

## СИНТЕЗ ГВИНТОВИХ ТРАНСПОРТНИХ МЕХАНІЗМІВ З РОЗШИРЕНИМИ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ ЗМІШУВАННЯ

*Приведена методика генерування конструкцій змішувачів з гвинтовими робочими органами синтезом ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу. Розроблена модель механічної системи "гвинтовий змішувач" з групуванням конструктивних елементів за ієрархічними групами і віднесенням до першої групи механізми пересипу, гвинтові робочі органи та жолоби. Запропоновано спосіб структуризації конструкцій змішувачів 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, змішувачі, синтез ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу.

**Постановка проблеми.** Однією із передумов високої конкурентоздатності машинобудівних підприємств є подальше вдосконалення конструктивних параметрів машин, що сприяє зростанню продуктивності, підвищенню ефективності, покращенню якості виконуваних процесів та вимагає принципово нових підходів для створення і використання ресурсоощадних технічних систем.

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

**Аналіз останніх досліджень.** Створення нових конструкцій механізмів машин і втілення прогресивних методів пошуку нових технічних рішень на ранніх стадіях конструкторської підготовки виробництва присвячені праці Кузецова Ю.М. [1], Половінкіна А.І. [2], Одріна В.М., Карташова С.С. [3] та багатьох інших. Однак цілий ряд питань пов'язаних з проектуванням гвинтових конвеєрів з розширеними можливостями потребують свого вирішення.

**Метою даної роботи** є синтез ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу гвинтових змішувачів.

**Реалізація роботи.** Важливим питанням проектування гвинтових змішувачів (ГЗ) є пошук їх удосконалених конструкцій для досягнення високих показників продуктивності і якості змішувальних операцій.

Одним із шляхів вирішення завдання створення нових конструкцій гвинтових змішувачів 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]:

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

де  $n$  – характеристика;  $K_j$  – число альтернатив характеристики.

Проте кількість отриманих варіантів у результаті такого синтезу є дуже значною, 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 копонуванням. 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

## ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

третього порядку). Ці конструктивні елементи, при копонуванні 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 використання морфологічного аналізу. При використанні запропонованого методу синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу кількість варіантів визначатиметься по формулі:

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

$z$  – ієрархічний рівень;

$l$  – кількість ієрархічних рівнів;

$K_i$  – альтернатива конструктивного елементу певного ієрархічного рівня;

$m$  – кількість альтернатив конструктивного елементу певного ієрархічного рівня.

Розглянемо модель механічної системи «Гвинтових змішувач», зображену на рис. 1. Згідно запропонованого групування до першої ієрархічної групи слід віднести такі конструктивні елементи: 1 – жолоб; 2 – гвинтовий робочий орган; 3 – механізм пересипу; 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 змішувачів з використанням символу « $i$ » (де « $i$ » змінюється в межах від 1 до  $\infty$ ): 1<sub>i</sub> – жолоби; 2<sub>i</sub> – гвинтові робочі органи; 3<sub>i</sub> – механізми пересипу; 4<sub>i</sub> – бункери; 5<sub>i</sub> – опорно-регулювальні механізми; 6<sub>i</sub> – двигун-редуктори. Якщо в конструкції міститься декілька ідентичних конструктивних елементів, то їх кількість доцільно записати відповідним степенем, наприклад: два гвинтових робочих органів - (2<sub>12</sub>)<sup>2</sup>, а якщо міститься декілька різних конструктивних елементів одного виду, то їх доцільно записати наступним чином: два жолоби - (1<sub>7</sub> ∪ 1<sub>92</sub>).

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

- для первого ієрархічного рівня: (1)1<sub>1</sub> - (1)1<sub>3</sub> (рис. 3); (1)2<sub>1</sub> - (1)2<sub>9</sub> (рис. 4); (1)3<sub>1</sub> - (1)3<sub>4</sub> (рис. 5);
- для другого ієрархічного рівня: (2)4<sub>1</sub> - (2)4<sub>4</sub>; (2)5<sub>1</sub> - (2)5<sub>3</sub>;
- для третього ієрархічного рівня: (3)6<sub>1</sub> - (3)6<sub>4</sub>.

