

УДК 621.865.8

DOI <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2025.1.1.17>**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

**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

**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

**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

**В. П. ПРИХОДЬКО**

кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри технології машинобудування  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
ORCID: 0000-0003-1852-3777

## **ВИКОРИСТАННЯ ПРИНЦИПУ ДІЇ ФРАКТАЛЬНИХ ЛЕЩАТ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ АДАПТИВНИХ ЗАХВАТНИХ ПРИСТРОЇВ**

*Використання у промисловості промислових роботів – безальтернативний шлях підвищення продуктивності та якості сучасного виробництва. Найпопулярнішою роботизованою операцією у порівнянні з іншими операціями є роботизоване маніпулювання об'єктами виробництва. Промислові роботи, у яких робочим органом є захватний пристрій, можуть виконувати різноманітні завдання, що традиційно були притаманні рукам людини, можуть використовувати захватні пристрої в широкому діапазоні захвату та утримання різних об'єктів. Однак, незважаючи на велику чисельність захватних пристроїв, які зараз існують на промисловому ринку, ще є багато задач, які важко або, інколи, навіть і неможливо виконати захватному пристрою. Цим пояснюється великий попит на оригінальні конструкції адаптивних захватних пристроїв, які мають можливість конкурувати з людськими руками. Дана стаття присвячена вдосконаленню методів синтезу нових конструкцій адаптивних механічних захватних пристроїв за рахунок використання принципу дії фрактальних лещат. Метою даної статті є вирішення задачі синтезу нових варіантів конструкцій адаптивних механічних захватних пристроїв. У статті розглянуто конструктивні ознаки фрактальних лещат різних типів, які були винайдені ще на початку минулого століття. Користуючись результатами аналізу принципу дії фрактальних лещат та переваг останніх щодо уні-*

версальності захвату деталей по криволінійних поверхнях, обґрунтована можливість проектування цілої гами оригінальних конструкцій адаптивних механічних захватних пристроїв промислових роботів або маніпуляторів для транспортування вибухонебезпечних предметів, які можуть бути встановлені на мобільних платформах. У статті наведено декілька варіантів конструкцій механічних захватних пристроїв, спроектованих з використанням принципу дії фрактальних лецат.

**Ключові слова:** захватний пристрій, адаптивний, промисловий робот, конструкція, проектування, лецата, фрактальні, захоплення, губки.

