

ДОДАТОК А

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-2024

(Випуск 2)

[електронне видання]



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



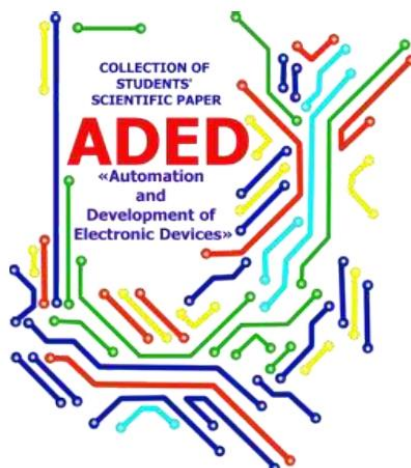
<http://itez.zntu.edu.ua/>



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

Харків 2024

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-2024

(Випуск 2)

[електронне видання]

Харків 2024

- Головий редактор** **Невлюдов Ігор Шакирович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, 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 робототехніки, 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 проектно-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 робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
Фурманова Наталія Іванівна, кандидат технічних наук, доцент, 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 робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Автоматизація та Приладобудування («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2024) [Електронний ресурс] : збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2024. – Вип. 2. – 290с.

Collection of Students' Scientific Paper «Automation and Development Of Electronic Devices» ADED-2024 Part 2 (Key infrastructure 2024) - Kharkiv/ The Editorial.: Nevlyudov I.Sh. (head), that all. Kharkiv: Kind of Kharkiv National University of Radio Electronics [electronic edition], 2024. – 290p 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 № 4 від 26.12.2024

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, 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка; 172 Телекомунікації та радіотехніка, 171 Електроніка та 163 Біомедична інженерія. Статті надані в авторській редакції.

©ХНУРЕ, 2024 рік

ЗМІСТ

<i>Гребенков Д.В.</i> Дослідження використання повітряних безпілотних систем та їх класифікація	8
<i>Івашенко К.В.</i> Розробка багатоканальної системи подачі філаменту для багатокольорового 3D друку	15
<i>Кальченко А.С.</i> Розробка полярного 3D принтеру з можливістю друку без технологічних підтримок ...	20
<i>Піхтерьов А.Д.</i> Корекція системи координат полярного 3D принтеру для підвищення якісних показників друку	29
<i>Вінниченко С.О.</i> Система автоматизації для забезпечення керування якістю продукції на всіх етапах виробництва	38
<i>Івашенко К.В.</i> Системи мультиматеріального 3D-друку	43
<i>Лашин З.В.</i> Аналіз методів та принципів використання автоматизованих керованих транспортних засобів у виробничому процесі	53
<i>Єчевський А. Д.</i> Розумний світлофор: технологія майбутнього для сучасних міст	64
<i>Маруніч Р.В.</i> Особливості застосування IoT у сфері безпеки	71
<i>Твердохліб А.О.</i> Роль штучного інтелекту в оптимізації інформаційно-пошукових систем	77
<i>Shchokolov I.S.</i> The role of automation and cals systems in changing human factor in production	82
<i>Поліканов К.А.</i> Ключові функції та можливості інтелектуальних систем для модульного житла	87
<i>Сухомлінова Д.А.</i> Огляд концепцій дистанційного керування та моніторингу дронів	92
<i>Артюх В.С., Кацеев В.А.</i> Аналіз та моделювання Shuttle-систем	97
<i>Обривко Є.В.</i> Аналіз методів і функцій захисту даних для ресурсів дистанційного навчання	107
<i>Сверчков М.О.</i> Системи автоматизації для модульних роботизованих систем виробничого призначення	113
<i>Панков А.А.</i> Дослідження методів розробки програмного модуля автоматизованого управління замкненою виробничою ділянкою	118
<i>Петров Е.С.</i> Аналіз методів підвищення ефективності складального виробництва за принципами Lean Production	126
<i>Сагула О.О.</i> Аналіз програмного нейромережевого модуля для виявлення дронів на основі Yolov5..	130

УДК 519.68

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ПРИНЦИПІВ ВИКОРИСТАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ КЕРОВАНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ У ВИРОБНИЧОМУ ПРОЦЕСІ

З.В. Лашин

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: zakhar.lashyn@nure.ua

Анотація: У даній роботі проведено методів та принципів використання автоматизованих керованих транспортних засобів у виробничому процесі. Проведено аналіз проблеми стикування автономного транспортного робота з промисловим обладнанням та описано системи позиціонування автономних транспортних роботів.