Приклади компонувок конструктивних елементів первого ієрархічного рівня представлені на рисунку 6.

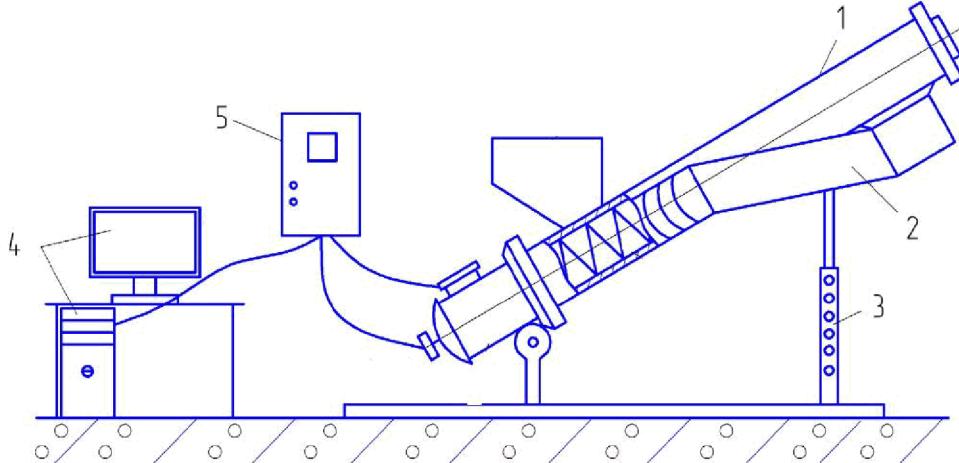


Рис. 1. Модель механічної системи «Гвинтових змішувач»: 1 – жолоб; 2 – гвинтовий робочий орган; 3 – механізм пересипу; 4 – бункер; 5 – опорно-регулювальний механізм; 6 – двигун-редуктор

## ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

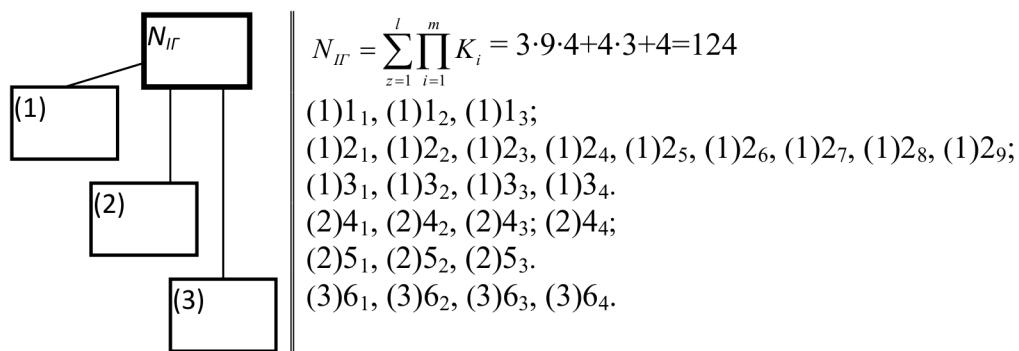


Рис. 2. Модель механічної системи «Гвинтових змішувач»: (1) – перший ієрархічний рівень; (2) - другий ієрархічний рівень; (3) - третій ієрархічний рівень

