

УДК 621.825

Ів. Гевко, канд. техн. наук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

СТРУКТУРНИЙ СИНТЕЗ ІМПУЛЬСНИХ ЗАПОБІЖНИХ МУФТ І ШНЕКІВ МЕТОДОМ МОРФОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ

Резюме. Проведено синтез імпульсних запобіжних муфт методом морфологічного аналізу й обрано такі їх основні морфологічні ознаки: ведуча та ведена півмуфти, елемент зачеплення, демпфер, пружний елемент, сприйняття навантаження, гайка. Загальна кількість варіантів конструктивних виконань є досить значною – 59270400 і вимагає значних витрат часу для вибору найкращих рішень. Тому для отримання конструкцій імпульсних запобіжних муфт окремих типів запропоновано скласти спрощені матриці, що дозволили обмежити кількість видів виконання конструктивних елементів. Згідно зі скороченою морфологічною матрицею кулачкових запобіжних муфт загальна кількість можливих варіантів становить 1600, а низькочастотних кулькових – 21600. Серед різних варіантів синтезованих схем запобіжних муфт, що мають покращені експлуатаційні характеристики, шляхом експертного оцінювання обрано понад 20.

У процесі синтезу шнеків складено морфологічну матрицю й обрано такі основні морфологічні ознаки: жорсткий шнек, гнучкий секційний шнек, гнучкий суцільний шнек, з'єднання шнека. Загальна кількість варіантів шнеків, що синтезуються, є дуже великою і важко піддається повному перебору. Встановлено, що вибір варіанта конструкції шнеків залежатиме, у першу чергу, від характеру виконання процесу і навантаження на гвинт. Тому, виходячи з необхідності забезпечення проектування рівномірних спіралей, можна обмежити кількість варіантів конструктивних рішень і згенерувати значну кількість працездатних конструкцій.

Ключові слова: запобіжна муфта, шнек, синтез, морфологічний аналіз.

Iv. Gevko

STRUCTURAL SYNTHESIS OF IMPULSIVE PREVENTIVE MUFFS AND SCREWS BY METHOD OF MORPHOLOGICAL ANALYSIS

Summary. In the process of the safety clutches synthesis a morphological matrix, which contains the limited amount of elements and connections between them, that present the basic structural features of the safety clutches, was made the followings basic morphological features of the safety clutches are selected: driving and driven half-clutches, clutch element, damper, elastic element, load reception, nut. General number of variants is 59270400, it is hardly to be exceeded and takes much time to choose the best decisions. To simplify the search and to obtain some types of impulsive safety clutches the simplified matrices are made. According to the simplified morphological matrix of the cam safety clutch general number of possible variants is 1600, and low frequency 21600.

Among different variants of the synthesized schemes of the safety clutches by means of expert estimation more than 20 were selected. Some are patented in Ukraine.

In the process of synthesis of screws a morphological matrix, which contains the limited amount of variants of their implementations and connections, is made. The followings basic morphological features of screws are selected: rigid screw, flexible sectional screw, flexible continuous screw, screw connection. General number of variants of structural application of screws is very large and is hardly to be exceeded. It was found, that the choice of screw construction variant will depend on the character of operation and the loading on the

screw. As a result of synthesis, taking into account the necessity to provide the design of equally strong spirals, it is possible to construct a great number of operating constructions.

Developed system of coding and synthesis of structural elements of spiral conveyers with the improved technological possibilities allows, while using the proper software and set limitations, to develop and to select the most capable constructions of conveyers, which at the minimum expenses can provide high-quality fulfillment of the transport technological processes.

Key words: *safety clutches, screw, synthesis, morphological analysis.*

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.

Постановка проблеми. Гвинтові транспортно-технологічні системи використовують у різних галузях – для змішування, транспортування і необхідного переміщення сільськогосподарських культур, будівельних матеріалів, харчових та фармацевтичних продуктів, металевої стружки тощо. При виконанні технологічних процесів гвинтовими транспортно-технологічними механізмами машин не завжди досягається необхідна продуктивність і часто виникають перевантаження, що призводять до значних деформацій і поломок їх елементів. Тому для забезпечення високої продуктивності та якості виконання технологічних процесів гвинтовими транспортно-технологічними механізмами машин у їх конструкціях необхідно використовувати ефективні гвинтові робочі органи та надійні запобіжні муфти.

Аналіз відомих досліджень та публікацій. Основи конструювання, проектування та дослідження гвинтових конвеєрів 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. Тепінкечієва, 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 [9–12] та багатьох інших. Проте питанням синтезу імпульсних запобіжних муфт та гвинтових робочих органів гвинтових транспортно-технологічних систем 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 імпульсних (кулачкових, кульових і роликкових) запобіжних муфт і гвинтових робочих органів методом морфологічного аналізу для отримання конструкцій з покращеними техніко-економічними характеристиками.

Результати досліджень. З допомогою гвинтових конвеєрів з розширеними технологічними можливостями (ГКРТМ) можна виконувати ряд функціональних операцій, які доцільно закодувати, користуючись великими літерами алфавіту: «А» – транспортування; «Б» – змішування; «В» – дозування; «Г» – калібрування; «Д» – нагнітання і пресування; «Е» – подрібнення. Слід враховувати, що з допомогою окремих конструкцій ГКРТМ можна виконувати кілька операцій, наприклад: «АБ» – транспортування та змішування, «АБД» – транспортування, змішування і пресування. В кодуванні ГКРТМ враховуватимемо напрямок розташування елементів конструкції: горизонтальне – не кодується; вертикальне – «а»; нахилене – «б»; змінне – «в». Також при кодуванні використаємо таку схему кодів конструктивних елементів ГКРТМ із використанням символу «і» (де «і» змінюється в межах від 1 до ∞): 1_і – приводи; 2_і – передачі і редуктори; 3_і – запобіжні і пружні муфти; 4_і – гвинтові робочі органи; 5_і – жолоби; 6_і – елементи завантаження, пересипу і розвантаження; 7_і – елементи з'єднувальні та опорно-поворотні; 8_і – елементи керування. Якщо в конструкції міститься кілька ідентичних конструктивних елементів, то їх кількість доцільно записати відповідним степенем, наприклад: два гвинтових робочих органи – $(4_{12})^2$, а якщо міститься кілька різних конструктивних елементів одного виду, то їх доцільно записати таким чином: дві муфти (запобіжна і пружна) – $(3_7 \cup 3_{392})$. Приклад компоновання ГКРТМ зображено на схемі (рис. 1).

