

**ДОДАТОК А**

## Код програми

```
#include <Servo.h>

// Декларація сервоприводів для руху
Servo servoFrontLeft;
Servo servoFrontRight;
Servo servoBackLeft;
Servo servoBackRight;

// Декларація сервоприводів для регулювання кліренсу
Servo liftServo1;
Servo liftServo2;
Servo liftServo3;
Servo liftServo4;

// Піни для підключення сервоприводів
const int frontLeftPin = 2;
const int frontRightPin = 3;
const int backLeftPin = 4;
const int backRightPin = 5;

const int liftServo1Pin = 6;
const int liftServo2Pin = 7;
const int liftServo3Pin = 8;
const int liftServo4Pin = 9;
```

```
// Команди
String command;

// Значення для високого і мінімального кліренсу
const int highClearance = 300;
const int lowClearance = 10;

void setup() {
  // Ініціалізація серводвигунів
  servoFrontLeft.attach(frontLeftPin);
  servoFrontRight.attach(frontRightPin);
  servoBackLeft.attach(backLeftPin);
  servoBackRight.attach(backRightPin);

  liftServo1.attach(liftServo1Pin);
  liftServo2.attach(liftServo2Pin);
  liftServo3.attach(liftServo3Pin);
  liftServo4.attach(liftServo4Pin);

  // Ініціалізація серійного зв'язку
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  // Читання команди з серійного порту
  if (Serial.available() > 0) {
    command = Serial.readString();

    if (command == "FORWARD") {
```

```
    moveForward();
} else if (command == "BACKWARD") {
    moveBackward();
} else if (command == "LEFT") {
    turnLeft();
} else if (command == "RIGHT") {
    turnRight();
} else if (command.startsWith("LIFT")) {
    adjustClearance(command);
} else if (command == "HIGH_CLEARANCE") {
    setClearance(highClearance);
} else if (command == "LOW_CLEARANCE") {
    setClearance(lowClearance);
}
}
}
```

// Функції для керування рухом

```
void moveForward() {
    servoFrontLeft.write(180);
    servoFrontRight.write(0);
    servoBackLeft.write(180);
    servoBackRight.write(0);
}
```

```
void moveBackward() {
    servoFrontLeft.write(0);
    servoFrontRight.write(180);
    servoBackLeft.write(0);
}
```

```
servoBackRight.write(180);
}

void turnLeft() {
    servoFrontLeft.write(0);
    servoFrontRight.write(0);
    servoBackLeft.write(180);
    servoBackRight.write(180);
}

void turnRight() {
    servoFrontLeft.write(180);
    servoFrontRight.write(180);
    servoBackLeft.write(0);
    servoBackRight.write(0);
}

// Функція для регулювання кліренсу
void adjustClearance(String command) {
    int clearanceValue = command.substring(4).toInt(); // Отримуємо значення
    кліренсу
    clearanceValue = map(clearanceValue, 10, 300, 0, 180); // Перетворення
    значення в градуси

    liftServo1.write(clearanceValue);
    liftServo2.write(clearanceValue);
    liftServo3.write(clearanceValue);
    liftServo4.write(clearanceValue);
}
```

```
// Функція для встановлення високого або мінімального кліренсу
void setClearance(int clearanceValue) {
    int servoAngle = map(clearanceValue, 10, 300, 0, 180); // Перетворення
    значення в градуси

    liftServo1.write(servoAngle);
    liftServo2.write(servoAngle);
    liftServo3.write(servoAngle);
    liftServo4.write(servoAngle);
}
```

## ДОДАТОК Б

### Апробація результатів наукових досліджень

Міністерство освіти і науки України



**NURE**

Харківський національний університет  
радіоелектроніки

## ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

**ADED-2023**

(Випуск 2)

[електронне видання]



<http://nure.ua/department/kafedra-komp-yuterno-integrovanih-tehnologiy-avtomatizatsiyi-ta-mehatroniki-kitap>



