

УДК 628.91

## ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СПОСОБУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИГНУТОГО ПРОФІЛЮ НА ГВИНТОВИХ СПІРАЛЯХ

Гевко Ів.Б. д.т.н., Гарматюк О.О. к.е.н., Нагорняк Г.С. к.т.н., Гупка А.Б., Гевко О.-М.І.

*Розроблено техніко-економічне обґрунтування вибору методу виготовлення вигнутого профілю на гвинтових спіралях. Представленні таблиці технологічних характеристик конструктивних параметрів навивних гвинтових робочих органів виготовлених різними способами. Наведенні результати розрахунку виробничої собівартості виготовлення 1 м/п гвинтової спіралі з вигнутим профілем.*

**Реалізація роботи.** На даному етапі економічного розвитку суспільства значення гвинтових транспортних механізмів почало зростати і вони вийшли за межі основного призначення – транспортування вантажів. Тепер при використанні таких механізмів виконується значна кількість операцій: змішування, дозування, подавання, калібрування, нагнітання, подрібнення тощо [1].

Основними факторами, що впливають на проектування гвинтових транспортно-технологічних механізмів, є [2]:

- специфіка функціонального призначення і універсальність використання;
- вимоги до операцій з перетворення і транспортування продуктів;
- властивості перетворюваних продуктів;
- технологічні особливості процесів і матеріалів, які використовуються для виготовлення гвинтових механізмів;
- забезпечення простоти при збільшенні частки уніфікованих елементів та мінімізації їх загальної кількості в конструкції;
- вимоги до експлуатаційної готовності, габаритів і ваги;
- вимоги до обслуговування, його простоти;
- забезпечення низької собівартості виготовлення та високої економічності експлуатації;
- вимоги до якості, в тому числі терміну служби, надійності в експлуатації;
- вимоги до безпеки експлуатації;
- забезпечення високих ергономічних характеристик, врахування естетичних вимог і конструктивна наслідуваність.

Основні вимоги до гвинтових робочих органів (ГРО) є наступними:

- відповідність функціональному призначенню;
- пружність і міцність на кручення та згинання;
- довговічність, опір корозії та спрацюванню.

Шнеки виготовляють з легованих конструкційних сталей, пластмас, гуми

тощо у вигляді суцільних та секційних ГРО. У відповідності із технологічним призначенням робочі поверхні можуть підлягати хромуванню, нікелюванню та нанесенню інших гальванічних покриттів.

Конструктивні параметри ГТТМ напряму залежать від технології їх виготовлення й особливо це стосується ГРО. В результаті аналізу конструкцій ГРО ГТТМ і технологій їх виготовлення встановлений великий розрив в сторону зниження можливостей матеріалів як по граничних деформаціях, так і по коефіцієнту використання матеріалу, якості обробки тощо.

Граничні деформації також не повністю використовуються і при навиванні мінімальних діаметрів. У цьому випадку значення внутрішнього діаметра можна знизити до 8 мм і менше, що забезпечить зменшення маси деталі на 15 – 30 %, а в окремих випадках навіть більше.

Із необхідністю збільшення продуктивності ГТТМ виникає питання про збільшення габаритів самих гвинтових механізмів. Так при навиванні широкосмугових гвинтових стрічок із співвідношенням ширини смуги до її товщини більше 5, процес відбувається стійкіше і з енергозатратами в 3 - 7 раз меншими, ніж при прокатці. Цього можна досягнути шляхом фіксації внутрішнього краю з одночасним зменшенням плеча прикладання згинаючої сили. Реалізуючи вказані зусилля, здійснюють навивання витків із співвідношенням ширини до товщини до 15 - 50. Проте отримати шнеки більших розмірів можна лише способами штампування та зварювання спіралей і виготовлення спіралей з плоских заготовок [3], які є досить витратними і нетехнологічними (можуть використовуватись лише в одиничному і дрібносерійному виробництві).

