

УДК 621.9.06-233.1-233.2

ДОСЛІДЖЕННЯ ШАРИКО-ГВИНТОВИХ ПЕРЕДАЧ

Артемов В. О. канд. техн. наук, Конев С. В. канд. техн. наук,
Елізаров С. П., канд. техн. наук
Одеський державний аграрний університет
Артемова Л. П., ст. наук. співробітник ТОВ "УкрНДІВП"

Запропонована конструкція стенду для випробувань і обкатки шарико-гвинтових передач, яка забезпечує випробування одночасно двох передач при чистому розтяганні (стисканні) і зниження втрат енергії на тертя

Ключові слова: стенд, шарико-гвинтова передача, випробування, обкатка

Вступ. Шарико-гвинтова передача (ШГП) є механізмом для перетворення обертального руху в поступальне і навпаки. ШГП складається з прецизійного накатного або шліфованого гвинта, гайки з механізмом циркуляції елементів кочення і шариків. Таким чином, на відміну від звичайної передачі гвинт-гайка, ШГП використовує принцип тертя кочення, а не тертя ковзання. Головні переваги передач гвинт-гайка кочення: малий коефіцієнт тертя і, як наслідок, можливість використання менш потужного приводу і меншої кількості мастила; низькі втрати на тертя; коефіцієнт корисної дії цих передач досягає значення 0,9 - 0,95 в порівнянні з 0,2 - 0,4 передач гвинт-гайка ковзання; майже повна незалежність сили тертя від швидкості; можливість повного усунення зазорів і створення натягу, що забезпечує високу осьову жорсткість; висока точність позиціонування; невеликий нагрів в процесі роботи; значно більший експлуатаційний ресурс. ШГП відрізняються високою якістю виготовлення поверхонь кочення, підвищеною плавністю роботи, високою осьовою жорсткістю і високою точністю. Регулювання величини попереднього осьового натягу здійснюється відносним кутовим зсувом двох гайок. Існує декілька способів створення попереднього натягу в гайці з метою підвищення жорсткості системи і усунення зазору. ШГП характеризуються такими параметрами як діаметр гвинта, крок різьби, клас точності ШГП і попередній натяг. Залежно від класів точності ШГП можна умовно розділити на шарико-гвинтові передачі для транспортних застосувань і прецизійні шарико-гвинтові передачі. В даний час шарико-гвинтові передачі широко застосовуються не тільки у верстатобудуванні, але і в автомобілебудуванні, авіабудуванні, залізничному транспорті, виробництві дорожніх машин, атомній енергетиці і т.і. [1].

Проблема. Вантажопідйомність і довговічність ШГП визначається характером розподілу навантаження між витками. У спрощеному розрахунку

використовують стрижньові моделі для тіл гвинта і гайки [2]. Точність розв'язання відносно невисока і тому відповідність реальної схеми навантаження і розрахункової схеми необхідно перевіряти дослідним шляхом. В процесі тривалої експлуатації ШГП зношуються, втрачають точність і вимагають відновлення [3]. Відновлення гвинта і гайки проводиться різними способами, але у будь-якому випадку після відновлення ШГП необхідно проводити експериментальну перевірку якості відновлення.

Аналіз останніх досліджень. На перший погляд може здаватися, що при створенні ШГП немає особливих практичних труднощів, оскільки йдеться про широко поширені механізми, які використовуються не один десяток років. Проте при проектуванні ШГП виникає багато проблем. При виконанні розрахунку ШГП застосовуються методи, які в завданнях теорії пружності описані в розділі контактної міцності. Це здається очевидним, оскільки контакт між гвинтом і гайкою відбувається або безпосередньо, або через проміжне тіло кочення. У чистому вигляді використовувати рішення контактної задачі теорії пружності в цьому випадку не є можливим, оскільки на контактну взаємодію зв'язаних деталей великий вплив мають погрішності виготовлення, які залежно від технології можуть бути більшими, або меншими. Якщо не брати до уваги величини цих погрішностей, то при розв'язанні, наприклад, задачі жорсткості можна одержати помилку в розрахунках в п'ять і більше разів. Відбувається це тому, що рішення без урахування помилок виготовлення припускають рівномірне навантаження кожного з тіл кочення. Насправді ж частина з них може взагалі не контактувати. Все залежить від початкових зазорів, величина яких визначається точністю виготовлення і рівнем зовнішнього навантаження. Цим можна пояснити нерівномірне навантаження і пов'язану з ним недосконалість ідеальної моделі. Облік погрішностей виготовлення при розв'язанні неідеальних контактних задач є складною математичною проблемою, і в роботі [4] стверджується, що автори єдині, кому до теперішнього часу вдалося її вирішити. Задачі розрахунку ШГП вирішують і інші компанії і підприємства, але щоб ухвалити те або інше конструктивне рішення необхідно використовувати результати численних експериментів. Тому експериментальні дослідження ШГП залишаються актуальними і представляють безперечний інтерес, а значить і використовувані при цьому стенди і їх конструкції. Один з таких стендів, використовуваних для випробування передачі гвинт-гайка кочення, складається із станини, на якій розміщено привід, передня і задня бабки. Передня бабка містить центр, що обертається, кінематично пов'язаний з приводом. До цього центру кріпиться один кінець гвинта, а другий кінець гвинта упирається в додатковий підпружинений центр, що обертається, розташований в задній бабці. На гвинт встановлюється вузол вісьового навантаження, виконаний у вигляді підпружиненої в осьовому напрямі технологічної гайки, яка через втулку

