

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-yuterno-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 ІНДЕТИФІКАЦІЇ ВАНТАЖІВ НА БОНДОВИХ СКЛАДАХ**Д.Кривенко**

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14

Email: denys.kryvenko@nure.ua

Анотація: Робота розглядає впровадження автоматизації на бондових складах для покращення обліку та зберігання товарів, зокрема через використання RFID, QR-кодів, роботів, конвеєрних і автономних систем. Це дозволяє знизити помилки, скоротити час обробки та витрати. Як напрямок для подальших досліджень запропоновано розробку програмного забезпечення для автоматизації митних процедур і логістики.

Ключові слова: автоматизація, бондові склади, RFID, QR-коди, роботизація, конвеєрні системи, автономні транспортні засоби, сортувальні системи, митні процедури, складська логістика, програмне забезпечення.

AUTOMATION OF CARGO IDENTIFICATION AT BONDED WAREHOUSES**D.Kryvenko**

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, pr. Nauky, 14

Email: denys.kryvenko@nure.ua

Abstract: The paper considers the introduction of automation in bonded warehouses to improve the accounting and storage of goods, in particular through the use of RFID, QR codes, robots, conveyor and autonomous systems. This helps to reduce errors, reduce processing time and costs. As an area for further research, the author suggests developing software for automating customs procedures and logistics.

Keywords: automation, bonded warehouses, RFID, QR codes, robotics, conveyor systems, autonomous vehicles, sorting systems, customs procedures, warehouse logistics, software.

ВСТУП. У сучасному світі обсяг міжнародної торгівлі невідомо зростає, що, у свою чергу, призводить до збільшення кількості вантажів, які потребують проходження митних процедур і зберігання в спеціалізованих складах, зокрема митних та бондових складах.

Бондові склади (від англ. *bonded warehouse*) — це спеціалізовані склади, які служать для тимчасового зберігання товарів під митним контролем до завершення митного оформлення або до сплати необхідних митних зборів та податків. Вони виконують важливу роль у міжнародній торгівлі, оскільки дають можливість компаніям зберігати товари без необхідності негайно оплачувати митні збори, що є важливим для оптимізації їх грошових потоків і бізнес-процесів.

У той же час, традиційні методи ідентифікації та обліку вантажів, що базуються на ручній праці, все більше не відповідають вимогам сучасності. Такий підхід часто призводить до помилок, затримок у процесах і значних витрат на операційну діяльність. Система обліку, яка покладається на людську увагу, не завжди може забезпечити потрібну точність і швидкість, особливо при збільшенні обсягів торгівлі та складності митних процедур [1-5].

Автоматизація процесів ідентифікації вантажів стає необхідним кроком для оптимізації роботи бондових складів і забезпечення ефективного виконання митних процедур.

Автоматизація полягає у впровадженні технологій, систем або програмного забезпечення, які дозволяють виконувати різноманітні завдання та процеси без необхідності постійного втручання людини. Основною метою автоматизації є підвищення продуктивності, точності та швидкості виконання робіт, а також зниження витрат та мінімізація людського фактору, що здатне значно зменшити ймовірність помилок [2, 6-9].

Сьогодні для автоматизації процесів використовуються сучасні технології, такі як **RFID-мітки** (радіочастотна ідентифікація), **QR-коди** та **алгоритми комп'ютерного зору**. Завдяки

їм значно зростає швидкість обробки інформації, знижується ймовірність помилок, а також підвищується прозорість операцій. Це дозволяє митним і бондовим складам працювати швидше, точніше і зменшити витрати на операційну діяльність, що особливо важливо для підтримки високої конкуренції на міжнародному ринку.

Типи автоматизації складських приміщень. Роботи для збору замовлень (також відомі як pick-and-place роботи) - це пристрої, які виконують завдання збору товарів з полиць складу для комплектування замовлень. Ці роботи можуть бути як мобільними, так і стаціонарними, і вони можуть працювати в різних типах складів. Їхнє основне завдання - переміщення товарів з однієї точки в іншу, що значно прискорює процес обробки замовлень.