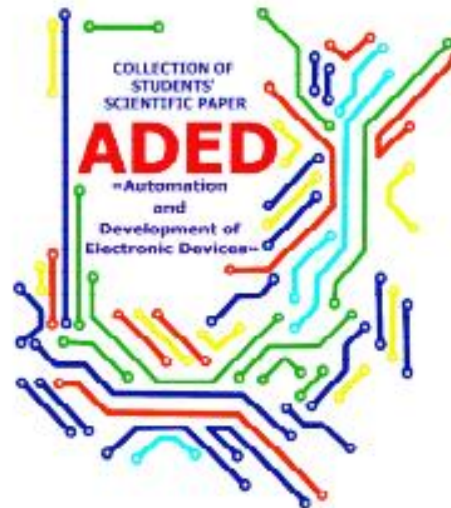
<http://itez.zntu.edu.ua/>



<http://kafca.kdu.edu.ua>

Харків 2023

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



## **ЗБІРНИК**

**студентських наукових статей**

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

**ADED-2023**

(Випуск 2)

[електронне видання]

Харків 2023

- Головий редактор** **Невлюдов Ігор Шакирович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
- Редакційна колегія:** **Филипенко Олександр Іванович**, доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики та комп'ютеризованих технологій, Харківського національного університету радіоелектроніки.  
**Цимбал Олександр Михайлович**, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.  
**Андрусевич Анатолій Олександрович**, доктор технічних наук, професор, начальник Криворізького коледжу національного авіаційного університету  
**Косенко Віктор Васильович**, доктор технічних наук, професор, зам. директора Державного підприємства «Південний державний проєктно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості».  
**Замірець Микола Васильович**, доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування.  
**Свищ Володимир Митрофанович**, доктор технічних наук, професор, радник директора Державне науково-виробниче підприємство «Об'єднання Комунар».  
**Фомовська Олена Владиславівна**, кандидат технічних наук, доцент завідувач кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.  
**Кухаренко Дмитро Володимирович**, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського  
**Демська Наталія Павлівна**, кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.  
**Фурманова Наталія Іванівна**, кандидат технічних наук, доцент, в.о. декана факультета Радіоелектроніки і телекомунікацій, Національного університету «Запорізька політехніка».
- Відповідальний редактор:** **Євсєєв Владислав В'ячеславович**, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Автоматизація та Приладобудування («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2023) [Електронний ресурс]: збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2023. – Вип. 2. – 386с.

Collection of Students' Scientific Paper «Automation and Development Of Electronic Devices» ADED-2023 Part 2 (Key infrastructure 2023) - Kharkiv/ The Editorial.: Nevlyudov I.Sh. (head), that all. Kharkiv: Kind of Kharkiv National University of Radio Electronics [electronic edition], 2023. – 386p with.

Рекомендовано рішенням  
Науково-технічної ради  
Харківського національного  
університету радіоелектроніки  
протокол №6 від 29.11.2018

Рекомендовано рішенням Вченої ради  
факультету Автоматики і комп'ютеризованих технологій  
Харківського національного  
університету радіоелектроніки  
протокол № 6 від 01.05.2023

Збірник містить наукові статті здобувачів першого (бакалаврського), другого (магістерського) рівнів вищої освіти кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР) Харківського національного університету радіоелектроніки, кафедри Інформаційних технологій електронних засобів (ІТЕД) Запорізького національного технічного університету та кафедри Електронних апаратів (ЕА) Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського які навчаються за спеціальностями: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, 172 Телекомунікації та радіотехніка, 171 Електроніка та 163 Біомедична інженерія. Статті надані в авторській редакції.

©ХНУРЕ, 2023 рік

## РОЗРОБЛЕННЯ КОНЦЕПТ МАКЕТУ МАЛОГАБАРИТНОГО МОБІЛЬНОГО РОБОТА ПІДВИЩЕНОЇ ПРОХІДНОСТІ

**Є.О. Єфімік**

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

Email: yehor.iefimik@nure.ua

**Анотація:** Дана стаття спрямована на розробку концепту макету малогабаритного мобільного робота підвищеної прохідності для роботи в складних умовах. В ході дослідження було проведено порівняльний аналіз типів ходових систем для малогабаритних мобільних роботів. Що дозволило обрати за базу комбіновану ходову систему. Виходячи з цього було запропоновано концепт реалізації комбінованої схеми системи ходової для малогабаритного мобільного робота, що по задумці автора дає можливість покращити прохідність в складних умовах.

