

УДК621.87

В. Диня, канд. техн. наук

Відокремлений підрозділ національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут»

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ШЛІЦЬОВИХ З'ЄДНАНЬ МЕХАНІЗМІВ МАШИН ОДНОСТОРОННЬОЇ ДІЇ

***Резюме.** Приводи односторонньої дії застосовуються в механізмах приводів малих переміщень металорізальних апаратів, транспортно-технологічних систем, сільськогосподарських і піднімально-транспортних машин, мотоциклів, велосипедів тощо. Розроблено й наведено приводи односторонньої дії гнучких трубчастих конвеєрів і пристроїв для регулювання положення довбальних різців при нарізуванні внутрішніх гвинтових шліцьових канавок. Наведено також конструкцію кулькового шліцьового з'єднання (КШЗ) односторонньої дії, що забезпечує більшу чутливість механізму і значно менші зусилля осевого переміщення за рахунок використання тіл кочення й підвищення їх надійності та експлуатаційної довговічності. Основними конструктивними елементами КШЗ є бігові доріжки, які виконані у вигляді кільцевих канавок під кульки або ролики. Наведено методику розрахунку КШЗ для визначення міцності поверхонь вала і втулки за умови контактних напружень.*

***Ключові слова:** кулькове шліцьове з'єднання, міцність, контактні напруження, осеві переміщення, односторонній привод.*

V. Dunya

PERCULIARITIES OF CALCULATION SLOT JOINTS IN ONE-SIDED MACHINE MECHANISMS

***Summary.** Creation of new type machines and mechanisms of transporting-technological systems and their drives promotes the further development of production due to the improvement of their design, raising of labour productivity and operating reliability. Drives of the machine transporting-technological systems are characterized by the variety of constructions and technologies of their production, the characteristic of functioning and operating peculiarities. Among them drives are of special importance, which, according to their functional purpose, must provide the torque transmission only in one direction, and in the other one – joining and transporting elements lock. Such drives are used in the small displacement drive mechanisms of metal-cutting devices, transporting technological systems, agricultural and elevating-transporting machines, motorcycles, bikes, etc. One-sided drives of flexible tube conveyer and the device for adjustment of the slotting cutters location while cutting the inside screw slot grooves, have been developed. The construction of the one-sided ball slot joint (BSJ), which provides better mechanism sensitivity and small enough forces of the axial displacement due to the usage of the rolling bodies and raising their reliability and operating durability, has been presented. The main construction BSJ elements are bearing races, which are made as the ring slot for the balls or rolls. The rolling elements in these joints must provide two important functions: decrease of the axial displacement force and joining elements lock while reversing. The method of the BSJ calculation for determination of the shaft and bush surface strength under contact strain, has been presented. To increase the BSJ loading ability it is reasonable to use elements, which would provide much more contact area on the side surfaces of the one-sided driving shaft and to use high-quality steels for their production.*

***Key words:** ball slot joint, strength, axial displacement, one-sided drive.*

Умовні позначення:

z – число роликів;

F_n – нормальна сила тиску на кульку, Н;

D – діаметр вала;

σ_H – контактні напруження, Н/м²;

$[\sigma_H]$ – допустимі контактні напруження, Н/м²;

α – кут між напрямком дії коллової сили і нормаллю від точки контакту кульки з поверхнею лунки, град;

ρ_{np} – приведений радіус кривини, мм;

K_T – граничне відхилення кроку від номінального, %;

T – крутний момент, Н·м;

F_n – нормальна сила тиску, Н;

l – довжина ролика, мм;

E_{np} – модуль пружності;

d – діаметр шарнірів ланок ланцюга, мм;

R – радіус розміщення кульок, мм;

C – жорсткість пружини, мм/Н;

Δ_0 – попередня деформація пружини, мм;

h_l – глибина лунки, мм;

r_k – радіус кульки, мм;

β – кут нахилу робочої поверхні пластини відносно бокової стінки, град;

ρ – кут тертя між кулькою і поверхнею лунки, град;

f – коефіцієнт тертя між кулькою і поверхнею посадочного отвору.