Використання таких роботів дає змогу прискорити процес пошуку і транспортування товарів складом, що значно скорочує час, який витрачається на виконання кожної операції. На відміну від людей, роботи виключають людські помилки, що підвищує точність складання і зменшує кількість неправильно комплектованих замовлень. Це особливо важливо в середовищах з високим обсягом замовлень, де навіть невеликі помилки можуть вплинути на ефективність роботи складу. Крім того, роботи для збирання замовлень можуть бути гнучкими та адаптуватися до різних типів товарів, що робить їх універсальними та ефективними для різних складських операцій.

Наприклад, роботи з маніпуляторами здатні витягувати товари з полиць і доставляти їх у потрібні місця для пакування або сортування, а мобільні роботи переміщуються складом, транспортуючи стелажі з товаром до робочих місць співробітників, які потім беруть потрібні товари для комплектації замовлень. Це скорочує час, який працівники витрачають на пошук і транспортування товарів.

Конвеєрні системи – це механізми, які автоматизують процес транспортування товарів по складу. Конвеєри можуть бути використані для переміщення товарів між різними зонами складу, такими як зони зберігання, сортування, пакування або відвантаження. Залежно від потреб складу, конвеєрні системи можуть бути як лінійними, так і з поворотними або з можливістю вертикального переміщення. [9-16].

Це скорочує час, необхідний для перенесення товарів вручну, і знижує ймовірність помилок, пов'язаних з людським фактором. Конвеєри дають змогу організувати складську логістику таким чином, щоб товари переміщалися в потрібні місця без зайвих затримок, що прискорює обробку замовлень і покращує загальну продуктивність складу. Вони також можуть бути адаптовані до різних умов і вимог, включно з роботою з великогабаритними або дрібними товарами.

Наприклад, лінійні конвеєри переміщують товари за прямими маршрутами від однієї точки складу до іншої. Вони часто використовуються для переміщення коробок або палетів із товаром, тоді як інтелектуальні конвеєри можуть змінювати напрямок руху товару залежно від різних чинників, наприклад, завантаженості певних зон складу або поточного обсягу товарів.

Автоматичні транспортні засоби (AGV) - це автономні роботи, які використовуються для транспортування товарів по складу. AGV дають змогу автоматизувати транспортування товарів, значно знижуючи залежність від людської праці. Це не тільки скорочує витрати на персонал, а й мінімізує ризики, пов'язані з помилками під час транспортування.

Ці транспортні засоби можуть працювати автономно, слідуєчи заздалегідь заданими маршрутами або використовуючи сучасні сенсори для навігації в реальному часі. Це дає змогу підвищити безпеку на складі, виключаючи необхідність втручання людини в процес перевезення товарів, що зі свого боку знижує ймовірність травм і пошкоджень. AGV також мають високу гнучкість, оскільки можуть адаптуватися до змін у конфігурації складу і мінливих обсягів роботи.

Наприклад, сучасні AGV можуть використовувати лазерні або візуальні сенсори для орієнтації в просторі та навігації без необхідності у фіксованих шляхах. Це дає більшу гнучкість і дає змогу AGV адаптуватися до змін у структурі складу [5].

Також AGV можуть працювати у складі флотилії, координуючи свої дії з іншими транспортними засобами, що дає змогу ефективно розподіляти навантаження та маршрути.

Автоматичні сортувальні системи призначені для швидкого і точного розподілу товарів за різними категоріями або напрямками на складі. Ці системи можуть працювати з різними типами товарів, використовуючи сенсори, камери, RFID-мітки та інші технології для ідентифікації та сортування, що дає змогу швидко та точно розподілити товари за різними категоріями або зонами для подальшого опрацювання, що особливо важливо на великих складах із високою товарообігом.

Використання автоматичних сортувальників [9] дає змогу знизити кількість помилок, оскільки всі операції виконуються за допомогою сенсорів і програмного забезпечення, що виключає людський фактор. Ці системи можуть бути налаштовані для сортування товарів за безліччю різних критеріїв, як-от розмір, вага або призначення, що робить процес гнучкішим і адаптованим до специфіки складу.

У результаті прискорюється обробка замовлень, підвищується точність і зменшуються витрати на трудові ресурси, що призводить до поліпшення загальної продуктивності складу.

Прикладом можуть слугувати конвеєрні, ротаційні сортувальники та інтелектуальні системи сортування.

