



## МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛОБРОБКА

УДК 621.21

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГВИНТОВИХ ДЕТАЛЕЙ  
У МАШИНОБУДУВАННІ

*Гевко Богдан Матвійович* д.т.н., професор  
*Третяков Олександр Леонідович* аспірант  
*Дмитренко Віктор Петрович* аспірант  
*Котик Роман Миколайович* аспірант

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

*Hevko B.*

*Tretiakov A.*

*Dimitrenko V.*

*Kotik R.*

*Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University*

**Анотація:** в машинобудуванні гвинтові механізми (шнеки, пружини, гвинтові механізми) різного службового призначення широко використовуються у всіх галузях народного господарства, які характеризуються простою конструкцією, зручністю в експлуатації, надійністю в роботі та інше. У випадку навівання на ребро широкополосних шнеків здійснюють шляхом фіксації внутрішньої кромки з одночасним зменшенням плеча згинної сили. Реалізація вказаної умови здійснює навівання витків, з співвідношенням ширини полоси до її довжини в межах 15...20. Особливості виготовлення пружин круглого, квадратного і прямокутного поперечного січення є використання ресорно-пружної сталі 65Г...80Г та інших легованих з гартуванням при температурі 824...840.

Найбільш часто зустрічаються пружини з співвідношенням січень витків з співвідношенням більшої сторони пружини до її кроку  $b/h=3,0$ . Шнеки, які виготовляють зварними доцільно виготовляти з сталей 08КП, 10КП, Ст3, 65Г та інших. Крім цього шнеки доцільно виготовляти з легованих конструкційних сталей, чавуну, пластичних мас та інше.

Матеріали для пружин повинні відповідати вимогам високої статичної, динамічної, ударної і втомної міцності і вимогам стабільності пружних властивостей в часі, крім цього вони повинні мати достатню пластичність. Їх доцільно виготовляти з ресорно-пружних гарячекатаних сортових сталей, як наприклад 65Г, 70Г, 85Г та інших.

**Ключові слова:** гвинтові деталі, шнеки, пружини, механізми гвинтові.

### **Аналіз останніх результатів досліджень**

Питаннями обґрунтування параметрів гвинтових шнекових механізмів (ШМ) присвячені праці Григор'єва А.М. [1], Герман Х. [2], Гевко Б.М. [3], Лисовою М.Н. [4], Мошніна Е.М. [5] та багатьох інших авторів.

Питаннями обґрунтування параметрів гвинтових пружин присвячені праці Пономарьова С.Д. [6], Курендаша Р.С. [7], Батанова М.В. [8] та багатьох інших. Однак цілий ряд питань, які стосуються підвищення експлуатаційної надійності і довговічності, продуктивності і розширення їх технологічних можливостей.

### **Мета роботи**

Обґрунтування конструкторсько-технологічних параметрів гвинтових елементів механізмів машин на основі ресурсозберігаючих технологій.

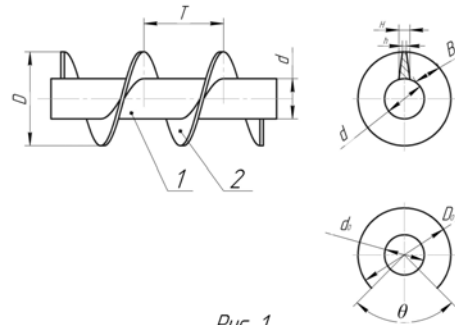
### **Реалізація роботи**

Механізми з гвинтовими робочими органами отримали широке використання у всіх галузях народного господарства, завдяки концентрації різних операцій у поєднанні з транспортуванням. До основних переваг гвинтових механізмів (ГМ) відноситься неперервність переміщення сипких і зернових матеріалів, простота конструкції і надійність в експлуатації, можливість повної автоматизації із застосуванням регулювання і контролю, транспортування вантажів по криволінійним траєкторіям, та інше.

Багато різних сільськогосподарських і дорожніх машин, обладнання харчової та легкої промисловості, цілий ряд будівельних і транспортних пристроїв, машин тваринницьких ферм і металорізального обладнання оснащені шнековими механізмами. При їх виробництві важливою ланкою технологічного процесу є виготовлення спіралей.



