

УДК 623.4.051

В. М. СЕНАТОРОВ,*кандидат технічних наук, доцент,***А. С. ДОВГОПОЛИЙ,** *доктор технічних наук, професор,***А. В. ГУРНОВИЧ,** *доктор технічних наук, старший науковий співробітник,***О. М. ГУСЛЯКОВ,** *старший науковий співробітник**(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)*

«Холодне» пристрілювання оптичних приладів бойових роботизованих комплексів

Проаналізовано сучасний стан приладів, за допомогою яких здійснюється «холодне» пристрілювання оптико-електронних прицілів з урахуванням особливостей їх розміщення на бойових роботах. Розроблено універсальний ствольний коліматор, що забезпечує пристрілювання телевізійних і тепловізійних прицілів для різних типів бойових роботів.

Ключові слова: «холодне» пристрілювання, «лазерний патрон», лазерний прилад «холодного» пристрілювання, трубка «холодного» пристрілювання, ствольний коліматор.

Проанализировано современное состояние приборов, с помощью которых осуществляется «холодная» пристрелка оптико-электронных прицелов с учетом особенностей их размещения на боевых роботах. Разработан универсальный ствольный коллиматор, который обеспечивает пристрелку телевизионных и тепловизионных прицелов для разных типов боевых роботов.

Ключевые слова: «холодная» пристрелка, «лазерный патрон», лазерный прибор «холодной» пристрелки, трубка «холодной» пристрелки, ствольный коллиматор.

Як відзначено в [1], розвиток основних складових систем озброєння в Україні враховує загальносвітові тенденції розвитку озброєння та військової техніки (ОВТ). Однією з таких тенденцій є використання бойових роботів при виконанні розвідувальних, інженерних, бойових і тилових задач [2]. У зв'язку з цим документ [1] передбачає розвиток в Україні роботизованих, автономних і дистанційно керованих зразків ОВТ різного призначення і базування. Розроблення та виробництво бойових модулів (БМ) озброєння та спеціального обладнання для монтажу на шасі наземних роботизованих комплексах (НРК) різних типів є актуальним завданням для Збройних Сил України.

Як свідчать останні міжнародні виставки IDEX-2017 в Абу-Дабі, IDEF в Стамбулі та «Зброя та безпека-2017» у Києві, Україна досягла певних успіхів у створенні зразків НРК. На виставках були презентовані зразки бойових НРК «Фантом», «Піранья», «Черепашка», «Мисливець», БМ «Овод», «Вій», «Тайпан», «Дуплет», «Кастет» [3]. Більшість з цих дистанційно керованих БМ оснащено телевізійними і тепловізійними прицілами, телевізійними камерами і лазерними далекомірами для забезпечення заданих показників призначення бойових роботів.

Конструктивною особливістю БМ є велика (в межах 100...400 мм) базова відстань вхідної зіниці прицілів від ствола зброї. При проведенні випробувань і експлуатації цих БМ виникає завдання періодичного контролю, тобто визначення і усунення відхилення кутового положення лінії візування прицілів відносно осі каналу ствола зброї – «холодне» пристрілювання.

Мета статті – аналіз відомих принципів побудови пристроїв «холодного» пристрілювання та розробка універсального пристрою, за допомогою якого можливо пристрілювати оптико-електронні приціли (що працюють у різних спектральних діапазонах) для різних типів БМ (з різною базою між прицілом і зброєю), встановлених на НРК.

На сьогодні для первинної установки лінії візування прицілу або періодичної перевірки її положення відносно осі каналу ствола зброї при експлуатації використовуються такі контрольно-вимірвальні пристрої: «лазерний патрон», лазерний прилад «холодного» пристрілювання, трубка «холодного» пристрілювання і ствольний коліматор. Виходячи з призначення, до цих пристроїв висуваються такі вимоги:

- мінімальна власна похибка;
- стабільність конструкції в часі та при зміні зовнішніх умов;
- відсутність необхідності переустановлень;
- відносно мала залежність результатів вимірів від кваліфікації оператора;
- простота експлуатації.

