

УДК 621.861

**Ів. Гевко, канд. техн. наук; А. Дячун, канд. техн. наук;  
Л. Рогатинська; В. Клендій; Р. Лотоцький**

*Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя*

## **СТРУКТУРНИЙ СИНТЕЗ ГВИНТОВИХ СЕПАРАТОРІВ МЕТОДОМ МОРФОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ З ІЄРАРХІЧНИМ ГРУПУВАННЯМ**

*Резюме.* Наведено нові конструкції гвинтових сепараторів для калібрування матеріалів і змішування сумішей, які згенеровані на основі методу морфологічного аналізу з ієрархічним групуванням. Серед різних варіантів синтезованих конструкцій гвинтових сепараторів для калібрування матеріалів і змішування сумішей шляхом експертного оцінювання обрано п'ять, що мають покращені експлуатаційні характеристики.

*Ключові слова:* синтез, сепаратор, ієрархічна група, ієрархічний рівень.

**I. Gevko, A. Dyachun, L. Rohatinska, V. Klendiy, R. Lotockiy**

## **STRUCTURAL SYNTHESIS OF SCREW SEPARATORS BY MORPHOLOGICAL ANALYSIS WITH HIERARCHIC GROUPING**

*Summary.* To find new ideas for creation of advanced construction of screw separators (SS) it is worthy taking advantage of the know method of morphological analysis, which makes possible to obtain the total number of solutions and its modified option: the method of the hierarchic groups synthesis using morphological analysis, which results in carrying out the alternatives generation on some hierarchic levels or within some construction parts, starting from the higher ones, which provides obtaining the most reasonable construction solution while saving forces and time expenses.

As the result of the carried out analysis of different factors effect on the (SS) materials separation by the structural-scheme synthesis using morphological analysis the limited number of its component elements and links between them, which are of the construction character, have been found, basing on which the morphological matrix  $y$ , has been compiled. The following main morphological characteristics have been chosen: drive, vibration clutch, screw operating member (SOM), loading mechanism, separator location, and unloading mechanism. The composition of the morphological table can be broadened due to new alternatives of each characteristic as well as due to some additional ones. But this option of the morphological model was obtained due to the marking out functionally important elements in order to simplify the model, wich will result in minimizing of the generated options number.

The method proposes to break up general task into partial ones and to search for the rational solution in the partial areas of search with their further compiling. Thus, those construction elements of the mechanical, system, which affect spontaneously the quality and productivity of the technological process operation (elements of the first level) can be considered those of the first hierarchic level. The second hierarchic level, are the construction elements, which help realize the functions of the relevant, mechanical system and affect indirectly on the technological process operation (elements of the second level). The third hierarchic level construction elements are those, which are necessary for the operation of the mechanical system, but do not affect the realization of the technological process (elements of the third level).

*Key words: synthesis, separator, hierarchic group, hierarchic level.*

**Умовні позначення:**

$n$  – характеристика;

$K_j$  – число альтернатив характеристики;

$z$  – ієрархічний рівень;

$l$  – кількість ієрархічних рівнів;

$K_i$  – альтернатива конструктивного елемента певного ієрархічного рівня;

$m$  – кількість альтернатив конструктивного елемента певного ієрархічного рівня;

$t_r$  – кількість елементів  $r$ -ї альтернативи певного ієрархічного рівня.

**Постановка проблеми.** Гвинтові сепаратори мають широке використання у різних галузях. Ці механізми використовують для калібрування, змішування і необхідного переміщення сільськогосподарських і будівельних матеріалів, харчових та фармацевтичних продуктів тощо. При виконанні технологічних процесів гвинтовими транспортно-технологічними механізмами не завжди досягається необхідна продуктивність і якість виконання процесу. Тому для забезпечення високої продуктивності та якості виконання технологічних процесів гвинтовими сепараторами необхідно використовувати у їх конструкціях ефективні гвинтові робочі органи та запобіжні й вібраційні муфти.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Основи конструювання, проектування та дослідження гвинтових транспортно-технологічних механізмів заклали такі вчені, як Х. Герман, А. Віденбаум, Р. Мор, М. Данквертс, Д. Лейсі, Ю.І. Марков, А.М. Ластовцев, Г. Шенкель, А.М. Григор'єв, В. Штербачек, Г.Г. Кошелев, Р.В. Торнер, М.В. Тебін, Д. Мак-Кельві, Б.М. Гевко, Р.М. Рогатинський та інші [1 – 4]. Розрахункам навантажувальної здатності, взаємозалежностям конструктивно-силових параметрів запобіжних муфт і їхній динаміці присвячено праці В.С. Полякова, І.Д. Барбаша, О.А. Ряховського, В.К. Тєпінкечієва, В.О. Малащенко, С.Г. Нагорняка, І.В. Луціва [5 – 8]. Питанням синтезу механічних систем присвячені праці А.І. Половінкіна, Ю.М. Кузнецова, В.М. Одріна, С.С. Картавова, Б.І. Кіндрацького [9 – 11] та багатьох інших. Проте питанням синтезу сепараторів із гвинтовими робочими органами для калібрування, змішування й транспортування сумішей з різними фізико-механічними властивостями з метою отримання конструкцій з покращеними техніко-економічними характеристиками на сьогодні недостатньо приділено уваги, що зумовлює потребу в подальших дослідженнях.