В залежності від конструктивних параметрів гвинтових стрічок, умов роботи і програми випуску вибирають спосіб їх виготовлення, визначає економічність, довговічність і точність виробу. Найбільш прогресивний - спосіб навивки спіралей на оправку зі смуг прямокутного або іншого виду січення, який не вимагає дорогого спеціального обладнання, відрізняється великою економічністю, зносостійкістю виробів, точністю виготовлення. Однак він не знайшов широкого застосування на практиці, так як при значному відношенні висоти перетину смуги до її товщини процесу гнуття є нестійким, стрічка лягає на оправку, спостерігаються розриви металу і гофрування по внутрішній кромці.



**Рис. 1. Конструкція шнека: а – загальний вигляд; б – розвертка одного витка на площину**

Зі збільшенням продуктивності машин, оснащених шнековими механізмами, збільшилися їх габаритні розміри особливо зовнішні діаметри шнеків, зросли і питомі навантаження. Збільшення зовнішнього діаметра доцільно вести в можливих межах коефіцієнта витяжки. Перевищення його призводить до не технологічності конструкції, виготовляти які доводиться штампуванням зі зварюванням або прокаткою з підігрівом.

При дослідженні процесу формоутворення спіралей шнеків встановлені основні точносні характеристики методів навивки і прокатування. Визначені зовнішній і внутрішній діаметри, товщина по зовнішній і внутрішній кромках, крок витка і стабільність. Проведені порівняльні дослідження двох основних способів по виявленню можливості виготовлення гвинтових стрічок з мінімальними внутрішніми діаметрами.

Відхилення спіралей шнеків по зовнішньому діаметру в діапазоні розмірів по ГОСТ 2705-73, отриманих методом навивки, в 2...2,5 рази менше, ніж при прокатуванні, а зміна кроку гвинтової стрічки також в 2,4...3,0 рази менше. Важливим чинником, що визначає надійність і довговічність шнека, є різниця в товщині внутрішньої і зовнішньої кромки. При прокатуванні товщина зовнішньої кромки в 1,5...2,6 рази менше, ніж внутрішньою. [3]

При навивці ця різниця зведена до мінімуму і складає 0,1...0,20мм на 1мм товщини навивної смуги проти 0,3...0,6мм для прокатування. Таким чином, товщина смуги на зовнішній кромці для одного і того ж типорозміру значно більше при навивці, чим при прокатуванні. До техніко-економічних переваг навивки також відноситься можливість здобуття спіралей з мінімальним внутрішнім діаметром - 8...12мм, виготовлення яких методом прокатування утруднене.

Для досягнення точності шнеків по зовнішньому діаметру після зварки їх необхідно рихтувати і проточувати на токарному верстаті. При цьому економічна точність складає 8 ... 9 квалітетів, а  $Rz=20...60$  мкм. [8].

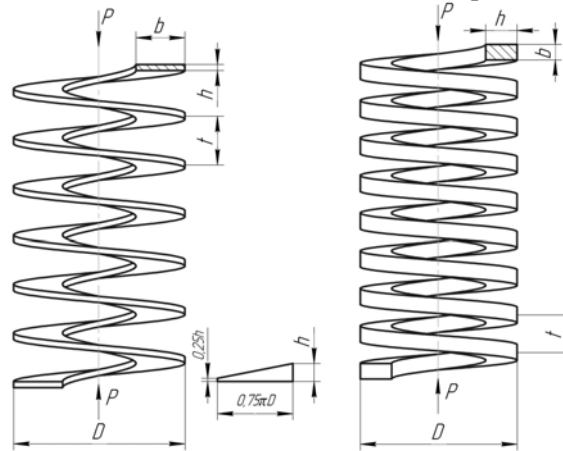
Крім цього гвинтові елементи у вигляді пружини різних типів і конструкцій використовуються у різних механізмах машин і в виробках точної механіки. Вони призначені для виконання певних відповідальних функцій: силового замикання, створення відновлювального моменту в коливальних системах, акумулювання енергії, вимірювання сил і моментів. Використання пружин дозволяє значно спростити схеми і змінити габаритні розміри механізмів. Іноді без застосування пружин взагалі неможливо функціонування найпростіших механізмів.

У металорізальних верстатах, автомобілях, тракторах, сільськогосподарських і текстильних машинах, в автоматичних і телемеханічних апаратах і пристрої контролю і управління технологічними процесами, а також в електроапаратурі налічується від кількох десятків до сотень штук пружин в одному агрегаті.

Наскільки правильно обрана конструкція і технологія виготовлення пружини і визначені її розміри, настільки надійно працюватимуть механізм і машина в цілому, в яких передбачена установка пружини.



