

УДК 621.865.8

DOI <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2024.4.8>**В. О. КРАВЕЦЬ**

інженер кафедри конструювання машин
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID: 0009-0005-6867-4858

О. М. КРАВЕЦЬ

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри конструювання машин
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID: 0000-0002-7468-0956

В. К. ФРОЛОВ

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри технології машинобудування
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID: 0000-0002-3697-286X

С. В. ЛАПКОВСЬКИЙ

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри технології машинобудування
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID: 0000-0002-9870-9231

М. М. ГЛАДСЬКИЙ

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри технології машинобудування
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID: 0000-0002-4547-7131

Л. М. ДАНИЛОВА

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри технології машинобудування
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID: 0000-0002-4442-3959

ВИКОРИСТАННЯ МОРФОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ ЗАХВАТНИХ ПРИСТРОЇВ

Використання промислових роботів у виробництві – безальтернативний шлях підвищення якості та продуктивності сучасного виробництва. Вже багато років роботизоване маніпулювання об'єктами виробництва є найпопулярнішою роботизованою операцією. Промислові роботи, які оснащені захватним пристроєм, можуть виконувати дуже багато завдань, що традиційно були притаманні руці людини, і можуть використовувати захватний пристрій в широкому діапазоні захвату та утримання об'єктів виробництва. Однак, незважаючи на різноманіття захватних пристроїв, які зараз доступні на ринку, існує багато завдань, які важко або навіть неможливо виконати існуючими захватними пристроями. Тому є попит на нові конструкції захватних пристроїв, які здатні конкурувати з людською рукою. Стаття присвячена вдосконаленню процесу проєктування нових конструкцій механічних захватних пристроїв за рахунок використання морфологічних методів. Морфологічні методи неодноразово виявлялися доволі ефективним засобом при проєктуванні нових та вдосконалених вже існуючих механічних систем. Метою даної статті є вирішення задачі створення нових конструкцій механічних захватних пристроїв. У статті виявлені ознаки структурних елементів механічних захватних пристроїв і побудована їх на

основі морфологічна матриця. Загальна кількість альтернативних варіантів конструкцій механічних захватних пристроїв для цієї морфологічної матриці виявилася досить великою для того, щоб отримати нові незвичайні варіанти конструкцій механічних захватних пристроїв, які при звичайному переборі альтернатив можна просто втратити. Цей факт підтвердив ефективність використання морфологічних методів при вирішенні задачі синтезу нових конструкцій механічних захватних пристроїв. У статті наведено декілька варіантів спроектованих механічних захватних пристроїв.

Ключові слова: захватний пристрій, конструкція, проектування, морфологічний метод, морфологічний ящик, морфологічна матриця, структурні елементи, синтез варіантів.

V. O. KRAVETS

Engineer at the Department of Machine Design
National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”
ORCID: 0009-0005-6867-4858

O. M. KRAVETS

Candidate of Sciences in Technology, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Machine Design
National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”
ORCID: 0000-0002-7468-0956

V. K. FROLOV

Candidate of Sciences in Technology, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Manufacturing Engineering
National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”
ORCID: 0000-0002-3697-286X

S. V. LAPKOVSKY

Candidate of Sciences in Technology, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Manufacturing Engineering
National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”
ORCID: 0000-0002-9870-9231

M. M. GLADSKYI

Candidate of Sciences in Technology, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Manufacturing Engineering
National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”
ORCID: 0000-0002-4547-7131

L. M. DANYLOVA

Candidate of Sciences in Technology, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Manufacturing Engineering
National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”
ORCID: 0000-0002-4442-3959

USING THE MORPHOLOGICAL METHODS IN GRIPPERS DESIGN

The use of industrial robots in production is an indispensable way to improve the quality and productivity of modern production. For many years, robotic manipulation of production objects has been the most popular robotic operation. Industrial robots that are equipped with a gripper can perform many tasks that have traditionally been performed by the human hand, and can use the gripper in a very wide range of gripping and holding production objects. However, despite the number of grippers currently available on the market, there are still many tasks that are difficult or even impossible for grippers to perform, clearly indicating a demand for new gripper designs that can compete with the human hand. The article is devoted to the improvement of the methods of designing new designs of mechanical grippers due to the use of morphological methods. Morphological methods have repeatedly

proven to be quite an effective tool for designing new and improving existing mechanical systems. The purpose of this article is to solve the problem of obtaining new designs of mechanical grippers. The article examines the features of the structural elements of mechanical grippers and the construction of a morphological matrix based on the latter. The total number of alternative mechanical gripper design options for this morphological matrix turned out to be large enough to yield new unusual mechanical gripper design options that would simply be lost in the usual sorting of alternatives. This fact confirmed the effectiveness of using morphological methods in solving the problem of synthesis of new designs of mechanical grippers. The article presents several options for the designed constructions of new mechanical grippers.

