

О.Л. Ляшук, д.т.н., доц.  
Т.Д. Навроцька, аспір.  
М.Д. Радик, асист.  
А.І. Пік, к.т.н., доц.  
Р.М. Котик, аспір.

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

## Підвищення експлуатаційної надійності та довговічності гвинтових секційних робочих органів гнучких гвинтових конвеєрів

*Приведена конструкція пристрою для навивання гвинтових секційних робочих органів підвищеної експлуатаційної надійності і довговічності і методика визначення зусилля навивання конструктивних параметрів. Досліджено два основних способи виготовлення гвинтових механізмів машин різного службового призначення і встановлено, що виті шнеки за своїми міцнісними і експлуатаційними характеристиками значно переважають прокатні. Розроблена конструкція пристрою для виготовлення гвинтових робочих органів конвеєрів навиванням періодичним і неперервним способом, як найбільш надійні в експлуатації. Специфіка їх роботи обумовлена різними операціями технологічних процесів, а також фізико-механічними властивостями вантажів, визначають номенклатуру і конструктивні параметри гвинтових механізмів (ГМ). При дослідженні процесів формоутворення гвинтових спіралей шнеків встановлені основні точнісні характеристики методів навивання і прокатування. Проведені порівняльні дослідження двох основних методів з точки зору їх експлуатаційних і довговічних можливостей. Важливим фактором, який визначає надійність і довговічність шнека є різниця товщини внутрішньої і зовнішньої кромки.*

**Ключові слова:** надійність і довговічність гвинтових робочих органів; шнек; гвинтові заготовки; навивання; технологічний процес.

**Постановка завдання.** Важливими питаннями є розроблення гнучких гвинтових конвеєрів з секційними гвинтовими робочими органами (СГРО). Гвинтові механізми машин в різних галузях народного господарства України набули широкого використання. Їх питома вага, як транспортних засобів, за різними даними, складає 40...50 %. Специфіка їх роботи обумовлена різними операціями технологічних процесів, а також фізико-механічними властивостями вантажів, визначають номенклатуру і конструктивні параметри гвинтових механізмів (ГМ). При дослідженні процесів формоутворення гвинтових спіралей шнеків встановлені основні точності характеристики методів навивання і прокатування. Проведені порівняльні дослідження двох основних способів з точки зору їх експлуатаційних і довговічних можливостей. Важливим фактором, який визначає надійність і довговічність шнека є різниця товщини внутрішньої і зовнішньої кромки. При прокатуванні товщина зовнішньої кромки в 1,5...2,6 рази є меншою ніж внутрішньої. При навиванні ця різниця зведена до мінімуму і складає 0,1...0,2мм на 1мм товщини заготовки напроти 0,3...0,6мм для прокатування. Таким чином товщина полоси на зовнішній кромці для одного і того ж типорозміру значно більше при навиванні ніж при прокатуванні.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблемні розробки і дослідження обладнання, машин і механізмів у цих областях з шнековими пристроями присвячені праці вчених Гевко Б.М. [1], Аверкієва Ю.А. [2], Герман Х. [3], Григорьєва А.М. [4], Груздева И.Э. [5], Пилипєць М.І. [6], Дячун А.Є. [7] та багато інших дослідників.

**Метою роботи** є підвищення експлуатаційної надійності і довговічності гвинтових заготовок шляхом проектування універсального пристрою для виготовлення гвинтових заготовок різного профілю, підвищеної експлуатаційної надійності і довговічності секційних робочих органів гнучких конвеєрів.

**Реалізація роботи.** При дослідженні зносостійкості спіралей шнеків, які виготовлені різними способами виявлено, що виті деталі за своїми міцнісними і експлуатаційними характеристиками переважають аналогічні, виготовлені методами прокатування. Довговічність їх збільшується в порівнянні з прокатними в 1,5...2,2 рази. Встановлено, що момент навивання в 3...7 разів є менше моменту прокатування, а моменти неперервного навивання і періодичного є практично рівними між собою.