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

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

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

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

V. P. PRYKHODKO

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: 0000-0003-1852-3777

## USING THE OPERATING PRINCIPLE OF FRACTAL VICE IN THE DESIGN OF ADAPTIVE GRIPPERS

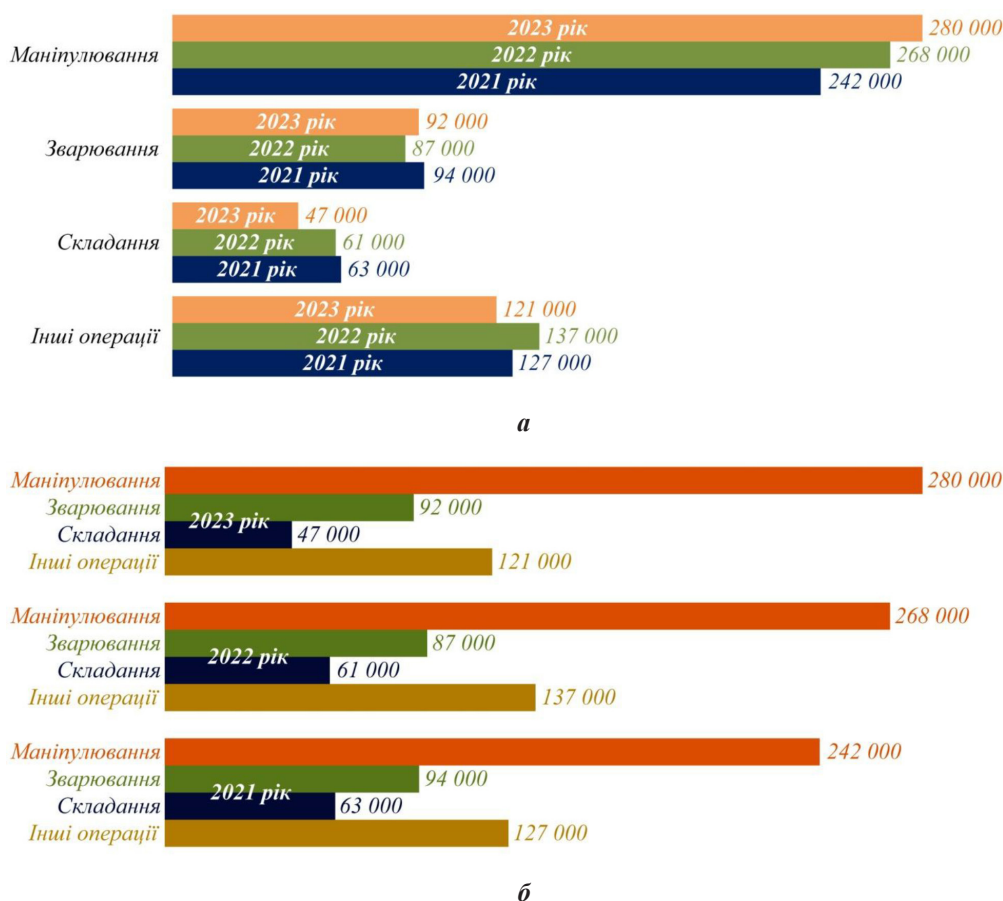
*The use of industrial robots in industry is an unalternative way to increase the productivity and quality of modern production. For many years, the most popular robotic operation compared to other operations has been robotic manipulation of production objects. Industrial robots, in which the working body is a gripper, can perform a variety of tasks that have traditionally been inherent in human hands, and can use grippers in a very wide range of gripping and holding various objects. However, despite the large number of grippers that currently exist on the industrial market, there are still many tasks that are very difficult or, sometimes, even impossible to perform for a gripper. This clearly indicates a great demand for original designs of adaptive grippers that will be able to compete with human hands. This article is devoted to improving the methods of synthesizing new designs of adaptive mechanical grippers by using the principle of action of fractal vises. The purpose of this article is to solve the problem of synthesizing new*

variants of designs of adaptive mechanical grippers. The article considers the design features of various fractal vices, which were invented at the beginning of the last century. Using the results of the analysis of the principle of operation of fractal vices and the excellent advantages of the latter in terms of the versatility of gripping parts on curved surfaces, the possibility of designing a whole range of new original designs of adaptive mechanical grippers for industrial robots or manipulators for transporting explosive objects, which can be installed on mobile platforms, is substantiated. The article presents several variants of the designed designs of new mechanical grippers, the designs of which require further careful research.

**Key words:** gripper; adaptive, industrial robot, construction, designing, vice, fractal, grasping, jaws.

### Постановка проблеми

За даними звіту Міжнародної федерації робототехніки IFR, останнім часом саме маніпулювання об'єктами виробництва залишається найпоширенішою роботизованою операцією серед усіх роботизованих технологічних операцій (рис. 1) [1–3]. Слід відзначити, що, порівняно з 2022 роком, у 2023 році кількість інсталяцій промислових роботів у складанні впала на 23 %, тоді як у маніпулюванні об'єктами виробництва вона зросла на 4,5 % (рис. 1) [1–3]. Зрозуміло, що реалізація роботизованого маніпулювання можлива тільки у тому випадку, коли робочим органом промислового робота є захватний пристрій (ЗП). Це підтверджує актуальність розвитку методології проектування ЗП.



