

**Ів.Б. Гевко**, проф., д-р техн. наук, **В.З. Гудь**, канд. техн. наук

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна*

*e-mail: vic\_g@ukr.net*

## Синтез гвинтових конвеєрів з можливостями технологічного перетворення і мобільної зміни траєкторії перевантаження матеріалів

При проведенні морфологічного синтезу визначено відповідну кількість складових елементів конструкцій конвеєрів та зв'язків між ними, які визначають їх певні конструктивні ознаки. На основні виконаного аналізу складено морфологічну матрицю з морфологічними ознаками елементів генерованих конструкцій гвинтових конвеєрів. Згенеровано значну кількість працездатних конструкцій гвинтових конвеєрів з окремими типами функціональних операцій чи призначенням. Також розроблено класифікацію гвинтових конвеєрів з можливостями технологічного перетворення і мобільної зміни траєкторії перевантаження матеріалів.

**синтез, гвинтовий конвеєр, морфологічний аналіз**

**Ів.Б. Гевко**, проф., д-р техн. наук, **В.З. Гудь**, канд. техн. наук

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, г. Тернополь, Україна*

## Синтез винтових конвейєров с возможностями технологического преобразования и мобильного изменения траектории перегрузки материалов

При проведении морфологического синтеза определено соответствующее количество составляющих элементов конструкций конвейєров и связей между ними, которые определяют их определенные конструктивные признаки. На основе выполненного анализа составлено морфологическую матрицу с морфологическими признаками элементов генерируемых конструкций винтовых конвейєров. Создано значительное количество трудоспособных конструкций винтовых конвейєров с отдельными типами функциональных операций или назначений. Также разработана классификация винтовых конвейєров с возможностями технологического преобразования и мобильного изменения траектории перегрузки материалов.

**синтез, винтовой конвейєр, морфологический анализ**

**Постановка проблеми.** З допомогою гвинтових транспортно-технологічних механізмів здійснюють транспортування, змішування, збирання, сортування, витискання, подрібнення та інші функціональні операції. До них відносяться гвинтові транспортери, які з давньогрецьких часів є найпоширенішими механічними засобами транспортування. При перевантаженні матеріалів у гвинтових конвеєрах можна здійснювати одночасно з цим процесом такі операції, як змішування, подрібнення, сепарацію, калібрування, пресування і витискання. Ці питання на даний час поглиблено досліджуються й існує значна кількість невивчених моментів, пов'язаних з визначенням технологічних і функціонально-експлуатаційних характеристик зазначених процесів і конструкцій конвеєрів. Відтак проблема створення і ефективного вибору гвинтових конвеєрів з можливостями технологічного перетворення і мобільної зміни траєкторії перевантаження матеріалів є актуальною.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Розробці конструкцій, дослідженню процесів транспортування та виконання функціональних операцій гвинтовими конвеєрами, розрахунку і встановлення їх параметрів присвячені роботи Х. Германа [1], А.М. Григор'єва [2], Б.М. Гевка [4], Р.М. Рогатинського [8, 9] та багатьох інших.

Розробці методик та методів генерування та синтезу машинобудівних конструкцій присвячені праці А.І. Половінкіна [7], Ю.М. Кузнецова [3], В.М. Одріна [5] тощо. Проте розробка ефективних конструкцій гвинтових конвеєрів з можливістю виконання супутніх технологічних операцій на сьогодні широко досліджується і потребує подальшого пошуку.

**Постановка завдання.** Метою статті є проведення синтезу методом ієрархічного групування за допомогою морфологічного аналізу гвинтових конвеєрів з можливостями технологічного перетворення і мобільної зміни траєкторії перевантаження матеріалів.

**Виклад основного матеріалу.** Як було визначено в [4], на даний час виділяють 18 основних функціональних операцій, які реалізуються гвинтовими транспортно-технологічними механізмами, а також 7 основних функціональних операцій, що здійснюються гвинтовим конвеєром з розширеними технологічними можливостями, до яких відносять: повздовжнє транспортування, змішування, дозування, калібрування, нагнітання, пресування і подрібнення. З метою створення прогресивних конструкцій гвинтових конвеєрів з можливостями технологічного перетворення і мобільної зміни траєкторії перевантаження матеріалів проведено генерування ідей з використанням методу синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу [10].

