

УДК 623.418.2

DOI: [https://doi.org/1034169/2414-0651.2022.3\(35\).118-122](https://doi.org/1034169/2414-0651.2022.3(35).118-122)**Б. М. ЛАНЕЦЬКИЙ**, доктор технічних наук,
професор<https://orcid.org/0000-0001-5889-0307>**О. О. ЗВЕРЕВ**, кандидат технічних наук, доцент
<https://orcid.org/0000-0003-2274-3115>**О. С. МОМІТ**<https://orcid.org/0000-0002-8901-7006>(центральний науково-дослідний інститут
озброєння та військової техніки збройних сил
України, м. Київ)**В. В. ЛУК'ЯНЧУК**, доктор технічних наук,
професор<https://orcid.org/0000-0001-5695-7723>(Харківський національний університет
повітряних сил імені Івана Кожедуба, м. Харків)

МОДЕЛЬ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИПРОБУВАНЬ НА НАДІЙНІСТЬ ПРИСТРОЇВ ОДНОРАЗОВОГО СПРАЦЬОВУВАННЯ І ФУНКЦІОНУВАННЯ ВИРОБІВ ОДНОКРАТНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

У складі виробів однократного застосування пропонується по режимах функціонування (застосування) виділяти пристрої одноразового спрацьовування та функціонування і багаторазового функціонування. Показано, що експлуатаційні випробування на надійність пристроїв одноразового спрацьовування та функціонування у складі виробів однократного застосування можна описати біноміальною схемою. За результатами цих випробувань запропоновано оцінювати імовірність безвідмовної роботи пристроїв одноразового спрацьовування та функціонування з урахуванням збережуваності, пристроїв одноразового спрацьовування та функціонування для точкового й інтервального оцінювання цього показника. Рекомендовано її застосування для оцінювання ресурсних характеристик виробів однократного застосування, вирішення завдань підтвердження, встановлення і продовження їх призначених показників.

Ключові слова: модель експлуатаційних випробувань, виробів однократного застосування, пристрої одноразового спрацьовування та функціонування, безвідмовність, збережуваність, показники надійності, імовірність безвідмовної роботи.

ВСТУП

До складу сучасних комплексів і систем зброї входять вироби однократного застосування (ВОЗ) [1, 2]. До них відносять засоби ураження (оперативно-тактичні ракети, керовані і некеровані авіаційні ракети класу «повітря – повітря», «повітря – земля», зенітні керовані ракети та ін.), пристрої захисту АЕС та ін. У складі сучасних виробів однократного застосування (ВОЗ) по режимах застосування (функціонування) можна виділити пристрої одноразового спрацьовування та функціонування (ПОСФ) (ракетні двигуни твердого палива, бойові частини та ін.) і пристрої багаторазового застосування (пристрої передстартової підготовки, бортова радіоелектронна апаратура та ін.).

Питання випробувань ВОЗ на надійність, особливо «безперевірочних», в науковій літературі не досліджені досить повно [1, 2]. При цьому більшою мірою опрацьовані питання випробувань ВОЗ на стадії розробки і значно меншою мірою – на стадії експлуатації. Відомо, що випробування на надійність характеризуються великою тривалістю і вартістю, з них випробування на збережуваність і довговічність найтриваліші. Випробування на збережуваність (довговічність) проводяться, як правило, на останніх етапах розробки дослідного зразка або на стадії його експлуатації. При цьому експлуатаційні випробування ВОЗ є, по суті, дослідною експлуатацією, а під час вирішення завдань продовження призначених показників – підконтрольною.

Реалізація експлуатаційних випробувань на збережуваність (довговічність) дозволяє понизити тривалість і вартість державних випробувань, що особливо актуально в особливий період. При цьому відробіток ВОЗ на збережуваність (довговічність) проводяться на етапі дослідної (чи підконтрольної) експлуатації.

Особливістю експлуатаційних випробувань є одночасна дія різних зовнішніх і внутрішніх чинників, що характеризуються випадковими їх поєднаннями і значеннями параметрів, що змінюються в часі. Для проведення експлуатаційних випробувань необхідно передбачити технічну можливість виміру параметрів, що визначають працездатність, з необхідною точністю.

Проблема моделювання, як правило, вирішується на ступінь двох завдань. Перше завдання – розробка виду моделі і відповідної обчислювальної програми, друга – забезпечення початковою інформацією. При цьому друге завдання в організаційному і (чи) технічному відношенні може бути складніше першого. Тому вирішення завдання розробки адекватної моделі повинно бути підпорядковано забезпеченню її початковими даними.

