

УДК 378.147.091.33-027.22:53]:623.094:004.896

Вивчення військових технологій як засобів популяризації фізики: від гіроскопа в робототехніці до систем стабілізації танкових гармат та безпілотних літальних апаратів

Сергій Киричик¹, Олександр Мартинюк²

¹Військовий інститут танкових військ Національного технічного університету «Харківський
політехнічний інститут», кафедра автоматизації технологічних процесів та електрообладнання,

м. Харків, Україна

kyrychyks@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-8717-1393>

²Волинський національний університет імені Лесі Українки,
кафедра експериментальної фізики, інформаційних та освітніх технологій,

м. Луцьк, Україна

martynyuk.oleksandr@vnu.edu.ua

<https://orcid.org/0000-0003-4473-7883>

Анотація. У сучасному світі де технології швидко змінюють принципи розвитку економіки, виробництва та оборони, наука фізика стає фундаментом для створення передових рішень у робототехніці, безпілотних системах та високоточній зброї. Це особливо важливо для оборонної промисловості, де наука дозволяє не лише ефективно захищатися, а й отримувати стратегічні переваги. Війна в Україні яскраво продемонструвала актуальність таких знань. Саме тому якісна підготовка молоді у галузі фізики дозволяє не лише зміцнити національну безпеку, а й задавати тенденції технологічного прогресу на світовій арені.

У статті наведено приклад вивчення принципу функціонування гіроскопа й окремих аспектів його використання в освітній робототехніці та безпілотних літальних апаратах (БПЛА). Проаналізовано теоретичні основи роботи автоматизованої системи управління озброєнням танків, зокрема стабілізатора танкової гармати на прикладі вітчизняної машини Т-64. В основі їх функціонування використано закони фізики – від принципів інерції та моменту сили до управління коливальними системами. Вивчення принципів роботи танкового стабілізатора, автоматизованого управління його озброєнням, а також систем керування БПЛА підвищать науковий рівень майбутніх інженерів та педагогів. Такі знання можуть бути ефективно інтегровані у вивчення фізики, радіотехніки, робототехніки, в гуртковій на науково-дослідницькій роботі що спонукатиме здобувачів освіти до навчання та створення власних автоматизованих проєктів.

У межах дослідження були розроблені та апробовані лабораторні роботи з робототехніки здобувачами освіти фізичних спеціальностей та курсантами танкового інституту. Описано методику проведення розроблених лабораторних робіт, та здійснено аналіз їхньої ефективності. Запропоновано методичні рекомендації щодо модифікації лабораторних робіт з урахуванням рівня підготовки здобувачів освіти та наявного обладнання. Це не лише приклад можливостей інтеграції оборонних технологій у освітнє середовище, але і практичні рекомендації для викладачів, які бажають зробити свої заняття цікавішими та ефективнішими.

Ключові слова: автоматизовані системи управління озброєнням, робототехніка, танкова гармата, безпілотний літальний апарат (БПЛА), фізика, гіроскоп, датчик кута.

1. Вступ

Фізика є фундаментальною наукою, що лежить в основі розвитку сучасного суспільства. Її застосування простягається від найпростіших явищ природи до складних технологій, які формують наш світ. Важливість фізики стає особливо помітною в контексті оборонних технологій, де знання цієї науки дозволяє розробляти системи, що забезпечують національну безпеку та збереження життя мільйонів людей. Саме тому популяризація фізики серед молоді набуває **стратегічного значення**, особливо в умовах сучасних викликів, які стоять перед Україною.

Популяризація фізики як науки має кілька важливих аспектів.

- По-перше, це розвиток критичного мислення та інженерного підходу до вирішення складних завдань;

- по-друге, знання фізичних принципів формує основу для розуміння сучасних технологій, зокрема тих, які використовуються в оборонній сфері.

- по-третє, залучення молоді до вивчення фізики сприяє формуванню висококваліфікованих кадрів, здатних розробляти передові технології, що забезпечують конкурентоспроможність держави на світовій арені.