У зв'язку з значним розширенням робіт по автоматизації виробничих процесів, а також переходом приватної автоматизації виробничих процесів комплексної автоматизації проектування нових автоматичних пристроїв і ліній вимагатиме застосування більш досконалих пружних елементів, які характеризуються великою довговічністю і надійністю в роботі.



**Рис. 2. Конструкції пружин: а – прямокутного і б – квадратного поперечного січення**

Тому області застосування пружин значно розширюються. Розрахунок і конструювання, технологія виготовлення і покращення якості матеріалу і їх деталей набувають першочергового значення.

Пружини можна класифікувати по різних ознаках, наприклад по їх призначенню. В цьому випадку розрізняють: 1) силові пружини, що забезпечують дію певних зусиль на заданій ділянці дороги; 2) амортизатори, що сприймають миттєву кінетичну енергію удару і розсіюючи її в часі в роздробленому вигляді завдяки пружним коливанням; 3) пружини джерела руху – рушії. Зважаючи на загальні або близькі за технологією виготовлення методи конструювання і розрахунку вельми зручно класифікувати пружини формою. Згідно цієї класифікації розрізняють: а) гвинтові пружини; б) спіральні пружини; у) прямі і зігнуті пружини; г) кільцеві пружини; д) тарілчасті пружини.

Матеріал для пружин повинен задовільняти вимогам високої статичної, динамічної, ударної і втомної міцності і вимогам стабільності пружних властивостей в часі; крім того, він повинен володіти достатньою пластичністю. Фізико-хімічні властивості матеріалу для пружин залежать від хімічного складу, структури, термічної обробки, стани поверхні і ін.

Пружини виготовляються переважно з якісної пружинної гарячекатаної сортової сталі. У праці [8] приведені механічні властивості і температурні режими термічної обробки найбільш поширених сталей для пружин.

Наявність легуючих компонентів сприяє підвищенню межі пружності пружинної сталі, наближаючи його до межі міцності.

Вибір марки сталі зазвичай виробляють лише після встановлення передбачуваної форми і розмірів заготовки. При цьому враховуються такі чинники, як умови експлуатації пружин, їх призначення і відповідальність. Характер додатка навантаження і її циклічність в часі, стан і температура довкілля, технологія виготовлення, а також міркування економії і дефіцитності легуючих присадок — питання першорядної ваги при виборі матеріалу для пружин.

Враховуючи економію і дефіцитність легуючих складових, найвигідніше застосовувати для всіляких пружин вуглецеві пружинні сталі. Для забезпечення повноцінного прогартування рекомендують застосовувати смуговий матеріал завтовшки до 15 мм або круглі матеріали діаметром до 15 мм.

Марганцеві сталі із-за дешевизни, хорошого прогартування і великої чистоти поверхні після гарячої механічної обробки зайняли також досить міцне місце серед матеріалів для пружин. Основним їх недоліком є підвищена чутливість в процесі термічної обробки до утворення тріщин і перегрівів. Кремнієві сталі є найменш дефіцитними, добре оброблюваними і добре прогартуваними матеріалами. Діаметри заготовок можуть доходити до 25 мм. Хромомарганцеві сталі досить дорогі, характеризуються високою міцністю і прогартованістю. Граничні розміри заготовок доходять до 30 мм. Хромованадієва пружинна сталь володіє високими механічними показниками і особливо високою втомною міцністю. Ця сталь вельми дорога. Вона є найбільш якісним матеріалом для пружин, що працюють при підвищеній температурі в корозійному середовищі і багатократних повторних динамічних навантаженнях. Її застосовують переважно для клапанних пружин двигунів внутрішнього згорання.

В результаті досліджень встановлено, що зі збільшенням вмісту кремнію в сталі збільшується



її опірність багатократним повторним ударним навантаженням. В цьому відношенні найкращими матеріалами вважаються кремневольфрамові і хромованадієві сталі.

Як напівфабрикат для виготовлення пружин промисловістю випускається смугова сталь, дріт і стрічка. В даний час застосовуються холодна і гаряча навивка витих пружин. Для виготовлення холодновитих пружин використовують відпалений або заздалегідь підготовлений матеріал. У першому випадку пружини після навивки піддаються гарту і відпустці. В разі вживання заздалегідь підготовленого матеріалу (переважно вуглецеві сталі) після навивки необхідна лише відпустка пружин.

