

Барчук С. М., Кедровський Ю. О., Забавчук А. О., Сітало І. Р.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МЕТЕРІАЛУ ВЕДУЧОГО ПОЯСКА НА ЖИВУЧІСТЬ СТВОЛА АВІАЦІЙНОЇ АРТИЛЕРІЙСЬКОЇ ЗБРОЇ

Анотація: у роботі досліджено вплив матеріалу ведучого пояска снаряда на процес зношування та живучість ствола авіаційної артилерійської зброї. Проведено аналіз фізико-механічних процесів тертя, абразивного та ерозійного зносу під час контакту мідного пояска з каналом ствола. Обґрунтовано доцільність заміни мідного ведучого пояска на пластмасовий, що забезпечує суттєве зменшення зносу каналу ствола, покращення термостійкості та підвищення живучості зброї.

Ключові слова: ведучий пояс, ствол, живучість, авіаційна гармата, знос, пластмасовий пояс, мідь, тертя.

Annotation: the paper examines the influence of the material of the leading belt of the projectile on the wear process and survivability of the barrel of aviation artillery weapons. An analysis of the physical and mechanical processes of friction, abrasive and erosion wear during the contact of the copper belt with the barrel was carried out. The expediency of replacing the copper driving belt with a plastic one is substantiated, which provides a significant reduction in wear of the barrel, improvement of heat resistance and increase in the survivability of the weapon.

Key words: driving belt, barrel, survivability, aircraft gun, wear, plastic belt, copper, friction.

Живучість ствола авіаційної артилерійської зброї визначається сукупністю механічних, термічних та хімічних процесів, що відбуваються під час кожного пострілу. Одним із ключових факторів, що впливає на ресурс ствола, є взаємодія ведучого пояска снаряда з нарізами каналу.

Для виготовлення ведучих поясів застосовують мідь або її сплави. Мідний пояс має добру пластичність і забезпечує герметизацію каналу, але одночасно сприяє інтенсивному механічному та абразивному зносу поверхні нарізів. Високі температури і тиск газів під час пострілу призводять до локального плавлення міді та її припаювання до сталі ствола, утворення наростів, задирок, що знижують точність стрільби й скорочують термін служби ствола.

Проведені експериментальні дослідження та моделювання процесу тертя пояска по стінках каналу (Wu B., Montgomery R. S., Zou L.) показали, що при швидкостях руху понад 600–800 м/с відбувається значне підвищення температури у зоні контакту, що спричиняє термопластичне руйнування пояска і утворення металевих відкладень у каналі. Це призводить до прискореного зносу ствола, збільшення опору руху снаряда та зміни внутрішньо балістичних параметрів пострілу.

Одним із перспективних напрямів підвищення живучості стволів є використання пластмасових ведучих поясів. Полімерні матеріали, зокрема фторопласти або поліаміди, мають низький коефіцієнт тертя, стабільні властивості при короткочасних температурних навантаженнях і не спричиняють металевих абразивного зносу. Випробування на дослідних зразках показали, що використання пластмасових поясів зменшує знос нарізів у 2–3 рази порівняно з мідними, забезпечує рівномірне розподілення тиску по довжині контакту та зменшує температуру поверхневого шару ствола. Крім того, полімери не утворюють спаювань із сталлю, що полегшує очищення каналу.

Дослідження зарубіжних розробників (Andrews G.H., Chevalier O.) підтвердили, що заміна металевих ведучих поясів на композитний або пластмасовий не лише знижує знос, але й покращує стабільність швидкості початкового пострілу, оскільки зменшується розкид опору в момент гравірування пояска в нарізи. Крім того, знижується маса снаряда, що позитивно впливає на внутрішню балістику та енергетичну ефективність системи.

З точки зору технологічності, виготовлення пластмасових ведучих поясів може бути здійснено методом пресування або лиття під тиском. Такі матеріали легко формуються, не потребують дорогого різання чи обробки, а також можуть бути армовані волокнистими наповнювачами для підвищення міцності. Досвід випробувань у різних артилерійських системах підтверджує, що пластмасові пояски мають високу стійкість до деформацій, не спричиняють ерозії поверхні ствола й істотно знижують витрати на обслуговування.

Крім власне матеріалу пояска, важливу роль відіграють поверхневі покриття і конструктивні заходи, спрямовані на зниження контактних напружень і тертя. Сучасні рішення включають застосування тонких ізолюючих або самозмашувальних шарів, а також комбінованих поясів з

локальним армуванням — усе це сприяє зменшенню температурних піків у зоні контакту і уповільнює формування наростів. Одночасно необхідно брати до уваги вплив агресивних середовищ (корозійні продукти порохових газів, продукти горіння) і режимів зберігання/експлуатації, оскільки вони можуть змінювати триботехнічні властивості полімерів і сплавів у довготерміновій перспективі.

