

DOI: 10.20535/kpissn.2021.4.261849

УДК 608 (075.8)

Ю.М. Кузнецов, Г. Сінмін, О.В. Самойленко*

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

*corresponding author: o.samoilenko@kpi.ua

ПЕРЕДУМОВИ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМНО-МОРФОЛОГІЧНОГО ПІДХОДУ ТА ТЕОРІЇ ФРАКТАЛІВ ПРИ СТВОРЕННІ ЛЕЩАТ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ СКЛАДНОЇ ФОРМИ

Проблематика. На металорізальних верстатах, у механоскладальному виробництві й побуті широко використовують лещата різних конструкцій, які переважно мають постійну структуру й один кінематичний ланцюг від двигуна (чи ручного приводу) до затискних елементів – губок. Їх переважна більшість пристосована для затиску циліндричних предметів (деталей) і предметів із плоскопаралельними сторонами. Водночас у механоскладальному виробництві, а також під час ремонтних робіт часто виникає необхідність затиску предметів сферичних, клиноподібних, конічних, неправильної форми.

Мета дослідження. Запропонувати морфологічну множину універсальних лещат з альтернативами нових ознак стану, виду виконання і рухомості затискних елементів, а також скласти морфологічні формули лещат.

Методика реалізації. Розроблюється морфологічна модель лещат, яка враховує досягнення теорії фракталів і дає змогу спрогнозувати нові технічні рішення універсальних лещат на рівні винаходів.

Результати дослідження. Запропоновані морфологічні формули універсальних лещат з морфологічної множини, яка містить альтернативи нових ознак стану, виду виконання і рухомості затискних елементів, а також передумови використання теорії фракталів для моделювання процесу затиску деталей складної форми.

Висновки. Використовуючи запропонований підхід, можна спрогнозувати нові технічні рішення універсальних лещат на рівні винаходів для виготовлення, дослідження та подальшої комерціалізації.

Ключові слова: лещата, морфологічний підхід, теорія фракталів, моделювання процесу затиску.

Вступ

На металорізальних верстатах, у механоскладальному виробництві й побуті широко використовують лещата різних конструкцій, які переважно мають постійну структуру й один кінематичний ланцюг від двигуна (чи ручного приводу) до затискних елементів – губок [1]–[3]. Наявність одного кінематичного ланцюга знижує ККД і потребує додаткових витрат енергії (за механізованого приводу) чи мускульної роботи працівника (за ручного приводу). Функціональні можливості лещат обмежені тим, що їх переважна більшість пристосована для затиску циліндричних предметів (деталей) і предметів із плоскопаралельними сторонами. Крім того, у механоскладальному виробництві, а також під час ремонтних робіт постає проблема затиску

предметів сферичних, клиноподібних, конічних, неправильної форми.

Актуальним стає розроблення нових універсальних лещат із перемінною структурою, яка має два й більше кінематичних ланцюгів та дає можливість суттєво розширити їхні функціональні можливості (адаптація до об'єкта будь-якої форми та широкодіапазонність) [4]. Це сприятиме зменшенню кількості оснащення та технологічних операцій, скороченню часу на підготовку виробництва та полегшенню праці людей під час виробничих процесів і ремонтних робіт. Над створенням таких лещат працюють фахівці, однак окреслена науково-технічна задача нині повністю не розв'язана та потребує подальших досліджень, що визначає їх актуальність.

Аналіз попередніх досліджень [4]–[7] дає можливість зробити такі висновки:

Рекомендуємо цитувати цю статтю так: Ю.М. Кузнецов, Г. Сінмін, О.В. Самойленко, “Передумови використання системно-морфологічного підходу та теорії фракталів при створенні лещат для об'єктів складної форми”, *Наукові вісті КПІ*, № 4, с. 52–57, 2021. doi: 10.20535/kpissn.2021.4.261849.