При гарячій навивці пружин попередня термічна обробка заготовки не має істотного значення. Надалі, після виготовлення пружин гарячою навивкою, пружини піддаються термічній обробці. Пружини, що виготовляються з легованих сталей, рекомендують піддавати термічній обробці (закалювання і відпуск) лише в готовому вигляді. Виключення в цьому випадку є кремневольфрамові і хромованадієві сталі. Із заздалегідь підготовленого холоднокатаного кремневольфрамового і хромованадієвого дроту виготовляються клапанні пружини. В даний час розрізняють три різновиди заздалегідь підготовленого матеріалу (дроту): а) холоднокатаний (запатентований); б) твердотягнутий; в) термічно оброблений.

Всі пружини по характеру сприйманого ними навантаження можна розділити на три групи. Пружини статичної дії (притискні і запобіжні пристрої), що піддаються дії певної величини статичного навантаження, максимальним розрахунковим навантаженням, що є. Напруга, що допускається, для цієї групи пружин підбирає залежно від механічних властивостей вибраного матеріалу.

Пружини обмежено кратної пульсуючої дії (операційні пружини в машинах — знярядях), що піддаються дії змінних пульсуючих навантажень: а) пульсуючою плавною з кратністю до 100000 циклів і б) пульсуючою ударною.

Пружини необмежено кратної вібраційної дії (клапанні пружини), що піддаються дії багатократного динамічного і вібраційного навантаження. Розрахунок пружин цієї групи виробляють на втомну міцність і перевіряють на резонанс. Матеріал для пружин і відповідно напруга, що допускається, підбирає, орієнтуючись на межу втоми [7] і умови роботи пружини.

У першому наближенні для попередніх розрахунків можна приймати  $k$  у межах  $1,2 \div 1,4$ . В цьому випадку розрахункова формула може бути переписана у вигляді:

$$\tau_{\max} = k\tau = k \frac{8Pm}{\pi d^3} \leq [\tau]_k, \quad (1)$$

звідки діаметр

$$d = \sqrt[3]{\frac{8kPm}{\pi[\tau]_k}} = 1,6 \sqrt[3]{\frac{kPm}{[\tau]_k}}. \quad (2)$$

Шляхом підстановки в ці формули вираження  $P$  з формули міцності пружини на кручення

$$P = \frac{\pi d^3 [\tau]_k}{8m} \quad (3)$$

отримаємо величину ходу

$$f = \frac{\pi m D [\tau]_k n}{G} \quad (4)$$

і відповідно число витків

$$n = \frac{fG}{\pi m D [\tau]_k} \quad (5)$$

Індексом пружини  $m = \frac{D}{d} = 6 \div 8$ , знаходять відповідний останньому (індексу) коефіцієнт перевантаження  $k$  і визначають основні розміри гвинтової пружини в такій послідовності. По формулі (2) встановлюють діаметр дроту  $d$ . Згідно з вираженням  $m = \frac{D}{d}$  знаходять середній діаметр витка  $D = md$  і по величині ходу  $f$  по формулі (4) визначають необхідне число витків.

### Висновки

Приведені конструкторсько-технологічні характеристики гвинтових елементів відповідних механізмів і пружних елементів пристроїв і механізмів. Приведена методик розрахунку пружин і умови їх роботи і вибір матеріалу.

### Список літератури

1. Григорьев А.М. Винтовые конвейеры / А.М Григорьев. - М. : Машиностроение, 1972 – 184с.
2. Герман Х. Шнековые машины в технологии / Х. Герман // Под ред. Фридмана М.Л. Ленинград – 1975-232с.



3. Гевко Б.М. Технология изготовления спиралей шнеков / Б.М. Гевко Изд. при Львовском гос. у-те. "Вища школа" 1986-125с.
4. Лисовой М.Н. Теория и расчет процессов изготовления деталей методами гибки / М.Н. Лисовой. - М.:Машиностроение 1966 -236с.
5. Мошинин Е.М. Гибка и правка на ротационных машинах / Е.М. Мошинин. - М. Машиностроение, 1977 -269с.
6. Пономарев С.Д. Пружинны, их расчет и конструирование / С.Д. Пономарев. - М.:Машигиз, 1954-182с.
7. Курандаш Р.С. Конструирование пружин / Р.С. Курандаш. Научно-техническое изд. Машиностроение. 1958-107с.
8. Батанов М.В. Пружинны / М.В. Батанов, Н.В. Петров.- Л.:Машиностроение 1968 - 215с.
- 9 Гевко Б.М. Механізми з гвинтовими пристроям / Б.М. Гевко, Р.М. Рогатинський. - Львів, Видавн. "Світ" 1993 - 205с.

