

10.Гевко, Р.Б. Результати експериментальних досліджень кулькового запобіжного пристрою шнекового транспортера [Текст] / Р.Б. Гевко, О.М. Клендій // Вісник інженерної академії України. – 2014. – № 3 – 4. – С. 236 – 241.

Отримано 02.10.2015

УДК 621 7.043

Іван Гевко, докт. техн. наук, Олег Катрич

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

СИНТЕЗ СПОСОБІВ НАВИВАННЯ ГВИНТОВИХ ЗАГОТОВОК

***Резюме.** Висвітлено синтез нових способів навивання гвинтових заготовок методом ієрархічного групування за допомогою морфологічного аналізу. Проаналізовано основні способи навивання циліндричних і профільних гвинтових заготовок. Для пошуку нових ідей зі створення прогресивних способів навивання спіралей шнеків використано метод синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу, в результаті чого отримано 32 варіанти рішень. Використовуючи даний метод синтезу, розроблено два способи навивання гвинтових заготовок по зовнішній поверхні цільним пакетом та на крок, на які отримано патент на корисну модель та позитивне рішення про видачу деклараційного патенту на корисну модель. У порівнянні з традиційними способами даний технологічний процес навивання гвинтових заготовок по зовнішній поверхні є менш енергомісткий, забезпечує поверхневий наклеп на торці шнека та значно підвищує продуктивність праці за рахунок суміщення основного часу на навивання та калібрування.*

***Ключові слова:** гвинтові заготовки, морфологічний аналіз, синтез ієрархічних груп, навивання, метод синтезу, формоутворення, профільні спіралі шнеків.*

Ivan Gevko, Oleh Katrych

SYNTHESIS OF THE SPIRAL PIECES COILING METHODS

***Summary.** The design of the spiral pieces coiling methods with technological possibilities and minimum energy expenses has been developed. The calculations of the desing spiral pieces options have been presented taking advantage of the morphological analysis method. The morphological model, design characteristics of the coiling process of the spiral pieces are presented as the morphological matrix. Determination of the options number of the spiral pieces design, which the matrix includes and application of the combination method of the hierarchy group synthesis was carried out taking advantage of the morphological analysis. To find new ideas and create advanced methods of screw spirals coiling it is worth using the conventional method of morphological analysis, which makes possible to obtain the complete number of solutions and their advanced option the method of hierarchy groups synthesis using morphological analysis which deals with the generation of options at separate hierarchy levels or within separate design elements starting with the higher ones, which provides obtaining the most reasonable design solutions which save expenses, force and time. The goal of construction characteristics and pieces of the spiral coiling is to obtain the design with improved engineering-economic characteristics taking advantage of the hierarchy grouping method using morphological analysis. With this purpose Table 1 includes design characteristics and necessary element, which are used while spiral pieces coiling, the number of rolls and their location relatively the mandrel type, mandrel material, pieces shape pieces feeding in particular, as well as some characteristics of the coiling process, that is, the package density and the number of coiled pieces.*

***Key words:** screw blanks, morphological analysis, synthesis of hierarchical groups, coiling method of synthesis, morphogenesis, profile spirals screw.*

Умовні позначення

n – характеристика;

K_j – число альтернатив характеристики;
 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.