пов'язана з гайкою випробовуваної передачі [5]. Цей стенд дозволяє випробовувати тільки одну передачу гвинт-гайка кочення, а наявність технологічної гайки спотворює реальну схему навантаження передачі. Конструкція іншого стенду [6] для випробування передач гвинт-гайка кочення дозволяє випробовувати одночасно дві ШГП і містить ті ж основні елементи, що і попередній стенд, але на станину додатково встановлена з можливістю переміщення уздовж осі центру, що обертається, опора, а задня бабка має додатковий центр, що обертається, призначений для кріплення одного з кінців гвинта другої випробовуваної передачі. Реверсивний привід, встановлений на станині також кінематично пов'язаний з центром передньої бабки, що обертається. Недолік даного стенду полягає в його обмежених технологічних можливостях, оскільки він не дозволяє випробовувати обидві передачі при частому розтягуванні (стисненні) через те, що один з випробовуваних гвинтів піддається подовжньо-поперечному вигину. Крім того, відбувається перекис опори і виникає додаткове тертя у випробовуваних передачах і в направляючих опорах, що приводить до додаткових втрат потужності приводу.

Мета досліджень. Удосконалення конструкції стенду для випробування передач гвинт-гайка і розширення його технологічних можливостей.

Результати досліджень. Базовою конструкцією стенду для випробувань ШГП послужила конструкція стенду описана в роботі [6]. Стенд складається із станини, на якій закріплені передня, задня бабки і реверсивний привід, кінематично зв'язаний з центром передньої бабки, що обертається. Передня бабка з центром, що обертається, призначена для кріплення одного з кінців гвинта однієї передачі. Задня бабка з додатковим центром, що обертається, призначена для кріплення одного з кінців гвинта другої випробовуваної передачі. З метою розширення технологічних можливостей, стенд забезпечений втулками, призначеними для кріплення гайок випробовуваних передач [7]. Втулки встановлені в опорі з можливістю відносного переміщення уздовж осі і утворюють між собою замкнуті кільцеві порожнини. У цих порожнинах розміщені пружні елементи з регульовальними гвинтами, пов'язаними з опорою. У середині втулок розташована муфта, призначена для кріплення інших кінців гвинтів випробовуваних передач. На рис. 1 зображена принципова схема стенду. Стенд містить станину 1, на якій встановлені нерухомо передня бабка 2 і з можливістю переміщення задня бабка 3. У передній бабці 2 встановлений на підшипниках що приводиться в обертання через муфту 4 тиристорним реверсивним електроприводом 5 з безступінчатим регулюванням швидкості обертання центр, що обертається, наприклад шпindel 6 з повідцем 7, в якому кріпиться один з кінців гвинта 8 першої з випробовуваних передач (не позначена), другий кінець гвинта 8 жорстко з'єднується муфтою 9 (рис. 2) з одним з кінців гвинта 10 другої випробовуваної передачі (не позначена).

