією з передумов використання описаного методу.

**Висновки.** У статті запропоновано один із методів оцінювання придатності методик випробування зразків озброєння, який відрізняється простотою й універсальністю щодо різних вхідних критеріїв. Науковою новизною цього методу оброблення результатів є можливість виявити наявність грубих викидів у масиві даних, оскільки цей критерій чутливий до них. Крім того, використання коефіцієнта кореляції в ході аналізу дає можливість подальшого вдосконалення. Якщо на вибірку впливає ще одна величина, то, щоб «очистити» вплив кореляції між двома змінними від можливого впливу третьої, додатково вводиться поняття часткової кореляції, що значно розширює об'єктивність оцінювання. Перевірка нормальності закону розподілу результатів випробувань дозволяє підтвердити правильність застосування методу коефіцієнта кореляції. Якщо ж критерії нормальності не підтверджуються, то необхідно використовувати для оброблення результатів інші методи статистичного аналізу, наприклад, тест Зігеля – Тьюкі, призначений для аналізування рівності дисперсій двох масивів даних, закон розподілу яких відрізняється від нормального.

Отже, запропонований метод є універсальним та має широкі межі застосувань. Послідовно проводячи серії обрахунків, у разі зміни одного з параметрів, можна виявити стійкість конкретної методики випробувань до переліку чинників впливу, а за наявності відхилення результатів випробувань – провести його коригування та вдосконалення.

### СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Випробування безпілотних авіаційних комплексів у бойових умовах / О. М. Походенко, Р. В. Місценко, Ю. В. Жежерун та ін. // Зб. наук. праць Держ. наук.-дослід. ін-ту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. Черкаси, 2024. № 4 (22). С. 106–114. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.22.2024.13>
2. Кваліметрична модель високотехнологічної інформаційно-вимірювальної системи для підготовки та проведення випробувань / О. І. Потапов, Є. М. Тertiшнік, С. В. Ратушний, П. Л. Аркушенко // Зб. наук. праць Держ. наук.-дослід. ін-ту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. Черкаси, 2024. № 3 (21). С. 106–114. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.21.2024.13>
3. Мирунко В. М., Андрієнко О. В., Дмитрієв В. А. Оцінка відповідності (сертифікація) як ключова складова забезпечення якості продукції оборонного призначення // Зб. наук. праць Держ. наук.-дослід. ін-ту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. Черкаси, 2024. № 2 (20). С. 60–64. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.20.2024.08>
4. 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 // Зб. наук. праць Держ. наук.-дослід. ін-ту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. Черкаси, 2023. № 2 (16). С. 65–69. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.16.2023.09>
5. Деякі особливості застосування стандартів НАТО щодо забезпечення єдності вимірювань при випробуваннях виробів озброєння та військової техніки / В. В. Борщ, О. І. Вервейко, М. І. Світенко, А. О. Семироз // Зб. наук. праць Держ. наук.-дослід. ін-ту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. Черкаси, 2023. № 1 (15). С. 26–33. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.15.2023.04>

6. NATO Standards and Their Role in the Country's Defence Capability Ensuring / V. Haidak, Yu. Dyrman, Yu. Karpenko, O. Chebakov // *Scientific Works of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification*. Cherkasy, 2024. № 2 (20). P. 134–139. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.20.2024.18>
7. Нємченко О. В., Кисилевська А. Ю., Костенко В. Л. Інтеграція вимог стандартів НАТО серії AQAP 2000 у систему управління якістю підприємства з виробництва військової техніки // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. 2020. № 4 (164). С. 42–52. <https://doi.org/10.32620/aktt.2020.4.13>
8. Проблемні питання нормативно-технічного забезпечення проведення випробувань зразків озброєння та військової техніки / І. М. Лаппо, Ю. М. Добришкін, М. О. Геращенко та ін. // *Зб. наук. праць Держ. наук.-дослід. ін-ту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*. Черкаси, 2019. № 2 (2). С. 112–118. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.2.2019.15>
9. Деякі особливості метрологічного забезпечення випробувань озброєння та військової техніки відповідно до стандартів НАТО та провідних країн світу / В. В. Борщ, П. Л. Аркушенко, О. І. Вервейко та ін. / *Зб. наук. праць Держ. наук.-дослід. ін-ту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*. Черкаси, 2019. № 2 (2). С. 33–40. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.2.2019.05>
10. Проблеми створення системи державного гарантування якості оборонної продукції відповідно до стандартів НАТО / К. К. Кулагін, І. І. Шевченко, О. І. Солонець та ін. // *Стандартизація, сертифікація, якість*. 2018. № 4 (111). С. 42–52.

