

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2, тел. (0542) 68 77 64

ПОГОДЖУЮ
Проректор з наукової роботи
д-р. ф-м. н., професор
_____ А. М. Черноус

ПРОМІЖНИЙ ЗВІТ
за результатами виконання етапу наукової роботи
(звіт про проміжні результати проекту)
«Розробка роботизованої платформи для керування стрілецьким озброєнням»

Науковий керівник проекту

(підпис)

Іван ДЕГТЯРЬОВ

2023, номер етапу – 1.

Підготовку звіту завершено 20.12.2023 р.

1. Номер державної реєстрації проєкту: №0123U100113

2. Номер договору, за яким надається фінансування (за наявності): _____

3. Найменування організації-виконавця проєкту/грантоотримувача: Сумський державний університет

4. Прізвище та ім'я наукового керівника (головного дослідника, principal investigator (PI)) проєкту: Іван ДЕГТЯРЬОВ, співкерівник: Петро ЛЕОНТЬЄВ

5. Місце основної роботи наукового керівника: Сумський державний університет

6. Терміни та тривалість виконання проєкту:

Тривалість проєкту 36 місяців

Початок 01.01.2023

Закінчення 31.12.2025

Тривалість звітнього етапу 12 місяців

Початок 01.01.2023

Закінчення 31.12.2023

7. Обсяги фінансування проєкту:

Загальний обсяг фінансування:

за запитом (заявкою) 2910 тис.грн

фактичний 2910 тис.грн

Обсяг фінансування звітнього етапу:

за запитом (заявкою) 950 тис.грн

фактичний 950 тис.грн

8. Перелік виконавців з оплатою праці (ПІБ, посада за проєктом (або договір ЦПХ), окремо зазначаються молоді вчені, студенти, аспіранти (за наявності)) (**Додаток 1 до звіту**).

9. Стислий зміст проєкту в цілому (актуальність, мета, основні завдання, ідеї, гіпотези тощо):

Роботизовані платформи наразі є дуже актуальними у багатьох сферах життєдіяльності людини: промисловість, логістика, побут, транспорт, оборона тощо, де необхідно забезпечити функціональні можливості без втручання людини або з частковим, віддаленим керуванням, особливо ця тематика актуальна в оборонній сфері.

Основна мета проєкту полягає у розробленні роботизованої рухомої платформи на дистанційному керуванні та системи керування обладнанням, яке розміщене на ній забезпеченні максимальної ефективності та швидкості роботи роботизованої платформи за рахунок системи стабілізації. Це знизить час використання робота під час місії та при цьому позитивно вплине на коефіцієнт його використання і дасть

змогу для можливості повернення до безпечного місця для переналагодження, та обслуговування робота.

Основна ідея проєкту полягає у забезпеченні максимальної ефективності та швидкості роботи роботизованої платформи за рахунок системи стабілізації, що включає в себе швидку адаптацію до пересічної місцевості по якій рухається робот та систему машинного зору, що забезпечує зниження людського фактору у процесі слідкування за об'єктом. Це знизить час використання робота під час місії та при цьому позитивно вплине на коефіцієнт його використання і дасть змогу для можливості повернення до безпечного місця для переналагодження, та обслуговування робота.

Перша робоча гіпотеза проєкту ґрунтується на припущенні про те, що для отримання даних, які дозволяють проаналізувати об'єкт керування з подальшим синтезом системи керування стабілізацією в трьох вимірах рухомої платформи можна використовувати стенд (експериментальну установку), яка буде імітувати всі можливі збурення, що можуть виникнути в реальних умовах.

Запропонована розробка є важливою для вирішення питань безпеки держави в епоху цифрової трансформації секторів економіки і оборони України.

10. Основні результати виконання попереднього (за наявності) етапу:___.

11. Номер та назва звітного етапу:

Назва першого звітного етапу: Розроблення методів і збір вхідних даних для реалізації системи керування та розроблення математичних і фізичних моделей.

12. Опис процесу реалізації (хід виконання, які дослідження проводились, які методики використовувались тощо) проєкту за звітним етапом:

На першому етапі були розроблена математична модель об'єкта керування "Бойовий модуль" для керування озброєнням. Сформульовані технічні вимоги та завдання керування до об'єкта керування. Встановлено оптимальний тип засобів автоматизації, для реалізації системи керування об'єктом.