При проектуванні ГТТМ і їх робочих органів керуються ДСТУ 2672-94 [4], що встановлює загальні технічні вимоги до гвинтових механізмів. Здійснювати відпрацювання конструкції ГТТМ на технологічність рекомендують у певному порядку [5, 6]. Спочатку потрібно підібрати і проаналізувати вихідні матеріали, необхідні для аналізу технологічності конструкції. Далі слід уточнити обсяг випуску, тип і характер виробництва, проаналізувати показники технологічності проектованої деталі, вузла або машини, а потім розробити заходи з їх покращення.

При виготовленні головного елемента секційного ГРО - гвинтової стрічки, необхідно розглянути, проаналізувати й вибрати один із основних способів її виготовлення із заданими конструктивними параметрами. Виготовлення Г-подібних гвинтових спіралей відрізняється від існуючої технології виготовлення типових циліндричних прямих спіралей тим, що існує необхідність у створенні додаткової полицки під певним кутом (від 1° до 120°), що вимагає використання або спеціального оснащення, або виконання додаткових технологічних операцій.

Виготовлення Г-подібних спіралей можливе штампуванням кілець з наступним формуванням витка та зварювання у спіраль, виготовлення циліндричної прямої спіралі прокатуванням чи навиванням з подальшим приварюванням полицки під необхідним кутом (від 1° до 120°), і при

використанні різних способів навивання: із смугових заготовок на ребро одночасно із формуванням полицки під певним кутом (від 1° до 60°); із смугових заготовок на ребро з подальшою операцією гнуття полицки під певним кутом (від 1° до 90°); із профільних Г-подібних заготовок на ребро при завчасному формуванні полицки під певним кутом (від 1° до 90°) (таблиця 1). Інші способи виготовлення Г-подібних спіралей є неможливі або значно непродуктивні.

Таблиця 1 - Технологічна характеристика конструктивних параметрів Г-подібних гвинтових спіралей виготовлених різними способами

№ п/п	Спосіб формоутворення	Коефіцієнт використання матеріалу, К
1.	Штапування кілець Г-подібного профілю з одночасним чи подальшим їх розрізанням, розгинанням і зварюванням	0,4 - 0,5
2.	Навивання Г-подібних спіралей по внутрішньому торцевому профілю з прямокутних заготовок з одночасним чи наступним формуванням полицки	0,9 – 1,0
3.	Прокатування циліндричної прямої спіралі з подальшим приварюванням полицки	0,55 - 0,98
4.	Навивання циліндричної прямої спіралі з подальшим приварюванням полицки	0,9 – 1,0
5.	Навивання Г-подібних заготовок на ребро при завчасному формуванні полицки	0,9 – 1,0

Найбільш раціональними способами виготовлення Г-подібних гвинтових спіралей є їх навивання по внутрішньому торцевому профілю з прямокутних заготовок з одночасним чи подальшим формуванням полицки. При цьому забезпечується високий коефіцієнт використання матеріалу й відпадає потреба у виконанні значних зварних з'єднань.

Проведемо орієнтовний підрахунок варіантів способів виготовлення Г-подібних гвинтових спіралей для подальшого їх порівняння та вибору найбільш раціональних. Для цього скористаємось даними таблиці 2 (товщина спіралі – 2 мм; висота витка - 25 мм; зовнішній діаметр - 100 мм; матеріал - сталь 08кп).

Дані представлені в таблиці 1 є порівняльними і можуть змінюватись в залежності від зміни вартості обладнання та інше. Слід також відмітити те, що зазначена операція зварювання виконується за участю двох робітників і передбачає зачистку швів. Підрахунок відповідних витрат на виконання окремих операцій по способах виготовлення Г-подібних гвинтових спіралей виконувався за відомою методикою [7]. При цьому використовувались наступні дані (на 22.02.2016р.): вартість матеріалу (сталь 08кп): лист (1,00×2,00) – 377 грн., смуга (25×2) – 4,71 грн./м/п; годинна тарифна ставка робітника 1-го розряду – 12,6 грн.; тарифні коефіцієнти: 2 розряд – 1,09, 3 розряд – 1,24, 4 розряд – 1,35, 5 розряд – 1,54; вартість електроенергії - 190,73 коп./кВт.год.