Універсальний пристрій для виготовлення гвинтових заготовок різного профілю (рис. 1) [7] виконано у вигляді циліндричного торцевого кулачка 1, до якого по центру з правого торця загвинчено змінну ступінчасту оправку 2 циліндричної чи профільної форми в сторону її закручування. Торцева права поверхня виконана з двох виступів – перший 3, який визначає профіль виточки під притискний ролик 4 і

другого профілю 5, який виконано у вигляді гвинтової поверхні одного кроку з кроком рівним товщині смуги 6 для навівання гвинтових спіралей. А у більшій ступені оправки 2 виконано осьовий паз 7 в якому закріплюють кінець смуги 6.

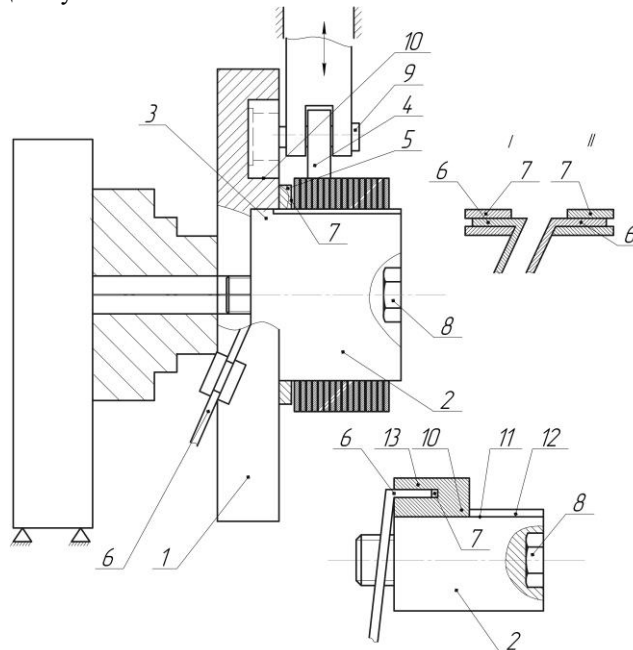


Рис. 1. Універсальний пристрій для виготовлення гвинтових заготовок різного профілю

Крім цього в торці оправки 2 виконано внутрішній шестигранник 8 для закручування оправки 2 в різьбовому отворі торцевого кулачка 1 в напрямку її закручування, фактично в сторону протяжну напрямку навівки гвинтової спіралі.

Стрічка 6 зверху є у взаємодії з притискним роликом 4, який на осі 9 провертається кругом, притискає стрічку 6 і здійснює зворотні поступові рухи зверху вниз при навіванні еліптичних гвинтових заготовок. При цьому притискний ролик 4 жорстких кріпиться на осі 9 з можливістю вільного прокручування копіює при цьому контури кола 3.

Для навівання коротких гвинтових заготовок використовують шлицеву втулку 10 з шпон очним пазом 11, який є у взаємодії з оправкою 2 і шпонкою 12, яка жорстко кріпиться до оправки з можливістю осьового переміщення шлицевої втулки 10.

Крім цього зверху шлицевої втулки 10 виконано осьовий паз 13 для встановлення кінця полоси 6 зігнутих кінцем під кутом  $90^\circ$  тільки в протилежну сторону.

Робота пристрою для навівання довгих гвинтових заготовок здійснюється наступним чином. Кінець смуги 6 згинають під кутом  $90^\circ$  і встановлюють в паз 7 і закріплюють його відомим способом. Після чого здійснюється підведення притискного (формуєтворюючого) ролика 4 до торця смуги 6 на ребро, а внутрішня поверхня є у взаємодії з зовнішньою поверхнею оправки 2. При цьому вимикають пристрій, в результаті чого стрічка 6 під дією притискного ролика 4 і оправки 2 здійснюється формоутворення гвинтової заготовки. Після закінчення процесу кінець 7 звільняють від затиску і заготовку знімають з оправки.

Технологічний процес навівання коротких гвинтових заготовок здійснюється наступним чином. Кінець смуги 6 згинають під кутом  $90^\circ$  в протилежну сторону в порівнянні з попереднім випадком і закріплюють його в пазу 13 шлицевої втулки 10. Після чого здійснюють підведення притискного ролика 4 до торця смуги 6 на ребро, а внутрішня поверхня є у взаємодії з зовнішньою поверхнею оправки 2. Після чого вмикають пристрій, в результаті чого стрічка 6 під дією притискного ролика 4 і обертання оправки 2 здійснюють формоутворення гвинтової заготовки. Після закінчення технологічного процесу навівання кінець 7 заготовки звільняють з шлицевої втулки 10 і заготовку знімають з оправки.

