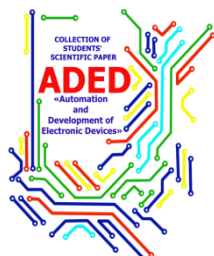


# ДОДАТОК А

## Апробація результатів роботи

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки

(KITAP)



### ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

**ADED-2025**

(Випуск 1)

[електронне видання]

Харків 2025

УДК 62-93; 62-96; 629.02  
**РОЗРОБЛЕННЯ ГІБРИДНОГО МЕХАНІЗМУ ПЕРЕСУВАННЯ ДЛЯ МАЛОГО  
МОБІЛЬНОГО РОБОТА**

**Хабаров Д.С.**

Харківський національний університет радіоелектроніки  
Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14  
E-mail: danylo.khabarov@nure.ua

В роботі розглянуто актуальне питання підвищення ефективності пересування мобільного робота в умовах змінного рельєфу шляхом впровадження гібридного механізму. Було проведено аналіз основних типів систем пересування, визначено їх переваги та недоліки. Запропоновано конструкцію, яка поєднує колісну та гусеничну систему з можливістю перемикання залежно від умов середовища. Розроблена система забезпечує адаптивність, маневреність та енергоефективність руху на різних типах поверхонь.

**Ключові слова:** мобільний робот, гібридний механізм, колеса, гусениці, пересування, адаптація, рельєф.

**DEVELOPMENT OF A HYBRID MOVEMENT MECHANISM FOR A SMALL MOBILE  
ROBOT**

**Khabarov D.S.**

Kharkiv National University of Radio Electronics  
Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky ave. 14  
E-mail: danylo.khabarov@nure.ua

The paper considers the topical issue of increasing the efficiency of mobile robot movement in conditions of variable terrain by introducing a hybrid mechanism. An analysis of the main types of movement systems was carried out, their advantages and disadvantages were determined. A design that combines a wheeled and a tracked system with the ability to switch depending on the environment is proposed. The developed system provides adaptability, agility and energy efficiency of movement on different types of surfaces.

**Keywords:** mobile robot, hybrid mechanism, wheels, tracks, movement, adaptation, terrain.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Сучасна мобільна робототехніка стрімко розвивається, охоплюючи сфери від промислових застосувань до пошуково-рятувальних операцій і досліджень. Водночас ефективність робітв напрямку залежить від їхньої здатності адаптуватися до змінного середовища та рельєфу [1].

Традиційні типи пересування, як-от колісний чи гусеничний, мають певні обмеження. Колісні роботи добре працюють на рівних поверхнях, але втрачають прохідність на складному рельєфі. Гусеничні системи, навпаки, забезпечують прохідність, але є повільними та енергозатратними [2]. Саме тому виникає потреба у створенні гібридних механізмів, що поєднують переваги різних типів рухів.

Гібридні платформи здатні автоматично перемикатися між режимами руху в залежності від умов, забезпечуючи більшу універсальність і адаптивність. Такі системи є актуальними для застосування в умовах міської забудови, природного середовища або аварійних зон, де швидко змінюється тип рельєфу є нормою.

Крім того, актуальність розробки таких систем зростає в контексті створення компактних, енергоефективних робітв для освітніх, дослідницьких та практичних завдань, де потрібна гнучка та надійна мобільність.

«AUTOMATION AND DEVELOPMENT OF ELECTRONIC DEVICES»  
ADED-2025 Part 1.

253

ВСТУП. У сучасних умовах мобільні роботи дедалі частіше використовуються в задачах моніторингу, досліджень, пошуку, доставки, у рятувальних операціях, а також в освітньому процесі. Ефективність їхнього застосування значною мірою залежить від здатності адаптуватися до різних умов пересування – від гладких підлог до пересіченої або суцільної місцевості [1].

Одним із головних викликів у розробці таких роботів є створення універсального механізму пересування, який поєднує швидкість, прохідність, стабільність і енергоефективність. Типова конструкція з одним видом рушіїв не здатна повністю відповідати цим вимогам. Колеса забезпечують високу швидкість і простоту керування, але втрачають ефективність на складному рельєфі. Гусениці забезпечують високу прохідність, однак обмежують маневреність і є більш енергозатратними [2].