Виконано проєктування та виготовлення експериментального стенду для збору даних. Даний стенд є універсальним технічним рішенням, покликаним скоротити час проєктування робочого макету рухомих платформ та дозволяє створити реальні умови майже для всіх випадків, які зустрічаються з досліджуваними об'єктами у фізичному середовищі. Із результатів найбільш новими і важливими є методика набору даних на експериментальному стенді для синтезу системи стабілізації. Переміщення роботизованої платформи відбувається в складних і перемінних дорожніх умовах. Для дослідження їх впливу застосовуються теоретичні та експериментальні методи. У дослідженні було використано більш точний експериментальний метод.

Розроблено програмно-апаратний комплекс для дослідження системи керування роботом та нормативно-технічна документація щодо випробування та тестування конструкції.

Розроблені моделі, та методи проєктування окремих технологічних вузлів конструкції роботизованої платформи та методика моделювання й тестування конструкції робота для забезпечення необхідних характеристик згідно з вимогами до системи керування разом з методами синтезу алгоритмів системи керування роботом.

Для дослідження динамічних навантажень при експлуатації роботизованого комплексу був застосований метод чисельного моделювання в програмному комплексі ANSYS методом скінчених елементів. Для верифікації методики результати чисельного моделювання порівнювались з результатами експериментального дослідження на стенді.

Створені розрахункові динамічні моделі та розроблені методи чисельного моделювання динаміки функціональних вузлів об'єкта керування (роботизованої платформи з туреллю). Створена і перевірена за допомогою експериментальних даних методика визначення необхідних моментів двигунів методом чисельного моделювання в програмному комплексі ANSYS.

13. Результати виконання звітнього етапу відповідно до технічного завдання/календарного плану:

13.1 Заплановані завдання звітнього етапу проекту:

Номер п/п	Назва етапу згідно з технічним завданням	Заплановані результати етапу
1.1	Розроблення та виготовлення експериментального стенду для збору даних	Експериментальний стенд для збору даних.
1.2	Розроблення математичної моделі робота та турелі, як об'єкта керування	База даних порівняльних таблиць та графіків з отриманими експериментальними даними про об'єкт керування. Математична модель робота та турелі, як об'єкта керування.
1.3	Розроблення моделей та методів для оцінки динамічних параметрів об'єкта керування	Програмне інформаційне та алгоритмічне забезпечення для генерації збурень, що впливають на систему керування. Динамічні моделі функціональних вузлів роботизованої платформи.
1.4	Розроблення моделей та методів проєктування технологічних вузлів конструкції роботизованої платформи, а також розроблення фізичних моделей та їх оптимізація.	Моделі та методи проєктування окремих технологічних вузлів конструкції роботизованої платформи та засобів керування. Алгоритм структурно-параметричної оптимізації конструкції роботизованої платформи. Публікація статті в матеріалах міжнародної конференції, що обліковуються БД Scopus та/або WoS.

13.2 Отримані результати звітнього етапу проекту:

Виконано проектування та виготовлення експериментального стенду для збору даних, що дозволило довести одну з робочих гіпотез проєкту. А саме було експериментально підтверджено, що для отримання даних, які дозволяють проаналізувати об'єкт керування з подальшим синтезом системи керування стабілізацією та системою слідкування за динамічними об'єктами в трьох вимірах рухомої платформи доцільно використання експериментального стенду, який імітує всі можливі збурення, що можуть виникнути в реальних умовах. Даний стенд є універсальним технічним рішенням, покликаним скоротити час проектування робочого макету рухомих платформ та дозволяє створити реальні умови майже для всіх випадків, які зустрічаються з досліджуваними об'єктами у фізичному середовищі. Відпрацювання елементів виміральної системи стенду описано в статтях [1,2] додатку 2.

В процесі виконання НДР була створена методика набору даних на експериментальному зразку роботизованої платформи для синтезу системи стабілізації. За допомогою експериментальному зразку роботизованої платформи було проведено відпрацювання системи керування та набір даних для її синтезу. Також були створені моделі, та методи проектування окремих технологічних вузлів конструкції роботизованої платформи та методика моделювання й тестування конструкції робота для забезпечення необхідних характеристик згідно з вимогами до системи керування разом з методами синтезу алгоритмів системи керування роботом з інтеграцією із системою слідкування за об'єктом. В результаті проведеної роботи вдалося накопичити експериментальні дані про об'єкт керування у вигляді порівняльних таблиць та графіків, що дозволить створювати та удосконалювати систему керування подібним об'єктом.