Постановка проблеми. Створення нових типів машин і механізмів транспортно-технологічних систем машин (ТТСМ) і їх приводів сприяє подальшому розвитку виробництва стосовно підвищення продуктивності праці за рахунок удосконалення їх конструкцій і технологій виготовлення. Приводи транспортно-технологічних систем машин характеризуються різноманітністю конструкцій та технологіє їх виготовлення, характером функціонування й особливістю роботи. Серед них особливе місце займають приводи, які за своїми функціональними призначеннями повинні забезпечувати передачу обертових моментів лише в одному напрямку, а в іншому – стопоріння з'єднувальних і транспортуючих елементів. Такі конструкції застосовуються в механізмах приводів односторонньої дії, ТТСМ, у механізмах малих приміщень металорізальних верстатів, насосів, сільськогосподарських машин, мотоциклів, велосипедів тощо.

У зв'язку з цим обґрунтування параметрів технологічних процесів виготовлення деталей спеціальних приводів односторонньої дії, розроблення технологічного оснащення, різальних і вимірювальних інструментів є актуальним завданням машинобудівних підприємств України.

Аналіз досліджень і останніх публікацій. Дослідженню шліцьових з'єднань односторонньої дії присвячені праці Павлище В.Т. [1], Малащенко В.О. [2], Решетова Д.Н. [3] та багатьох інших. Однак цілий ряд питань проектування й виготовлення кулькових і роликівих КШЗ потребують подальших досліджень й розроблення відповідних технологічних процесів і технологічного оснащення для їх виготовлення, підвищеної чутливості, експлуатаційної надійності та довговічності.

Мета роботи. Існує велика кількість вузлів, які за своїм функціональним призначенням повинні забезпечувати передачу крутного моменту лише в одному

напрямку, а в іншому – стопоріння з'єднувальних елементів. Ці вузли використовуються в механізмах односторонньої дії, наприклад, у насосах, велосипедах, мотоциклах, а також у механізмах передач односторонньої дії металорізальних верстатів, сільськогосподарських машин тощо.

Проте ці вузли є громіздкими за своєю конструкцією і складаються зі значної кількості елементів, що робить їх не надто надійними і нечутливими.

Тому метою роботи є проектування та визначення основних конструктивних параметрів передачі, які б забезпечували зазначені технічні вимоги при невеликих габаритних розмірах і значній навантажувальній здатності з'єднання односторонньої дії, а також розроблення прогресивних технологій їх виготовлення.

Реалізація роботи. Розглядаючи шліцьові з'єднання, з точки зору їх функціональної здатності, слід відзначити, що основними напрямками їх удосконалення є надання цим з'єднанням додаткових можливостей без втрати основного функціонального призначення. Прикладом цього є розроблення конструкцій кулькових шліцьових з'єднань, що забезпечують значно менші зусилля осьового переміщення за рахунок використання тіл кочення й підвищення їх надійності та експлуатаційної довговічності. Проте додаткові функціональні можливості часто супроводжуються втратою навантажувальної здатності передачі при передаванні крутного моменту.

На рисунку (рис. 1а, б) представлені нові конструкції приводних механізмів машин односторонньої дії гнучкого трубчастого конвеєра (рис. 1а) і пристрій для регулювання положення довбальних різців при нарізуванні внутрішніх гвинтових шліцьових канавок (рис. 1б).

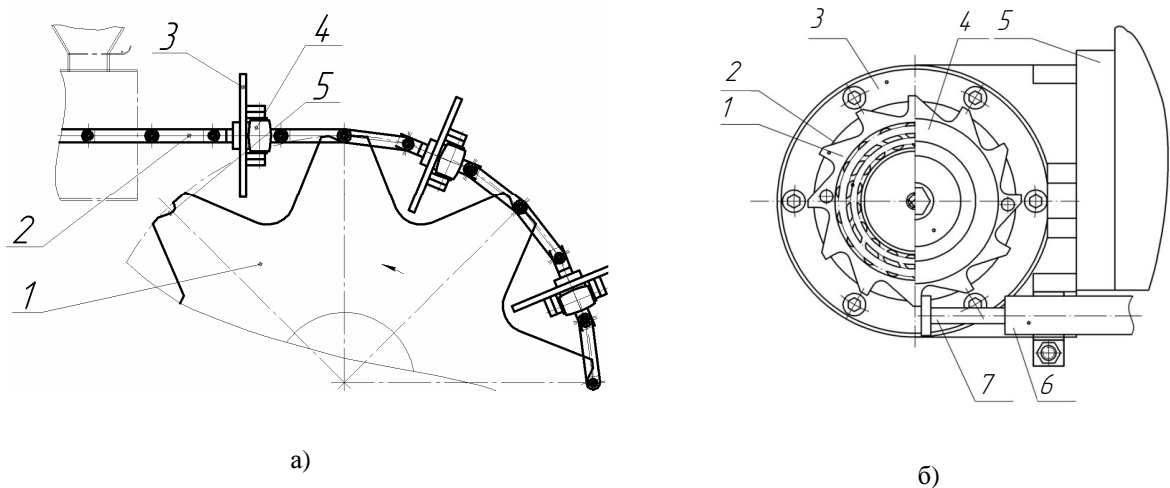


Рисунок 1. Елементи приводних механізмів машин односторонньої дії:

- а) – приводний механізм гнучкого трубчастого конвеєра:
 1 – спеціальний приводний елемент; 2 – приводний безвтулковий ланцюг;
 3 – круглі подаючі диски; 4 – опорні еластичні ролики; 5 – поверхня зачеплення;
- б) – пристрій для регулювання положення довбальних різців при нарізуванні внутрішніх гвинтових шліцьових канавок: 1 – приводний елемент односторонньої дії;
 2 – задня поверхня приводного елемента; 3 – корпус; 4 – обгінна муфта;
 5 – повзун довбального верстата; 6 – пневмоциліндр; 7 – шток

Figure 1. One-sided machine mechanisms driving elements:

- a) driving mechanism of flexible tube conveyer.
 1 – special driving element; 2 – driving bush-free chain; 3 – round feeding disks;
 4 – supporting elastic rolls; 5 – clutch surface;
- b) device for adjustment of slotting cutters location while cutting the inside screw slot grooves:
 1 – one- sided driving element; 2 – back surface of driving element; 3 – drive shaft casing;
 4 – overrunning clutch; 5 – slotting machine-tool slide; 6 – pneumatic cylinder; 7 – rod

Розроблено конструкцію трубчастого конвеєра, що являє собою U-подібну трубу, в яку встановлено гнучкий ланцюговий дисковий робочий орган з можливістю осьового переміщення, привода, бункера, завантажувально-розвантажувальних пристроїв, місткість для збирання транспортованої сировини. В конвеєрі застосовується приводний механізм односторонньої дії, оснащений спеціальною приводною зірочкою, що розміщена в площині руху робочого органу і взаємодіє з ланками ланцюга спеціальної конструкції, на якому розміщені круглі диски.

На рис. 2 наведено конструкцію приводної зірочки трубчастого конвеєра.

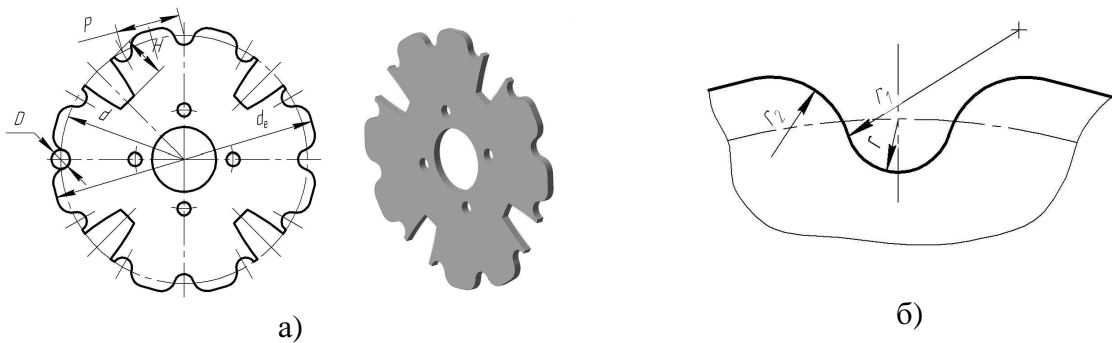


Рисунок 2. Конструкція спеціальної приводної зірочки:
 а) зірочка; б) конструктивні параметри впадини

Figure 2. Construction of the special driving sprocket:
 a) sprocket; b) construction parameters of hollow

Такими властивостями володіє кулькове шліцьове з'єднання односторонньої дії (рис. 3). Принцип дії цього з'єднання покладений в основу роботи обгінних муфт.