Конвеєрні сортувальники - це системи, які використовують конвеєри для переміщення товарів різними зонами складу, що дає змогу ефективно організувати потік матеріалів і прискорити процеси сортування та розподілу.

Ці системи оснащені спеціальними механізмами, які можуть перенаправляти товар у потрібні напрямки залежно від задалегідь визначених критеріїв. Сортування товарів може відбуватися за різними параметрами, такими як розмір, вага, тип продукції або місце призначення.

Наприклад, товари можуть бути спрямовані в зону пакування або відправлення залежно від їхніх характеристик або місця доставки. Такий підхід значно знижує час, необхідний для переміщення товарів між різними ділянками складу і покращує точність розподілу продукції. Конвеєрні сортувальники особливо корисні для складів з великим обсягом однотипної продукції, де важливо забезпечити високу швидкість і точність сортування.

Ротаційні сортувальники використовують поворотні механізми для перенаправлення товарів у потрібні зони складу. Це дає змогу ефективно розділити товари за різними категоріями або маршрутами, що прискорює процес обробки замовлень.

На відміну від лінійних конвеєрів, які можуть пересувати товар по прямій лінії, ротаційні системи здатні керувати товаром на поворотах і в різних напрямках, забезпечуючи більшу кількість можливих шляхів для його переміщення. Такі системи часто використовуються у великих розподільчих центрах, де товари можуть бути спрямовані в різні зони для подальшого оброблення або пакування, залежно від їхніх характеристик або типу замовлення.

Ротаційні сортувальники підвищують гнучкість складської логістики та дають змогу швидко адаптуватися до змін у потоці товарів, покращуючи швидкість комплектації замовлень і зменшивши час на їх обробку.

Інтелектуальні системи сортування застосовують передові технології, як-от датчики, камери та алгоритми штучного інтелекту, для автоматичного розпізнавання та сортування товарів. Ці системи можуть точно ідентифікувати товари за допомогою різних сенсорів, враховуючи параметри, як-от розмір упаковки, штрих-коди, RFID-мітки або навіть особливості форми товару.

Сортування може відбуватися за безліччю критеріїв, що дає змогу системі працювати з різноманітними типами продукції та адаптуватися до змін в асортименті складу. Камери і датчики можуть аналізувати товар у реальному часі, ухвалюючи рішення про його сортування з високою точністю, що мінімізує помилки, пов'язані з людським фактором.

Інтелектуальні системи сортування особливо ефективні в середовищах із великими об'ємами різноманітної продукції, де потрібна швидка й точна обробка різних товарів, включно з дрібними деталями, коробками, або нестандартними упаковками. Такі системи значно прискорюють процеси комплектації замовлень, покращуючи загальну ефективність і знижуючи витрати на трудові ресурси.

ВИСНОВКИ. Отже, зі зростанням міжнародної торгівлі збільшується потреба в ефективному зберіганні товарів, що потребують митних процедур, зокрема на бондових

складах. Традиційні методи обліку товарів, що базуються на ручній праці, вже не відповідають вимогам сучасності, призводячи до помилок і затримок. Тому автоматизація процесів, таких як використання RFID, QR-кодів, роботів для збору замовлень, конвеєрних і автономних транспортних систем, а також автоматичних сортувальних систем, стає необхідною для підвищення ефективності, точності і швидкості роботи складів. Ці технології значно знижують витрати на операційну діяльність і помилки, підвищують продуктивність та гнучкість складських процесів.

