

УДК 623.4.051

**ПІДВИЩЕННЯ ЖИВУЧОСТІ ПРИЦІЛЬНО-ПОШУКОВОЇ СИСТЕМИ
НАЗЕМНОГО РОБОТИЗОВАНОГО КОМПЛЕКСУ**¹⁾Микитенко В. І., ²⁾Мельник О. Д., ²⁾Сенаторов В. М.¹⁾Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

²⁾Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил
України, Київ, УкраїнаE-mail: v.mikitenko@nil-psf.kpi.ua; v.senatorov1945@i.ua

Роботу присвячено покращенню однієї з найважливіших технічних характеристик наземних роботизованих комплексів – живучості. Дано пропозиції щодо удосконалення компоновки прицільно-пошукової системи наземного роботизованого комплексу. Схеми компоновки, що застосовуються на сьогодні, мають низьку живучість, оскільки прилади, що входять до її складу, розміщуються в загальному корпусі. Влучання кулі снайпера в корпус виводить з ладу усю прицільно-пошукову систему. Автори пропонують розміщувати прилади в двох корпусах збоку зброї таким чином, щоб в кожному корпусі був приціл: в одному – телевізійний, в другому – тепловізійний. Тоді, при влучанні кулі в один з корпусів, прилади іншого будуть здатні виконати бойову задачу з деякими обмеженнями завдяки дієздатному прицілу. Докладно розглянуто питання контролю стабільності лінії прицілювання прицільно-пошукової системи на етапі стендових випробувань з використанням колімаційно-вимірювального блоку. Запропоновано методик устаткування як телевізійного, так і тепловізійного прицілів.

Крім підвищення живучості всього роботизованого комплексу запропоноване технічне рішення має ще низку переваг. По-перше, суттєво спрощується «холодна» пристрілка бойового модуля. Замість системи двох пента-дзеркал для цього може бути використана ромб-призма БС-0°. По-друге, запропонована компоновка потенційно спрощує подальшу модернізацію прицільно-пошукової системи, яка б потребувала включення додаткових блоків. Наприклад, для розширення функціональних можливостей комплексу за рахунок аналізу поляризації випромінювання об'єктів і фонів забезпечується додатковий об'єм для розміщення поляриметричних насадок. По-третє, ще більшого підвищення живучості роботизованого комплексу можна досягти збільшенням прихованості виконання бойової задачі. Використання базової відстані між вхідними зіницями прицілів надає можливість пасивного вимірювання дальності до цілі методом внутрішньо-базового далекоміру замість лазерного далекоміру.

Ключові слова: наземний роботизований комплекс; прицільно-пошукова система; приціл; живучість.

Вступ

Сучасні системи протидії наземним роботизованим комплексам (НРК) примушують розробників звернути пильну увагу на проблему виживання цього виду перспективного озброєння. Сучасні нормативні документи (MIL-HDBK-2089 «Military Handbook Aircraft Survivability Terms») трактують виживання як здатність зразка ухилитись або витримувати вплив засобів протидії супротивника без погіршення здатності зразка виконувати поставлену бойову задачу. До життєво важливих систем НРК слід віднести: системи живлення, керування та прицільно-пошукову систему (ППС) [1]. А до основних факторів, що впливають на виживання цих систем, можна віднести: рівень тактико-технічних характеристик НРК, тактику та сценарії застосування НРК, показники бойової живучості НРК, помітність в основних фізичних полях та кваліфікацію і бойовий досвід оператора НРК щодо способів застосування роботизованих систем у різних видах бойових дій. Вихід з ладу будь-якої системи НРК унеможливує виконання бойової задачі.

Мета статті – надати пропозиції щодо підвищення живучості ППС НРК.