Дослідження питань експлуатаційних випробувань ВОЗ на надійність вимагає врахування особливостей типових моделей їх експлуатації, контролю їх технічного стану та ін. До них можна віднести:

тривале перебування в режимі зберігання і короткочасне в режимі застосування за відсутності контролю технічного стану на рівні пристроїв і ВОЗ в цілому, що утрудняє оцінювання показників збережуваності і (чи) показників безвідмовності;

необхідність оцінювання комплексних показників надійності (ПН), що характеризують збережуваність і безвідмовність. У літературі опрацьовані більшою мі-

рою моделі одиничних та комплексних ПН, що характеризують безвідмовність і безвідмовність сумісно з ремонтпридатністю;

необхідність оцінювання показників надійності ВОЗ за результатами експлуатаційних випробувань (спостережень) при встановленій конструктором системи контролю технічного стану з урахуванням режимів застосування (функціонування) складових частин ВОЗ і ВОЗ в цілому.

Вищевикладене свідчить про актуальність питань розробки моделей експлуатаційних випробувань на надійність пристроїв одноразового спрацьовування і функціонування виробів одноразового застосування, що розробляється в статті.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

У [5–7] розглянуті математичні моделі випробувань на надійність стосовно відомого плану випробувань. При цьому, як правило, не розглядаються питання формування початкових даних, особливо стосовно експлуатаційних випробувань, відмінності (особливості) експлуатаційних випробувань і випробувань зразків на стадії їх розробки та ін.

Окремі питання розробки моделей оцінювання показника надійності «імовірність безвідмовного спрацьовування» виробів багатократного застосування розглянуті в [11]. При цьому не враховуються наведені вище особливості режимів експлуатації ВОЗ і їх складових частин.

Для біноміальних випробувань оцінюється, як правило, імовірність безвідмовної роботи без урахування збережувальності [6, 7, 9, 10]. При цьому вважається, що оцінюється показник безвідмовності «імовірність безвідмовної роботи» за тривалість польоту, а збережувальність виробу за тривалість зберігання не розглядається.

У [8] розглянуті питання непараметричної оцінки гамма-процентного ресурсу невідновних об'єктів за результатами спеціальних (примусових) випробувань. При цьому план випробувань та модель формування початкових даних для оцінювання передбачаються відомими.

Мета статті – розробка моделі експлуатаційних випробувань пристроїв одноразового спрацьовування і функціонування ВОЗ на надійність для вирішення завдань оцінювання і контролю ПН, встановлення і продовження їх призначених показників, оцінки ефективності комплексів і систем озброєння, до складу яких входять ВОЗ та ін.

Модель експлуатаційних випробувань пристроїв багаторазового застосування ВОЗ буде викладена у окремій статті.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Випробовуються ПОСФ у складі виробів з вибірки обсягу n з однаковими «наробітками» при експлуатації в режимах зберігання і транспортування. При цьому на момент початку випробувань виробу (момент випуску із заводу-виробника) фактично достовірно відомо, що його ПОСФ знаходиться в працездатному стані. В процесі випробувань технічний стан ПОСФ ВОЗ не контролюється, пристрої, що відмовили, не відновлю-

ються і не замінюються. На момент завершення випробувань якісно оцінюється правильне функціонування ПОСФ ВОЗ при пуску і у польоті.

При таких випробуваннях фактично спільно оцінюються збережувальність ПОСФ з початку експлуатації до пуску виробів і їх безвідмовність за тривалість пуску і функціонування при виконанні типового польотного завдання.

За результатами експлуатаційних випробувань усіх ПОСФ вибірки ВОЗ пропонується оцінювати імовірність їх безвідмовного зберігання, транспортування (за відповідну тривалість зберігання і транспортування) і функціонування (за тривалість пуску і польоту).

При цьому виконуються такі умови:

- події «безвідмовне зберігання, транспортування і функціонування ПОСФ вибірки ВОЗ за відповідні наробітки в цих режимах» розглядаються як незалежні, величина ймовірності цієї події не змінюється від випробування до випробування;

- обсяг випробувань, який визначається кількістю ВОЗ у вибірці, встановлений до їх проведення;

- випробування припиняються по закінченню заданого їх обсягу.