У зв'язку з цим особливу увагу сьогодні приділяють гібридним системам пересування, які дозволяють поєднати переваги різних типів рушіїв. Такі системи здатні перемикатися між режимами в залежності від рельєфу, забезпечуючи стабільну роботу без зупинки та втрати керуваності [3].

Застосування гібридного механізму дозволяє не лише підвищити універсальність платформи, а й розширити сферу її використання – від внутрішніх приміщень до складних природних умов. Це робить такі роботи особливо актуальними для мобільних дослідницьких і сервісних платформ малого формату, де компактність і енергоефективність є критичними факторами [4].

Тому під час проектування мобільного робота важливо врахувати:

- змінність рельєфу;
- потребу в автоматичному перемиканні типу пересування;
- простоту реалізації механізму;
- стабільність та ефективність у кожному з режимів.

У межах даної роботи запропоновано підхід до створення гібридної конструкції, яка поєднує колісну та гусеничну системи в єдину адаптивну платформу [5].

**ГІБРИДНІ СИСТЕМИ ПЕРЕСУВАННЯ.** На основі аналізу літературних джерел [5-7] було виявлено, що найбільш доцільними для малогабаритних роботів є гібридні системи типу «колесо + гусениця». Така конфігурація дозволяє:

1. Використовувати колеса для швидкого та енергоефективного руху на рівних ділянках;
2. Активувати гусениці для долаття складного рельєфу та нестабільних поверхонь;
3. Перемикати режими без зупинки за допомогою керуваного рейкового механізму [8].

Такі механізми передбачають наявність:

- окремих електроприводів для кожної системи пересування;
- крокових двигунів для актуаторів перемикачів;
- компактною модульною конструкцією для зручності виготовлення і тестування [9].

Важливим фактором є енергоефективність, яка забезпечується вибором оптимального режиму пересування залежно від типу поверхні, що знижує навантаження на акумулятор і підвищує автономність роботи.

Для розробки ефективного механізму пересування мобільного робота було проведено порівняльний аналіз основних типів рушіїв, їхніх особливостей та сфер застосування. Визначено, що жоден із традиційних типів (колесо, гусениця, крокуючий хід) не може одноосібно забезпечити потрібний баланс між швидкістю, прохідністю та енергоефективністю [1-3].

У таблиці 1 наведено узагальнене порівняння трьох основних типів систем пересування.

Таблиця 1 – Порівняння основних типів рушіїв мобільних роботів

Тип рушія	Швидкість руху	Прохідність	Енергоефективність	Складність конструкції
Колесо	Висока	Низька	Висока	Низька
Гусениця	Середня	Висока	Середня	Середня
Крокуючий хід	Низька	Дуже висока	Низька	Висока

Враховуючи ці характеристики, було прийнято рішення застосувати гібридну систему «колесо + гусениця», яка об'єднує переваги обох типів. Цей підхід дозволяє роботу автоматично перемикати режими пересування в залежності від типу рельєфу, що підвищує його ефективність у змінному середовищі [4-5].

Для реалізації запропонованої конструкції використано дві незалежні системи: триколісну мобільну базу та чотиримодульну гусеничну платформу, які перемикаються за допомогою рейкового механізму.

Таблиця 2 – Основні елементи конструкції мобільного робота

Найменування	Кількість	Деталь
Колесо	3	1 рульове, 2 привідні
Гусеничний тракт	4	2 ведучих, 2 ведених
Направлюючий барабан	14	7 на кожну одиницю
Вузол натягувача гусениці	2	по 1 з кожного боку
Циліндрична шестерня	2	по 1 кожній плаваючій одиниці
Підшипник	12	по 4 зірочки* на 3 колеса, 14 плаваючий агрегат
Двигун постійного струму	4	Привід 2 зірочки*, привід 2 колеса
Кроковий двигун	3	2 плаваючих блока, 1 кермо
Пульт управління	1	Для контролю всієї системи

Основні компоненти конструкції було розроблено з урахуванням модульності, простоти складання та можливості виготовлення за допомогою доступних засобів, зокрема 3D-друку. Для більш наочного представлення структури та принципу дії запропонованого гібридного механізму пересування доцільно звернутися до графічних матеріалів, що ілюструють зовнішній вигляд та внутрішню будову розробленої платформи (рис. 1-3).

