

**А.Г. Ткачук, к.т.н., доц.**  
*Державний університет «Житомирська політехніка»*  
**О.М. Безвесільна, д.т.н., проф.**  
*Національний технічний університет*  
*«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»*  
**А.А. Гуменюк, к.т.н., доц.**  
**В.М. Янчук, к.т.н., доц.**  
**І.В. Крижанівська, к.т.н., доц.**  
*Державний університет «Житомирська політехніка»*

### **Дослідження основних напрямів розвитку сучасної системи стабілізації озброєння**

*У статті розглянуто будову та принцип роботи системи стабілізації озброєння, яка технічно являє собою набір датчиків і обчислювальний комплекс, з'єднаний із приводом гармати. Встановлено, що коливання корпусу легкої броньованої техніки (ЛБТ) мають випадковий характер і під час її руху ніколи не згасають. Амплітуди кутових коливань мають досить великі частоти, що призводить до значних переміщень прицільної марки відносно цілі.*

*Найбільше на точність стрільби впливають коливання ЛБТ у поздовжній площині, що змінюють кут піднесення гармати, і кутові коливання в горизонтальній площині, що змінюють кут горизонтального наведення гармати. Також встановлено, що поперечні кутові коливання, що спричиняють нахил гармати, менше впливають, але зростають зі збільшенням дальності стрільби. Розсіювання снарядів зростає також і внаслідок зміни напрямку і величини вектора початкової швидкості снаряда, тобто снаряд завжди буде відхилятися в сторону руху гармати. У результаті дії різних факторів розсіювання снарядів під час стрільби на ходу зростає приблизно в 10–12 разів.*

*Проведено аналіз існуючої класифікації стабілізаторів озброєння ЛБТ. Досліджено існуючі бойові модулі та стабілізатори озброєння українського виробництва й встановлено, що українська військова галузь має актуальну тенденцію до стрімкого розвитку. Виокремлено основні напрями розвитку сучасних стабілізаторів озброєння, найперспективнішим з яких є розробка нових та підвищення точності існуючих чутливих елементів. Проведено аналіз останніх розробок чутливих елементів стабілізаторів озброєння ЛБТ.*

**Ключові слова:** система стабілізації озброєння; точність; похибка; бойовий модуль.

**Актуальність теми.** Сьогодні системи стабілізації різних видів застосовуються у навігаційних пристроях і системах управління літальних апаратів, кораблів, автомобілів, а також у системах орієнтації антен, телескопів та інших приладів, встановлених на рухомих об'єктах. У зв'язку з тим, що необхідна точність подібних пристроїв безперервно підвищується, зростає й рівень вимог щодо точності до комплексів стабілізації.

Одним зі способів поліпшення точнісних характеристик стабілізатора озброєння легкоброньованої техніки під час швидкого руху башти та самого бронетранспортера є метод математичного коригування положення гармати відносно вказаної цілі [1].

Існуючі сьогодні системи стабілізації не можуть достатньо ефективно виконувати поставлені перед ними завдання. За досвідом воєнних конфліктів, найбільша частина втрат парку ЛБТ є наслідком використання малоефективних систем стабілізації озброєння. Тому забезпечення покращення експлуатаційних характеристик систем стабілізації озброєння є актуальним.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій, на які спирається автор.** Досягнення високої точності комплексів стабілізації (КС) стало можливим сьогодні завдяки досить високій якості сучасних елементів гіроскопічної техніки і значного розвитку теорії гіроскопічних пристроїв у працях найвизначніших вчених-математиків і механіків: А.Н. Крилова, Б.В. Булгакова, О.Ю. Ішлінського, Я.М. Ройтенберга, С.С. Рівкіна, В.А. Павлова, Е.Г. Попова, А.І. Лур'є, В.В. Солодовнікова та інших. Провідну роль мають і досягнення у галузі інерціальних систем навігації (ІНС) та чутливих елементів ІНС, висвітлених у наукових працях школи видатних вчених НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»: А.А. Одинцова, М.А. Павловського, О.В. Збруцького, Б.Б. Самотокаїна, В.В. Карачуна, Л.М. Рижкова та інших.

Питання метрології, корисні під час досліджень похибок чутливих елементів комплексів стабілізації, широко висвітлені у роботах В.П. Кваснікова, Л.В. Коломійця, О.М. Безвесільної, П.В. Новицького, Р.В. Бичківського та інших.

**Метою статті** є дослідження основних напрямів розвитку сучасної системи стабілізації озброєння.

**Викладення основного матеріалу.** Коливання корпусу ЛБТ мають випадковий характер і під час її руху ніколи не згасають. Амплітуди кутових коливань мають досить великі частоти, що призводить до значних переміщень прицільної марки відносно цілі й не дозволяє навіднику утримувати її навіть за допомогою найдосконаліших приводів наведення. Найбільше на точність стрільби впливають коливання ЛБТ у поздовжній площині, що змінюють кут піднесення гармати, і кутові коливання в горизонтальній площині, що змінюють кут горизонтального наведення (рис. 1, а, б). Поперечні кутові коливання (рис. 1, в), що спричиняють нахил гармати, менше впливають, але зростають зі збільшенням дальності стрільби. Ці чинники обумовлюють насамперед збільшення похибок наведення, які зростають під час стрільби на ходу в 10–30 разів порівняно зі стрільбою з місця.