Для забезпечення нормальної роботи пристрою зовнішня поверхня змінних оправок 2 загартовують і виконують конусну поверхню з кутом  $1 \dots 1,5^\circ$  в сторону сходження полоси 6 при навіванні.

До переваг запропонованого пристрою відноситься розширення технологічних можливостей і підвищення продуктивності праці.

Проведені дослідження показали, що внаслідок згину внутрішні шари стрічки в зоні пластичної деформації стискаються (вкорочуються) і відбувається їх ковзання по оправці в напрямку, протилежному напрямку навівання (по обертанню оправки). Отже, в зоні пластичної деформації контактні дотичні

напруження  $\tau_k$ , прикладені до стрічки від оправки, направлені протилежно контактним дотичним напруженням іншої частини спіралі, навитої на оправку.

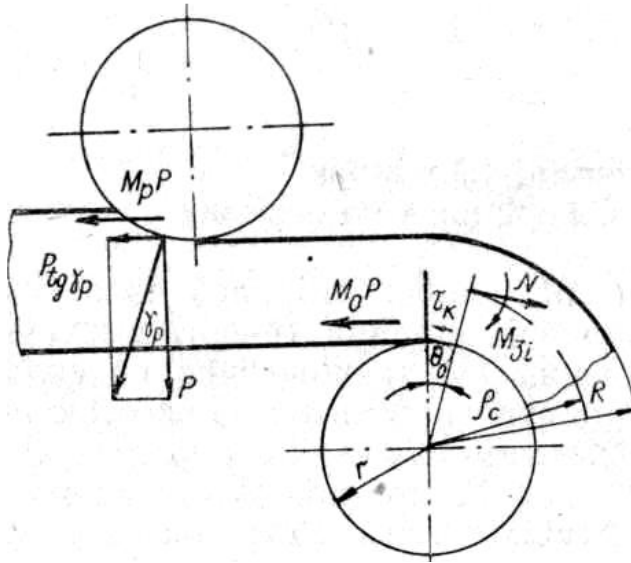


Рис. 2. Схема дії сил при навиванні спіралей шнеків

Біля задньої границі зони пластичної деформації ( $\Theta \rightarrow \Theta_0$ ) існує зона, де контактні дотичні напруження близькі до нуля. Існування вказаної граничної зони експериментально підтверджено як при навиванні на різноманітні типи оправок, так і при згині вузьких стрічок у штампі.

У цій зоні напруження  $\sigma_\theta$  і  $\sigma_\rho$  будуть головні, а задача згину поперечною силою приводиться до згину від спільної дії моменту згину  $M_{зг}$  і поздовжньої сили  $N$ , що діють у граничному перерізі  $\Theta \rightarrow \Theta_2$  (рис. 2).

Залежності, які зв'язують їх, відповідно:

$$\begin{aligned} N &= (\mu_p + \mu_0 + tg \gamma_p) P; \\ M_\sigma &= [l + (\mu_p + tg \gamma_p) R + \mu_0 r] P, \end{aligned} \quad (1)$$

де  $l$  — плече прикладання поперечної сили згину  $P$ ;

$tg \gamma_p$  — кут відхилення рівнодійної сили від нормалі до стрічки внаслідок її пластичної деформації;

$\mu_0, \mu_p$  — коефіцієнти тертя стрічки відповідно до оправки і ролика;

$M_\sigma = M_{зг} + N_{\rho c}$  — момент від тангенціальних напружень по висоті заготовки.

Із цих залежностей записуємо рівняння, які зв'язують момент від тангенціальних напружень з поздовжньою розтягуючою силою.

$$M_\rho = \rho_{np} N, \quad (2)$$

де  $\rho_{np}$  — приведений радіус прикладання поздовжньої сили, що визначається умовами навивання,

$$\rho_{np} = [l + (\mu_p + tg \gamma_p) R + \mu_0 r] / (\mu_p + \mu_0 + tg \gamma_p). \quad (3)$$

На основі проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

Досліджено два основних способи виготовлення ГМ машин різного службового призначення і встановлено, що виті шнеки за своїми міцнісними і експлуатаційними методами значно переважають прокатні.