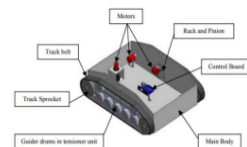


Рис. 1 – Загальний вигляд мобільного робота

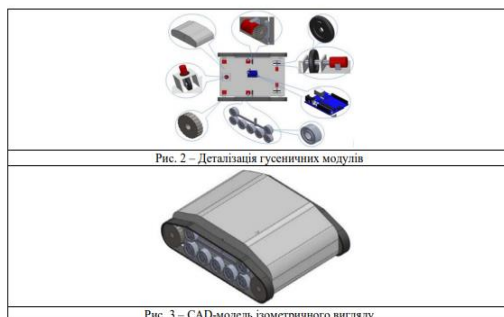


Рис. 2 – Деталізація гусеничних модулів

Рис. 3 – CAD-модель ізометричного вигляду

Для більш глибокого розуміння управління системою перемикачів було створено схему керування (рис. 4) – вона ілюструє принцип обміну сигналами між компонентами. Сигнали передаються від блоку керування та приймаються на приймач, встановлений у блоці робота.

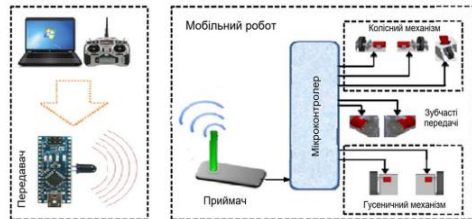


Рис. 4 – Система керування мобільним роботом

Потім відповідні команди передаються відповідному підрозділу для відповіді. На задніх колесах робота два двигуни постійного струму, з'єднані з приводом силової установки робота та системи керування на персьому колесі, яка приводиться в рух одним кроковим двигуном.

**ВИСНОВКИ.** У результаті проведеного дослідження було обґрунтовано доцільність використання гібридного механізму пересування для малого мобільного робота. Поєднання колісного та гусеничного типів рушіїв дозволяє забезпечити стабільне та ефективне переміщення як по рівній, так і по складній місцевості без необхідності зупинки або зміни конфігурації вручну.

Запропонована конструкція відзначається простотою реалізації, модульністю та адаптивністю до змін навколишнього середовища. Застосування незалежних приводів і механізму перемикачів забезпечує надійне функціонування системи в різних умовах експлуатації.

Отримані результати можуть бути використані для створення універсальних мобільних платформ, призначених для виконання дослідницьких, навчальних, моніторингових або пошукових завдань. Надалі можливе вдосконалення системи за рахунок автоматичного розпізнавання типу рельєфу, впровадження сенсорної адаптації та оптимізації енергоспоживання.

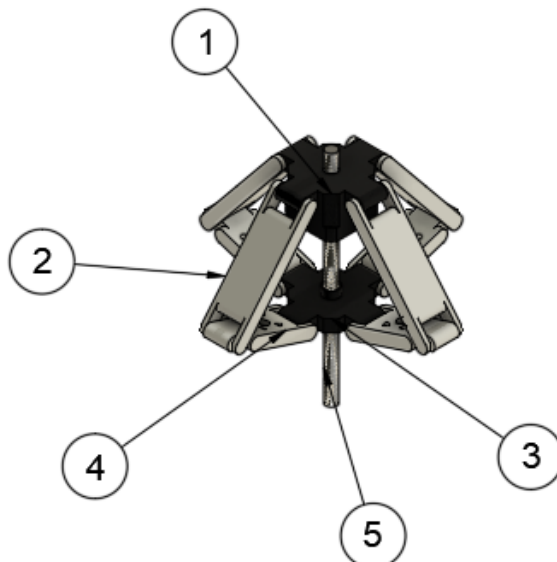
#### ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА.