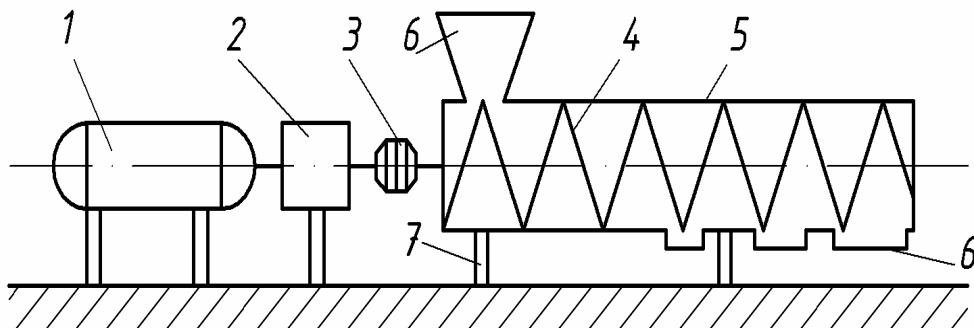


Рисунок 1. Компоновальна схема ГКРТМ: АБВГДЕ12345(6)³78_і

Figure 1. Layout chart of SCETP АБВГДЕ12345(6)³78_і

Для ефективного виконання процесів, які реалізуються ГКРТМ, необхідно проводити адекватний підбір базових елементів цих конструкцій, до яких відносяться гвинтові робочі органи (ГРО) та імпульсні запобіжні муфти (ЗМ). Генерацію цих елементів доцільно проводити шляхом структурно-схемного синтезу із застосуванням морфологічного аналізу [9–12]. Даний метод аналізу на четвертому етапі [10] передбачає синтез варіантів об'єкта, що на основі складеної морфологічної матриці дає

можливість отримати повну кількість рішень: $N = \prod_{j=1}^n K_j$.

Проте кількість отриманих варіантів у результаті такого синтезу є дуже значною, що утруднює пошук найраціональніших рішень. Тому даний метод доцільно

вдосконалити шляхом розчленування загальної задачі на часткові та проводити пошук раціонального рішення у часткових областях пошуку з подальшим їх компонуванням. Будь-яку механічну систему можна розділити на певну кількість ієрархічних рівнів (як правило 3) з віднесенням до кожного окремих конструктивних елементів системи. 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 необхідні для роботи механічної системи, але не мають впливу на реалізацію технологічного процесу (елементи третього порядку). Ці конструктивні елементи при компонуванні механічної системи слід вибирати, в першу чергу, виходячи із економічної доцільності (їх ціни та вартості експлуатації).

При проведенні синтезу механічних систем і генеруванні відповідної кількості альтернатив пропонованим удосконаленим методом («Метод синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу») слід відходити від традиційного генерування значної кількості альтернатив і створювати нові конструктивні рішення шляхом перебору альтернатив на окремих ієрархічних рівнях або й у межах окремих конструктивних елементів, починаючи з вищих рівнів, а далі до вибраних на цих рівнях конструктивних рішень добирати можливі альтернативні варіанти конструктивних елементів з нижчих рівнів.

Для прикладу розглянемо схему ГКРТМ, зображену на рис. 1. До першої ієрархічної групи слід віднести конструктивні елементи 4 (гвинт) і 5 (жолоб); до другої – конструктивні елементи 3 (муфта пружно-запобіжна) і 6 (елементи завантаження, пересипу і розвантаження); до третьої – конструктивні елементи 1 (двигун), 2 (редуктор) і 7 (елементи опорні). В загальному модель даної механічної системи можна зобразити на рисунку 2. Якщо при синтезі альтернативних варіантів даної системи приймається по $i = 5$ видів конструктивних елементів, то при використанні традиційного методу морфологічного аналізу кількість альтернатив становитиме

$N = \prod_{j=1}^n K_j = 78125$ варіантів, а при використанні запропонованого вдосконаленого методу (метод синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу) кількість варіантів визначатимемо за формулою

$$N_{IT} = \sum_{z=1}^l \prod_{i=1}^m K_i . \quad (1)$$

Кількість варіантів становитиме $N_{IT} = \sum_{z=1}^l \prod_{i=1}^m K_i = 5 \cdot 5 + 5 \cdot 5 + 5 \cdot 5 \cdot 5 = 175$, що значно полегшує перебір альтернатив і пошук найкращих.

Крім того, метод синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу можна використати і для синтезу окремих груп механізмів у рамках одного типу конструктивних елементів певної ієрархічної групи. Наприклад, можна синтезувати загалом імпульсні запобіжні муфти (кулачкові, кулькові, роликові) методом морфологічного аналізу, а можна здійснювати синтез окремих типів цих муфт у межах групи, що представлено нижче.