Розроблена конструкція пристрою для виготовлення гвинтових робочих органів конвеєрів навиванням періодичним і неперервними способами, як самі надійніші в експлуатації.

#### Список використаної літератури:

1. Гевко Б.М. Технология изготовления спиралей шнеков / Б.М. Гевко. – Львов, 1986. – 156 с.
2. Гевко Б.М. Технологічні основи формоутворення різнопрофільних гвинтових заготовок деталей машин / Б.М. Гевко, М.І. Пилипець, В.В. Васильків, Д.Л. Радик. – Тернопіль : ТДТУ ім. І.Пулюя, 2009. – 457 с.
3. Аверкиев Ю.А. Характер формоизменения и силовые условия при гибке полосы на ребро / Ю.А. Аверкиев // Вестник машиностроения. – 1981. – № 1. – С. 64–66.
4. Герман Х. Шнековые машины в технологии ФГР / Х.Герман. – Л., 1975. – 150 с.
5. Григорьев А.М. Винтовые конвейеры / А.М. Григорьев. – М., 1972. – 198 с.
6. Груздев И.Э. Теория шнековых устройств / И.Э. Груздев, В.Г. Мирзоев, В.И. Янков. – Л., 1987. – 230 с.
7. Гевко Б.М. Технологічні основи формоутворення різнопрофільних гвинтових заготовок деталей машин / Б.М. Гевко, М.І. Пилипець, В.В. Васильків, Д.Л. Радик. – Тернопіль : ТДТУ ім. І.Пулюя, 2009. – 457 с.
8. Пат. 118403 Україна. Універсальний пристрій для виготовлення гвинтових заготовок різного профілю / А.Є. Дячун, Т.Д. Навроцька та інші. – 2017.

**References:**

1. Gevko, B.M. (1986), *Tehnologija izgotovlenija spiralej shnekov*, L'vov, 156 p.
2. Gevko, B.M., Pylypec', M.I., Vasyk'iv, V.V. and Radyk, D.L. (2009), *Tehnologichni osnovy formoutvorennja riznoprofil'nyh gvyntovyh zagotovok detalej mashyn*, TDTU im. I.Puljuja, Ternopil', 457 p.
3. Averkiev, Ju.A. (1981), «Harakter formoizmenenija i silovye uslovija pri gibke polosy na rebro», *Vestnik mashinostroenija*, No. 1, pp. 64–66.
4. German, H. (1975), *Shnekovyje mashiny v tehnologii FGR*, Leningrad, 150 p.
5. Grigor'ev, A.M. (1972), *Vintovye konvejery*, Moskva, 198 p.
6. Gruzdev, I.Je., Mirzoev, V.G. and Jankov, V.I. (1987), *Teorija shnekovyh ustrojstv*, Leningrad, 230 p.
7. Gevko, B.M., Pylypec', M.I., Vasyk'iv, V.V. and Radyk, D.L. (2009), *Tehnologichni osnovy formoutvorennja riznoprofil'nyh gvyntovyh zagotovok detalej mashyn*, TDTU im. I.Puljuja, Ternopil', 457 p.
8. Djachun, A.Je., Navroc'ka, T.D. and others (2017), *Universal'nyj prystrij dlja vygotovlennja gvyntovyh zagotovok riznogo profilju* [Universal device for making screw billets of various profiles], Ukraїna, Pat. 118403.

**Ляшук Олег Леонтійович** – доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри автомобілів Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Наукові інтереси:

– надійність і довговічність деталей машин.

E-mail: oleglashuk@ukr.net.

**Навроцька Тетяна Дем'янівна** – аспірант кафедри автомобілів Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Наукові інтереси:

– надійність і довговічність деталей машин.

E-mail: kaf\_am@ukr.net.

**Радик Марія Дмитрівна** – асистент кафедри автомобілів Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Наукові інтереси:

– надійність і довговічність деталей машин.

E-mail: mariaradyk03@ukr.net.

**Пік Андрій Іванович** – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри графічного моделювання Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Наукові інтереси:

– надійність і довговічність деталей машин.

E-mail: vova221@ukr.net.

**Котик Роман Михайлович** – аспірант кафедри автомобілів Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Наукові інтереси:

– надійність і довговічність деталей машин.

E-mail: kaf\_am@ukr.net.

Стаття надійшла до редакції 02.10.2017.