Також розсіювання снарядів під час стрільби обумовлене таким явищем, як запізнювання пострілу, тобто часом від моменту закінчення наведення, коли навідник прийняв рішення про здійснення пострілу, до вильоту снаряда з каналу ствола. Час запізнювання пострілу становить близько 0,1–0,15 с. Озброєння не керується навідником і внаслідок коливання корпусу ЛБТ може змінити своє кутове положення на 3–5 т.ч. (тисячних часток). Звісно, за таких відхилень снаряд не влучає у ціль [2].

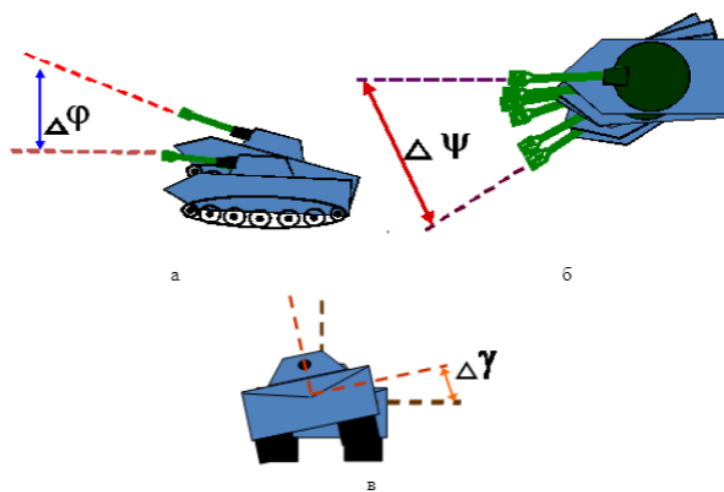


Рис. 1. Коливання корпусу ЛБТ: а –  $\Delta\varphi$  – поздовжні кутові коливання; б –  $\Delta\psi$  – горизонтальні кутові коливання; в –  $\Delta\gamma$  – поперечні кутові коливання [2]

Розсіювання снарядів зростає також і внаслідок зміни напрямку і величини вектора початкової швидкості снаряда, тобто снаряд завжди буде відхилятися у сторону руху гармати. У результаті дій різних факторів розсіювання снарядів під час стрільби на ходу зростає приблизно в 10–12 разів.

Точність стрільби на ходу знижується також і внаслідок безперервної зміни відстані до цілі. За умови швидкості руху від 20 до 25 км/год встановлена у прицілі дальність змінюється на одну поділку (100 м) за 15–20 с, що вимагає постійних поправок під час ведення стрільби [2].

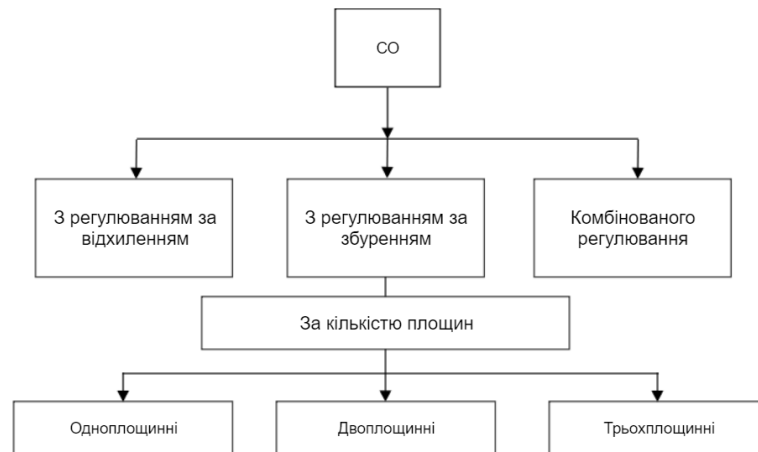
Коливання корпусу під час руху (пов'язані з рельєфом місцевості) суттєво погіршують також умови ведення стрільби. Ускладнюються умови спостереження з ЛБТ і виявлення цілей, а також робота навідника. Темп стрільби під час руху знижується приблизно вдвічі.

Влучність стрільби визначається точністю суміщення середньої точки попадання з наміченою точкою на цілі й величиною розсіювання. При цьому, чим ближче середня точка попадання до наміченої і чим менше розсіювання снарядів, тим точніша влучність. Стрільба вважається влучною, якщо середня точка влучання відхиляється від наміченої точки на цілі не більше ніж на половину тисячної дальності стрільби, що відповідає допустимим відхиленням середньої точки влучення від контрольної точки під час приведення зброї до бойової готовності, а розсіювання не перевищує деяких табличних норм. Тому для підвищення ефективності стрільби на ходу сучасні ЛБТ оснащуються спеціальними автоматичними пристроями – стабілізаторами озброєння (СО).