В умовах війни, яку зараз переживає Україна, оборонні технології стали одним із ключових факторів обороноздатності та збереження державності. Розвиток цих технологій неможливий без глибокого розуміння фізичних явищ. Водночас навчання молоді фізики через призму оборонних технологій не лише підвищує інтерес до цієї науки, але й виховує патріотизм, гордість за досягнення своєї країни та прагнення зробити її сильнішою. Формування у школярів та студентів розуміння значущості військових технологій є важливим елементом підготовки нового покоління, яке буде здатне запобігти повторенню подібних воєнних конфліктів у майбутньому.

Особливу увагу слід приділити безпілотним літальним апаратам (БПЛА) та танковій галузі як найбільш технологічно насичених сферам оборони. Танки відіграють важливу роль у забезпеченні переваги на полі бою, а їх ефективність значною мірою залежить від роботи автоматизованих систем управління озброєнням. БПЛА кардинально змінили зміст ведення військових операцій. Запропоновано тактичні переваги та підвищено оперативну ефективність. Безпілотні апарати використовуються для спостереження, розвідки та ведення цілеспрямованих ударів. Загалом безпілотні системи є прогресивними у військових технологіях, що відображає значні світові інвестиції у їх розвиток [4; 5].

Саме ці аспекти і визначають **актуальність** вивчення фізичних принципів роботи стабілізаторів танкових гармат та безпілотних літальних апаратів. У контексті освіти це обумовлено як сучасними викликами, так і перспективами розвитку оборонної галузі України, адже військові технології не лише визначають результативність бойових дій, а й стають символом технологічного прогресу держави.

2. Постановка проблеми

Одним із ключових завдань освіти є формування у молоді розуміння значення фізики як основи для створення інноваційних технологій. Знання фізичних явищ, таких як гіроскопічний ефект чи електромеханічна стабілізація, дозволяють не лише пояснити принципи їх роботи, а й зацікавити здобувачів освіти результатами практичного застосування науки у реальних умовах. У цьому контексті теоретичні та практичні спекти вивчення стабілізаторів є унікальним інструментом для інтеграції міждисциплінарного підходу, що охоплює фізику, інженерію, робототехніку та програмування.

Метою статті є формування мотиваційних матеріалів для вивчення фізики та робототехніки на основі ознайомлення із принципами роботи стабілізаторів танкового озброєння та БПЛА, що допоможе глибше осягнути сутність таких понять, як гіростабілізатор, електромеханічна стабілізація та функціонування замкнених систем керування вогнем. Це дозволить інтегрувати знання у методику навчання, збагачуючи освітній процес прикладами використання наукових принципів у автоматизованих системах управління технікою. Використання прикладів роботи датчиків, пристроїв

обробки інформації та виконавчих елементів систем автоматики досліджуючи їхні принципи на лабораторних заняттях дасть розуміння в тому, як фундаментальні фізичні явища стають основою для розробки інноваційних технологій.

3. Основні результати

Стабілізатори танкових гармат є одними з найважливіших елементів сучасної бронетехніки, які забезпечують точність стрільби навіть під час руху. Їхня робота базується на поєднанні механічних, гідравлічних, електричних та оптичних принципах. Нижче розглянуто ключові фізичні явища, що лежать в основі функціонування стабілізаторів, а також принципи їх інтеграції в конструкцію танкових систем [6].

Гіроскопічний ефект. Принцип дії гіроскопа полягає в тому, що під час обертання його ротор створює момент інерції, який протидіє зміні його орієнтації у просторі. У танкових стабілізаторах цей ефект використовується для визначення та компенсації змін кута нахилу гармати у вертикальній площині та повороту башти у горизонтальній площині.

Гіроскоп, будучи важливим компонентом стабілізатора, здатний зберігати орієнтацію осі обертання, незважаючи на зовнішні не значні збурення (безпосередня стабілізація перископічної системи дзеркал прицілу). При значних збуреннях, що викликає помітну прецесію, яка фіксується спеціальним датчиком (обертовим трансформатором), відбувається корекція положення танкового озброєння через електричні або електрогідравлічні виконавчі елементи. Це дозволяє підтримувати стабільність гармати танка в полі зору прицілу, навіть якщо сама машина рухається по нерівній місцевості або маневрує.