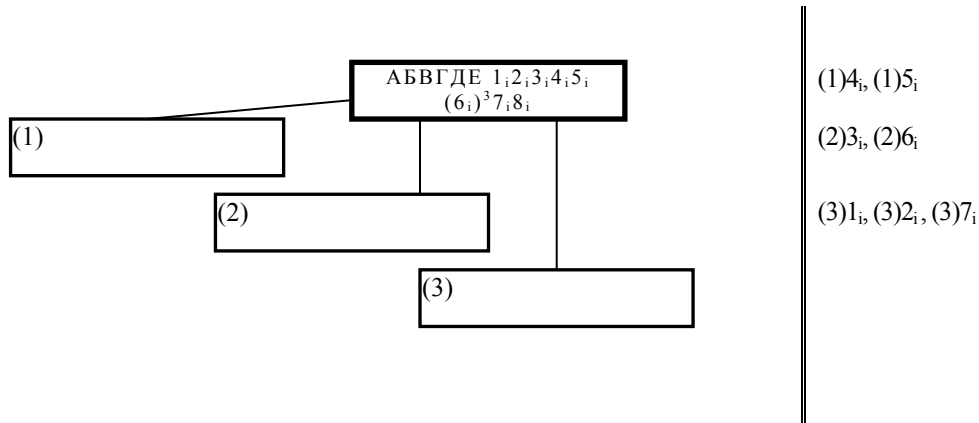


Рисунок 2. Модель механічної системи гвинтових конвеєрів з розширеними технологічними можливостями: (1) – перший ієрархічний рівень; (2) – другий ієрархічний рівень; (3) – третій ієрархічний рівень

Figure 2. Model of the mechanical system «Spiral conveyer with the improved technological possibilities»: (1) – first hierarchical level; (2) – second hierarchical level; (3) – third hierarchical level

Для синтезу ЗМ складена морфологічна матриця (табл. 1), яка містить у собі обмежену кількість елементів імпульсних ЗМ та зв'язків між ними, що представляють основні конструктивні ознаки ЗМ (рис. 3). До складу стовпців внесено альтернативи кожної ознаки без критичного аналізу. Основними елементами ЗМ визначено (рис. 2): 1 – ведуча півмуфта; 2 – елемент зачеплення; 3 – ведена півмуфта; 4 – пружний елемент; 5 – гайка; 6 – демпфер. Обрані такі основні морфологічні ознаки ЗМ: ведуча та ведена півмуфти, елемент зачеплення, демпфер, пружний елемент, сприйняття навантаження, гайка.

Склад морфологічної матриці (табл. 1) може розширюватися за рахунок нових альтернатив кожної ознаки конструктивних елементів, а при появі нової інформації – за рахунок додаткових ознак. Представлений варіант морфологічної моделі отримано внаслідок виділення функціонально-важливих елементів з метою усунення несуттєвої інформації, що ускладнює вибір корисної.

Таблиця 1. Морфологічна таблиця конструктивних елементів ЗМ

1. Ведуча півмуфта (торцева поверхня)	2. Ведена півмуфта (торцева поверхня)	Елемент зачеплення		Демпфер		Пружинний елемент		9. Спрійняття навантаження	Гайка	
		3. Виконання	4. Кількість елементів зачеплення	5. Виконання	6. Кількість	7. Виконання	8. Кількість		10. Виконання	11. Кількість
1.1.3 отворами під елементи зачеплення	2.1.3 лунками під елементи зачеплення	3.1. Кулічок 3.2. Куліка 3.3. Палець конусоподібний	4.1. Три 4.2. Чотири 4.3. П'ять 4.4. Шість 4.5. Сім 4.6. Вісім 4.7. Десять 4.8. Десять 4.9. Одннадцять 4.10. Дванадцять 4.11. Тринадцять 4.12. Чотирнадцять 4.13. П'ятнадцять 4.14. Шестнадцять	5.1. Втулка (диск) зпильськими 5.2. Втулка (диск) згуми 5.3. Тарічаста пружина 5.4. Пневмокамера	6.1. Один 6.2. Два 6.3. Три 6.4. Чотири 6.5. П'ять 6.6. Шість 6.7. Невже 6.8. Комбініція	7.1. Циліндрична пружина 7.2. Спиральна пружина 7.3. Кольова пружина 7.4. Г-подібна пружина 7.5. Тарічаста пружина	8.1. Один 8.2. Два 8.3. Три 8.4. Чотири 8.5. П'ять 8.6. Шість 8.7. Комбініція	9.1. Осьове 9.2. Радіальне 9.3. Осьове і радіальне	10.1. Проста 10.2. Стопорна	11.1. Одина 11.2. Два 11.3. Комбініція
1.2.3 отворами під елементи зачеплення	2.2. Згвоздями під елементи зачеплення	3.4. Ролік 3.5. Сепаратор з кульками 3.6. Сепаратор з роліками 3.7. Комбініція								
1.3.3 вкнутими елементи зачеплення	2.3.3 лунками під елементи зачеплення									
1.4.3 лунками під елементи зачеплення	2.4.3 отворами зачеплення під елементи зачеплення									
1.5. Комбініція	2.5.3 вкнутими елементи зачеплення									
	2.6. Комбініція									