За цих умов по закінченню n дослідів фіксують випадкову величину (в. в.) d – кількість відмов ПОСФ вибірки ВОЗ в n дослідів. Вищевикладені особливості експлуатаційних випробувань цих пристроїв дозволяють розглядати їх у вигляді біноміальної схеми випробувань [10].

Сформульовані положення і умови проведення експлуатаційних випробувань ПОСФ ВОЗ на збережувальність і безвідмовність відповідають плану випробувань на надійність [5, 7, 10] виду $\{nUT\}$, згідно з яким випробовують n об'єктів. Об'єкти, що відмовили під час випробувань, не відновлюють і не замінюють, випробування припиняють після закінчення часу випробувань T , що включає тривалості зберігання, транспортування і функціонування кожного об'єкту, що не відмовив. При цьому контроль функціонування технічного стану об'єкту проводять тільки перед початком і після закінчення випробувань.

Такі випробування n ПОСФ у складі ВОЗ представимо вибіркою в. в. $(X_1, \dots, X_n)$, де X_i підкоряється закону Бернуллі з параметром p , $0 \leq p < 1$, тобто X_i – дискретна в. в., що набуває два значення 0 і 1 з імовірністю $P\{X_i = 1 | p\} = p$ і $P\{X_i = 0 | p\} = 1 - p = q$. Можна записати, що $X_i \sim p^x (1-p)^{1-x}$, $p \in [0, 1]$, $x = 0, 1$.

Тоді математичне сподівання та дисперсія в. в. X_i

$$E(X_i) = p, D(X_i) = pq. \quad (1)$$

Результати випробувань ПОСФ у складі n ВОЗ такої вибірки можна характеризувати загальною кількістю «вдалих» результатів, тобто статистикою

$$S_n = \sum_{i=1}^n X_i.$$

Статистика S_n підкоряється біномному закону з параметрами n і p , тобто

$$S_n \sim b(x, n, p) = P\{S_n = x | n, p\} = C_n^x p^x (1-p)^{n-x}, \quad (2)$$

де $x = 0, 1, 2, \dots, n$, $C_n^x = \frac{n!}{x!(n-x)!}$.

Враховуючи незалежність с. в. $X_1, X_2, \dots, X_n$ і (1), знаходимо, що

$$E(S_n) = np, D(S_n) = npq. \quad (3)$$

В якості оцінки параметра p розглянемо статистику

$$\bar{X}_n = \frac{1}{n} S_n. \quad (4)$$

З (3) і (4) витікає, що

$$E(\bar{X}_n) = p, D(\bar{X}_n) = \frac{pq}{n} = \frac{p(1-p)}{n}. \quad (5)$$

В силу нерівності Чебишева для будь-якого ε , $\varepsilon > 0$ маємо

$$P\{|\bar{X}_n - p| \geq \varepsilon\} \leq \frac{1}{\varepsilon^2} D(\bar{X}_n) = \frac{p(1-p)}{n\varepsilon^2} \xrightarrow{n \rightarrow \infty} 0, \\ \text{т.е. } \bar{X}_n \xrightarrow{P} p. \quad (6)$$

Застосування методу максимальної правдоподібності [4, 5] призводить до наступних співвідношень для оцінки параметра p і її дисперсії

$$\hat{p} = S_n / n, D(\hat{p}) = \hat{p}(1 - \hat{p}) / n. \quad (7)$$

При цьому дисперсія $D(\hat{p})$ статистики $\hat{p}$ співпадає з мінімальною межею дисперсії усіх незміщених оцінок для p , встановленою Рао і Крамером.

З викладеного вище виходить, що статистика $\bar{X}_n$ слушна (6), незсунена (5) і ефективна. Вона асимптотично нормально розподілена [4] з параметрами (5) $E(\bar{X}_n)$, $D(\bar{X}_n)$. Проте, дисперсія цієї оцінки залежить від величини оцінюваного параметра. Так, її значення максимальне при $p = 1/2$ і мінімальне при p , близьких до 0 або 1. У зв'язку з цим порівняємо оцінку $\bar{X}_n$ параметра p з оцінкою Ходжеса-Лемана [3], не залежною від величини оцінюваного параметра p ,

$$T_n = \bar{X}_n + \frac{1}{\sqrt{n}} \left(\frac{1}{2} - \bar{X}_n \right).$$

Помітимо, що послідовність оцінок $\{T_n\}$ незсунено оцінює лише одне значення параметра p , що дорівнює $1/2$. При інших значеннях параметра p ця оцінка лише асимптотично незсунена. Квадратичний ризик цієї оцінки