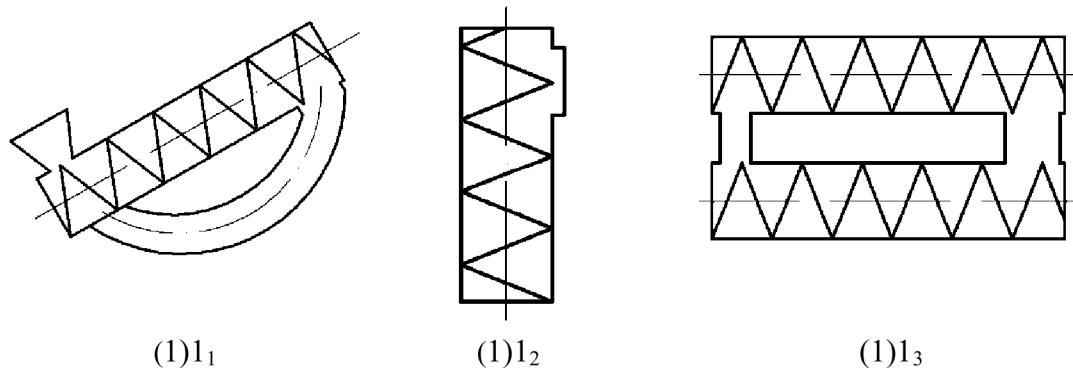


Рис. 3. Варіанти механізмів пересипу: (1)1<sub>1</sub> - розміщення під змінним кутом від 10° до 80°; (1)1<sub>2</sub> - вертикальне розміщення; (1)1<sub>3</sub> - горизонтальне розміщення