У результаті проведеного аналізу впливу різних факторів на процеси технологічного перетворення і мобільної зміни траєкторії перевантаження матеріалів гвинтовими конвеєрами за використання структурно-схемного синтезу із застосуванням морфологічного аналізу було визначено відповідну кількість складових елементів конструкцій конвеєрів та зв'язків між ними, які визначають їх певні конструктивні ознаки. На основі виконаного аналізу складено морфологічну матрицю у вигляді таблиці 1, з морфологічними ознаками елементів генерованих конструкцій гвинтових конвеєрів та зв'язків між ними. До складу кожної морфологічної ознаки внесено альтернативи без критичного аналізу. Обрані наступні основні морфологічні ознаки: привід, шнек, який складається з жолоба та гвинтового робочого органа, механізм завантаження, механізм пересипу, механізм розвантаження та опорно-руховий механізм. Пружні, запобіжні та пружно-запобіжні муфти у якості ознак до морфологічної матриці не вносяться, бо вони автоматично входять в склад приводів до ознак 1.1 – 1.4, а вібраційні муфти до ознаки привода 1.5.

Класичну морфологічну модель конструктивних ознак та елементів гвинтових конвеєрів з можливостями технологічного перетворення і мобільної зміни траєкторії перевантаження матеріалів (табл. 1) можна представити у вигляді морфологічної матриці (1), що утворена шляхом числового позначення відповідних альтернатив розміщених у стовпцях морфологічної таблиці [5]:

$$N = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \dots \cdot K_j = \prod_{j=1}^n K_j, \quad (1)$$

де  $n$  – характеристика;

$K_j$  – число альтернатив характеристики.

$$N_{ik} = \left| \begin{array}{c} 1.1 \\ 1.2, 2.13.1 \\ 1.3, 2.23.2 \\ 1.4, 2.33.3 \\ 1.5 \end{array} \right| \cap \left| \begin{array}{c} 4.1 \\ 4.2, 5.16.1 \\ 4.3, 5.26.2 \\ 4.3, 5.26.2 \\ 4.3, 5.26.2 \end{array} \right| \cap \left| \begin{array}{c} 7.1 \\ 7.2 \\ 7.3 \\ 7.3 \\ 7.3 \end{array} \right| \cap \left| \begin{array}{c} 8.4 \\ 8.5 \\ 8.6 \\ 8.6 \\ 8.7 \end{array} \right| \cap \left| \begin{array}{c} 9.1 \\ 9.2 \\ 9.3 \\ 9.3 \\ 9.3 \end{array} \right| \cap \left| \begin{array}{c} 10.1 \\ 10.2 \\ 10.2 \\ 10.2 \\ 10.2 \end{array} \right| \cap \left| \begin{array}{c} 11.1122 \\ 11.2123 \\ 11.3124 \\ 11.3124 \\ 11.3124 \end{array} \right| \cap \left| \begin{array}{c} 12.1 \\ 12.5 \\ 12.5 \\ 12.5 \\ 12.5 \end{array} \right| \cap \left| \begin{array}{c} 14.1151 \\ 14.2152 \\ 14.3153161 \\ 14.4154162 \\ 14.5155 \\ 14.6156 \end{array} \right| \cap \left| \begin{array}{c} 17.1 \\ 17.2 \\ 17.3 \\ 17.4 \end{array} \right| \cap \left| \begin{array}{c} 18.1 \\ 18.2 \\ 18.3 \end{array} \right| \cap \left| \begin{array}{c} 19.1 \\ 19.2 \\ 19.3 \end{array} \right| \cap \left| \begin{array}{c} 20.1 \\ 20.2 \end{array} \right| = 1,5 \cdot 10^{10}.$$

Таблиця 1 – Морфологічна таблиця конструктивних ознак та елементів гвинтових конвеєрів з можливостями технологічного перетворення і мобільної зміни траєкторії перевантаження матеріалів

