

УДК 621.865

Роман Михайлишин¹, к.т.н.; Франтішек Духон, канд. техн. наук, проф.; Михайло Михайлишин¹, к.ф-м.н., доц.; Міхал Келемен к.т.н., проф.; Джін Сяо, к.т.н., проф.; Енн Масвич Фей, к.т.н., проф.

¹ Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

Американ Юніверсіті Київ, Україна

Словацький технологічний університет в Братиславі, Словацька Республіка

Технологічний університет в Кошице, Словацька Республіка

Вустерський політехнічний інститут, Сполучені Штати Америки

Техаський університет в Остіні, Сполучені Штати Америки

ВПЛИВ ФРИКЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОНВЕЄРНИХ СИСТЕМ НА ПРОЦЕС РОБОТОТЕХНІЧНОГО МАНІПУЛЮВАННЯ ГНУЧКИХ ОБ'ЄКТІВ

Анотація: Конвеєрні системи для роботи із гнучкими об'єктами оснащуються спеціальними покриттям із збільшеними фрикційними властивостями, що в свою чергу запобігає проковзуванню об'єктів під час операцій над ними. Такі властивості конвеєрних покриттів мають негативний ефект для процесу маніпулювання об'єктів.

Ключові слова: робототехніка, тертя, маніпулювання, захоплення, гнучкий об'єкт

Roman Mykhailyshyn, Ph.D.; Frantisek Duchon, Ph.D., Prof.; Mykhailo Mykhailyshyn, Ph.D., Assoc. Prof.; Michal Kelemen, Ph.D., Prof.; Jing Xiao, Ph.D., Prof.; Ann Majewicz Fey, Ph.D., Prof.

INFLUENCE OF FRICTIONAL PROPERTIES OF CONVEYOR SYSTEMS ON THE PROCESS OF ROBOTIC MANIPULATION OF FLEXIBLE OBJECTS

Abstract: Conveyor systems working with flexible objects are equipped with special covering with increased frictional properties, which prevents objects from slipping during technological operations. Such properties of conveyor coverings hurt the process of manipulation.

Keywords: robotics, friction, manipulation, grasping, flexible object

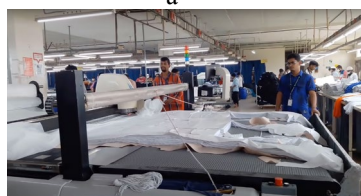
Автоматизовані робототехнічні системи активно розвиваються в напрямку гнучкої робототехніки [1], методів їх контролю [2], планування рухів [3-4] та приділяється значна увага фрикційних властивостей гнучких роботів та захоплювальних пристроїв [5]. Схожа ситуація складається і з конвеєрними системами, що працюють із гнучкими текстильними об'єктами Рис. 1.



а



б



в

Рис. 1. Конвеєрні системи для текстильного виробництва: (а) конвеєрна система лазерної порізки; (б) фрикційні елементи конвеєрної системи для порізки лезом; (в) приклад людської праці для маніпулювання текстильних матеріалів під час руху конвеєрної системи.

В не залежності чи використовується автоматизована лазерна лінія порізки текстильного метріалу (Рис. 1а) чи порізки за допомогою леза (Рис. 1б), конструкції конвеєрів оснащенні спеціальними покриттями для запобігання проковзування гнучких матеріалів під час тенологічних операцій. Через складність захоплення та маніпулювання гнучких об'єктів на виробництві більшість операцій проводяться людьми (Рис. 1в). Тому автори провели фундаментальні дослідження методів прототипування пневматичних захоплювачів [6-7], їх оптимізацію [8-9], та методів маніпулювання об'єктів [10-14]. В результаті цих дослідження вони змогли спроектувати струминний захоплювальний пристрій для гнучких та деформівних об'єктів [15-17]. Завдяки можливості проводити захоплення гнучких об'єктів постало питання маніпулювання, де виникало багато проблем [18]. Проведений аналіз дозволив запропонувати методіку переорієнтування пневматичних захоплювальних пристроїв [19-20], щоб збільшити утримуючу силу за рахунок використання сили тертя та мінімізувати втрати розрідження в порожнині захоплювача. Проте при проведенні досліджень (Рис. 2) виявилось, що сила тертя між фрикційним покриттям конвеєрів та гнучкими (текстильними) об'єктами настільки велика, що призводить до початку проковзування під час перерорієнтації (Рис. 2в,г) та при піднятті об'єкта (Рис. 2д). В кінцевому результаті це призводить до втрати контакту між захоплювачем і об'єктом та падіння останнього (Рис. 2е). Тому наразі робота зосереджа на вирішенні проблеми шляхом запровадження нових конструкцій захоплювачів та методів маніпулювання, що запобігає виникненню сили тертя з конвеєрним покриттям.

