

УДК 621.825

СИНТЕЗ ЕНЕРГООЩАДНИХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ З ГВИНТОВИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ

І. І. Чвартацький¹, І. В. Фльонц², А. В. Грабар¹, Р. В. Шатров³

¹Відокремлений підрозділ національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут», Україна.

²Відокремлений структурний підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський фаховий коледж», Україна.

³Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Стаття зі спеціальності: 133 – галузеве машинобудування.

Кореспонденція авторів: igorchvartatskiy@gmail.com, flonc_igor@ukr.net, grabar_andriy@ukr.net, rvshatrov@outlook.com

Історія статті: отримано – червень 2021, акцептовано – листопад 2021, опубліковано – 17 грудня 2021 року. Бібл. 12, рис. 7, табл. 0.

Анотація. В роботі запропоновано методику генерування конструкцій енергоощадних транспортно-технологічних систем з гвинтовими робочими органами синтезом ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу. Розроблена модель механічної системи «гвинтовий транспортер» з групуванням конструктивних елементів за ієрархічними групами і віднесенням до першої групи механізми транспортування вантажу, гвинтові робочі органи та механізми передачі крутного моменту.

Результати. Запропоновано спосіб структуризації конструкцій енергоощадних транспортно-технологічних систем з гвинтовими робочими органами і методику їх вдосконалення на основі дослідження властивостей елементів їх структури відповідно до теорії синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу.

Ключові слова: гвинтові робочі органи, транспортування, транспортно-технологічна система, синтез.

операцій. Важливим питанням проектування гвинтових конвеєрів є розширення їх технологічних можливостей, удосконалення їх конструкції і розроблення методики їх розрахунку.

Аналіз останніх досліджень

Основи конструювання, проектування та дослідження гвинтових конвеєрів заклали такі вчені як А. Віденбаум, Р. Мор, М. Данквертс, Д. Лейсі, Ю.І. Марков, А.М. Ластовцев, Г. Шенкель, В. Штербачек, Г.Г. Кошелєв, Р.В. Торнер, М.В. Тебін, Д. Мак-Кельві, Р.М. Рогатинський, Б.М. Гевко та інші [1, 2]. Проте розробка кожної окремої модифікації гвинтового конвеєра має свою специфіку особливо при наданні їм можливостей виконання додаткових операцій, що зумовлює потребу в їх подальших дослідженнях і конструюванні.

Мета досліджень

Метою досліджень є синтез та представлення нових конструкцій енергоощадних транспортно-технологічних систем.

Результати досліджень

Важливим питанням проектування транспортно – технологічних систем з гвинтовими робочими органами є пошук їх удосконалених конструкцій для досягнення високих показників продуктивності і якості транспортних операцій.

Постановка проблеми

Однією із передумов високої конкурентної здатності підприємств є подальше вдосконалення конструктивних параметрів продукції, яка виготовляється, що сприяє зростанню продуктивності, підвищенню ефективності, покращенню якості продукції та вимагає принципово нових підходів для створення і використання високоефективних ресурсощадних технічних систем.

Гвинтові конвеєри застосовуються у різних галузях народного господарства, зокрема в машинобудуванні для транспортування, змішування, подрібнення, сортування та виконання інших