На даному етапі були створені розрахункові динамічні моделі та розроблені методи чисельного моделювання динаміки функціональних вузлів об'єкта керування (роботизованої платформи з туреллю). Це дає змогу проводити оптимізаційні чисельні дослідження динаміки гарматної турелі та визначити параметри та характеристики компонентів об'єкта і системи керування. Також було створене програмне та алгоритмічне забезпечення для генерації збурень, що впливають на систему керування. Збурення які необхідно генерувати для проведення експериментальних досліджень системи керування на стенді були визначені з застосуванням теоретичних та експериментальних методів і описані в роботі [2] додатку 2.

Були створені розрахункові динамічні моделі та розроблені методи чисельного моделювання динаміки функціональних вузлів об'єкта керування (роботизованої платформи з туреллю). Це дає змогу проводити оптимізаційні чисельні дослідження динаміки гарматної турелі та визначити параметри та характеристики компонентів об'єкта і системи керування. Проаналізований об'єкт керування "Бойовий модуль" для керування озброєнням, сформульовані технічні вимоги та завдання керування до об'єкта керування. Досліджено та виявлено оптимальний тип засобів автоматизації, для реалізації системи керування об'єктом керування.

13.3 Відхилення від календарного плану дослідження (за наявності):
Відхилення від календарного плану відсутні.

14. Наукова цінність і актуальність отриманих результатів (науково-технічної продукції), їх порівняння з українськими та/або кращими закордонними аналогами:

В процесі виконання НДР була створена методика набору даних для синтезу системи стабілізації. Також були створені моделі, та методи проектування окремих технологічних вузлів конструкції роботизованої платформи та методика моделювання й тестування конструкції робота для забезпечення необхідних характеристик згідно з вимогами до системи керування. В результаті проведеної роботи вдалося накопичити експериментальні дані про об'єкт керування у вигляді порівняльних таблиць та графіків, що дозволить створювати та удосконалювати систему керування подібним об'єктом.

Визначені значення максимальних прискорень і переміщень які необхідно відпрацьовувати системі стабілізації, що дозволило визначити максимальні значення кутових прискорень ($\epsilon_{\max}=20$ рад/с²).

Були створені розрахункові динамічні моделі та розроблені методи чисельного моделювання динаміки функціональних вузлів об'єкта керування (роботизованої платформи з туреллю). Це дає змогу проводити оптимізаційні чисельні дослідження динаміки гарматної турелі та визначити параметри та характеристики компонентів об'єкта і системи керування. Також було створене програмне та алгоритмічне забезпечення для генерації збурень, що впливають на систему керування. Збурення які необхідно генерувати для проведення експериментальних досліджень системи керування на стенді були визначені з застосуванням теоретичних та експериментальних методів.

Створена і перевірена за допомогою експериментальних даних методика визначення необхідних моментів двигунів методом чисельного моделювання в програмному комплексі ANSYS. Це дозволить у наступних дослідженнях оптимізувати конструкцію, зменшити потужності приводів при забезпеченні функціональних показників конструкції. За результатами порівняння експериментальних та розрахованих чисельним методом значень моменту можна зробити висновок, що методика моделювання забезпечує задану точність.

15. Практична цінність результатів для потреб оборони, безпеки, економіки та/або суспільства України (у разі наявності):

На основі одержаних експериментальних даних створена методика проектування конструкції гарматної турелі роботизованої платформи, який враховує різні сценарії можливостей збуджень при пересуванні по місцевості при маніпуляцією туреллю. Це дозволяє на етапі проектування створити максимально врівноважену і з мінімально можливим моментом інерції конструкцію при забезпеченні її необхідної жорсткості та міцності.

Проаналізований об'єкт керування “Бойовий модуль” для керування озброєнням, сформульовані технічні вимоги та завдання керування до об'єкта

керування. Досліджено та виявлено оптимальний тип засобів автоматизації, для реалізації системи керування об'єктом керування.

Моделі і методики оптимізації конструкції робота можуть бути корисними під час впровадження безпілотного транспорту, логістичних та складських дронів, що працюють разом з людьми, з небезпечними або дорогими матеріалами чи обладнанням. Вирішення питання раціональності використання броні та матеріалів, які застосовуватимуться у механічній частині робота є важливим, оскільки дозволяє обґрунтовано використовувати ресурси і знизити накладні витрати, пов'язані з виготовленням та експлуатацією конструкції.

Одержані в роботі результати в подальшому використовуються для виконання госпдоговірних робіт із надання послуг з розробки системи керування, програмного забезпечення для роботизованих комплексів, розробки конструкторської документації і виготовлення зразків подібних роботизованих комплексів та їх елементів.