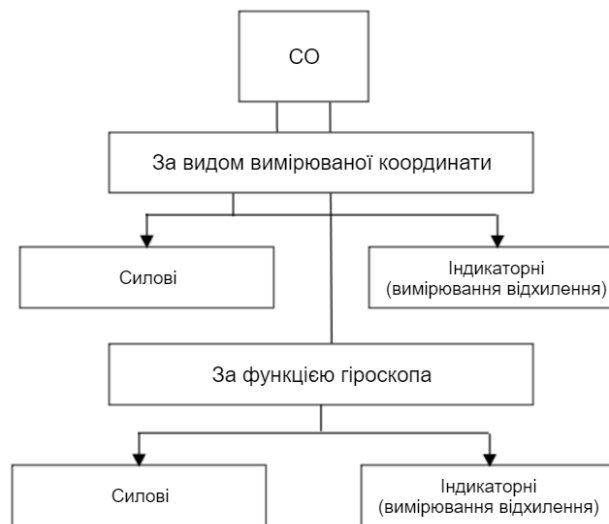
Стабілізатор озброєння є частиною системи управління вогнем (СУВ) ЛБТ і слугує для стабілізованого наведення основного озброєння. СО забезпечують підвищення влучності стрільби на ходу шляхом збереження заданого напрямку лінії пострілу і лінії прицілювання з досить високою точністю. Зберегти заданий напрямок вручну під час руху ЛБТ практично неможливо, тому стабілізатори озброєння являють собою автоматичні пристрої або системи автоматичного регулювання, що забезпечують виконання цього завдання без безпосередньої участі військовослужбовців [2–4].

Технічно стабілізатор являє собою набір датчиків і обчислювальний комплекс, з'єднаний з приводом гармати. На підставі показників датчиків визначаються параметри переміщення платформи і формуються керуючі команди приводу гармати, який компенсує відхилення [1–6].

Класифікацію стабілізаторів озброєння представлено на рисунку 2 [2]. За видом стабілізації вони поділяються на: стабілізатори лінії прицілювання та стабілізатори лінії пострілу.



*a*



*б*

*Рис. 2. Класифікація стабілізаторів озброєння ЛБТ: а – класифікація за принципом дії і кількістю площин; б – класифікація за видом вимірюваної координати і функції чутливого елемента (гіроскопа)*

У КС лінії пострілу стабілізують кут вертикального і горизонтального наведення гармати. Під час руху ЛБТ параметри кутових коливань гармати значно зменшуються, і її напрямок на ціль, з певною точністю, залишається незмінним. Завдяки цьому значно зменшується вплив на точність стрільби інших факторів, що підвищують розсіювання снарядів, а саме – запізнення пострілу і зміна вектора початкової швидкості снаряда.

У прицілах сучасних ЛБТ управління лінією прицілювання поєднується з лінією пострілу. Лінія прицілювання при цьому стабілізується або незалежно від гармати (за допомогою автономного стабілізатора лінії прицілювання), або разом з нею (за допомогою стабілізатора гармати). У першому випадку отримуємо так звану незалежну лінію прицілювання, у другому – залежну від гармати лінію прицілювання.

Стабілізація гармати у вертикальній площині забезпечується за допомогою стабілізатора гармати, а в горизонтальній площині – за допомогою стабілізатора башти. Є ще класифікація системи озброєння за видом гіроскопічної стабілізації (якщо чутливий елемент триступеневий або двоступеневий гіроскоп): силова та індикаторна. У силових стабілізаторах стабілізуючий момент, створений гіроскопом, достатній для безпосередньої стабілізації тільки лінії прицілювання гармати або башти, тому гіроскоп виконує і функцію силового приводу. В індикаторних стабілізаторах гіроскоп лише вимірює відхилення (є індикатором відхилення) і створює пропорційний електричний сигнал [1–2].

Стабілізатор озброєння складається з: приводу вертикального наведення (ВН); приводу горизонтального наведення (ГН); блока датчиків (БД); блока управління; комплексу монтажних частин (рис. 3) [2]. Подвійні стрілки на рисунку відображають механічні зв'язки, а одинарні – електричні.