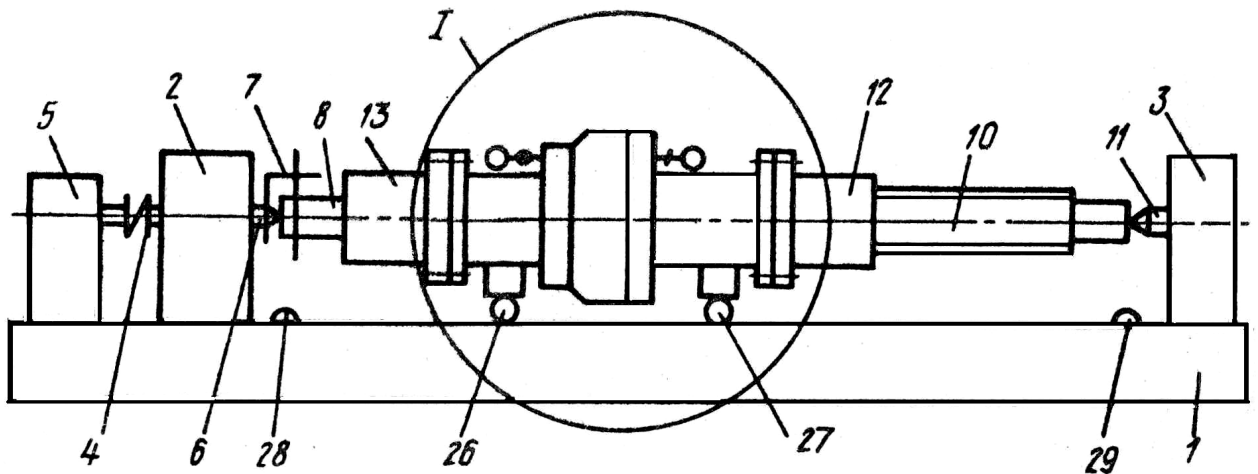


Рис. 1. Принципова схема стенду

У задній бабці 3 встановлений додатковий підпружинений центр, що обертається, 11, яким підтискається другий кінець гвинта 10 другої випробовуваної передачі. До гайок 12 і 13 першої і другої випробовуваних передач жорстко кріпляться відповідно втулки 14 і 15, утворюючи між собою кільцеві порожнини 16 і 17, в яких розміщені пружні елементи, (не позначені), наприклад гидропласт (або пружини), що створюють осьові розтягуючі (у порожнині 16) або стискаючі (у порожнині 17) зусилля гвинтів 8 і 10 випробовуваних передач.

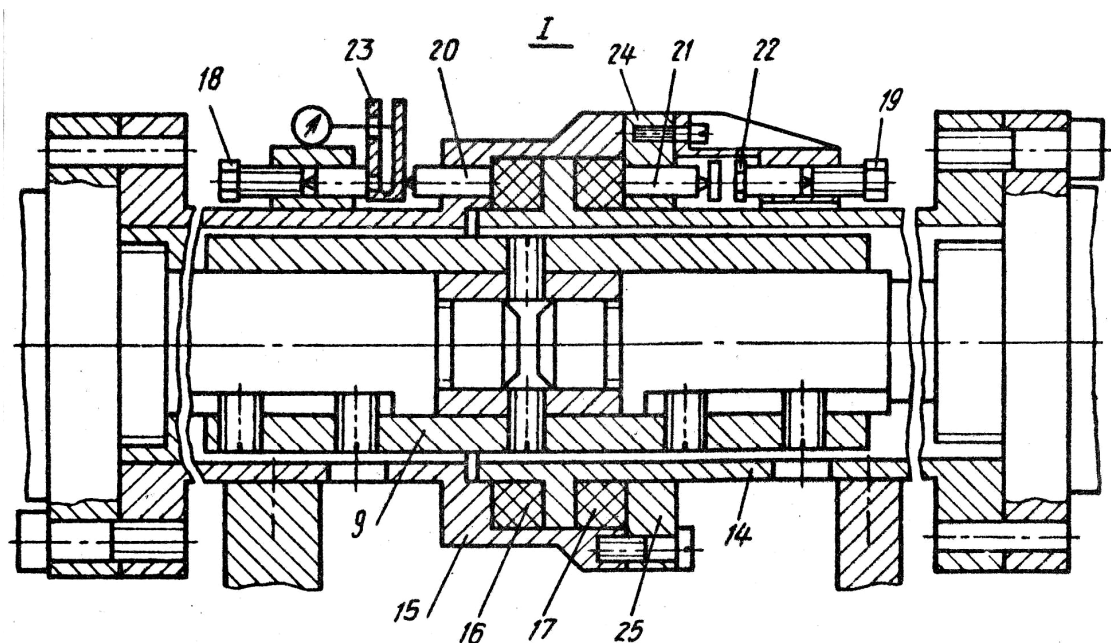


Рис. 2. Сполучна муфта

Регулювання розтягуючого і стискаючого зусиль здійснюється відповідно регульовальними гвинтами 18 і 19 через плунжери 20 і 21, а контроль

створюваного навантаження - динамометрами 22 і 23. Півкільцями 24 і 25 фіксується взаємне положення втулок 14 і 15, встановлених на опорі (не позначено) з роликками 26 і 27, яка може переміщатися уздовж станини 1 по направляючих. На станині 1 встановлені кінцеві вимикачі 28 і 29, які можна переставляти залежно від довжин випробовуваних передач.