Результати НДР частково використані при виконання господарчих договорів обсягом 170 тис. грн:

- договір №52.27-2023.СП/01 – 23,7 тис. грн.
- договір №15.01-2023.СП/01 – 73,14 тис. грн.
- договір №15.01-2023.СП/03 – 73,17 тис. грн.

Субвенції з обласного бюджету згідно розпорядження голови Сумської ОДА від 11.08.2023р. №387-ОД. – 500 тис. грн.

Потенційним замовникам для використання поза межами організацій-виконавця будуть передані на договірних (господарчих або ліцензійних) умовах:

- 1) Дослідні зразки безпілотної роботизованої платформи.
- 2) Рекомендації з регулювання та забезпечення підналагодження робота під час реальних завдань;
- 3) Методики керування системою стабілізації обладнанням, що встановлене на роботі, системою автоматичного слідкування за цілями на основі машинного зору та контролю за системою наведення озброєння;
- 4) Програмне забезпечення системи дистанційного керування рухом безпіотною роботизованою платформою.

Потенційними користувачами розробленого в результаті виконання проєкту програмного продукту можуть бути компанії, що розробляють і впроваджують технології у оборонній сфері, які входять до складу або співпрацюють з державним концерном «Укроборонпром» тощо. Крім цього, окремі зразки роботизованих платформ розроблені і поставлені у конкретні військові частини та підрозділи.

16. Основні кількісні показники/індикатори* виконання звітної етапу за темою проєкту:

№ з/п	Показники/індикатори	Заплановано (відповідно до запиту на фінансування /ТЗ/КП тощо), кількість	Виконано (за результатами етапу), кількість
1.	Публікація результатів:		
1.1.	Статті у журналах, що індексуються наукометричними базами даних: - Scopus та/або Web of Science Core Collection, всього, од. з них із квантилем Q1 і Q2 на момент опублікування, од. з них із квантилем Q3 і Q4 на момент опублікування, од.	1 0 1	2 0 2
1.2.	Статті у виданнях, які містять інформацію з обмеженим доступом (для проєктів оборонного та/або подвійного призначення), од.	0	0
1.3.	Статті у наукових журналах (без квантилю), збірниках наукових праць, матеріалах конференцій тощо, що індексуються наукометричними базами даних Scopus або Web of Science Core Collection (крім тих, що увійшли до п. 1.1), од.	0	0
1.4.	Статті у фахових виданнях України категорії «Б», од.	0	0
1.5.	Статті у періодичних виданнях інших країн, що мають ISSN, од.	0	0
1.6.	Публікації у матеріалах конференцій, тезах доповідей та виданнях, що не включені до переліку наукових фахових видань України та не індексуються наукометричними базами даних Scopus або Web of Science Core Collection, од.	0	2
1.7.	Монографії та розділи монографій, опубліковані (або підготовлені і подані до друку) у закордонних видавництвах іноземними мовами, од.	0	0
1.8.	Монографії та розділи монографій, опубліковані (або підготовлені і подані до друку) в українських видавництвах, од.	0	0
1.9.	Монографії та розділи монографій, опубліковані (або підготовлені і подані до друку) з обмеженим доступом (для проєктів оборонного та/або подвійного призначення), од.	0	0
1.10.	Підручники, навчальні посібники, од.	0	0
1.11.	Словники, довідники, енциклопедії, видані українськими та/або закордонними видавництвами, од.	0	0
1.12.	Інші публікації, які не описані у пп. 1.1-1.11, од.	0	0
2.	Презентація та дисемінація результатів:	0	0
2.1.	Міжнародні науково-комунікативні заходи, конференції, од.	0	0
2.2.	Всеукраїнські та регіональні науково-технічні/промислові виставкові заходи, од.	0	0
2.3.	Представлення розробки/бізнес-плану/результатів проєкту на: - інноваційних фестивалях, од. - конкурсах стартапів, од. - акселераційних програмах, од. - хакатонах, од.	0 0 0 0	1 1 0 0
2.4.	Науково-популярні публікації з метою поширення інформації про результати проєкту для загальної (широкої) аудиторії, од.	0	0
2.5.	Представлення інформації про результати проєкту на науково-популярних заходах (Дні науки, Наукові пікніки тощо), од.	0	0
2.6.	Інші заходи, які не описані у пп. 2.1-2.5, од.	0	0
3.	Підготовка наукових кадрів:		
3.1.	Захищено дисертацій доктора наук авторами проєкту або під консультуванням авторів у рамках тематики проєкту, од.	0	0
3.2.	Захищено дисертацій доктора філософії авторами проєкту або під керівництвом авторів у рамках тематики проєкту, од.	0	0
4.	Охоронні документи на об'єкти права інтелектуальної власності (ОПІВ)		
4.1.	Отримано патентів України на винахід, од.	0	0
4.2.	Отримано патентів України на промисловий зразок, од.	0	0
4.3.	Отримано патентів України на корисну модель, од.	0	0
4.4.	Отримано охоронний документ на ОПІВ інших країн, од.	0	0
4.5.	Інші ОПІВ, які не описані у пп. 4.1-4.4, од.	0	0

