

## ДОДАТОК А

Апбробація результатів 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-kitam>



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

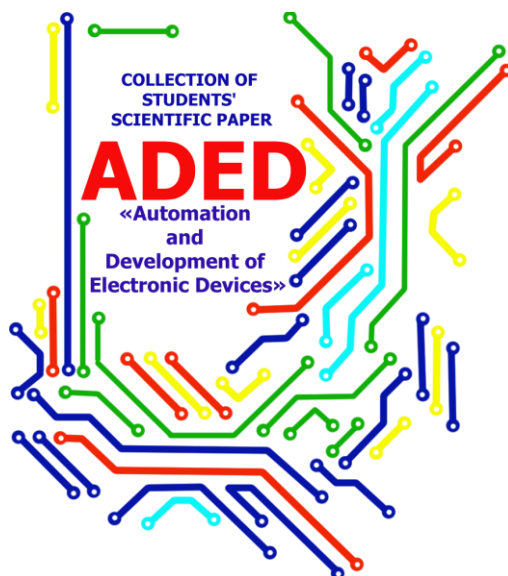


<http://kafea.kdu.edu.ua>

«AUTOMATION AND DEVELOPMENT OF ELECTRONIC  
DEVICES»ADED-2023 Part 2.

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]**

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ АВТОНОМНОГО ПОЗИЦІОНУВАННЯ ТА НАВІГАЦІЇ РОБОТОТЕХНІЧНИХ МОБІЛЬНИХ ПЛАТФОРМ

**Є.О.Зуєв, М.Ю. Лучанінов**

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: yevhen.zuiev@nure.ua, mykyta.luchaninov@nure.ua

**Анотація:** Розглянуто методи автономної позиціонування та навігації мобільних робототехнічних платформ, призначених для вирішення різноманітних завдань залежно від призначення, умов функціонування, ризиків збоїв і відмов, радіусу дії тощо.

**Ключові слова:** робототехнічна мобільна платформа, навігаційна система, сенсор, дальномір

## RESEARCH OF METHODS OF AUTONOMOUS POSITIONING AND NAVIGATION ROBOTIC MOBILE PLATFORMS

**E.O. Zuiev, M.Yu. Luchaninov**

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14

E-mail: yevhen.zuiev@nure.ua, mykyta.luchaninov@nure.ua

**Annotation:** The methods of autonomous orientation and navigation of mobile robotic platforms designed to solve various tasks depending on the purpose, operating conditions, risks of failures and failures, range, etc. are considered.

**Keywords:** robotic mobile platform, navigation system, sensor, rangefinder

**Вступ.** Автоматизація робототехнічних мобільних платформ (РМП) необхідна для полегшення роботи оператора, який може не встигати сприймати потік інформації, що надходить від сенсорних систем робота. Інформаційні системи таких РМП повинні відповідати таким вимогам: забезпечення автоматичного руху, забезпечення безпеки транспортного засобу, визначення положення РМП в просторі, складання опису робочої зони. Задоволення цих вимог можливе за допомогою оснащення сучасних РМП різними сенсорами: одометричними сенсорами, системами супутникової навігації, інерційними вимірювальними системами, відеокамерами, сонарами і лазерними скануючими дальномірами. Велика кількість і широке розмаїття сенсорних систем, якими оснащуються сучасні мобільні роботи, і в той же час зростання обчислювальної потужності бортових систем управління дозволяє розробляти різні методи обробки сенсорної інформації для вирішення завдань позиціонування та навігації РМП.

**1. Методи автономного позиціонування та навігації робототехнічних мобільних платформ.** Існуючі методи автономного позиціонування та навігації РМП засновані на використанні даних, які система інформаційного забезпечення безперервно постачає в систему управління та контролю. Джерела цих даних може бути найрізноманітнішими, але, у разі, або внутрішніми, або зовнішніми. Причому джерела даних зручно розділити на активні та пасивні. Пасивні джерела даних передбачають отримання відомості РМП про свої координати, характеристики руху та розташування інших мобільних об'єктів від зовнішніх джерел інформації. Робота активних джерел даних полягає в використанні внутрішніх (власних) апаратних засобів РМП. До пасивних засобів позиціонування та навігації відносять

супутникові системи (GPS) та просторові маркери (координатні маячки).

Системи, засновані на русі опорними точками, забезпечують найкращі показники з точки зору точності переміщення РМП на площині або в тривимірному просторі. Однак цей метод застосовний лише для обмеженого (найчастіше – замкнутого) простору, складний у застосуванні для кількох РМП, що працюють у безпосередній близькості один від одного, викликає збої в роботі при появі раніше не зазначених перешкод, потребує технічного обслуговування маркерів (маячків).

Супутникові системи поширені й у час успішно розвиваються. Однак точність подібних систем не завжди буває задовільною при розв'язанні задачі визначення координат мобільного РМП під час його руху складним маршрутом. Основні фактори, що призводять до зниження довготривалої точності визначення координат РМП у супутникових системах: зміни орбіт супутників, поява об'єктів, що тимчасово перекривають доступ РМП до сигналів з супутників, вплив атмосфери Землі, що заважає, багаторазові перевідображення та інтерференція радіохвиль.

