

**М.І. Пилипець, М.Г. Левкович, І.М. Кучвара**  
*Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя*  
**ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ФОРМУВАННЯ НАВИВНИХ ГВИНТОВИХ  
 ЗАГОТОВОК**

*Розроблено і виготовлено пристрій для навивання гвинтових заготовок на оправку. Розроблено спосіб профілювання гвинтових робочих органів по довжині шнека з розширеними технологічними можливостями і покращеною технологічністю конструкції гвинтових робочих органів. Виведені аналітичні залежності для визначення силових параметрів процесу профілювання гвинтових заготовок.*

*Ключові слова:* формування гвинтових навивних заготовок, профілювання, технологічний процес.

*Рис. 2. Літ. 4.*

**М.И. Пилипец, М.Г. Левкович, И.Н. Кучвара**  
**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ НАВИВНЫХ  
 ВИНТОВЫХ ЗАГОТОВОК**

*Разработано и изготовлено устройство для навивки винтовых заготовок на оправку. Разработан способ профилирования винтовых рабочих органов по длине шнека с расширенными технологическими возможностями и улучшенной технологичностью конструкции винтовых рабочих органов. Выведены аналитические зависимости для определения силовых параметров процесса профилирования винтовых заготовок.*

*Ключевые слова:* формирование винтовых навивных заготовок, профилирование, технологический процесс.

**M.I. Pulupetc, M.G. Levkovich, I.M. Kuchvara**  
**TECHNOLOGICAL BACKGROUND OF SCREW BLANKS WINDING**

*The device for screw blanks winding on mandrel was designed and made. The method of screw operative members profiling along auger with advanced technological capabilities and improved technological design of screw operative members was designed. Analytical dependencies for determining power parameters profiling process of screw blanks were selected.*

*Keywords:* forming screw winding blanks, profiling, process.

**Постановка проблеми.** Одним із важливих питань сучасного транспортного машинобудування є підвищення надійності машин, довговічності їх гвинтових робочих органів, приводів, їх вузлів і окремих деталей. Одним із важливих моментів такого стану є гвинтові конвеєри і їх робочі органи, які знаходяться в середині нерухомого кожуха, при транспортуванні сипких матеріалів. Тому важливим питанням є створення конструктивних схем енергоощадних гвинтових конвеєрів і їх робочих органів, працездатний стан яких забезпечує зменшення зношення гвинтових елементів. До таких способів відноситься виготовлення гвинтових елементів робочих органів навиванням, експлуатаційна надійність яких є у 1,7...2,5 разів більша ніж прокатних.

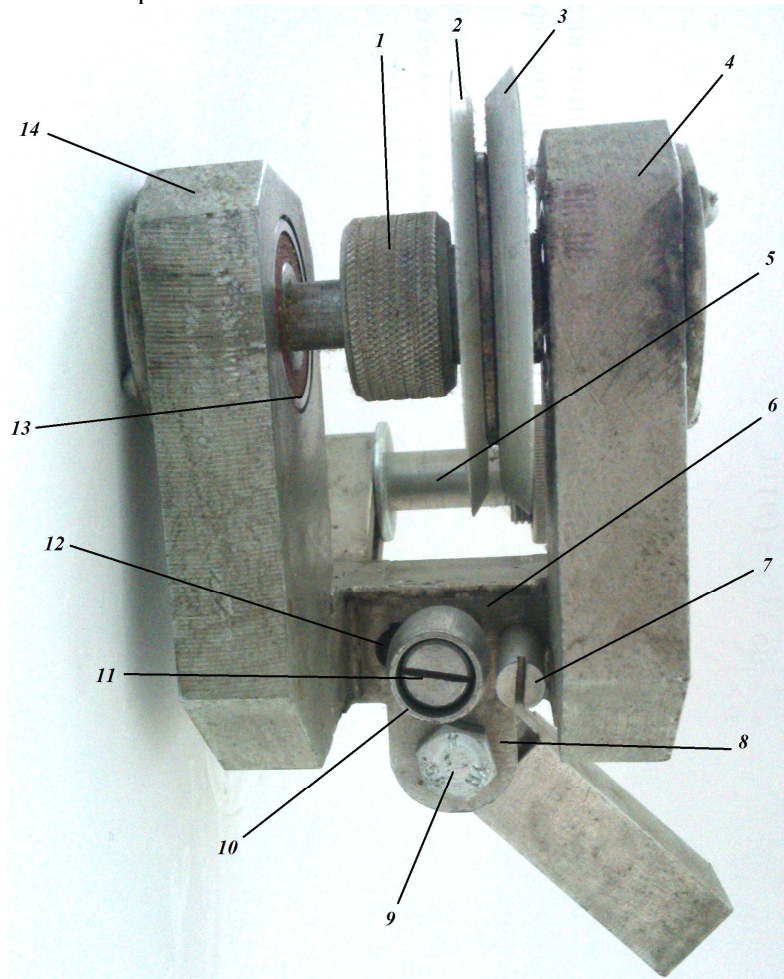
**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Питаннями навивання гвинтових стрічок (ГС) гвинтових робочих органів (ГРО) присвячені праці Гевко Б.М. [1], Пилипця М.І. [2], Ляшук О.Л. [3] та багатьох інших. Однак особливості виготовлення ГРО є різноманітні і їх конструктивні елементи мають свою специфіку експлуатації з розширеними технологічними можливостями. Тому питання технології їх виготовлення і проектування прогресивних конструкцій технологічного оснащення для формування потребує подальших досліджень і удосконалень.