№ з/п	Показники/індикатори	Заплановано (відповідно до запиту на фінансування /ТЗ/КП тощо), кількість	Виконано (за результатами етапу), кількість
4.6.	Подано заявок на отримання охоронного документу на ОПІВ України та /або інших країн, од.	0	2
5.	Впровадження та використання наукових або науково-технічних (прикладних) результатів:		
5.1.	Підписання (укладання) договорів (угод) організацією-виконавцем проекту (грантоотримувачем) на впровадження (використання) результатів проекту (окрім індивідуальних), серед них:		
5.1.1	Господарських договорів/контрактів, од./тис.грн	0	3 / 170
5.1.2	Ліцензійних договорів/договорів на ноу-хау, од./тис.грн	0	0
5.1.3	Грантових угод (держаного рівня), од./тис.грн	0	0
5.1.4	Грантових угод (міжнародного рівня), од./тис.грн	0	0
5.1.5	Інші договори (угоди), які не описані у пп. 5.1.1-5.1.3, од./тис.грн	0	1 / 500
5.2.	Документально підтверджено використання результатів у практиці органів державної/місцевої влади, суспільних практиках тощо, од.	0	0
5.3.	Проведено маркетингові дослідження, перемовини з потенційними замовниками із підписанням протоколу (меморандуму, угоди) про наміри комерційного впровадження результатів, од.	0	0
5.4.	Подано заявок на державні, міжнародні наукові гранти (окрім індивідуальних) , од.	0	0
5.5.	Впроваджено у освітній процес ЗВО/НУ з відповідним підтвердженням, од.	0	2
5.6.	Інші варіанти впровадження, які не описані у пп. 5.1-5.5, од.	0	0
6.	Створено чи істотно удосконалено/покращено існуючі:		
6.1.	Пристрої (макет, експериментальний/дослідний зразок) , од.	2	2
6.2.	Матеріали, процеси, технології, технологічні регламенти, цифрові продукти та електронні сервіси, од.	1	1
6.3.	ТУ, ДСТУ, будівельні норми, зареєстровані проекти законодавчих актів, од.	0	0
6.4.	Наукові (науково-технічні) послуги, од.	0	0
6.5.	Іншу продукцію, яка не описана у пп. 6.1-6.4, од.	0	0
7.	Участь з оплатою у виконанні проекту (штатних одиниць/осіб) згідно з Додатком 1:		
7.1.	Студентів (здобувачів вищої освіти I-II рівнів), шт.од./ осіб	5	5
7.2.	Аспірантів (здобувачів вищої освіти III рівня) , шт.од./ осіб	2	2
7.3.	Молодих вчених, шт.од./ осіб	5	5

* - до показників/індикаторів таблиці п. 16 не можуть бути включені будь-які публікації (включно із співавторством), конференції, впровадження, охоронні документи на об'єкти права інтелектуальної власності тощо держав (їх представників), визнаних в установленому порядку державою-агресором або державою-окупантом, або держав, що не визнають тимчасово окуповані, починаючи з березня 2014 року, території України такими, що належать Україні.

17. Відхилення від запланованих показників/індикаторів, зазначених у п. 16 (у разі наявності зазначити і обґрунтувати причини таких відхилень та їх вплив на подальше виконання проекту): План виконано у повному обсязі.