1. Тип	Привід		Шнек				13. Можливість зміни довжини траси перевантаження	Механізм завантаження			17. Механізм пересипу	18. Механізм розвантаження	Опорно-руховий механізм						
	2. Вид руху	3. Кількість	Жолоб		Гвинтовий робочий орган			14. Підйом	15. Бункер	16. Насадка			19. Тип	20. Вид					
			Конструкція жолоба	Кількість	Конструкція гвинта	Кількість													
1.1. Електропривід	2.1. Безперебійний	3.1. Один	4.1. Суцільна	5.1. Циліндрична	6.1. Суцільна	7.1. Один	8.1. Бузкопосна	9.1. Безпальна	10.1. Суцільна	11.1. Один	12.1. Без елементів	13.1. Без можливості зміни довжини траси	14.1. 3 паралельним розташуванням до шнека	15.1. 3 регульованим завантаженням	16.1. 3 регульованим завантаженням	17.1. Немає	18.1. Один розвантажувальний отвір	19.1. Кошлісний	20.1. Без можливості зміни опорної кути
1.2. Пневмо-привід	2.2. Циліндричний	3.2. Два	4.2. Факелна (зв'язуюча)	5.2. Факелна	6.2. Сегментна	7.2. Два	8.2. Шпорова	9.2. 3 валом	10.2. Сегментна	11.2. Двухвальна	12.2. 3 розрізачами	13.2. 3 розрізачами	14.2. 3 перпендикулярним розташуванням до шнека	15.2. 3 регульованим завантаженням	16.2. 3 регульованим завантаженням	17.2. Графітний	18.2. Два розвантажувальні отвори	19.2. Кошлісний	20.2. 3
1.3. Двигун	2.3. Реннний	3.3. Кілька	4.3. Низькошвидкісне, з висхідним чи знімним ступенем	5.3. Факелна	6.3. Кілька	7.3. Кілька	8.3. Гофрована	9.3. Чоквова	10.3. Кілька	11.3. Кілька	12.3. 3 розрізачами	13.3. 3 розрізачами	14.3. Одновальним до шнека	15.3. 3 регульованим завантаженням	16.3. 3 регульованим завантаженням	17.3. 3 річковим	18.3. Деякі	19.3. Опорний	20.3. Шнек
1.4. Гідропривід	2.4. Гідропривід	3.4. Кілька	4.4. Ступінчастий	5.4. Факелна	6.4. Кілька	7.4. Кілька	8.4. Конусна	9.4. Безпальна	10.4. Рибничка	11.4. Батогоспиральний	12.4. 3 розрізачами	13.4. 3 розрізачами	14.4. Батогоспиральним до шнека	15.4. Без решіткою	16.4. 3 регульованим завантаженням	17.4. 3 річковим	18.4. Деякі	19.4. Опорний	20.4. Шнек
1.5. Вібропривід	2.5. Вібропривід	3.5. Кілька	4.5. Ступінчастий	5.5. Факелна	6.5. Кілька	7.5. Кілька	8.5. Лопатевата	9.5. Безпальна	10.5. Рибничка	11.5. Батогоспиральний	12.5. 3 розрізачами	13.5. 3 розрізачами	14.5. 3 розрізачами	15.5. 3 решіткою	16.5. 3 регульованим завантаженням	17.5. 3 річковим	18.5. Деякі	19.5. Опорний	20.5. Шнек

Джерело: розроблено автором

Кількість альтернатив конструкцій гвинтових конвеєрів з можливостями технологічного перетворення і мобільної зміни траєкторії перевантаження матеріалів, які отримані при використанні класичного морфологічного методу синтезу, є дуже велика. Відповідно відбір раціональних конструкцій таких конвеєрів експертною оцінкою шляхом перебору альтернативних варіантів є надто складним, тривалим і дорогим рішенням.

З метою підвищення ефективності генерованих альтернатив та скорочення їх кількості було використано метод синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу, який передбачає розбивку окремих груп на підгрупи. При застосуванні даного методу морфологічного аналізу кількість варіантів визначалася по формулі [10]:

$$N = \sum_{z=1}^l \sum_{x=1}^q \prod_{i=1}^m K_i, \quad (2)$$

де  $z$  – ієрархічний рівень;

$l$  – кількість ієрархічних рівнів;

$x$  – певна підгрупа відповідного ієрархічного рівня;

$q$  – кількість підгруп відповідного ієрархічного рівня;

$K_i$  – альтернатива конструктивної ознаки елемента певної підгрупи відповідного ієрархічного рівня;

$m$  – кількість альтернатив конструктивної ознаки елементів певної підгрупи відповідного ієрархічного рівня.

Моделі механічної системи «Гвинтовий конвеєр з можливостями технологічного перетворення і мобільної зміни траєкторії перевантаження матеріалів», згідно запропонованого групування, представлено на рис. 1.