Постановка проблеми. Однією з умов ефективності вітчизняної економіки є подальший розвиток машинобудування, який сприяє зростанню продуктивності праці, підвищенню ефективності виробництва, покращенню якості продукції. Це, в свою чергу, вимагає нових підходів до створення та використання прогресивних технологій. Не зважаючи на значну кількість наукових праць, які присвячені способам навивання гвинтових заготовок, рівень технологічного забезпечення для їх виготовлення залишається низьким, а наукова база для його створення не завжди відповідає сучасним вимогам за матеріало- та енергоємністю. Підвищені вимоги до конструктивно-технологічних параметрів гвинтових заготовок, їх якості, надійності та довговічності потребують глибокого аналізу існуючих та пошуку нових способів їх виготовлення. Тому розроблення нових прогресивних способів навивання гвинтових заготовок дає можливість ефективно застосовувати у виробництві механізми з високими якісними характеристиками і сприяє підвищенню продуктивності праці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розробленням і дослідженням різних способів навивання гвинтових заготовок займалися Б.М. Гевко [5, 6, 13, 18], М.І. Пилипець [13, 16], Р.М. Рогатинський [6, 13], В.В. Васильків [4], О.Л. Ляшук [12, 18], А.П. Драган [7], А.Є. Дячун [8], Chris Torres [19] та інші. Синтезу та обґрунтуванню технічних рішень у машинобудуванні присвячені праці А.В. Андрейчикова [2] Г.С. Альтшуллера [1], В.В. Васильківа [3], Б.М. Кіндрацького [9], Ю.М. Кузнецова [10], В.М. Курейчика [11] та ін. Проте більшість розроблених методів синтезу є або надто складною для використання в повсякденній практиці, або генерують невиправдано велику кількість ідей, що значно ускладнює процес вибору найраціональніших. Тому питанню синтезу нових способів навивання гвинтових заготовок на даний час недостатньо приділено уваги, що дає підґрунтя для подальшого дослідження.

Мета статті – синтез нових способів навивання гвинтових заготовок методом ієрархічного групування за допомогою морфологічного аналізу.

Реалізація роботи. Сучасна теорія і практика формоутворення гвинтових заготовок (ГЗ) навиванням пропонує основні способи навивання шляхом підтискання полоси роликом до оправки. Ці способи є різноманітні й відрізняються розташуванням ролика відносно оправки та розташуванням полоси відносно ролика й оправки. На рисунку 1 представлені типові способи навивання ГЗ з різною подачею смуги та різним розташуванням притискного ролика. В перших трьох випадках (рис. 1а – рис. 1в) [4] навивання відбувається щільним пакетом, а в останньому варіанті (рис. 1г.) представлено схему навивання полоси на крок.