Please cite this article as: Yu. N. Kuznietsov, X. Gao, and O. V. Samoilenko “Prerequisites for using the system-morphological approach and fractal theory in the creation of vises for complex shape objects”, *KPI Science News*, no. 4, pp. 52–57, 2021. doi: 10.20535/kpissn.2021.4.261849.

1. Уже використовують лещата з двома кінематичними ланцюгами, зокрема з диференціальними гвинтовими передачами. В цих конструкціях перший кінематичний ланцюг призначений для вибірки зазору між заготовкою та губками за допомогою ручного чи механізованого приводу. Другий кінематичний ланцюг, де використовують гідравлічні й електромеханічні перетворювачі, призначений для остаточного затиску деталей. Але досі немає теоретичних основ створення слюсарних і машинних лещат такого типу.

2. В КПІ ім. Ігоря Сікорського, з використання системно-морфологічного підходу та сучасних методів пошуку нових технічних рішень виконувались дослідження, метою яких є створення лещат із заданими чи покращеними функціональними можливостями [3]–[7]. Ці дослідження присвячені силовим і жорсткісним характеристикам машинних лещат, а також використанню плинних і сипких середовищ у затискних елементах. Водночас ще немає єдиного методологічного підходу до проектування універсальних лещат.

3. Відомо небагато конструкцій лещат універсального призначення [8], в яких без зміни затискних губок можливо затискати заготовки різної форми, хоча у США давно запатентовано лещата [9] із ручним приводом і гвинтовою передачею за принципом, що використовується в математичній теорії фракталів.

4. Розроблення та проектування універсального оснащення вимагають нових методологічних підходів [10], [11], прогресивних методів структурно-схемного синтезу за пошуку нових рішень і створення й використання ефективних математичних моделей й алгоритмів за допомо-

гою комп'ютерів. Напрямок поглиблених досліджень може бути пов'язаний не тільки з методологією науково-технічної творчості, а й з теорією фракталів – геометричних фігур, що складаються з частин, кожна з яких, незалежно від розміру, виглядає як вся фігура [8].

Термін “фрактал” запровадив у 1975 р. французький математик Бенуа Мандельброт [13], [14]. Польський математик Вацлав Серпінський ще раніше запропонував різні геометричні структури, [15] по суті фрактальні, які можна успішно використовувати в техніці, наприклад, при створенні антен [16].

Розглянемо деякі структури Серпінського, що підходять для моделювання та створення універсальних лещат типу “фрактальні лещата”.

На рис. 1 показано так званий трикутник Серпінського, отриманий унаслідок чотирьох циклів побудови. Беруть рівносторонній трикутник, який є основою для побудови фрактала (ітерація 0); цей трикутник розбивають на чотири рівносторонніх трикутники, а в отриманій фігурі видаляють центральну частину (ітерація 1); вказану операцію повторюють для кожного з отриманих менших трикутників (ітерації 2–4).

На рис. 2 показано квадрат Серпінського, який будується таким чином. Береться квадрат (ітерація 0), кожна сторона квадрата ділиться на три рівні частини, а весь квадрат відповідно на дев'ять однакових квадратиків. Центральний квадрат вирізається (ітерація 1). Кожен з восьми квадратів, що залишилися теж діляться на дев'ять квадратів, центральний з яких вирізається (ітерація 2). Процедура повторюється для тих квадратів, що залишилися і т. д.