Наукова новизна полягає у збільшенні ефективності лінійного переміщення транспортного засобу шляхом пристиковування до промислового обладнання в автономному режимі без участі людини.

Ключові слова: автоматизація, автономність, керування, переміщення, стикування, транспорт, точність.

ANALYSIS OF THE METHODS AND PRINCIPLES OF USING AUTOMATED GUIDED VEHICLES IN THE PRODUCTION PROCESS

Z. Lashyn

Kharkiv National University of Radioelectronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, 14 Nauky Ave

E-mail: zakhar.lashyn@nure.ua

Abstract. In this work, the methods and principles of using automated guided vehicles in the production process are presented. The analysis of the problem of docking an autonomous transport robot with industrial equipment was carried out and the positioning system of autonomous transport robots was described.

The scientific novelty consists in increasing the efficiency of the linear movement of the vehicle by docking it to industrial equipment in an autonomous mode without human intervention.

Keywords: automation, autonomy, control, movement, docking, transport, precision.

Сучасні виробничі підприємства стикаються з постійним тиском на підвищення продуктивності, зменшення витрат і покращення ефективності. Одним із способів досягнення цих цілей є впровадження автономних транспортних роботів (АТР). АТР – це роботи, які здатні переміщати вантажі на виробничих і складських об'єктах без втручання людини, використовуючи системи автоматизації для навігації та виконання своїх завдань. Вони стають дедалі популярнішими завдяки можливостям підвищення ефективності, зменшення людських помилок і оптимізації логістичних процесів.

Автономні транспортні роботи здатні виконувати завдання з транспортування матеріалів, компонентів або готової продукції швидко та безперервно. Вони працюють 24/7 без потреби в перервах, що дозволяє значно підвищити продуктивність виробничих ліній. У порівнянні з ручним транспортуванням, яке залежить від людських ресурсів і фізичних можливостей, роботи можуть виконувати більший обсяг роботи за менший час.

Проблема стикування автономного транспортного робота з промисловим обладнанням, таким як конвеєр, є важливою технічною задачею, що може значно впливати на ефективність передачі продукції. Основні труднощі полягають у точності позиціонування робота біля

конвеєра, синхронізації його рухів із конвеєром та забезпеченні надійного механізму передачі вантажу.

Метою цієї роботи є вдосконалення методу позиціонування мобільних транспортних роботів біля промислового обладнання для вирішення задачі стикування частин механізмів виробничих конвеєрів та автономних роботизованих шатлів.

Об'єктом дослідження в даній роботі є процес локального позиціонування мобільних транспортних роботів відносно промислового обладнання.

Предмет дослідження – методи визначення поточного положення транспортних роботів в виробничому просторі.

Автоматизовані керовані транспортні засоби (AGV), також відомі як мобільні роботи, – це універсальні роботизовані системи, здатні пересуватися по лініях, поверхнях або всередині виробничого простору. На відміну від фіксованих роботизованих маніпуляторів, які прикріплені до основи за допомогою ланок і з'єднань, AGV є автономними та пропонують широкий діапазон руху та доступності. Однак функціональність роботизованих маніпуляторів може бути значно розширена при встановленні на AGV.

Інтеграція AGV з роботами створює мобільну платформу, яка виконує різноманітні завдання, включаючи дистанційне керування, телеманіпуляції, сканування та зондування. AGV використовуються в багатьох сферах застосування, таких як виробництво, складування, інспекція, розвідка, транспортування та військові операції.

Системи AGV – це галузь автоматизації, що включає складні елементи керування та передові системи наведення, які дозволяють їм подорожувати на великі відстані та виконувати численні завдання. Вони використовують різні технології навігації, включаючи сприйняття, локалізацію, планування шляху та керування рухом, якими може керувати бортовий комп'ютер, центральна комп'ютерна система або диспетчер.

Шляхи для AGV ретельно сплановані, щоб уникнути потенційних перешкод, блокувань або перешкод, які можуть порушити їхню роботу (рис. 1). Крім того, системи AGV потребують гладкої рівної поверхні для оптимальної роботи, оскільки вони не призначені для навігації по дірах, нерівностях або тріщинах.

