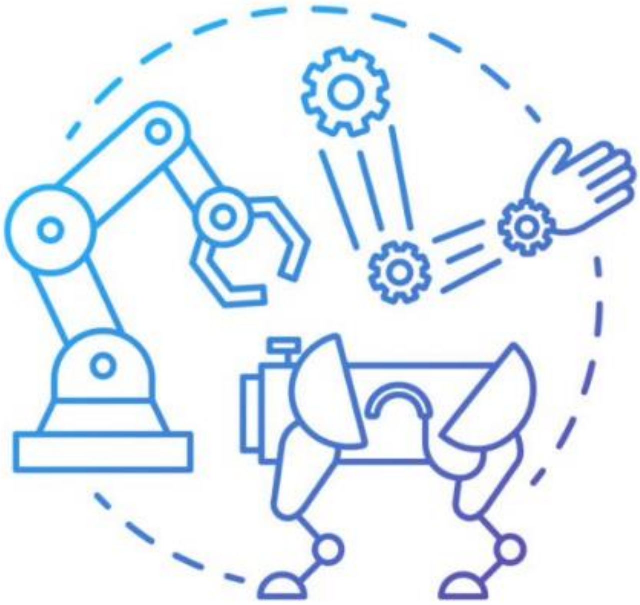
Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки
(КІТАР)



МАТЕРІАЛИ

І Всеукраїнської конференції
«Комп’ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки»
(Computer-integrated technologies, automation and robotics)
CITAR`24

16-17 травня 2024

[електронне видання]

Харків 2024

УДК: 005:004.896:62-65:338.3

Комп’ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки 2024: матеріали І-ої Всеукраїнськой конференції, Харків, 16-17 травня 2024.: тези доповідей / [редкол. І.Ш. Невлюдов (відповідальний редактор)].-Харків: [електронний друк], 2024. – 163 с.

У збірник включені тези доповідей, які присвячені сучасним автоматизованим технологіям Industry 4.0 та їх впровадження; інформаційні управляючі системи технологічного призначення; математичні методи в системах автоматизації; розробка та програмування в робототехніці; штучний інтелект та машинне навчання в автоматизації; інтеграція технологій у виробництві та промисловості; сенсорні технології та взаємодія людини з роботами в Industry 5.0; ефективність використання роботизованих систем у виробництві; етика та правові аспекти в робототехніці; Інтернет речей та Інтегровані системи в комп’ютерно-інтегрованих технологіях, автоматизації та робототехніки; технологічні виклики та інновації у світі робототехніки.

Computer-integrated technologies, automation and robotics 2024: Proceedings of I st All-Ukrainian Conference, Kharkiv, May 16-17, 2024: Thesises of Reports / [Ed. I.Sh. Nevlyudov (chief editor).] .- Kharkiv .: [electronic version], 2024. - 163 p.

The collection includes abstracts devoted to modern automated technologies of Industry 4.0 and their implementation; information control systems for technological purposes; mathematical methods in automation systems; development and programming in robotics; artificial intelligence and machine learning in automation; integration of technologies in production and industry; sensor technologies and human interaction with robots in Industry 5.0; efficiency of using robotic systems in production; ethics and legal aspects in robotics; Internet of Things.

ЗМІСТ

РОЗРОБКА КІНЕМАТИЧНОЇ СХЕМИ ТРАНСПОРТУВАЛЬНОГО ШАТЛУ ДЛЯ ВНУТРІШНЬОСКЛАДСЬКОЇ ВИРОБНИЧОЇ ЛОГІСТИКИ

М.О. Вжеснєвський, О.О. Чала, Ю.В Ромашов
Харківський національний університет радіоелектроніки,
Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14
E-mail: maksym.vzhesnievskyi@nure.ua, igor.nevliudov@nure.ua, olena.chala@nure.ua

Анотація: представлено розроблену кінематичну схему транспортувального шатлу для використання в системах внутрішньо складської виробничої логістики. Сформульовані припущення, щодо факторів впливу, які відбуваються при прямолінійному русі транспортувального шатлу. Підготовлене підґрунтя для проведення експерименту в умовах виробництва.

Ключові слова: склад, логістика, транспортний шатл, автоматизація, виробництво.