**Метою роботи** є проведення синтезу сепараторів з гвинтовими робочими органами на основі морфологічного аналізу з використанням ієрархічного групування для отримання конструкцій з покращеними техніко-економічними характеристиками.

**Реалізація роботи.** Для пошуку нових ідей зі створення прогресивних конструкцій гвинтових сепараторів (ГС) доцільно використовувати відомий метод морфологічного аналізу [9], що дає можливість отримати повну кількість рішень (1), та його модифікований варіант: метод синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу [10], який передбачає проведення генерації альтернатив на окремих ієрархічних рівнях або й у межах окремих конструктивних елементів, починаючи з вищих рівнів. Це забезпечує отримання найбільш раціональних конструктивних рішень при економії витрат зусиль та часу.

У результаті проведеного аналізу впливу різних факторів на процес сепарації

матеріалів ГС шляхом структурно-схемного синтезу із застосуванням морфологічного аналізу [10] було визначено обмежену кількість їх складових елементів та зв'язків між ними, які представляють конструктивні ознаки, на основні чого складено морфологічну матрицю у вигляді таблиці 1. Вона поділена на стовпці, в заголовках яких представлені морфологічні ознаки елементів ГС і зв'язки між ними, а до їх складу внесено альтернативи кожної ознаки без критичного аналізу. Обрано такі основні морфологічні ознаки: привод, вібраційна муфта, гвинтовий робочий орган (ГРО), механізм завантаження, розташування сепаратора, механізм розвантаження. Склад морфологічної таблиці може розширюватися за рахунок нових альтернатив кожної ознаки, а також за рахунок додаткових ознак. Проте даний варіант морфологічної моделі отримано внаслідок виділення функціонально важливих елементів з метою спрощення моделі, що дозволить мінімізувати кількість генерованих варіантів.

Дана морфологічна таблиця включає особливі морфологічні ознаки вібраційної муфти: елементи обкочування (2) та обкочуючі пази (3), які можуть бути чи не бути присутніми у цьому елементі ГС. Ці ознаки значно підвищують ефективність вібраційної складової муфти і за певних конструктивних виконань дозволяють отримати періодичні та неперіодичні розчеплення півмуфт зі значною кількістю повертань, що сприяє кращому виконанню процесу сепарації [2, 3, 4].

**Таблиця 1**

Морфологічна таблиця конструктивних елементів гвинтового сепаратора

1. Привод	Вібраційна муфта			
	2. Елементи обкочування	3. Обкочуючі пази	4. Елементи передавання обертального моменту	5. Демпфер
1.1. Електродвигун 1.2. Пневмопривод 1.3. Вібропривод 1.4. Гідропривод	2.1. Ролик 2.2. Кулька	3.1. Круглий 3.2. Фасонний 3.3. Еліпсний	4.1. Роликролик 4.2. Кулькалунка 4.3. Конусний палець-лунка 4.4. Кулачоккулачок 4.5. Конічний профі-льний елемент-симет-ричний внутрішній профіль конічної форми 4.6. Сферичний зубча-стий кулачок-сфери-чна зубчаста впадина	5.1. Втулка (диск) з пластмаси 5.2. Втулка (диск) з гуми 5.3. Тарільчаста пружина 5.4. Пневмокамера
Гвинтовий робочий орган				
6. Вид руху в радіальному напрямку	7. Вид руху в осьовому напрямку	8. Вид		9. Кількість
6.1. Безперервний 6.2. Циклічний 6.3. З тимчасовими зупинками 6.4. З прискореннями і сповільненнями	7.1. Рухомий 7.2. Частково рухомий 7.3. Нерухомий	8.1. Суцільний 8.2. Стрічковий 8.3. Гофрований 8.4. Лопатевий 8.5. Пружинний		9.1. Один 9.2. Два