Живучість прицільно-пошукової системи

Розглянемо питання підвищення живучості ППС НРК, яка може бути виведена з ладу снайперською зброєю супротивника. Для вирішення бойової задачі до складу ППС входять: телевізійна камера широкого поля зору, телевізійний приціл, тепловізійний приціл та лазерний далекомір [1, 2]. На даний момент використовуються дві схеми компоновки ППС. У першому типі схеми (наприклад, рис. 1 - фото НРК «Ласка», рис.2 - фото НРК «Берсерк») усі елементи ППС розташовані знизу або обабіч зброї в загальному корпусі так, що їхні оптичні осі розташовані в горизонтальній площині. У другому типі схеми (наприклад, рис.3 - фото НРК «Піранья») усі елементи ППС розташовані збоку зброї в спільному корпусі так, що їхні оптичні осі формують чотирикутник. Це забезпечує те, що влучання кулі в загальний корпус призводить до виводу з ладу усієї ППС.



Рис. 1. Фото НРК «Ласка»



Рис. 2. Фото НРК «Берсерк»



Рис. 3. Фото НРК «Піранья»

Підвищення живучості прицільно-пошукової системи

На нашу думку, для уникнення цього ППС має розміщуватись у двох корпусах 1 і 2, розташованих з обох боків або обабіч зброї 3: в одному – лазерний далекомір 4 та телевізійний приціл 5, в іншому – камера широкого поля зору 6 та тепловізійний приціл 7 (рис. 4).

Тоді, при влучанні кулі в один з корпусів, системи іншого будуть здатні виконати бойову задачу з деякими обмеженнями завдяки дієздатному прицілу.

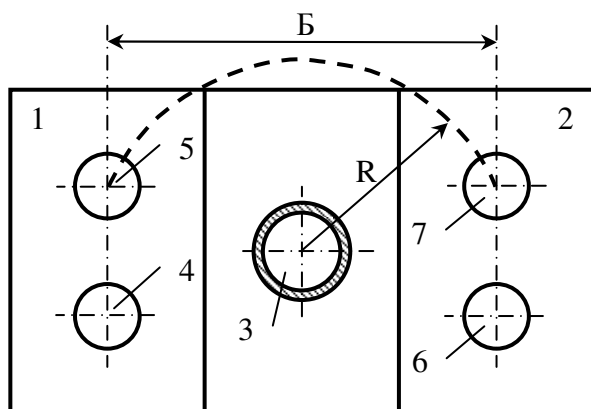


Рис. 4. Компонівка ППС: 1, 2 – корпуси елементів ППС, 3 – зброя, 4 – знічка лазерного далекоміру, 5 – вхідна знічка телевізійного прицілу, 6 – вхідна знічка камери широкого поля зору, 7 – вхідна знічка тепловізійного прицілу

Центри вхідних знічок телевізійного 5 і тепловізійного 7 прицілів доцільно розташовувати на окружності радіуса R . Це спростить процес контролю стабільності лінії прицілювання НРК на етапі стендових випробувань із застосуванням спеціальної апаратури та на етапі «холодної пристрілки» із застосуванням ствольного коліматора [3, 4]. Відстань B між центрами цих знічок має бути якомога більшою, що надасть можливості використо-

вувати параметр B як базу при пасивному вимірюванні дальності до цілі методом внутрішньобазового далекоміру [5].

Контроль стабільності лінії прицілювання НРК в процесі стендових випробувань

На рис. 5 зображено структурну схему апаратури для контролю стабільності лінії прицілювання НРК із ППС запропонованої компоновки на базі колімаційно-вимірювального блоку 1 на етапі стендових випробувань, основні принципи побудови якого розглянуті в роботах [6, 7].