Key words: gripper, construction, design, morphological method, morphological box, morphological matrix, structural elements, synthesis of variants.

Постановка проблеми

За даними звіту IFR – Міжнародної федерації робототехніки – в останні роки серед усіх роботизованих технологічних операцій саме маніпулювання об'єктами виробництва є найпоширенішою роботизованою операцією (рис. 1) [1-3].

Слід відзначити, що у порівнянні з 2021 роком у 2022 році кількість інсталяцій промислових роботів у складанні та зварюванні впали відповідно на 3% і 7%, тоді як у маніпулюванні об'єктами виробництва вона зросла на 10% (рис. 1) [1-3].

Зрозуміло, що роботизоване маніпулювання об'єктами виробництва можливе тільки тоді, коли робот оснащений захватним пристроєм (ЗП). Таким чином, розвиток теорії проектування ЗП є досить актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питанню проектування та дослідження ЗП присвячено багато публікацій зарубіжних авторів. Так, тільки у роботі науковців з Університету Вісконсин-Мілуокі (США) «Current Designs of Robotic Arm Grippers: A Comprehensive Systematic Review» [4] у списку використаної літератури наведено 98 посилань з досліджуваного питання, 76 з яких (78%) надруковані за останні 10 років.

За даною тематикою досліджень і публікацій вітчизняних авторів, на жаль, не так вже і багато. До таких робіт вітчизняних авторів, перш за все, можна віднести такі наукові праці, як [5-9]. Але слід відзначити, що в роботах [5, 7, 8] стосовно ЗП наведена майже однакова інформація. Найбільш цінними роботами, на думку авторів даної статті, можна вважати роботи [6, 9].

Формулювання мети дослідження

Метою даної статті є вдосконалення процесу проектування нових конструкцій механічних захватних пристроїв (МЗП) за рахунок використання морфологічних методів.

Викладення основного матеріалу дослідження

Морфологічні методи дозволяють досліджувати всі можливі варіанти розв'язання задач створення технічних систем із структурних позицій [10, 11]. Ці задачі впливають із закономірностей морфології будови технічної системи, і тим самим, з'являється можливість враховувати, окрім відомих, нові незвичайні варіанти, якими при звичайному переборі альтернатив можна просто знехтувати. Ідея даних методів полягає в тому, щоб потрапити в зону альтернативних варіантів рішень, які далекі від того, що лежить на видноті [10, 11]. Суть цих методів полягає в тому, що в системі, яка повинна бути удосконалена, виділяють декілька характерних для неї структурних елементів, для кожного з яких складають максимально повну множину різних конкретних альтернатив його функціонування [10, 11]. Таким чином, кожна ознака структурного елемента може характеризувати якийсь конструктивний елемент структури системи, якусь функцію, якийсь режим її стану, якусь форму взаємодії елементів (вузлів), тобто параметри характеристики системи, від яких залежить вирішення проблеми та досягнення основної мети [10, 11].

Одна з переваг даного методу – його багатоваріантність. Оскільки метод заснований на використанні морфології об'єктів, він дозволяє організувати простір ознак об'єкта (морфологічний ящик) і систематично його проаналізувати. При цьому, на відміну від простого перебору, виключається пропуск якихось альтернатив, що дозволяє подолати інерцію мислення спеціалістів, знайти оригінальні рішення при повному переборі всього переліку можливих рішень.

Альтернативні ознаки розташовують у вигляді таблиці, яка називається морфологічною матрицею (морфологічним ящиком), що надає можливість краще уявити поле пошуку. Морфологічні матриці можуть бути подані у цифровому або буквенному вигляді по рядках або по стовпцях [10, 11].

Морфологічна матриця конструкцій МЗП наведена у табл. 1.