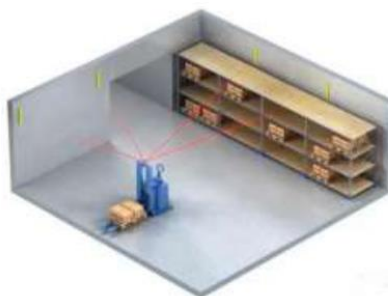


Рисунок 1 – Переміщення в середині виробничого простору

Під час пандемії 2020 року AGV набули популярності через вимоги соціального дистанціювання та сплеск електронної комерції. Підвищений попит призвів до розробки більш надійних і ефективних систем AGV. Заводи також запровадили AGV, щоб дотримуватися правил соціального дистанціювання під час переміщення продуктів, інструментів, обладнання та ресурсів.

У міру швидкого розвитку AGV зростає бездротове підключення, яке є важливим для їх роботи. AGV покладаються на міцне та надійне підключення, щоб забезпечити безперебійну та ефективну роботу під час руху.

Автоматизовані керовані транспортні засоби (AGV), також відомі як автоматизовані керовані візки (AGC), призначені для підйому вантажів шляхом під'їзду під кошик або візок і злегка їх піднімання (рис. 2). Ці AGV можуть автономно транспортувати та зберігати вантаж у місці призначення без ручного втручання. Вони зазвичай використовуються в лікарнях для доставки їжі, білизни та медичних товарів.



Рисунок 2 – Підйом вантажів шляхом під'їзду під кошик або візок

Наступний вид транспортних роботів це автоматизовані керовані транспортні засоби, що буксирують або буксирують, тягнуть некеровані транспортні засоби або причепа (рис3).



Рисунок 3 – Автоматизовані керовані транспортні засоби, що буксирують

Оскільки їхнє перенесення вантажу не передбачає підйому, вони можуть працювати з кількома вантажами, на відміну від вилкових навантажувачів і автотранспортних засобів AGV. Однак вони призначені виключно для транспортування і не можуть розміщувати вантажі на місці.

Модульні автоматизовані керовані транспортні засоби, також відомі як тунельні AGV, спеціально розроблені для транспортування вантажів до процесів складання (рис. 4). У контрольованому середовищі складання їхня навігація простіша та працює на менших швидкостях порівняно з іншими типами AGV. Ці транспортні засоби відрізняються високою маневреністю, що дозволяє їм легко встановлюватися на складальних станціях і орієнтуватися в них.



Рисунок 4 – Модульні автоматизовані керовані транспортні засоби

Модульні AGV перетягують супутню раму до призначеного місця висадки. Після прибуття AGV може пройти повз RFID-датчик, який запускає наступну дію робота. Порівняно з навантажувачами AGV модульні AGV є більш ефективними та рентабельними, оскільки їм потрібна лише супутня рама для доставки складальних частин або компонентів.

Проблема стикування автономного транспортного робота (АТР) з промисловим обладнанням, таким як конвеєр, є важливою технічною задачею, що може значно впливати на ефективність передачі продукції. Основні труднощі полягають у точності позиціонування робота біля конвеєра, синхронізації його рухів із конвеєром та забезпеченні надійного механізму передачі вантажу.

Для успішного стикування АТР до конвеєра робот повинен точно підійти до визначеної позиції. Відхилення навіть на кілька сантиметрів можуть призвести до того, що продукція не буде правильно завантажена або розвантажена. Проблеми з позиціонуванням можуть виникати через кілька факторів:

- якщо робот не має достатньо точних навігаційних систем або якщо сенсори дають похибки, може бути складно досягти ідеального позиціонування;
- якщо на виробництві виникають перешкоди або змінюється розташування обладнання, це може ускладнити підхід робота до конвеєра.

Ще однією проблемою є сумісність механізмів передачі вантажу між конвеєром і роботом. Для ефективної передачі продукції можуть використовуватися різні методи:

- робот повинен мати точний механізм для захоплення вантажу з конвеєра, наприклад, кран або роботизовану руку. Якщо зчеплення не спрацює належним чином, це може призвести до того, що вантаж не буде переданий або буде пошкоджений;
- якщо конвеєр автоматично переміщує вантаж на платформу робота, необхідна сумісність механізмів підйому або зсуву, щоб уникнути затримок і неточностей.