«**Лазерний патрон**» (ЛП) [4, 5] являє собою корпус у вигляді патрона, калібр якого відповідає калібру зброї БМ НРК, в якому розміщений лазер, промінь якого колінеарний осі циліндричної поверхні патрона та спрямований у простір цілей (рис. 1).



Рис. 1. «Лазерний патрон»

Суть процесу пристрілювання полягає в перевірці положення перехрестя прицільної марки відносно центра лазерної плями, що відображає вісь ствола зброї на віддаленому екрані. На моніторі оператора НРК, який проводить пристрілювання, відображається лазерна пляма і прицільна марка. У разі незбігу зображень оператор суміщає перехрестя прицільної марки з центром плями.

Для того щоб мінімізувати вплив базової відстані L між прицілом і зброєю на похибку пристрілювання, дистанція D до екрана повинна визначатися залежністю

$$D \geq L / [\delta_L], \quad (1)$$

де $[\delta_L]$ – припустима похибка пристрілювання, обумовлена впливом L .

Якщо як $[\delta_L]$ прийняти середньоквадратичне розсіювання боєприпасів 4 мрад, то згідно з (1) для визначеного діапазону параметра L маємо $D \geq 25$ м.

При визначенні похибки пристрілювання, обумовленої неточністю суміщення прицільної марки і лазерної плями на моніторі пульта дистанційного управління НРК, будемо виходити з такого. Згідно з [5] діаметр лазерної плями на екрані сягає 50 мм при $D = 100$ м, тобто характеризується кутовим розміром $\gamma = 0,5$ мрад. Діаметр d зображення цієї плями на моніторі визначається формулою

$$d = \gamma f' \Gamma_{et}, \quad (2)$$

де f' – фокусна відстань об'єктива прицілу, а Γ_{et} – електронне збільшення системи, яке визначається співвідношенням діагоналей монітора і матричного фотоприймача зображення прицілу.

Враховуючи мале значення кута γ , можна зробити висновок, що лазерна пляма буде відображатись на моніторі у вигляді кола малого діаметра. Згідно з [6] неточність суміщення неозброєним оком кола малого діаметра і перехрестя становить до 0,3 мрад або 0,075 мм для відстані найкращого зору людини. Виходячи з цього, похибка пристрілювання δ_{np} , обумовлена неточністю суміщення лазерної плями і перехрестя прицільної марки, визначається за формулою

$$\delta_{np} = 0,075 / f' \Gamma_{et}, \quad (3)$$

Якщо врахувати розміри монітора і матричних фотоприймачів, що використовуються в бойових НРК, можна зробити висновок, що похибка δ_{np} занадто мала в порівнянні з $[\delta_R]$.

До недоліків «холодного» пристрілювання із застосуванням ЛП слід віднести неможливість пристрілювання тепловізійного прицілу і необхідність вільного простору понад 25 м між ЛП і екраном для спостереження лазерної плями.

З цього погляду перевагу слід віддати **лазерному приладу «холодного» пристрілювання (ЛПХП)** [7, 8]. ЛПХП випускається в двох модифікаціях. У першому варіанті ЛПХП являє собою направляючу у вигляді стрижня-калібру, до якого прикріплено лазер [7], промінь якого колінеарний осі направляючої і спрямований в простір цілей. Направляюча споряджена фторопластовими поясками для стабільності базування в каналі ствола зброї (рис. 2).



Рис. 2. Лазерний прилад «холодного» пристрілювання

Суть процесу пристрілювання така ж сама, як і при застосуванні «лазерного патрона», ті самі й недоліки.

У другому варіанті ЛПХП споряджений горизонтальним рівнем у хвостовику направляючої [8]. Суть процесу пристрілювання полягає в перевірці положення перехрестя прицільної марки і лазерної плями відносно відповідних реперних точок у площині вивіральної мішені. Для цього мішень встановлюється вертикально на заданій відстані від БМ. За допомогою рівня сам БМ нівелюється, і вмикається лазер. На вивіральній мішені позначається перша реперна мітка в місці перетину центра лазерного променя з мішенню. Ця мітка відображає положення осі каналу ствола зброї і є початком системи координат, в якій другою реперною міткою позначається розрахункове положення оптичної осі прицілу. На моніторі оператора, який проводить пристрілювання, відображається друга реперна мітка і прицільна марка. У разі незбігу зображень оператор суміщає перехрестя прицільної марки з центром другої реперної точки.