До складу колімаційно-вимірювального блоку 1 входять (рис. 5): автоколімаційний канал 2, колімаційний канал 3, вузол 4 дзеркала для матеріалізації осі каналу ствола зброї і вузол 5 для переносу напрямку випромінювання енергії у вхідні знічки телевізійного та тепловізійного прицілів. Склад колімаційного каналу 3 містить дзеркальний об'єктив 6 з джерелом підсвічування контрольної сітки 7. У разі компоновки ППС в двох корпусах при $R = \text{const}$ (рис. 4) у вузлі 5 використовується ромб-призма БС-0°, виготовлена з сульфїду цинку або селенїду цинку, прозора в області спектру 0,4...14 мкм. Специфіка роботи ромб-призми в паралельних пучках променів забезпечує колінеарність вхідного і вихідного променів при довільному положенні призми. Тому при обертанні навколо оптичної осі об'єктиву автоколімаційного каналу 2 призма послідовно точно передаватиме зображення контрольної сітки 7 у вхідну знічку телевізійного або тепловізійного прицілу.

Методика контролю НРК передбачає наступну послідовність операцій.

На першому етапі контролер закріплює відюстований бойовий модуль 8 НРК з телевізійним 9 і тепловізійним 10 прицілами на ударному стенді 11 за допомогою опор. Виходи прицілів 9 і 10 та автоколімаційного каналу 2 підключаються до електронно-обчислювальної машини (ЕОМ) 12. Далі магнітний корпус дзеркала 4 суміщається зі зрізом ствола зброї 13. Водночас, дзеркало 4 за-

ймає однозначне положення при багатократній перестановці його на зброї: його нормаль буде завжди колінеарною осі каналу ствола зброї 13. ЕОМ 12 формує на екрані монітору 14 зображення контрольної мітки 15, яка визначає систему координат YZ і відображає «нуль» автоколімаційного каналу (рис. 5).

Далі контролер встановлює контрольно-вимірювальний блок 1 поряд з бойовим модулем 8 так, щоб вихідна зіниця об'єктиву його автоколімаційного каналу 2 знаходилась напроти дзеркала 4.

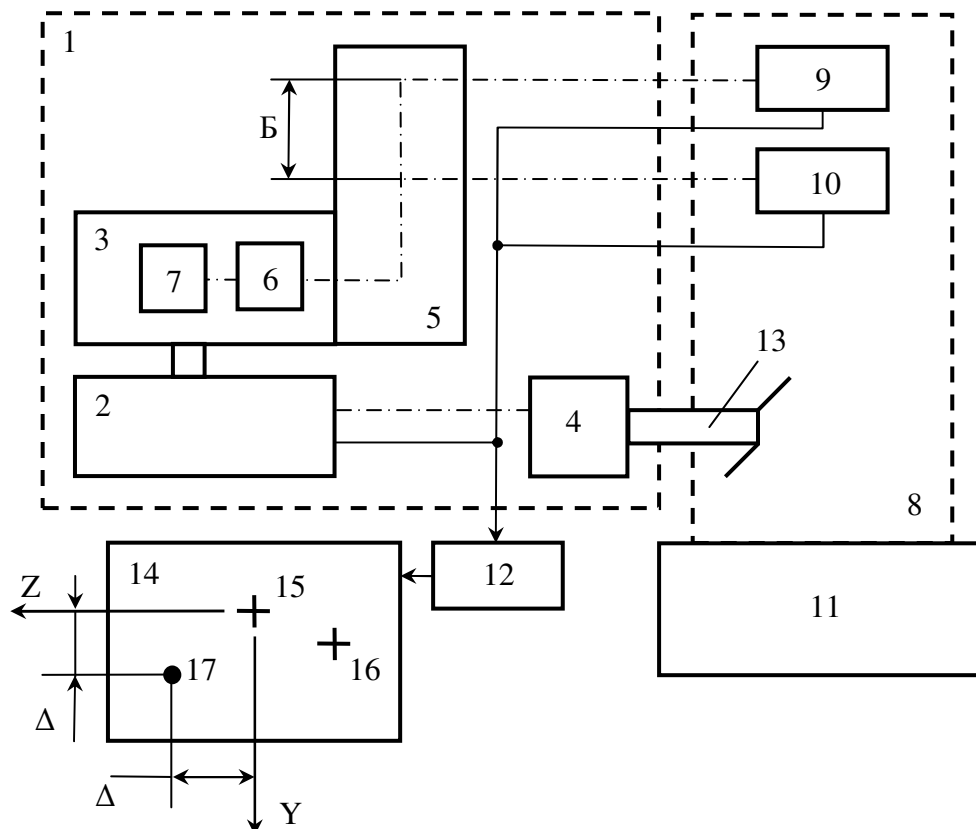


Рис. 5. Структурна схема колімаційно-вимірювального блоку: 1 – колімаційно-вимірювальний блок, 8 – бойовий модуль НРК (інші позначення в тексті)