На великих підприємствах кілька автономних транспортних роботів можуть одночасно працювати в тій самій зоні з одним конвеєром або іншим обладнанням. У таких випадках виникає конфліктів у маршрутах. Якщо кілька роботів намагаються підійти до одного й того ж конвеєра для отримання або передачі вантажу, можуть виникнути затримки або навіть зіткнення. Роботи повинні бути правильно запрограмовані на отримання вантажу відповідно до свого часу або в порядку черги, щоб уникнути простоїв.

Якщо стикування робота з конвеєром або іншим обладнанням виконується недостатньо швидко, це може створити затримки у виробничому процесі. Важливо, щоб передача вантажу була не лише точною, але й швидкою, інакше виникають ризики:

– якщо робот не встигає забирати продукцію, конвеєр може переповнитися, що призведе до зупинки виробничої лінії;

– якщо робот не отримує продукцію вчасно, його простої знижують ефективність всієї системи.

Проблеми стикування можуть значно уповільнити процес передачі продукції, що призводить до простоїв на конвеєрі або у самого робота. Це негативно впливає на загальну продуктивність виробництва, оскільки порушується потік матеріалів або готової продукції між різними частинами виробничої системи.

Якщо робот не правильно позиціонується або передача вантажу відбувається некоректно, продукція може бути пошкоджена. Це особливо актуально для делікатних або дорогих матеріалів. Невідповідність у роботі обладнання та робота може призвести до втрати якості продукції.

Для того, щоб уникнути проблем стикування, необхідно більш ретельно налаштовувати систему управління як роботом, так і конвеєром. Потрібна постійна оптимізація алгоритмів, використання високоточних датчиків позиціонування та інтеграція з іншими системами автоматизації для моніторингу і коригування роботи в реальному часі.

Використання сучасних датчиків (наприклад, лідарів, камер, ультразвукових сенсорів) та алгоритмів навігації дозволить роботу більш точно визначати своє положення і підходити до конвеєра.

Автономний робот повинен бути повністю інтегрований із системами управління виробництвом (MES, SCADA), щоб забезпечити узгодженість між його роботою і роботою конвеєра. Це дозволить синхронізувати час підходу робота до обладнання з моментом готовності вантажу.

Алгоритми, що керують роботом, повинні мати можливість швидко адаптуватися до змін у виробничому процесі або оточенні, щоб мінімізувати вплив несподіваних перешкод або затримок на роботу системи.

Розробка додаткових механізмів, які автоматично коригують позицію робота біля конвеєра або вирівнюють його, забезпечить безперебійну передачу продукції навіть за умови незначних помилок у позиціонуванні.

Однією з ключових складових системи AGV є навігаційна система, яка дозволяє роботу орієнтуватися та виконувати свої завдання з високою точністю. Існує кілька типів навігаційних систем, до яких також додаються сучасні інноваційні рішення, спрямовані на підвищення точності та продуктивності. Незалежно від типу навігаційної системи, вона відповідає за визначення місцезнаходження AGV та його пересування в оточенні.

У світі індустрії 4.0 із постійно зростаючими вимогами та високими стандартами продуктивності унікальна технологія Asserion виділяється високою точністю позиціонування, масштабованістю та гнучкістю[6].

Asserion надає технологію та системи позиціонування для сектору автономних мобільних роботів. Asserion розробила перші системи позиціонування, на 100% вільні від інфраструктури, із субміліметровою точністю для мобільних роботів і автоматизованих транспортних засобів.

Поточні програми зосереджені на складських і виробничих секторах, але технологія Asserion є універсальною. Метакомпанії зробити мобільних роботів і автоматизовані керовані транспортні засоби на 100% автономними та незалежними від інфраструктури та працювати з високою точністю в гнучкому динамічному середовищі.

Технологія позиціонування працює за допомогою датчика(рис. 5). Цей датчик позиціонування здатний легко і точно визначити місцезнаходження автономного мобільного робота. Це особливо важливо для складської логістики та автоматизації виробництва. Даний

вдосконалений датчик позиціонування дозволяє мобільним роботам та іншим промисловим транспортним засобам виконувати точну роботу автономно.