Загальна кількість генерованих варіантів гвинтових конвеєрів з можливостями технологічного перетворення і мобільної зміни траєкторії перевантаження матеріалів при використанні методу синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу становитиме:

$$N_{\text{ік}} = \begin{array}{c} |1.1| \\ |1.2| \\ |1.3| \\ |1.4| \\ |1.5| \end{array} + \begin{array}{c} |2.1| \\ |2.2| \\ |2.3| \end{array} + \begin{array}{c} |3.1| \\ |3.2| \\ |3.3| \end{array} + \begin{array}{c} |4.1| \\ |4.2| \\ |4.3| \end{array} + \begin{array}{c} |5.1| \\ |5.2| \end{array} + \begin{array}{c} |6.1| \\ |6.2| \end{array} + \begin{array}{c} |7.1| \\ |7.2| \\ |7.3| \end{array} + \begin{array}{c} |8.1| \\ |8.2| \\ |8.3| \\ |8.4| \\ |8.5| \\ |8.6| \\ |8.7| \\ |8.8| \\ |8.9| \\ |8.10| \end{array} + \begin{array}{c} |9.1| \\ |9.2| \\ |9.3| \end{array} + \begin{array}{c} |10.1| \\ |10.2| \end{array} + \begin{array}{c} |11.1| \\ |11.2| \\ |11.3| \end{array} + \begin{array}{c} |12.1| \\ |12.2| \\ |12.3| \\ |12.4| \\ |12.5| \end{array} + \begin{array}{c} |13.1| \\ |13.2| \end{array} + \begin{array}{c} |14.1| \\ |14.2| \\ |14.3| \\ |14.4| \\ |14.5| \\ |14.6| \end{array} + \begin{array}{c} |15.1| \\ |15.2| \\ |15.3| \\ |15.4| \\ |15.5| \\ |15.6| \end{array} + \\ + \begin{array}{c} |16.1| \\ |16.2| \end{array} + \begin{array}{c} |17.1| \\ |17.2| \\ |17.3| \\ |17.4| \end{array} + \begin{array}{c} |18.1| \\ |18.2| \\ |18.3| \end{array} + \begin{array}{c} |19.1| \\ |19.2| \\ |19.3| \end{array} + \begin{array}{c} |20.1| \\ |20.2| \end{array} = 72$$

Це у  $2,1 \cdot 10^8$  разів менше, ніж при використанні класичного методу синтезу, що дозволяє швидко здійснити перебір варіантів і відібрати найбільш раціональні конструкції гвинтових конвеєрів з можливостями технологічного перетворення і мобільної зміни траєкторії перевантаження матеріалів.

Проте, як було визначено в [9], існують 7 основних функціональних операцій, які виконуються гвинтовим конвеєром з розширеними технологічними можливостями, а саме повздовжнє транспортування, змішування, калібрування, дозування, нагнітання, пресування і подрібнення. Функціональні операції нагнітання та пресування, а також вичавлювання, здійснюються з допомогою аналогічних гвинтових конвеєрних засобів, а тому їх доцільно об'єднати, як і до операції калібрування додати операцію сепарування. Також для гвинтових конвеєрів з можливостями технологічного перетворення і мобільної зміни траєкторії слід додати ще 3 основні функціональні ознаки за призначенням: можливість зміни довжини траси перевантаження матеріалу, можливість зміни кута нахилу шнека при перевантаженні матеріалу та можливість одночасного забору з різних місць чи його перевантаження одночасного у різні місця.