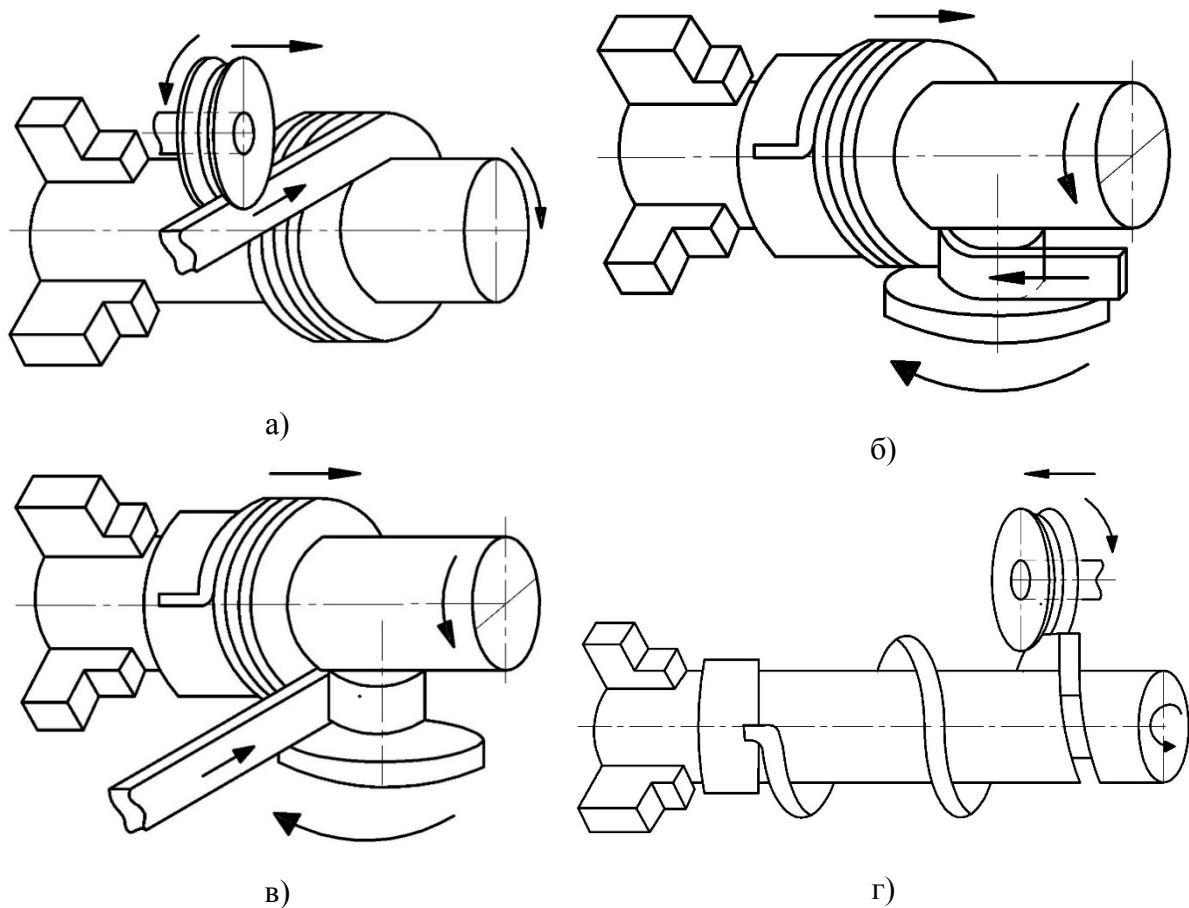
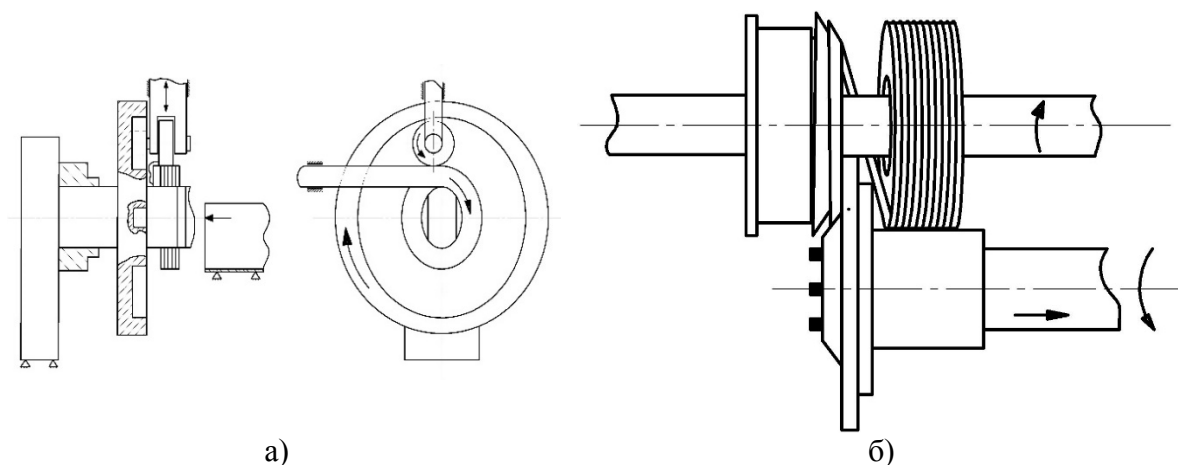


Рисунок 1. Типові способи навівання гвинтових заготовок

Figure 1. Typical methods of the spiral pieces coiling

Також на сьогодні розроблено ряд сучасних способів формоутворення різнопрофільних спіралей шнеків, виготовлення яких проходить з допомогою різноманітного формувального інструменту (рис. 2). На даних схемах показано різновиди навівання гвинтових заготовок із використанням спеціального формувального інструменту, а саме, навівання спіралі еліпсоподібного профілю (рис. 2а), формування спіралі з відігнутим зовнішнім контуром (рис. 2б), гвинтових заготовок L-подібного або П-подібного профілю (рис. 2в) та навівання конусної спіралі на конусну оправку (рис. 2г).