Стаття надійшла до редакції 20.12.2025.

## REFERENCES

1. Pokhodenko, O. M., Mistsenko, R. V., & Zhezherun, Yu. V. et al. (2024). Vyprobuвання bezpilotnykh aviatsiinykh kompleksiv u boiovykh umovakh [Testing of Unmanned Aviation Complexes in Combat Conditions]. *Zb. nauk. prats Derzh. nauk.-doslid. in-tu vyprobuvan i sertyfikatsii ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky [Scientific Works of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification]*, 4 (22), 106–114. Cherkasy. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.22.2024.13> [in Ukrainian].
2. Potapov, O. I., Tertyshnik, Ye. M., Ratushnyi, S. V., & Arkushenko, P. L. (2024). Kvalimetrychna model vysokotekhnolohichnoi informatsiino-vymiriuvanoi systemy dlia pidhotovky ta provedennia vyprobuvan [Qualimetric Model of a High-Tech Information and Measuring System for the Preparation and Conduct of Tests]. *Zb. nauk. prats Derzh. nauk.-doslid. in-tu vyprobuvan i sertyfikatsii ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky [Scientific Works of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification]*, 3 (21), 106–114. Cherkasy. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.21.2024.13> [in Ukrainian].
3. Myrunko, V. M., Andriienko, O. V., & Dmitriiev, V. A. (2024). Otsinka vidpovidnosti (sertyfikatsiia) yak kliuchova skladova zabezpechennia yakosti produktsii oboronnoho pryznachennia [Conformity Assessment (Certification) as a Key Component of Quality Assurance for Defence Products]. *Zb. nauk. prats Derzh. nauk.-doslid. in-tu vyprobuvan i sertyfikatsii ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky [Scientific Works of State Scientific Research Institute of*

*Armament and Military Equipment Testing and Certification*], 2 (20), 60–64. Cherkasy. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.20.2024.08> [in Ukrainian].

4. Pavlenko, A. H., Larin, V. V., & Haponenko, H. M. (2023). Metodychnyi pidkhid do vyznachennia priorytetnosti napriamiv rozvytku systemy vyprobuvan ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky u konteksti oboronnoho planuvannia [A Methodological Approach to Determining the Priority of Directions for the Development of a System of Weapons and Military Technology Tests in the Context of Defense Planning]. *Zb. nauk. prats Derzh. nauk.-doslid. in-tu vyprobuvan i sertyfikatsii ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky [Scientific Works of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification]*, 2 (16), 65–69. Cherkasy. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.16.2023.09> [in Ukrainian].

5. Borshch, V. V., Verveiko, O. I., Svitenko, M. I., & Semyroz, A. O. (2023). Deiaki osoblyvosti zastosuvannia standartiv NATO shchodo zabezpechennia yednosti vymiriuvan pry vyprobuvanniakh vyrobiv ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky [Some Features of the Application of Nato Standards Regarding Ensuring the Uniformity of Measurements During Testing of Armament and Military Equipment]. *Zb. nauk. prats Derzh. nauk.-doslid. in-tu vyprobuvan i sertyfikatsii ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky [Scientific Works of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification]*, 1 (15), 26–33. Cherkasy. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.15.2023.04> [in Ukrainian].