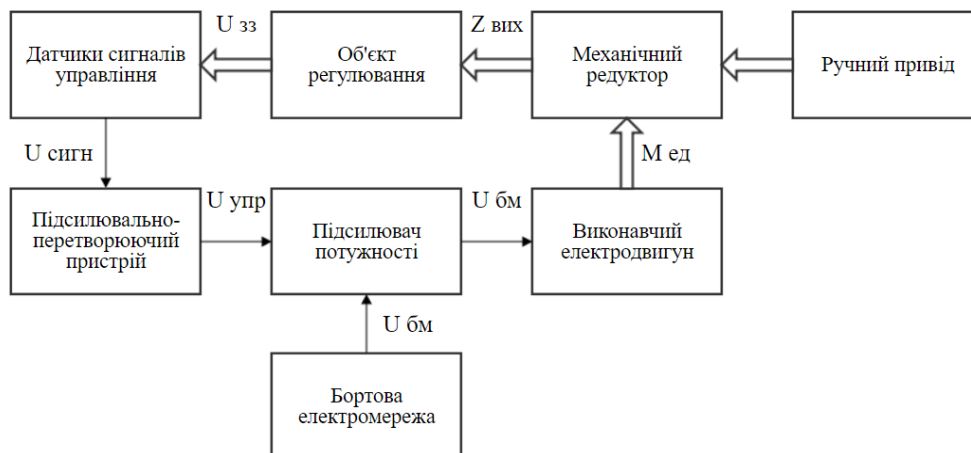


Рис. 3. Функціональна схема СО:  $U_{\text{сигн}}$  – напруга сигналів датчиків СО;  $U_{\text{уп}}$  – напруга сигналу управління СО;  $U_{\text{бм}}$  – напруга бортової мережі;  $M_{\text{ед}}$  – механічний момент ЕД;  $Z_{\text{вих}}$  – регульоване (вихідне) зусилля (частота обертання);  $U_{\text{зз}}$  – напруга сигналів зворотного зв'язку

Об'єкт регулювання являє собою робочий механізм, вихідна характеристика якого  $Z_{\text{вих}}$  цілеспрямовано регулюється. Об'єктом регулювання в конструкції СО є електродвигун. Регульованими характеристиками в СО можуть бути кутові переміщення або кутова швидкість. Зміна регульованої характеристики обумовлена природною властивістю об'єкта регулювання реагувати на вплив зовнішніх збурень (навантаження, швидкості обертання, напруги джерел живлення, температури навколишнього середовища тощо), які порушують заданий режим роботи.

Стабілізація озброєння забезпечується шляхом збереження заданого положення лінії пострілу у вертикальній площині (автоматичне переміщення вежі) і в горизонтальній площині (автоматичне переміщення гармати) за допомогою виконавчого приводу. За наявності стабілізатора кутова швидкість відхилення корпусу ЛБТ відносно заданого положення вимірюється спеціальним датчиком кутової швидкості. Вимірюване механічне відхилення змінюється за допомогою перетворювача – обертового трансформатора – в електричний сигнал, який потім посилюється, перетворюється (інтегрується, підсумовується з іншими сигналами) підсилювачем і подається на вхід виконавчого приводу стабілізатора. Відповідно до величини і знака сигналу неузгодженості виконавчий привід розвиває крутий момент, під дією якого виникає рух блока зброї відносно корпусу (вежі) в протилежному напрямку. Якщо швидкість відносного руху зрівняється зі швидкістю руху корпусу, то подальше збільшення відхилення припиниться.

Під час підходу корпусу до крайнього положення його швидкість зменшується і стає меншою за швидкість відносного руху блока зброї, розвинутої виконавчим приводом. Зброя починає переміщуватися назад до вихідного положення, і неузгодженість зменшується. Відповідно, зменшується і швидкість руху зброї до узгодженого положення. З початком руху корпусу в зворотному напрямку блок зброї відхиляється в іншу сторону. При цьому змінюється знак (фаза) сигналу, виробленого обертовим трансформатором датчика кутової швидкості, і знак розвинутого виконавчим приводом обертового моменту. Зброя починає рухатися відносно корпусу знову в протилежному напрямку, тому її відхилення відносно заданого положення і в цьому випадку буде значно менше за величину кута повороту корпусу.

Під час руху ЛБТ кутові швидкості повороту корпусу безперервно змінюються як за величиною, так і за знаком. Чим більша величина розвинутого виконавчим приводом обертового (стабілізуючого) моменту за відхилення гармати на одиницю кута, тим вища точність стабілізації.

**Аналіз існуючих бойових модулів та стабілізаторів озброєння українського виробництва.** Аналіз сучасного стану вітчизняної та зарубіжної ЛБТ показує, що багато країн має у своєму розпорядженні велику кількість бойових машин з озброєнням, яке не відповідає сучасним вимогам. Однак ці машини характеризуються досить надійною ходовою частиною, що не відпрацювала свого ресурсу (наприклад, БМП-1). Заміна всього парку бронемашин на нові сьогодні є неможливою навіть для самих економічно розвинених держав, тому найбільш прийнятним виходом є модернізація з використанням універсальних бойових модулів, нових стабілізаторів та їх чутливих елементів.