а)



б)



в)

Рис. 1. Відсоткове співвідношення кількості інсталяцій промислових робіт у виробництво:
а – у 2022 році, б – у 2021 році, в – у 2020 році

Таблиця 1

Морфологічна матриця конструкцій МЗП

№ з/п	Ознака структурного елементу МЗП	Варіант виконання
1	Тип приводу	1.1 – Електричний 1.2 – Пневматичний 1.3 – Гідравлічний
2	Механізм	2.1 – Важільний 2.2 – Гвинтовий 2.3 – Клиновий
3	Кількість пальців	3.1 – 2 3.2 – 3 3.3 – 4 3.4 – 5 3.5 – Більше 5
4	Конструкція пальців	4.1 – Суцільна 4.2 – Дискретна
5	Пружність пальців	5.1 – Є 5.2 – Немає
6	Рух пальців	6.1 – Поступальний 6.2 – Обертальний
7	Форма губок	7.1 – Плоска 7.2 – Призматична 7.3 – Циліндрична 7.4 – Сферична 7.5 – Конічна 7.6 – Асиметрична
8	Конструкція губок	8.1 – Суцільна 8.2 – Дискретна
9	Пружність губок	9.1 – Є 9.2 – Немає
10	Рух губок відносно пальців	10.1 – Поступальний 10.2 – Обертальний 10.3 – Немає
11	Можливість автоматичного повернення губок у вихідне положення	11.1 – Є 11.2 – Немає

Загальна кількість варіантів конструкцій МЗП з даної морфологічної матриці буде дорівнювати:

$$N = \prod_{i=1}^{11} K_i = 3 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 2 = 51\ 840.$$

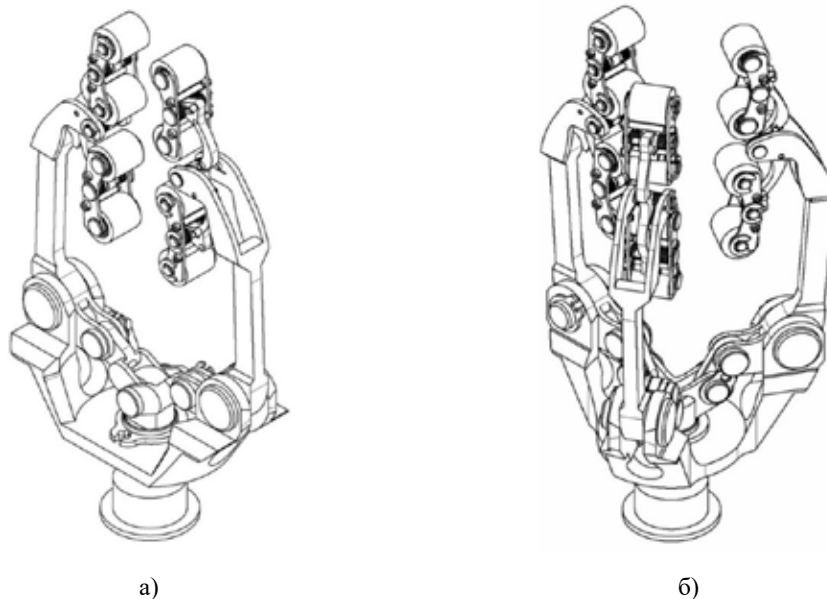


Рис. 2. Варіанти конструкцій МЗП: а – згідно 1.1 – 2.1 – 3.1 – 4.1 – 5.2 – 6.2 – 7.3 – 8.2 – 9.2 – 10.2 – 11.1, б – згідно 1.1 – 2.1 – 3.2 – 4.1 – 5.2 – 6.2 – 7.3 – 8.2 – 9.2 – 10.2 – 11.1

Проте кількість альтернативних варіантів конструкцій МЗП для цієї морфологічної матриці може бути збільшена шляхом комбінації деяких альтернатив. Так, наприклад, можна отримати ще один вид руху пальців МЗП комбінацією альтернатив 6.1 і 6.2 або 10.1 і 10.2 (комбінований рух) тощо.

Після синтезу варіантів конструкцій МЗП можна отримати різноманітні комбінації альтернатив. На рис. 2 наведено варіанти конструкцій МЗП, що були створені згідно з деякими з них.

Висновки

Використання морфологічних методів при проектуванні нових конструкцій МЗП є досить ефективним, дозволяє отримати оригінальні конструкційні рішення при несподіваному поєднанні ознак банальних структурних елементів.