$N_{ГК}$		$N_{ГК} = \sum_{z=1}^l \sum_{x=1}^q \prod_{i=1}^m K_i = 72.$
I(1) II(1) III(1) IV(1) V(1) VI(1) VII(1) VIII(1)		I(1)6 <sub>1</sub> , I(1)6 <sub>2</sub> II(1)7 <sub>1</sub> , II(1)7 <sub>2</sub> , II(1)7 <sub>3</sub> III(1)9 <sub>1</sub> , III(1)9 <sub>2</sub> , III(1)9 <sub>3</sub> IV(1)10 <sub>1</sub> , IV(1)10 <sub>2</sub> V(1)11 <sub>1</sub> , V(1)11 <sub>2</sub> , V(1)11 <sub>3</sub> VI(1)12 <sub>1</sub> , VI(1)12 <sub>2</sub> , VI(1)12 <sub>3</sub> , VI(1)12 <sub>4</sub> , VI(1)12 <sub>5</sub> , VI(1)12 <sub>6</sub> VII(1)13 <sub>1</sub> , VII(1)13 <sub>2</sub> VIII(1)20 <sub>1</sub> , VIII(1)20 <sub>2</sub>
I(2) II(2) III(2) IV(2) V(2) VI(2)		I(2)4 <sub>1</sub> , I(2)4 <sub>2</sub> II(2)5 <sub>1</sub> , II(2)5 <sub>2</sub> III(2)8 <sub>1</sub> , III(2)8 <sub>2</sub> , III(2)8 <sub>3</sub> , III(2)8 <sub>4</sub> , III(2)8 <sub>5</sub> , III(2)8 <sub>6</sub> , III(2)8 <sub>7</sub> , IV(2)8 <sub>8</sub> , IV(2)8 <sub>9</sub> , IV(2)8 <sub>10</sub> V(2)17 <sub>1</sub> , V(2)17 <sub>2</sub> , V(2)17 <sub>3</sub> , V(2)17 <sub>4</sub> VI(2)18 <sub>1</sub> , VI(2)18 <sub>2</sub> , VI(2)18 <sub>3</sub>
I(3) II(3) III(3) IV(3) V(3) VI(3) VII(3)		I(3)1 <sub>1</sub> , I(3)1 <sub>2</sub> , I(3)1 <sub>3</sub> , I(3)1 <sub>4</sub> , I(3)1 <sub>5</sub> II(3)2 <sub>1</sub> , II(3)2 <sub>2</sub> , II(3)2 <sub>3</sub> III(3)3 <sub>1</sub> , III(3)3 <sub>2</sub> , III(3)3 <sub>3</sub> IV(3)14 <sub>1</sub> , IV(3)14 <sub>2</sub> , IV(3)14 <sub>3</sub> , IV(3)14 <sub>4</sub> , IV(3)14 <sub>5</sub> , IV(3)14 <sub>6</sub> V(3)15 <sub>1</sub> , V(3)15 <sub>2</sub> , V(3)15 <sub>3</sub> , V(3)15 <sub>4</sub> , V(3)15 <sub>5</sub> VI(3)16 <sub>1</sub> , VI(3)16 <sub>2</sub> VII(3)19 <sub>1</sub> , VII(3)19 <sub>2</sub> , VII(3)19 <sub>3</sub>

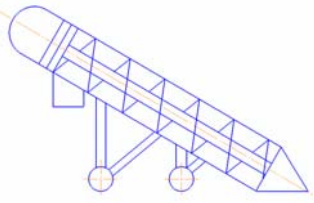
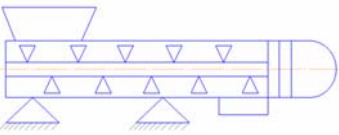
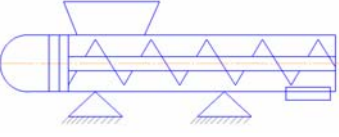
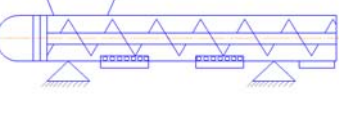
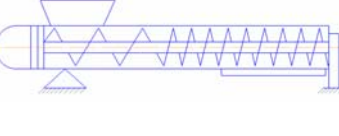
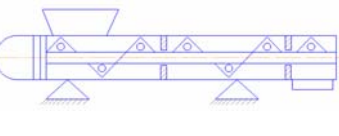
I - VIII – підгрупи ієрархічного рівня; (1) - (3) – відповідні ієрархічні рівні

Рисунок 1 – Модель механічної системи «Гвинтовий конвеєр з можливостями технологічного перетворення і мобільної зміни траєкторії перевантаження матеріалів»

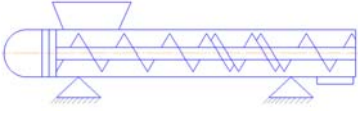
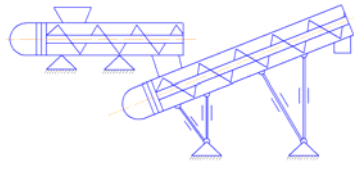
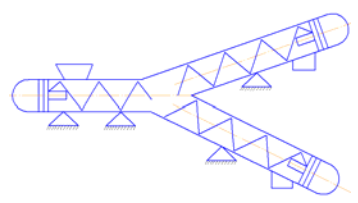
Джерело: розроблено автором

Відтак при генеруванні конструкцій гвинтових конвеєрів з конкретним функціональним призначенням чи їх поєднанням ми розділили конструктивні ознаки та елементи з морфологічної таблиці 1 у відповідності до кожного призначення (табл. 2).