**Мета роботи** є розроблення удосконаленої конструкції технологічного оснащення для навивання гвинтових спіралей, як самих надійних і довговічних і дослідження технологічних процесів їх виготовлення.

Робота виконується згідно постанови Кабінету міністрів України «Про розвиток сільськогосподарського машинобудування і забезпечення агропромислового комплексу конкурентоздатною технікою» на 2010...2015 роки.

**Реалізація роботи.** Пристрій для навивання гвинтових заготовок на оправку (рис.1), який виконано у вигляді U-подібного кронштейна, низ якого жорстко з'єднано з різцетримачем токарного верстату, кронштейном і болтом та встановлений під кутом до осі циліндричної оправки рівним куту підйому гвинтової лінії з можливістю осьового переміщення. Крім цього права вітка U-подібного кронштейна в свою чергу виконана у вигляді двох вертикальних паралельних стійок лівої і правої в які знизу і зверху паралельно між собою встановлені вали відповідно верхній і нижній в підшипники з можливістю кругового провертання. На верхній вал жорстко встановлено направляючий шків з затискним диском, регулювання величини зазору між

їх торцевими поверхнями здійснюється за допомогою регулювальної гайки, яка нагвинчена на лівій ступені верхнього вала, і стискує направляючий шків і затискний диск пружиною. На нижньому валу U-подібного кронштейна з права знизу жорстко встановлено направляючий ролик, який встановлено на відстані одного кроку гвинтової заготовки від притискного диска з можливістю кругового провертання, а знизу U-подібного кронштейна на осі встановлено подаючий ролик з можливістю кругового провертання з кутом нахилу прямокутної трапеції поперечного перерізу навитого витка заготовки, який є у взаємодії з стрічковою заготовкою при її подачі в зону формоутворення і утворює аналогічний калібр з нерухомим циліндричним упором, який жорстко встановлений в нижній частині U-подібного кронштейна перпендикулярно до напрямку руху стрічкової заготовки, причому вісь подаючого ролика встановлена в осьовий паз з можливістю осьового переміщення і регулювання величини калібру, а зі сторони протилежної від осьового паза встановлено підтискну пружину, яка стискається болтом. Величина калібру регулюється гвинтом і стопориться гайкою.



**Рис. 1. Пристрій для навивання гвинтових заготовок: 1 – регулювальна гайка, 2 – направляючий шків, 3 – затискний диск, 4 – права вертикальна стійка, 5 – нижній вал, 6 – U-подібний кронштейн, 7 – нерухомий циліндричний упор, 8 – кронштейн, 9 – болт, 10 – подаючий ролик, 11 – вісь, 12 – осьовий паз, 13 – підшипник, 14 – ліва вертикальна стійка**

Для нагріву стрічкової заготовки використовується індуктор, який встановлений на різцетримачі токарного верстату і з'єднаний з відповідними відомими механізмами.

Оправка жорстко кріпиться в кулачках токарного патрону верстату, а на її зовнішній поверхні нарізана гвинтова канавка кроком, рівним кроку гвинтової заготовки і шириною, більшою товщини стрічкової заготовки з можливістю вільного її входження в неї. Для кріплення кінця стрічкової заготовки на оправці виконано осьовий паз, перпендикулярно до площини гвинтової канавки з можливістю вільного заходу. Пристрій жорстко кріпиться до різцетримача під кутом до оправки, рівним куту підйому гвинтової лінії  $15^\circ$ . Закріплення кінця заготовки здійснюється наступним чином. Кінець стрічкової заготовки згинається під кутом  $90^\circ$  і

встановлюється у гвинтову канавку і осьовий паз оправки і в зазор між шківом і затискним диском.