1. Невлюдов І. Ш., Андрусевич А. О., Свєєєв В. В., Новоселов С. П., Демська Н. П. *Проектування мобільних маніпуляційних роботів*: Монографія. – Х.: 2022. – 427 с.
2. Робототехнічні системи: проектування і моделювання [Електронний ресурс]: навч. Посіб. для студ. спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології» /М. М. Поліщук, М.М. Ткач; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Електронні текстові дані (1 файл: 41,6 Мбайт). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 112 с.
3. Струтинський В.Б., Гуржій А.М. Наземні робототехнічні комплекси: Монографія. Житомир: ПП «Рута», 2023. 524 с.
4. Ghadi, Y. (2019). A novel hybrid locomotion mechanism for small mobile robot. *ICIT Express Letters, Part B: Applications, 10(11)*, 1031-1036.
5. Ghadi, Y. (2019). A novel hybrid locomotion mechanism for small mobile robot. *ICIT Express Letters, Part B: Applications, 10(11)*, 1031-1036.
6. Li, H., Xie, Z., Cao, Y., Zhang, R., & Qin, J. (2025). Design and analysis of a mobile robot with transformable wheel-legged mechanism. *Journal of Mechanisms and Robotics, 17(6)*.
7. Bruzzone, L., Baggetta, M., Nodehi, S. E., Bilancia, P., & Fanghella, P. (2021). Functional design of a hybrid leg-wheel-track ground mobile robot. *Machines, 9(1)*, 10.
8. Bak, A. S., Durkin, P., Saenz, M. J., Brodie, K. L., Bruder, B. L., & Forte, M. F. (2022, October). Evaluating autonomous system performance in the surfzone. In *OCEANS 2022, Hampton Roads* (pp. 1-8). IEEE.
9. Bianchi, G., Mudiyansele, K. P. N. H., & Cinquemani, S. (2022, April). Design of a swimming snake robot. In *Bioinspiration, Biomimetics, and Bioreplication XII* (Vol. 12041, pp. 75-81). SPIE.

**Науковий керівник:** Демська Наталія Павлівна, доцент, кандидат технічних наук, доцент кафедри КІТАР Харківського національного університету радіоелектроніки.

**ДОДАТОК Б**  
Конструкторські документи

Parts List			
Item	Qty	Part Number	Material
1	1	Верхня основа (1)	Steel
2	4	Верхня планка (вільна)	Steel
3	1	Нижня основа (1)	Steel
4	4	Нижня планка (кріпильна) (1) (1)	Steel
5	1	Ведучий вал	Steel

The diagram shows an exploded view of a balancing mechanism. It consists of a central drive shaft (5) with four arms extending from it. Each arm has a top plate (1) and a bottom plate (4) connected by a free top plate (2). A bottom base (3) is also shown. The parts are numbered 1 through 5, corresponding to the parts list above.

Dept. CITAR	Technical reference	Created by Danylo Khabarov	Approved by 01.06.2025
		Document type ПЮІК 442561.017	Document status Н
		Title <b>Балансуючий механізм</b>	DWG No.
		Rev.	Date of issue 01.06.2025
		Sheet 1/1	

ГЮК 731346.017

Лист № докум.