$$R(T_n, p) = E(T_n - p)^2 = 1/4(\sqrt{n} + 1)^2 \quad (8)$$

є постійною величиною при фіксованому n . Для порівняння квадратичний ризик оцінки $\bar{X}_n$ параметра p

$$R(\bar{X}_n, p) = p(1 - p) / n. \quad (9)$$

В околу точки $p = 1/2$ квадратичний ризик $R(\bar{X}_n, p)$ (9) набуває значень, близьких до $1/4n$, і перевищує ризик $R(T_n, p)$ (8). При p , близьких до 0 або 1, величина ризику $R(\bar{X}_n, p)$ менше величини $R(T_n, p)$, тобто $R(\bar{X}_n, p) < R(T_n, p)$. З цього порівняння виходить, що якщо дослідник має інформацію про те, що p близько

до $1/2$, то прийнятніше використати статистику T_n . І, навпаки, якщо відомо, що p близько до 0 або 1, то доцільно використати статистику $\bar{X}_n$.

Для даних ВОЗ величина параметра p ПОСФ, як правило, більше 0,9. Тому переважною для його оцінювання є статистика $\bar{X}_n$.

З викладеного вище виходить, що статистику (4) (чи функцію (7)) як слушну, незсунену і ефективну оцінку доцільно використати для точкового оцінювання ймовірності безвідмовного зберігання, транспортування і функціонування ПОСФ у складі ВОЗ. Цей показник надійності характеризує збережуваність і безвідмовність ПОСФ ВОЗ, тобто є комплексним. Надалі скорочено його називатимемо ІБР ПОСФ з урахуванням збережуваності.

Незважаючи на наявність вищезгаданих позитивних властивостей точкової оцінки параметра p , її необхідно доповнити інтервальною оцінкою. Для інтервального оцінювання параметра p необхідно обчислювати його довірчі межі. Обґрунтовано, що при біноміальному плані випробувань ці межі відшукуються як корені рівнянь Клоппера-Пірсона [9, 10]. Методика їх знаходження досить опрацьована та далі не розглядається.

Оцінювання ймовірності безвідмовної роботи ПОСФ з урахуванням збережуваності здійснюється на вибірках ВОЗ з фіксованою календарною тривалістю зберігання. За сукупністю оцінок цієї ймовірності при різній тривалості зберігання встановлюється динаміка цього ПН в процесі експлуатації в режимі зберігання, що у свою чергу, дозволяє оцінювати ресурсні характеристики ВОЗ і вирішувати завдання підтвердження, встановлення та продовження їх призначених показників.