Електромеханічна стабілізація. Для компенсації збурень, викликаних рухом танка, у стабілізаторах використовуються електромеханічні системи. Вони складаються із датчиків, які фіксують зміну положення гармати, і виконавчих механізмів, які коригують її позицію. До таких механізмів належать електродвигуни, що працюють у парі з редукторами та гідравлічними приводами. Така система стабілізації працює у реальному часі, постійно аналізуючи дані від датчиків та вносячи корективи у положення гармати. Це забезпечує високу точність стрільби, навіть якщо танк рухається з великою швидкістю чи веде вогонь на пересіченій місцевості, в тому числі по рухомій цілі.

Робота замкнених систем керування. Замкнена система керування є невід'ємною частиною стабілізатора. Вона забезпечує постійний зворотний зв'язок між датчиками та виконавчими механізмами. Така система працює за принципом мінімізації помилки: датчики вимірюють поточний стан системи, порівнюють його із заданими параметрами, а потім передають сигнал на корекцію положення гармати. Завдяки швидкодії та точності замкнених систем керування стабілізатори можуть ефективно реагувати на будь-які зовнішні впливи, зберігаючи стабільність гармати.

Інтеграція законів фізики в інженерні системи. Стабілізатори танкових гармат демонструють, як фізичні закони можуть бути інтегровані у складні інженерні системи. Використання принципів механіки, таких як моменти інерції, сили тертя та гідравлічний тиск, дозволяє створювати надійні та ефективні стабілізатори. Наприклад, гідравлічні приводи забезпечують необхідну силу для утримання гармати у стабільному положенні, а електричні датчики допомагають зчитувати навіть найменші зміни у положенні гармати.

Використання сучасних матеріалів. Для створення стабілізаторів використовуються передові матеріали, які забезпечують їхню довговічність і надійність. Зокрема, корпуси стабілізаторів виготовляють із легких, але міцних сплавів, які витримують значні механічні навантаження. Крім того, електричні компоненти створюються з матеріалів, стійких до температурних перепадів і вібрацій.

Значення стабілізаторів у бойових умовах. Ефективність стабілізаторів гармат безпосередньо впливає на результативність бойових дій. Завдяки їм танки можуть вести точний вогонь навіть під час руху, що забезпечує перевагу на полі бою. У сучасних умовах, коли війна вимагає швидкої адаптації до змін, стабілізатори стають критично важливим елементом бронетехніки.

Гіроскопічні системи стабілізації у системах безпілотних літальних апаратів. Гіроскопічні системи стабілізації (ГСС) широко застосовують у різних системах летальних апаратів (ЛА), і зокрема – у системах безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Технології БПЛА в останні роки стрімко розвивалися, і тепер вони набули повсюдного поширення як серед любителів, так і у професійній, особливо, військовій сфері. Дуже поширені невеликі БПЛА – дрони. Вони використовуються, наприклад, для фото- та відеофільмування з висоти. У різних галузях промисловості набули поширення як невеликі дрони, так і безпілотні повітряні судна, що використовуються, зокрема, для перевезення вантажів, моніторингу місцевості та гасіння пожеж. Але і в тому, і в іншому випадку до системи стабілізації та навігації БПЛА входять гіроскопи або гіроскопічні модулі. Гіроскопи визначають зміни кутів тангажу, крену та курсу, після чого ця інформація подається на контролер, що дозволяє стабілізувати БПЛА. Причому, крім трьохосових систем іноді застосовуються також шестиосові системи гіроскопічної стабілізації, що дозволяє БПЛА нерухомо зависати в повітрі або плавно спускатися вниз. Інерційна навігаційна система (ІНС), що включає гіроскопи, дозволяє визначати координати і положення БПЛА в просторі навіть у разі відсутності супутникового сигналу. Окремим випадком гіроскопічного пристрою є гіровертикаль – пристрій, що дозволяє визначати справжню вертикаль або площину горизонту для об'єктів, що рухаються. Найпростішою гіровертикаллю може вважатися триосовий гіроскоп. Але без коригувальних пристроїв його головна вісь поступово змінюватиме свій напрямок через обертання Землі. Тому гіровертикаль в основному застосовують з маятниковою або індикаторною системою корекції.