Рис. 1. Трикутник Серпінського

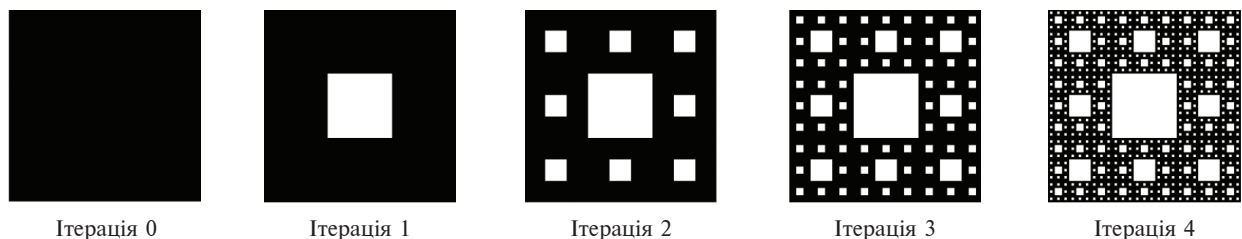


Рис. 2. Квадрат Серпінського

Постановка задачі

Метою роботи є: запропонувати морфологічну множину універсальних лещат з урахуванням досягнень у теорії фракталів й альтернативами нових ознак стану, виду виконання та рухомості затискних елементів; спрогнозувати технічні рішення універсальних лещат на рівні винаходів для виготовлення, дослідження та подальшої комерціалізації.

Результати досліджень

Для пошуку та прогнозування нових рішень лещат розроблено морфологічну модель – таблицю, що може розширюватися з появою нових ідей (табл. 1).

Для збереження конфіденційності цю морфологічну модель можна подати як морфологічну множину – повну морфологічну матрицю [13, 14] $M_{лщ} = M_{пз} \times M_{пт} \times M_{зе} \times M_{оз}$, де $M_{пз}$ – матриця приводу затиску (ПЗ) (ознака 1); $M_{пт}$ – матриця перетворювача (ПТ) (ознака 2); $M_{зе}$ – матриця затискних елементів (ЗЕ) з ознаками стану (3), виконання (4), виду рухомості (5); $M_{оз}$ – матриця об'єкту затиску з ознаками кількості (6) та форми (7):

$$M_{лщ} = \begin{matrix} \left| \begin{matrix} 1.1 \\ 1.2 \\ 1.3 \\ 1.4 \\ 1.5 \\ 1.6 \end{matrix} \right| \times \begin{matrix} \left| \begin{matrix} 2.1 \\ 2.2 \\ 2.3 \\ 2.4 \\ 2.5 \\ 2.6 \\ 2.7 \\ 2.8 \end{matrix} \right| \times \begin{matrix} \left| \begin{matrix} 3.1 & 4.1 & 5.1 \\ 3.2 & 4.2 & 5.2 \\ 3.3 & 4.3 & 5.3 \\ 3.4 & 4.4 & 5.4 \\ 3.5 & 4.5 & 5.5 \\ & 4.6 & & \end{matrix} \right| \times \begin{matrix} \left| \begin{matrix} 6.1 & 7.1 \\ 6.2 & 7.2 \\ 6.3 & 7.3 \end{matrix} \right| \end{matrix}$$

Це дає загальну кількість варіантів рішення:

$$N_{лщ} = 6 \times 8 \times 5 \times 6 \times 5 \times 3 \times 3 = 64800.$$

Для зменшення поля пошуку та зручного показу моделі запропоновано усічену матрицю з суттєвим зменшенням варіантів можливих рішень:

$$M_{лщ} = \begin{matrix} \left| \begin{matrix} 1.1 \\ 1.2 \end{matrix} \right| \times \begin{matrix} \left| \begin{matrix} 2.1 \\ 2.2 \\ 2.3 \\ 2.4 \\ 2.5 \end{matrix} \right| \times \begin{matrix} \left| \begin{matrix} 3.1 & 4.1 & 5.1 \\ 3.2 & 4.2 & 5.2 \\ 3.3 & 4.3 & 5.3 \\ & 4.4 & & \\ & 4.5 & & \\ & 4.6 & & \end{matrix} \right| \times \begin{matrix} \left| \begin{matrix} 6.1 & 7.1 \\ 7.2 \end{matrix} \right| \end{matrix}$$