Активні джерела даних для навігаційних систем РМП широко представлені інерційними навігаційними системами. Інерційні навігаційні системи можуть бути умовно поділені на системи, що не використовують додаткову інформацію про зовнішнє середовище, що оточує РМП, та системи, що враховують подібну інформацію.

Класичним прикладом інерційних навігаційних систем є механічні гіроскопи і акселерометри, які дозволяють виміряти положення, швидкість і прискорення об'єкта відносно деякого його початкового (умовно-нульового) положення в заданій системі координат і моменту прикладених сил. Головним недоліком інерційних навігаційних систем є безперервне накопичення помилок у його функціонування, і навіть різке зниження ефективності ситуаціях, коли вектор швидкості об'єкта та її модуль різко змінюються у процесі переміщення у просторі. Крім того, інерційна навігаційна система не може надати інформацію про інші (часто заважають) об'єкти, що оточують РМП. Тому інерційні навігаційні системи намагаються використовувати РМП разом із спеціалізованими датчиками середовища, дозволяють отримати додаткову інформацію про середовищі, у якому функціонує РМП.

Сенсори середовища різноманітні, це можуть бути сенсори сили (сенсори контактної взаємодії з іншими рухомими об'єктами або нерухомою перешкодою), сенсори різного випромінювання (ультрафіолетового, оптичного, інфрачервоного, радіаційного, радіохвильового, ультразвукового), дальноміри (оптичні та ультразвукові).

Серед датчиків сили розрізняють сенсори тиску (частковий випадок – мікроперемикачі) та сенсори згину, принцип дії яких заснований на зміні опору провідного середовища при згинанні або скручуванні. Найчастіше подібні сенсори мають у своєму розпорядженні повиступаючому периметру РМП.

Сенсори випромінювання настільки різноманітні за принципом дії та практичного застосування, що заслуговують на окреме обговорення. У рамках статті слід виділити їх окремий випадок – відеокамери. Загалом їх кількість у РМП не обмежена. Системи навігації, які використовують відеокамери для позиціонування РМП у навколишньому середовищі, є одними з найпоширеніших та універсальних. Відеокамери ефективні як при русі РМП в замкнутому просторі, так і у разі їх використання поза межами рамок.

Влаштування подібних систем позиціонування багато в чому аналогічне зору людини. Найчастіше використовують бінокулярні конструкції, що дозволяють будувати об'ємну модель оточення РМП з урахуванням зіставлення зображень, одержуваних із двох просторово рознесених точок спостереження. Можливе використання в одному РМП більше двох відеокамер. Подібний підхід дозволяє підвищити оперативність отримання даних про

оточення в різних напрямках, а також досягти більшої його адекватності. Однак переваги багатокамерних РМП значною мірою нівелюються різким зростанням їхньої вартості.

Можливі конструкції РМП із однією відеокамерою. Причому навіть у цьому випадку існує принципова можливість отримання об'ємної інформації про віддалені об'єкти або перешкоди. У цьому вартість РМП істотно знижується.

Втім, системи позиціонування з використанням відеокамер не позбавлені недоліків. Як складна, технічно та конструктивно насичена система перетворення інформації, відеокамера схильна до різних механічних, атмосферних, електромагнітних та інших перешкод. Також великі складності виникають із отриманням, зберіганням, обробкою та передачею великих обсягів інформації, яку містить відеозображення. Зокрема, ці складнощі пов'язані з проблемою розпізнавання образів об'єктів, не всі з яких відомі апіорі.

Великий клас активних засобів позиціонування та навігації представляють оптичні та ультразвукові дальноміри.

Оптичні дальноміри (їх ще називають лідерами від англійської абревіатури LIDAR – Light Detection and Ranging) є активними оптичними системами, які використовують явище відображення світла, а також його розсіювання в прозорих і напівпрозорих середовищах. Принцип дії лідара багато в чому схожий на роботу радіолокатора: спрямований промінь випромінювача відбивається від об'єктів дослідження чи перешкод і повертається у точку випромінювання, де уловлюється чутливим датчиком (приймачем). Діапазон робочих довжин хвиль оптичних випромінювачів лежить у межах від 1550 нм (інфрачервоне випромінювання "дальні") до 355 нм (ультрафіолетове випромінювання "ближні").

Завдяки малій довжині хвилі світлових коливань (променів) з'являється можливість фіксувати об'єкти, що відбивають, з малими геометричними розмірами, визначити відстань до них, оцінювати інтенсивність розсіювання світлових променів у прозорих і напівпрозорих середовищах. Різноманітність факторів різноспрямованого розсіювання світлових коливань ускладнює завдання аналізу середовища їх поширення, розподілу в ній різних об'єктів та відстаней до цих об'єктів від РМП.

