

# Актуальні питання випробувань та сертифікації озброєння та військової техніки

УДК 623.418.2.018

DOI: 10.37701/ts.02.2023.01

В.В. Куценко<sup>1</sup>, А.Г. Артикула<sup>1</sup>, С.М. Телюков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Черкаси

<sup>2</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## МЕТОД ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ ІЗ ПЕРЕВІРКИ ОСНОВНИХ ФУНКЦІЙ БОЙОВИХ ЗАСОБІВ ПЕРЕНЕСНОГО ЗЕНІТНОГО РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСУ ПРИ ВИКОРИСТАННІ СТЕНДОВОГО ОБЛАДНАННЯ

*В статті описується один із методів проведення випробувань із перевірки окремих основних функцій бойових засобів переносного зенітного ракетного комплексу (ПЗРК) з використанням спеціалізованого стендового обладнання (стенду), одною із складових якого є вихолощена ракета, та мішень (імітатор повітряної цілі, безпілотний летальний апарат, тощо). Використання такого методу дозволить оцінити характеристики бойових засобів ПЗРК при захопленні та проведенні імітаційних пусків по повітряній цілі різної складності. Також у статті розглядаються питання економічної доцільності використання стендового обладнання під час випробування ПЗРК. Стаття може бути корисною для фахівців з області військової техніки, а також для студентів, які вивчають цю тему. Результати, отримані в ході дослідження, можуть бути використані для удосконалення існуючих методик випробування ПЗРК та розробки нових.*

**Ключові слова:** випробувальний стенд; методика випробування; зенітна керована ракета; переносний зенітний ракетний комплекс.

### Вступ

**Постановка проблеми.** З метою зменшення вартості дослідно-конструкторських робіт з розробки ПЗРК та підвищення ефективності у визначенні надійності роботи його бойових засобів у статті запропоновано метод проведення перевірки комплексу при захваті, супроводженні, підготовки до пуску та імітованого пуску ракети. Використання стендового обладнання дозволяє в простих лабораторних умовах перевірити основні функції та параметри бойових засобів комплексу. Але при застосуванні стендового обладнання необхідно проаналізувати його ефективність та визначити можливі недоліки та обмеження, які можуть вплинути на точність результатів випробувань та надійність роботи бойових засобів комплексу в цілому.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** За останні роки дослідники активно працюють, зокрема, над вдосконаленням складу стендового обладнання з використанням новітніх технологій, матеріалів, конструкції та принципів дії, для проведення перевірки зенітних комплексів [1–3].

Одне із останніх досліджень на цю тему, присвячене застосуванню інформаційних технологій

для вирішення задач при випробуванні зенітних ракетних комплексів [4]. Автори стверджують, що використання віртуальних моделей та проведення стендових випробувань ПЗРК дозволяє знизити витрати на розробку та забезпечити оцінку функціонування складових елементів комплексу.

Інші дослідження зосереджені на аналізі різних факторів, які впливають на роботу ПЗРК, зокрема погодних умов, магнітного поля тощо. Виконання безпеки та визначення надійності.

Роботи в цьому напрямку [5–7, 14] показали, що врахування цих факторів при плануванні та проведенні випробувань, з використанням стендового обладнання, є важливою складовою.

Загалом, аналіз публікацій вказує на те, що застосування стендового обладнання під час проведення випробувань є актуальною та перспективною темою, що сприяє зменшенню фінансових затрат, при виконанні дослідно-конструкторських робіт, швидкому виявленню та усуненню всіх недоліків, виявлених при випробуваннях [10–13], що підвищує ефективність заходів по створенню новітніх зразків озброєння.

**Мета статті** – розробка рекомендацій щодо використання стендового обладнання при проведенні випробувань з перевірки основних

функцій окремих бойових засобів ПЗРК.

### Виклад основного матеріалу

Перевірка окремих основних функцій бойових засобів ПЗРК, а саме оптичної головки самонаведення (ОГС) та пускового механізму (ПМ), передбачає їх тестування на здатність захоплення цілі та здійснення пуску.

ОГС, на визначених відстанях та при відповідних кутах, повинна бути здатна захоплювати цілі, а також відрізняти реальні цілі від завад.

ПМ повинен забезпечувати визначення типу підключеної ракети, відповідного режиму роботи та пуск ракети з заданих позицій та у відповідних умовах (погодних, напрямку та швидкості цілі тощо).