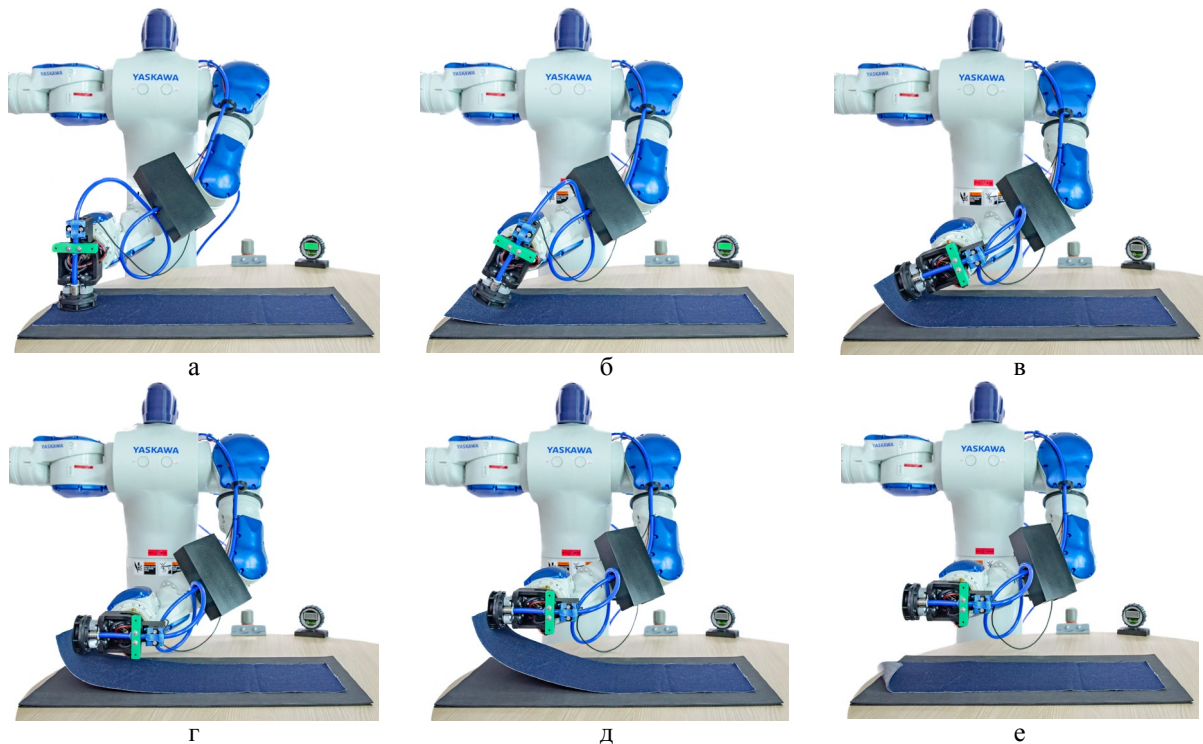


Рис. 2. Втрата контакту із гнучким об'єктом під час маніпулювання: (а) захоплення; (б) переорієнтація; (в) переорієнтація; (г) початок підняття; (д) підняття; (е) втрата контакту і падіння.

Перелік посилань

1. Sensing of Continuum Robots: A Review / P.J. Sincak, E. Prada, L. Miková, R. Mykhailyshyn, M. Varga, T. Merva, I. Virgala // *Sensors*. – 24(4). – 2024. – DOI: 10.3390/s24041311.
2. Mathematical Modeling of Robotic Locomotion Systems / E. Prada, L. Mikova, I. Virgala, M. Kelemen, P.J. Sincák, R. Mykhailyshyn // *Symmetry*. – 16(3). – 2024. DOI: 10.3390/sym16030376
3. Robot Trajectory Planning / D. Hroncova, P. Sincak, T. Merva R. Mykhailyshyn // *MM Science Journal*. – 2022. – DOI: 10.17973/MMSJ.2022_11_2022093.
4. Global Path Planning Method Based on a Modification of the Wavefront Algorithm

for Ground Mobile Robots / R. Mykhailyshyn, V. Savkiv, I. Diahovchenko, F. Duchon, R. Trembach // *Robotics*. – 12(1). – 2023. – P. 527-532. – DOI: 10.3390/robotics12010025.