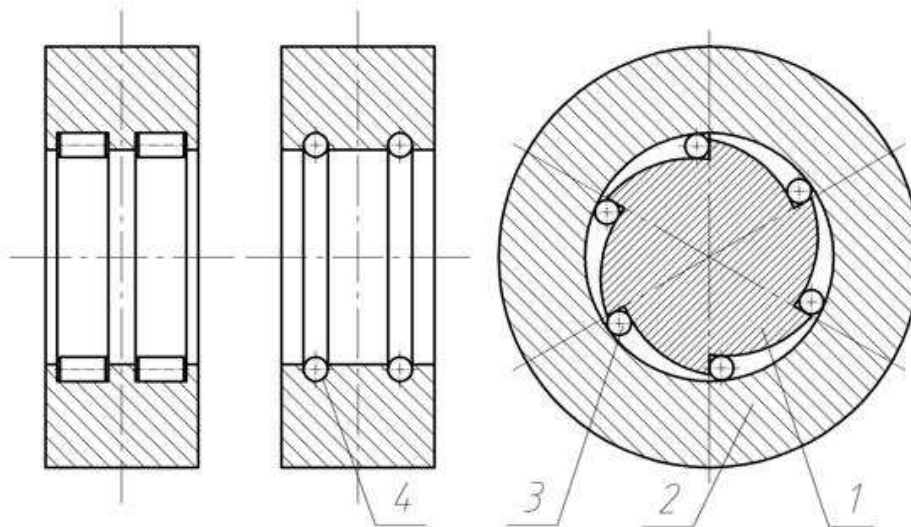


Рисунок 3. Шліцьове з'єднання односторонньої дії з елементами кочення:
 1 – шліцьовий вал; 2 – втулка з внутрішнім циліндричним отвором;
 3 – кульки (ролики); 4 – бігова доріжка

Figure 3. One-sided slot joint with rolling elements: 1 – slot shaft; 2 – bush with inside cylinder hole;
 3 – balls (rolls); 4 – bearing race

Цей тип з'єднання передає крутний момент лише в напрямку збільшення виступів на валу. Бокова частина виступів вала взаємодіє з кульками, попихаючи їх. Таким чином величина зазору між валом і втулкою, в якому знаходяться кульки, залишається незмінною.

При обертанні вала в зворотний бік зазор між валом і втулкою зменшується і кульки затискаються в цьому просторі, заклинюючи елементи з'єднання.

Перевагою такого типу з'єднання є те, що профільна частина з'єднання знаходиться лише на валу, що значно полегшує технологію його виготовлення. Оскільки виготовлення внутрішніх профільних поверхонь високої точності вимагає значних матеріальних і трудових затрат, тому їх конструкції необхідно спростити.

Втулки шліцьових з'єднань односторонньої дії (рис. 4) є досить простої конструкції, оскільки основним конструктивним елементом їх є бігова доріжка, виконана у вигляді кільцевої канавки під кульки або ролики. Для забезпечення рівномірності роботи з'єднання бігових доріжок їх може бути дві або більше з рівномірним розміщенням уздовж осі втулки.

Крім цього, використання кульок значно зменшує осьове зусилля, необхідне на переміщення з'єднувальних елементів.

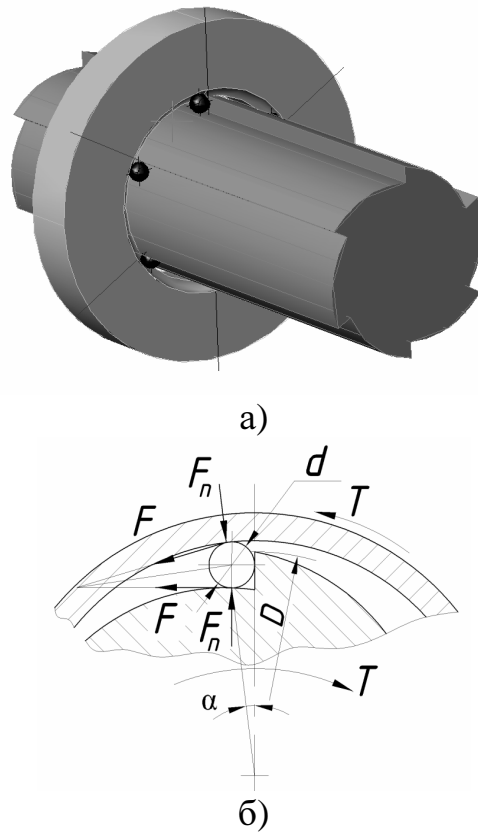


Рисунок 4. Загальний вигляд кулькового шліцевого з'єднання односторонньої дії і його розрахункова схема

Figure 4. General appearance of one-sided ball slot joint and its calculation scheme

На елементи кочення в цьому з'єднанні покладено дві важливі функції:

- стопоріння елементів з'єднання;
- зменшення зусилля осьового переміщення.