Таблиця 1. Морфологічна модель лещат

1. Привід затиску (ПЗ)	2. Перетворювач (ПТ)	Затискні елементи (ЗЕ)			Об'єкт затиску (ОЗ)	
		3. Стан	4. Виконання	5. Вид рухомості	6. Кількість	7. Форма
1.1. Ручний	2.1. Гвинтовий	3.1. Твердотілі цільні плоскі	4.1. Одномісне симетричне	5.1. Поступовий	6.1. Один	7.1. Правильна
1.2. Електро-механічний	2.2. Важільний	3.2. Твердотілі призматичні	4.2. Одномісне несиметричне	5.2. Поступово-обертовий	6.2. Кілька в один ряд	7.2. Складна
1.3. Гідролічний	2.3. Спіральний	3.3. Твердотілі складені	4.3. Багатомісне симетричне в один ряд	5.3. Поступово-обертовий-обертовий	6.3. Кілька в декілька рядів	7.3. Комбінована
1.4. Пневматичний	2.4. Плунжерний	3.4. Плинні	4.4. Багатомісне симетричне в кілька рядів	5.4. Поступово-обертовий-обертовий багатократно	–	–
1.5. Електромагнітний	2.5. Клиновий	3.5. Рідинні	4.5. Багатомісне несиметричне в один ряд	5.5. Обертовий	–	–
1.6. Гідро(пневно-) механічний	2.6. Зубчастий	3.6. Сипкі	4.6. Багатомісне несиметричне в кілька рядів	–	–	–
–	2.7. Пружний	–	–	–	–	–
–	2.8. Комбінований	–	–	–	–	–

Тоді загальна кількість варіантів рішення буде такою:

$$N_{лш}^1 = 2 \times 5 \times 3 \times 6 \times 3 \times 1 \times 2 = 1080.$$

Для ручного ПЗ, який застосовується переважно в слюсарних лещатах (альтернатива 1.1), й електромеханічного ПЗ, який використовується в машинних лещатах (альтернатива 1.2), з розповсюдженим гвинтовим ПТ (альтернатива 2.1) запишемо кортежі морфологічної множини як морфологічні формули (сполучення альтернатив кожної ознаки) для ОЗ простої форми (альтернатива 7.1) $X_1 - X_8$ і складної форми типу “шарнірний палець кермової тяги автомобіля” (альтернатива 7.2) X_9 і X_{10} (рис. 3):

$$X_1 = (1.1) - (2.1) - (3.1 - 4.1 - 5.1) - (6.1) - (7.1) - \text{поз. “а”}$$

$$X_2 = (1.1) - (2.1) - (3.1 - 4.2 - 5.1) - (6.1) - (7.1) - \text{поз. “б”}$$

$$X_3 = (1.1) - (2.1) - (3.2 - 4.1 - 5.1) - (6.1) - (7.1) - \text{поз. “в”}$$

$$X_4 = (1.1) - (2.1) - (3.2 - 4.2 - 5.1) - (6.1) - (7.1) - \text{поз. “г”}$$

$$X_5 = (1.1) - (2.1) - (3.3 - 4.1 - 5.1) - (6.1) - (7.1) - \text{поз. “д”}$$

$$X_6 = (1.1) - (2.1) - (3.3 - 4.2 - 5.1) - (6.1) - (7.1) - \text{поз. “е”}$$

$$X_7 = (1.1) - (2.1) - (3.3 - 4.1 - 5.3) - (6.1) - (7.1) - \text{поз. “ж”}$$

$$X_8 = (1.1) - (2.1) - (3.3 - 4.2 - 5.3) - (6.1) - (7.1) - \text{поз. “з”}$$

$$X_9 = (1.1) - (2.1) - (3.3 - 4.1 - 5.2) - (6.1) - (7.2) - \text{поз. “і”}$$

$$X_{10} = (1.1) - (2.1) - (3.3 - 4.1 - 5.3) - (6.1) - (7.2) - \text{поз. “к”}$$

Жирним шрифтом позначено альтернативи, які відрізняються від варіанта X_1 .

Ефективність розробленої морфологічної моделі (див. табл. 1) підтверджено тим, що в просторі множини рішень знаходиться й патент США № 1059545 (рис. 4) [12], який описується морфологічною формулою: 1.1–2.1–3.3–4.1–5.4–6.1–7.2, а поз. 1, 2, 3, 4 відповідають поворотним ЗЕ з осями повороту на кути $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$, у поз. 5 розташований гвинт 6 для поступального переміщення ЗЕ.