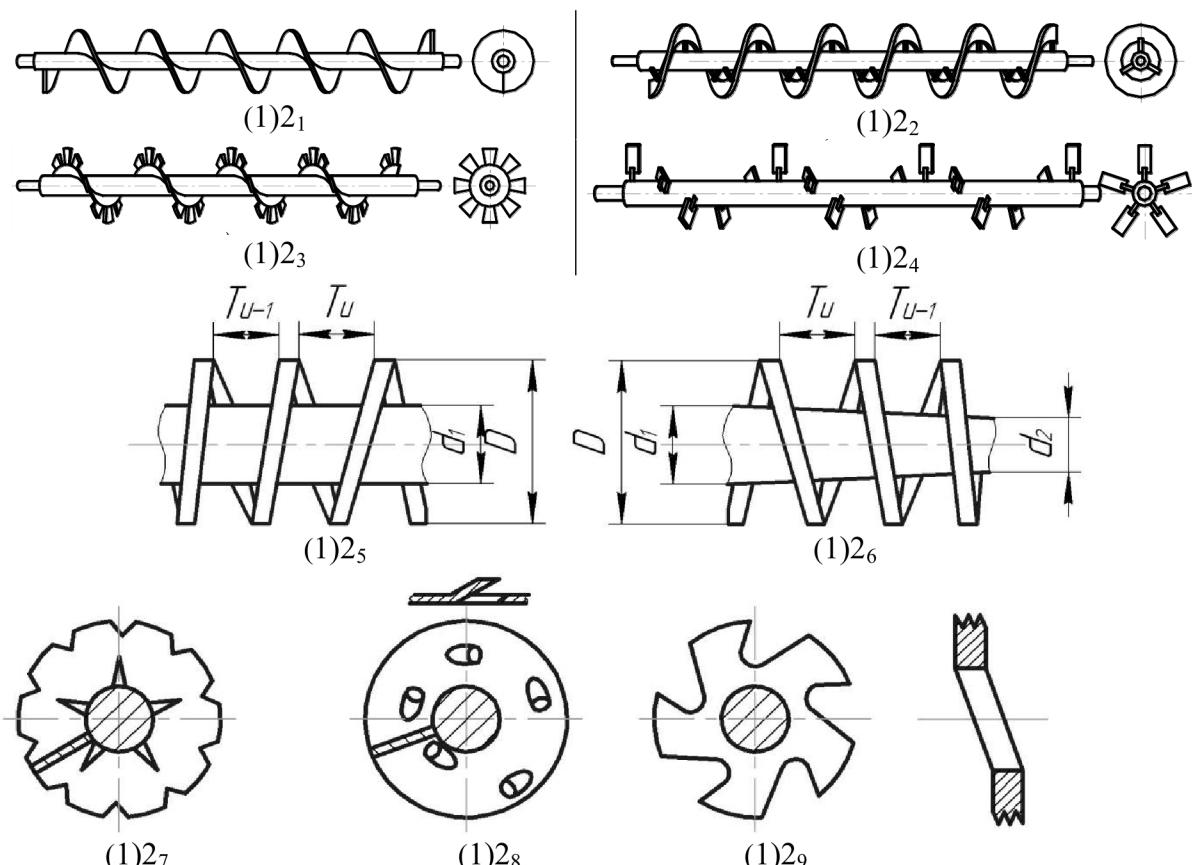


Рис. 4. Варіанти конструкції гвинтових робочих органів: (1)2<sub>1</sub> - суцільний гвинт; (1)2<sub>2</sub> - гвинт-змішувач з радіальними перемичками; (1)2<sub>3</sub> - стрічковий гвинт-змішувач; (1)2<sub>4</sub> - лопатевий гвинт-змішувач; (1)2<sub>5</sub> - циліндричний зі змінним кроком; (1)2<sub>6</sub> - циліндричний з конічним валом; (1)2<sub>7</sub> - профільний гвинт; (1)2<sub>8</sub> - гвинт-змішувач з внутрішніми отворами; (1)2<sub>9</sub> - конічний гвинт

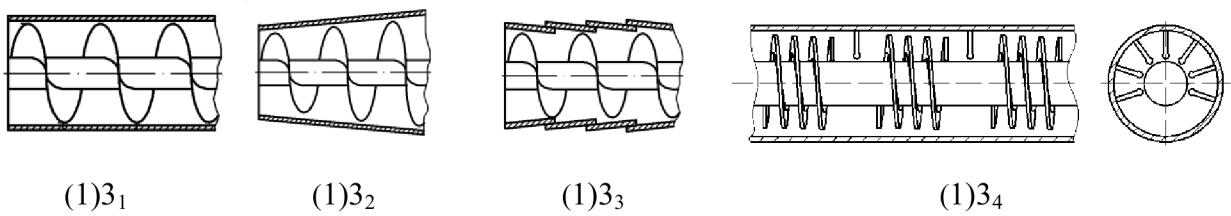


Рис. 5. Варіанти конструкцій жолобів: (1)3<sub>1</sub> – жолоб з постійними параметрами; (1)3<sub>2</sub> – конічний жолоб; (1)3<sub>3</sub> – витий жолоб; (1)3<sub>4</sub> - жолоб з радіальними перемичками

Якщо при синтезі альтернативних конструктивних варіантів ГЗ використовувати традиційний метод морфологічного аналізу, то кількість альтернатив становитиме:  $N = \prod_{j=1}^n K_j = 5184$  варіанти, що майже у 42 рази більше, ніж при використанні запропонованого методу синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу:  $N_{II} = \sum_{z=1}^l \prod_{i=1}^m K_i = 124$ . Це вказує на доцільність використання запропонованого методу [4], що значно полегшує перебір альтернатив та пошук найкращих.