Морфологічна модель ЗМ також представлена у вигляді морфологічної матриці (2), що утворюються шляхом числового позначення відповідних альтернатив, розміщених у стовпцях морфологічної таблиці

$$M_{ЗМ} = \begin{array}{c} \left| \begin{array}{c} 1.1 \\ 1.2 \\ 1.3 \\ 1.4 \\ 1.5 \end{array} \right| \cap \left| \begin{array}{c} 2.1 \\ 2.2 \\ 2.3 \\ 2.4 \\ 2.5 \\ 2.6 \end{array} \right| \cap \left| \begin{array}{c} 3.1 \\ 3.2 \\ 3.3 \\ 3.4 \\ 3.5 \\ 3.6 \\ 3.7 \end{array} \right| \cap \left| \begin{array}{c} 4.1 \\ 4.2 \\ 4.3 \\ 4.4 \\ 4.5 \\ 4.6 \\ 4.7 \\ 4.8 \\ 4.9 \\ 4.10 \\ 4.11 \\ 4.12 \\ 4.13 \\ 4.14 \end{array} \right| \cap \left| \begin{array}{cc} 5.1 & 6.1 \\ 5.2 & 6.2 \\ 5.3 & 6.3 \\ 5.4 & 6.4 \end{array} \right| \cap \left| \begin{array}{cc} 6.1 & 8.1 \\ 6.2 & 8.2 \\ 6.3 & 8.3 \\ 6.4 & 8.4 \\ 6.5 & 8.5 \\ 6.6 & 8.6 \\ 6.7 & 8.7 \\ 6.8 & \end{array} \right| \cap \left| \begin{array}{cc} 7.1 & 8.1 \\ 7.2 & 8.2 \\ 7.3 & 8.3 \\ 7.4 & 8.4 \\ 7.5 & 8.5 \\ 7.6 & 8.6 \\ 7.7 & 8.7 \end{array} \right| \cap \left| \begin{array}{c} 9.1 \\ 9.2 \\ 9.3 \end{array} \right| \cap \left| \begin{array}{cc} 10.1 & 11.1 \\ 10.2 & 11.2 \\ 10.3 & 11.3 \end{array} \right| \end{array} \quad (2)$$

Загальна кількість варіантів конструктивних виконань ЗМ, що входять до морфологічної матриці, є дуже великою. $N_{ЗП} = \prod_{j=1}^n K_j = 59270400$ і важко піддається повному перебору та вимагає багато часу для вибору найкращих рішень.

Для отримання імпульсних ЗМ окремих типів (кулачкових, кулькових, роликів) необхідно спрощення матриці і доцільно обмежити кількість видів виконання конструктивних елементів та виділити найсуттєвіші. При цьому отримуємо скорочені матриці.

Морфологічна матриця кулачкових ЗМ

$$M_{ЗМк} = \left| \begin{array}{c} 1.3 \\ 1.4 \\ 1.5 \end{array} \right| \cap \left| \begin{array}{c} 2.5 \\ 2.6 \end{array} \right| \cap \left| \begin{array}{c} 3.1 \\ 3.2 \\ 3.3 \\ 3.4 \\ 3.5 \\ 3.6 \\ 3.7 \end{array} \right| \cap \left| \begin{array}{c} 4.1 \\ 4.4 \\ 4.6 \\ 4.7 \\ 4.10 \end{array} \right| \cap \left| \begin{array}{cc} 5.1 & 6.1 \\ 5.2 & 6.2 \\ 5.3 & 6.3 \\ 5.4 & 6.4 \end{array} \right| \cap \left| \begin{array}{cc} 7.1 & 8.1 \\ 7.2 & 8.2 \\ 7.3 & 8.3 \\ 7.4 & 8.4 \\ 7.5 & 8.5 \end{array} \right| \cap \left| \begin{array}{c} 9.1 \\ 9.2 \\ 9.3 \end{array} \right| \cap \left| \begin{array}{cc} 10.1 & 11.1 \\ 10.2 & 11.2 \end{array} \right| \quad (3)$$

Згідно зі скороченою морфологічною матрицею (3) загальна кількістю можливих варіантів кулачкових ЗМ становить $N_{ЗПк} = 1600$, що значно менше, ніж для першого варіанта.

Морфологічна матриця кулькових низькочастотних ЗМ (з пазами на торцевих поверхнях півмуфт)

$$M_{3Mn} = |1.2| \cap \begin{vmatrix} 2.1 \\ 2.2 \\ 2.3 \end{vmatrix} \cap \begin{vmatrix} 3.2 \\ 3.4 \\ 3.7 \end{vmatrix} \cap \begin{vmatrix} 4.2 \\ 4.5 \end{vmatrix} \cap \begin{vmatrix} 5.1 \\ 5.2 \\ 5.3 \\ 5.4 \end{vmatrix} \cap \begin{vmatrix} 6.1 \\ 6.2 \\ 6.3 \\ 6.7 \\ 6.8 \end{vmatrix} \cap \begin{vmatrix} 7.1 \\ 7.2 \\ 7.3 \\ 7.4 \\ 7.5 \end{vmatrix} \cap \begin{vmatrix} 8.1 \\ 8.2 \\ 8.3 \\ 8.7 \end{vmatrix} \cap \begin{vmatrix} 9.1 \\ 9.2 \\ 9.3 \end{vmatrix} \cap |10.1 \quad 11.2|. \quad (4)$$

Згідно зі скороченою морфологічною матрицею (4) загальна кількість можливих варіантів кулькових низькочастотних ЗМ становить $N_{3Mn} = 21600$, що також є менше, ніж для першого варіанта.

Серед різних варіантів синтезованих схем ЗМ, що мають покращені експлуатаційні характеристики, шляхом експертного оцінювання обрано понад 20. Окремі конструктивні схеми, які реалізовані у відповідних конструкціях і захищені патентами України, зображено на рис. 3.