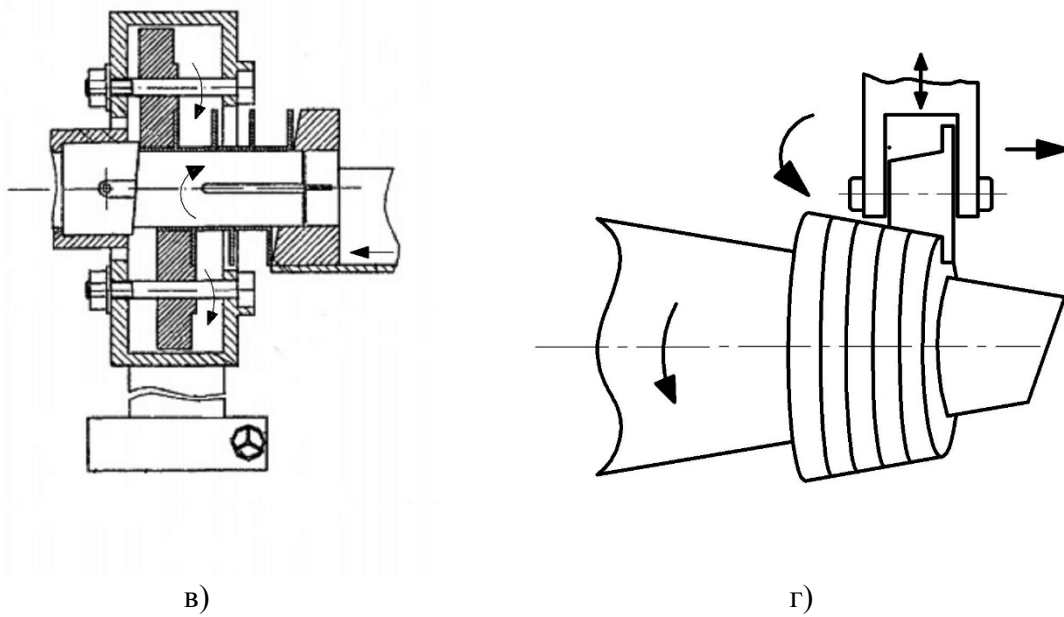









Рисунок 2. Сучасні способи формоутворення профільних спіралей шнеків

Figure 2. Modern methods of the screw profile spirals shaping

Для пошуку нових ідей зі створення прогресивних способів навивання спіралей шнеків доцільно використовувати відомий метод морфологічного аналізу [10], що дає можливість отримати повну кількість рішень, та його модифікований варіант: метод синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу, який передбачає проведення генерації альтернатив на окремих ієрархічних рівнях, або й у межах окремих конструктивних елементів, починаючи з вищих рівнів, що забезпечує отримання найраціональніших конструктивних рішень при економії витрат, зусиль та часу [14]. Метою проведення синтезу конструктивних ознак та елементів процесу навивання гвинтових заготовок є отримання конструкцій з покращеними техніко-економічними характеристиками методом ієрархічного групування за допомогою морфологічного аналізу. Для цього в таблицю 1 включено конструктивні ознаки та необхідні елементи, що використовуються при навиванні гвинтових заготовок. Зокрема такі, як кількість роликів і їх розташування відносно оправки, вид оправки, матеріал заготовки, форма заготовки, подача заготовки, а також окремі ознаки процесу навивання, а саме, щільність пакета й кількість навитих заготовок.