Для перевірки їх характеристик можна використовувати як бойові пуски ПЗРК по цілям-

мішеням, так і тестові сценарії по реальним повітряним об'єктам, які відтворюватимуть різні ситуації застосування ПЗРК. Наприклад, можна використовувати тестові сценарії, що передбачають збройне протистояння з ворожими літаками та ШЦми, для перевірки ефективності захоплення та можливості пуску ПЗРК в конкретних змодельованих умовах.

Тестування можливо проводити на спеціально побудованих майданчиках, де відтворюються різні умови, що відображають сценарії застосування ПЗРК.

В цій статті запропоновано розробити та використовувати спеціальний стенд для відтворення тестових сценаріїв по реальним чи імітованим повітряним об'єктам, які відтворюватимуть різні умови перед застосуванням ПЗРК.

Схема стенду наведена на (рис. 1.).

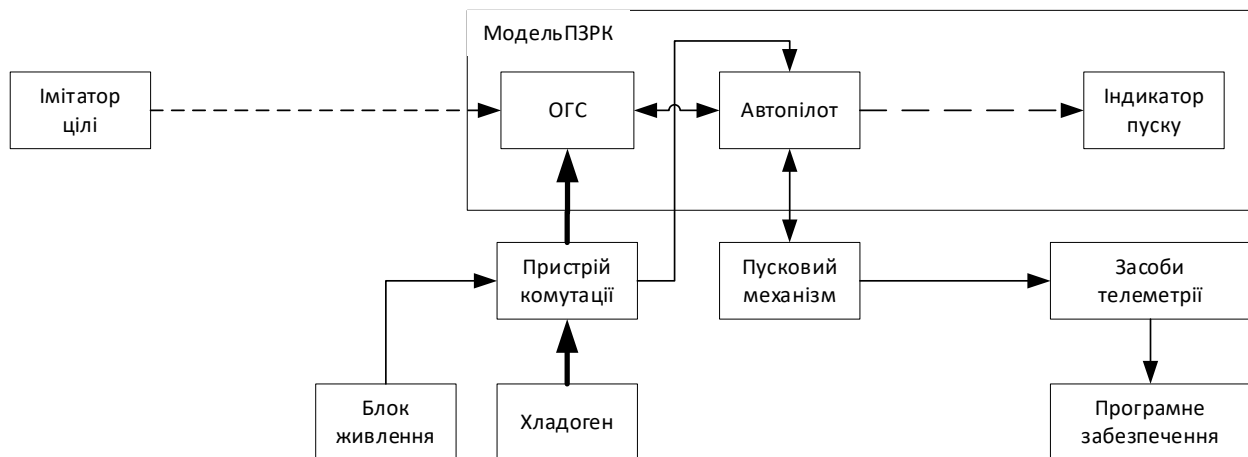


Рис. 1. Блок схема стенду для перевірки основних функцій ПЗРК

Джерело: розроблено авторами за даними [5, С. 120-152].

Стенд може складатися з наступних компонентів: імітатора цілі (ІЦ), блоку живлення, пускової труби з вихолощеною ракетою (знятим порохом акумулятором тиску, бойовою частиною, стартовим та маршовим двигуном), пристрою комутації, пускового механізму та засобів вимірювання (телеметрії) з програмним забезпеченням.

ІЦ використовується для тестування здатності ПЗРК захоплювати цілі. В якості ІЦ для тестування основних функцій ПЗРК на етапі попередніх (заводських) випробувань можна використовувати різні імітатори теплового (ІТ) випромінювання реальних повітряних цілей, які можуть бути як рухомими так і статичними.

На етапі державних (визначальних відомчих) випробувань бажано використання повітряних дронів або радіокерованих літаків з ІТ випромінюванням (імітацією) реальних повітряних

цілей. Вони повинні рухатися в різних напрямках та з різною кутовою швидкістю, що дозволить виконати тестування ПЗРК по здатності захоплювати та робити імітовані пуски ракет по цілях різної швидкості та напрямком руху.

Модель ракети, зі встановленими пристроями живлення та охолодження, забезпечує перевірку режимів роботи ОГС по здатності захоплення цілей та імітованого пуску, що візуально підтверджується загоранням світлодіоду (імітоване спрацювання стартового двигуна).