		8.6. Нахилений	
--	--	----------------	--

Закінчення таблиці 1

10. Механізм завантаження	11. Розташування сепаратора	Механізм розвантаження	
		12. Розташування розвантажувальних отворів	13. Кількість розвантажувальних отворів
10.1. Гравітаційний 10.2. Примусовий 10.3. Роздільний 10.4. Із калібруванням 10.5. З додатковими технологічними операціями 10.6. Багатоланковий	11.1. Горизонтальне 11.2. Вертикальне 11.3. Нахилене 11.4. Змінне	12.1. Бічне 12.2. Верхнє 12.3. Нижнє	13.1. Два 13.2. Три 13.3. Чотири 13.4. Значна кількість

Також морфологічна таблиця включає особливі морфологічні ознаки ГРО: вид руху в осьовому напрямку (7) та їх кількість (9), які сприяють значному покращенню виконання процесу сепарації ГС.

Морфологічну модель ГС (табл. 1) можна представити у вигляді морфологічної матриці, що утворена шляхом числового позначення відповідних альтернатив, розміщених у стовпцях морфологічної таблиці

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

$$N_{ГС} = \left( \begin{array}{c} 1.1 \\ 1.2 \\ 1.3 \\ 1.4 \end{array} \right) \cap \left( \begin{array}{cc} 2.1 & 3.1 \\ 2.2 & 3.2 \\ & 3.3 \end{array} \right) \cap \left( \begin{array}{ccc} 4.1 & 5.1 & 6.1 \\ 4.2 & 5.2 & 6.2 \\ 4.3 & 5.3 & 6.3 \\ 4.4 & 5.4 & 6.4 \\ 4.5 & 5.4 & 6.4 \\ 4.6 & & \end{array} \right) \cap \left( \begin{array}{ccc} 7.1 & 8.1 & 9.1 \\ 7.2 & 8.2 & 9.2 \\ 7.3 & 8.3 & \end{array} \right) \cap \left( \begin{array}{ccc} 10.1 & 11.1 & 12.1 \\ 10.2 & 11.2 & 12.2 \\ 10.3 & 11.3 & 12.3 \\ 10.4 & 11.4 & 12.3 \\ 10.5 & & \\ 10.6 & & \end{array} \right) \cap \left( \begin{array}{ccc} 13.1 & 12.1 & 13.1 \\ 13.2 & 11.2 & 13.2 \\ 13.3 & 11.3 & 13.3 \\ 13.4 & 12.3 & 13.4 \end{array} \right). \quad (2)$$

Загальна кількість варіантів конструктивних виконань ГС, яка входять до морфологічної матриці (2), є дуже значною,  $N = 23887872$ , і важко піддається повному перебору та вимагає багато часу для вибору найкращих рішень. У даному випадку можна скористатися комбінацією методу синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу. Сам метод базується на морфологічному аналізі та передбачає поділ механічної системи на певну кількість ієрархічних рівнів з віднесенням до кожного окремих конструктивних елементів системи [12]. Даний метод передбачає розчленування загальної задачі на часткові та проведення пошуку раціонального вирішення у часткових областях пошуку з подальшим їх копонуванням. До першого ієрархічного рівня слід віднести ті конструктивні елементи механічної системи, які безпосередньо впливають на якість і продуктивність виконання технологічного процесу (елементи першого порядку). До другого ієрархічного рівня слід віднести

конструктивні елементи, що допомагають реалізувати 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 копуванні 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 найраціональніших конструктивних рішень при значно менших затратах зусиль та часу, ніж при використанні морфологічного аналізу. При використанні запропонованого методу синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу кількість варіантів визначатимемо за формулою [2]

$$N_{IT} = (K_{11} \cdot K_{12} \cdot K_{13} \cdot K_{1i}) + (K_{21} \cdot K_{22} \cdot K_{23} \cdot K_{2i}) + \dots + (K_{z1} \cdot K_{z2} \cdot K_{z3} \cdot K_{zi}) = \sum_{z=1}^l \prod_{i=1}^m K_i \quad (3)$$