Рисунок 5 – Датчик системи позиціонування від Ascerion

Датчик позиціонування дивиться прямо на підлогу та вимірює чисте переміщення, дозволяючи мобільним роботам і AGV рухатися з субміліметровою точністю та з більшою швидкістю.

Жодна з систем на AGV не функціонує ізольовано. Усі компоненти тісно взаємодіють між собою для забезпечення максимально ефективною роботи транспортного робота. Це включає взаємодію навігаційної системи з системами безпеки та управління. Основною частиною навігаційної системи є датчики, розташовані на зовнішній частині AGV.

Навігаційні системи можна поділити на два основних типи:

- з фіксованим маршрутом;
- з вільним переміщенням.

Системи з фіксованим маршрутом використовують проводи, стрічки або сенсори, встановлені на стінах. Їх маршрут чітко визначений, щоб уникнути перешкод з боку транспортних засобів або людей. Натомість, системи з вільним переміщенням мають попередньо запрограмовані маршрути, які не потребують зовнішніх орієнтирів. Вони здатні самостійно коригувати шлях, щоб уникнути зіткнень і перешкод, не заважаючи виконанню завдання. Встановлення таких систем не вимагає суттєвих змін у робочому середовищі.

Для виконання задач з позиціонування транспортних роботів використовуються різні типи датчиків.

Магнітні датчики –одна з найстаріших технологій, що використовує магнітну стрічку, розміщену на підлозі, за якою рухається AGV. Регулювання магнітних датчиків можливе шляхом зміни положення стрічки;

Датчики LiDAR –ці датчики забезпечують складніші можливості навігації, дозволяючи роботу вільно пересуватися та виявляти перешкоди для локалізації (рис. 6).

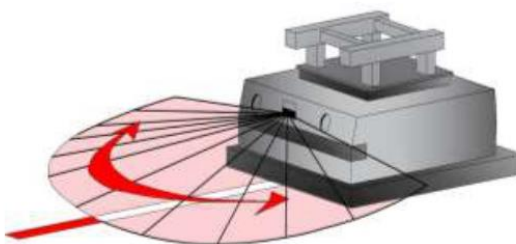


Рисунок 6 – Використання LiDAR для позиціонування

Датчики інерційних вимірювальних одиниць (IMU) використовують акселерометр для вимірювання швидкості та гіроскоп для визначення кутової швидкості (рис. 7). Дані, зібрані IMU, дозволяють розраховувати положення та траєкторію руху AGV.

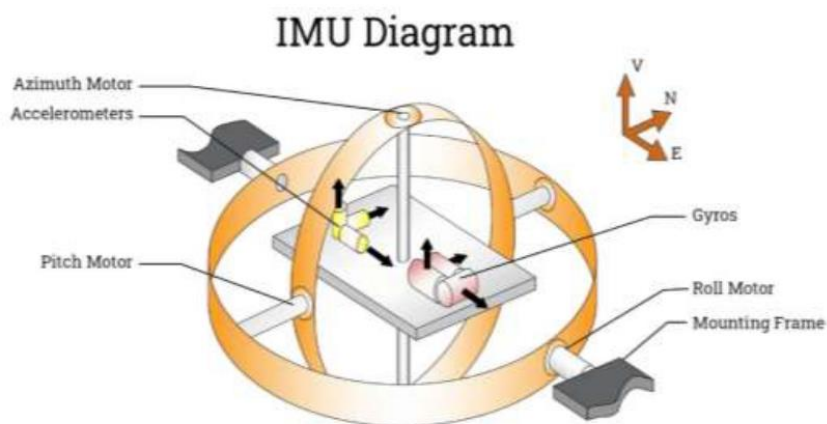


Рисунок 7 – Датчики інерційних вимірювальних одиниць

Транспортні засоби з лазерним наведенням здатні самостійно рухатися, керувати логістичними процесами та підвищувати ефективність роботи. Їхня навігація здійснюється за допомогою лазерної системи позиціонування, що працює разом з бортовим комп'ютером для визначення оптимальної швидкості та місцезнаходження. Лазер сканує відбивачі, обчислюючи їхнє положення та кути, і цей процес повторюється кілька разів на секунду. У транспортних засобах LGV використовуються двовимірні лазерні випромінювачі, які генерують постійний промінь світла на 360°. Промінь, що відбивається від рефлектора, допомагає точно визначити координати X та Y рефлектора й самого транспортного засобу (рис. 8).