**Рис. 1. Відсоткове співвідношення кількості інсталяцій промислових роботів у виробництво:**  
а – за видами операцій, б – за роками

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Ретельний аналіз інформаційних джерел вказує на те, що публікацій вітчизняних авторів, присвячених досліджуваній галузі, доволі мало. До таких робіт, перш за все, треба віднести наукові праці [4–8]. Але треба відзначити, що в роботах [4, 6, 7] стосовно проектування ЗП наведена майже однакова, а, інколи, і застаріла інформація. Найбільш ґрунтовними та цікавими роботами, на думку авторів статті, можна вважати роботи [5, 8]. А от інформація стосовно створення адаптивних захватних пристроїв у вищезгаданих роботах практично відсутня. Що стосується публікацій зарубіжних авторів, то тут картина зовсім інша. За кордоном питанням проектування й дослідження ЗП присвячено дуже багато наукових публікацій. Так, тільки у роботі науковців з Вісконсинського університету (Мілуокі, США) «Current Designs of Robotic Arm Grippers» [9] у переліку

посилань наведено 98 наукових робіт з досліджуваного питання, 76 із яких (78 %) були опубліковані в останні 10 років.

### Формулювання мети дослідження

Метою статті є вдосконалення методології синтезу нових конструкцій механічних адаптивних захватних пристроїв за рахунок використання принципу дії фрактальних лещат.

### Викладення основного матеріалу дослідження

Починаючи з 2021 року в мережі «Internet» почала з'являтися інформація про так звані «фрактальні лещата» [10, 11]. Слід відзначити, що слово «фрактальний» походить від латинського «fractus», що перекладається як «дробовий», «подрібнений», а поняття «фрактал» було введено математиком Бенуа Мендельбротом у 1975 році [12].

Аналіз інформаційних джерел дозволив зробити наступний висновок: пристрої, які зараз позиціонуються як «фрактальні лещата», були винайдені набагато раніше введення поняття «фрактал» – більше, ніж сто років тому. У якості підтвердження можна навести патенти 1899 року англійського винахідника Ернеста Генрі Джонса [13, 14] (рис. 2).

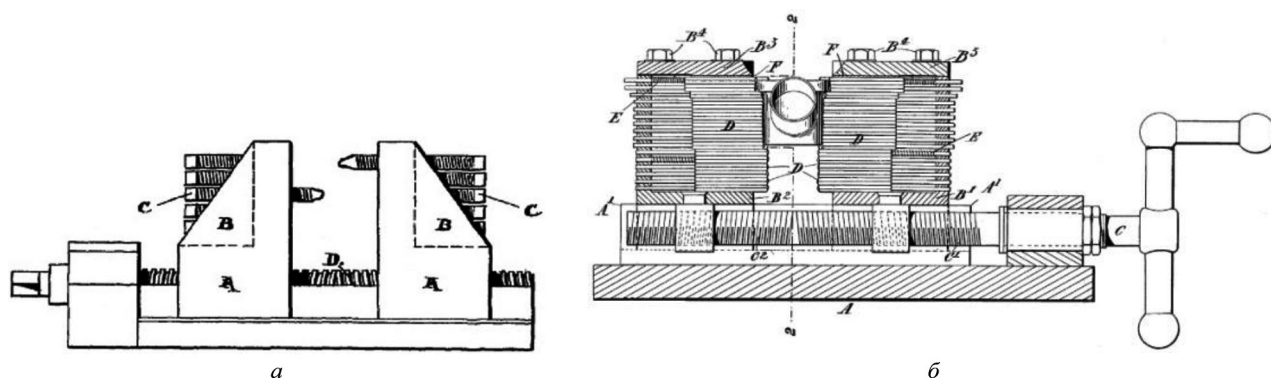


Рис. 2. Винаходи 1899 року Ернеста Генрі Джонса: а – лещата у патенті GB-189,730,513; б – лещата у патенті US Patent: 626,427

На початку XX-го століття з'явилося декілька цікавих публікацій у популярних того часу в промислових колах американських журналах – «Machinery» за серпень 1918 року [15], «American Machinist» за травень 1923 року [16] та «The ROTARIAN» за березень 1927 року [17] (рис. 3).