Українськими підприємствами розроблено велику кількість бойових модулів та стабілізаторів до них, які за основними показниками відповідають кращим світовим зразкам, а за багатьма характеристиками перевершують їх. Українська військова галузь має актуальну тенденцію до стрімкого розвитку. Сьогодні найвідомішими бойовими модулями українського виробництва є [3]:

– «Десна» – дистанційно керований бойовий модуль для катерів та ЛБТ. озброєння модуля може містити 30-мм гармату ЗТМ-1 або 2, 7, 30-мм автоматичний гранатомет АГ-17, 62-мм спарений кулемет КТ-7,62, протитанкове озброєння;

– «Інгул» – компактний модуль зі значною бойовою потужністю, адаптований для військової техніки типу: БРДМ-2М, БТР-80, БРДМ-2, БТР-70, БТР-7, а також військових катерів з малою водотоннажністю. озброєння: кулемет КТ-7,62, автоматична гармата ЗТМ-2;

– «Грім» – модуль із винесеним озброєнням, що підвищує рівень безпеки екіпажу та знижує рівень загазованості під час стрільби. Розроблений для встановлення на легкі бойові машини. Бойова міць представлена гарматою ЗТМ-2, кулеметом КТ-7,62, ракетним комплексом 9П135М, димовою завісою, прицільним комплексом ПНК-4С;

– «БАУ» – одномісний бойовий модуль із дистанційним керуванням, що встановлюється на легку бойову колісну та гусеничну техніку. Бойовий арсенал модуля може містити: 23-мм автоматичні гармати 2А7М зі швидкострільністю 850 пострілів за хвилину, кулемет КТ-7,62 (ПКТ);

– «Дуплет» – модуль, створений для техніки сімейства БМП-2. Як озброєння встановлено: дві 30-мм гармати ЗТМ-1, автоматичний гранатомет АГ-17, 4 пускових установки протитанкових керованих ракет, два спарені кулемети КТ-7,62;

– «Стилет» – універсальний бойовий модуль, що застосовується під час модернізації бронетранспортерів та БМП-1У. Зброя, що встановлюється на модуль: гармата ЗТМ-2, протитанкове кероване озброєння, кулемет КТ-7,62, гранатомет АГ-17;

– «Парус» – модуль із дистанційним управлінням. Гарантує високу безпеку екіпажу бойових машин за рахунок винесеного озброєння і боекомплекту. Зброя, якою комплектується модуль: гармата КБА-1, автоматичний гранатомет 30-мм, комплекс керованого озброєння «Бар'єр», кулемет КТ-7,62;

– «Штурм» – компактний, найпотужніший бойовий модуль свого класу, володіє стабілізацією озброєння у двох площинах. Бойове оснащення дозволяє вражати наземну техніку, живу силу та гелікоптери противника. Вогнева міць: гармата ЗТМ-1, кулемет КТ-7,62, гранатомет КБА-117, комплекс «Бар'єр» з бронебійними ракетами та інше.

**Основні напрями розвитку сучасних стабілізаторів озброєння.** Система стабілізації забезпечує сталість кутів між осями нерухомої системи координат і осями, жорстко пов'язаними з об'єктом стабілізації, який в подальшому буде називатися стабілізуючою платформою.

До середини 90-х рр. наведення в горизонтальній площині більшості ЛБТ та важкої техніки здійснювалося за допомогою гідроприводу, що було обумовлено, зокрема, здатністю останнього утримувати великі незбалансовані навантаження і працювати як гальма, на відміну від електроприводів. Гідроприводи із золотниковими розподільниками з гідроаккумулятором як джерелом постійного тиску застосовані на танках М1, М1А1, М1А2 Abrams; Mercava Mk1, Mk2.

На танку М1 Abrams використана система нагнітання тиску за допомогою основного двигуна, яка легша і більш економічна, ніж електрогідролічна, але вимагає «гідролічного ВКУ» для зв'язку гідросистем корпусу та башти.

На танку Leopard 2 застосовано електрогідролічний стабілізатор озброєння WNA-H22, виконавчим двигуном приводу вежі якого є гідромотор [3, 6]. У приводі горизонтального наведення вітчизняних стабілізаторів типу 2E28, 2E26 також застосовано гідромотор великого моменту [1–3]. Вежі танків мають значний момент невірноваженості, що ускладнює задачу стабілізації.

Сьогодні високі вимоги до вогневої потужності й захищеності ЛБТ зумовили збільшення мас гармат та вежі і, як наслідок, збільшення потужності силових приводів. Це змусило розробників під час модернізації відмовитися від електрогідролічних приводів на користь електромеханічних з напівпровідниковими підсилювачами або встановлювати допоміжні силові установки.

Серйозним недоліком гідроприводів є можливість загоряння масла в результаті пошкодження гідросистеми. Масло з високою температурою і під високим тиском становить загрозу для екіпажу. Додатковою причиною відмови від гідролічного і електромашинного типів приводів стали труднощі в реалізації режиму тихого спостереження (мовчання) внаслідок низького ККД (40–65 % для гідроприводу і 30–55 % для електромашинного приводу). У той же час електричний привід забезпечує роботу значно довше гідролічного, що пояснюється високим ККД приводу – більше 80 % [3].