18. Вихідні дані щодо показників виконання відповідно до пунктів п. 16:

Бібліографічний перелік монографій, підручників, посібників, словників, довідників, наукових статей, інших публікацій:

1. Kulinchenko, H., Zhurba, V., Panych, A., & Leontiev, P. (2023). Development of the method of constructing the expander turbine rotation speed regulator. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(2) (122), 44–52. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.276587>

2. Dehtiarov, I., Leontiev, P., Miroshnychenko, D., Lanchynskyi, V., & Buhaiets, P. (2023). Design and research of the ground robotic system structure for weapons remote control. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(1) (126), 52–60. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.292432>

Публікації у матеріалах конференцій, тези доповідей:

1. Леонтєв П., Левковський О., Лелюх О., Машенцов М. Ідентифікація моделі координатного позиціонування модуля спостереження [Тези] / Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології – 2023 : матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів (АКІТ – 2023) ; Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 19 квітня 2023 р. ISBN 978-966-990-066-1

2. Леонтєв П., Стриженок Д., Левковський О. Завдання до розробки системи керування модуля спостереження на рухомій платформі [Тези] / Інформатика математика автоматика: матеріали Міжнародної наукової конференції студентів та молодих вчених (ІМА 2023); с. 253-254; Суми, СумДУ, 25 квітня 2023 р.

Подано заявку про реєстрацію авторського права на «комп'ютерну програму» «Програмний код контролера пульта керування роботизованої платформи для стрілецького озброєння». Номер заявки г202300324, дата одержання 02.10.2023.

Подано заявку на патент України на корисну модель «Автоматизована система дистанційного керування стрілецьким озброєнням». Номер заявки u202305320, дата одержання 08.11.2023.

Виконавцем проєкту Зарецьким М.О. 06.09.2023 захищено дисертацію на здобуття наукового ступеня доктора філософії на тему «Моделі та методи інтелектуальної інформаційної технології оцінювання функціонального стану труб водовідведення». Спеціальність – 122 Комп'ютерні науки.

До звіту додаються електронні копії наукових публікацій, охоронних документів, інша наукова продукція (окрім матеріалів, які містять інформацію з обмеженим доступом) (**Додаток 2 до звіту**).

19. Рішення наукової ради Сумського державного університету щодо результатів розгляду проміжного звіту: про відповідність виконаних за проєктом робіт технічному завданню/календарному плану, протокол № 9 від 30 листопада 2023 р. (**Додаток 3 до звіту**).

20. Анотація основних результатів звітної етапу проєкту (**Додаток 4 до звіту**).

Додаток 1
до проміжного звіту

Перелік виконавців проєкту з оплатою праці

№	Прізвище, ім'я, науковий ступінь, вчене звання <i>(особистий підпис, у разі необхідності)</i>	Основне місце роботи або здобуття освіти	Зазначити вік та наявність статусу молодого вченого (на момент подання звіту)	Посада за проєктом (або договір ЦПХ) та роль у проєкті (керівник, відповідальний виконавець, виконавець, студент, аспірант тощо)	Основні завдання у проєкті (стисло зазначити функції)
1	Дегтярьов Іван, к.т.н., доцент.	СумДУ	34 роки, молодий вчений	Керівник	Провідний науковий співробітник
2	Леонтєв Петро, к.т.н.	СумДУ	32 роки, молодий вчений	Співкерівник	Провідний науковий співробітник
3	Мірошниченко Дмитро, к.т.н..	СумДУ	34 роки, молодий вчений	Відповідальний виконавець	Старший науковий співробітник
4	Нешта Анна, к.т.н.	СумДУ	34 роки, молодий вчений	Виконавець	Старший науковий співробітник
5	Зарецький Микола, к.т.н.	СумДУ	31 рік, молодий вчений	Виконавець	Молодший науковий співробітник
6	Ланчинський Вадим	СумДУ	25 років,	Аспірант	Інженер
7	Левковський Олександр	СумДУ	26 років,	Аспірант	Інженер
8	Індик Михайло	СумДУ	20 років,	Студент	Лаборант
9	Давиденко Ілля,	СумДУ	23 років,	Студент	Лаборант
10	Машенцов Максим	СумДУ	26 років,	Студент	Лаборант
11	Корнієнко Андрій	СумДУ	23 роки,	Студент	Лаборант
12	Плис Віктор	СумДУ	36 років,	Студент	Лаборант

Копії наукових публікацій, охоронних документів, іншої друкованої наукової продукції

1. Kulinchenko, H., Zhurba, V., Panych, A., & Leontiev, P. (2023). Development of the method of constructing the expander turbine rotation speed regulator. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(2) (122), 44–52. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.276587>