Таблиця 1
Морфологічна таблиця конструктивних ознак та елементів процесу навивання гвинтових заготовок

1. Розташування ролика	2. Кількість роликів	Окремі ознаки процесу навивання				7. Матеріали заготовок	8. Форма заготовки	9. Подача заготовки
		3. Вид оправки	4. Форма оправки	5. Щільність пакету	6. Кількість навитих заготовок			
1.1. Перпендикулярне до оправки	2.1. Один	3.1. Для навивання по внутрішній поверхні	4.1. З циліндричною поверхнею	5.1. Щільним пакетом	6.1. Одна	7.1. Стальна полоса	8.1. Трапецеїдална 	9.1. Перпендикулярна до руху навивки навивної заготовки
1.2. Паралельне до оправки	2.2. Два	3.2. Для навивання по зовнішній поверхні	4.2. З квадратною поверхнею	5.2. На відповідний крок	6.2. Дві	7.2. Полоса зі сплавів кольорових металів	8.2. Прямокутна 	9.2. Паралельна до руху навивної заготовки
1.3. Під кутом до оправки	2.3. Кілька		4.3. З овальною поверхнею		6.3. Кілька		8.3. Кругла 	
			4.4. З профілеподібною поверхнею				8.4. Квадратна 	
			4.5. З конусною поверхнею				8.5. Г-подібна (нахилена) 	
							8.6. Комбінована 	
							8.7. З вирізами 	

Морфологічну модель конструктивних ознак та елементів процесу навивання гвинтових заготовок (табл. 1) можна представити у вигляді морфологічної матриці, що утворена шляхом числового позначення відповідних альтернатив, розміщених у стовпцях морфологічної таблиці,

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

$$N_{ГЗ} = \mathbb{I}(1.1@1.2@1.3) \times \mathbb{I}(2.1@2.2@2.3) \times \mathbb{I}(3.1@3.2) \times \mathbb{I}(4.1@4.2@4.3@4.4) \quad (2)$$

Загальна кількість варіантів способів навівання ГЗ, яка входять у морфологічну матрицю (2), є дуже значною $N = 15120$ і важко піддається повному перебору та вимагає багато часу для вибору найкращих рішень. Тому скористаємося методом синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу. При використанні запропонованого методу синтезу ієрархічних груп з розбивкою їх на підгрупи за допомогою морфологічного аналізу кількість варіантів визначатиметься за формулою:

$$N_{II} = \sum_{z=1}^l \sum_{x=1}^q \prod_{i=1}^m K_i \quad (3)$$

Синтезовану модель конструктивних ознак та елементів процесу навівання гвинтових заготовок ієрархічним групуванням за допомогою морфологічного аналізу представлено на рис. 3.