Пристрій комутації використовується для забезпечення своєчасного включення та подачі на модель ракети електроживлення та хладогену, що забезпечить коректну роботу моделі ракети без використання штатних наземних блоків живлення.

Для фіксації та збору даних при проведенні випробувань передбачається встановлення різноманітних датчиків, сенсорів, приборів

контролю, які дозволяють вимірювати швидкість слідування за ціллю, спрацювання блокування, швидкість напрямку руху цілі, а також час реакції. Це обладнання може об'єднуватись з системою телеметричних вимірювання, яка служить для збору даних про повітряну ціль та навколишнє середовище, під час випробування ПЗРК.

Система телеметричних вимірювань може складатися з:

- лазерних далекомірів, які використовуються для вимірювання точності прицілювання та захоплення цілі;
- аналізаторів спектру та сили випромінювання ІЧ;
- датчиків атмосферного тиску та вологості, які дозволяють аналізувати умови навколишнього середовища в межах випробувального майданчику;
- відеокамери та фотокамери, які використовуються для візуального контролю та аналізу процесу випробування;
- прилади для вимірювання параметрів роботи електронних компонентів та систем управління ракетою.

З метою визначення сили випромінювання ІЧ можливе застосування методики вимірювання сили ІЧ випромінювання.

Для вимірювання сили ІЧ випромінювання ІЧ може використовуватись радіометр 3...5 мкм, що містить прямий і обвідний канали виміру. Схема виміру сили ІЧ випромінювання  $I$  (Вт/ср) ІЧ наведено на рис. 2.

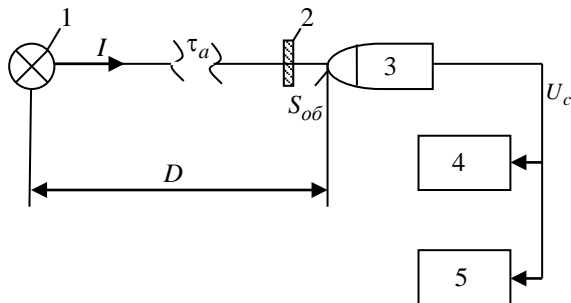


Рис. 2. Схема виміру сили ІЧ випромінювання ІЧ  
1 – ІЧ; 2 – послаблюючий фільтр; 3 – радіометр;  
4 – осцилограф; 5 – вольтметр

Джерело: розроблено авторами за даними [15, с. 120-152].

Потік ІЧ випромінювання, що надходить на вхід радіометра, записується за допомогою формули [15, с.30-88]:

$$F_{BX} = \frac{S_{об}}{2} \cdot \tau_{\phi}, \quad (1)$$

де  $I$  – сила випромінювання віддаленого об'єкта;

$S_{об}$  – площа вхідної зіниці об'єктива радіометра;

$D$  – дальність від об'єкта до радіометра;

$\tau_a$  – коефіцієнт пропускання ІЧ випромінювання

атмосферою на трасі протяжністю  $D$ ;

$\tau_{\phi}$  – коефіцієнт пропускання послаблюючого фільтра.

Рівняння радіометра записується у вигляді:

$$U_c = \mu \cdot F_{BX}, \quad (2)$$

де  $U_c$  – сигнал на виході радіометра;

$\mu$  – крутість, яка визначається при таруванні радіометра.

З урахуванням цих виразів сила випромінювання  $I$  може бути записана:

$$I = \frac{1}{\mu \cdot S_{об}} \cdot \frac{D^2}{\tau_a \cdot \tau_{\phi}} \cdot U_c. \quad (1)$$

Засоби телеметрії, що входять до складу стендового обладнання та застосовуються для спостереження за зміненням та встановленням умов випробувань, у заданих діапазонах, можуть бути переведені в індикатори.

Ці прилади та сенсори повинні бути правильно розташовані та підключені до системи збору даних, яка забезпечує збір та аналіз відповідних параметрів в режимі реального часу.

Для обробки та аналізу даних, що були отримані при вимірюваннях, можуть бути використані різні програмні засоби, які здійснюють обробку отриманих вхідних даних та проводять статистичний аналіз результатів випробувань, що дозволить отримати детальну інформацію про роботу бойових складових ПЗРК під час проведення експериментів.