Таблиця 2 – Відповідність конструктивних ознак та елементів основним функціональним операціям чи призначенням проєктованих гвинтових конвеєрів

№	Функціональні операції чи призначення	Приклади схем з конструктивними елементами	Кодовані конструктивні ознаки та елементи з табл. 1	Основні оптимізаційні параметри*
1	Повздожнє переміщення		1.1-1.4; 2.1; 3.1; 4.1; 5.1; 5.2; 6.1; 6.2; 7.1; 8.1; 8.2; 8.5; 8.9; 9.1-9.3; 10.1; 10.2; 11.1; 12.1; 13.1; 14.1-14.6; 15.1-15.6; 16.1; 16.2; 17.1-17.4; 18.1; 19.1-19.3; 20.1; 20.2	$Q \rightarrow \max;$ $C \rightarrow \min$
2	Змішування		1.1; 1.5; 2.1-2.3; 3.1; 3.2; 4.1; 4.2; 5.1; 5.2; 6.1; 6.2; 7.1; 7.2; 8.3; 8.6-8.8; 9.1-9.3; 10.1; 10.2; 11.1-11.3; 12.1-12.3; 13.1; 14.1-14.6; 15.1-15.6; 16.1; 16.2; 17.1-17.4; 18.1; 19.2; 19.3; 20.1; 20.2	$Q \rightarrow \max;$ $K_o \rightarrow \max;$ $C \rightarrow \min$
3	Дозування		1.1; 1.2; 1.4; 2.2; 3.1; 4.1; 5.1; 5.2; 6.1; 7.1; 8.1; 8.2; 9.2; 10.1; 11.1; 12.1; 13.1; 15.1; 15.2; 15.6; 17.1; 18.1; 19.3; 20.1	$dQ/dt \rightarrow \max;$ $Q \rightarrow \max;$ $C \rightarrow \min$
4	Калібрування, сепарування		1.1; 1.5; 2.1-2.3; 3.1; 3.2; 4.3; 5.1; 5.2; 6.1; 6.2; 7.1-7.3; 8.1; 8.2; 9.2; 10.1; 11.1; 12.1-12.3; 13.1; 14.1-14.6; 15.1-15.6; 16.1; 16.2; 17.1; 18.2; 18.3; 19.1-19.3; 20.1; 20.2	$P(d_i \leq d_1 \leq d_{i+1}) \rightarrow \max;$ $Q \rightarrow \max;$ $C \rightarrow \min$
5	Нагнітання, пресування, вичавлювання		1.1; 1.2; 1.4; 1.5; 2.1-2.3; 3.1; 3.2; 4.1-4.3; 5.1; 5.2; 6.1; 6.2; 7.1; 8.2-8.4; 8.8-8.10; 9.2; 9.3; 10.1; 10.2; 11.1-11.3; 12.1; 12.4; 12.5; 13.1; 14.1-14.6; 15.1-15.4; 15.6; 16.1; 16.2; 17.1; 18.1-18.3; 19.1-19.3; 20.1; 20.2	$P \rightarrow \max;$ $Q \rightarrow \max;$ $C \rightarrow \min$
6	Подрібнення		1.1-1.5; 2.1-2.3; 3.1; 3.2; 4.1-4.3; 5.1; 5.2; 6.1; 6.2; 7.1; 8.2; 8.4; 8.10; 9.2; 10.1; 10.2; 11.1; 12.1; 12.4; 12.5; 13.1; 15.1; 15.2; 15.6; 17.1; 18.1-18.3; 19.1-19.3; 20.1; 20.2	$Q \rightarrow \max;$ $K_r \rightarrow \max;$ $C \rightarrow \min$

Продовження таблиці 2

7	Зміна довжини траси		1.1-1.4; 2.1; 3.1; 4.1; 4.2; 5.1; 5.2; 6.2; 7.2; 7.3; 8.1; 8.2; 9.2; 10.2; 11.2; 11.3; 12.1; 13.2; 14.1-14.6; 15.1- 15.6; 16.1; 16.2; 17.1; 18.1; 19.1-19.3; 20.1; 20.2	L → max; Q → max; C → min
8	Зміна кута нахилу перевантаження		1.1-1.4; 2.1; 3.1; 3.2; 4.1- 4.3; 5.1; 5.2; 6.1; 6.2; 7.1- 7.3; 8.1- 8.10; 9.2; 9.3; 10.1; 10.2; 11.1-11.3; 12.1- 12.5; 13.1; 14.1-14.6; 15.1- 15.6; 16.1; 16.2; 17.1-17.4; 18.1; 19.1-19.3; 20.2	$\alpha$ → max; Q → max; C → min
9	Багатотрасове переміщення		1.1-1.4; 2.1; 3.1-3.3; 4.1; 5.1; 5.2; 6.1; 6.2; 7.2; 7.3; 8.1; 8.2; 8.5; 8.9; 9.1-9.3; 10.1; 10.2; 11.2; 11.3; 12.1; 13.1; 14.1-14.6; 15.1-15.6; 16.1; 16.2; 17.2-17.4; 18.1- 18.3; 19.1-19.3; 20.1; 20.2	n → оптимум; Q → max; C → min