В авіації гірокомпаси, по суті, є роторними гіроскопами і використовуються для визначення координат літака в просторі за відсутності орієнтирів (наприклад, в умовах високої хмарності). Без гірокомпасів неможлива робота систем автоматичного пілотування. Окремо встановлені гіроскопи застосовують для визначення відхилень курсу, крену та тангажу. Якщо повітряне судно почне відхилятися від курсу, а також кренитися в поздовжній або поперечній площині, датчик це зафіксує. Також використовується електронний гіроскоп з контролером, який дозволяє задати допустиме відхилення від курсу. Якщо повітряне судно відхилиться від курсу на недопустиме значення, система подасть відповідний сигнал на центральний комп'ютер.

Гіроскопічний датчик набору Lego Mindstorms EV3 та його використання в робототехнічних проєктах. Гіроскопічний датчик набору Lego Mindstorms EV3 (Рис. 1) [3] призначений для вимірювання кута обертання робота або швидкості обертання. На корпусі датчика нанесено дві стрілки, які визначають площину, в якій має працювати датчик. Тому важливо правильно встановити датчик на роботизовану платформу. Кут і швидкість може бути позитивними чи негативними. Обертання за годинникову стрілкою є позитивним, а обертання проти годинникової стрілки – негативним. При підключенні гіроскопічного датчика до модуля EV3, необхідно забезпечити його нерухомість. Для найкращих результатів, треба використовувати режим «Скидання» перед кожним рухом.



Рис. 1. Гіроскопічний датчик набору Lego Mindstorms EV3

У таблиці 1 показано програмні блоки та режими, які можна використовувати з гіроскопічним датчиком.

Таблиця 1

Програмні блоки та режими гіроскопічного датчика

Блок	Режим	Використання
Очікування	Порівняння	Зачекати, доки кут або швидкість обертання не досягне певного значення.
	Зміна	Зачекати, доки кут чи швидкість обертання не зміниться на певне значення.
Цикл	Гіроскопічний датчик	Повторити послідовність блоків, доки кут або швидкість обертання не досягне певного значення.
Якщо...то	Гіроскопічний датчик – Порівняння	Вибрати між двома послідовностями блоків на основі кута або швидкості обертання.
Гіроскопічний датчик	Вимірювання	Виміряти кут та/або швидкість обертання та отримати результат.
	Порівняння	Порівняти кут або швидкість обертання з граничним значенням і отримати.
	Скидання	Скинути кут обертання на нуль.
Реєстрація даних	Кут. Швидкість.	«Реєстрація даних».

Найперше, сформуємо базову модель робота та обладнаємо її гіроскопічним датчиком. Запропонуємо виконати таке завдання: написати програму руху робота по квадрату з довжиною сторони квадрата, що дорівнює довжині кола, тобто довжині колеса робота. Для програмування використаємо програмне середовище «LEGO Mindstorms EV3 Education Software». Перед початком руху скинемо датчик в 0, використавши блок «Гіроскопічний датчик» (Рис.2 (блок 1), включимо обидва мотори на 1 оберт (блок 2). Для повороту робота на 90 градусів скористаємося гіроскопічним датчиком: використовуючи програмний блок 3 «Незалежне керування моторами», змусимо робота обертатися вправо навколо своєї осі. Використовуючи програмний блок «Очікування» в режимі «Гіроскопічний датчик», будемо чекати, поки значення кута повороту не досягне 90 градусів (блок 4), а тоді вимкнемо мотори (блок 5). Використовуючи програмний блок «Цикл» в режимі «Підрахунок», повторимо кроки, наприклад, два рази.