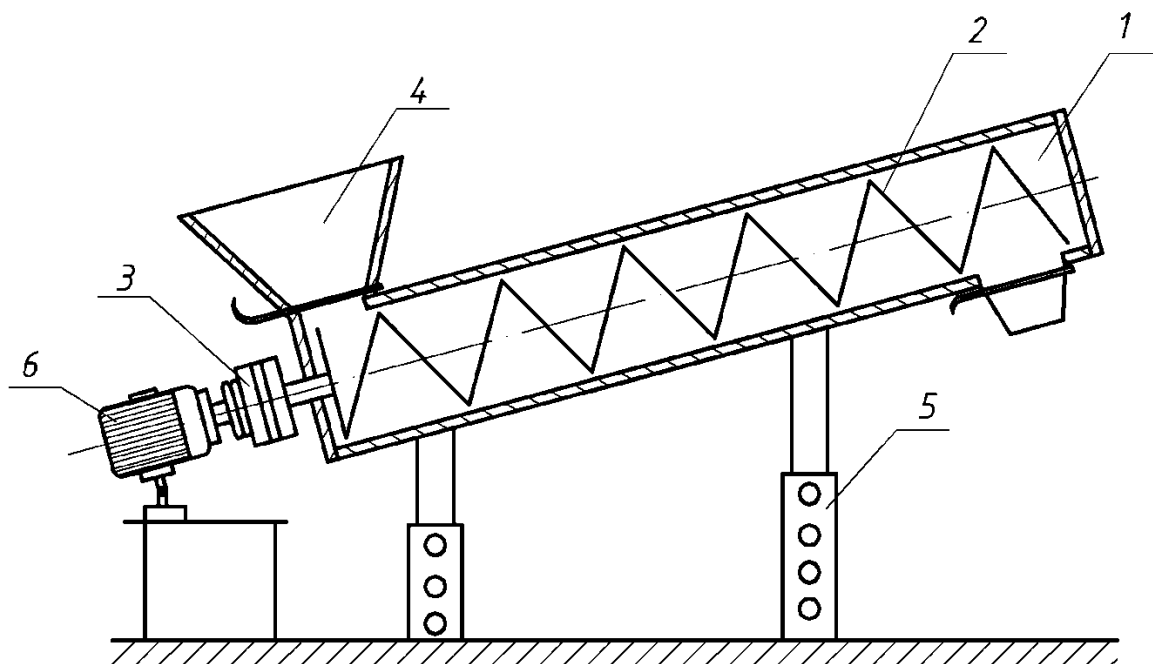


Рис. 1. Модель транспортно-технологічної системи з гвинтовим робочим органом: 1 – жолоб; 2 – гвинтовий робочий орган; 3 – механізм передачі крутного моменту; 4 – бункер; 5 – опорно-регулювальний механізм; 6 – двигун-редуктор

Fig. 1. Model of transport-technological system with a screw working body: 1 - gutter; 2 - screw working body; 3 - torque transmission mechanism; 4 - bunker; 5 - support and adjusting mechanism; 6 - gear motor

Одним із шляхів вирішення завдання створення нових конструкцій транспортно-технологічних систем є втілення прогресивних методів пошуку нових технічних рішень на ранніх стадіях конструкторської підготовки виробництва. Цього можна досягти при використанні морфологічного аналізу, який на четвертому етапі передбачає синтез варіантів об'єкта, що на основі складеної морфологічної матриці дає можливість отримати повну кількість рішень [1]:

$$N = \prod_{j=1}^n K_j, \quad (1)$$

Проте кількість отриманих варіантів у результаті такого синтезу є дуже великою, що утруднює пошук найбільш раціональних рішень. Тому доцільно скористатись методом синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу. Цей метод базується на морфологічному аналізі [1], проте він передбачає поділ механічної системи на певну кількість ієрархічних рівнів (як правило 3) з віднесенням до кожного окремих конструктивних елементів системи. Даний метод передбачає розчленування загальної задачі на часткові та проведення пошуку раціонального рішення у часткових областях пошуку з подальшим їх комбонуванням. Так до першого ієрархічного рівня слід віднести ті конструктивні елементи механічної систем, які безпосередньо впливають на якість і продуктивність виконання технологічного процесу (елементи першого порядку). До другого ієрархічного рівня слід віднести конструктивні елементи, що допомагають реалізовувати функції відповідної

механічної системи і мають опосередкований вплив на виконання технологічного процесу (елементи другого порядку). До третього ієрархічного рівня слід віднести конструктивні елементи, які є необхідні для роботи механічної системи, але не мають впливу на реалізацію технологічного процесу (елементи третього порядку). Ці конструктивні елементи, при комбонуванні механічної системи, слід вибирати в першу чергу виходячи із економічної доцільності (їх ціни та вартості експлуатації). Генерування альтернатив пропонованим вдосконаленим методом передбачає проведення генерації альтернатив на окремих ієрархічних рівнях, або й у межах окремих конструктивних елементів, починаючи з вищих рівнів. На наступному етапі до вибраних на цих рівнях конструктивних рішень проводиться добір можливих альтернативних варіантів конструктивних елементів з нижчих рівнів, що забезпечує отримання найбільш раціональних конструктивних рішень при значно менших витратах зусиль та часу, ніж при використанні морфологічного аналізу. При використанні запропонованого методу синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу кількість варіантів визначатиметься по формулі:

$$N_{ir} = \sum_{z=1}^l \prod_{i=1}^m K_i, \quad (2)$$

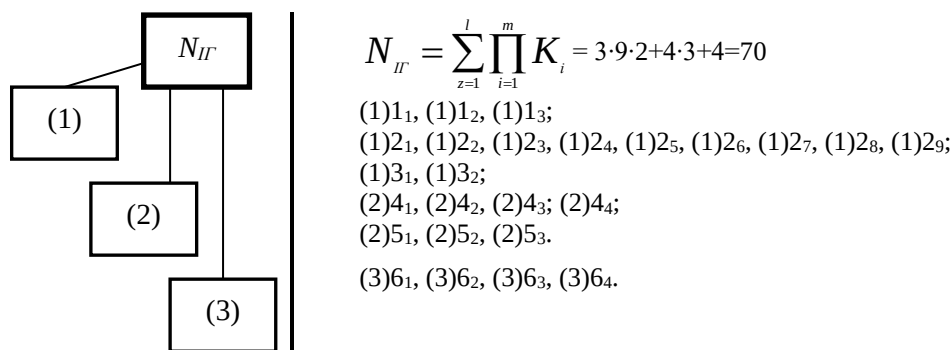


Рис. 2. Модель механічної системи «Гвинтовий змішувач»: (1) – перший ієрархічний рівень; (2) – другий ієрархічний рівень; (3) – третій ієрархічний рівень.

Fig. 2. Model of mechanical system "Screw mixer": (1) – the first hierarchical level; (2) – the second hierarchical level; (3) – the third hierarchical level.

Розглянемо модель транспортно-технологічної системи з гвинтовим робочим органом, зображену на рис. 1. Згідно запропонованого групування до першої ієрархічної групи слід віднести такі конструктивні елементи: 1 – механізм транспортування вантажу; 2 – гвинтовий робочий орган; 3 – механізм передачі крутного моменту; до другої ієрархічної групи: 4 – бункер; 5 – опорно-регулювальний механізм; до третьої ієрархічної групи: 6 – двигун-редуктор.

Відповідно при кодуванні використаємо наступну схему кодів конструктивних елементів гвинтових транспортерів з використанням символу «і» (де «і» змінюється в межах від 1 до ∞): 1_i – механізми транспортування вантажу; 2_i – гвинтові робочі органи; 3_i – механізми передачі крутного моменту; 4_i – бункери; 5_i – опорно-регулювальні механізми; 6_i – двигун-редуктори. Якщо в конструкції

міститься декілька ідентичних конструктивних елементів, то їх кількість доцільно записати відповідним степенем, наприклад: два гвинтових робочих органи – $(2_{12})^2$, а якщо міститься декілька різних конструктивних елементів одного виду, то їх доцільно записати наступним чином: два жолоби – $(1_7 \cup 1_{92})$.

В результаті генерування альтернатив конструкцій, на першому ієрархічному рівні одержано такі альтернативи (рис. 2):

- для першого ієрархічного рівня: $(1)1_1 - (1)1_3$ (рис. 3); $(1)2_1 - (1)2_9$ (рис. 4); $(1)3_1 - (1)3_4$ (рис. 5);
- для другого ієрархічного рівня: $(2)4_1 - (2)4_4$; $(2)5_1 - (2)5_3$;
- для третього ієрархічного рівня: $(3)6_1 - (3)6_4$.

Приклади компоновок конструктивних елементів першого ієрархічного рівня представлені на рис. 6.

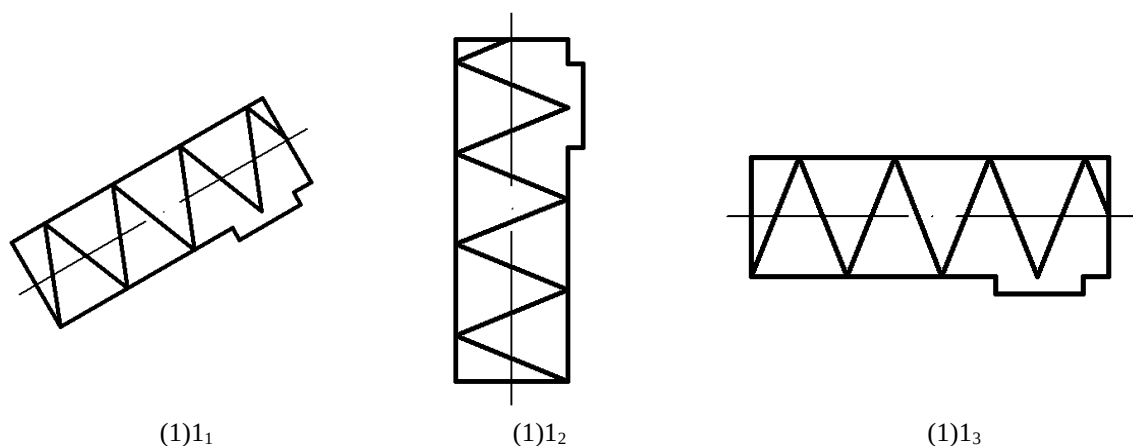
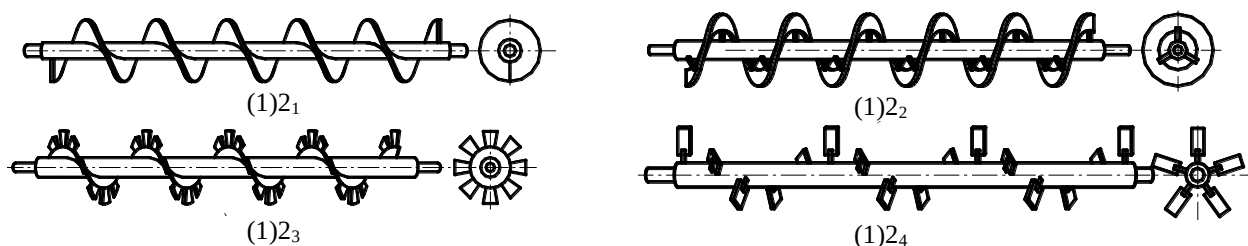