Можна зробити висновок про те, що кульки – це саме ті елементи, які сприйматимуть основну частину навантаження. Відповідно, вони вийдуть з ладу швидше, ніж вал чи втулка, що позитивно відобразиться на ремонтпридатності з'єднання, оскільки вартість кульок є значно меншою.

Умова рівноваги обойми

$$K_T = F \frac{D}{2} z = F_n \frac{D}{2} z \operatorname{tg}(\alpha / 2). \quad (1)$$

Міцність елементів кочення і робочих поверхонь вала та втулки розраховують за контактними напруженнями (при $\mu=0,3$)

$$\sigma_H = 0,418 \sqrt{F_n E_{np} / (l \rho_{np})} \leq [\sigma_H]. \quad (2)$$

Сила F_n намагається виштовхнути ролик з паза в напрямку бісектриси кута α .

Для деталей, виготовлених з однаковим модулем пружності, $E_{np}=E$. У випадку плоскої поверхні деталі $\rho_{np}=d/2$.

Враховуючи, що при малих значеннях кута $\alpha \operatorname{tg}(\alpha/2) \approx \alpha/2$, вирази (1 і 2) мають

ВИГЛЯД

$$\sigma_H = 0,418 \sqrt{8K_T E / (Ddlz \alpha)} \leq [\sigma_H]. \quad (3)$$

Для збільшення навантажувальної здатності необхідно використовувати елементи, які б забезпечували значну площу контакту по бокових поверхнях одностороннього вала.

Встановлена залежність для визначення максимального крутного моменту, який може сприймати даний механізм регулювання положення довбальних різців пристрою для довбання внутрішніх гвинтових шліцьових канавок без проковзування кульок по поверхні хрупкого зубчастого колеса [6],

$$T_{\max} = \frac{RC[\Delta_0 + h_a + (h_a - r_k(1 - \cos(\beta/2)))]}{\text{ctg}((\beta/2) + \rho) - f}. \quad (4)$$

Висновки. Розроблено нові конструкції приводних механізмів гнучких конвеєрів і пристрою для регулювання положення довбальних різців, елементів приводних механізмів машин односторонньої дії. Розроблено конструкцію кулькового (роликowego) шліцьового з'єднання, що забезпечує менші зусилля осевого переміщення, чутливість механізму й підвищення їх надійності та експлуатаційної довговічності. Наведено методику розрахунку кулькових шліцьових з'єднань односторонньої дії з визначення міцності поверхонь вала і втулки за умови їх контактних напружень.

Conclusions. New constructions of the flexible conveyer driving mechanisms and the device for the location adjustment of the slotting cutters for one-sided machine driving mechanisms have been developed. The construction of the ball (roll) slot joint, which provides smaller axial displacement forces sensitivity of mechanism and raising of their reliability and operation durability, has been developed. The method for calculation of one-sided ball slot joints and determination of the shaft and bush surfaces strength under the contact strain, has been presented.

Список використаної літератури

1. Павлище, В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин [Текст] / В.Т. Павлище. – К.: Вища школа, 1993. – 556 с.
2. Малащенко, В.О. Муфти приводів. Конструкції та приклади розрахунків: навчальний посібник [Текст] / В.О. Малащенко. – Львів, 2006. – 196 с.
3. Решетов, Д.Н. Надежность машин [Текст] / Д.Н. Решетов и др. – М.: Высшая школа, 1988. – 238 с.
4. Жолобов, О.О. Технологія автоматизованого виробництва: підручник [Текст] / О.О. Жолобов. – Житомир, ЖДТУ, 2008. – 1014 с.
5. Диня, В.І. Підвищення ефективності виготовлення деталей приводних механізмів односторонньої дії [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08 / Диня В.І.; ТНТУ. – Тернопіль, 2012. – 20 с.
6. Шевчук, О.С. Підвищення ефективності виготовлення внутрішніх гвинтових шліцьових канавок [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08 / Шевчук Оксана Степанівна; ТНТУ. – Т.: 2011. – 20 с.

Отримано 21.02.2013