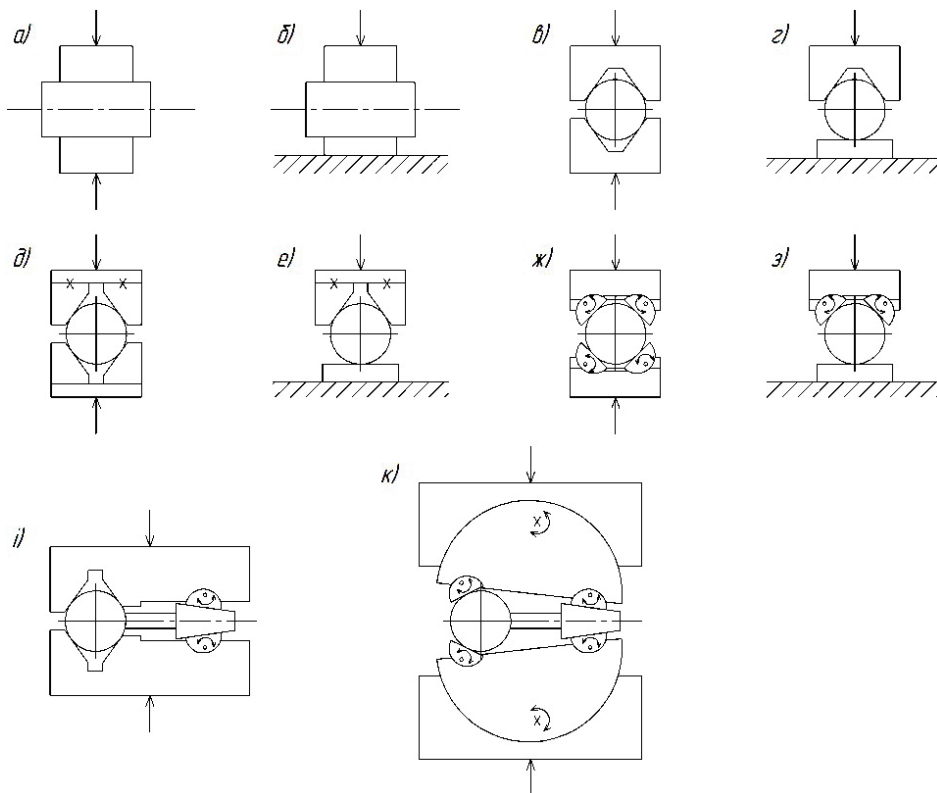


Рис. 3. Варіанти загику об'єктів простої (а–з) і складної (і, к) форми

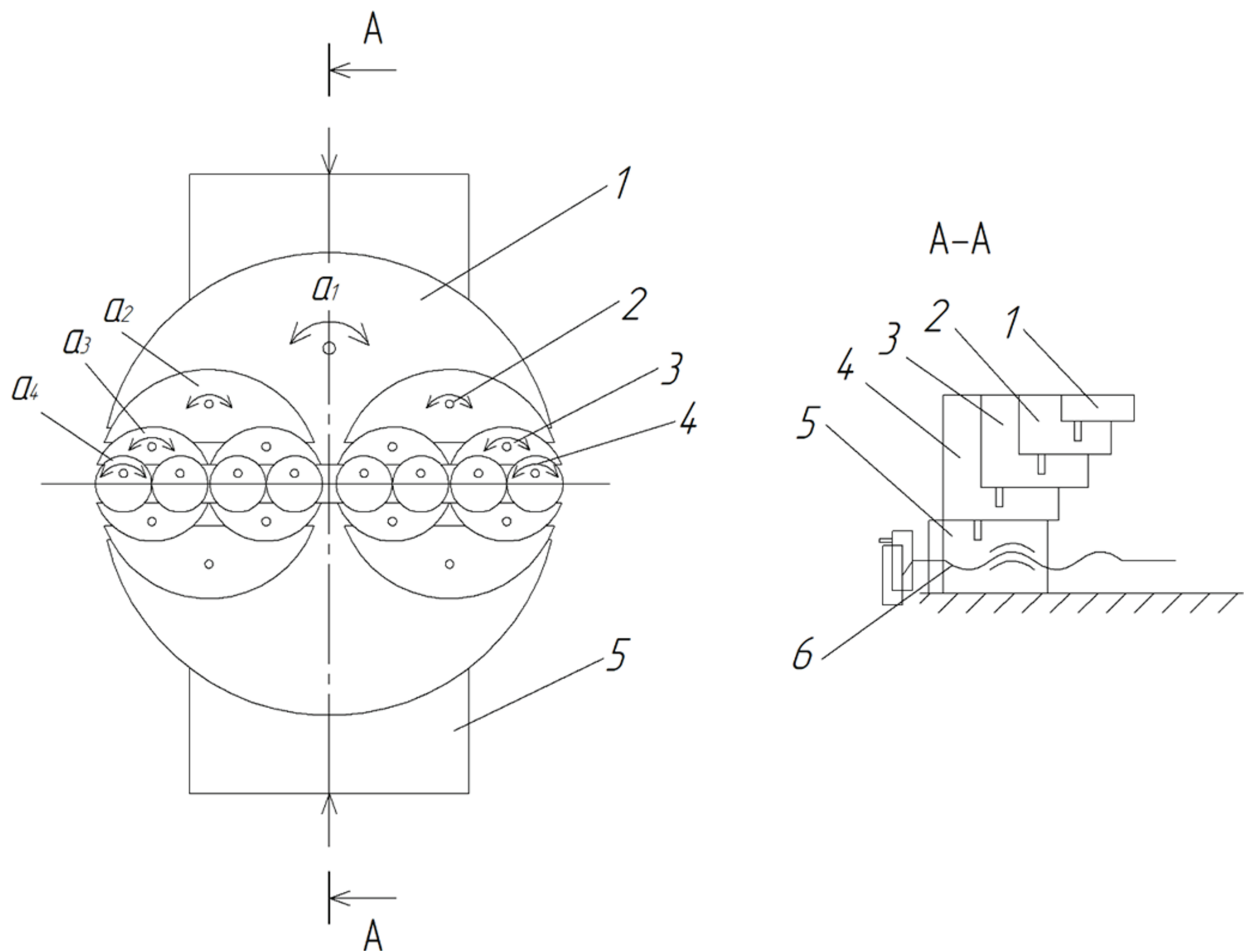


Рис. 4. Схема фрактальних лещат за патентом США № 1059545 із ручним приводом затиску і гвинтовим перетворювачем

Висновки

Уперше запропоновано морфологічну множини конструкцій універсальних лещат з урахуванням досягнень у теорії фракталів й альтернативами нових ознак стану, виду виконання

та рухомості затискних елементів, а також із написанням морфологічних формул конструкцій лещат. Використовуючи описаний підхід, можна спрогнозувати технічні рішення стосовно універсальних лещат на рівні винаходів для виготовлення, дослідження та подальшої комерціалізації.

References

- [1] *Machine vices with manual and power drives. General technical conditions*, GOST 16518-87, 1988.