Рис. 3. Варіанти розміщення механізмів транспортування вантажу: $(1)1_1$ – розміщення під змінним кутом від 10° до 80° ; $(1)1_2$ – вертикальне розміщення; $(1)1_3$ – горизонтальне розміщення

Fig. 3. Options for placement of cargo transportation mechanisms: $(1)1_1$ – placement at a variable angle from 10° to 80° ; $(1)1_2$ – vertical placement; $(1)1_3$ – horizontal placement



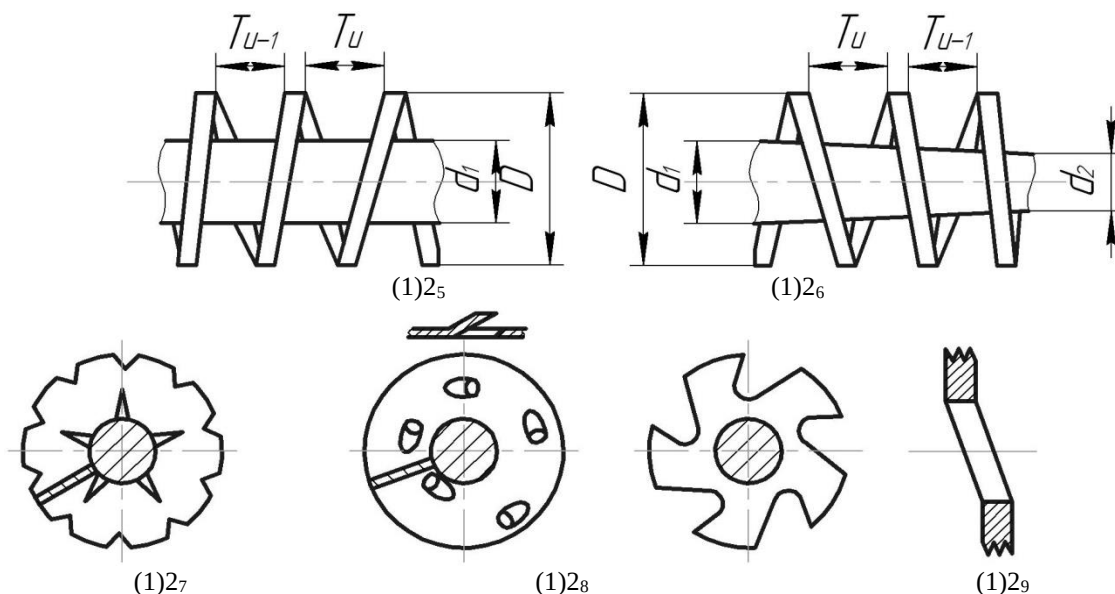


Рис. 4. Варіанти конструкції гвинтових робочих органів: (1)2₁ – суцільний гвинт; (1)2₂ – гвинт з радіальними перемичками; (1)2₃ – стрічковий гвинт; (1)2₄ – лопатевий гвинт; (1)2₅ – циліндричний зі змінним кроком; (1)2₆ – циліндричний з конічним валом і змінним кроком; (1)2₇ – профільний гвинт; (1)2₈ – гвинт з внутрішніми отворами; (1)2₉ – конічний гвинт

Fig. 4. Design options for screw working bodies: (1) 2₁ – solid screw; (1) 2₂ – screw with radial jumpers; (1) 2₃ – tape screw; (1) 2₄ – propeller; (1) 2₅ – cylindrical with variable pitch; (1) 2₆ – cylindrical with a conical shaft and variable pitch; (1) 2₇ – profile screw; (1) 2₈ – screw with internal holes; (1) 2₉ – conical screw