Стендове обладнання передбачається розміщувати на майданчику в районі якого можуть бути розташовані різні споруди, об'єкти, перешкоди, тощо, що може бути використані для випробувань ПЗРК в умовах пасивних завад.

Процес випробувань ПЗРК з використанням випробувального стенду може включати наступні етапи:

1. Підготовка випробувального стенду: установка та налаштування стенду; встановлення моделей цілей; підготовка всіх необхідних інструментів та обладнання для проведення випробувань.

2. Перевірка стану ПЗРК: перевірка функціонування та налаштування ПЗРК перед проведенням випробувань.

3. Виконання випробування ПЗРК на випробувальному стенді з використанням певних моделей цілей.

Під час випробувань виконуються різні завдання, такі як виявлення цілей, наведення на них, захоплення на супроводження, виконання імітаційного пуску ракет, тощо.

При проведенні випробувань можуть

застосовуватися різні методи та алгоритми, в залежності від типу ПЗРК та умов застосування.

4. Аналіз отриманих даних та оцінка результатів випробувань.

Після закінчення стендових випробувань проводиться детальний аналіз та оцінка отриманих результатів бойових характеристик засобів ПЗРК. На основі отриманих даних можуть бути прийняті рішення щодо внесені відповідних змін у конструкцію ОГС, пускового механізму, тощо.

Після завершення стендових випробувань з ПЗРК може бути підготовлено до наступних етапів випробувань, які включають експерименти по реальним цілях в різних умовах застосування.

## Висновки

З економічної точки зору використання випробувального стенду є менш коштовним та більш ефективним способом проведення випробувань (тестування) бойових засобів ПЗРК в порівнянні з безпосереднім бойовим пуском.

Випробувальний стенд дозволяє проводити необхідну кількість вимірювань та коригувати тестування без необхідності повторювати весь процес на реальній цілі, що також знижує витрати бойових ракет для отримання достовірних даних про характеристики ПЗРК.

## Список літератури

1. Pietrasieński, Jan & Rodzik, Dariusz & Grzywiński, Stanisław & Miernik, Jakub. *Proving Ground Testing of an Anti-Aircraft Artillery Evaluation System. Problems of Mechatronics. Armament, Aviation, Safety Engineering*. 2017. Vol. 8. P. 95-108. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0010.4114>.
2. BAE Systems APKWS tested in precision-guided rockets milestone URL: <https://surl.li/opzmf> (дата звернення : 15.08.2023).
3. US Missile fails in test to intercept cruise missile target URL : <https://surl.li/opzmy> (дата звернення : 15.08.2023).
4. Joyner Claude R., Kakuska Reed A., Kokan Timothy S., Levack Daniel J. NTP Tiered Testing Approach to Achieve Flight Readiness. *Aerospace Research Central*. 2020. <https://doi.org/10.2514/6.2020-4125>. URL : <https://surl.li/opzpb> (дата звернення : 15.08.2023).
5. Загальна характеристика переносних зенітно-ракетних комплексів. *Освіта UA*. URL: <https://surl.li/opzqx> (дата звернення : 15.08.2023).
6. ПЗРК – зброя асиметричної війни. *Армія inform*. URL: <https://surl.li/opzsx> (дата звернення : 15.08.2023).
7. Сорокін Д. М., Целішев І. Ю., Карнаух Т. І. Шляхи підвищення рівня захисту тактичних літаків у процесі модернізації. *Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту авіації*. 2017. Вип. № 13(20). С. 99-102.
8. Ярош С. П., Рябуха Б. М., Резніченко О. А. Методика удосконалення способів ведення бойових дій вогневими підрозділами протиповітряної оборони. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2022. № 1(46). С. 58-63. <https://doi.org/10.30748/nitps.2022.46.08>
9. Турінський О.В., Скорик А.Б. Метод проектування зенітних керованих ракет із застосуванням об'єктно-орієнтованого підходу і технології електронних пусків. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2019. № 2(35). С. 133-42.
10. Zhang Bo, Wang Zhuo, Wang Tao. Research on Movement Characteristics of Launching Mechanism of Portable Missile Launcher / *Published under licence by IOP Publishing Ltd - Journal of Physics*. 2018. Vol. 1087, Is. 4. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1087/4/042045>.
11. Wang Zhuo, Shen-Peng Wu, Wang Tao, Zhang Bo. Stability Analysis and Experimental Study of Portable Missile Control Device Test. *Journal of Physics: Conference Series*. 2019. Vol. 1314, Iss. 1. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1314/1/012036>.
12. Sunil K. Sinha, Gregory J. Czarneci, Ronald L. Hinrichsen. 2013. Dynamic Analysis of Damage to Aircraft Propulsion System Impacted by Exploding Missile. *Journal of Aircraft*. 2019. Vol. 1314, Iss. 1. P. 1526-1532. <https://doi.org/10.2514/1.C032055>
13. Москалець С.В., Жирний В.А., Рудик А.В., Артикула А.Г. Методика визначення ефективності дії осколково-фугасної бойової частини ракети розрахунково-експериментальним методом. *Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*. 2020. Вип. № 2(4) с. 83-91. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.4.2020.09>.
14. Tarshyn, V., Tantsiura, A., Kozhushko, Y., Vasylyshyn, V., Mosharenkov, V. and Tarshyna, Y. The objects detection increasing probability method on integrated images of the sight surface in difficult observation conditions. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*. 2020. Vol (8). P. 4659-4665. <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/99882020>.
15. Miller J. L. Principles of Infrared Technology: A Practical Guide to the State of the Art. *Springer*. 1994. 624 p.