DEVELOPMENT OF KINEMATIC SCHEME OF TRANSPORT SHUTTLE FOR INTERNAL WAREHOUSE PRODUCTION LOGISTICS

M. Vzhesnievskyi, I. Nevliudov, O. Chala
Kharkiv National University of Radio Electronics
Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14
E-mail: maksym.vzhesnievskyi@nure.ua, igor.nevliudov@nure.ua, olena.chala@nure.ua

Annotation: the developed kinematic scheme of the transport shuttle for use in intra-warehouse production logistics systems is presented. Assumptions are formulated regarding the influence factors that occur during the rectilinear movement of the transport shuttle. Prepared ground for conducting an experiment in production conditions.

Key words: warehouse, logistics, transport shuttle, automation, production.

Сучасні тенденції розвитку економіки зумовлюють суттєве зростання потреб підприємств у складах, які забезпечують тимчасове зберігання матеріальних ресурсів та готової продукції. Склади є найважливішими елементами логістичних систем різного рівня економіки, тому проблеми складування вирішуються в рамках науково-практичного напряму виробнича логістика , який надає рекомендації щодо управління рухом матеріальних потоків на території складів [1].

Етап внутрішньоскладського транспортування на виробництві передбачає переміщення вантажу між різними зонами складу. Транспортування всередині складу необхідно здійснювати за мінімальний термін у часі та просторі наскрізними "прямоточними" маршрутами.

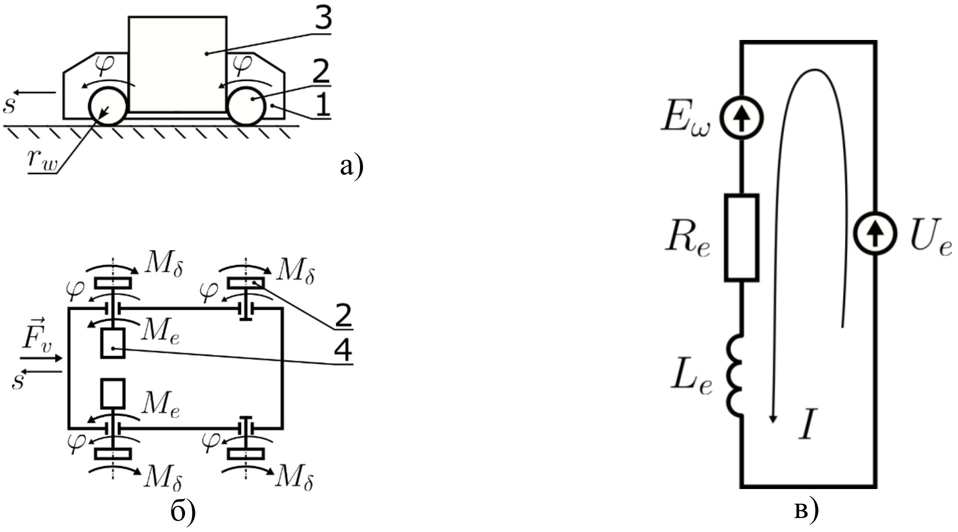
Сучасним трендом в автоматизації виробничих складських приміщень є використання шатлових систем для обслуговування складів, підготовчої зони складу.

Шатли з електричним приводом зазвичай з’єднані з носієм за допомогою волочильного кабелю. Тільки в новітніх розробках проектуються автономні шатли, що передбачають нові, розширені сфери застосування.

Таким чином, актуальним стає завдання модернізації шатлів у складі багаторівневих систем виробничої внутрішньоскладскької логістистики при мінімальних фінансових і часових витратах. Можливим рішенням є модернізація обладнання за допомогою синтезу технологій IIoT і сучасних сенсорів [2].

Використання автономних транспортувальних шатлів треба віднести до вагомих переваг відповідних внутрішньо-складських логістичних систем. В той же час, забезпечення автономності для транспортувальних шатл вимагає реалізації досить складних технічних рішень конструкції систем автоматизації [3-9].

При цьому, такий транспортувальний шатл (див. рис. 1) є досить складним об'єктом автоматизації, оскільки для нього слід забезпечувати автоматизацію як усталених та й перехідних режимів при наявності окремих спеціальних вимог щодо точності позиціонування та плавності рухів при мінімізації енергоспоживання. Транспортувальний шатл (рис. 1 а) це чотириколісна платформа, яка рухається прямолінійно за рахунок обертання коліс (1 б) та при цьому перевозить на собі вантаж (3 в).



1 – шатл; 2 – колесо; 3 – вантаж; 4 – електричний двигун

Рисунок 1 – Загальна (а), кінематична (б) схеми та еквівалентна електрична схема електродвигунів (в) шатла внутрішньо-складського транспортування

Стан механічної частини шатлу змінюється протягом часу і буде визначатися наступними функціями часу:

$$s = s(t),\ \ \varphi = \varphi(t), \tag{1}$$

де s – прямолінійна координата, яка визначає поточне положення шатла на напрямних; φ – кут повороту коліс (рушійних та опорних) транспортувального шатла; t – час, протягом якого здійснюється рух транспортувального шатлу.