У нашому випадку особливості комбінації даного методу полягатимуть у розчленуванні першого ієрархічного рівня на дві підгрупи, які відобразатимуть особливі морфологічні ознаки вібраційної муфти: елементи обкочування (2) та обкочуючі пази (3), й особливі морфологічні ознаки гвинтового робочого органу: вид руху в осьовому напрямку (7) та кількість (9). Згідно з запропонованим групуванням до першої підгрупи першого ієрархічного рівня моделі механічної системи «Гвинтовий сепаратор» (рис. 1) слід віднести такі конструктивні елементи: 2 – елементи обкочування вібраційної муфти та 3 – обкочуючі пази вібраційної муфти (рис. 2), а до другої підгрупи першого ієрархічного рівня необхідно віднести такі конструктивні елементи: 7 – вид руху ГРО в осьовому напрямку та 9 – кількість ГРО; до другого ієрархічного рівня: 5 – демпфер у вібраційній муфті; 6 – вид руху ГРО в радіальному напрямку; 8 – вид ГРО; 10 – механізм завантаження ГС; 13 – кількість розвантажувальних отворів у ГС; до третього ієрархічного рівня: 1 – привод; 4 – елементи передавання обертового моменту вібраційною муфтою (рис. 3); 11 – розташування ГС; 12 – розташування розвантажувальних отворів ГС.

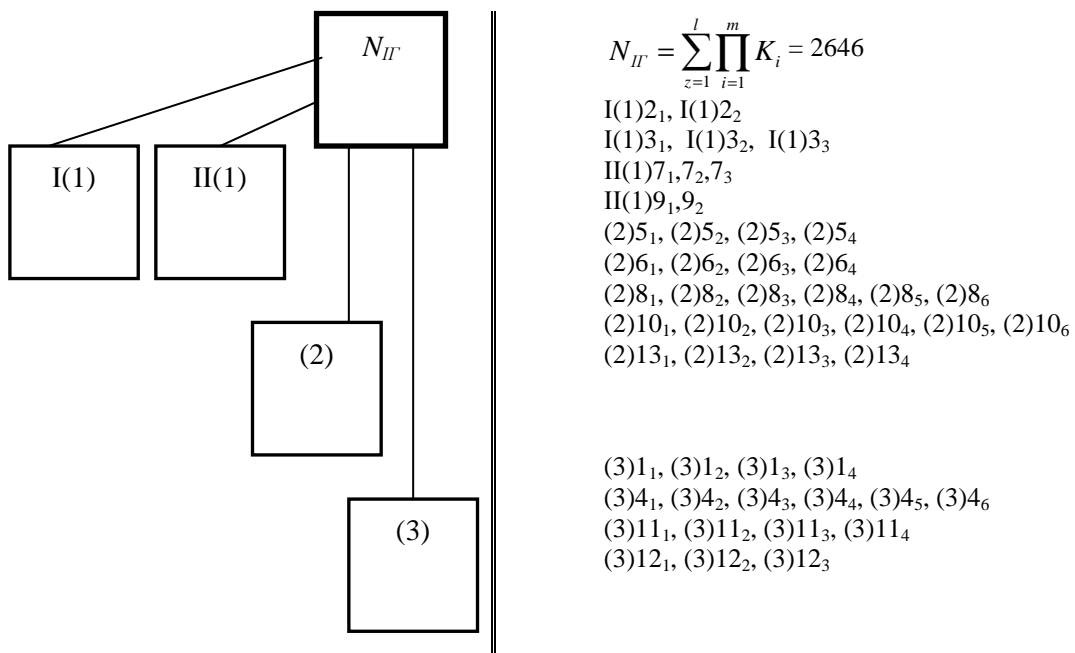


Рисунок 1. Модель механічної системи «Гвинтовий сепаратор»: I(1) – перша підгрупа першого ієрархічного рівня; II(1) – друга підгрупа першого ієрархічного рівня; (2) – другий ієрархічний рівень; (3) – третій ієрархічний рівень

Figure 1. Model of mechanical system “Screw separator”: I (1) 1-st sub-group of the first hierarchic level; II (2) 2-nd sub group of the first hierarchic level; (2) 2-nd hierarchic level; (3) 3-d hierarchic level