### References

1. Hryhor'ev A.M. Vyntovyye konveyery / A. M Hryhor'ev. - M. : Mashynostroenye, 1972 – 184s.
2. Herman Kh. Shnekovyye mashyny v tekhnolohyy / Kh. Herman // Pod red. Frydmana M.L. Lenynhrad – 1975-232s.
3. Hevko B.M. Tekhnolohyya yz-hotovlenyya spyraley shnekov / B.M. Hevko Yzd. pry L'vovskom hos. u-te. "Vyshcha shkola" 1986-125s.
4. Lysovoy M.N. Teoryya y raschet protsesov yz-hotovlenyya detaley metodamy hybky / M.N. Lysovoy. - M.:Mashynostroenye 1966 -236s.
5. Moshynyn E.M. Hybka y pravka na rotatsyonnykh mashynakh / E.M. Moshynyn. - M. Mashynostroenye, 1977 -269s.
6. Ponomarev S.D. Pruzhyny, ykh raschet y konstruyovanye / S.D. Ponomarev. - M.:Mashhyz, 1954-182s.
7. Kurandash R.S. Konstruyovanye pruzhyn / R.S. Kurandash. Nauchno-tekhnicheskoye yzd. Mashynostroenye. 1958-107s.
8. Batanov M.V. Pruzhyny / M.V. Batanov, N.V. Petrov.- L.:Mashynostroenye 1968 - 215s.
- 9 Hevko B.M. Mekhanizmy z hvyntovymy prystroyamy / B.M. Hevko, R.M. Rohatyn's'kyu. - L'viv, Vydavn. "Svit" 1993 - 205s.

## КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВИНТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

**Аннотация:** в машиностроении винтовые механизмы (шнеки, пружины, винтовые механизмы) различного служебного назначения широко используются во всех отраслях народного хозяйства, характеризующиеся простотой конструкции, удобством в эксплуатации, надежностью в работе и прочее. В случае навивки на ребро широкополосных шнеков осуществляется путем фиксации внутренней кромки с одновременным уменьшением плеча сгибающей силы. Реализация указанного условия осуществляет навивки витков, с соотношением ширины полосы к ее длине в пределах 15 ... 20. Особенности изготовления пружин круглого, квадратного и прямоугольного поперечного сечения является использование рессорно-упругой стали 65Г ... 80Г и легированных с закаливанием при температуре 824 ... 840. Наиболее часто встречаются пружины с соотношением января витков с соотношением большей стороны пружины к ее шага  $b / h = 3,0$ . Шнеки, которые изготавливают сварными целесообразно изготавливать из сталей 08КП, 10КП, Ст3, 65Г и др. Кроме этого шнеки целесообразно изготавливать из легированных конструкционных сталей, чугуна, пластических масс и др. Материалы для пружин должны соответствовать требованиям высокой статической, динамической, ударной и усталостной прочности и требованиям стабильности упругих свойств во времени, кроме этого они должны иметь достаточную пластичность. Их целесообразно изготавливать из рессорно-упругих горячекатаных сортов сталей, например 65Г, 70Г, 85Г и др.

**Ключевые слова:** винтовые детали, шнеки, пружины, механизмы винтовые.

## STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL DESCRIPTION DETAILS SCREW IN MECHANICAL ENGINEERING

**Summary:** in engineering screw mechanisms (screws, springs, screw mechanisms) different official designation is widely used in all sectors of the economy, characterized by simplicity of design, ease of operation, reliability in operation and more. In the case of coiling on the edge broadband screw fixation is performed by the inner edge of the shoulder with a simultaneous decrease bending strength. Implementation of the specified conditions shall coiling coils, with a ratio of width to its length band within 15 ... 20. Features of the manufacture of springs of round, square and rectangular cross-section is the use of elastic steel Leaf 80g 65G ... and other alloyed with hardening at 824 ... 840. The most common spring of January turns ratio with a ratio greater side spring to her step  $b / h = 3,0$ . Screws, which produce welded steel advisable to make of 08KP, 10KP, ST3, 65G, and others. Also advisable screws manufactured from alloy structural steels, cast iron, plastics and more. Materials for springs must meet high static, dynamic, shock and fatigue strength requirements of the Stability and elastic properties over time, in addition, they must have sufficient ductility. It is expedient to make out Leaf-elastic hot-rolled section steel, such as 65G, 70g, 85H, and others.

**Keywords:** screw parts, screws, springs, screw mechanisms.