На другому етапі контролер включає джерело, яке підсвічує контрольну мітку автоколімаційного каналу 2. Пучки променів від контрольної мітки заповнюють апертуру об'єктива, виходять колімованими і відбиваються дзеркалом 4 у зворотному напрямку (режим автоколімації). Об'єктив створює зображення контрольної мітки на цифровому фотоприймачі автоколімаційного каналу. Після опрацювання ЕОМ 12 ця контрольна мітка 16 відображається на моніторі 14 (рис. 5). Якщо нормаль до дзеркала 4 (тобто вісь каналу ствола зброї 4) не збігається за напрямком з оптичною віссю автоколімаційного каналу 2, то на екрані монітору 14 контрольна точка 16 не збігатиметься з «нулем» 15 автоколімаційного каналу 2. Контролер розвертає колімаційно-вимірювальний блок 1 до моменту збігу зображення контрольної точки 16 на моніторі з початком системи координат YZ. У наслідок цих операцій вісь каналу ствола зброї

13 збігатиметься за напрямком з оптичною віссю автоколімаційного та колімаційного каналів 2, 3, сформованою контрольною сіткою 7 і об'єктивом 6.

На третьому етапі контролер вмикає телевізійний приціл 9 і джерело колімаційного каналу 3. Промені, що виходять з об'єктиву 6, проходять ромб-призму і виходять з неї колінеарними оптичній осі колімаційного каналу (осі каналу ствола зброї 13). Тобто при будь-якому довільному положенні ромб-призми зберігається колінеарність осі каналу ствола зброї 13 та оптичної осі колімаційного каналу 3 (властивість призми БС-0°). Контролер встановлює вихідну зіницю ромб-призми напроти вхідної зіниці телевізійного прицілу 9. Якщо лінія прицілювання прицілу 9 не є колінеарною осі каналу ствола зброї 13, то зображення контрольної сітки 7 відображається на екрані монітору 12 у вигляді зміщеної точки 17 в системі координат YZ

(рис. 5). Регулюванням електронної схеми прицілу 9 контролер усуває розбіжності ΔY , ΔZ між зображенням контрольної сітки 17 і початком системи координат YZ . Цей процес контролюється за зображенням на моніторі 14. Після цього приціл 9 вважається пристріляним до зброї 13.

На четвертому етапі зі зброї знімається дзеркало 4 і приводиться в дію ударний стенд 11. Повторюються операції другого і третього етапів при встановленому дзеркалі 4. Якщо після цього на екрані монітору 14 відсутня розбіжність між зображеннями контрольної сітки 17 і початком системи координат YZ , то це свідчить про якісне збирання телевізійного прицілу 9.

На п'ятому етапі контролер розвертає вузол 5 так, щоб вихідна зіниця ромб-призми знаходилась напроти вхідної зіниці тепловізійного прицілу 10. Далі контролер повторює операції етапів два, три і чотири стосовно тепловізійного прицілу 10.

Таким чином забезпечується контроль якості збирання бойового модуля НРК.

«Холодна» пристрілка бойового модуля НРК

Як показано в роботах [3, 4], для «холодної» пристрілки бойового модуля НРК з різною базовою відстанню телевізійного і тепловізійного прицілів від осі каналу ствола зброї, в місцях експлуатації доцільно використовувати ствольний коліматор на базі дзеркального об'єктиву і оптичного блоку на основі двох пента-дзеркал, одне з яких є рухомим, для регулювання базової відстані.