Таблиця 2 – Дані для порівняння варіантів способів виготовлення вигнутого профілю на гвинтових спіралях

Номер способу з табл. 2 Специфічні дані	Спосіб №1 з табл. 1	Спосіб №2 з табл. 1	Спосіб №3 з табл. 1	Спосіб №4 з табл. 1	Спосіб №5 з табл. 1
Відходи матеріалу, %	50	2	15	2	2
Витрати електроенергії, год./кВт:					
- обладн. 1 операція:	7,5	7,5	12	7,5	15
- обладн. 2 операція:	7,6	-	7,6	7,6	7,5
Тип і марка обладнання:					
- 1 операція:	прес КД 2128 і спеціальни й штамп;	верстат 16Е16КП і спеціальне оснащення	спеціальни й прокатний стан;	верстат 16Е16КП і спеціальне оснащення;	прес ДЕ2434;
- 2 операція:	апарат зварний ММА-230		апарат зварний ММА-230	апарат зварний ММА-230	верстат 16Е16КП і спеціальне оснащення
Тривалість операції, м/п/хв.:					
- 1 операція:	0,3	0,6	1,8	0,6	0,2
- 2 операція:	12	-	12	12	0,6
Розряд робітника:					
- 1 операція:	2	5	3	5	2
- 2 операція:	4/2	-	4/2	4/2	5

Витрати на основну і додаткову заробітну плату робітників визначаються по формулі [7]:

$$Z_o = T_i \cdot T_{cl} \cdot K_i \cdot K_d \cdot K_{доd},$$

де  $Z_o$  - затрати на основну зарплату робітників;

$T_i$  - трудомісткість і-ї операції по виготовленню спіралі;

$T_{cl}$  - величина тарифної ставки 1-го розряду;

$K_i$  - тарифний коефіцієнт і-го розряду;

$K_d$  - коефіцієнт доплат, що входять до основної заробітної плати,  $K_d = 1,35$ ;

$K_{доd}$  - коефіцієнт, що визначає величину додаткової зарплати робітників,

$K_{доd} = 1,1$ .

Затрати на електроенергію орієнтовно визначаємо по формулі [7]:

$$B_{em} = \frac{P_{вст} \cdot T_i \cdot K_n}{\eta_d \cdot \eta_m} \cdot C_e,$$

де  $P_{вст}$  - електрична потужність обладнання, яке використовується для виготовлення спіралі, кВт;

$K_n$  - коефіцієнт, який враховує завантаження електроприводів по потужності (0,5-0,8);

$\eta_d$  - коефіцієнт корисної дії електродвигунів (0,90-0,96);

$\eta_m$  - коефіцієнт, який враховує втрати в електромережах (0,86-0,90);

$C_e$  - ціна однієї кВт/год. електроенергії, грн.

Загальнозаводські витрати по машинобудівних підприємствах усереднено приймаються в розмірі 200% від основної заробітної плати основних робітників.

Результати розрахунку виробничої собівартості виготовлення 1 м/п Г-подібної гвинтової спіралі (товщина спіралі – 2 мм; висота витка - 25 мм; зовнішній діаметр - 100 мм; матеріал - сталь 08кп) при використанні різних варіантів способів виготовлення відображено в таблиці 3.

Таблиця 3 - Результати розрахунків виробничої собівартості виготовлення 1 м/п гвинтової спіралі з вигнутим профілем за окремими способами

Елементи витрат, грн.	Спосіб №1 з табл. 1	Спосіб №2 з табл. 1	Спосіб №3 з табл. 1	Спосіб №4 з табл. 1	Спосіб №5 з табл. 1
Сировина і основні матеріали (з врахуванням відходів)	37,68	19,22	22,16	19,22	19,22
Зарплата виробничих робітників	9,23	0,29	9,2	9,32	0,36
Нарахування на зарплату	3,51	0,11	3,5	3,54	0,14
Енергія на технологічні цілі	1,97	0,1	2,37	2,02	0,16
Загальнозаводські витрати	16,78	0,53	16,73	16,95	0,65
Разом виробнича собівартість	69,17	20,25	53,96	51,05	20,53