Програма модернізації Leopard 2 передбачала посилення броні на танку, що призвело до збільшення маси танка Leopard 2А5 до 62 т, причому більша частина додаткової маси припадає на башту. Потужності електрогідролічних приводів не вистачало, їх замінили повністю електричними. Двопозиційний стабілізатор GTdrive танка Leopard 2 фірми «ESW» модифікації 92 BL містить

напівпровідникові підсилювачі потужності, встановлені під час модернізації на місці бака з робочою рідиною і гідроаккумулятора, і безщиткові електродвигуни з постійними магнітами [6].

Фірмою «Elbit» (Ізраїль) розроблено модульну систему наведення і стабілізації гармати й башти (Electric Gun and Turret Drive Stabilisation System), що містить електричні двигуни і підсилювачі потужності [3]. У танку Merkava Mk-4 також використовується електрична система стабілізації гармати EGTDSS, привід ГН якої має два безколекторних двигуни. У приводі з двома двигунами збільшується швидкодія за рахунок зменшення моменту інерції; вибирається зазор в механічній передачі; легше здійснювати компонування. Разом з тим, у такому приводі існує можливість розвитку протифазних недемпфуючих електроприводом коливань, що порушує рівномірність розподілу навантаження як в перехідних, так і в сталих режимах, й тим самим у багатьох випадках позбавляє послідовне з'єднання двигунів його головної переваги. Найбільш сприятливими динамічними якостями володіє електропривід з живленням кожного двигуна від індивідуального керованого перетворювача, що і реалізовано в системі EGTDSS.

Підприємства фірми «Textron» (США) до 2001 р. розроблені й успішно випробувані дослідні зразки електромеханічних приводів для танка M1A1. Розроблена для озброєння калібром 20–155 мм електромеханічна система стабілізації і наведення (Electromechanical weapon turret drive and stabilization system) містить конвертор напруги бортмережі 28 В для електродвигунів з робочою напругою 270 В і діапазоном потужності 1,25–10 кВт; електропривід з обраним люфтом на базі безколекторного двигуна, здатного забезпечувати швидкість наводки до  $20^\circ/\text{с}$ , прискоренням до  $21^\circ/\text{с}^2$ , точністю стабілізації у горизонтальній площині 0,75 мрад [1, 3]. Таким чином, у сучасних електричних приводах систем стабілізації озброєння використовуються як колекторні, так і безколекторні двигуни. Простежується тенденція використання ланки підвищеної напруги, в окремих випадках з додатковою батареєю.

У стабілізаторі EPS-72 застосовано додатковий акумулятор підвищеної напруги (270 В), який накопичує рекуперативну енергію приводу і витрачає її у момент пікових навантажень. За оцінками розробників, до 60 % енергії акумулятор отримує у вигляді поверненої кінетичної енергії вежі з гарматою. Таким чином, пікова короткочасна потужність перетворювача підвищення може бути значно знижена порівняно зі споживаною без акумуляторів. Разом з тим, для отримання заявленої точності стабілізації EPS-72 необхідна заміна редуктора приводу на більш точний і жорсткий.

ВАТ «ВНДІ «Сигнал» вирішено завдання впровадження у площині горизонтального наведення швидкодіючого електромеханічного приводу з напівпровідниковим підсилювачем потужності (статичним перетворювачем) замість застарілих електромашинних і електрогідрравлічних приводів стабілізаторів типу 2E42, 2E26, 2E28. У даний час ВАТ «ВНДІ «Сигнал» розробляє двопозиційний електричний стабілізатор на базі вентильного приводу [2–7].

Іншим напрямом підвищення точності систем стабілізації озброєння є розробка нових чутливих елементів КС ЛБТ. Сьогодні розробками такого роду займається ПАТ «НВО «Київський завод автоматики», який залучає до роботи провідних вчених України у галузі приладобудування та метрології [6–8]. Серед останніх типів чутливих елементів є п'єзоелектричні, ємнісні, тензометричні, трансформаторні, двогіроскопні та інші [9–14].

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Розглянуто будову та принцип роботи системи стабілізації озброєння. Встановлено, що коливання корпусу ЛБТ мають випадковий характер і під час її руху ніколи не згасають. Найбільше на точність стрільби впливають коливання ЛБТ у поздовжній площині, що змінюють кут піднесення гармати, і кутові коливання в горизонтальній площині, що змінюють кут горизонтального наведення гармати. Також встановлено, що поперечні кутові коливання, що спричиняють нахил гармати, менше впливають, але зростають зі збільшенням дальності стрільби. Розсіювання снарядів зростає також і внаслідок зміни напрямку і величини вектора початкової швидкості снаряда, тобто снаряд завжди буде відхилитися в сторону руху гармати.

Проведено аналіз існуючої класифікації стабілізаторів озброєння ЛБТ. Досліджено існуючі бойові модулі та стабілізатори озброєння українського виробництва й встановлено, що українська військова галузь має актуальну тенденцію до стрімкого розвитку. Виокремлено основні напрями розвитку сучасних стабілізаторів озброєння, найперспективнішим з яких є розробка нових та підвищення точності існуючих чутливих елементів.