ВИСНОВКИ

Показано, що в сучасних умовах суттєво підвищується роль експлуатаційних випробувань, що вимагають значно менших витрат, в порівнянні з іншими видами випробувань. Обґрунтована модель експлуатаційних випробувань ПОСФ вибірки ВОЗ на збережуваність і безвідмовність, що включає змістовний опис моделі формування початкових даних, що відповідають реалізаціям біномного плану випробувань виду $\{nUT\}$, і статистичну модель цих випробувань, представлених вибіркою дискретних в. в. обсягу n . Введений комплексний ПН ПОСФ ВОЗ, що характеризує їх збережуваність (з початку експлуатації до пуску виробів) і безвідмовність (за тривалість пуску і функціонування при виконанні типового польотного завдання). Обґрунтований вибір статистик для точкового та інтервального оцінювання цього ПН. Викладене обумовлює необхідність і доцільність їх застосування для оцінювання комплексного ПН ПОСФ у складі ВОЗ при різній тривалості зберігання, що дозволяє встановлювати динаміку цього показника, оцінювати ресурсні характеристики ВОЗ і вирішувати завдання підтвердження, встановлення і продовження їх призначених показників.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Lanetskii, B., Lukianchuk, V. & Zvieriev, O. (2021). Development of an estimation-experimental method for estimating the preservation indicators of single-use articles. *Eastern-European J. of Enterprise Technologies*. № 6/3 (114). Pp. 18—35. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.248291>.
2. Ланецкий Б.Н., Лукьянчук В.В. Обоснование требований к показателям надежности эксплуатируемых изделий однократного применения. *Зб. наук. пр. Харківського ун-ту Повітряних Сил імені Івана Кожедуба*. 2009. № 2. С. 85—87. http://nbuv.gov.ua/UJRN/ZKhUPS_2009_2_22.
3. Hodges, J.L. & Lehman, E.L. (1950). Some problems in minimax estimation. *Ann. Math. Statist.* № 1. Pp. 182—197.
4. Справочник по прикладной статистике. В 2-х т.; под ред. Э. Ллойда, У. Ледермана; пер. с англ. под ред. Ю. Н. Тюрина. М.: Финансы и статистика. 1989. 508 с.
5. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности: Основные характеристики надежности и их статистический анализ. М.: КД Либроком. 2013. 584 с.
6. Михайлов В.С., Юрков Н.К. Оценки показателей надежности для безотказных испытаний, проводимых по биномиальному плану. *Надежность и качество сложных систем*. 2018. № 4. С. 29—39. <https://doi.org/10.21685/2307-4205-2018-4-3>.
7. Gnedenko B.V., Pavlov I.V. & Ushakov I.F. (1999). Statistical reliability engineering. New York: John Wiley. 514 p.
8. Садыхов Г.С., Кудрявцева С.С., Калашников В.С. Расчет и оценка показателей ресурса по результатам прикладных испытаний на отказ невосстанавливаемых объектов. *Надежность и качество сложных систем*. 2019. № 3(27). С. 50—61. <https://doi.org/10.21685/2307-4205-2019-3-6>.
9. ДСТУ 3004-95. Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними. Затверджено наказом Держстандарту України № 31 від 22.01.1995 р. Київ : Держстандарт України. 1995. 124 с.
10. Надежность и эффективность в технике: Справочник. В 10 т. Т. 6. Экспериментальная отработка и испытания. М.: Машиностроение. 1989. 376 с.
11. Lanetskii, B., Lukyanchuk, V. & Zvieriev, O. (2021). Development of an experimental-estimation method for estimating indices of residual life of a radio engineering complex. *Eastern-European J. of Enterprise Technologies*. № 3/9 (111). Pp. 27—39. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.233538>.
12. use articles. *Eastern-European J. of Enterprise Technologies*. № 6/3 (114). Pp. 18—35. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.248291>.
13. Lanetskii, B.N. & Lukianchuk, V.V. (2009). “Obosnovaniie trebovaniy k pokazateliam nadezhnosti ekspluatiruiemykh izdelii odnokratnogo primeneniia” [Substantiation of requirements for reliability indicators of single-use products in operation], *Scientific Works of Kharkiv Nat. Air Force Univ.* No. 2. Pp. 85—87. http://nbuv.gov.ua/UJRN/ZKhUPS_2009_2_22.
14. Hodges, J.L. & Lehman, E.L. (1950). Some problems in minimax estimation. *Ann. Math. Statist.* № 1. Pp. 182—197.
15. “Spravochnik po prikladnoi statistike. V 2-kh t. T. 1” [Handbook of applied statistics. In 2 vol. Vol. 1]; ed. E. Lloyd, W. Lederman; Translation from English. ed. Yu. N. Tyurina. M.: Finance and statistics. 1989. 510 p.
16. Gnedenko, B.V., Belyayev, Yu.K. & Solov'yev, A.D. (2013). “Matematicheskie metody v teorii nadezhnosti: Osnovnyie kharakteristiki nadezhnosti i ikh statisticheskii analiz” [Mathematical Methods in Reliability Theory: Basic Reliability Characteristics and Their Statistical Analysis], *KD Librokom*. M. 584 p.
17. Mikhaylov, V.S. & Yurkov, N.K. (2018). “Otsenki pokazatelei nadezhnosti dlia bezotkaznykh ispytaniy, provodimykh po binomialnomu planu” [Estimates of reliability indicators for fault-free tests conducted according to the binomial plan], *Reliability and quality of complex systems*. No. 4. Pp. 29—39. <https://doi.org/10.21685/2307-4205-2018-4-3>.
18. Gnedenko, B.V., Pavlov, I.V. & Ushakov, I.F. (1999). Statistical reliability engineering. New York: John Wiley. 514 p.
19. Sadykhov, G.S., Kudryavtseva, S.S. & Kalashnikov, V.S. (2019). “Raschet i otsenka pokazatelei resursa po rezultatam prikladnykh ispytaniy na otkaz nevosstanavlivaemykh ob'ektov” [Calculation and estimation of useful operation time based on forced failure tests of irreparable items], *Reliability and quality of complex systems*. No. 3(27). Pp. 50—61. <https://doi.org/10.21685/2307-4205-2019-3-6>.
20. State Standard of Ukraine (1995), “3004:95. Nadiinist tekhniky. Metody otsinky pokaznykiv nadiinosti za eksperymentalnymy danymy” [3004:95. Reliability of equipment. Methods of estimating reliability indicators based on experimental data], K. 124 p.
21. “Nadezhnost i effektivnost v tekhnike: Spravochnik: V 10 t. T. 6. Eksperimentalnaia otrobotka i ispytaniia” [Reliability and efficiency in engineering: Handbook: In 10 vol. Vol. 6. Experimental development and testing], *Mashinostroyeniye*. M. 1989. 376 p.
22. Lanetskii, B., Lukyanchuk, V. & Zvieriev, O. (2021). Development of an experimental-estimation method for estimating indices of residual life of a radio engineering complex. *Eastern-European J. of Enterprise Technologies*. № 3/9 (111). Pp. 27—39. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.233538>.