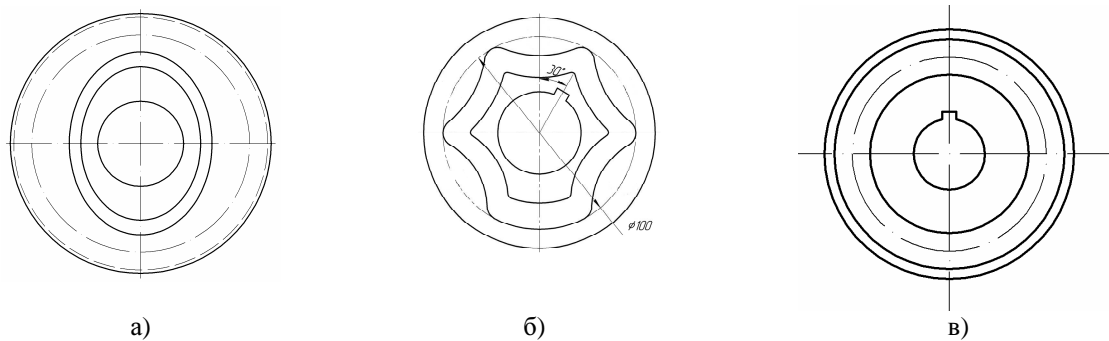


Рисунок 2. Пази в муфтах: а) еліптичний (для обкочування кульками); б) фасонний (для обкочування кульками, д. п. України № 4284); в) круглий (для обкочування кульками чи роликками, д. п. України № u 2012 10559)

Figure 2. Slots in clutches: a) elliptic (for rolling by balls); b) shape (for rolling by balls) Pat. of Ukraine No 4248; c) round (for rolling by balls or rolls Pat. of Ukraine No u 2012 10539)