У разі використання запропонованої компоновки ППС пристрій і методика «холодної» пристрілки бойового модуля НРК можуть бути суттєво спрощені. Замість системи двох пента-дзеркал може бути використана ромб-призма БС-0°, конструкція і методика застосування якої були описані вище.

Подальша модернізація НРК

Побічним ефектом запропонованого технічного рішення, який має самостійне значення, є потенційне розширення функціональності системи. Використання двох корпусів для розміщення інформаційних каналів дозволить в подальшому забезпечити додавання перспективних оптико-електронних чутників. Насамперед це стосується багатоканальних оптико-електронних систем. Підвищення вимог споживачів до виявлювальних можливостей ППС призвело до необхідності замість двох спектральних каналів – телевізійного та тепловізійного використовувати оптико-електронні системи з десятками спектральних каналів [8]. Найближча перспектива передбачає необхідність аналізу не тільки спектральної, але й поляризаційної інформації від фоно-цільової обстановки [9, 10]. Аналіз ступеня поляризації випромінювання дає унікальну можливість відрізнити рукотворні

об'єкти від природних. Іноді поляриметрия відбитого та власного випромінювання об'єктів дозволяє чітко виділити замасковані цілі навіть тоді, коли не працюють сучасні гіперспектральні методи виявлення. Важливою особливістю поляризаційних систем є забезпечення високих контрастів зображення малорозмірних цілей на анізотропних фонах. Поляриметричні функції можна надати як тепловізійному, так і телевізійному інформаційному каналам. Поєднання можливостей одночасного виявлення поляризаційних та енергетичних контрастів у вузьких спектральних каналах в одній ППС суттєво підвищує ефективність дистанційного спостереження. Якщо фізична реалізація спектральної чутливості в системах дистанційного спостереження можлива багатьма шляхами, то поляриметрію можна забезпечити фактично одним з двох способів. Перший полягає в використанні аналізаторів поляризації, що встановлюються в телевізійному або тепловізійному каналі. Другий – в використанні блоку приймача випромінювання з імпліментованою поляризаційною чутливістю. Очевидно, що найбільш гнучкий алгоритм виявлення мало-контрастних та замаскованих цілей має передбачати можливість адаптивного до умов спостереження та виду фоно-цільової обстановки конфігурування інформаційних каналів. Найпростішим варіантом технічної реалізації ППС в цьому сенсі були б поляриметричні насадки різних діапазонів спектру, які можна вводити або виводити в/з поля зору основних каналів. Крім того, порівняно з використанням в інфрачервоному каналі поляризаційного тепловізора [11] такий підхід дозволяє залишити хорошу енергетичну чутливість і забезпечити можливість використання поляриметричної інформації, якщо це є доцільним. Виконання ППС у двох корпусному варіанті значно полегшує конструкцію з поляриметричними насадками.

Висновки

В Україні на теперішній час розробниками НРК з власної ініціативи є цивільні підприємства, які при створенні НРК не повною мірою враховують особливості ведення сучасної збройної боротьби, специфіку бойових завдань, що покладаються на НРК. При виборі компоновальних рішень і параметрів НРК розробники часто спираються на власний, невійськовий досвід, або використовують принципи побудови існуючих зразків екіпажного озброєння та військової техніки.

Для забезпечення затребуваних на ринку технічних рішень необхідним є суттєве розширення фізичного аналізу випромінювання від об'єктів і фонів, що потребує опрацювання конструкцій вхідних оптичних блоків ППС. Запропоновану схему компоновки пошуково-прицільної системи доцільно використовувати при створенні нових перспективних НРК підвищеної живучості для оснащення Збройних Сил України.

Розроблено методику контролю стабільності лінії прицілювання НРК у процесі стендових випробувань, які визначають якість збирання бойового модуля на етапі його виготовлення.