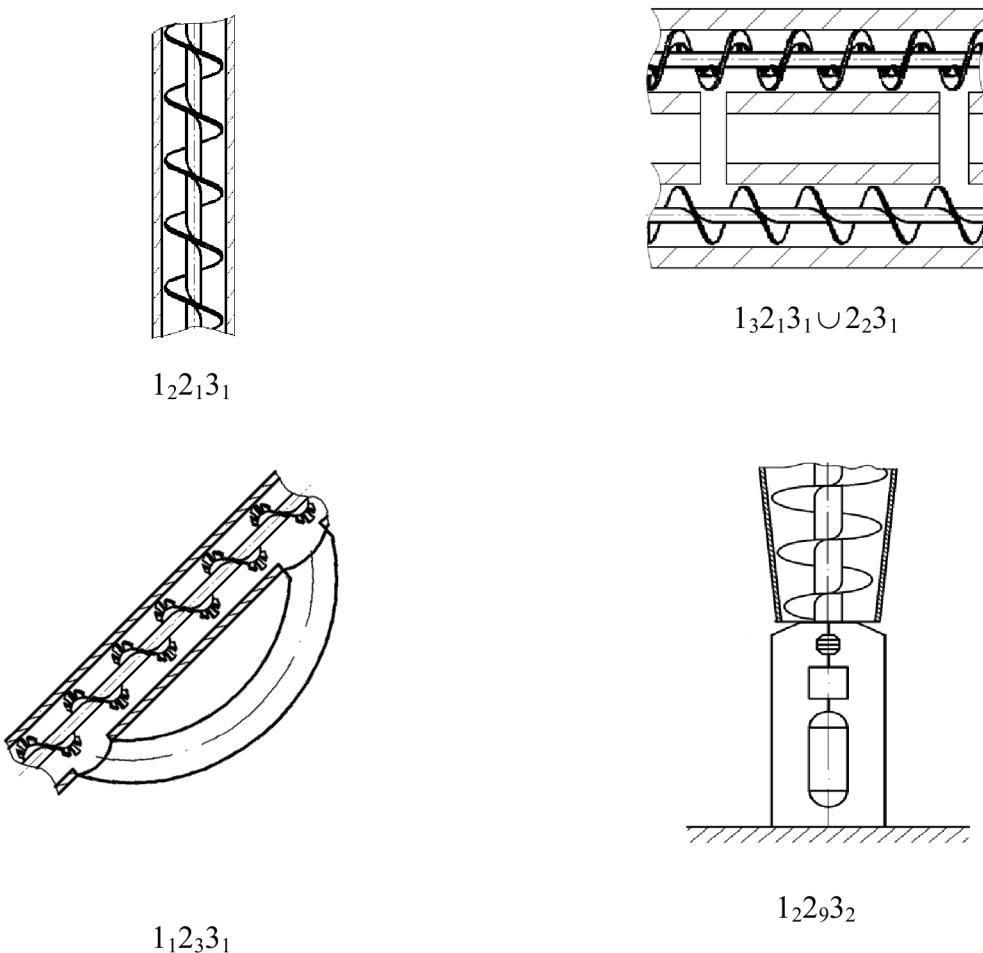


Рис. 6. Приклади компонувок конструктивних елементів першого ієрархічного рівня

В результаті синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу було згенеровано працездатні конструкції альтернативних варіантів пересипних механізмів з гвинтовими робочими органами (рис. 7), які захищені патентами України на винаходи.

## ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

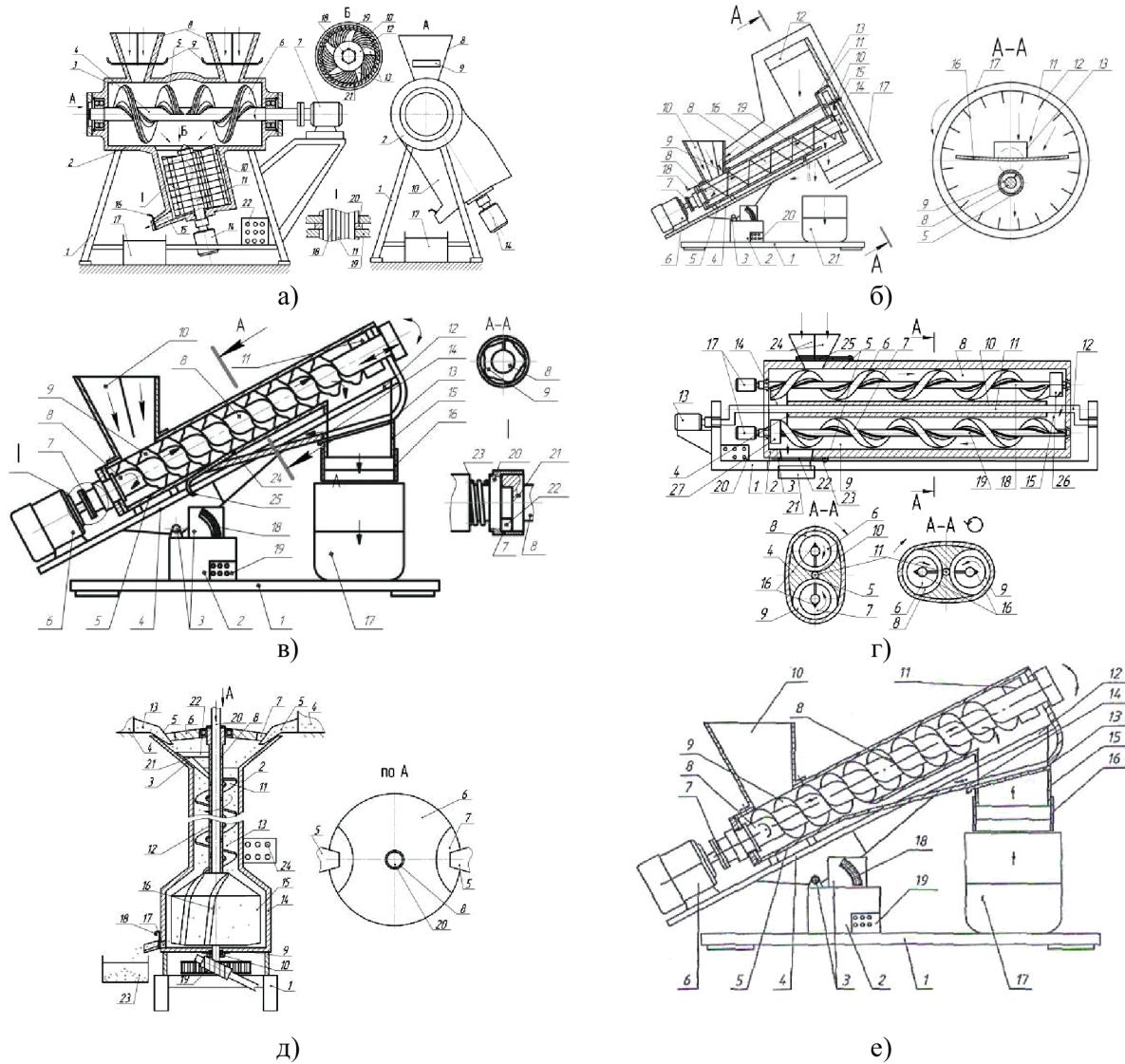


Рис. 7. Синтезовані конструкції змішувачів з гвинтовими робочими органами, захищених патентами України: а) д. п. України №63760; б) д. п. України №62656; в) д. п. України №62633; г) д. п. України №34406 і №62658; д) д. п. України №50935; е) д. п. України №34056

**Висновок.** Запропоновано спосіб структуризації конструкцій змішувачів 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.

### Інформаційні джерела

1. Кузнецов Ю.М. Теорія технічних систем [Текст] / Ю.М. Кузнєцов, І.В. Луців, С.А. Дубиняк – Київ-Тернопіль, 1997 – 310 с.
2. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества: Учеб. пособие для студентов вузов. [Текст] / А.И. Половинкин – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.
3. Одрин В.М. Морфологический анализ систем: Построение морфологических матриц [Текст] / В.М. Одрин, С.С. Карташов – К.: Наукова думка, 1977. – 183 с.
4. Пат. №63760 Україна, МПК B01F 7/24. Змішувач відцентровий / Любачівський Р.О.; заявник і власник патенту Любачівський Роман Орестович. – і 201101238; заявл. 25.10.11; опубл. 25.10.11, Бюл. № 20.
5. Пат. №62656 Україна, МПК<sup>7</sup> B01F 7/08. Змішувач гвинтовий з піднімально-пересипним механізмом / Любачівський Р.О., Дячун А.Є., Гевко І.Б., Чвартацький Р.І.; заявник і власник патенту Любачівський Роман Орестович, Дячун Андрій Євгенович, Гевко Ігор Богданович, Чвартацький Роман Ігорович. – №и201101236; заявл. 04.02..11; опубл. 12.09. 11, Бюл. № 17.
6. Пат. №62633 Україна, МПК<sup>7</sup> B01F 7/00. Змішувач гвинтовий вібраційний / Любачівський Р.О., Дячун А.Є., Гевко І.Б., Комар Р.В., Диня І.І., Одендр В.М.; заявник і власник патенту Любачівський Роман Орестович, Дячун Андрій Євгенович, Гевко Ігор Богданович, Комар

## ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

Роман Васильович, Діння Іван Іванович, Одендр Володимир Михайлович. – №u201100256; заявл. 10.01.11; опубл. 12.09.2011, Бюл. № 17.

7. Пат. №34406 Україна, МПК<sup>7</sup> B01F 7/00. Змішувач гвинтовий з замкнутим циклом роботи / Гевко І.Б., Левенець В.Б., Гевко М.Р.; заявник і власник патенту Гевко Іван Богданович, Левенець Володимир Богданович, Гевко Мирослав Романович. – №u200803172; заявл. 12.03.2008р.; опубл. 11.08.2008, Бюл. №15.

8. Пат. №62658 Україна, МПК<sup>7</sup> B01F 7/00. Універсальний гвинтовий змішувач / Любачівський Р. О.; заявник і власник патенту Любачівський Роман Орестович. – № u201101266; заявл. 10.01.11; опубл. 12.09.2011,, Бюл. № 17.

9. Пат. №50935 Україна, МПК B01F 7/00. Змішувач гвинтовий гравітаційний / Ляшук О.Л., Івасечко Р.Р., Гевко І.Б., Любачівський Р.О., Клендій О.М.; заявник і власник патенту Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пуллюя. – № u200914011; заявл. 31.12.09; опубл. 25.06.10,, Бюл. № 12.

10. Пат. №34056 Україна, МПК<sup>7</sup> B01F 7/00. Змішувач гвинтовий з пересипанням / Гевко І.Б., Левенець В.Б., Гевко М.Р.; заявник і власник патенту Гевко Іван Богданович, Левенець Володимир Богданович, Гевко Мирослав Романович. – № u200802639; заявл. 29.02.08; опубл. 25.07.08, Бюл. № 14.

**Любачівський Р.О., Марунич О.П.**

Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пуллюя

### **СИНТЕЗ ВИНОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ МЕХАНИЗМОВ С РАСШИРЕНИЯМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ СМЕШЕВАНИЯ**

Приведена методика генерирования конструкций смесителей с винтовыми рабочими органами синтезом иерархических групп с помощью морфологического анализа. Разработана модель механической системы "винтовой смеситель" с группированием конструктивных элементов за иерархическими группами и отнесением к первой группе механизмы пересыпа, винтовые рабочие органы и желоба. Предложен способ структуризации конструкций смесителей с винтовыми рабочими органами и методика их совершенствования на основе исследования свойств элементов их структуры в соответствии с теорией синтеза иерархических групп с помощью морфологического анализа.

**Ключевые слова:** винтовые рабочие органы, смесители, синтез иерархических групп, с помощью морфологического анализа.

**R.Liubachinsky, O.Marunich**

Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University

### **SYNTHESIS OF SCREW TRANSPORT MECHANISMS WITH THE EXPANDED TECHNOLOGICAL POSSIBILITIES OF MIXING**

The technique of generating mixer designs with helical working organs is synthesized by synthesizing hierarchical groups using morphological analysis. A model of the mechanical system "screw mixer" has been developed with the grouping of structural elements behind hierarchical groups and referring to the first group the mechanisms of pouring, screw working organs and troughs. A method for structuring mixer designs with screw working bodies and a method for their improvement based on research of the properties of their structure elements in accordance with the theory of synthesis of hierarchical groups by means of morphological analysis are proposed.

**Key words:** screw working organs, mixers, synthesis of hierarchical groups, using morphological analysis.