Eastern-European Journal of Enterprise Technologies ISSN 1729-3774

2/2 (122) 2023

21. Karaboga, D., Basturk, B. (2007). Artificial Bee Colony (ABC) Optimization Algorithm for Solving Constrained Optimization Problems. *Foundations of Fuzzy Logic and Soft Computing*, 789–798. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-540-72950-1_77
22. Bozogullarindan, E., Bozogullarindan, C., Ozturk, C. (2020). Transfer Learning in Artificial Bee Colony Programming. 2020 Innovations in Intelligent Systems and Applications Conference (ASYU). doi: <https://doi.org/10.1109/asyu50717.2020.9259801>

The study is devoted to the expander turbine rotation speed regulator, considering the possibility of implementing this regulator on microprocessor automation tools. The use of expander-generator units in general improves energy saving indicators, and the ability to maintain the turbine shaft rotation speed within the specified limits, in turn, directly affects the indicators of the quality of the generated electricity. The expander turbine, as a control object, is described by non-linear equations, which determines the possibility of using regulators of different designs, and requires the selection of the most suitable one according to certain criteria. As part of the study, based on the tasks of practical implementation of the regulator on microprocessor devices, the expediency of reducing the transfer function of the model in the process of identifying the control object was confirmed. As a result of research on an experimental setup, it is shown that the use of a three-position relay regulator allows for regulation dynamics at the level of a classic PID regulator. An important result of the research is the stabilization of the turbine rotation speed, which affects the parameters of the electricity generated by the generator. The description of the control object was linearized by constructing a family of transfer functions for the operating points of the control range. For the construction of the turbine rotation speed regulator, the criterion of "minimum fluctuation of the parameter when changing its set value" is proposed. A regulator for a non-linear object with oscillatory features is built, which has a simple implementation and a cycle time of 1 ms. It makes it possible to reduce rotation speed fluctuations to 5 % and minimize the impact of rotation process disturbances

Keywords: nonlinear plant, adaptive control, relay regulator, plant model, reduced model

UDC 681.518

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.276587

DEVELOPMENT OF THE METHOD OF CONSTRUCTING THE EXPANDER TURBINE ROTATION SPEED REGULATOR

Heorhii Kulinchenko

Corresponding author

PhD, Associate Professor*

E-mail: georgv@ukr.net

Viacheslav Zhurba

PhD, Associate Professor*

Andrii Panych

Assistant*

Petro Leontiev

PhD, Head of Department*

*Department of Computerized Control Systems

Sumy State University

Rymskogo-Korsakova str., 2, Sumy, Ukraine, 40007

Received date 20.01.2023

Accepted date 29.03.2023

Published date 28.04.2023

How to Cite: Kulinchenko, H., Zhurba, V., Panych, A., Leontiev, P. (2023). Development of the method of constructing the expander turbine rotation speed regulator. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2 (2) (122), 44–52. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.276587>

2. Dehtiarov, I., Leontiev, P., Miroshnychenko, D., Lanchynskyi, V., & Buhaiets, P. (2023). Design and research of the ground robotic system structure for weapons remote control. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(1 (126)), 52–60. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.292432>

During hostilities, ground robotic systems play an important role in minimizing losses of servicemen and suspending the combat capabilities of troops. For firing, robotic complexes are equipped with gun turrets. Researchers are conducting research to improve the performance, reliability and firing accuracy of such turrets. This work describes the design and research of an experimental sample of a ground robotic system, which is equipped with a turret for controlling the position of a machine gun. The description and results of experimental studies of dynamic loads during robot movement at different speeds and road conditions are presented. It was established that the values of the maximum accelerations that must be worked out by the stabilization system during operation for the experimental design of the robot do not exceed 20 rad/s². The possibility of using counterweights was considered to reduce the torque of the turret guidance drive while reducing the dimensions of the robotic system structure. The description of the experimental module equipped with a control and measurement system and the results of experimental studies on determining the power of the turret drives during the manipulation of the structure are presented. A procedure of dynamic analysis and the results of modeling the movement of the gun turret in the ANSYS software package are presented. The proposed method for designing the structure ensures the determination of the impact on the structure of the complex shape of loads caused by its manipulation, to compensate for the exciting loads when the robotic system is moved over the terrain. With the help of this method, it is possible to determine and minimize the power, and therefore the energy consumption, of azimuth and lifting electric drives at the design stage

Keywords: gun turret, ground robot, combat module, dynamic analysis, robotics, moment sensor