**Ключові слова:** мобільний робот, концепт, комбінована ходова.

## DEVELOPMENT OF A CONCEPT LAYOUT OF A SMALL-SIZED MOBILE ROBOT WITH INCREASED CROSS-COUNTRY ABILITY

**Y. Iefimik**

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14

Email: yehor.iefimik@nure.ua

**Annotations:** This article is aimed at the development of the concept layout of a small-sized mobile robot with increased cross-country ability for work in difficult conditions. In the course of the study, a comparative analysis of the types of running systems for small-sized mobile robots was carried out. What made it possible to choose a combined chassis as a base. Based on this, the concept of implementing a combined scheme of the chassis system for a small-sized mobile robot was proposed, which, according to the author's idea, makes it possible to improve the passability in difficult conditions.

**Key words:** mobile robot, concept, combined chassis.

Актуальність розробки нових концепцій макетів малогабаритних мобільних роботів підвищеної прохідності обумовлена рядом сучасних викликів та тенденцій у різних галузях. По-перше, в умовах зростаючої урбанізації та зростання кількості міських об'єктів, таких як ступені, сходи, а також нерівні поверхні, мобільні роботи з високою прохідністю можуть ефективно використовуватися для виконання завдань у різноманітних середовищах. По-друге, у зв'язку з розширенням застосування робототехніки в автономних системах, наприклад, у сфері транспорту, медицини та досліджень, поява малогабаритних мобільних роботів стає невід'ємною частиною цього розвитку. Здатність до проникнення в труднодоступні місця та пересування в умовах обмеженого простору дозволяє їм виконувати завдання, які важко вирішити за допомогою традиційних методів. По-третє, в контексті зростання вимог до ефективності та швидкості виконання завдань у різних сферах, включаючи виробництво та обслуговування, розробка макетів мобільних роботів підвищеної прохідності може значно полегшити рутинні операції та забезпечити більш ефективне використання ресурсів. Узагальнюючи, розробка нових концепцій макетів малогабаритних мобільних роботів, зорієнтованих на підвищену прохідність, відповідає вимогам сучасного суспільства та відкриває широкі можливості для вдосконалення автономних систем у різних галузях [1-4].

На даний час існують наступні типи ходових систем, аналіз їх переваг та недоліків приведений в таблиці 1 [5-6].

Таблиця 1 – Порівняний аналіз типів ходових систем для малогабаритних мобільних роботів

Типи ходових	Застосування	Переваги	Недоліки
1	2	3	4
Колісна система	Колісні системи підходять для роботи на рівних поверхнях та шляхах	Велика швидкість на рівних ділянках, ефективність енергоспоживання	Обмежена прохідність в умовах нерівностей
Гусенична система	Гусеничні системи ідеально підходять для нерівних, м'яких або умовно прохідних поверхонь	Висока прохідність, стабільність на нерівних ділянках, здатність до маневрування	Може бути менш ефективною на гладких або твердих поверхнях
Нога з шестиподібною ходовою системою	Імітує природні рухи тварин, дозволяє роботам подолати непрохідність у складних умовах	Гнучкість, здатність пристосовуватися до різних умов рельєфу	Складніша конструкція та управління, менша швидкість
Нелегкий аеростатичний апарат (нелегкий дрефтуєчий робот)	Здатний плавати поверхнею та переміщатися за рахунок аеростатичної підтримки	Може легко подолати перешкоди водоїм або нерівності	Залежить від атмосферних умов, обмежена точність управління
Комбінована ходова система	Використовує комбінацію коліс, гусениць або інших елементів для покращення універсальності та ефективності в різних умовах	Комбінує переваги різних систем для оптимального використання в конкретних сценаріях	Може бути складнішою та важчою, ніж інші системи

Приклад роботів, реалізованих на різних типах ходових систем, представлено на рисунку 1.



а) PicoGo колісний робот [7] ; б) Гусенична робоплатформа Off-Road UGV-01 [8];  
в) Mobility covers [9].