а)

б)

в)

Рис. 3. Публікації на початку XX-го століття, присвячені лещатам: а – у журналі «Machinery»; б – у журналі «American Machinist»; в – у журналі «The ROTARIAN»

На рис. 3, а наведені лещата 1915-го року з універсальною насадкою від компанії «Universal Equalizer Co.» (м. Цинциннаті, США). На рис. 3, б наведені лещата 1913-го року від компанії «Mantle & Co.» (м. Нью-Йорк, США), які були створені на основі патенту австрійського інженера Пауліна Карла Кюнце (рис. 4) [18]. На рис. 3, в наведені лещата «Berjo» 1927-го року з універсальною насадкою від компанії «Avey Drilling Machine Co.» (м. Цинциннаті, США), які були створені на основі патентів австрійських інженерів Рудольфа Джокша та Оскара Берла (рис. 5) [19–21].



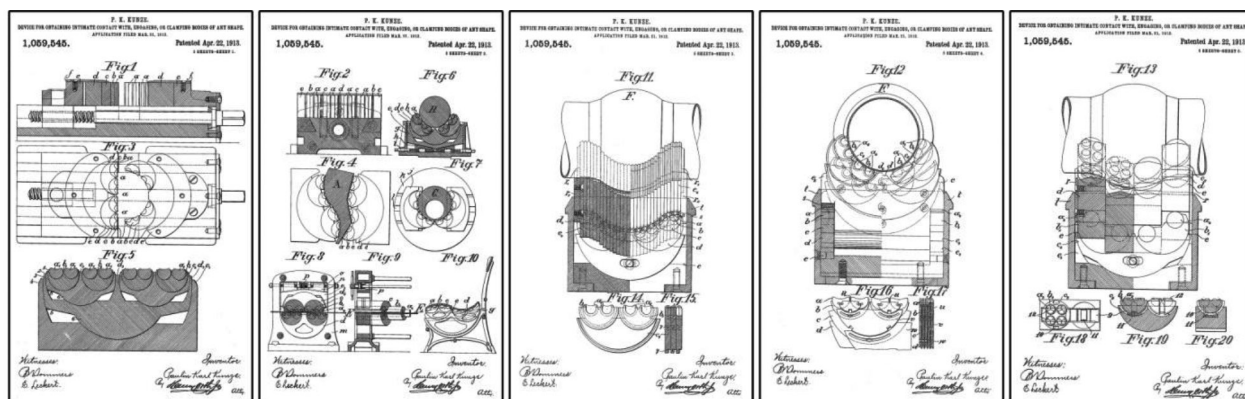


Рис. 4. Патент США Пауліна Карла Кюнце (US Patent: 1,059,545) [16]