#### Список використаної літератури:

1. *Безвесільна О.М.* Система захисту приладового комплексу від ударних та вібраційних впливів : монографія з грифом НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» / *О.М. Безвесільна, А.Г. Ткачук.* – Київ : НПО «Пріоритети», 2018. – 170 с.
2. *Электрооборудование бронетанковой техники. Электрооборудование боевых машин. Стабилизаторы вооружения 2Э36: устройство и обслуживание :* учеб. пособие / *А.М. Кудрявцев, О.Е. Уласевич, В.Н. Жеглов, В.Ю. Гумелёв.* – Рязань : РВВДКУ(ВИ), 2013. – 144 с.

3. *Тарасенко А.* Бронетанковая техника Украины: итоги, потенциал, перспективы / *А.Тарасенко* // Бронетанковая техника Украины. – 2008. – № 4. – С. 29–35 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://militaryarticle.ru/tekhnika-i-vooruzhenie/2008/11678-bronetankovaja-tehnika-ukrainy-2>.
4. *Елисеев А.Д.* Основные направления развития современных стабилизаторов танкового вооружения / *А.Д. Елисеев* // Известия ТулГУ. Серия : Технические науки. – 2012. – № 11, Ч. 2. – С. 3–9.
5. *Кузнецов Б.И.* Система наведения і стабілізації озброєння легкоброньованих машин з нейромережевим регулятором / *Б.И. Кузнецов, Т.Ю. Василець, О.О. Варфоломійєв* // Системи озброєння і військова техніка. – 2010. – № 1 (13). – С. 112–116.
6. Державне підприємство «Житомирський бронетанковий завод» : офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://zhbtz.com/produkc-ja-ta-poslugi/produkc-ja-v-iskovogo-priznachennja/boiov-modul-ta-str-lecke-ozbro-nnja/boiov-modul.html>.
7. ПАТ «НВО «Київський завод автоматики» : офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.kza.com.ua/>.
8. *Ткачук А.Г.* Дослідження поведінки динамічно-настроюваного чутливого елемента / *А.Г. Ткачук, О.М. Безвесільна* // Вісник ЖДТУ. Серія : Технічні науки. – 2018. – № 2 (82). – С. 185–188.
9. *Remillieux G.* Sagem Coriolis Vibrating Gyros: A vision realized / *G.Remillieux, F.Delhayе* // Inertial Sensors and Systems Symposium (ISS). – 2014. – P. 1–13.
10. Integration of a Strapdown Gravimeter System in AN Autonomous Underwater Vehicle / *C.Roussel, J.Verdun, J.Cali, M.Maia* // ISPRS – International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – 2015. – Vol. XL-5/W5. – P. 199–206.
11. Piezoelectric Gravimeter of the Aviation Gravimetric System / *O.Bezvesilna, I.Korobiichuk, A.Tkachuk and other* // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2016. – № 440. – P. 753–761.
12. Design of piezoelectric gravimeter for automated aviation gravimetric system / *O.Bezvesilna, I.Korobiichuk, A.Tkachuk and other* // Journal of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems. – 2016. – Vol. 10, Issue 1. – P. 43–47.
13. Патент України на винахід № 113033. Трикоординатний п'єзоелектричний гравіметр авіаційної гравіметричної системи / *О.М. Безвесільна, А.Г. Ткачук, Т.В. Хильченко, Р.В. Бичук*. – № а2015 09858 ; заявл. 12.10.2015 ; опубл. 25.11.2016, Бюл. № 22.
14. Патент України на корисну модель № 132179. Тензометричний гравіметр / *О.М. Безвесільна, А.Г. Ткачук, Л.О. Чепюк*. – № u201809741 ; заявл. 01.10.2018 ; опубл. 11.02.2019, Бюл. № 3.