Для оцінки ефективності нових матеріалів критично важливі комплексні випробування: поєднання лабораторних триботестів, стендових пострілів із контролем інтервалу і стану каналу та довготривалі польові випробування в реальних умовах експлуатації. Такі програми повинні включати метрологічний контроль геометрії нарізів, аналіз відкладень, вимір температурних режимів поверхні та характеристики точності у функції числа пострілів. Математичне моделювання та чисельне прогнозування зносу дозволяють скоротити обсяг дорогих випробувань, але не можуть повністю замінити експериментальну валідацію.

Економічний і екологічний аспекти також мають значення: зниження частоти ремонту і заміни стволів зменшує експлуатаційні витрати і обсяг відходів металу, тоді як використання полімерів потребує оцінки їхньої стабільності та поведінки з відпрацьованими компонентами. Перехід на полімерні або композитні пояски має супроводжуватися розробкою норм та стандартів якості, щоб забезпечити сумісність із існуючими системами та безпеку при експлуатації

Таким чином, вибір матеріалу ведучого пояски має вирішальне значення для ресурсу ствола. Перехід до полімерних або композитних матеріалів дозволяє знизити теплове та механічне навантаження на канал, що прямо впливає на довговічність артилерійських систем.

Список використаних джерел

1. Andrews, G. H. Projectile Driving Band Interactions With Gun Barrels // Journal of Pressure Vessel Technology. – 2006. – Vol. 128, No. 2. – P. 273–278. – DOI: 10.1115/1.2172965.
2. Li, X., Wang, Y., Zang, Y., Guan, B., Qin, Q. Analysis of interior ballistic performance degradation of a worn gun barrel based on finite element method // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – Vol. 1300. – P. 012045. – DOI: 10.1088/1742-6596/1300/1/012045.
3. Zou, L., Fan, J., Huang, J., Chen, J. The Construction of a Small-Caliber Barrel Wear Model and a Study of the Barrel Wear Rule // Coatings. – 2024. – Vol. 14, No. 9. – P. 1200. – DOI: 10.3390/coatings14091200.
4. Hasenbein, R. G. Wear and Erosion in Large Caliber Gun Barrels. – Aberdeen Proving Ground: U.S. Army Research Laboratory, 1996. – 34 p.
5. LearnPick. Wear and Erosion in Gun Barrel [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.learnpick.in/prime/documents/note/659/wear-and-erosion-in-gun-barrel> (дата звернення: 17.10.2025).
6. Open Source Munitions Portal (OSMP NGO). Driving Bands [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://osmp.ngo/mechanical_feature/driving-bands (дата звернення: 17.10.2025).
7. Prasad, D., Kumar, R., et al. A concise review on degradation of gun barrels and its health monitoring techniques // Defence Technology. – 2022. – Vol. 18, No. 6. – P. 1203–1215. – DOI: 10.1016/j.dt.2021.10.005.
8. Wikipedia. Driving band [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Driving_band (дата звернення: 17.10.2025).
9. Majumdar, D. Russia's "Big Guns": Now Firing Plastic Bullets? // The National Interest. – 2019. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://nationalinterest.org/blog/buzz/russias-big-guns-now-firing-plastic-bullets-56052> (дата звернення: 17.10.2025).
10. Artillery History Association. Glossary: Driving Band Definition [Електронний ресурс]. – 2014. – Режим доступу: https://artilleryhistory.org/documents/glossary_july_2014/glossary_d_july_2014.pdf (дата звернення: 17.10.2025).

Барчук Сергій Миколайович - здобувач вищої освіти ступеня магістр кафедри комплексів авіаційного озброєння, e-mail: aozhnups@gmail.com, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м.Харків Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Сумська 77/79, 61023.

Кедровський Юрій Олегович - здобувач вищої освіти ступеня магістр кафедри комплексів авіаційного озброєння, e-mail: aozhnups@gmail.com, Харківський національний

університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м.Харків Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Сумська 77/79, 61023.

Забавчук Артем Олегович - здобувач вищої освіти ступеня бакалавр кафедри комплексів авіаційного озброєння, e-mail: aozhnups@gmail.com, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м.Харків Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Сумська 77/79, 61023.

Сітало Іван Романович - здобувач вищої освіти ступеня магістр кафедри комплексів авіаційного озброєння, e-mail: aozhnups@gmail.com, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м.Харків Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Сумська 77/79, 61023.

Serhii Barchuk - higher education applicant with a master degree in the Department of Aviation Weapons Complexes, e-mail: aozhnups@gmail.com, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Sumska 77/79, 61023.

Yurii Kedrovskiy - higher education applicant with a master degree in the Department of Aviation Weapons Complexes, e-mail: aozhnups@gmail.com, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Sumska 77/79, 61023.

Artem Zabavchuk - higher education applicant with a bachelor's degree in the Department of Aviation Weapons Complexes, e-mail: aozhnups@gmail.com, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Sumska 77/79, 61023.

Ivan Sitalo - higher education applicant with a master degree in the Department of Aviation Weapons Complexes, e-mail: aozhnups@gmail.com, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Sumska 77/79, 61023.