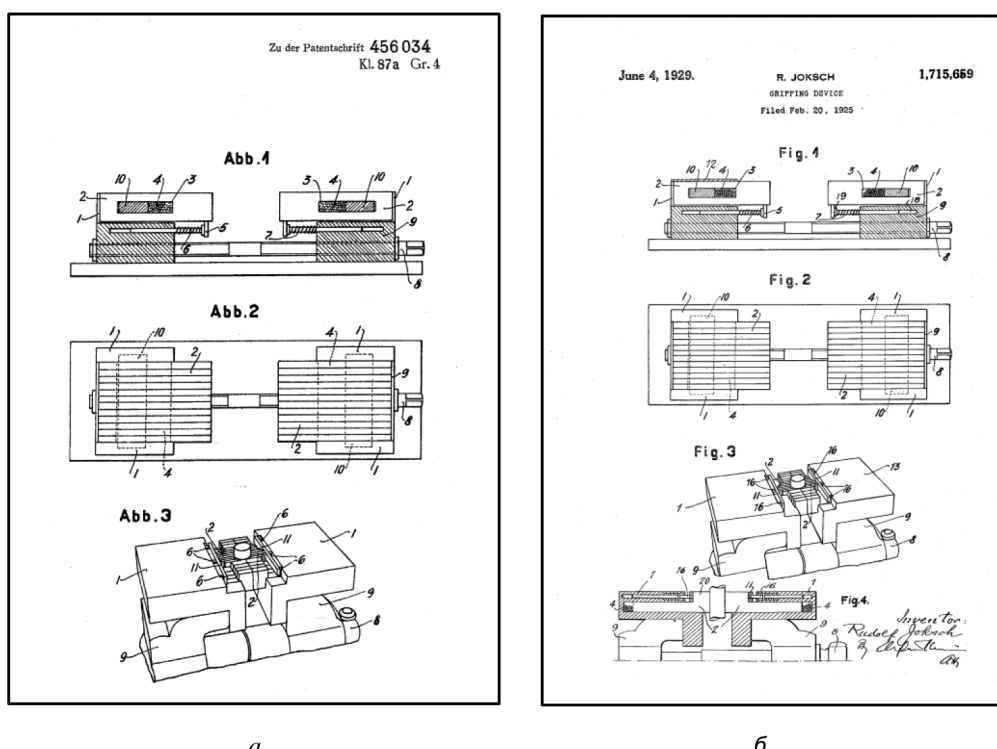


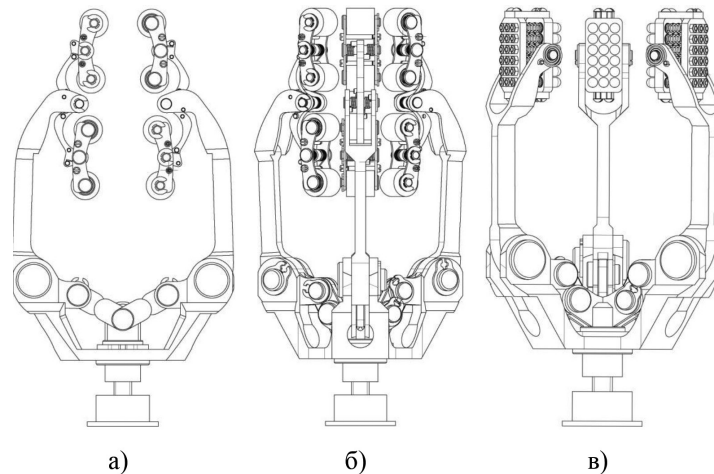
Рис. 5. Патенти Рудольфа Джокша та Оскара Берла: а – патент Німеччини Р. Джокша та О. Берла DE-456,034 [17]; б – патент США Р. Джокша US Patent: 1,715,659 [19]

Зрозуміло, що нічого, пов'язаного з фракталами, у назвах вищенаведених пристроїв в той час не могло бути. Так, Паулін Карл Кюнце назвав свій винахід як «Пристрій для встановлення тісного контакту з зачепленням або затисканням тіл будь-якої форми» [18], а Рудольф Джокш та Оскар Берл – як «Затискний пристрій для утримання тіла будь-якої форми» [19, 20].

Конструкції всіх вищенаведених лещат відрізняються одна від одної, але автори цих винаходів при створенні пристроїв мали єдину загальну мету: забезпечення надійного контакту захоплення деталей по криволінійних поверхнях. І можна вважати, що всі вони, тією чи іншою мірою, досягли цієї мети за рахунок рівномірного розподілу сили затиску у максимально можливій кількості точок контакту затискних елементів лещат з криволінійними поверхнями деталі. Використовуючи цей принцип, авторами статті було розроблено кілька оригінальних конструкцій адаптивних захватних пристроїв промислових роботів або маніпуляторів (рис. 6).

### Висновки

Використання принципу дії фрактальних лещат та аналіз конструкцій останніх дозволив розробити схемні рішення нових конструкцій адаптивних захватних пристроїв промислових роботів або маніпуляторів для маніпулювання об'єктами зі складною формою захоплюваних поверхонь. Спроектвані адаптивні захватні пристрої забезпечують надійне захоплення та переміщення об'єктів будь-якої форми. Запозичення принципу дії



**Рис. 6. Варіанти конструкцій адаптивних захватних пристроїв: а – двохпальцевий адаптивний захватний пристрій; б – трипальцевий адаптивний захватний пристрій; в – трипальцевий адаптивний захватний пристрій**

фрактальних лещат дозволило розширити можливості проєктування цілої гами оригінальних захватних пристроїв з адаптацією їх конструкції до різних сфер застосування.