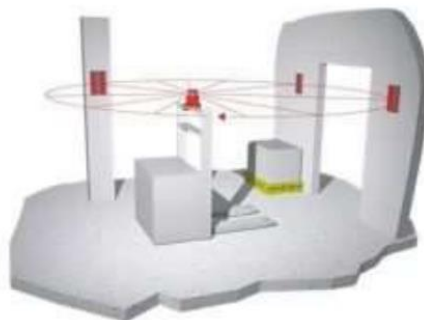


Рисунок 8 – Навігація з використанням рефлекторів

Як і в інших навігаційних системах, для точного визначення місцезнаходження LGV використовуються три контрольні точки. Точність системи становить ± 10 мм, коли використовуються чотири рефлектори, розташовані в радіусі 8 метрів. Асиметричне

розташування рефлекторів або цілей допомагає в досягненні високої точності позиціонування, яке обчислюється кілька десятків разів на секунду. Рефлектори дозволяють системі автоматично перемикатися між автоматичним та ручним режимом під час руху по маршруту. Складні траєкторії поділяються на кілька зон або шарів, причому маршрут може мати до 200 шарів.

Рефлектори для AGV можуть бути плоскими або циліндричними. Плоскі рефлектори зазвичай є дешевшими, оскільки це світловідбивні стрічки, які легко встановлюються та замінюються. Циліндричні рефлектори потребують більш складного розрахунку для точної установки, а їх монтаж є більш трудомістким. Основною перевагою рефлекторних систем є точність позиціонування транспортного засобу. Окрім цього, AGV здатні пересуватися зі швидкістю до 2 метрів за секунду, що підвищує продуктивність роботи.

Датчики на основі маяків використовують відому фіксовану опорну точку або рамку для визначення положення та орієнтації робота (рис. 9).

Наприклад, глобальна навігаційна супутникова система (GNSS) використовує електронний приймач, який отримує орбітальні дані від трьох або більше супутників. Порівнюючи ці дані з вимірюваннями часу польоту, система обчислює положення та орієнтацію робота.

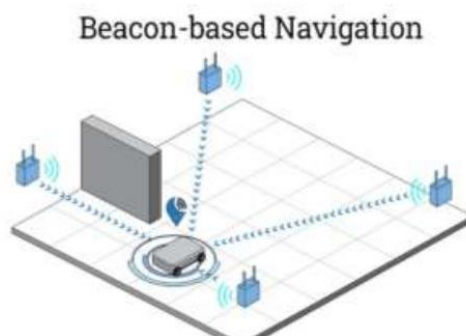


Рисунок 9 – Датчики позиціонування AGV на основі маяків

Активні датчики дальності здатні як передавати, так і приймати сигнали (рис. 10).

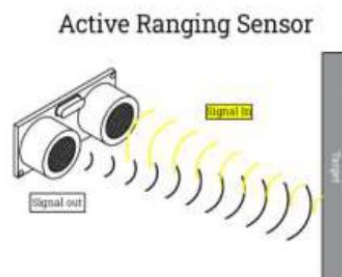


Рисунок 10 – Активні датчики дальності

Вони випромінюють сигнал до об'єкта або контрольної точки, який відбивається назад до датчика. Повернений сигнал потім вимірюється та аналізується з використанням таких понять, як відбивна здатність, час польоту та триангуляція. Приклади активних датчиків дальності включають лідар, радар і гідролокатор.

Після збору інформації з навколишнього середовища або фіксованої системи відліку робот обробляє ці дані, щоб визначити своє положення та орієнтацію відносно оточення за допомогою процесу, який називається локалізацією. Положення й орієнтацію робота можна встановити за допомогою одометрії (мертвого рахунку) або триангуляції за фіксованими контрольними точками. Однак ці методи часто не дають результатів, коли потрібна висока точність.

Середовище часто містить невідомі перешкоди та динамічні обмеження, тоді як датчики та ефектори можуть мати проблеми з точністю. Щоб досягти повної автономності та переходу до наступних кроків навігації, робот використовує відображення для створення моделі середовища. Ця модель допомагає роботу визначити своє місцезнаходження, орієнтацію та цілі, а також дозволяє оновлювати в реальному часі в процесі, відомому як одночасна локалізація та відображення (SLAM) (рис. 11).