Напрямок для подальших досліджень може бути розробка програмного забезпечення для автоматизації митних процедур і складської логістики, що забезпечить інтеграцію сучасних технологій для оптимізації обробки вантажів на різних етапах міжнародної торгівлі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Основи наукових досліджень : підручник / І. Ш. Невлюдов, Ю. М. Олександров, А. О. Андрусевич, О. О. Чала ; М-во освіти і науки України, Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. – Prague : OKTAN PRINT, 2024. – 468 с. DOI <https://doi.org/10.46489/ONDNP-24-12>
2. Vzhesnievskiy M. Автоматизація внутрішньо-складських виробничих логістичних процесів для впровадження концепції industry 4.0: енергоощадливість, продуктивність, мобільність, модульність, автономність / М. Vzhesnievskiy, О. Chala // Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. – Полтава: ПНТУ, 2024. – Т. 2 (76). – С. 34-38. – doi:<https://doi.org/10.26906/SUNZ.2024.2.034>.
3. Шостенко С. С. Архітектура програмного забезпечення для супроводження автоматизованих систем оповіщення на виробництві / С. С. Шостенко, О. О. Чала // Виробництво & Мехатронні Системи 2022 : зб. тез. доп. VI-ої Міжнар. конф., 21-22 жовтня 2022 р. – Харків, 2022. – С. 115-117.
4. Чала, О., Сливка, А. (2023) Рівні засобів IoT в інформаційних технологіях. Виробництво & Мехатронні Системи: матеріали VII Міжнародної конференції, Харків, С. 51-60.
5. Вжесневський М. О. Розробка кінематичної схеми транспортувального шатлу для внутрішньоскладської виробничої логістики / М. О. Вжесневський, О. О. Чала, Ю. В. Ромашов // Комп'ютерно-інтегрованих технології, автоматизація та робототехніка : матеріали I-ої Всеукр. конф., Харків, 16-17 травня : тези доповідей. – Харків, 2024. – С. 6-10. URI <https://openarchive.nure.ua/handle/document/26473>
6. Lighting Control Module Software Development / Y. Vizir, O. Chala, S. Maksymova, Ahmad Alkhalailah // Journal of Universal Science Research, 2024. – Vol. 2(2). – P. 29–42. URI <https://openarchive.nure.ua/handle/document/27513>
7. Nevliudov, I., Vzhesnievskiy, M., Romashov, Y., & Chala, O. (2023). Mathematical modeling of mechatronic shuttles as automation objects for multilevel systems of intra-warehouse logistics. INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND SCIENTIFIC SOLUTIONS FOR INDUSTRIES, (4(26)), 135–144. <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2023.26.135>
8. Igor, N., Svitlana, M., Olena, C., Artem, B., & Maksym, V. (2023). Automated Logistics Processes Improvement in Logistics Facilities. Multidisciplinary Journal of Science and Technology, 3(3), 157-170.
9. Zharikova, I., Nevliudov, I., Maksymova, S., & Chala, O. (2023). Automatic Machine of Plastic Bottles and Aluminum Cans Collection for Recycling. Journal of Universal Science Research. – 2023. – 7 1(11). – P. 169–178
10. Гіль, А., Чала, О., Филипенко, О. (2021). Промислові інтерфейси та протоколи передачі даних інтегрованих систем для автоматизованого управління в умовах Industry 4.0. Виробництво & Мехатронні Системи 2021: матеріали V-ої Міжнародної конференції, Харків, 127-30.
11. I. Nevliudov, A. Bronnikov, O. Chala "Improvement and Optimization of Automated Logistics Processes in Logistics Premises," 2023 IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 2023, pp. 1-6, doi: 10.1109/MEES61502.2023.10402386.

12. Gurin, Dmytro, et al. "Using Convolutional Neural Networks to Analyze and Detect Key Points of Objects in Image." *Multidisciplinary Journal of Science and Technology* 4.9 (2024): 5-15
13. A Small-Sized Robot Prototype Development Using 3D Printing / I. Nevliudov, V. Yevsieiev, S. Maksymova, O. Chala // *CAD In Machinery Design Implementation and Educational Issues (CADMD'2023)* : proceedings of the XXXI International Conference. (Conference in memory of Professor Jerry Wrobel), Suprasl, 26-28 October, 2023. – Suprasl, 2023. – P. 12.
14. O. Chala, A. Bronnikov, N. Igor and D. Mospan, "The Use of Neural Networks for the Technological Objects Recognition Tasks in Computer-Integrated Manufacturing," 2022 IEEE 4th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 2022, pp. 1-5, doi: 10.1109/MEES58014.2022.10005750.
15. Buts D. Signals Collisions Detection In Wireless Networks / D. Buts, O. Chala, S. Maksymova // *Journal of Universal Science Research*. – 2023. – № 1(11). – P. 156–168.
16. Basiuk, V., Maksymova, S., Chala, O., & Abu-Jassar, A. (2024). COMMAND SYSTEM FOR MOVEMENT CONTROL DEVELOPMENT. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(6), 248-255 ▪