Оскільки при такому методі пристрілювання врахована базова відстань між вхідною зницею прицілу і зброєю, то виключається похибка $[\delta_R]$. На точність пристрілювання впливає лише похибка розмітки

вивіральної мішені (похибка визначення центра лазерної плями і похибки позначення координат оптичної осі прицілу), а також похибка суміщення на моніторі другої реперної мітки і перехрестя прицільної марки. Якщо при розмітці використовується металева лінійка з ціною поділу 1 мм, то похибка пристрілювання визначається формулою

$$\delta_{np} \approx 0,002/D + 0,075/f'G_{ex}. \quad (4)$$

З формули (4) випливає аби похибка пристрілювання не перевищувала $[\delta_L]$, дистанція D до мішені має бути не менша 0,5 м з врахуванням положення передньої межі різкості прицілу, що пристрілюється. За даними дослідження [9] похибка пристрілювання з використанням ЛПХП не перевищує 0,5 мрад.

До недоліків «холодного» пристрілювання із застосуванням ЛПХП слід віднести неможливість пристрілювання тепловізійного прицілу без застосування мішені складної конструкції, а також відсутність жорсткого зв'язку між БМ і мішенню. Останнє може призвести до додаткових похибок пристрілювання.

Трубка «холодного» пристрілювання (ТХП) [10] містить телескопічну візирну систему, оптична вісь окуляра якої ортогональна оптичній осі об'єктива, і направляючу у вигляді стрижня-калібру з рівнем. Візирна система призначена для наведення осі каналу ствола зброї в пристрілочну мішень і містить сітку у вигляді перехрестя з поділами. Наприклад, сітка приладу ТХП-1 [10] має ціну поділки 5 кутових мінут. Пристрілочна мішень має координатну сітку з поділом 1 мм (рис. 3).

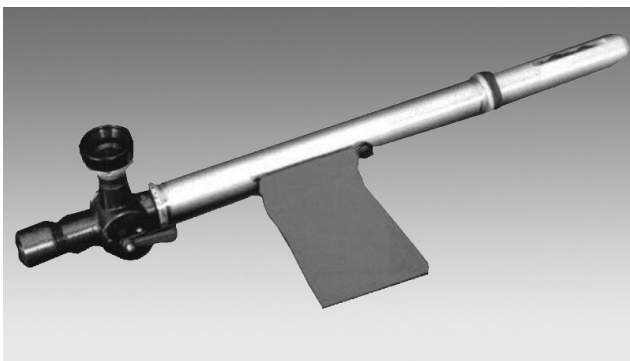


Рис. 3. Трубка «холодного» пристрілювання

Суть процесу пристрілювання полягає в горизонтуванні БМ за допомогою рівня. Пристрілочна мішень встановлюється вертикально на заданій відстані D від БМ. За початок системи координат пристрілочної мішені приймається найближча мітка до перехрестя сітки візирної системи ТХП. На координатній сітці мішені позначається мітка, координати якої відповідають розрахунковому положенню оптичної осі прицілу відносно осі каналу ствола зброї. На моніторі оператора, який проводить пристрілювання, відображається координатна сітка мішені з позначеною міткою і прицільна марка. У разі незбігу зображень оператор суміщає перехрестя прицільної марки з центром позначеної мітки.

Відстань D пристрілочної мішені від БМ при цьому методі пристрілювання визначається за формулою (4), тобто має бути не менша 0,5 м з врахуванням положення передньої межі різкості прицілу зброї, що пристрілюється.

До основних джерел, що впливають на похибку пристрілювання з використанням ТХП, можна віднести [9]: неточність встановлення ТХП у ствол (до 0,15 мрад); похибка візування при суміщенні перехрестя прицільної марки з розрахунковою міткою на мішені;

похибка візування при суміщенні перехрестя сітки ТХП з розрахунковою точкою на мішені ($0,3/G_{max}$ мрад, де G_{max} – збільшення візирної системи ТХП);

похибка відліку, обумовлена дискретністю сітки ТХП (до 0,15 мрад).