#### Список використаної літератури

1. *World Robotics 2024*. IFR International Federation of Robotics, 2024, 39 p. URL: [https://ifr.org/img/worldrobotics/Press\\_Conference\\_2024.pdf](https://ifr.org/img/worldrobotics/Press_Conference_2024.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. Ковальов, Ю. А., Кошель, С. О., & Манойленко, О. П. (2020). *Проективання промислових роботів та маніпуляторів*. Центр учбової літератури
5. Павленко, І. І., & Годунко, М. О. (2020). *Захватні пристрої роботів*. ТОВ «КОД»
6. Пелевін, Л. Є., Почка, К. І., Гаркавенко, О. М., Міщук, Д. О., & Русан, І. В. (2016). *Синтез робототехнічних систем в машинобудуванні*. ТОВ «НВП «Інтерсервіс»
7. Поліщук, М. М., & Ткач, М. М. (2021). *Робототехнічні системи: проєктування і моделювання*. КПІ ім. Ігоря Сікорського
8. Проць, Я. І. (2008). *Захоплювальні пристрої промислових роботів*. Тернопільський державний технічний університет ім. І. Пулюя
9. 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>
10. *Fractal Vise*. (2021, July 09). [www.thingiverse.com](http://www.thingiverse.com/thing:4904044#google_vignette). URL: [https://www.thingiverse.com/thing:4904044#google\\_vignette](https://www.thingiverse.com/thing:4904044#google_vignette)
11. Кузнєцов, Ю. М., Сінмін, Г., Самойленко, О. В. (2021). Передумови використання системно-морфологічного підходу та теорії фракталів при створенні лещат для об'єктів складної форми. *Наукові вісті КНУ*, 4(134), 52–57. <https://doi.org/10.20535/kpissn.2021.4.261849>
12. Mandelbrot, B. B. (1975). *Les objets fractals: forme, hasard et dimension*. Flammarion.
13. Ernest Henry Jones. (1899). *Improvements in or relating to Vices and the like* (GB Patent: GB-189,730,513). Intellectual Property Office.
14. Ernest Henry Jones. (1899). *Vice* (US Patent: 626,427). United States Patent and Trademark Office.
15. *The Universal Vise Attachment*. (2020, July 7). <https://archive.org/>. URL: <https://archive.org/details/universalequalizercomachineryv24aug1918p390>
16. P.K. Kunze's Contribution To The World – A Vise With Oscillatable Cheeks. (2021, November 8). [tackyraccoons.com](https://tackyraccoons.com). URL: <https://tackyraccoons.com/2021/11/08/p-k-kunzes-contribution-to-the-world-a-vise-with-oscillatable-cheeks/>

17. *The Berjo-Vise: 1927.* (2021, March 30). <https://archive.org/>. URL: <https://archive.org/details/berl-und-joksche-the-rotarian-vol-30-no-3-mar-1927-pg-53>.
18. Paulin Karl Kunze. (1913). *Device for obtaining intimate contact with, engaging, or clamping bodies of any shape* (US Patent: 1,059,545). United States Patent and Trademark Office.
19. Rudolf Joksche, & Oskar Berl. (1928). *Einspannvorrichtung zum Festhalten beliebig geformter Körper* (DE Patent: DE-456,034). Deutschen Patent- und Markenamts.
20. Rudolf Joksche, & Oskar Berl. (1928). *Einspannvorrichtung zum Festhalten beliebig geformter Körper* (DE Patent: DE-460,324). Deutschen Patent- und Markenamts.
21. Rudolf Joksche. (1929). *Gripping Device* (US Patent: 1,715,659). United States Patent and Trademark Office.