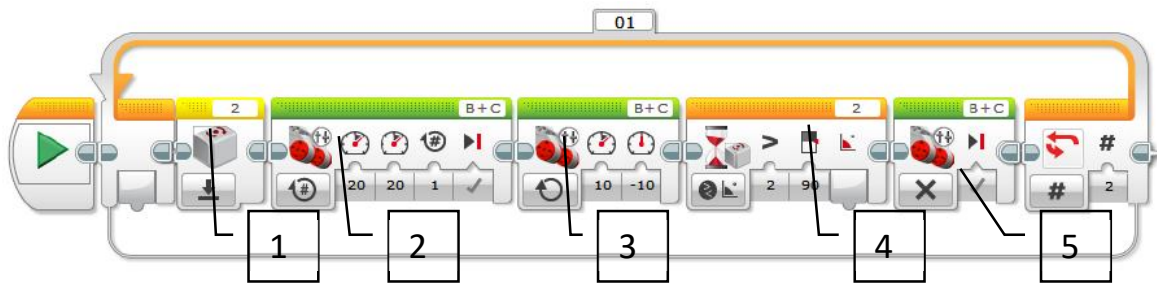


Рис. 2. Програма руху робота по квадрату

Аналогічно, таку ж програму рекомендуємо сформувати в середовищі EV3 Classroom. Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс на основі популярної мови програмування Scratch забезпечує можливість здобувачам освіти швидко навчитися формувати складні програми.

Розглянемо приклад інструктивних матеріалів для виконання **лабораторного дослідження властивостей гіроскопа**. Метою лабораторної роботи є поглиблення і закріплення теоретичних знань по фізичній суті процесів, що відбуваються у триступеновому гіроскопі, а саме: 1) дослідити явище прецесії та визначити вплив зовнішнього моменту на її швидкість; 2) переконатися у тому, що триступеневий гіроскоп є найпростішим стабілізатором [1; 2].

У процесі виконання роботи мета досягається шляхом відпрацювання теоретичних відомостей та практичного завдання. Звіт виконаної роботи оформляється у вигляді заповнення таблиці, побудові графіків залежності, написанні висновку та відповідей на контрольні запитання. Загальні теоретичні відомості містять інформацію про гіроскопічний ефект, будову триступенового гіроскопа, кінематичні схеми гіроскопів у карданових підвісах та властивості: стійкість і прецесію.

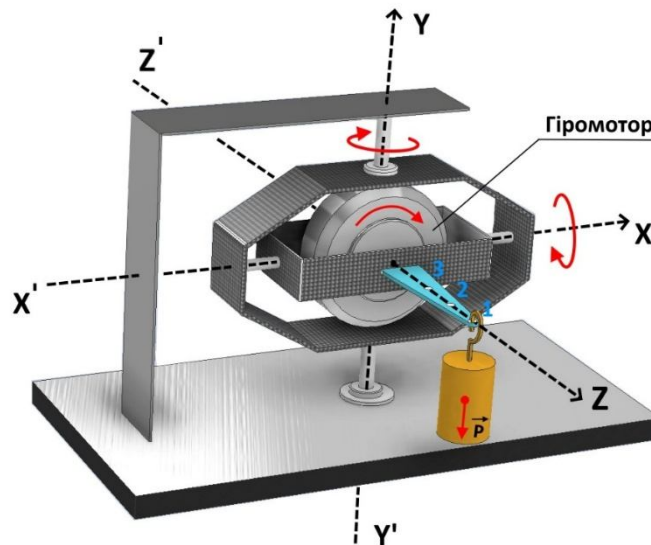


Рис. 3. Експериментальна установка для дослідження триступенового гіроскопа

Експериментальна установка (рис. 3) складається із швидкообертового гіромотора, який змонтовано так, що він може обертатись навколо горизонтальної осі $X-X'$. До внутрішньої рамки закріплений важіль із трьома отворами для підвішування тягарця заданої маси ($m_T = 0,065$ кг) у різних положеннях.

Гіромотором є асинхронний електродвигун з коротко замкнутою обмоткою ротора. Живлення трифазної обмотки статора, яка з'єднана по схемі зірки, подається від мережі змінного струму із напругою 36 В. Збільшення числа обертів ротора, а тим самим і його

кутової швидкості, досягається шляхом зміщення в статорі трифазної двополюсної обмотки (число пар полюсів $P=1$), при цьому живлення обмотки здійснюється змінним струмом частотою 400 Гц.