5. Substantiation of Parameters of Friction Elements of Bernoulli Grippers With a Cylindrical Nozzle / R. Mykhailyshyn, V. Savkiv, I. Boyko, E. Prada, & I. Virgala // *International Journal of Manufacturing, Materials, and Mechanical Engineering (IJMMME)*. – 11(2). – 2021. – P. 17-39. – DOI: 10.4018/IJMMME.2021040102.

6. A Systematic Review on Pneumatic Gripping Devices for Industrial Robots / R. Mykhailyshyn, V. Savkiv, P. Maruschak, J. Xiao // *Transport*. – 37(3). – 2022. – P. 201-231. – DOI: 10.3846/transport.2022.17110

7. Three-Dimensional Printing of Cylindrical Nozzle Elements of Bernoulli Gripping Devices for Industrial Robots / R. Mykhailyshyn, F. Duchoň, M. Mykhailyshyn, A. Majewicz Fey // *Robotics*. – 11(6). – 2022. – DOI: 10.3390/robotics11060140.

8. Optimization of Outer Diameter Bernoulli Gripper with Cylindrical Nozzle / R. Mykhailyshyn, F. Duchoň, I. Virgala, P.J. Sinčák, A. Majewicz Fey // *Machines*. – 11(6). – 2023. – DOI: 10.3390/machines11060667.

9. Influence of Inlet Parameters on Power Characteristics of Bernoulli Gripping Devices for Industrial Robots / R. Mykhailyshyn, J. Xiao // *Applied Sciences*. – 12(14). – 2022. 7074. DOI: 10.3390/app12147074.

10. Experimental Research of the Manipulation Process by the Objects Using Bernoulli Gripping Devices / R. Mykhailyshyn, V. Savkiv, M. Mikhalishin, F. Duchon // *In Young Scientists Forum on Applied Physics and Engineering, International IEEE Conference*. – 2017. – P. 8-11. – DOI: 10.1109/YSF.2017.8126583

11. Orientation Modeling of Bernoulli Gripper Device with Off-Centered Masses of the Manipulating Object / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, O. Fendo, M. Mykhailyshyn // *Procedia Engineering*. – 2017. – № 187. – P. 264-271. – DOI: 10.1016/j.proeng.2017.04.374

12. Михайлишин Р.І. Обґрунтування параметрів та орієнтації струминного захоплювача маніпулятора для автоматизації вантажно-розвантажувальних операцій: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.05.05 “Піднімально-транспортні машини” / Р.І. Михайлишин. – Тернопіль, 2018. – 21 с.

13. Energy efficiency analysis of the manipulation process by the industrial objects with the use of Bernoulli gripping devices / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, F. Duchoň, M. Mykhailyshyn // *Journal of Electrical Engineering*. – 2017. – 68(6). – P. 496-502.

14. Modeling of Bernoulli gripping device orientation when manipulating objects along the arc/ V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, Duchoň, M. Mykhailyshyn // *International Journal of Advanced Robotic Systems*. – 15(2). – 2018. – P. 2397-2408. DOI: 10.1177/1729881418762670

15. Gripping Device for Textile Materials / R. Mykhailyshyn, V. Savkiv, A. Majewicz Fey, & J. Xiao // *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*. – 20(4). – 2023. – P. 2397-2408. DOI: 10.1109/TASE.2022.3208796

16. Low-Contact Grasping of Soft Tissue using a Novel Vortex Gripper / R. Mykhailyshyn, A. Majewicz Fey // *2024 International Symposium on Medical Robotics (ISMR)*. – 2024.

17. Finite element modeling of grasping porous materials in robotics cells / R. Mykhailyshyn, A. Majewicz Fey, J. Xiao // *Robotica*. – 41(2). – 2023. – P. 3485-3500. – DOI: 10.1017/S0263574723001121.

18. Problems Modeling the Process of Manipulation Flexible Objects in Robotics / R. Mykhailyshyn, M. Mykhailyshyn, F. Duchon, M. Kelemen, A. Majewicz Fey, J. Xiao // *International Scientific-Technical Conference "Mathematical Methods and Models of Technical and Economic Systems"*. – 2022. – P. 73-74.

19. Increasing the Holding Force of Non-Rigid Materials Through Robot End-Effector Reorientation / R. Mykhailyshyn, A. Majewicz Fey, J. Xiao // *IROS 2023 Workshop on Leveraging Models for Contact-Rich Manipulation – IEEE*, 2023.

20. Toward Novel Grasping of Non-Rigid Materials Through Robotic End-Effector Reorientation / R. Mykhailyshyn, A. Majewicz Fey, J. Xiao // *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics* – 2024. DOI: 10.1109/TMECH.2023.3337628.