

УДК 621.865

Р. Михайлишин, к. т. н.; М. Михайлишин, к. ф.-м. н., доц.; Ф. Духон, к. т. н., проф.; М. Келемен, к. т. н., проф.; А. Маєвич Фей, к. т. н., проф.; Д. Сяо, к. т. н., проф.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

Словацький технологічний університет в Братиславі, Словацька Республіка

Технологічний університет в Кошице, Словацька Республіка

Техаський університет в Остіні, Сполучені Штати Америки

Вустерський політехнічний інститут, Сполучені Штати Америки

ПРОБЛЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ МАНІПУЛЮВАННЯ ГНУЧКИХ ОБ'ЄКТІВ В РОБОТОТЕХНІЦІ

R. Mykhailyshyn Ph.D.; M. Mykhailyshyn Ph.D., Assoc. Prof.; F. Duchon Ph.D., Prof.; M. Kelemen Ph.D., Prof.; A. Majewicz Fey Ph.D., Prof.; J. Xiao Ph.D., Prof.

PROBLEMS MODELING THE PROCESS OF MANIPULATION FLEXIBLE OBJECTS IN ROBOTICS

Abstract. During manufacturing processes, there are often tasks of manipulating flexible objects with a displaced center of mass. An important issue is the analysis of problems that arise when designing and modeling pneumatic grippers in robotic cells. We established the main directions for solving the problems of manipulating flexible objects with a shifted center of mass for various types of grippers.

Виробничі потреби в виготовленні та використанні гнучких об'єктів зростають з кожним роком. Серед проблем, які виникають при автоматизації процесів із гнучкими об'єктами є їх захоплення та маніпулювання. Це пов'язано із тим, що спрогнозувати вплив параметрів об'єкта на деформацію, фрикційні властивості та силу утримування в такому випадку дуже важко [1]. Тому зараз активно проводяться дослідження із структурування методів маніпулювання [2], розробки захоплювальних пристроїв [3-7], методів захоплення [8] та нових концепцій процесу маніпулювання [9-11] гнучкими об'єктами.

Серед усіх матеріалів, з якими виникає найбільше проблем при маніпулюванні є текстильний та плівки різної товщини. Ці матеріали є легкодеформівні і втрачають форму (деформуються) під силою власної ваги. Тому завдання захоплення та маніпулювання таких матеріалів є найбільшим викликом сьогодення. Через це одна з груп науковців займаються дослідженням саме питаннями маніпулювання текстильних (одягу) об'єктів [2-3]. Ними запропонована класифікація можливих методів маніпулювання та захоплення гнучких об'єктів Рис. 1а [2]. Проте запропоновану класифікацію Рис. 1а важко назвати закінченою. Тому що не враховується варіант захоплення із площинним зовнішнім контактом за край об'єкта, або декілька площинних зовнішніх контактів з одного краю Рис. 1б. Така ситуація часто виникає на виробництві та у побуті при можливості робота захопити об'єкт лише з одного краю. Причин чому у роботу немає такої можливості може бути декілька: обслуговуване обладнання має нависаючі елементи, що заважають роботу проводити захоплення; об'єкт маніпулювання є значно більший ніж робоча зона робота. В серії статей [12-15] автори пропонують новий метод маніпулювання плоских жорстких об'єктів, який дозволяє мінімізувати необхідну силу притягання. Це досягається шляхом переорієнтація захоплювального пристрою таким чином, щоб сумарна сила яка діє на об'єкт були направлена в протилежному напрямку до осі з захоплювача. При цьому враховуються сили тертя між об'єктом і фрикційними елементами, сила лобового опору повітря

об'єкта, зміщення центру мас об'єкта та інші сили. Для цього автори вибрали захоплювальний пристрій Бернуллі, який має трьох точковий контакт та володіють значною витратою. Проте автори довели ефективність використання даного методу і для інших пневматичних захоплювальних пристроїв [15]. З огляду на важливість переорієнтації були запропоновані декілька варіантів конструкцій захоплювача для безконтактного утримування об'єкта маніпулювання [4], та оптимізацію параметрів фрикційних елементів [7]. Такі конструкції дозволяють усунути зіткнення об'єкта із захоплювачем при безконтактному маніпулюванні та збільшити розподіл навантаження при збільшенні кількості фрикційних елементів.