Після підготовки експериментальної установки до роботи, здобувачі освіти подають трифазну напругу 36 В частотою 400 Гц. Через 2 хв, коли гіромотор набере постійної кутової швидкості, необхідно розірвати коло живлення (від'єднати розетку від вилки). Потім необхідно закріпити тягарець в отвір 1. Визначити швидкість прецесії, для чого виміряти за допомогою секундоміру час, за який вісь гіроскопу зробить один повний оберт повний оберт навколо осі Y .

Закріпити по чергово тягарець в отвір 2 і отвір 3. Повторити попередні дії. Розрахувати зовнішні моменти для 3-х положень тягарця, (для різних значень радіусів). Перевірити правильність твердження, що кутова швидкість прецесійного руху залежить від величини зовнішнього моменту. Побудувати відповідні графіки залежності, та, використовуючи відповідні формули, розрахувати число обертів гіроскопу, його кутову швидкість, момент інерції та кінетичний момент. Порівняти значення кутової швидкості ротора і зовнішньої рамки гіроскопа, зробити необхідні висновки.

Загальні відомості щодо комплексу управління озброєнням.

Для аналізу просторових коливань танка використовується інерційна система координат X, Y, Z , нерухома відносно землі (рис. 4). Координатні системи корпусу, башти та озброєння (гармати) позначено відповідно індексами $к, б, о$. У першому наближенні складний просторовий рух корпусу танка прийнято розглядати як поступальний разом із його центром мас O_k та обертальний навколо точки O_k . Положення центра мас в інерційній системі координат характеризується радіус-вектором.

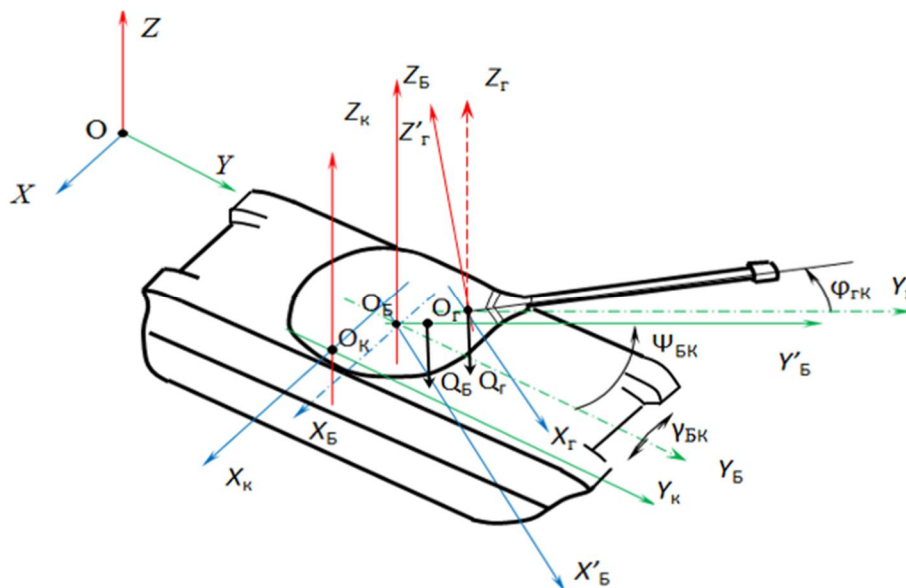


Рис. 4. Координатні системи танка

Змінні складові радіус-вектора називаються відповідно поперечними X , поздовжніми Y та вертикальними Z лінійними коливаннями. Обертання корпусу характеризується трьома незалежними координатами, за які прийнято три кута Ейлера (φ, γ, ψ). У першому наближенні їх значення визначають кутові коливання корпусу: φ – поздовжні кутові коливання (навколо осі $O_k X_k$), γ – поперечні кутові коливання (навколо осі $O_k Y_k$), ψ – горизонтальні кутові коливання (навколо осі $O_k Z_k$). Параметри лінійних і кутових коливань кожного типу машин визначаються експериментально для найбільш імовірних умов руху. Під час бойових дій гармата завжди має кут підняття $\varphi_{гк}$ відносно корпусу, а башта може бути повернута на кут $\psi_{БК}$. Кутові коливання

озброєння визначають на підставі даних про кутові коливання корпусу та матриці переходу від координатної системи X_K, Y_K, Z_K до координатних систем гармати (озброєння) X_G, Y_G, Z_G або башти X_B, Y_B, Z_B .