На базі проведених теоретичних досліджень нами був розроблений і ефективно апробований технологічний процес гнуття полицки на гвинтовій заготовці (рис. 1) з використанням спеціально розробленого технологічного оснащення (рис. 2). Експеримент проводився на верстаті 16Е16КП над спіраллю висотою витка 25мм (сталь 08кп). При цьому кут гнуття полицки в залежності від конструктивних особливостей оснащення виконувався в межах від 15° до 45° при ширині полицки 10 мм. Експеримент проводився на верстаті 16Е16КП над спіраллю висотою витка 25мм (сталь 08кп). При цьому кут гнуття полицки в залежності від конструктивних особливостей оснащення виконувався в межах від 15° до 45° при ширині полицки 10 мм.



Рисунок 1 – Загальний вигляд верстата із закріпленим приспособленням



Рисунок 2 – Механізм для гнуття полицки на гвинтовій спіралі

В результаті проведення експериментальних досліджень було встановлено, що зусилля гнуття зростають по мірі збільшення кут гнуття полицки. Слід зазначити, що дане оснащення забезпечує, окрім гнуття полицки, розтягування спіралі на відповідний крок.

**Висновки.** Виходячи з представлених розрахунків найбільш ефективним способом виготовлення вигнутого профілю на гвинтовій спіралі є їх навивання по внутрішньому торцевому профілю з прямокутних заготовок з одночасним чи наступним формуванням полицки, що доводить наші теоретичні передбачення по розробленні такої технології.

#### Список літератури:

1. Рогатинський Р. Модель конструювання і вибору гвинтових конвеєрів з розширеними технологічними можливостями / Р. Рогатинський, І. Гевко // Вісник ХНТУ. – 2012. – № 3 (67). – С.197–210.

2. Гевко І. Б. Операційний менеджмент: навч. посіб. / І. Б. Гевко. – К. : Кондор, 2005. – 228 с.
3. Гевко І. Б. Гвинтові транспортно-технологічні механізми: розрахунок і конструювання / І. Б. Гевко. – Тернопіль: ТДТУ імені Івана Пулюя, 2008. – 307 с.
4. Конвеєри гвинтові. Загальні технічні вимоги : ДСТУ 2672:94. – [Чинний від 1995-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 1995. – 10 с. – (Національний стандарт України).
5. Гевко Б. М. Технологія сільськогосподарського машинобудування: навч. посіб / Б. М. Гевко, І. Б. Гевко, Д. Л. Радик. – К. : Кондор, 2006. – 496 с.
6. Гевко І.Б. Управління процесом розробки і освоєння виробництва нових виробів: Підручник. – / [І. Б. Гевко, Б. М. Гевко]. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2015. - 199 с.
7. Гевко І. Б. Організація виробництва: теорія і практика: підручник / І. Б. Гевко, А. О. Оксентюк, М. П. Галушак. – К. : Кондор, 2008. – 178 с.

## Аннотація

### **Технико-экономическое обоснование выбора способа изготовления гнутых профилей на винтовых спиралей**

Гевко Ив.Б. д.т.н., Гарматюк А.А. к.э.н., Нагорняк С. к.т.н., Гупка А.Б.,  
Гевко О.-М.И.

*Разработано технико-экономическое обоснование выбора метода изготовления изогнутого профиля на винтовых спиралях. Представленные таблицы технологических характеристик конструктивных параметров навивные винтовых рабочих органов изготовленных разными способами. Приведенные результаты расчета производственной себестоимости изготовления 1 м / n винтовой спирали с изогнутым профилем.*

## Abstract

### **Feasibility study selection of manufacturing curved profile on screw spiral**

Gevko Iv.B., Garmatyk A.A., Nagornyk S., Gypka A.B., Gevko O.-M.I.

*Feasibility study selection method for the manufacture of curved profile screw spirals. Representation table technological characteristics of of structural parameters screw working bodies manufactured in different ways. The results expressed calculating the production cost of manufacturing 1 m / s helical spiral with a curved profile.*