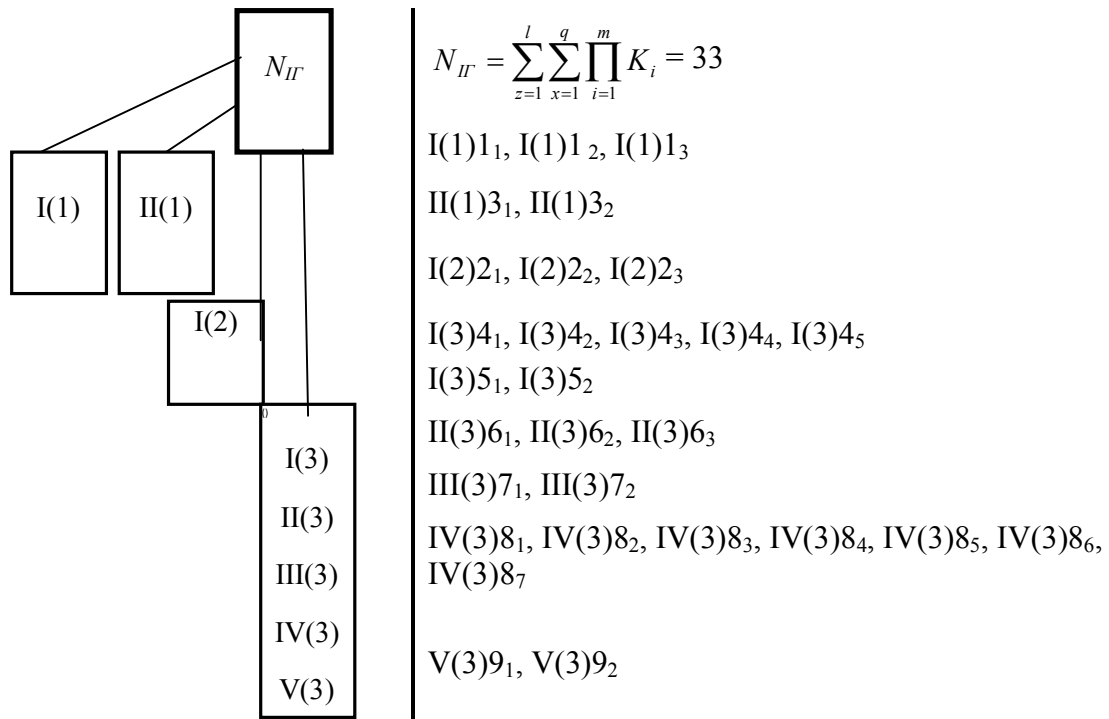


Рисунок 3. Модель конструктивних ознак та елементів процесу навівання гвинтових заготовок: I – V – відповідні підгрупи ієрархічного рівня; (1) – (3) – відповідний ієрархічний рівень

Figure 3. Model of the design characteristics and pieces of the spiral coiling.

Якщо при синтезі альтернативних конструктивних варіантів формоутворень ГЗ навіванням використовувати традиційний метод морфологічного аналізу, то кількість альтернатив становитиме 15120 варіантів. Проведемо підрахунок генерованих альтернатив для обох підгруп першого ієрархічного рівня. Кількість альтернатив для першої підгрупи першого ієрархічного рівня становитиме $N_{I(1)} = 3$, а кількість альтернатив для другої підгрупи $N_{II(1)} = \sum_{r=1}^t t_r \cdot K_i = 2$ (де t_r – кількість елементів r -альтернативи певного ієрархічного рівня; K_i – альтернатива конструктивного елемента певного ієрархічного рівня). Загалом кількість альтернатив для першого ієрархічного

рівня становитиме $N_{(1)} = 5$. Для другого ієрархічного рівня кількість альтернатив становитиме $N_{(2)} = 3$, а для третього – $N_{(3)} = 5 \times 2 + 3 + 2 + 7 + 2 = 24$. Загальна кількість генерованих варіантів формоутворення ГЗ навиванням при використанні запропонованого методу синтезу ієрархічних груп з розбивкою на підгрупи за допомогою морфологічного аналізу становитиме 32 варіанти, що в 458 разів менше, ніж при використанні класичного методу синтезу.

Використовуючи даний метод синтезу, ми розробили два способи навивання гвинтових заготовок по зовнішній поверхні, на які отримано патент на корисну модель [15] (рис. 4) та позитивне рішення про видачу деклараційного патенту на корисну модель [17] (рис. 5). Зокрема на рис. 4 представлено схему навивання спіралі щільним пакетом, а на рис. 5 – схему навивання спіралі на крок. У порівнянні з традиційними способами даний технологічний процес навивання гвинтових заготовок по зовнішній поверхні є менш енергомісткий, забезпечує поверхневий наклеп на торці шнека та значно підвищує продуктивність праці за рахунок суміщення основних часів на навивання та калібрування.