REFERENCES

1. Lanetskii, B., Lukianchuk, V. & Zvieriev, O. (2021). Development of an estimation-experimental method for estimating the preservation indicators of single-

Lanetskii B., Zvieriev O., Momit O., Lukianchuk V.

MODEL OF OPERATIONAL TESTS FOR RELIABILITY OF SINGLE-USE DEVICES AND FUNCTIONING OF SINGLE-USE PRODUCTS

In the composition of single-use products it is proposed to distinguish single-use and multiple-use devices according to the modes of operation (application). It is shown that operational tests on the reliability of single-use devices and functioning as part of single-use products can be described by a binomial scheme. According to the results of these tests, it is proposed to estimate the probability of trouble-free operation of single-use devices and their operation, taking into account maintainability, as a comprehensive indicator of reliability. A substantiated model of operational tests single-use devices and functioning for point and interval evaluation of this indicator. It is recommended to use it for evaluating the resource characteristics of single-use products, solving the tasks of confirmation, establishing and continuing their assigned indicators.

Keywords: model of operational tests, products of one-time use, devices of one-time operation and operation, failure-free, maintainability, reliability indicators, probability of failure-free operation

Відомості про авторів:

Ланецький Борис Миколайович

доктор технічних наук, професор
провідний науковий співробітник науково-дослідного відділу проблем відновлення ресурсу та ремонту озброєння та військової техніки Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-5889-0307>
e-mail: Laneckij.B.hnups@gmail.com

Зверєв Олексій Олексійович

кандидат технічних наук, доцент
провідний науковий співробітник відділу розвитку радіотехнічних засобів науково-дослідного управління розвитку озброєння та військової техніки Повітряних Сил Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-2274-3115>
e-mail: gans7995@gmail.com

Моміт Олександр Сергійович

заступник начальника відділу розвитку зенітних ракетних систем та комплексів науково-дослідного управління розвитку озброєння та військової техніки Повітряних Сил Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-8901-7006>
e-mail: stuqna@ukr.net

Лук'янчук Вадим Володимирович

доктор технічних наук, професор
начальник науково-дослідного відділу наукового центру Повітряних Сил Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба м. Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-5695-7723>
e-mail: super.vadim1973@ukr.net

Information about the authors:

Boris Lanetskii

Doctor of Technical Sciences, Professor
Lead Researcher of the Research Department of Resource Recovery and Repair of Weapons and Military Equipment of Central Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment of Armed Forces of Ukraine
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5889-0307>
e-mail: Laneckij.B.hnups@gmail.com

Oleksii Zvieriev

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Lead Researcher of Scientific Research Department of Development of Radio Equipment of Scientific Research Management of Central Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment of Armed Forces of Ukraine
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-2274-3115>
e-mail: gans7995@gmail.com

Olexander Momit

Deputy Chief of Scientific Research Department of Development of Surface-to-Air Missile Systems and Complexes of Scientific Research Management of Armament and Military Equipment of the Air Force of Central Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment of Armed Forces of Ukraine
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-8901-7006>
e-mail: stuqna@ukr.net

Vadim Lukianchuk

Doctor of Technical Sciences, Professor
Head of Research Department of the Air Force Research Center of Ivan Kozhedub Kharkiv National University of the Air Force
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5695-7723>
e-mail: super.vadim1973@ukr.net