#### References:

1. Bezvesil'na, O.M. and Tkachuk, A.G. (2018), *Systema zahystu prykladovogo kompleksu vid udarnyh ta vibracijnyh vplyviv*, monografija z gryfom NTUU «KPI im. Igorja Sikors'kogo», NPO «Priorityty», Kyi'v, 170 p.
2. Kudryavtsev, A.M., Ulasevich, O.E., Zheglov, V.N. and Gumelev, V.Yu. (2013), *Elektrooborudovanie bronetankovoi tekhniki. Elektrooborudovanie boevykh mashin. Stabilizatory vooruzheniya 2E36: ustroistvo i obsluzhivanie*, ucheb. posobie, RVVDKU(VI), Ryazan', 144 p.
3. Tarasenko, A. (2008), «Bronetankovaya tekhnika Ukrainy: itogi, potentsial, perspektivy», *Bronetankovaya tekhnika Ukrainy*, No. 4, pp. 29–35, [Online], available at: <http://militaryarticle.ru/tekhnika-i-vooruzhenie/2008/11678-bronetankovaja-tehnika-ukrainy-2>
4. Eliseev, A.D. (2012), «Osnovnye napravleniya razvitiya sovremennykh stabilizatorov tankovogo vooruzheniya», *Izvestiya TulGU, Seriya Tekhnicheskie nauki*, No. 11, Part 2, pp. 3–9.
5. Kuznjecov, B.I., Vasylec', T.Ju. and Varfolomijev, O.O. (2010), «Systema navedennja i stabilizacii' ozbrojennja legkobron'ovanyh mashyn z nejromerezhevym reguljatorom», *Systemy ozbrojennja i vijs'kova tekhnika*, No. 1 (13), pp. 112–116.
6. Derzhavne pidpryjemstvo «Zhytomyr's'kyj bronetankovyj zavod», oficijnyj sajт, [Online], available at: <https://zhbtz.com/produkc-ja-ta-poslugi/produkc-ja-v-iskovogo-priznachennja/boiov-modul-ta-str-lecke-ozbro-nnja/boiov-modul.html>
7. ПАТ «NVO «Kyiv's'kyj zavod avtomatyky», oficijnyj sajт, [Online], available at: <http://www.kza.com.ua/>
8. Tkachuk, A.G. and Bezvesil'na, O.M. (2018), «Doslidzhennja povedinky dynamichno-nastroyvanogo chutlyvogo elementa», *Visnyk ZhDTU, Serija Tehnichni nauky*, No. 2 (82), pp. 185–188.
9. Remillieux, G. and Delhayе, F. (2014), «Sagem Coriolis Vibrating Gyros: A vision realized», *Inertial Sensors and Systems Symposium (ISS)*, pp. 1–13.
10. Roussel, C., Verdun, J., Cali, J. and Maia, M. (2015), «Integration of a Strapdown Gravimeter System in AN Autonomous Underwater Vehicle», *ISPRS – International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XL-5/W5, pp. 199–206.
11. Bezvesilna, O., Korobiichuk, I., Tkachuk, A. and other (2016), «Piezoelectric Gravimeter of the Aviation Gravimetric System», *Advances in Intelligent Systems and Computing*, No. 440, pp. 753–761.
12. Bezvesilna, O., Korobiichuk, I., Tkachuk, A. and other (2016), «Design of piezoelectric gravimeter for automated aviation gravimetric», *Journal of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems*, Vol. 10, Issue 1, pp. 43–47.
13. Bezvesil'na, O.M., Tkachuk, A.G., Hyl'chenko, T.V. and Bychuk, R.V. (2016), *Trykoordynatnyj p'jezoelektrychnyj gravimetr aviacijnoi' gravimetrychnoi' systemy*, Patent Ukrainy na vynahid No. 113033, No. a2015 09858, zajavl. 12.10.2015, opubl. 25.11.2016, Bjul. No 22.
14. Bezvesil'na, O.M., Tkachuk, A.G. and Chepjuk, L.O. (2019), *Tenzometrychnyj gravimetr*, Patent Ukrainy na korysnu model' No. 132179, No. u201809741, zajavl. 01.10.2018, opubl. 11.02.2019, Bjul. No 3.

**Ткачук** Андрій Геннадійович – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ім. проф. Б.Б. Самотокіна Державного університету «Житомирська політехніка».

Наукові інтереси:

- автоматизовані авіаційні гравіметричні системи;
- п'єзоелектричні чутливі елементи;
- сучасні інформаційно-вимірювальні системи;
- стабілізатори озброєння легкої броньованої техніки.

<https://orcid.org/0000-0003-2466-6299>.

**Безвесільна** Олена Миколаївна – доктор технічних наук, професор, професор кафедри приладобудування Національного технічного університету «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Наукові інтереси:

- фундаментальні і прикладні питання механіки гіроскопічних та навігаційних приладів рухомих об'єктів;
- розробка методів і комп'ютерних технологій обробки вимірювальної інформації навігаційного комплексу;
- створення нового автоматизованого прецизійного кутомірного засобу для попередньої виставки навігаційних елементів;
- стабілізатори озброєння легкої броньованої техніки.

<https://orcid.org/0000-0002-6951-1242>.

**Гуменюк** Анна Анатоліївна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ім. проф. Б.Б. Самотокіна Державного університету «Житомирська політехніка».

Наукові інтереси:

- автоматизовані вимірювальні системи;
- гравіметрія;
- автоматизація проектування гнучких виробничих систем.

<http://orcid.org/0000-0002-5744-4599>.

**Янчук** Валентин Миколайович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ім. проф. Б.Б. Самотокіна Державного університету «Житомирська політехніка».

Наукові інтереси:

- математичне моделювання технологічних процесів;
- розробка програмного забезпечення;
- підтримка систем електронної комерції.

<https://orcid.org/0000-0002-6715-4667>.

**Крижанівська** Ілона Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ім. проф. Б.Б. Самотокіна Державного університету «Житомирська політехніка».

Наукові інтереси:

- сучасні інформаційно-вимірювальні системи;
- автоматизовані вимірювальні системи.

Стаття надійшла до редакції 26.08.2020.