Подальші дослідження мають вирішувати проблеми використання базової відстані між входними зіницями прицілів для пасивного вимірюванні дальності до цілі методом внутрішньобазового далекоміру замість лазерного далекоміру. Це надасть змогу ще підвищити живучість НРК внаслідок прихованості виконання бойової задачі. Також доцільним є доопрацювання технічної реалізації наявних інформаційних каналів для розширення їх можливостей виявлення штучних об'єктів на природних фонах.

Література

- [1] І. Б. Чепков, А. С. Довгополий, О. М. Гусляков, “Концептуальні засади створення вітчизняних ударно-розвідувальних наземних роботизованих комплексів важкого класу”, *Озброєння та військова техніка*, №3(23), с.16-25, 2019.
- [2] Задорожный И. С. Задорожный В. И., Задорожный Ю. И., “Состав и структура оптико-электронных комплексов подвижных объектов”, *Вісник НТУУ «КПІ», Серія приладобудування*, Вип. 35, с. 5-15, 2008.
- [3] V. Senatorov, O. Husliakov, O. Melnyk, “Bore-sighting of unmanned weapon platforms”, *Scientific Bulletin of Military Institute of Armament Technology “Issues of Armament Technology” (Poland)*, vol. 154, no. 2,3, pp. 63-73, 2020. doi: 10.5604/01.3001.0014.4882.
- [4] “Пристрій для «холодної» пристрелки оптико-електронного прицілу”. Патент України на корисну модель № 127980. Бюл. №16, 2018.
- [5] В. М. Сенаторов, П. І. Нор, А. Ю. Гупало, “Пасивні методи вимірювання дальності до повітряної цілі”, *Збірник наукових праць ЦНДІ ОБТ ЗСУ*, №3(78), с. 285-290, 2020.
- [6] В. І. Микитенко, В. М. Сенаторов, О. Д. Мельник “Оптико-електронний комплекс контролю положення лінії візування оптичного прицілу”, *Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування*, Вип. 58(2), с. 15-22, 2019.
- [7] В. М. Сенаторов, О. Д. Мельник, “Апаратура для юстування бойових модулів роботизованих комплексів”, *Збірник наукових праць ЦНДІ ОБТ ЗСУ*, №4(71), с. 173-178, 2018.
- [8] В. Г. Колобродов, В. І. Микитенко, *Комплексування інформації в багатоканальних оптико-електронних системах спостереження (монографія)*. Київ, Україна: Аверс, 2013.
- [9] Sumera Sattar, Pierre-Jean Lapray, Alban Foulonneau, Laurent Bigué, “Review of spectral and polarization imaging systems”, *Proc. SPIE 11351, Unconventional Optical Imaging II, 113511Q*, 13 April 2020.
- [10] H. Zhao, Y. Li, G. Jia, N. Li, Z. Ji, J. Gu “Comparing analysis of multispectral and polarimetric imaging for mid-infrared detection blindness condition”, *Applied Optics*, Vol. 57, Issue 24, pp. 6840-6850, 2018.
- [11] S. Ogawa and M. Kimata, “Wavelength- or Polarization-Selective Thermal Infrared Detectors for Multi-Color or Polarimetric Imaging Using Plasmonics and Metamaterials,” *Materials*, vol. 10, no. 5, p. 493, May 2017. doi: 10.3390/ma10050493

УДК 623.4.051

¹⁾В. И. Микитенко, ²⁾А. Д. Мельник, ²⁾В. Н. Сенаторов

¹⁾Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сикорського», Київ, Україна

²⁾Центральний науково-дослідницький інститут озброєння і військової техніки Вооруженных Сил Украины, Київ, Україна