Спроб. №

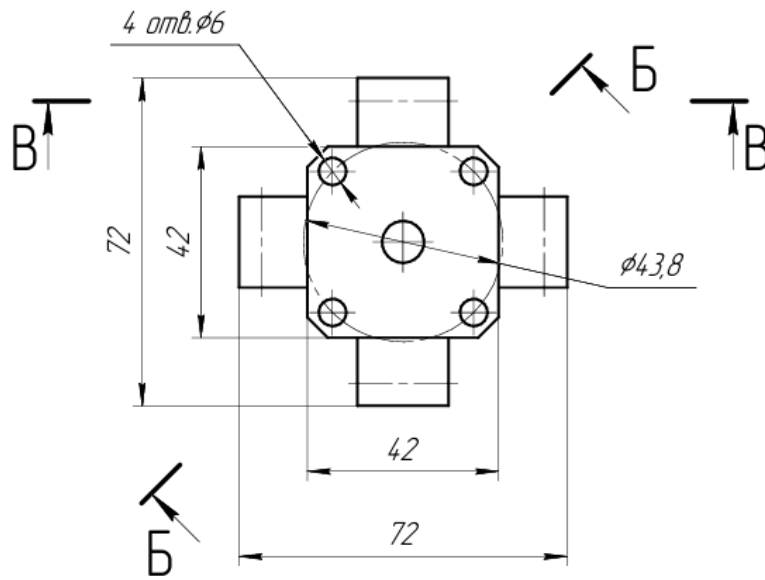
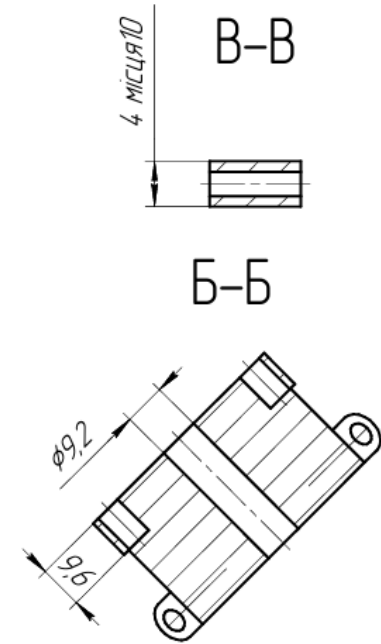
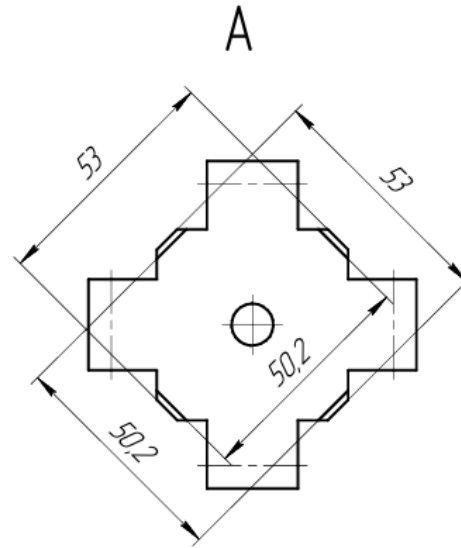
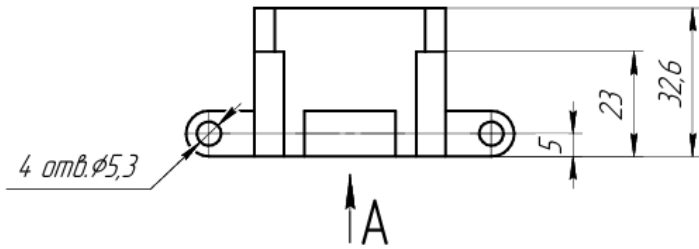
Лист и дата

Лист № докл.

Взам. шк. №

Лист и дата

Инв. № подл.



ГЮК 731346.017				Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ док.им.	Подп.	Дата	Верхня основа	0,48
Разраб.	Ходаров Д. С.			01.06.25		
Проб.	Денська Н. П.			01.06.25		
Т.контр.					Лист	Листов
Н.контр.	Денська Н. П.				Сталь 10 ГОСТ 1050-2013	
Утв.	Невлядов Г. Ш.					

Копировал

Формат А3

Parts List			
Item	Qty	Part Number	Material
1	1	Spur Gear (24 teeth) (2)	Steel
2	3	Spur Gear (12 teeth) (2)	Steel
3	1	Водило	Steel

Dept. CITAR	Technical reference	Created by Danylo Khabarov	Approved by 01.06.2025
		Document type ГЮІК 442561.017	Document status
		Title Крокуюче колесо	DWG No.
		Rev.	Date of Issue 01.06.2025
			Sheet 1/1

## **ДОДАТОК В**

Демонстраційний матеріал