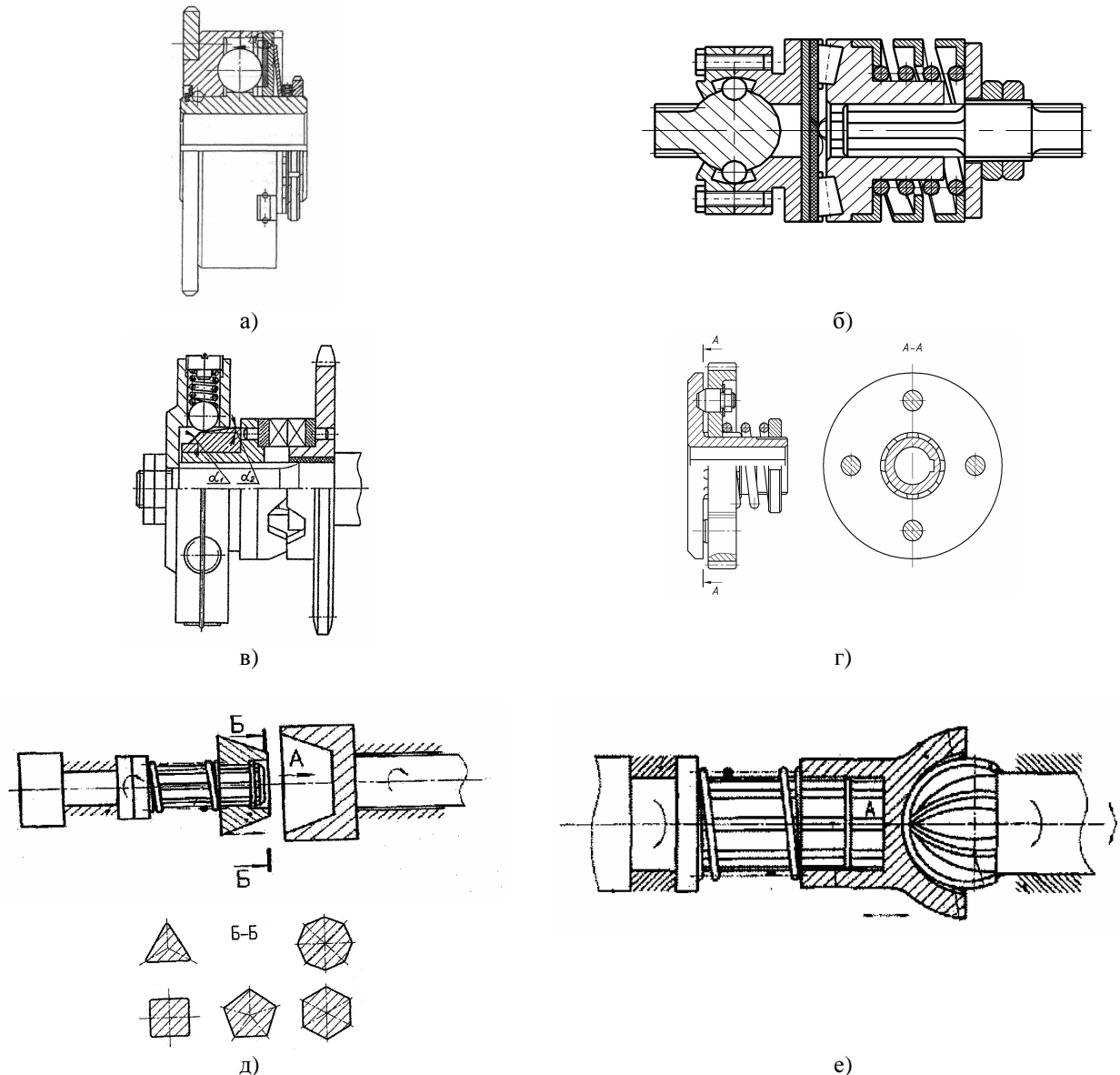


Рисунок 3. Елементи передавання обертального моменту в муфтах:  
 а) кулька – лунка (д. п. України № 6530); б) ролик – ролик (д. п. України № 43170);  
 в) кулачок – кулачок (д. п. України № 34231); г) конусний палець – лунка (д. п. України № 34510);  
 д) конічний профільний елемент – симетричний внутрішній профіль конічної форми  
 (д. п. України № 34044);  
 е) сферичний зубчастий кулачок – сферична зубчаста впадина (д. п. України № 34060)

Figure 3. Drive elements of torque in clutches:  
 a) ball-gap (Pat. of Ukraine No 6530); b) roll – roll (Pat. of Ukraine No 43170);  
 c) cam-cam (Pat. of Ukraine No 34231); d) cone pin-gap (Pat. of Ukraine No 34510);  
 e) cone profile element – symmetric inside profile of the cone type (Pat. of Ukraine No 34044);  
 f) spheric toothed cam-spheric toothed hollow (Pat. of Ukraine No 334060)

Використаємо схему кодів конструктивних елементів ГС з використанням символу «i» (де «i» змінюється в межах від 1 до  $\infty$ ):  $1_i$  – приводи;  $2_i$  – елементи обкочування вібраційної муфти;  $3_i$  – обкочуючі пази вібраційної муфти;  $4_i$  – елементи передавання обертального моменту вібраційною муфтою;  $5_i$  – демпфер у вібраційній муфті;  $6_i$  – вид руху ГРО в радіальному напрямку;  $7_i$  – вид руху ГРО в осьовому



напрямку;  $8_i$  – вид ГРО;  $9_i$  – кількість ГРО;  $10_i$  – механізм завантаження ГС;  $11_i$  – розташування ГС;  $12_i$  – розташування розвантажувальних отворів ГС;  $13_i$  – кількість розвантажувальних отворів у ГС. Якщо в конструкції міститься кілька ідентичних конструктивних елементів, то їх кількість доцільно записати відповідним степенем, наприклад: два електродвигуни –  $(1_1)^2$ , а якщо міститься кілька різних конструктивних елементів одного виду, то їх доцільно записати наступним чином: два ГРО різного виду –  $(8_1 \cup 8_3)$ .

Якщо при синтезі альтернативних конструктивних варіантів ГС використовувати традиційний метод морфологічного аналізу, то кількість альтернатив становитиме:  $N = \prod_{j=1}^n K_j = 23887872$  варіанти. Проведемо підрахунок генерованих

альтернатив для обох підгруп першого ієрархічного рівня. Кількість альтернатив для першої підгрупи становитиме  $N_{I(1)} = 2 \cdot 3 = 6$ , а кількість альтернатив для другої підгрупи

$N_{II(1)} = \sum_{r=1}^l t_r \cdot K_i = 1 \cdot 3 + 2 \cdot 3 = 9$ . Для другого ієрархічного рівня кількість альтернатив

становитиме  $N_{(2)} = 4 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 6 \cdot 4 = 2304$ , а для третього  $N_{(3)} = 4 \cdot 6 \cdot 4 \cdot 3 = 288$ . Загальна

кількість варіантів ГС при використанні запропонованого методу синтезу ієрархічних груп з розбивкою на підгрупи за допомогою морфологічного аналізу становитиме

$N_{II} = \sum_{z=1}^l \prod_{i=1}^m K_i = 6 \cdot 9 + 2304 + 288 = 2646$ , що майже у 9028 разів є менше, ніж при

використанні класичного методу синтезу з допомогою морфологічного аналізу.

Враховуючи те, що особливі морфологічні ознаки вібраційної муфти – елементи обкочування (2) та обкочуючі пази (3) можуть бути чи не бути присутніми у цьому елементі ГС, то базовим для генерації основних альтернатив залишається друга підгрупа першого ієрархічного рівня. Виходячи з цього, можна визначити 9 базових згенерованих варіантів ГС:

1. Один рухомий в осьовому напрямку ГРО.
2. Один частково рухомий в осьовому напрямку ГРО.
3. Один нерухомий в осьовому напрямку ГРО.
4. Один рухомий і один нерухомий в осьовому напрямку ГРО.
5. Один рухомий і один частково рухомий в осьовому напрямку ГРО.
6. Два рухомих в осьовому напрямку ГРО.
7. Два частково рухомих в осьовому напрямку ГРО.
8. Два нерухомих в осьовому напрямку ГРО.
9. Один нерухомий і один частково рухомий в осьовому напрямку ГРО.