UDC 681.518

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.292432

DESIGN AND RESEARCH OF THE GROUND ROBOTIC SYSTEM STRUCTURE FOR WEAPONS REMOTE CONTROL

Ivan Dehtiarov

PhD, Associate Professor*

Petro Leontiev

PhD, Head of Department**

Dmytro Miroshnychenko

Corresponding author

PhD, Senior Researcher*

E-mail: d.miroshnychenko@ksu.sumdu.edu.ua

Vadym Lanchynskyi

Postgraduate Student**

Pavlo Buhaiets**

*Department of Manufacturing Engineering, Machines and Tools***

Department of Computerized Control Systems*

***Sumy State University

Rymkogo-Korsakova str., 2, Sumy, Ukraine, 40007

Received date 26.09.2023

Accepted date 30.11.2023

Published date 14.12.2023

How to Cite: Dehtiarov, I., Leontiev, P., Miroshnychenko, D., Lanchynskyi, V., Buhaiets, P. (2023). Design and research of the ground robotic system structure for weapons remote control. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (1 (126)), 52–60. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.292432>



СЕРТИФІКАТ

ІІ місце у конкурсі стартапів ITs DISCO Boost НАЗЕМНИЙ РОБОТИЗОВАНИЙ КОМПЛЕКС SAFER

Команда у складі: Стриженок Денис, Бугаєц Павло, Ланчинський Богдан,
Лелюх Олександр, Левковський Олександр

1 грудня 2023

Дата

Назар Подольчак

Національний університет "Львівська політехніка"

Supported by



Climate-KIC



Funded by the
European Union



cyber.academy

Анотація основних результатів звітнього етапу проєкту

НДР «Розробка роботизованої платформи для керування стрілецьким озброєнням», № 0123U100113. Науковий керівник – к.т.н., доцент Дегтярьов І.М.

Обсяг фінансування на повний період 2910,0 тис. грн, у т.ч. 2023 р. – 950,0 тис. грн.

Під час виконання НДР були одержані такі нові наукові результати:

1. Виконано проєктування та виготовлення експериментального стенду для збору даних. Даний стенд є універсальним технічним рішенням, покликаним скоротити час проєктування робочого макету рухомих платформ та дозволяє створити реальні умови майже для всіх випадків, які зустрічаються з досліджуваними об'єктами у фізичному середовищі.

2. В процесі виконання НДР була створена методика набору даних для синтезу системи стабілізації. Також були створені моделі, та методи проєктування окремих технологічних вузлів конструкції роботизованої платформи та методика моделювання й тестування конструкції робота для забезпечення необхідних характеристик згідно з вимогами до системи керування. В результаті проведеної роботи вдалося накопичити експериментальні дані про об'єкт керування у вигляді порівняльних таблиць та графіків, що дозволить створювати та вдосконалювати систему керування подібним об'єктом.

3. Були створені розрахункові динамічні моделі та розроблені методи чисельного моделювання динаміки функціональних вузлів об'єкта керування (роботизованої платформи з туреллю). Це дає змогу проводити оптимізаційні чисельні дослідження динаміки гарматної турелі та визначити параметри та характеристики компонентів об'єкта і системи керування. Також було створене програмне та алгоритмічне забезпечення для генерації збурень, що впливають на систему керування.

Практична значимість отриманих результатів. Створена і перевірена за допомогою експериментальних даних методика визначення необхідних моментів двигунів методом чисельного моделювання в програмному комплексі ANSYS. Це дозволить оптимізувати конструкцію, зменшити потужності приводів при забезпеченні функціональних показників конструкції. На основі одержаних експериментальних даних створена методика проєктування конструкції гарматної турелі роботизованої платформи. Це дозволяє на етапі проєктування створити максимально врівноважену і з мінімально можливим моментом інерції конструкцію при забезпеченні її необхідної жорсткості та міцності. Проаналізований об'єкт керування “Бойовий модуль” для керування озброєнням, сформульовані технічні вимоги та завдання керування до об'єкта керування. Досліджено та виявлено оптимальний тип засобів автоматизації, для реалізації системи керування об'єктом керування. Результати НДР частково використані при виконання господарчих договорів обсягом 170 тис. грн. Одержані результати впроваджені у навчальний процес, зокрема при викладанні дисциплін «Теорія автоматичного керування», «Мікропроцесорні пристрої та системи», «Технічні засоби автоматизації», «Технологічна оснастка», «Верстатні пристрої: проєктування та експлуатація».

Оприлюднення і апробація результатів. За результатами НДР у 2023 р. було опубліковано 2 статті у журналах, що індексується БД Scopus. Подано заявку про реєстрацію авторського права на «комп'ютерну програму» та заявку на патент України на корисну модель. Виконавцем НДР захищено кандидатську дисертацію.