- [2] A. I. Astakhov et al., *Machine tools. A handbook in two volumes*, vol. 1. B. N. Vardashkin and A. A. Shatilov, Eds., Moscow, USSR:, Mashinostroenie, 1984.
- [3] Yu. M. Kuznetsov, B. A. Kryzhanivskiy, and T. O. Khamuiela, "System-morphological approach in the creation of clamping devices for clamping prismatic workpieces", *Naukovi pratsi KNTU*, no. 5, 2004.
- [4] Yu. N. Kuznetsov, T. A. Khamuiela, and P. M. Nedelcheva, "Creation of clamping devices with multiple kinematic chains for prismatic workpieces", in *Works Int. Sci. Conf. UNITECH-05*, Gabrovo, Bulgaria, 2005, pp. 127–132.
- [5] T. O. Khamuiela, "Experimental studies of elastic-force characteristics of machine vices for metal-cutting machines", *Visnyk NTUU "KPI", ser. "Mashynobuduvannia"*, pp. 115–121, 2006.
- [6] Yu. M. Kuznetsov, T. O. Khamuiela, and S. P. Yakovenko, "Vice," UA Patent 15583, July 17, 2006.
- [7] Yu. M. Kuznetsov, T. O. Khamuiela, and M. M. Panchenko, "Vice," UA Patent 21917, April 10, 2007.