Провівши аналіз конструктивних рішень за згенерованими 9 варіантами, отримано 5 працездатних конструкцій ГС, на які подано заявки на винаходи (рис. 4).

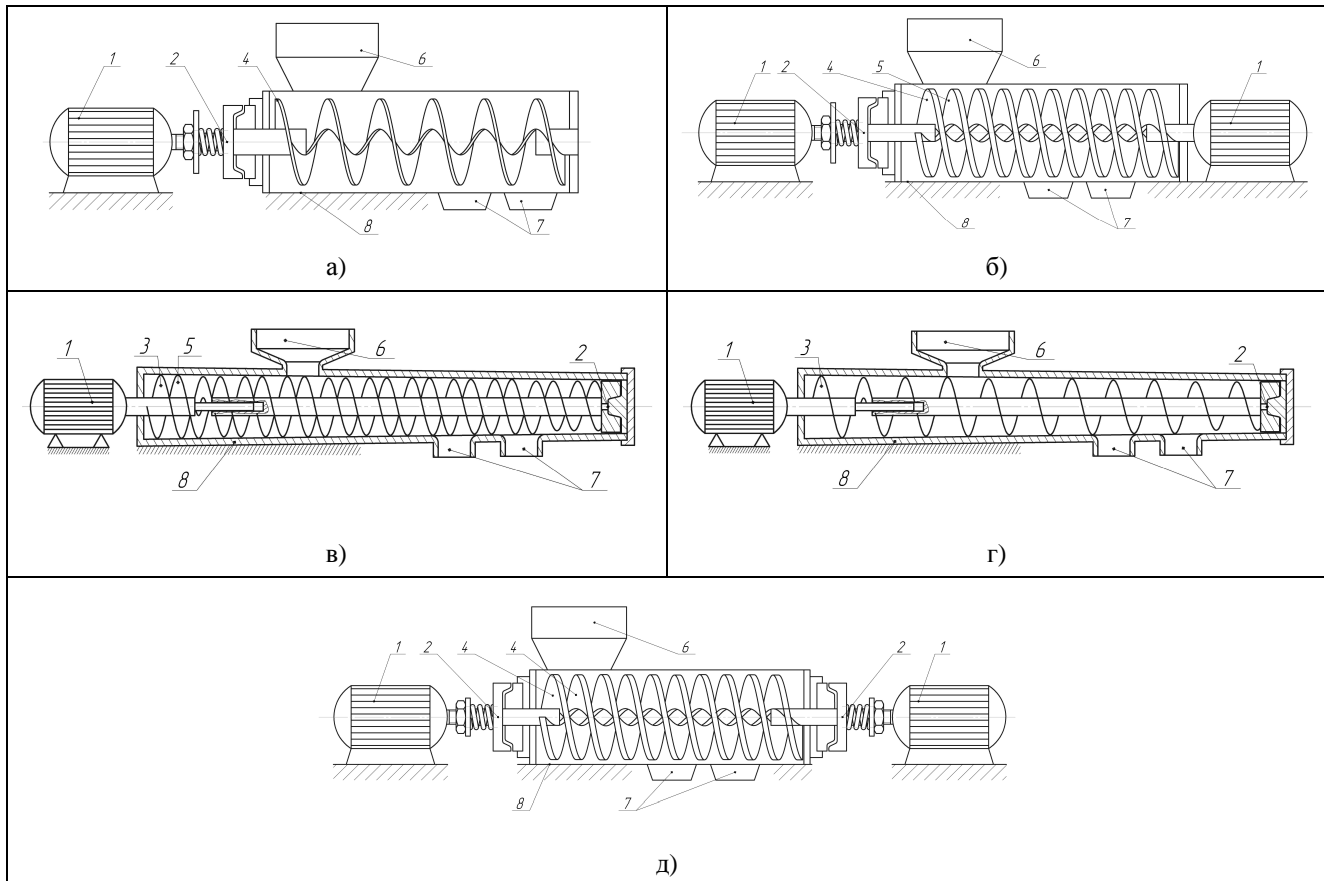


Рисунок 4. Синтезовані моделі гвинтових сепараторів:  
 а) ГС з однією рухомою спіраллю (заявка на пат. у 2012 12039); б) ГС з однією рухомою і однією нерухомою спіралями (заявка на пат. у 2012 14771); в) ГС з одним частково рухомим та нерухомими спіралями;  
 г) ГС з однією частково рухомою спіраллю (ДП України № 4116); д) ГС з двома рухомими спіралями (заявка на пат. у 2012 11801); (1 – двигун; 2 – вібраційна муфта; 3 – частково рухома спіраль; 4 – рухома спіраль; 5 – нерухома спіраль; 6 – бункер; 7 – вивантажувальний отвір; 8 – корпус)