\* Q – продуктивність; C – сукупні витрати;  $K_0$  – однорідність змішування;  $dQ/dt$  – точність;  $P(d_i \leq d_{i+1})$  – належність до фракції; P – тиск,  $K_n$  – однорідність подрібнення; L – видовження шнека;  $\alpha$  – кут нахилу шнека; n – кількість віток конвеєра

*Джерело: розроблено автором*

Провівши розрахунки ми визначили, що кількість варіантів гвинтових конвеєрів з окремими типами функціональних операцій чи призначенням значно різняться. Так, найбільше генерованих варіантів отримали конструкцій гвинтових конвеєрів, які можуть забезпечити зміну кута нахилу перевантаження вантажів – 63, а найменше – конструкцій гвинтових конвеєрів, з допомогою яких здійснюється лише дозування – 24. Тобто відхилення по кількості генерованих варіантів за призначенням становить 2,625 рази.

Слід відзначити, що окремі технологічні операції чи функціональні ознаки за призначенням, які притаманні гвинтовими конвеєрами з можливостями технологічного перетворення і мобільної зміни траєкторії, можна об'єднувати. Це дозволить отримати багатофункціональні конструкції конвеєрів, наприклад: повздовжнє переміщення, змішування і дозування чи зміна довжини траси і сепарування тощо. Такі конструкції є значно універсальніші у порівнянні з традиційними і можуть в подальшому отримати широке застосування на практиці.

Використовуючи даний синтез було розроблено і досліджено значну кількість працездатних конструкцій гвинтових конвеєрів з окремими типами функціональних операцій чи призначенням, які у порівнянні з традиційними гвинтовими транспортерами є багатофункціональними і ефективними [6]. Також розроблено класифікацію гвинтових конвеєрів з можливостями технологічного перетворення і мобільної зміни траєкторії перевантаження матеріалів, яку представлено на рис.2.



Рисунок 2 – Класифікація гвинтових конвеєрів з можливостями технологічного перетворення і мобільної зміни траєкторії перевантаження матеріалів за конструктивними ознаками  
 Джерело: розроблено автором

**Висновки.** Проведено структурний синтез гвинтових конвеєрів з можливостями технологічного перетворення і мобільної зміни траєкторії перевантаження матеріалів за конструктивними ознаками методом ієрархічного групування за допомогою морфологічного аналізу й згенеровано певну кількість їх варіантів за 9 типами.

Також визначено, що окремі технологічні операції чи функціональні ознаки за призначенням, які притаманні гвинтовими конвеєрами з можливостями технологічного перетворення і мобільної зміни траєкторії, можна об'єднувати в одній конструкції, що дозволить отримати багатофункціональні конструкції конвеєрів.

Розроблено класифікацію гвинтових конвеєрів з можливостями технологічного перетворення і мобільної зміни траєкторії перевантаження матеріалів за конструктивними ознаками.

**Список літератури**

1. Герман Х. Шнековые механизмы в технологии ФРГ. Перев. с нем. Л. : Химия, 1975. 230 с.
2. Григорьев А. М., Преображенський П. А. Гибкие шнеки. Киев: Знание, 1967. 98 с.
3. Кузнецов Ю. М., Скляр Р. А. Прогнозування розвитку технічних систем / під заг. ред. Ю. М. Кузнецова. Київ: ТОВ «ЗМОК». ПП «ГНОЗІС», 2004. 323 с.
4. Механізми з гвинтовими пристроями / Б.М. Гевко та ін. Львів: Світ, 1993. 208 с.
5. Одрин В. М., Картавов С.С. Морфологический анализ систем: Построение морфологических матриц. Киев: Наукова думка, 1977. 183 с.
6. Перспективні гвинтові конвеєри: конструкції, розрахунок, дослідження / Рогатинський Р. М та ін. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2019. 212 с.
7. Половинкин А. И. Основы инженерного творчества: учеб. пособие для студентов вузов. Москва: Машиностроение, 1988. 368 с.
8. Рогатинський Р., Гевко І., Рогатинська Л. Оптимізація параметрів гвинтових транспортно-технологічних систем. Вісник ТНТУ. 2013. № 1 (69). С. 116–125.
9. Рогатинський Р. М., Гевко І. Б., Дячун А. Є. Науково-прикладні основи створення гвинтових транспортно-технологічних механізмів: монографія. Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2014. 280 с.
10. Синтез телескопічних гвинтових конвеєрів / Ів. Б. Гевко, Гудь В. З., Шуст І. М., Мельничук А. Л. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. «Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві». 2016. Вип. № 168. С. 85-91.