6. Haidak, V., Dyrman, Yu., Karpenko, Yu., Chebakov, O. (2024). NATO Standards and Their Role in the Country's Defence Capability Ensuring. *Scientific Works of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification*, 2 (20), 134–139. Cherkasy. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.20.2024.18>

7. Niemchenko, O. V., Kysylevska, A. Yu., Kostenko, V. L. (2020). Intehratsiia vymoh standartiv NATO serii AQAP 2000 u systemu upravlinnia yakistiu pidpriemstva z vyrobnytstva viiskovoi tekhniky [Integration of the Requirements of NATO Standards of the AQAP 2000 Series into the Quality Management System of an Enterprise for the Production of Military Equipment]. *Aviatsiino-kosmichna tekhnika i tekhnolohiia [Aerospace Engineering and Technology]*, 4 (164), 42–52. <https://doi.org/10.32620/aktt.2020.4.13> [in Ukrainian].

8. Lappo, I. M., Dobryshkin, Yu. M., & Herashchenko, M. O., et al. (2019). Problemni pytannia normatyvno-tekhnichnoho zabezpechennia provedennia vyprobuvan zrazkiv ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky [Problematic Issues of Regulatory and Technical Support for Testing Samples of Weapons and Military Equipment]. *Zb. nauk. prats Derzh. nauk.-doslid. in-tu vyprobuvan i sertyfikatsii ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky [Scientific Works of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification]*, 2 (2), 112–118. Cherkasy. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.2.2019.15> [in Ukrainian].

9. Borshch, V. V., Arkushenko, P. L., & Verveiko, O. I., et al. (2019). Deiaki osoblyvosti metrolohichnoho zabezpechennia vyprobuvan ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky vidpovidno do standartiv NATO ta providnykh krain svitu [Some Features of Metrological Support for Testing Weapons and Military Equipment in Accordance with NATO Standards and Leading Countries of the World]. *Zb. nauk. prats Derzh. nauk.-doslid. in-tu vyprobuvan i sertyfikatsii ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky [Scientific Works of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification]*, 2 (2), 33–40. Cherkasy. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.2.2019.05> [in Ukrainian].

10. Kulahin, K. K., Shevchenko, I. I., & Solonets, O. I. et al. (2018). Problemy stvorennia systemy derzhavnoho harantuvannia yakosti oboronnoi produktsii vidpovidno do standartiv NATO [Problems of Creating a System of State Quality Assurance of Defense Products in Accordance with NATO Standards]. *Standartyzatsiia, sertyfikatsiia, yakist* [Standardization, certification, quality], 4 (111), 42–52 [in Ukrainian].

**I. A. Omelchuk, A. M. Tokar, V. L. Rykun, I. V. Svystunovych**

#### **USE OF STATISTICAL METHODS FOR EVALUATING THE RESULTS OF TESTING UNMANNED SYSTEMS**

*The prolonged armed aggression against Ukraine and the global experience of using unmanned systems in armed conflicts over recent years have become an impetus for the creation of a separate branch of forces within the structure of the Armed Forces of Ukraine.*

*Today, there is a steady trend toward an increasing role of unmanned systems in armaments, which determines the need to expand the scope of development, design, and production of modern unmanned complexes for various areas of application. The complexity of the processes underlying the functioning of unmanned systems, the numerous elements and systems interconnected with each other, and the large number of diverse parameters and characteristics of unmanned system samples – all this necessitates their study and verification of the correctness of newly adopted technical solutions, as well as the implementation of existing ones during the development and production of unmanned systems. Research and standardization of their tactical and technical characteristics is a relevant task to ensure accurate planning of combat operations. For this purpose, developed weapon systems must undergo testing and characterization studies. Testing is the primary means of confirming compliance of existing characteristics with the declared tactical and technical requirements for equipment samples. Testing methods should provide for the use of standardized algorithms and procedures. Since the source of information on the basis of which conclusions can be drawn about the conformity of raw materials or products is the test results, confidence in their reliability can be ensured by confirming the reliability of the applied method.*

*At present, such a method of confirming the conformity of the obtained data is the accreditation of laboratories in accordance with the ISO / IEC 17025:2019 standard, which defines laboratory competencies regarding the quality of their test results. If the issue of implementing this standard in the practice of testing weapon systems is considered, particularly in view of the implementation of NATO standards, the use of accurate and reliable data obtained during testing from an accredited laboratory will make it possible to minimize technical barriers to cooperation with European arms manufacturers.*

**Keywords:** *weapon system; international cooperation; weapons testing; unmanned system; statistical method; evaluation.*