ПОВЫШЕНИЕ ЖИВУЧЕСТИ ПРИЦЕЛЬНО-ПОИСКОВОЙ СИСТЕМЫ НАЗЕМНОГО РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА

Работа посвящена улучшению одной из важнейших технических характеристик наземных роботизированных комплексов - живучести. Даны предложения по совершенствованию компоновки прицельно-поисковой системы наземного роботизированного комплекса. Применяемые схемы компоновки имеют низкую живучесть, так как приборы, входящие в ее состав, размещаются в общем корпусе. Попадание пули снайпера в корпус выводит из строя всю прицельно-поисковую систему. Авторы предлагают размещать приборы в двух корпусах со стороны оружия таким образом, чтобы в каждом корпусе был прицел: в одном - телевизионный, во втором - тепловизионный. Тогда, при попадании пули в один из корпусов, приборы второго будут способны выполнить боевую задачу с некоторыми ограничениями благодаря работоспособному прицелу. Подробно рассмотрены вопросы контроля стабильности линии прицеливания прицельно-поисковой системы на этапе стендовых испытаний с использованием коллимационно-измерительного блока. Предложена методика юстировки как телевизионного, так и тепловизионного прицелов.

Помимо повышения живучести всего роботизированного комплекса предложенное техническое решение имеет еще ряд преимуществ. Во-первых, существенно упрощается «холодная» пристрелка боевого модуля. Вместо

системи двух пента-зеркал для этого может быть использована ромб-призма БС-0°. Во-вторых, предложенная компоновка потенциально упрощает дальнейшую модернизацию прицельно-поисковой системы, которая требовала бы включения дополнительных блоков. Например, для расширения функциональных возможностей комплекса за счет анализа поляризации излучения объектов и фонов обеспечивается дополнительный объем для размещения поляриметрических насадок. В-третьих, еще большего повышения живучести роботизированного комплекса можно достичь за счет увеличения скрытности выполнения боевой задачи. Использование базового расстояния между входными зрачками прицелов дает возможность пассивного измерения дальности до цели методом внутреннего базового дальномера вместо лазерного дальномера.

Ключевые слова: наземный роботизированный комплекс; прицельно-поисковая система; прицел; живучесть.

¹⁾**Volodymyr I. Mikitenko**, ²⁾**Oleksander D. Melnyk**, ²⁾**Volodymyr M. Senatorov**

¹⁾*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»,
Kyiv, Ukraine*

²⁾*Central Research Institute of Armament and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine,
Kyiv, Ukraine*

INCREASING OF AIMING AND SEARCH SYSTEM OF LAND UNMANNED COMPLEX DURABILITY

Proposals on composition of the aiming and search system of land unmanned complex are offered. The work aims to improve one of the most important technical characteristics of land unmanned complex - survivability. Proposals are given for improving the layout of aiming and search system of land unmanned complex. Existing composition schemes have a low firing life because of the devices included in its structure have are installed into general body. Sniper impact in body makes ineffective all aiming and search system. Authors proposes to install the devices into two bodies along weapon sides. TV-sight should be installed into the first body and thermal-vision sight should be installed into the second body. Then if sniper impact is affecting one body, then the devices of the second body are able to execute a battle task with some limitations thanks to efficient sight. The issues of controlling the stability of the aiming line of the aiming and search system at the stage of bench tests using a collimation-measuring unit are considered in detail. A technique for adjusting both television and thermal imaging sights is proposed.

In addition to increasing the survivability of the entire unmanned complex, the proposed technical solution has a number of other advantages. First, the "cold" zeroing of the combat module is greatly simplified. Instead of a system of two penta mirrors, a BS-0 ° rhombus prism can be used for this. Secondly, the proposed layout potentially simplifies the further modernization of aiming and search system, which would require the inclusion of additional units. For example, to expand the functionality of the complex by analyzing the polarization of radiation from objects and backgrounds, an additional volume is provided to accommodate polarimetric attachments. Thirdly, an even greater increase in the survivability of the complex can be achieved by increasing the secrecy of the combat mission. Usage of the base distance between the entrance pupils of the sights makes it possible to passively measure the range to the target using the internal base rangefinder instead of the laser rangefinder.

Key words: land unmanned complex; aiming and search system sight; firing life.

*Надійшла до редакції
3 квітня 2021 року*

*Рецензовано
20 квітня 2021 року*