Джерелами зондувального випромінювання є або спеціальні лазери, або світлодіоди (або світлодіодні матриці). Лазери, для яких характерні когерентність, висока щільність і миттєва потужність випромінювання, використовуються в ситуаціях з більшими відстанями (від десятків метрів і більше), до об'єктів, що досліджуються, з напівпрозорими середовищами поширення, з вимогами високої просторової роздільної здатності. В обмежених просторах (приміщеннях, майданчиках, громіздкому устаткуванні тощо) можливе використання світлодіодних випромінювачів.

Оптичне випромінювання може здійснюватися у вигляді коротких оптичних імпульсів (для відносно великих відстаней) або у вигляді безперервних коливань, промодульованих по амплітуді (у разі малих відстаней до об'єктів досліджуваних від РМП).

Для отримання об'ємної моделі простору, що оточує РМП, використовують оптичні випромінювальні випромінювачі машинного зору, які формують двовимірні і тривимірну картину оточення, а також дозволяють аналізувати властивості середовища поширення в заданому секторі огляду. Для сканування спрямованого випромінювання в одній площині застосовуються різні головки, що сканують. Оптичний випромінювач і приймач відбитих (розсіяних) коливань – нерухомі, а сканування досягається обертанням дзеркального відбивача, рух якого синхронізується з допомогою спеціальних реперних міток. Щоб уникнути перевантаження приймача оптичного випромінювання інтенсивним засвіченням з боку ближньої зони розсіювання, використовують високошвидкісні механічні непроникні "штори", які фізично обмежують доступ розсіяних променів прийомний оптичний канал.

**Висновки.** Сучасні РМП є складними кібернетичними пристроями, призначеними для вирішення різноманітних завдань переважно в автономному режимі роботи. Ця обставина змушує розробляти різноманітні апаратні та програмні засоби позиціонування і навігації залежно від призначення РМП, умов її функціонування, ризиків збоїв і відмов, радіусу дії тощо.

З урахуванням сучасного стану технологій виробництва компонентної бази, матеріалів, елементів точної механіки, оптики, засобів комунікації, завадостійкого кодування, програмного забезпечення таке комплексування дає змогу істотно поліпшити тактико-технічні характеристики систем позиціонування та навігації РМП.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Nevliudov I. Sh. Improvement of the commutation system for a mobile robot platform using polyimide structures / Nevliudov I., Zharikova I., Bronnikov A. // Eurasian scientific discussions. Proceedings of the 4th International scientific and practical conference (May 8-10, 2022), Barca Academy Publishing, Barcelona, Spain. – 2022. – PP. 157–163.

2. Невлюдов І.Ш. Людино-машинний інтерфейс в технічних засобах автоматизації: Навчальний посібник / І.Ш. Невлюдов, О.І. Филипенко, Б.О. Шостак. – Харків : «ХТМТ», 2019. – 244 с.

3. Новоселов С. П. Модель керування рухом роботизованої платформи / С. П. Новоселов, О. В. Сичова, К. Р. Карікова // VII Міжнародна науково-практична конференція «Напівпровідникові матеріали, інформаційні технології та фотовольтаїка»: Тези доповідей. – Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2022. – С.105-106.

4. Сичова О. В. Розробка мікроконтролерного модуля для керування рухом роботизованої мобільної платформи / О. В. Сичова, С. П. Новоселов, Є. В. Коломейко // VII Міжнародна науково-практична конференція «Напівпровідникові матеріали, інформаційні технології та фотовольтаїка»: Тези доповідей. – Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2022. – С.107-108.

5. Платов І. М. Використання лазерного датчика відстані VL53L0X для систем зору мобільних роботів / І. М. Платов, О. М. Павловський // XIII Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», 13-14 травня 2020 р., м. Київ, Україна: збірник праць конференції. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – С. 59-62.

**Науковий керівник:** *Аллахверанов Рауф Юсіфович, доцент, кандидат технічних наук, доцент кафедри КІТАР, Харківського національного університета радіоелектроніки.*

**ДОДАТОК Б**  
Демонстраційний матеріал



Формат	Позиція.	ПОЗНАЧЕННЯ	НАЙМЕНУВАННЯ	Кільк.	Примітки
			<u>Текстові документи</u>		
A4	1	ГЮІК 621.321.12ПЗ	Пояснювальна записка	75	с.
			<u>Інші документи</u>		
			Апбробація результатів досліджень		
A4	2			6	с.
A4	3		Демонстраційний матеріал	12	с.
			ГЮІК 621.321.12ВД		
Змін.	Арк	Номер докум.	Підпис	Дата	
Розроб.		Лучанінов М.Ю.			Розробка математичної моделі прийняття рішень для адаптивного керування промисловим роботом Відомість кваліфікаційної роботи
Переві		Андрусевич А.О.			
Н.конт		Стародубцев М.Г			Літера Арку Аркуш Н 1 1 Кафедра КІТАР ХНУРЕ
Затв.		Невлюдов І.Ш.			