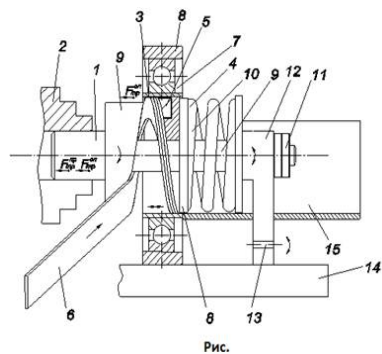


Рисунок 4. Спосіб навивання спіралі щільним пакетом:

1 – ступінчаста оправка, 2 – патрон, 3 – обертово-формувальна втулка, 4 – формувальна втулка, 5 – осьовий паз, 6 – полоса, 7 – гвинтова заготовка, 8 – радіально-упорний підшипник, 9 – відкидний вал, 10 – пружина, 11 – гайка, 12 – відкидна стійка, 13 – опора, 14 – супорт, 15 – жолоб.

Figure 4. Method of spiral coiling taking advantage of the density package:

1 – stepped mandrel; 2 – chuck; 3 – rotation-shaping bush; 4 – shaping bush; 5 – axis groove; 6 – band; 7 – screw blank; 9 – throw shaft; 10 – spring; 11 – nut; 12 – throw pillar; 13 – bearer; 13 – support; 14 – slope

Висновки. Проведено синтез нових способів навивання гвинтових заготовок методом ієрархічного групування за допомогою морфологічного аналізу, що дозволило отримати два принципово нові способи навивання гвинтових заготовок по зовнішній поверхні, на які отримано патент на корисну модель та позитивне рішення про видачу деклараційного патенту на корисну модель.

Conclusions. Structural analysis of the spiral pieces coiling taking advantage of the method of hierarchy grouping of morphological analysis and construction characteristics, has been carried out. Two schemes of this method of hierarchy grouping have been presented. This technological process is less power-consuming, provides the surface hardening on the screw edge and increases greatly the labour efficiency due to the reducing of main time for coiling and calibration. The advantages of the proposed method are: broadening of the manufacturing possibilities and screw spirals coiling with the unlimited outer diameter; increase of the

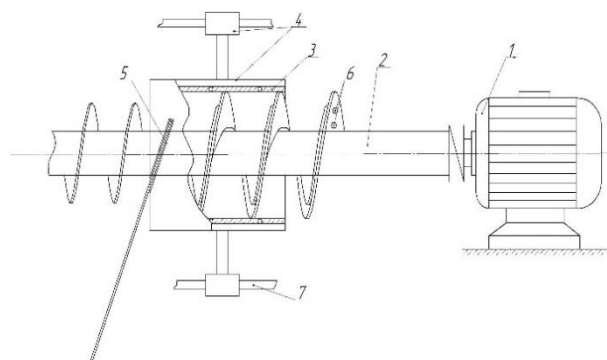


Рисунок 5. Спосіб навивання спіралі на крок:

1 – електродвигун, 2 – оправка-гвинт, 3 – підшипник, 4 – оправка, 5 – полоса, 6 – гайки, 7 – направляюча.

Figure 5. Method of spiral:

1 – electrical engine; 2 – mandrel-screw; 3 – bearing; 4 – mandrel; 5 – band; 6 – nuts; 7 – guide

labour efficiency; decrease of the coiling force; creation of the outer diameter of the spiral pieces, which do not need to be bored along the outer diameter.