## References

1. Herman, K.H. (1975). *Shnekovye mekhanyzmy v tekhnolohyy FRH [Screw mechanisms in the technology of Germany]*. L : Khymyya [in Russian].
2. Hryhor'ev, A. M. & Preobrazhens'kyi, P. A. (1967). *Hybkye shneky [Flexible augers]*. Kiev : Znanye [in Russian].
3. Kuznetsov, YU. M. (Eds.) (2004). *Prohnozuvannya rozvytku tekhnichnykh system [Forecasting the development of technical systems]*. Kyiv: TOV «ZMOK». – PP «HNOZIS» [in Ukrainian].
4. Hevko B.M. et al. (1993). *Mekhanizmy z hvyntovymy prystroyamy [Mechanisms with screw devices]*. L'viv : Svit [in Ukrainian].
5. Odryn, V.M. (1977). *Morfologicheskyy analiz system: Postroyeniye morfologicheskyykh matryts [Morphological analysis of systems: Construction of morphological matrices]*. Kyiv : Naukova dumka [in Russian].
6. Rohatyn's'kyi, R.M. et al. (2019). *Perspektyvni hvyntovi konveyery: konstruktsiyi, rozrakhunok [Prospective screw conveyors: designs, calculation, research]*. Ternopil': FOP Palyanytsya V. A. [in Ukrainian].
7. Polovynkyn A. Y. (1988). *Osnovy ynzhenernoho tvorchestva [Fundamentals of Engineering]* Moskow : Mashynostroeniye. [in Russian].
8. Rohatyn's'kyi, R., Hevko, I. & Rohatyn's'ka, L. (2013). Optymizatsiya parametriv hvyntovykh transportno-tekhnolohichnykh system [Optimization of parameters of screw transport and technological systems]. *Visnyk TNTU – Scientific journal of the TIMI, № 1 (69)*, 116–125 [in Ukrainian].
9. Rohatyn's'kyi, R.M., Hevko, I.B. & Dyachun, A.YE. (2014). *Naukovo-prykladni osnovy stvorennia hvyntovykh transportno-tekhnolohichnykh mekhanizmiv [Scientific-applied bases of creation of screw transport-technological mechanisms]*. Ternopil': TNTU imeni Ivana Puliuia [in Ukrainian].
10. Hevko, Iv. B., Hud', V. Z., Shust, I. M. & Mel'nychuk, A. L. (2016). Syntez teleskopichnykh hvyntovykh konveyeriv [The synthesis telescopic screw conveyors]. *Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu sil's'koho hospodarstva imeni Petra Vasylenka. «Resursozberihayuchi tekhnolohiyi, materialy ta obladnannya u remontnomu vyrobnytstvi» – Bulletin of the Kharkiv National Technical University of Agriculture named after Peter Vasylenko «Resource-saving technologies, materials and equipment in repair production», Vol.168, 85-91 [in Ukrainian].*

Ivan Hevko, Prof., Dsc., Viktor Hud, PhD., tech. sci.

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine

### Synthesis of Screw Conveyors with the Possibilities of Technological Transformation and Mobile Change of the Trajectory of Material Overload

The purpose of the article is to carry out the synthesis by the method of hierarchical grouping by means of morphological analysis of screw conveyors with the possibilities of technological transformation and mobile change of the trajectory of material overload.

The appropriate number of constituent elements of the conveyor structures and the relationships between them that determine their particular design features are determined. The basic analysis is based on a morphological matrix with the morphological features of the elements of the generated constructions of the screw conveyors and the connections between them. A considerable number of functional screw conveyor structures with separate types of functional operations or purpose, which are multifunctional and efficient compared to traditional screw conveyors, have been developed and investigated. The classification of screw conveyors with the possibility of technological transformation and mobile change of the trajectory of material overload is also developed.

Structural synthesis of screw conveyors with the possibilities of technological transformation and mobile change of the trajectory of material overload by structural hierarchical grouping was performed by means of morphological analysis and a certain number of their variants was generated according to 9 types.

It is also determined that individual technological operations or functional features, which are inherent in screw conveyors with the possibility of technological transformation and mobile trajectory change, can be combined into one design, which will allow to obtain multifunctional designs of conveyors.

**synthesis, screw conveyor, morphological analysis**

Одержано (Received) 17.12.2019

Прорецензовано (Reviewed) 19.12.2019

Прийнято до друку (Approved) 23.12.2019