Прямолінійний рух шатла уздовж напрямних між рядами стелажів забезпечується при обертанні коліс, на які він спирається. Прямолінійна координата транспортувального шатлу та кут повороту його коліс зв'язані співвідношенням такого вигляду:

$$\dot{s} = r_w \dot{\varphi}, \tag{2}$$

де r_w – радіус коліс шатлу.

Слід також враховувати тертя кочення коліс шатлу:

$$\left|M_\delta\right| \le M_\delta^{\max},\ \ M_\delta^{\max} \approx \frac{1}{4} mg\delta, \tag{3}$$

де M_δ та $M_\delta^{\max}$ – момент тертя кочення колеса та його граничне значення,

Врахування моменту тертя кочення коліс є надважливим для належної оцінки руху шатлу на різних режимах відповідних розганянню із нерухомого стану та зупиненню із рухомого стану.

Для належного відтворення властивостей транспортувального шатлу слід враховувати в'язкий опір руху шатлу:

$$\left|\vec{F}_v\right| = b\left|\dot{s}\right|, \tag{4}$$

де $\vec{F}_v$ – сумарна сила в'язкого опору та b – інтегральний коефіцієнт в'язкого опору шатла.

Лінійна залежність сили (4) в'язкого опору від швидкості прийнята через відносно невисокі швидкості руху (приблизно $2\ \text{м/с}$). Зрозуміло, що в'язкий опір руху транспортувального шатлу обумовлений не тільки аеродинамічними силами опору поступальному руху, а також і в'язким опором іншим рухам, у тому числі обертанням роторів електричних двигунів та коліс. В той же час, ретельне врахування в'язкого опору представляє складну задачу та потребує у тому числі натурних випробувань, але таке врахування можливе також за рахунок відповідного корегування значення інтегрального коефіцієнту в'язкого тертя, при проведенні необхідних натурних випробувань, з врахуванням опорної системи руху складського шатлу.

ВИСНОВКИ. Було проведено розробку кінематичної схеми транспортувального шатлу для внутрішньскладських логістичних виробничих систем, з урахуванням математичного обґрунтування параметрів.

Сформульовані припущення, щодо факторів впливу, що відбуваються при прямолінійному русі транспортувального шатлу.

Отримані результати будуть перевірені при проведенні натурного експерименту в виробничих умовах та використані на практиці.

References:

1. Шелест, Р. (2023). Концептуальні засади публічного управління сферою логістики в україні. Публічне управління: концепції, парадигма, розвиток, удосконалення, (4), 137–147. https://doi.org/10.31470/2786-6246-2023-4-137-147
2. Nyhuis, P., & Wiendahl, H. P. (2008). Fundamentals of production logistics: theory, tools and applications. Springer Science & Business Media.
3. Nevliudov, I., Vzhesnievskyi, 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
4. Гіль А. Промислові інтерфейси та протоколи передачі даних інтегрованих систем для автоматизованого управління в умовах Industry 4.0 / Гіль А., Чала О., Филипенко О. // Виробництво & Мехатронні Системи 2021: матеріали V-ої Міжнародної конференції, Харків, 21-22 жовтня 2021 р.: Харків, 2021. С.127-30. URI https://openarchive.nure.ua/handle/document/18375
5. Snyder, L. V., & Shen, Z. J. M. (2019). *Fundamentals of supply chain theory*. John Wiley & Sons.
6. Vladyslav Basiuk, Svitlana Maksymova, Olena Chala, & Olha Miliutina. (2023). Mobile Robot Position Determining Using Odometry Method. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, *3*(3), 227–234. Retrieved from https://mjstjournal.com/index.php/mjst/article/view/224
7. Ivanov, D., Sethi, S., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2018). A survey on control theory applications to operational systems, supply chain management, and Industry 4.0. Annual Reviews in Control, 46, 134-147.
8. Nevliudov Igor, Maksymova Svitlana, Chala Olena, Bronnikov Artem, & Vzhesnievskyi Maksym. (2023). Automated Logistics Processes Improvement in Logistics Facilities. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 3(3), 157–170. Retrieved from https://mjstjournal.com/index.php/mjst/article/view/202
9. I. Nevliudov, A. Bronnikov, O. Chala and R. Allakhveranov, "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.