До недоліків «холодного» пристрілювання із застосуванням ТХП слід віднести складність технологічних операцій, а також недоліки, притаманні способу пристрілювання з використанням ЛПХП.

Конструктивною особливістю ЛП, ЛПХП і ТХП є те, що їхня вихідна зіниця спрямована в простір цілей. Це передбачає обов'язкове використання екрана, вивіральної або пристрілочної мішені, що не завжди можливо в умовах бойових дій. По-друге, всі ці прилади працюють у видимій області спектра, що унеможлиблює пристрілювання тепловізійних прицілів.

З цього погляду перевагу мають прилади «холодної» пристрілки, де вихідна зіниця спрямована в бік прицілу.

Ствольний коліматор (СК) [11, 12] містить оптичний коліматор з масивним кронштейном, до якого кріпиться направляюча у вигляді стрижня-калібру (рис. 4). У фокальній площині об'єктива коліматора розміщена сітка з поділами. Наприклад, ціна поділки сітки приладу ПП61 [13] становить 1 мрад.



Рис. 4. Ствольний коліматор

Суть процесу пристрілювання полягає у визначенні положення перехрестя марки прицілу відносно перехрестя сітки коліматора. Зображення марки і сітки відображаються на моніторі оператора. Якщо відстань незбігу зображень перевищує припустиме значення, оператор суміщає їх шляхом переміщення марки прицілу.

У цьому разі похибка пристрілювання визначається неоднозначністю установки ТХП в ствол (до 0,3 мрад), похибкою суміщення перехрестя марки і сітки

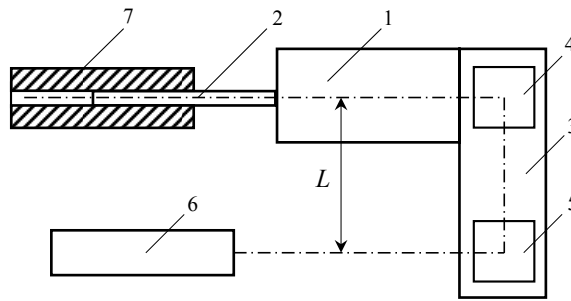


Рис. 5. Ствольний коліматор з дзеркальним вузлом:
 1 – коліматор, 2 – стрижень-калібр, 3 – дзеркальний вузол, 4, 5 – пента-дзеркала, 6 – приціл, 7 – ствол зброї

на моніторі, тобто формулою (3), яка є занадто малою величиною і похибкою відліку через дискретність сітки СК (до 0,3 мрад) [9].

До недоліків «холодного» пристрілювання із застосуванням СК такої конструкції слід віднести таке. По-перше, як було зазначено вище, в БМ НРК базова відстань між прицілом і стволом зброї перевищує 100 мм. Це веде до того, що кронштейн СК має велику масу, що ускладнює фіксацію коліматора напроти вхідної зіниці прицілу. По-друге, неможливе використання СК для ряду роботизованих комплексів з широким діапазоном параметра L . Тобто прилад не є універсальним.

На думку авторів, СК має будуватись на основі дзеркального коліматора 1 (рис. 5), який кріпиться до стрижня-калібру 2, і дзеркального вузла 3, який містить два пента-дзеркала 4 і 5 [14, 15]. Пента-дзеркало 4 розміщене на оптичній осі коліматора 1 і віддзеркалює оптичну вісь під кутом 90° . Пента-дзеркало 5 розміщене на відбитій оптичній осі з можливістю зміни базової відстані L і віддзеркалює оптичну вісь під кутом 90° у бік прицілу 6. Специфіка роботи пента-дзеркала в тому, що воно зберігає стабільність кута 90° між вхідним і вихідним променем незалежно від орієнтації пента-дзеркала відносно оптичної системи, яка формує вхідний промінь. Таким чином, в процесі переміщення пента-дзеркала 5 по його боковій площині зберігається колінеарність відбитої оптичної осі коліматора і осі каналу ствола зброї 7.

Похибка «холодного» пристрілювання при такому конструктивному виконанні СК визначається похибкою суміщення перехрестя прицілу і мітки, сформованої коліматором, а також похибками виготовлення пента-дзеркал. Сучасні оптичні технології дозволяють виготовляти пента-дзеркала з високою точністю, тому похибками виготовлення можна нехтувати.