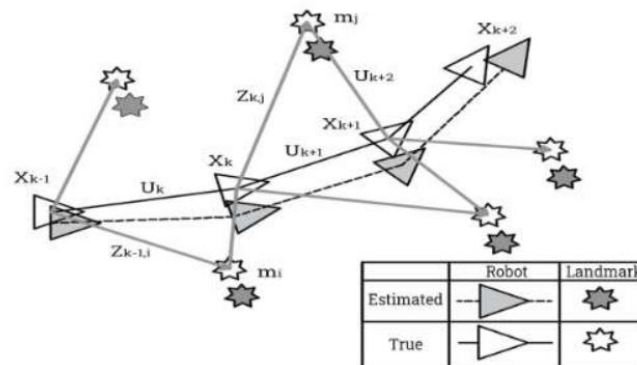


Рисунок 11 – Метод SLAM

Планування шляху для стикування з робочим органом виробничого обладнання передбачає визначення послідовності дій, необхідних для досягнення роботом місця призначення. Цей когнітивний процес передбачає аналіз карти навколишнього середовища та створення програми або набору інструкцій (рис. 12).

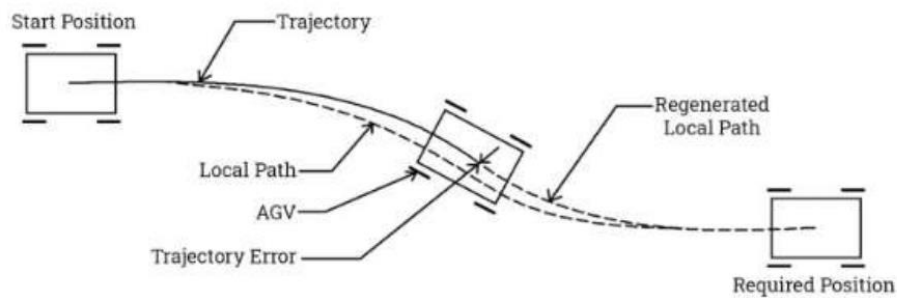


Рисунок 12 – Планування шляху для стикування з робочим органом виробничого обладнання

Якщо в навколишньому середовищі відбуваються зміни, робот повинен виявити ці зміни та відповідно скоригувати свої дії. Крім того, планування шляху передбачає не лише пошук маршруту до цільового місця, але й його оптимізацію шляхом мінімізації довжини шляху та уникнення перешкод.

Планування шляху включає чотири ключові поняття: геометрію робота, ступені свободи його ефекторів, карту середовища, а також початкову та цільову конфігурації. Для планування шляху робота ці концепції переведено в так званий простір конфігурації. У цьому просторі представлені як можливі конфігурації робота, так і простір, зайнятий перешкодами. Робот моделюється як точка, визначена векторами координат, а не як тверде тіло. Отже, перешкоди фактично «роздуваються» розміром робота, щоб врахувати його розміри. Розуміючи можливі конфігурації всіх об'єктів на карті, траєкторію робота можна визначити як безперервну криву або шлях.

Управління рухом передбачає виконання роботом запланованих або запрограмованих дій шляхом надсилання вхідних сигналів його драйверам, приводам і виконавцям. Для мобільних роботів система управління зазвичай є замкнутою системою (рис. 13).

Найпоширенішим замкнутим циклом керування в робототехніці є пропорційно-інтегрально-похідна (PID) керування, тип керування зі зворотним зв'язком. Цей механізм зворотного зв'язку дозволяє роботу виправляти відхилення або помилки у своїй траєкторії шляхом постійного моніторингу як внутрішніх, так і зовнішніх параметрів. ПІД-регулятор математично обчислює сигнал помилки та регулює пропорційні, інтегральні та похідні підсилення, щоб швидко мінімізувати помилки, зберігаючи при цьому стабільність і уникаючи перерегулювання.