Рисунок 1 – Приклад мобільних роботів, реалізованих на різних типах ходових систем

Як можливо бачити, використання комбінованої ходової системи для мобільного робота має декілька переваг, оскільки вона об'єднує різні типи ходових механізмів для оптимальної ефективності в різних умовах та завданнях. Внаслідок чого, вони мають наступні переваги [10-14]:

- універсальність. Комбінована ходова система дозволяє роботу пристосовуватися до різних типів поверхонь та умов роботи. Наприклад, вона може використовувати колеса для швидкого переміщення на рівних поверхнях і гусениці для подолання нерівностей чи м'яких ділянок;

- ефективність у різних середовищах. Комбінування різних ходових систем дозволяє роботу працювати в різних середовищах, таких як міська інфраструктура, непрохідні території чи виробничі приміщення, забезпечуючи оптимальні умови для різноманітних завдань;

- підвищена прохідність. Комбіновані системи можуть подолати перешкоди та нерівності, які можуть бути складними для інших типів ходових систем. Це робить їх ефективними у важкодоступних місцях;

- оптимальне використання ресурсів. Використання різних ходових механізмів за потреби дозволяє економити енергію та підвищує витрату ресурсів, забезпечуючи оптимальну продуктивність у конкретних сценаріях;

- маневреність. Комбіновані системи можуть бути конструйовані для забезпечення високої маневреності та точності руху, що робить їх ефективними для виконання завдань у складних умовах та обмежених просторах.

Узагальнюючи, комбіновані ходові системи мобільних роботів можуть бути оптимальним вибором для тих сценаріїв, де необхідно поєднати переваги різних типів ходових механізмів для ефективного виконання різноманітних завдань [15-17].

Виходячи з проведеного аналізу в рамках даного дослідження пропонується використовувати комбіновану схему системи ходової. Концепт реалізації комбінованої схеми системи ходової для малогабаритного мобільного робота представлено на рисунку 2.

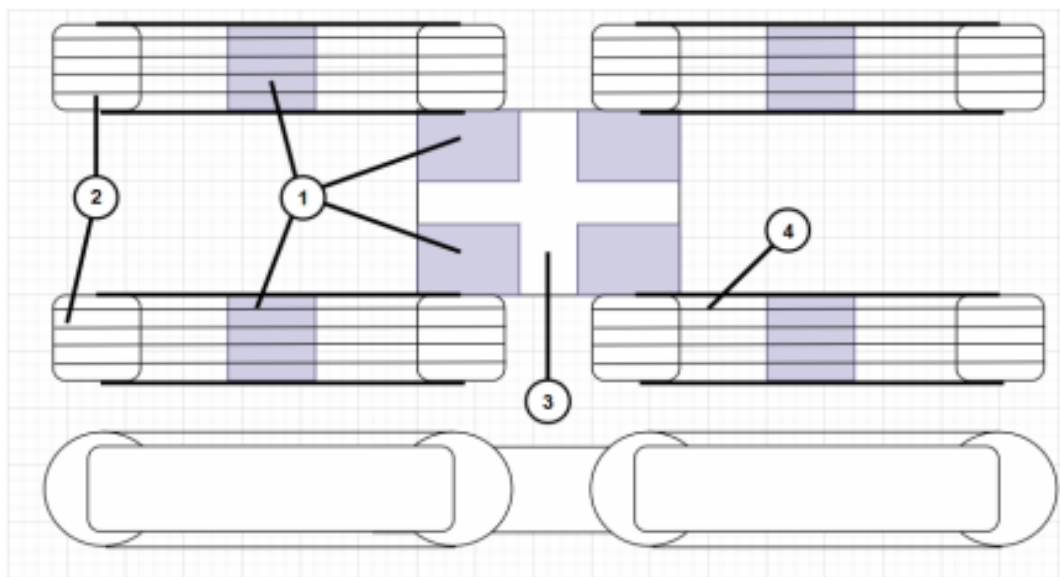


Рисунок 2 – Концепт реалізації комбінованої схеми системи ходової для малогабаритного мобільного робота

Опис базових елементів мобільного робота, представлених на концепті такі: 1 – серводвигуни типу MG995 Tower Pro 360° або Futaba 3003 (модифікований для безперервного обертання); 2 – колеса; 3 – корпус мобільного робота; 4 – кільця ущільнювачів Caterpillar (товщина 3 мм, діаметром 60 мм та 124 мм). Відповідно до розробленої концепції, робот має наступні можливості переміщення, коли корпус знаходиться зверху (рис 3.а) та знизу (рис 3.б). Також дає можливість незалежно керувати кутом кожної ходової [18-19].