Дослідження властивостей гіроскопа як стабілізатора і датчика кутових відхилень. Гіроскоп у танковій системі озброєння стабілізує дзеркала перископічного блоку прицілу, забезпечуючи їх фіксацію у заданих площинах під час руху машини. Коли бойова машина переміщається гіроскоп компенсує коливання корпусу, утримуючи лінію прицілювання стабільною. Це дозволяє навіднику проводити точне спостереження та вести прицільний вогонь.

В такому гіростабілізаторі роль гіроскопа виконує гірометр, який обертається на високій швидкості та зберігає свою орієнтацію в просторі. Якщо корпус танка нахилиється або змінює своє положення, система зчитує зміну кутового положення ротора і передає відповідні сигнали на електромеханічний привід стабілізації дзеркал перископа прицілу.

Крім стабілізації дзеркал прицілу, гіроскопи використовують як датчики крену танка. Вони вимірюють кути нахилу корпусу щодо горизонталі, передаючи сигнал на електромеханічний або електрогідравлічний привід, який компенсує зміни положення гармати у просторі забезпечуючи стабільну її орієнтацію в просторі. Це дозволяє вести точний вогонь з ходу.

Висновки. Отже, інтеграція вивчення військових технологій у освітній процес сприяє не лише популяризації фізики, а й вихованню патріотизму серед молоді. Здобувачі освіти отримують можливість побачити реальні приклади внеску своїх співвітчизників у зміцнення оборонної потужності країни. Це формує у них почуття гордості за свою державу та бажання стати частиною її технологічного розвитку. Тому, популяризація фізики через військові технології є актуальним та стратегічно важливим завданням для української освіти.

Перспективи у подальших дослідженнях вбачаємо у розробленні методичного та технологічного забезпечення зазначеної проблематики та вивчення пропозицій щодо використання сучасних цифрових комплексів.

Конфлікт інтересів і етика. Автори заявляють, що не мають конфліктів інтересів. Автори також заявляють про повне дотримання всіх правил етики журнальних досліджень, а саме щодо анонімності участі людей та/або згоди на публікацію.

Подяки. Автори заявляють про відсутність спеціального фінансування цієї роботи.

Список використаних джерел

1. Бондарук П. А., Серпухов О. В., Касімов А. М., Горбов О. М., Кривошопка А. І. Автоматизовані системи управління озброєнням. Навчальний посібник. Частина 1. Харків: Військовий інститут танкових військ Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», 2019. 404 с.
2. Бондарук П. А., Серпухов О. В., Касімов А. М., Александрова Т. Є., Макогон О. А. Автоматизовані системи управління озброєнням. Навчальний посібник. Частина 2. Харків: Військовий інститут танкових військ Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», 2023. 306 с.
3. Lego Mindstorms EV3. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Lego_Mindstorms_EV3
4. Глотов В. М., Фис М. М., Колесніченко В. Б., Гуніні А. В. Застосування БПЛА у військовій справі та аерозніманні. Монографія. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2022. 196 с.
5. Мартинюк О. С., Мосійчук В. О. Особливості використання безпілотних літальних апаратів для виявлення теплових втрат. *Комп'ютерні технології: сучасні реалії та перспективи: Тези доповідей VI міжвузівського науково-практичного семінару, (м. Луцьк, 16 грудня 2020 р.)*. Луцьк: ЛІРоЛ Університету «Україна», 2020. С.71–74.

6. Сиротенко А. М. Підготовка комплексу озброєння танка до застосування. Практичний посібник. Харків: Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 2005. 190 с.