Крім цього з правого торця по центру верхнього вала встановлена маслянка, яка відомими каналами з'єднана з зоною контакту направляючого шківа і затискного диска через радіальні отвори верхнього вала.

Робота пристрою для навивання гвинтових заготовок на оправку здійснюється наступним чином. Після встановлення циліндричної оправки в зону формоутворення на пристрій, де кінець стрічкової заготовки згинають під кутом  $90^\circ$  і його вставляють у паз циліндричної оправки. Після проведення цих та інших підготовчих робіт вмикається верстат і стрічкова заготовка подається в зону формоутворення і здійснюється навивання 0,5...0,75 витка. Після чого здійснюється формоутворення кроку спіралі, яка встановлюється в направляючий ролик. Оправка повертається, і в її гвинтову канавку здійснюється навивання гвинтової заготовки. В разі потреби для підвищення пластичності стрічкової заготовки вмикають індуктор, який здійснює її нагрів, що сприяє покращенню формоутворення гвинтової спіралі і її встановлення у гвинтову канавку оправки. Після закінчення технологічного процесу пристрій для навивання різнопрофільних гвинтових заготовок на оправку відводиться у верхнє положення, а оправка з гвинтовою заготовкою знімається з верстату, а на її місце встановлюється нова.

Спосіб профілювання гвинтових робочих органів по довжині шнека (рис.2) включає в себе осьову подачу труби і раціональну подачу стрічкової заготовки в такій послідовності: перша операція – нарізання по зовнішньому діаметру труби паралельно двох гвинтових канавок прямокутного поперечного січення з перемичкою між ними, шириною 2...4 мм, з рівномірно збільшеним кроком по довжині труби заданого значення на токарному гвинторізному верстаті з числовим програмним керуванням відомим способом. Причому ширина гвинтової канавки є більшим товщини спіралі, а друга канавка шириною 2...4 мм і глибиною 2...4 мм.

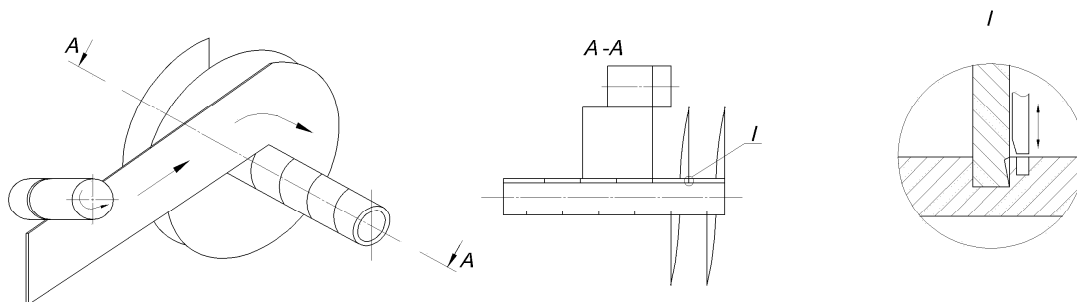


Рис. 2. Спосіб профілювання гвинтових робочих органів по довжині шнека

Друга операція – оброблення труби з виготовленням стрічкової заготовки, де на стрічковій заготовці знизу на відстані 3...7 мм виконують прямокутну фаску глибиною 1...1,5 мм. Причому стрічкову заготовку встановлюють на трубу тангенціальною подачею з попереднім її натягом в канавку і деформують перемичку до її взаємодії з прямокутною фаскою стрічкової заготовки відомим способом за допомогою формувального ролика, який притупляє гострі кромки на спіралі. В разі необхідності для забезпечення надійного контакту між двома з'єднувальними елементами в зону їх спряження подають олов'яно-свинцевий припій. Проводять зварювання контактним способом з прикладанням зварювального зусилля до стрічкової заготовки перпендикулярно до напрямку її переміщення і нагріву струмами високої частоти спеціальною відомою установкою, яка на кресленні не показана. Ця операція виконується на токарному або іншому верстаті з підігрівом прямокутної гвинтової канавки і стрічкової заготовки на трубі струмами високої частоти відповідної установки і індуктора.

Основні операції способу профілювання гвинтових робочих органів зі збільшеним кроком здійснюється на наступному обладнанні: нарізання різи на токарному верстаті з числовим програмним керуванням 16K20Ф3, нагрів заготовки здійснюється установкою струмів високої частоти. Рівномірне збільшення кроку спіралі на довжині труби залежить від її розміру і середніх значень шнеків знаходиться в межах 0,5...1 мм на один крок.