6. Attar, H., & et al. (2022). Control System Development and Implementation of a CNC Laser Engraver for Environmental Use with Remote Imaging. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, Article ID 9140156, <https://doi.org/10.1155/2022/9140156>.
7. Attar, H., & et al. (2022). Zoomorphic Mobile Robot Development for Vertical Movement Based on the Geometrical Family Caterpillar. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, Article ID 3046116, <https://doi.org/10.1155/2022/3046116>
8. Nevludov, I., Yevsiciev, V., Maksymova, S., Demska, N., Kolesnyk, K., & Miliutina, O. (2022, September). Object Recognition for a Humanoid Robot Based on a Microcontroller. In *2022 IEEE XVIII International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH)* PP. 61-64. DOI: 10.1109/MEMSTECH55132.2022.10002906
9. Євсєєв В.В. Проектування мобільних роботів на базі одноплатних комп'ютерів (Raspberry Pi и мови Python 3.6) // Невлюдов І. Ш., Андрусевич А. О., Євсєєв В. В. Підручник. – Харків : 2020. С. 257.
10. Невлюдов І. Ш., Андрусевич А. О., Євсєєв В. В., Новоселов С. П., Демська Н. П. Проектування мобільних маніпуляційних роботів: Монографія. – Х. :, 2022. – 427 с.
11. Mykhailo Akorov, Svitlana Maksymova, & Vladyslav Yevsiciev. (2023). Choosing a Camera for 3D Mapping. *Journal of Universal Science Research*, 1(11), 28–38. Retrieved from <https://universalpublishings.com/index.php/jusr/article/view/2486>
12. Nevludov Igor, Maksymova Svitlana, Yevsiciev Vladyslav, & Klymenko Oleksandr. (2023). Using Mecanum Wheels for Radio Shuttle. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 3(3), 182–187.
13. Yevsiciev V. Some aspects of the development of the BEAM robot control scheme / V. Yevsiciev // In IV International Scientific and Theoretical Conference, Singapore, Republic of Singapore. - P. 79-81.
14. Yevsiciev, V. Comparative Analysis of the Characteristics of Mobile Robots and Collaboration Robots Within INDUSTRY 5.0. / V. Yevsiciev, D. Gurin // In the VI International Scientific and Theoretical Conference, September 8, 2023. Chicago, USA. P.92-94
15. Yevsiciev, V. ., & Gurin, D. . (2023). COMPARATIVE ANALYSIS OF THE BASIC METHODS USED IN INDUSTRY 4.0 AND INDUSTRY 5.0. *Collection of Scientific Papers «ΛΟΓΟΣ»*, (September 29, 2023; Bologna, Italy), 113–115. <https://doi.org/10.36074/logos-29.09.2023.31>
16. Vladyslav Yevsiciev, Nikolaj Starodubcev (2023). Development of a control algorithm for a small-sized mobile manipulation robot. *Scientific Collection «InterConf»*, (140), P. 648-651.
17. Yevsiciev V. (2023) Development of a program for modeling the control of a mobile manipulation robot in the unity environment / Yevsiciev V., Starodubcev N. // *Scientific Collection «InterConf»*, (141), P. 331-334.
18. A Small-Scale Manipulation Robot a Laboratory Layout Development / Yevsiciev V., Starodubcev N., Maksymova S., Stetsenko K. // *International independent scientific journal*, №47, 2023. P.18-28.
19. Yevsiciev, V. ., Maksymova, S. ., & Starodubcev, N. . (2022). A ROBOTIC PROSTHETIC A CONTROL SYSTEM AND A STRUCTURAL DIAGRAM DEVELOPMENT. *Collection of Scientific Papers «ΛΟΓΟΣ»*, (August 12, 2022; Zurich, Switzerland), 113–114. <https://doi.org/10.36074/logos-12.08.2022.33>

**ДОДАТОК В**  
Демонстраційний матеріал