### References

1. *World Robotics 2024.* IFR International Federation of Robotics, 202439 p. URL: [https://ifr.org/img/worldrobotics/Press\\_Conference\\_2024.pdf](https://ifr.org/img/worldrobotics/Press_Conference_2024.pdf)
2. Kravets, V., Kravets, O., Adamenko, Yu., Lapkovskyi, 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., Lapkovskyi, S., Frolov, V., Hladykyi, M., & Prykhodko, V. (2024). Analiz rozmirnykh zviazkiv robotyzovanoi skladanoi systemy. *Visnyk Khersonskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu*, 1(88), 54–62. <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2024.1.7>.
4. Kovalov, Yu. A., Koshel, S. O., & Manoilenko, O. P. (2020). *Proektuvannia promyslovykh robotiv ta manipulatoriv*. Tsentr uchbovoi literatury.
5. Pavlenko, I. I., & Hodunko, M. O. (2020). *Zakhvatni prystroi robotiv*. TOV «KOD».
6. Pelevin, L. Ie., Pochka, K. I., Harkavenko, O. M., Mishchuk, D. O., & Rusan, I. V. (2016). *Syntezy robototekhnichnykh system v mashynobuduvanni*. TOV «NVP «Interservis».
7. Polishchuk, M. M., & Tkach, M. M. (2021). *Robototekhnichni systemy: proektuvannia i modeliuvannia*. KPI im. Ihoria Sikorskoho.
8. Prots, Ya. I. (2008). *Zakhopliuvalni prystroi promyslovykh robotiv*. Ternopilskyi derzhavnyi tekhnichnyi universytet im. I. Puliua.
9. 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>
10. *Fractal Vise.* (2021, July 09). [www.thingiverse.com](http://www.thingiverse.com). URL: [https://www.thingiverse.com/thing:4904044#google\\_vignette](https://www.thingiverse.com/thing:4904044#google_vignette)
11. Kuznietsov, Yu. M., Sinmin, H., Samoilenko, O. V. (2021). Peredumovy vykorystannia systemno-morfolohichnoho pidkhotu ta teorii fraktaliv pry stvorenni leshchat dlia ob'ektiv skladnoi formy. *Naukovi visti KPI*, 4(134), 52–57. <https://doi.org/10.20535/kpissn.2021.4.261849>
12. Mandelbrot, B. B. (1975). *Les objets fractals: forme, hasard et dimension*. Flammarion.
13. Ernest Henry Jones. (1899). *Improvements in or relating to Vices and the like* (GB Patent: GB-189,730,513). Intellectual Property Office.
14. Ernest Henry Jones. (1899). *Vice* (US Patent: 626, 427). United States Patent and Trademark Office.
15. *The Universal Vise Attachment.* (2020, July 7). <https://archive.org/>. URL: <https://archive.org/details/universalequalizercomachineryv24aug1918p390>
16. *P. K. Kunze's Contribution To The World – A Vise With Oscillatable Cheeks.* (2021, November 8). [tackyraccoons.com](https://tackyraccoons.com). URL: <https://tackyraccoons.com/2021/11/08/p-k-kunzes-contribution-to-the-world-a-vise-with-oscillatable-cheeks/>
17. *The Berjo-Vise: 1927.* (2021, March 30). <https://archive.org/>. URL: <https://archive.org/details/berl-und-joksche-the-rotarian-vol-30-no-3-mar-1927-pg-53>
18. Paulin Karl Kunze. (1913). *Device for obtaining intimate contact with, engaging, or clamping bodies of any shape* (US Patent: 1,059,545). United States Patent and Trademark Office.
19. Rudolf Joksche, & Oskar Berl. (1928). *Einspannvorrichtung zum Festhalten beliebig geformter Körper* (DE Patent: DE-456,034). Deutschen Patent- und Markenamts.
20. Rudolf Joksche, & Oskar Berl. (1928). *Einspannvorrichtung zum Festhalten beliebig geformter Körper* (DE Patent: DE-460,324). Deutschen Patent- und Markenamts.
21. Rudolf Joksche. (1929). *Gripping Device* (US Patent: 1,715,659). United States Patent and Trademark Office.