Таким чином, СК запропонованої конструкції дозволяє проводити «холодне» пристрілювання при різній базовій відстані між зброєю і прицілом, а застосування дзеркальної оптики дозволяє пристрілювати приціли, що працюють у видимій і дальній інфрачервоній областях спектра.

Висновки

1. Аналіз конструкцій існуючих пристроїв «холодного» пристрілювання свідчить, що вони не враховують специфіку побудови і застосування бойових

модулів наземних роботизованих комплексів. «Лазерний патрон», лазерний прилад «холодного» пристрілювання і трубка «холодного» пристрілювання не забезпечують пристрілювання тепловізійних прицілів і мають складну процедуру пристрілювання в умовах бойового застосування роботизованих комплексів.

2. Ствольний коліматор не здатен пристрілювати приціли з різною базовою відстанню між зброєю і прицілом.

3. Уведення в ствольний коліматор дзеркального вузла між коліматором і прицілом, який містить два пента-дзеркала, одне з яких рухоме, дозволяє пристрілювати з високою точністю широку гаму прицілів бойових модулів наземних роботизованих комплексів з різною базовою відстанню від зброї у широкому спектральному діапазоні.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Основні напрями розвитку озброєння та військової техніки на довгостроковий період : розпорядження Кабінету Міністрів України від 14.06.2017 № 398-р.
2. Современные военные роботы – боевые системы будущего. Laser bore sight. <https://militaryarms.ru/voennaya-texnika/boevye-mashiny/voennye-boevye-roboty> (дата звернення: 02.04.2018).
3. Боевые роботы в армии: на что способна Украина. URL: <https://ru.slovoidilo.ua/2017/07/28> (дата звернення: 02.04.2018).
4. Пат. США №5787631A, МПК F41G 33/02. Laser bore sight.
5. Патроны холодной пристрелки // Прицел. URL: <https://pricel.in.ua/hunt-and-weapons/boresight-weapons> (дата звернення: 02.04.2018).
6. Афанасьев В. А. Оптические измерения. М. : Недра, 1981. 232 с.
7. Лазерный прибор холодной пристрелки ЭСТ ЛПХП-Р. URL: https://opticdevices.ru/product_660.htm (дата звернення: 02.04.2018).
8. Пат. РФ № 2212617, МПК F41G 33/02. Лазерное прицельное приспособление. Опубл. 20.09.2003.
9. Бутримов И. С. Разработка и исследование оптико-электронного комплекса для контроля положения линии визирования прицелов : автореферат дис. ... канд техн. наук. Новосибирск, 2016. 22 с.

10. Трубки холодной пристрелки ТХП, ТХП-1. URL: http://hotopribor.ck.ua/products/defense/prylady_control/thp-1 (дата звернення 02.04.2018).
11. Бутримов И. С., Айрапетян В. С., Комбаров М. С. Основные аспекты контроля параметров прицельной техники в ходе полевых испытаний // Сб. матер. IX Междунар. науч. конф. «СибОптика-2013». Т. 2. Новосибирск : СГГА, 2013. С. 178–183.
12. Устройство для «холодной» пристрелки BSA GUNS BS 30 в кейсе. URL: <http://activmarket.com.ua/catalog/oruzhie-tyuning/xolodnaya-prostrelka/ustroystvo-dlya-xolodnoy-pristrelki-bsa-guns-bs30-v-kejse.html> (дата звернення: 02.04.2018).
13. URL: www.ak-info.ru/joomla/index.php/uses/10-metodik/48-1p61use (дата звернення: 02.04.2018).
14. Пат. Беларуси U614, МПК G 02В 27/30. Зеркальный коллиматор. Опубл. 30.09.2002.
15. Пристрій для «холодної» пристрілки оптико-електронного прицілу : заявка на патент України № U201803330 від 30.03.2018.

Стаття надійшла до редколегії 27.04.2018

Рецензент С. В. Лапицький, д-р техн. наук, проф.
(Центральний науково-дослідний інститут озброєння
та військової техніки Збройних Сил України)