Надійшла до редколегії 15.08.2023

Схвалена до друку 20.12.2023

**Відомості про авторів:**

**Куценко Володимир Валерійович**

кандидат технічних наук  
начальник науково-дослідного відділу  
Державного науково-дослідного інституту  
випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки,  
Черкаси, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-4174-2145>

**Артикула Андрій Геннадійович**

старший науковий співробітник  
Державного науково-дослідного інституту  
випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки,  
Черкаси, Україна  
<https://orcid.org/0000-0001-9535-5442>

**Телюков Сергій Миколайович**

кандидат технічних наук  
старший викладач  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-0067-8028>

**Information about the authors:**

**Volodymyr Kutsenko**

PhD in Engineering  
Head of Scientific Research Department  
of State Scientific Research Institute  
of Armament and Military Equipment  
Testing and Certification,  
Cherkasy, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-4174-2145>

**Andrii Artikula**

Senior Researcher  
of State Scientific Research Institute  
of Armament and Military Equipment  
Testing and Certification,  
Cherkasy, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0001-9535-5442>

**Sergiy Telyukov**

PhD in Engineering  
Senior Lecturer  
of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-0067-8028>

**METHOD OF CONDUCTING TESTS FOR VERIFYING THE MAIN FUNCTIONS  
OF COMBAT MEANS OF THE PORTABLE AIRCRAFT MISSILE COMPLEX  
USING STANDARD EQUIPMENT**

V. Kutsenko, A. Artikula, S. Telyukov

*In recent years, researchers have been actively working on the development of bench testing methods for anti-aircraft systems, in particular, using the latest technologies, materials, design, and operating principles. One of the most recent studies on this topic is devoted to the use of information technology to solve the problems of testing anti-aircraft missile systems. The authors argue that the use of virtual models and bench tests can reduce development costs and provide a more accurate assessment of the performance parameters of air defence missile systems.*

*Other studies focus on analysing the impact of various factors on the operation of anti-aircraft missile systems, including the influence of weather conditions, magnetic field and other factors. Studies on this topic have shown that consideration of such factors is important for planning and conducting bench tests.*

*Studies have also been conducted on safety and reliability issues during bench tests of anti-aircraft missile systems. Particular attention was paid to the detection and elimination of malfunctions, as well as ensuring safety during testing.*

*In general, recent research and publications show that the development of bench testing methods for air defence missile systems is a relevant and promising topic that contributes to improving the reliability and efficiency of their operation.*

*In order to increase the efficiency, reliability and reduce the cost of research and development work on the development of MANPADS, the article proposes a method for testing the main functions, including the function of missile guidance and launch, as well as the functions of power and control systems. The bench test method is an effective tool for testing the functions of a complex in conditions that are as close as possible to the actual conditions of its operation. However, it is necessary to investigate the effectiveness of this method for testing the functions of a man-portable anti-aircraft missile system and identify possible shortcomings and limitations that may affect the accuracy of test results and the reliability of the system as a whole.*

**Keywords:** stand; test methodology; anti-aircraft guided missile; man-portable anti-aircraft missile system.