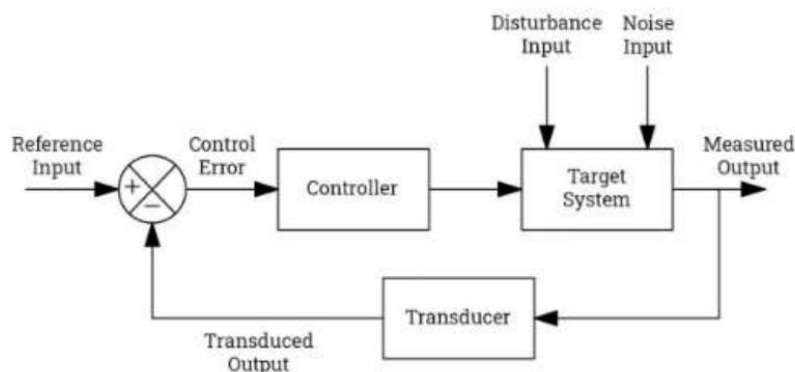


Рисунок 13 – Замкнена система управління мобільним роботом

ВИСНОВКИ. В результаті дослідження виконано аналіз методів та принципів використання автоматизованих керованих транспортних засобів у виробничому процесі. Описані різні типи автономних транспортних роботів.

Проведено аналіз проблеми стикування автономного транспортного робота з промисловим обладнанням. Показано, що для успішного стикування АТР до конвеєра робот повинен точно підійти до визначеної позиції. Відхилення навіть на кілька сантиметрів можуть призвести до того, що продукція не буде правильно завантажена або розвантажена.

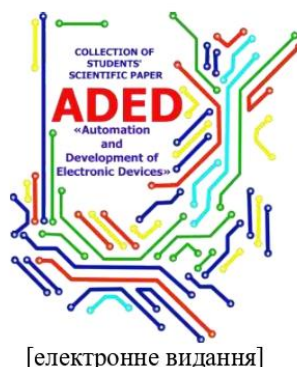
Описані системи позиціонування автономних транспортних роботів та наведено опис різних типів датчиків, що використовуються для вирішення даної задачі.

Виходячи з проведеного аналізу, в подальших розділах необхідно дослідити методи позиціонування транспортних роботів поблизу виробничого обладнання та обрати метод стикування роботів з робочими органами технічних засобів автоматизації, наприклад з конвеєрами.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Positioning systems and high accuracy positioning – Accerion. Accerion. URL: <https://accerion.tech/positioning-systems/> (dateofaccess: 24.10.2024).
2. Huang, Jiahao&Junginger, Steffen&Liu, Hui&Thurrow, Kerstin. (2023). IndoorPositioningSystemsofMobileRobots: A Review. Robotics. 12. 47. 10.3390/robotics12020047.
3. Основи наукових досліджень: Навч. Посібник / І.Ш. Невлюдов, Ю.М. Олександров, А.О. Андрусевич, О.О. Чала. – Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2019. – 396 с.
4. Невлюдов І.Ш. Технічні засоби автоматизації: Підручник / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, О.І. Филипченко, Н.П. Демська, С.П. Новоселов. – Кривий Ріг : Криворізький коледж НАУ, 2019. – 366 с.
5. Невлюдов І.Ш. Визначення координат мобільного робота у промисловому приміщенні з використанням технології BLE на основі даних RSSI, отриманих від базових станцій / І.Ш. Невлюдов, С.П. Новоселов, О.В. Сичова, С.І. Теслюк // Радіотехніка. – 2022.– вип. 209, с.185-191. DOI:10.30837/rt.2022.2.209.18

***Науковий керівник:** Теслюк Сергій Ігорович, старший викладач кафедри КІТАР Харківського національного університету радіоелектроніки.*



[електронне видання]

Відповідальний редактор: д.т.н., проф. Євсєєв В.В., к.т.н., доц. Демська Н.П.

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 № 4 від 26.12.2024

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2024) [Електронний ресурс]: збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2024. – Вип. 2. – 290с.

COLLECTION OF STUDENTS' SCIENTIFIC PAPER «AUTOMATION AND DEVELOPMENT OF ELECTRONIC DEVICES» ADED-2024 Part 2 (Key infrastructure 2024) – Kharkiv/ The Editorial.: Nevlyudov I. (head), that all. Kharkiv: Kind of Kharkiv National University of Radio Electronics [electronic edition], 2024.– 290p. with.

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, 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка; 172 Телекомунікації та радіотехніка, 171 Електроніка та 163 Біомедична інженерія. Статті надані в авторській редакції.

ДОДАТОК Б
Демонстраційний матеріал