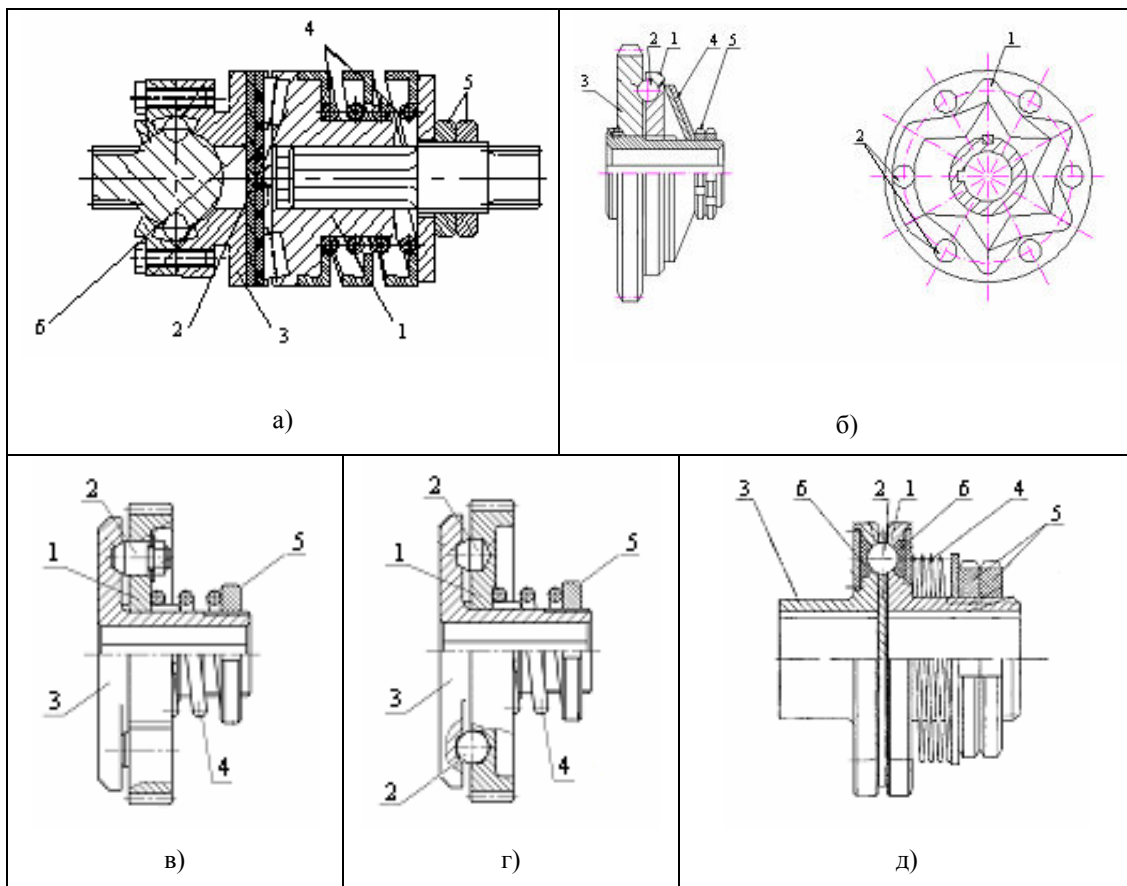


Рисунок 3. Синтезовані конструкції запобіжних муфт: а) роликів запобіжно-компенсуюча (д. п. України №43170А [13]); б) низькочастотна кулькова (д. п. України №4284 [14]); в) з конусоподібними елементами зачеплення (д. п. України №34510 [15]); г) з різними елементами зачеплення (д. п. України №35922 [16]); д) кулькова запобіжно-компенсуюча (д. п. України №10251 [17]); 1 – ведуча півмуфта; 2 – елемент зачеплення; 3 – ведена півмуфта; 4 – пружний елемент; 5 – гайка; 6 – демпфер

Figure 3. Synthesized constructions of safety clutches: a) roller safety compensating (pat. Ukraine M43170A [13]); b) low frequency ball-shaped (pat. Ukraine M4284 [14]); c) with the cone-shaped elements of clutch (pat. Ukraine JN234510 [15]); d) with the different elements clutch (pat. Ukraine M35922 [16]); e) ball-shaped safety compensating (pat. Ukraine № 10251 [17]); 1 – driving half-clutch; 2 – clutch element; 3 – driven half-clutch; 4 – elastic element; 5 – nut; 6 – damper

Морфологічні формули синтезованих схем ЗМ, представлених на рис. 3

$$M_{3M1} = |1.1| \cap |2.5| \cap |3.4 \quad 4.2| \cap |5.2 \quad 6.1| \cap \begin{matrix} 7.1 \\ 7.4 \end{matrix} \quad 8.1| \cap |9.1| \cap |10.1 \quad 11.2|. \text{ (рис. 3а);}$$

$$M_{3M2} = |1.2| \cap |2.1| \cap |3.2 \quad 4.4| \cap | \quad 6.7| \cap |7.5 \quad 8.2| \cap |9.1| \cap |10.1 \quad 11.2|. \text{ (рис. 3б);}$$

$$M_{3M3} = |1.1| \cap |2.1| \cap |3.3 \quad 4.4| \cap | \quad 6.7| \cap |7.1 \quad 8.1| \cap |9.1| \cap |10.2 \quad 11.1|. \text{ (рис. 3в);}$$

$$M_{3M4} = |1.1| \cap |2.1| \cap \begin{matrix} 3.2 \\ 3.3 \end{matrix} \quad 4.4| \cap | \quad 6.7| \cap |7.1 \quad 8.1| \cap |9.1| \cap |10.2 \quad 11.1|. \text{ (рис. 3г);}$$

$$M_{3M5} = |1.4| \cap |2.1| \cap |3.5 \quad 4.4| \cap |5.2 \quad 6.2| \cap |7.1 \quad 8.1| \cap |9.1| \cap |10.1 \quad 11.2|. \text{ (рис. 3д).}$$

Для синтезу ГРО складена морфологічна матриця (табл. 2), яка містить у собі обмежену кількість варіантів конструкцій гвинтів (рис. 4) та варіантів конструкцій з'єднань гвинтів (рис. 5), що представляють основні конструктивні ознаки ГРО. До складу стовпців внесено альтернативи кожної ознаки без критичного аналізу. Обрані наступні основні морфологічні ознаки ГРО: жорсткий шнек, гнучкий секційний шнек, гнучкий суцільний шнек, з'єднання шнека.