Figure 4. Synthesized models of the screw separators:  
 a) SS with one movable spiral; b) SS with one movable and one stable spiral; c) SS with one partially movable and stable spiral; e) SS with two movable spirals (1 – engine; 2 – vibration clutch; 3 – partially movable spiral; 4 – movable spiral; 5 – stable spiral; 6 – tunk; 7 – unloading hole; 8 – body)

**Висновки.** Проведено структурний синтез сепараторів з гвинтовими робочими органами на основі морфологічного аналізу з покращеними техніко-економічними характеристиками і вибрано ряд конкурентоздатних конструкцій.

Запропоновано вдосконалити метод синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу шляхом поділу окремих груп на підгрупи.

Для забезпечення кращого виконання процесу сепарації запропоновано використовувати вібраційні муфти з обкочуючими елементами та пазами, що дозволяють отримати періодичні та неперіодичні розчеплення півмуфт зі значною кількістю повертань.

**Conclusion.** Structural synthesis of separators with the screw operating members taking advantage of the morphological analysis with the improved technical – economic characteristics has been carried out and some competitive constructions have been chosen.

It was proposed to improve the method of the hierarchic groups synthesis taking advantage of the morphological analysis while deviding some groups into subgroups.

To provide better separation process it was proposed to use vibration clutches with rolling elements and slots, which make possible to obtain periodical and non periodical semi-clutches disconnection with a great number of propping – off.

### **Список використаної літератури**

1. Герман, Х. Шнековые механизмы в технологии ФРГ; перев. с нем. [Текст] / Х. Герман. – Л.: Химия, 1975. – 230 с.
2. Григорьев, А.М. Винтовые конвейеры [Текст] / А.М. Григорьев. – М.: Машиностроение, 1972. – 184 с.
3. Гевко, Б.М. Винтовые подающие механизмы сельскохозяйственных машин [Текст] / Б.М. Гевко, Р.М. Рогатинський. – Львов: Выща шк. Изд-во при Львов. ун-те, 1989. – 256 с.
4. Рогатинський, Р.М. Механіко-технологічні основи взаємодії шнекових робочих органів із сировиною сільськогосподарського виробництва: дис. ... док. техн. наук: 05.20.01, 05.05.05 [Текст] / Рогатинський Роман Михайлович – К., 1997. – 502 с.
5. Тепинкечиев, В.К. Предохранительные устройства от перегрузок станков [Текст] / В.К. Тепинкечиев. – М.: Машиностроение, 1969. – 157 с.
6. Поляков, В.С. Справочник по муфтам [Текст] / В.С. Поляков, И.Д. Барбаш, О.А. Ряховский. – Л.: Машиностроение, 1979. – 343 с.
7. Малащенко, В.О. Муфти приводів. Конструкції та приклади розрахунків [Текст] / В.О. Малащенко. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2006. – 196 с.
8. Нагорняк, С.Г. Предохранительные механизмы металлообрабатывающего оборудования: справочник [Текст] / С.Г. Нагорняк, И.В. Луцив. – Киев: Техника, 1992. – 72 с.
9. Кузнецов, Ю.М. Теорія технічних систем [Текст] / Ю.М. Кузнецов, І.В. Луцив, С.А. Дубиняк. – Київ – Тернопіль, 1997. – 310 с.
10. Половинкин, А.И. Основы инженерного творчества: учеб. пособие для студентов вузов [Текст] / А.И. Половинкин – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.
11. Одрин, В.М. Морфологический анализ систем: Построение морфологических матриц [Текст] / В.М. Одрин, С.С. Картавов. – К.: Наукова думка, 1977. – 183 с.
12. Гевко, Ів. Структурний синтез імпульсних запобіжних муфт і шнеків методом морфологічного аналізу [Текст] / Ів. Гевко // Вісник ТНТУ. – 2012. – Том 67, № 3. – С. 121 – 134.

*Отримано 06.02.2013*