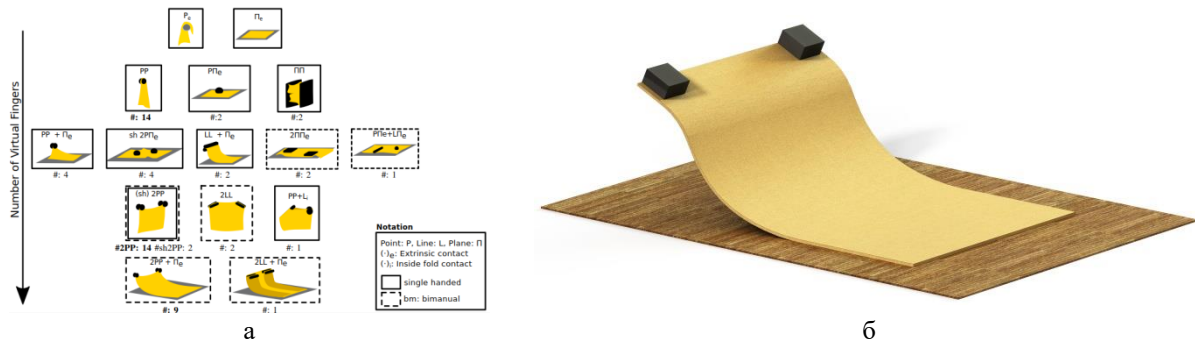


Рис. 1. Методи маніпулювання гнучких об'єктів в робототехніці

З огляду на вище сказане питання забезпечення ефективного методу маніпулювання гнучкими об'єктами є актуальною задачею. У випадку використання пневматичних захоплювачів при захопленні гнучких об'єктів за край виникає багато проблем. В основному ці проблеми зв'язані із зміщенням центру мас гнучкого об'єкта маніпулювання при поступовому піднятті. В залежності від типу пневматичного захоплювального пристрою [16] та типу контакту який використовується (Рис. 2) в цьому захоплювачі будуть виникати різні проблеми.

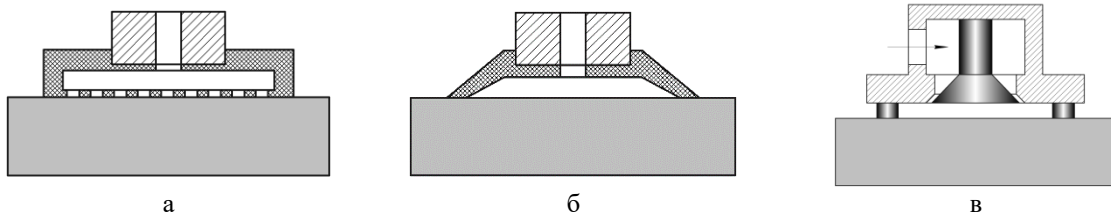


Рис. 2. Пневматичні захоплювачі із різними типами контакту [16]

Практично в усіх випадках виникає проблема із розгерметизацією присоски в не залежності яким чином утворюється розрідження. При зміщенні центру мас гнучкий об'єкта маніпулювання деформується на краю захоплювача. В результаті чого сумарні сили, що діють на обвисаючу частину об'єкта діятимуть лише на краю площини захоплювача, що продовжує утримувати об'єкт. Така мала зона захоплювача не спроможна утримати обвисаючу частину об'єкта. Що спричиняє відєднання об'єкта від краю захоплювача і його розгерметизацію. Така тенденція буде продовжуватися до моменту коли об'єкт відєднається від присоски: у випадку використання захоплювача Рис. 4а, 4в під час втрати достатньої сили утримування, або моментальної розгерметизації і втрати сили утримування у випадку використання захоплювача Рис. 4б. Для забезпечення безвідривного маніпулювання і максимальної сили утримування гнучких об'єктів, пропонується змінювати орієнтацію захоплювального пристрою. Така методика дозволить уникнути розгерметизацію присоски та використовувати додаткові сили, що виникають при зміні орієнтації захоплювального пристрою.

Література

1. Robotic manipulation and sensing of deformable objects in domestic and industrial applications: a survey / J. Sanchez, , Corrales, J. A., Bouzgarrou, B. C., & Mezouar, Y. // *The International Journal of Robotics Research*. – 2018. – 37(7), P. 688-716.
2. A grasping-centered analysis for cloth manipulation / J. Borràs, G. Alenyà, C. Torras // *IEEE Transactions on Robotics*. – 2020. – 36(3), P. 924-936.
3. A versatile gripper for cloth manipulation / S. Donaire, J. Borràs, G. Alenyà, C. Torras // *IEEE Robotics and Automation Letters*. – 2020. – 5(4), P. 6520-6527.
4. Justification of Design and Parameters of Bernoulli-Vacuum Gripping Device / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, F. Duchon, O. Fendo // *International Journal of Advanced Robotic Systems*. – 2017. – № 14(6), DOI: 1729881417741740.
5. Gripping Device for Textile Materials / R. Mykhailyshyn, V. Savkiv, A. Majewicz Fey, & J. Xiao // *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*. – 2022. DOI: 10.1109/TASE.2022.3208796
6. 3D Printing of Cylindrical Nozzle Elements of Bernoulli Gripping Devices for Industrial Robots / R. Mykhailyshyn, F. Duchoň, M. Mykhailyshyn, A. Majewicz Fey // *Robotics*. – 2022.
7. 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.
8. Modeling, learning, perception, and control methods for deformable object manipulation / H. Yin, A. Varava, D. Kragic // *Science Robotics*. – 2021. – 6(54), – eabd8803.
9. Modeling of the Gripping Device for Non-Rigid and Porous Objects of Manipulation / R. Mykhailyshyn, A. Majewicz Fey, J. Xiao // *Robotics*. – 2023.
10. 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.
11. Increasing the Holding Force of Non-Rigid Materials through Robot End-Effector Reorientation / R. Mykhailyshyn, A. Majewicz Fey, J. Xiao // *In 2023 IEEE International Conference on Robotics and Automation. IEEE*. – 2023.
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. 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
14. 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
15. Research of Energy Efficiency of Manipulation of Dimensional Objects With the Use of Pneumatic Gripping Devices / R. Mykhailyshyn, V. Savkiv, I. Diahovchenko, F. Duchon, R. Trembach // *2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering UKRCON-2019 – IEEE, 2019*. – P. 527 – 532.
16. 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