Рис. 5. Варіанти конструкцій механізмів передачі крутного моменту: (1)3₁ – ексцентричне розміщення валів; (1)3₂ – прямолінійне розміщення валів

Fig. 5. Variants of designs of mechanisms of transfer of the twisting moment: (1) 3₁ – eccentric arrangement of shafts; (1) 3₂ – rectilinear arrangement of shafts

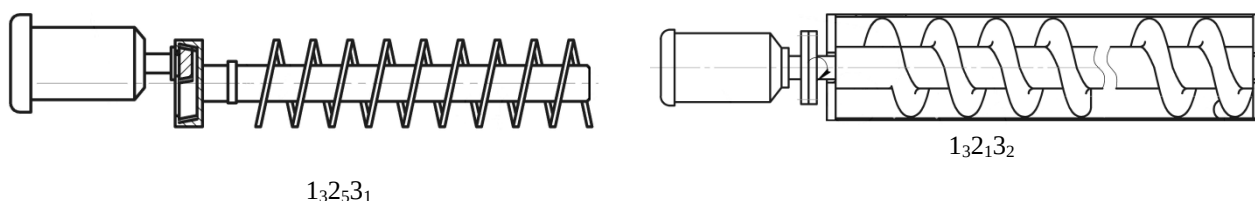
Якщо при синтезі альтернативних конструктивних варіантів ГЗ використовувати традиційний метод морфологічного аналізу, то кількість альтернатив становитиме:

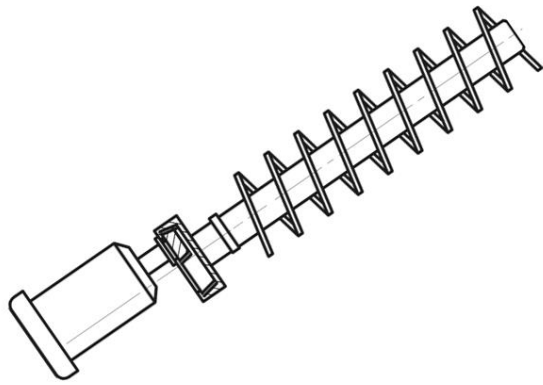
$$N = \prod_{j=1}^n K_j = 2592 \text{ варіанти, що майже у 37 разів}$$

більше, ніж при використанні запропонованого методу синтезу ієрархічних груп за допомогою

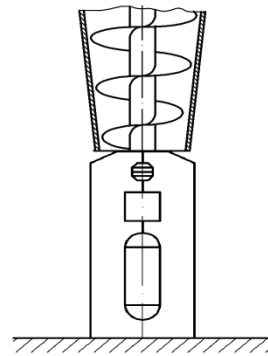
морфологічного аналізу: $N_{lr} = \sum_{z=1}^l \prod_{i=1}^m K_i = 70$. Це

вказує на доцільність використання запропонованого методу, що значно полегшує перебір альтернатив та пошук найкращих.