Стенд працює таким чином. Гайки 12 і 13 випробовуваних передач відповідно прикріплюють до втулок 14 і 15, що примикають до них кінці випробовуваних гвинтів 8 і 10 сполучають муфтою 9, а втулки 14 і 15 сполучають між собою півкільцями 24 і 25, заздалегідь заклавши в кільцеві порожнини 16 і 17 елементи, що створюють осьові зусилля, наприклад гідропластові кільця. Один з вільних кінців гвинта 8 випробовуваних передач встановлюють в центрі, що обертається, з повідцем 7 передньої бабці 2, а другий вільний кінець гвинта 10 примикають підпружиненим додатковим центром 11 задньої бабці, що обертається, 3. Гвинтом 19 знімають тиск в порожнині 17, а гвинтом 18 через динамометр 23 і плунжер 20 встановлюють необхідний рівномірно розподілений тиск в порожнині 16, що розсовує втулки 14 і 15 з гайками 12 і 13, а через пари гвинт-гайка, що розтягує ділянки гвинтів 8 і 10 між гайками 12 і 13 випробовуваних передач. Оскільки тиск рівномірно розподілений по кільцю, то результуюча сила направлена по осі випробовуваних передач. Включають привід 5 обертання, шпindel 6 передньої бабки 2 обертається, передаючи обертання гвинтам 8 і 10. Через пари гвинт-гайка рух передається втулками 14 і 15, які переміщуються уздовж гвинтів 8 і 10 на роликах 26 і 27 по станині 1 до тих пір, поки не натиснуть на кінцевий вимикач 28 або 29, який дасть команду на реверс, і гвинти 8 і 10 почнуть обертатися у зворотному напрямі, відбуваються випробування передачі гвинт-гайка кочення під навантаженням. Для випробування передач при навантаженні створюється тиск в кільцевій порожнині 17, а в порожнині 16 знімається. При додатку рівномірно розподілених по кільцю сил результуюча сила прикладена по осі гвинтів 8 і 10, які на ділянці між гайками 12 і 13 знаходяться в рівновазі під дією рівних і протилежно направлених сил, тобто силовий ланцюг замикається на гвинтах 8 і 10, а центри, що обертаються, не навантажуються.

Висновки: Запропонована конструкція стенду забезпечує проведення випробування обох передач гвинт-гайка кочення при чистому розтягуванні (стисненні) при одночасному зниженні втрат на тертя, і тим самим, забезпечує розширення технологічних можливостей запропонованого стенду.

ЛІТЕРАТУРА

1. Решетов Д. Н. Точность металлорежущих станков / Д. Н. Решетов, В. Т. Портман.- М.: Машиностроение, 1986.- 336 с.

2. Иосильович Р. Б. Детали машин - М: Машиностроение, 1988, - 368 с.
3. Шелофаст В. Программне забезпечення НТЦ АПМ для проектування широкого класу гвинтових передач. САПР і графіка №9. 2003
- 4 Кальченко В. І., Кальченко В. У., Ерошенко А. М., Відновлення гвинтових поверхонь деталей автомобілів і гаражного устаткування шліфуванням з осями інструменту і деталі, що схрещуються. Вісник Донецької академії автомобільного транспорту., в 2009 р. С. 41-48
- 5 Авторське свідоцтво СРСР №589555, кл. G 01 M 13/02, 1975.
- 6 Авторське свідоцтво СРСР №796694, кл. G 01 M 13/02, 1978.
- 7 Авторське свідоцтво СРСР № 1095050, кл. G 01 M 13/02, 1984.

ИССЛЕДОВАНИЕ ШАРИКО-ВИНТОВЫХ ПЕРЕДАЧ

Артемов В. О., Конев С. В., Елизаров С. П., Артемова Л. П.,

Ключевые слова: стенд, шарико-винтовая передача, испытания, обкатка

Резюме

Предложена конструкция стенда для испытаний и обкатки шарико-винтовых передач, обеспечивающая испытания одновременно двух передач при чистом растяжении (сжатии) и снижение потерь энергии на трение

STUDYING BALL-HELICAL GEARS

V. A. Artemov, S. V. Konev, S. P. Yelizarov, L. P. Artemova

Keywords: test bench, ball-helical gear, tests, running in.

Summary

A bench design is proposed as for testing and running in ball-helical gears, to secure testing two gears simultaneously at simple tension (pressing), with decrease of friction losses.