- [8] M. W. Thring and E. R. Laithwaite, *How to Invent*, Moscow, USSR: Mir, 1980.
- [9] P. K. Kunze, "Device for obtaining intimate contact with, engaging, or clamping bodies of any shape", U.S. Patent 1059545, April 22, 1913.
- [10] V. M. Odrin, *Method of morphological analysis of technical systems*. Moscow, USSR: VNIPI, 1989.
- [11] Yu. M. Kuznetsov and G. Xingmin, "Using a system-morphological approach when searching for new vices to clamp objects of correct and complex shape", in *Pratsi XXIII Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii ASPHP*, Kyiv, Ukraine: HAV, 2021, pp. 140–145.
- [12] M. V. Pratsiovytyi, *Fractal approach in studies of singular distributions*, Kyiv, Ukraine: Vydavnytstvo NPU imeni M. P. Drahomanova, 1998.
- [13] B. Mandelbrot, *Fractals: Form, chance, and dimension*, San-Francisco: W. H. Freeman and Co., 1977.
- [14] B. Mandelbrot, *The Fractal Geometry of Nature*, San-Francisco: W. H. Freeman and Co., 1982
- [15] W. Sierpiński, "Sur une courbe dont tout point est un point de ramification," *Compt. Rendus Acad. Sci. Paris*, vol. 160, pp. 302–305, 1915.
- [16] V. M. Vishnevsky, A. I. Lyakhov, Portnoy S. L., and, I. V. Shakhnovich, *Broadband wireless information transmission networks*, Moscow, Russia: Tekhnosfera, 2005.

Yu. M. Kuznetsov, G. Xingmin, O. V. Samoilenko

PREREQUISITES FOR USING THE SYSTEM-MORPHOLOGICAL APPROACH AND FRACTAL THEORY IN THE CREATION OF VICES FOR COMPLEX SHAPE OBJECTS

Background. On metal-cutting machines, in mechanical assembly production and everyday life, vices of various designs are widely used, which, as a rule, have a constant structure and one kinematic chain from the engine (or manual drive) to the clamping elements – jaws. The vast majority of them are adapted for clamping cylindrical objects (parts) and objects with plane-parallel sides. At the same time, in mechanical assembly production, as well as during repair work, it often becomes necessary to clamp spherical, wedge-shaped, conical, and irregularly shaped objects.

Objective. The purpose of the paper is to propose a morphological set of universal vices taking into account the achievements in the theory of fractals and alternatives to new features of the state, type of execution and mobility of clamping elements, and to come up with morphological formulae of vices.

Methods. A morphological model of the vices is being developed, which takes into account the achievements of the fractal theory and makes it possible to predict new technical solutions for universal vices at the level of inventions.

Results. The morphological formulae of universal vices from the morphological set which contains alternatives of new signs of a condition, a type of execution and mobility of clamping elements, and also prerequisites for using the fractal theory for clamping process modelling of complex shape details are offered.

Conclusions. Using the proposed approach, it is possible to predict new technical solutions of universal vices at the level of inventions for the manufacture, research and subsequent commercialization.

Keywords: vices, morphological approach, fractal theory, clamping process modelling.

Рекомендована Радою
Навчально-наукового інституту матеріалознавства та зварювання
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Надійшла до редакції
8 жовтня 2021 року

Прийнята до публікації
14 лютого 2022 року