Список використаної літератури

1. Альтшуллер, Г.С. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач [Текст] / Г.С. Альтшуллер. – Новосибирск : Наука, 1986. – 209 с.
2. Андрейчиков, А.В. Интеллектуальный метод синтеза технологических инноваций [Текст] / А.В. Андрейчиков // Известия вузов. Сер. Машиностроение. – 2003. – № 10. – С. 47 – 62.
3. Васильків, В. Синтез схем формоутворення гвинтових заготовок [Текст] / В.Васильків // Обробка матеріалів тиском. – 2010. № 1 (22) — С. 167 – 173.
4. Васильків, В.В. Розвиток науково-прикладних основ розроблення технологій виробництва гвинтових і шнекових заготовок з використанням уніфікації: дис. ... д-ра. техн. наук: 05.02.08 [Текст] / Василь Васькович Васильків; Нац. ун-т «Львів. політехніка». – Львів, 2015. – 312 с.
5. Гевко, Б.М. Технология изготовления спиралей шнеков [Текст] / Б.М. Гевко. – Львов : Выща школа, 1986. – 128 с.
6. Гевко, Б.М. Винтовые подающие механизмы сельскохозяйственных машин [Текст] / Б.М. Гевко, Р.М. Рогатинский. – Львов : Выща школа, 1989. – 176 с.
7. Драган, А.П. Теоретичні передумови технологічного процесу виготовлення гвинтових гофрованих заготовок: дис... канд. техн. наук: 05.02.08 [Текст] / Драган Андрій Петрович; Тернопільський держ. техн. ун-т ім. І. Пулюя. – Т., 2007. – 198 с.
8. Дячун, А.Є. Обґрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення профільних гвинтових заготовок: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08 [Текст] / Дячун Андрій Євгенович; ТДТУ ім. І. Пулюя. – Т., 2008. – 208 с.
9. Кіндрацький, Б.І. Концепція і алгоритм багатокритеріального структурно-параметричного синтезу машинобудівних конструкцій [Текст] / Б.І. Кіндрацький // Вісник ТДТУ. –2003. – Т. 8, № 1. – С. 73 – 82.
10. Кузнецов, Ю.М. Прогнозування розвитку технічних систем [Текст] / Ю.М. Кузнецов, Р.А. Скляров; за ред. Ю.М. Кузнецова. – ТОВ «ЗПОК» – ПП «ГНОЗИС», 2004. – 323 с.
11. Курейчик, В.М. Генетические алгоритмы и их применение [Текст] / В.В. Курейчик. – Таганрог: Изд-во ТРТУ. Изд. второе, доп. – 2002. – 242 с.
12. Ляшук, О.Л. Технологічне забезпечення виготовлення деталей типу тіл обергання з профільного прокату: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.02.08 [Текст] / Ляшук Олег Леонтійович; Тернопільський державний технічний університет. – Тернопіль, 2006. – 21 с.
13. Гевко, Б.М. Механізми з гвинтовими пристроями [Текст] / Б.М. Гевко, М.Г. Данильченко, Р.М. Рогатинський та ін. – Львів : Світ, 1993. – 208 с.
14. Рогатинський, Р.М. Науково-прикладні основи створення гвинтових транспортно-технологічних механізмів [Текст] / Рогатинський Р.М., Гевко І.Б., Дячун А.Є. – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2014. – 278 с.
15. Патент на корисну модель № 98976. Україна, МПК В21D 11/06. Пристрій для навивання гвинтових спіралей обертовою втулкою [Текст] / Гевко Ів.Б., Гудь В.З., Кучвара І.М., Катрич О.В. (Україна). – у 2014 13362. Заявл. 12.12.2014р.; опубл. 12.05.2015р., Бюл. № 9.
16. Пилипець, М.І. Науково-технологічні основи виробництва навиваних заготовок деталей машин: дис... д-ра техн. наук: 05.02.08 [Текст] / Михайло Ількович Пилипець; Нац. ун-т «Львів. політехніка». – Львів, 2002. – 445 с.
17. Позитивне рішення про видачу деклараційного патенту України на корисну модель № u 2015 03707 від 17.08.2015р. – Пристрій для навивання гвинтових спіралей обертовою втулкою. Гевко Б.М., Рогатинський Р.М., Пилипець М.І., Гевко Ів.Б., Гудь В.З., Катрич О.В.
18. Гевко, Б.М. Технологічні основи формоутворення спеціальних профільних гвинтових деталей [Текст] / Б.М. Гевко, О.Л. Ляшук, І.Б. Гевко та ін. – Тернопіль : ТДТУ імені Івана Пулюя, 2008. – 367 с.
19. Chris Torres. The turn of the screw: optimal design of an Archimedes screw / Jornal of hydrauling / January 2000. P 72 – 80.

Отримано 19.11.2015