Запропонований спосіб профілювання гвинтових робочих органів може мати широке використання при транспортуванні насінневих і сипких матеріалів, виготовлення нафтових скважин та інше.

До переваг способу профілювання гвинтових заготовок відноситься розширення технологічних можливостей, зменшення зусилля транспортування і травмування насіння і покращення технологічності конструкції гвинтових робочих органів.

Закон зміни ширини поперечного перерізу смуги, виходячи з того, що максимальне радіальне напруження  $\sigma_\rho$  мале порівняно з напруженням течії  $\sigma_s$ , при використанні умови постійності деформованого об'єму можна виразити залежністю:

$$h_\rho = H_0 \sqrt{\rho_0 / \rho}$$

де  $h_\rho$  – товщина поперечного перерізу на відстані  $\rho$  від центра кривизни;

$\rho$  – поточний радіус кривизни;

Радіус нейтрального шару деформації  $\rho_0$  при відомому відношенні ширини спіралі до початкової ширини заготовки  $\beta = B_1 / B$  можна виразити з умови постійності елементарної ділянки до і після згину:

$$\rho_0 = \beta^2 \left[ \frac{2\rho_c}{(\sqrt{R} + \sqrt{r})} \right]^2$$

де  $\rho_c$  – радіус центру тяжіння перерізу товщини спіралі;

$R$  і  $r$  – відповідно зовнішній і внутрішній радіуси витка;

Залежності, які зв'язують момент згину  $M_{z2}$  і поздовжню силу  $N$ , що діють у граничному перерізі:

$$N = (\mu_\rho + \mu_0 + tg\gamma_p) P;$$

$$M_\sigma = \left[ l + (\mu_\rho + tg\gamma_p) R + \mu_0 r \right] P,$$

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

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

$\mu_0, \mu_\rho$  – коефіцієнт тертя стрічки відповідно до оправки і ролика;

$M_\sigma = M_{z2} + N_{\rho c}$  – момент від тангенціальних напружень по висоті заготовки.

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

$$M_\rho = \rho_{np} N$$

де  $\rho_{np}$  – приведений радіус прикладання поздовжньої сили, що визначається умовами навівання;

Розв'язок рівняння рівноваги і пластичності для згину моментом і повздовжніми силами відрізняється від рішення для чистого згину граничними значеннями радіальних стискуючих напружень на оправці, де вони

$$\sigma_r = \frac{N}{H_0 \sqrt{r\rho_0}}.$$

Момент, необхідний для навівання спіралі на оправку, залежить від конструктивних особливостей оправок і в загальному випадку визначається залежністю:

$$M_H = k_M P \left[ l + (\mu_\rho + tg\gamma_p) R \right],$$

де  $k_M$  – коефіцієнт, який враховує конструктивне виконання оправки.

Як показали дослідження, значення радіусів нейтральної поверхні напружень, розраховані без і з урахуванням зміцнення, відрізняються незначно. Тому при розрахунку згину заготовки на ребро із зміцнюючи матеріалів у першому наближенні радіус нейтральної поверхні напружень знаходять без урахування зміцнення.

**Висновки:**

1. Розроблено і виготовлено пристрій для навивання гвинтових заготовок на оправку.
2. Розроблено спосіб профілювання гвинтових робочих органів по довжині шнека з розширеними технологічними можливостями і покращеною технологічністю конструкції гвинтових робочих органів.
3. Виведені аналітичні залежності для визначення силових параметрів процесу профілювання гвинтових заготовок.

1. Патент № 87037, Україна, МПК В21D 11/06. Пристрій для навивання гвинтових заготовок. Заявники і власники патенту: Ляшук О.Л., Гурик О.Я., Кучвара І.М., Гевко І.Б., Саранчук Л.І. Заявл: 29.04.2013; опубл: 27.01.2014, Бюл.№ 2.
2. Пилипець М.І. Проектування секційних гвинтових заготовок / М.І. Пилипець, В.В. Васильків. – Тернопіль: видавництво ТНТУ імені Івана Пулюя, 2013. – 180 с.
3. Гевко І. Аналіз конструкцій і розрахунок завантажувальної здатності насадок гвинтових конвеєрів / І. Гевко // Збірник наукових праць НАУ. – 2000. – Т. 7, – С. 160–163.
4. Гевко І. Б. Гвинтові транспортно-технологічні механізми: розрахунок і конструювання / І. Б. Гевко. – Тернопіль: ТДТУ імені Івана Пулюя, 2008. – 307 с.

Стаття надійшла до редакції 24.02.2014.