1₂63₁

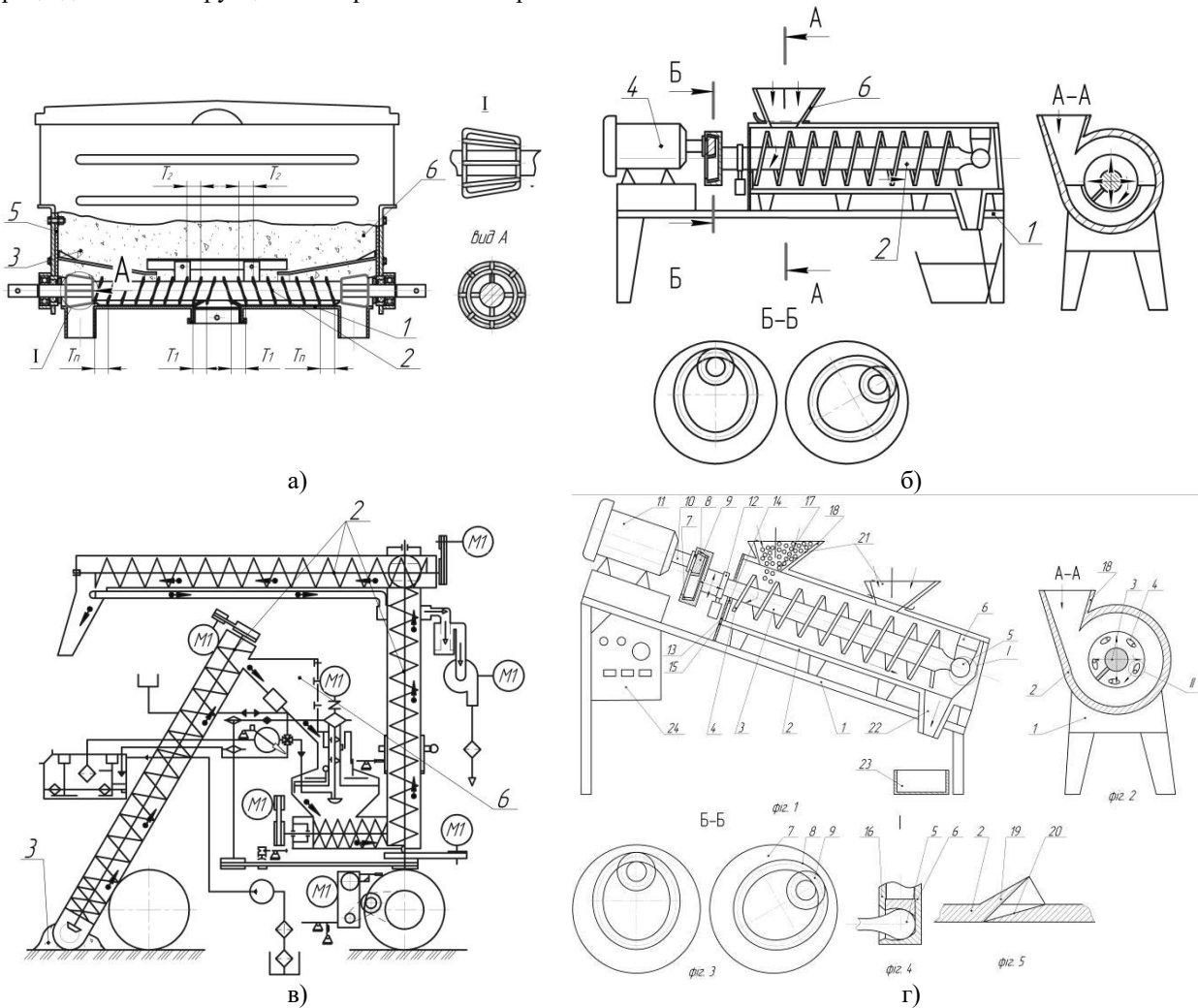


1₂93₂

Рис. 6. Приклади компоновок конструктивних елементів першого ієрархічного рівня
Fig. 6. Examples of configurations of structural elements of the first hierarchical level

В результаті синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу було згенеровано працездатні конструкції альтернативних варіантів

транспортно-технологічних систем з гвинтовими робочими органами (рис. 7).



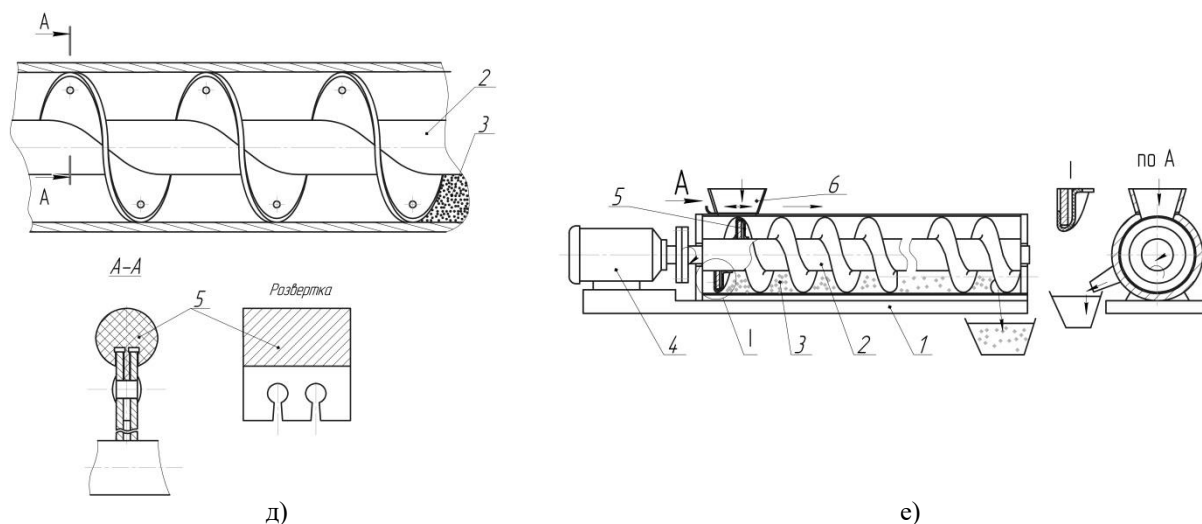


Рис. 7. Синтезовані конструкції енергоощадних транспортно-технологічних систем з гвинтовими робочими органами.