Таблиця 2. Морфологічна таблиця конструктивних елементів ГРО

Конструкції гвинтів				Конструкції з'єднань	
1. Жорсткі	2. Гнучкі секційні	3. Гнучкі суцільні	4. Кількість	5. Виконання	6. Кількість
1.1. Жорсткий 1.2. Широкопо- лосний	2.1. Секційний карданний 2.2. Секційний шарнірний 2.3. Секційний лопатевий	3.1. Спиральний 3.2. Гофрований 3.3. Г-подібний 3.4. Пружинний 3.5. Суцільний з гнучким валом і втулками 3.6. Суцільний з пластмасовими втулками 3.7. Суцільний з гнучким валом	4.1. Один 4.2. Два 4.3. Три 4.4. Комбінація 4.5. Значна кількість	5.1. Зубчасте 5.2. Заклепкове 5.3. Зварне 5.4. Болтове 5.5. Пальцеве 5.6. Із внутрішнім з'єднанням секцій 5.7. Із зовнішнім з'єднанням секцій 5.8. Із внутрішнім та зовнішнім з'єднаннями секцій	6.1. Одне 6.2. Два 6.3. Три 6.4. Значна кількість 6.5. Комбінація 6.6. Немає

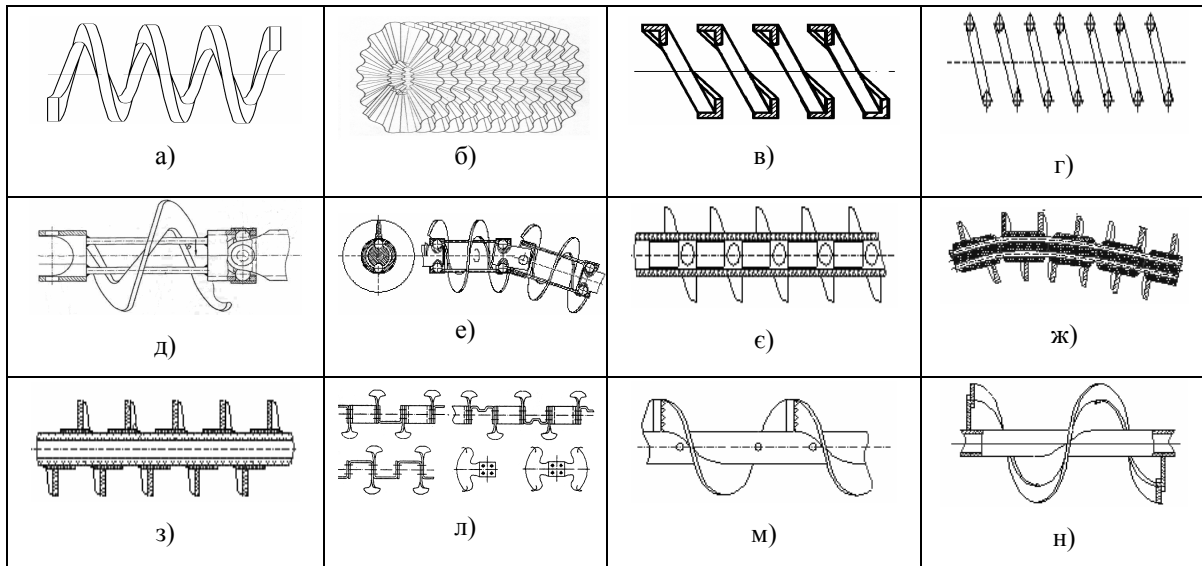


Рисунок 4. Варіанти конструкцій гвинтів:

- а) спіральний; б) гофрований; в) г-подібний; г) пружинний; д) секційний карданний; е) секційний шарнірний; е) суцільний з гнучким валом і втулками; ж) суцільний з пластмасовими втулками; з) суцільний з гнучким валом; л) секційний лопатевий; м) жорсткий; н) широкополосний

Figure 4. Screw construction variants

- a) spiral; b) corrugated; c) r-type; d) spring; e) sectional shaft; f) sectional joint; g) continuous with a flexible billow and hobs; i) continuous with plastic hobs; j) continuous with a flexible billow; l) sectional blade; m) rigid; n) from a wide bar

Склад морфологічної матриці (табл. 2) може розширюватися за рахунок нових альтернатив кожної ознаки конструктивних елементів ГРО, а при появі нової інформації – за рахунок додаткових ознак ГРО. Представлений варіант морфологічної моделі отримано внаслідок виділення функціонально-важливих елементів ГРО з метою усунення несуттєвої інформації.