Список використаної літератури

1. *World Robotics 2023*. IFR International Federation of Robotics, 2023, 49 p. URL: https://ifr.org/img/worldrobotics/2023_WR_extended_version.pdf.
2. Кравець, В., Кравець, О., Адаменко, Ю., Лапковський, С., Кореньков, В., & Фролов, В. (2023). Аналіз розмірних зв'язків роботизованого комплексу. *Технічні науки та технології*, 3 (33), 40–52. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2023-3\(33\)-40-52](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2023-3(33)-40-52)
3. Кравець, В., Кравець, О., Лапковський, С., Фролов, В., Гладський, М., & Приходько, В. (2024). Аналіз розмірних зв'язків роботизованої складальної системи. *Вісник Херсонського національного технічного університету*, 1 (88), 54–62. <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2024.1.7>
4. Hernandez, J., Sunny, M.S.H., Sanjuan, J., Rulik, I., Zarif, M.I.I., Ahamed, S.I., Ahmed, H.U., & Rahman, M.H. Current Designs of Robotic Arm Grippers: A Comprehensive Systematic Review. *Robotics 2023*, 12 (1), 5. <https://doi.org/10.3390/robotics12010005>
5. Ковальов, Ю.А., Кошель, С.О., & Манойленко, О.П. (2020). *Проектування промислових роботів та маніпуляторів*. Центр учбової літератури.
6. Павленко, І.І., & Годунко, М.О. (2020). *Захватні пристрої роботів*. ТОВ «КОД».
7. Пелевін, Л.Є., Почка, К.І., Гаркавенко, О.М., Міщук, Д.О., & Русан, І.В. (2016). *Синтез робототехнічних систем в машинобудуванні*. ТОВ «НВП «Інтерсервіс».
8. Поліщук, М.М., & Ткач, М.М. (2021). *Робототехнічні системи: проектування і моделювання*. КПІ ім. Ігоря Сікорського.
9. Проць, Я.І. (2008). *Захоплювальні пристрої промислових роботів*. Тернопільський державний технічний університет ім. І. Пулюя.
10. Zwicky, F. (1962). *Morphology of Propulsive Power*. Society for Morphological Research.
11. Кузнецов, Ю.М., & Придальний, Б.І. (2023). *Теорія технічних систем в аспектах досліджень та технічної творчості*. Вежа-Друк.

References

1. *World Robotics 2023*. IFR International Federation of Robotics, 2023, 49 p. URL: https://ifr.org/img/worldrobotics/2023_WR_extended_version.pdf.
2. Kravets, V., Kravets, O., Adamenko, Yu., Lapkovskiy, S., Korenkov, V., & Frolov, V. (2023). Analiz rozmirnykh zviazkiv robotyzovanoho kompleksu. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii*, 3 (33), 40–52. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2023-3\(33\)-40-52](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2023-3(33)-40-52)
3. Kravets, V., Kravets, O., Lapkovskiy, S., Frolov, V., Hladykiy, M., & Prykhodko, V. (2024). Analiz rozmirnykh zviazkiv robotyzovanoi skladalnoi systemy. *Visnyk Khersonskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu*, 1 (88), 54–62. <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2024.1.7>
4. Hernandez, J., Sunny, M.S.H., Sanjuan, J., Rulik, I., Zarif, M.I.I., Ahamed, S.I., Ahmed, H.U., & Rahman, M.H. Current Designs of Robotic Arm Grippers: A Comprehensive Systematic Review. *Robotics 2023*, 12 (1), 5. <https://doi.org/10.3390/robotics12010005>
5. Kovalov, Yu.A., Koshel, S.O., & Manoilenko, O.P. (2020). *Proektuvannia promyslovykh robotiv ta manipulatoriv*. Tsentr uchbovoi literatury.
6. Pavlenko, I.I., & Hodunko, M.O. (2020). *Zakhvatni prystroi robotiv*. TOV „KOD“.
7. Pelevin, L.Ie., Pochka, K.I., Harkavenko, O.M., Mishchuk, D.O., & Rusan, I.V. (2016). *Syntezy robototekhnichnykh system v mashynobuduvanni*. TOV „NVP „Interservis“.
8. Polishchuk, M.M., & Tkach, M.M. (2021). *Robototekhnichni systemy: proiektuvannia i modeliuvannia*. KPI im. Ihoria Sikorskoho.
9. Prots, Ya.I. (2008). *Zakhopliuvalni prystroi promyslovykh robotiv*. Ternopilskiy derzhavnyi tekhnichnyi universytet im. I. Puliuia.
10. Zwicky, F. (1962). *Morphology of Propulsive Power*. Society for Morphological Research.
11. Kuznietsov, Yu.M., & Prydalnyi, B.I. (2023). *Teoriia tekhnichnykh system v aspektakh doslidzhen ta tekhnichnoi tvorchosti*. Vezha-Druk.