Fig. 7. Synthesized designs of energy-saving transport and technological systems with screw working bodies.

Висновки

1. Запропоновано спосіб структуризації конструкцій енергоощадних транспортно-технологічних систем з гвинтовими робочими органами і методику їх вдосконалення на основі дослідження властивостей елементів їх структури відповідно до теорії синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу.

Список літератури

1. Mechanika Nawrocki granulatory. [Електронний ресурс]. 2021 URL: <https://docplayer.com/38749952-Mechanika-nawrocki-granulatory-44-0.html>.
2. Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskiy M., Rogovskii I., Mikhailova L., Titova L., Berezoviy M., Shatrov R. Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. Vol. 4. Issue 7(112). P. 41-49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.
3. Nazarenko I., Dedov O., Bernyk I., Rogovskii I., Bondarenko A., Zapryvoda A., Titova L. Study of stability of modes and parameters of motion of vibrating machines for technological purpose. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. Vol. 6 (7-108). P. 71-79. doi: 10.15587/1729-4061.2020.217747.
4. Palamarchuk I., Rogovskii I., Titova L., Omelyanov O. Experimental evaluation of energy parameters of volumetric vibroseparation of bulk feed from grain. Engineering for Rural Development. 2021. Vol. 20. P. 1761-1767. doi: 10.22616/ERDev.2021.20.TF386.
5. Rogovskii I., Titova L., Ohienko M., Snezhko O., Nadtochiy O., Raiss F., Berezova L. Methodology of engineering management of agrotechnics of grain production by agricultural enterprises. Monograph. Opole.

The Academy of Management and Administration in Opole. 2021. ISBN 978-83-66567-37-5. 214 p.

6. Комар А. С. Аналіз переваг та недоліків штемпельних пресів. Збірник тез доповідей II Міжн. наук.-практ. конф. «Агроінженерія: сучасні проблеми та перспективи розвитку». НУБіП України. Київ. 2019. С. 75-76.

7. Братішко В. В. Механіко-технологічні основи приготування повнораціонних комбікормів гвинтовими грануляторами: дис. д-ра техн. наук: 05.05.11. Глеваха: 2017. 322 с.

8. Rogovskii I. L. Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 1. P. 137-146. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.01.137>.

9. Двоматричний прес-гранулятор: пат. 120457 Україна: МПК (2006), A01D 89/00, A01F 17/00, B02C 18/08 (2006.01), B29C 48/32 (2019.01), B30B 9/20 (2006.01), Заявл. 19.12.2017, Опубл. 10.12.2019, бюл. № 23

10. Клименко В. В., Кравченко В. І., Боков В. М., Гуцул В. І. Технологічні основи виготовлення біопалива з рослинних відходів та їх композитів: Монографія. ПП «Ексклюзив-Систем». 2017. 162 с.

11. Rogovskii I. L., Titova L. L., Trokhaniak V. I., Marinina L. I., Lavrinenko O. T., Bannyi O. O. Engineering management of machine for formation of artificial shell on seed vegetable cultures. INMATEH. Agricultural Engineering. 2020. Bucharest. Vol. 61. No 2. P. 165-174. doi: 10.35633/INMATEH-61-18.

12. Matt Weber. SolidWorks Simulation 2017. [Електронний ресурс] URL: <https://media.oipdf.com/pdf/44611c5c-a61a-410c-8663-970ac042f7d3.pdf>.

References

1. Mechanics Nawrocki granulators. [Electronic resource]. 2021 URL: <https://docplayer.com/38749952->

Mechanika-nawrocki-granulatory-44-0.html.

2. Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskiy M., Rogovskii I., Mikhailova L., Titova L., Berezovyi M., Shatrov R. (2021). Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 4(7(112)). 41-49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.

3. Nazarenko I., Dedov O., Bernyk I., Rogovskii I., Bondarenko A., Zapryvoda A., Titova L. (2020). Study of stability of modes and parameters of motion of vibrating machines for technological purpose. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 6 (7-108). 71-79. doi: 10.15587/1729-4061.2020.217747.

4. Palamarchuk I., Rogovskii I., Titova L., Omelyanov O. (2021). Experimental evaluation of energy parameters of volumetric vibroseparation of bulk feed from grain. *Engineering for Rural Development*. 20. 1761-1767. doi: 10.22616/ERDev.2021.20.TF386.