UDC 378.147.091.33-027.22:53]:623.094:004.896

Studying military technologies as a means of popularizing physics: from gyroscope in robotics to stabilization systems for tank guns and unmanned aircraft

Serhii Kyrychuk, Oleksandr Martyniuk

Abstract. In the modern world where technologies are rapidly changing the principles of economic development, production and defense, the science of physics is becoming the foundation for creating advanced solutions in robotics, unmanned systems and high-precision weapons. This is especially important for the defense industry, where science allows not only to effectively defend itself, but also to gain strategic advantages. The war in Ukraine has clearly demonstrated the relevance of such knowledge. That is why high-quality training of young people in the field of physics allows not only to strengthen national security, but also to set trends in technological progress on the world stage.

The article provides an example of studying the principle of operation of a gyroscope and certain aspects of its use in educational robotics and unmanned aerial vehicles (UAVs). The theoretical foundations of the automated tank armament control system, in particular the tank gun stabilizer, are analyzed using the example of the domestic T-64 vehicle. The laws of physics are used as the basis for their operation – from the principles of inertia and moment of force to the control of oscillatory systems. Studying the principles of operation of a tank stabilizer, automated control of its weapons, as well as UAV control systems will increase the scientific level of future engineers and teachers. Such knowledge can be effectively integrated into the study of physics, radio engineering, robotics, in research circles, which will encourage students to study and create their own automated projects.

As part of the study, laboratory work on robotics was developed and tested by students of physical specialties and cadets of the tank institute. The methodology for conducting the developed laboratory work is described, and their effectiveness is analyzed. Methodological recommendations are proposed for modifying laboratory work, taking into account the level of training of students and available equipment. This is not only an example of the possibilities of integrating defense technologies into the educational environment, but also practical recommendations for teachers who want to make their classes more interesting and effective.

Keywords: automated weapons control systems, robotics, tank gun, unmanned aerial vehicle (UAV), physics, gyroscope, angle sensor.

References

1. Bondaruk P. A., Serpukhov O. V., Kasimov A. M., Gorbov O. M., Kryvoshapka A. I. (2019). *Automated weapons control systems*: textbook, part 1, Military Institute of Tank Troops of the National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv. [in Ukrainian]
2. Bondaruk P. A., Serpukhov O. V., Kasimov A. M., Aleksandrova T. Ye., Makogon O. A. (2023). *Automated weapons control systems*: textbook, part 2, Military Institute of Tank Troops of the National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv. [in Ukrainian]
3. Lego Mindstorms EV3. https://uk.wikipedia.org/wiki/Lego_Mindstorms_EV3
4. Glotov V. M., Fis M. M., Kolesnichenko V. B., Gunini A. V. (2022). *Application of UAVs in military affairs and aerial photography*: monograph, Lviv Polytechnic Publishing House, Lviv. [in Ukrainian]
5. Martyniuk O. S., Mosiychuk V. O. (2020). *Features of the use of unmanned aerial vehicles to detect heat losses. Computer technologies: modern realities and prospects*, abstracts of reports of the VI interuniversity scientific and practical seminar (Lutsk, December 16, 2020), LIRoL of the University «Ukraine», Lutsk, 71–74. [in Ukrainian]
6. Syrotenko A. M. (2005). *Preparation of the tank armament complex for use*: practical manual, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv. [in Ukrainian]

Про авторів / About the authors

Сергій Киричик, лейтенант Збройних Сил України, викладач, кафедра автоматизації технологічних процесів та електрообладнання, Військовий інститут танкових військ Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», вул. Полтавський шлях, 192, м. Харків, 61098, Україна;

Serhii Kyrychuk, Lieutenant of the Armed Forces of Ukraine, Lecturer, Department of Automation of Technological Processes and Electrical Equipment, Military Institute of Tank Troops of the National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», 192 Poltavsky Shlyakh St., Kharkiv, 61098, Ukraine;

Олександр Мартинюк, доктор педагогічних наук, професор, кафедра експериментальної фізики, інформаційних та освітніх технологій, Волинський національний університет імені Лесі Українки, пр. Волі, 13, м. Луцьк, 43025, Україна;

Oleksandr Martyniuk, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Department of Experimental Physics, Information and Educational Technologies, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli Ave., Lutsk, 43025, Ukraine.

Отримано / Received 26.04.2025

Прийнято до друку / Accepted 16.05.2025

Опубліковано / Published 21.05.2025