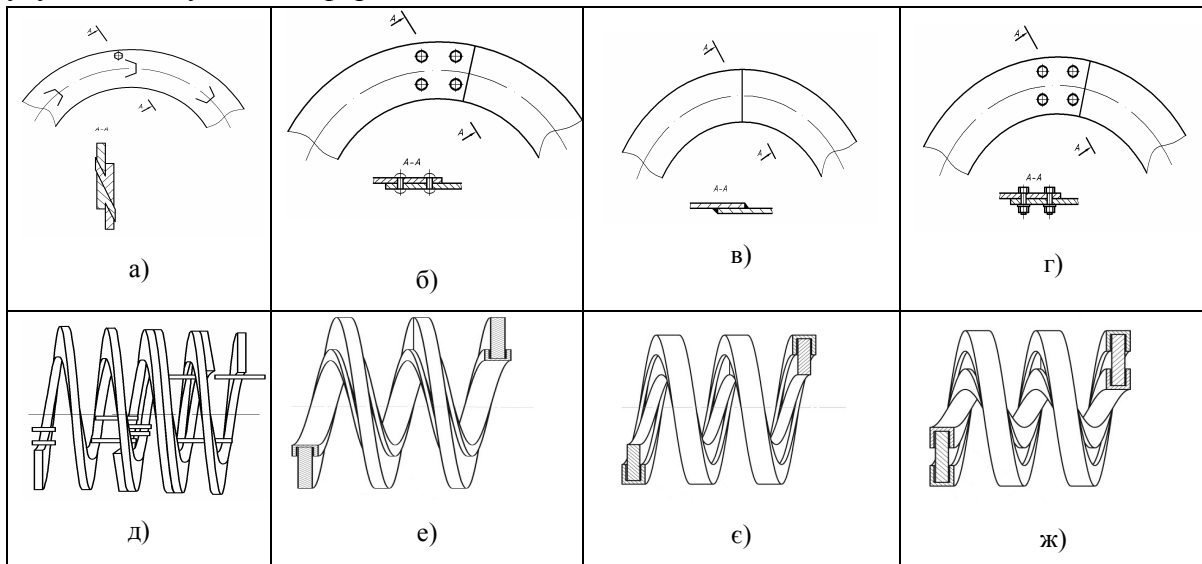


Рисунок 5. Варіанти конструкцій з'єднань гвинтів:

- а) зубчасте; б) заклепкове; в) зварне; г) болтове; д) пальцеве; е) із внутрішнім з'єднанням секцій; е) із зовнішнім з'єднанням секцій; ж) із внутрішнім та зовнішнім з'єднаннями секцій

Figure 5. Construction variants of screws connections:

- a) tooth; b) reverted; c) welded; d) screw-bolt; e) pin; f) with inside cection connection of; g) with outside section connection; i) with inside and outside sections connection

Морфологічна модель ГРО також представлена у вигляді морфологічної матриці (5), що утворюються шляхом числового позначення відповідних альтернатив розміщених у стовпцях морфологічної таблиці:

$$M_{ГРО} = \left(\begin{array}{cccc|cc} & & & & 5.1 & \\ & & & & 5.2 & 6.1 \\ & & & & 5.3 & 6.2 \\ & & & & 5.4 & 6.3 \\ & & & & 5.5 & 6.4 \\ & & & & 5.6 & 6.5 \\ & & & & 5.7 & 6.6 \\ & & & & 5.8 & \\ & & & & & \end{array} \right) \quad (5)$$

Загальна кількість варіантів конструктивних виконань ГРО, що входять до морфологічної матриці, є дуже великою $N_{ГРО} = (\sum_{j=1}^n K_j)!$ і важко піддається повному перебору та вимагає багато часу для вибору найкращих рішень. Крім того, одних і тих же секцій гвинта може бути кілька, що ще більше ускладнить прийняття рішення. Тому вибір варіанта конструкції ГРО залежатиме, у першу чергу, від характеру виконання транспортно-технологічного процесу і навантаження на гвинт. Генерування альтернативних ГРО слід здійснювати шляхом генерування окремих конструктивних елементів і їх комбінування. В результаті синтезу, виходячи з необхідності забезпечення проектування рівномісних спіралей залежно від характеру навантаження, можна згенерувати значну кількість працездатних конструкцій альтернативних варіантів ГРО (рис. 6), використовуючи як певне обмеження принцип компонування конструктивних елементів ГРО у порядку зростання чи зменшення їх жорсткостей. У цьому випадку кількість синтезованих конструкцій ГРО різко зменшиться.

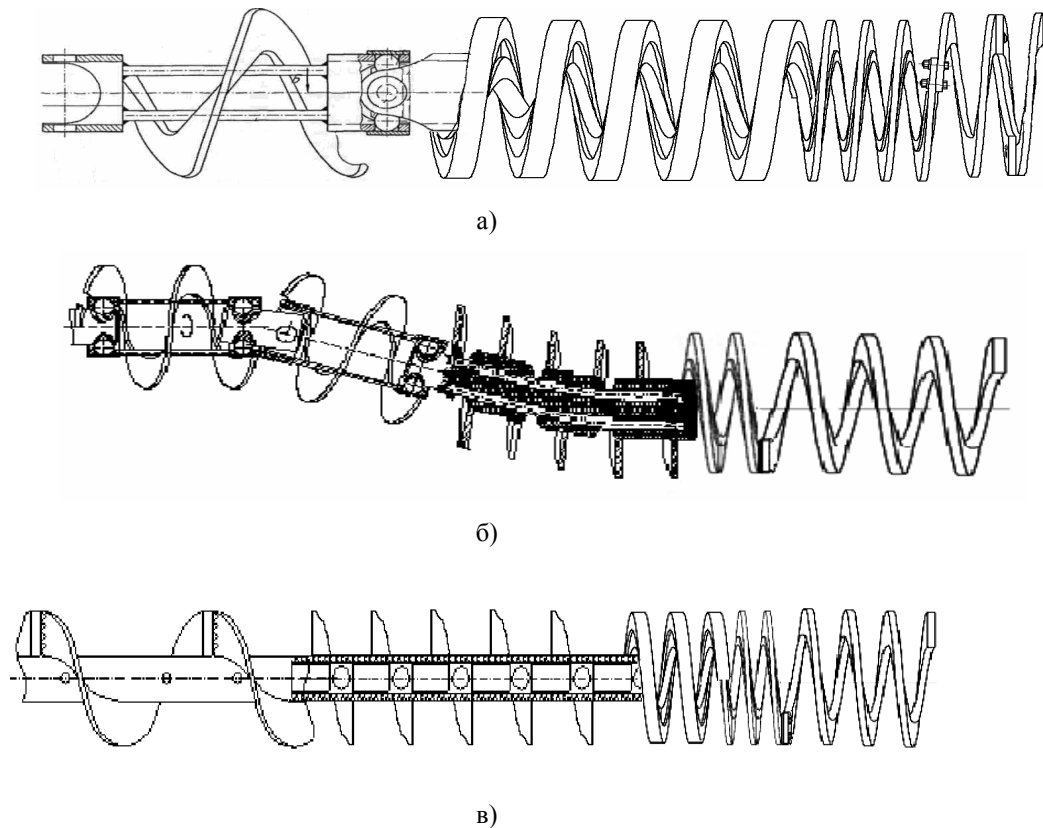


Рисунок 6. Приклади синтезованих шнеків:

а) підвищеної жорсткості; б) середньої жорсткості; в) високої жорсткості

Figure 6. Examples of synthesized screws: a) uprated rigidity; b) medium rigidity; c) high rigidity

Морфологічні формули синтезованих схем ГРО зображені на рис. 5:

$$M_{ГРО1} = |2.1 \quad 5.8 \quad 3.1 \quad 5.4 \quad 3.1 \quad 5.2 \quad 3.1|. \text{ (рис. 6.а);}$$

$$M_{ГРО2} = |2.2 \quad 3.6 \quad 3.1 \quad 5.1 \quad 3.1|. \text{ (рис. 6.б);}$$

$$M_{ГРО3} = |1.1 \quad 3.5 \quad 5.6 \quad 3.1 \quad 5.1 \quad 3.1|. \text{ (рис. 6.в).}$$

Використовуючи розроблену систему кодування, компоувальна схема ГКРТМ, яка зображена на рис. 1, АБВГДЕ 1_i2_i3_i4_i5_i (6_i)³7_i8_i, при використанні в механізмі конструкції синтезованої ЗМ, що зображена на рис. 3д, і конструкції синтезованого ГРО, який зображено на рис. 6в, набуде вигляду

$$\text{АБВГДЕ}1_12_13_1|1.4|2_1|3.5 \quad 4.4|5.2 \quad 6.2|7.1 \quad 8.1|9.1|10.1 \quad 11.2^4|1.1 \quad 3.5 \quad 5.6 \quad 3.1 \quad 5.1 \quad 3.1|5_1(6_1)^37_18_1$$

Розроблена система кодування і синтезу конструктивних елементів ГКРТМ дозволяє при використанні відповідного програмного забезпечення (САПР) і встановлених обмежень розробляти і відбирати найбільш працездатні конструкції конвеєрів, які за мінімальних витрат можуть забезпечувати високоякісне виконання покладених на них транспортно-технологічних процесів.

Висновки. Проведено структурний синтез імпульсних запобіжних муфт (кулачкових, кулькових, роликівих) методом морфологічного аналізу з покращеними техніко-економічними характеристиками і вибрано та запатентовано ряд конкурентоздатних конструкцій. Проведено структурний синтез шнеків методом

морфологічного аналізу і вибрано ряд конструкцій з покращеними техніко-економічними характеристиками. Розроблено систему кодування і синтезу конструктивних елементів гвинтових конвеєрів з розширеними технологічними можливостями, що дозволяє при встановленні відповідних обмежень і використанні програмного забезпечення розробити і відібрати конкурентноздатні конструкції запобіжних муфт і шнеків, які забезпечують якісне і продуктивне виконання технологічних процесів.

Conclusions. The structural synthesis impulsive safety clutches (fist, ball-shaped, roller) is done by the method of morphological analysis with improving technical and economic descriptions and the row of competitive constructions is chosen and patented. The structural synthesis of screws is done by the method of morphological analysis and the row of constructions is chosen with improving technical and economic descriptions. The system of code and synthesis of structural elements of spiral conveyers is developed with the extended technological possibilities, that allows at establishment of the proper limitations and the use of software for developing and take away the competitive constructions of preventive clutch and spirals which provide high-quality and productive implementation of technological processes.

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. Рогатинский. – 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. Тепинкевич. – 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. Половинкин, А.И. Основы инженерного творчества: учеб. пособие для студентов вузов. [Текст] / А.И. Половинкин. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.
10. Кузнецов, Ю.М. Теорія технічних систем [Текст] / Ю.М. Кузнецов, І.В. Луців, С.А. Дубиняк. – Київ-Тернопіль, 1997. – 310 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. Кіндрацький, Б.І. Рациональне проектування машинобудівних конструкцій: монографія [Текст] / Б.І. Кіндрацький, Г.Т. Сулим. – Львів: КІНПАТРІ ЛТД, 2003. – 280 с.
13. Патент №43170А України. Запобіжна муфта [Текст] / Р.В. Комар, І.Б. Гевко, В.В. Камишанов. – Опубл. 15.01.2001, Бюл. №10.
14. Патент №4284 України. Низькочастотна запобіжна муфта [Текст] / І.Б. Гевко. – Опубл. 17.01.2005р., Бюл. №1.
15. Патент №34510 України. Запобіжна муфта [Текст] / Р.В. Комар, І.Б. Гевко, А.В. Матвійчук. – Опубл. 11.08.2008, Бюл. №15.

16. Патент №35922 України. Запобіжна муфта [Текст] / Р.В. Комар, І.Б. Гевко, А.В. Матвійчук. – Оpubл. 10.10.2008, Бюл. №19.
17. Патент №10251 України. Запобіжна кулькова муфта [Текст] / І.Б. Гевко, В.Б. Левенець, І.Я. Новосяд. – Оpubл. 15.11.2005, Бюл. №11.

Отримано 15.08.2012