5. Rogovskii I., Titova L., Ohienko M., Snezhko O., Nadtochiy O., Raiss F., Berezova L. (2021). Methodology of engineering management of agrotechnics of grain production by agricultural enterprises. Monograph. Opole. The Academy of Management and Administration in Opole. ISBN 978-83-66567-37-5. 214.

6. Komar A. S. (2019). Analysis of the advantages and disadvantages of stamp presses. Collection of abstracts of reports II International. scientific-practical conf. "Agroengineering: current problems and prospects for development." NULES of Ukraine. Kyiv. 75-76.

7. Bratishko V. V. (2017). Mechanical and technological bases of preparation of full-ration compound feeds by screw granulators: dis. Dr. Tech. Science: 05.05.11. Glevakha. 322.

8. Rogovskii I. L. (2021). Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 12(1). 137-146. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.01.137>.

9. Two-matrix press granulator: US Pat. 120457 Ukraine: IPC (2006), A01D 89/00, A01F 17/00, B02C 18/08 (2006.01), B29C 48/32 (2019.01), B30B 9/20 (2006.01), App. 12/19/2017, Publ. 10.12.2019, bul. № 23.

10. Klimenko V. V., Kravchenko V. I., Bokov V. M., Hutsul V. I. (2017). Technological bases of biofuel production from vegetable waste and their composites: Monograph. PE "Exclusive-System". 162.

11. Rogovskii I. L., Titova L. L., Trokhaniak V. I., Marinina L. I., Lavrinenko O. T., Bannyi O. O. (2020). Engineering management of machine for formation of artificial shell on seed vegetable cultures. *INMATEH. Agricultural Engineering*. Bucharest. 61(2). 165-174. doi: 10.35633/INMATEH-61-18.

12. Matt Weber. SolidWorks Simulation 2017. [Electronic resource] URL: <https://media.oipdf.com/pdf/44611c5c-a61a-410c-8663-970ac042f7d3.pdf>.

СИНТЕЗ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ВИНТОВЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

И. И. Чвартатский, И. В. Флонс, А. В. Грабар, Р. В. Шатров

Аннотация. Целью исследований является синтез и представление новых конструкций энергосберегающих транспортно-технологических систем.

Объектом исследования процессы транспортировки сыпучих материалов транспортно-технологическими системами с винтовыми рабочими органами. Предметом исследования есть конструкции энергосберегающих транспортно-технологических систем с винтовыми рабочими органами и их параметры.

В работе предложена методика генерирования конструкций энергосберегающих транспортно-технологических систем с винтовыми рабочими органами синтезом иерархических групп с помощью морфологического анализа. Разработана модель механической системы «винтовой транспортер» с группировкой конструктивных элементов по иерархическим группам и отнесением к первой группе механизмов транспортировки груза, винтовых рабочих органов и механизмов передачи крутящего момента.

Результаты. Предложен способ структуризации конструкций энергосберегающих транспортно-технологических систем с винтовыми рабочими органами и методика их усовершенствования на основе исследования свойств элементов их структуры в соответствии с теорией синтеза иерархических групп с помощью морфологического анализа.

Ключевые слова: винтовые рабочие органы, транспортировка, транспортно-технологическая система, синтез.

SYNTHESIS OF ENERGY-SAVING TRANSPORT-TECHNOLOGICAL SYSTEMS WITH SCREW WORKING BODIES

I. I. Chvartatskiy, I. V. Flonts, A. V. Grabar, R. V. Shatrov

Abstract. The purpose of research is the synthesis and presentation of new designs of energy-saving transport and technological systems.

The object of research is the processes of transportation of bulk materials by transport and technological systems with screw working bodies. The subject of research is the design of energy-saving transport and technological systems with screw working bodies and their parameters.

The method of generation of constructions of energy-saving transport-technological systems with screw working bodies by synthesis of hierarchical groups by means of morphological analysis is offered in the work. The model of the mechanical system "screw conveyor" with grouping of constructive elements on hierarchical groups and assignment to the first group of mechanisms of transportation of freight, screw working bodies and mechanisms of transfer of the twisting is developed.

Results. A method of structuring the structures of energy-saving transport and technological systems with

helical working bodies and a method of their improvement based on the study of the properties of the elements of their structure in accordance with the theory of synthesis of hierarchical groups using morphological analysis.

Key words: screw working bodies, transportation, transport-technological system, synthesis.

І. І. Чвартацкі ORCID 0000-0001-5689-4603.

І. В. Фльонц ORCID 0000-0001-5175-9066.

А. В. Грабар ORCID 0000-0001-8208-6212.

Р. В. Шатров ORCID 0000-0002-3596-0146.