

МАШИНОБУДУВАННЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ТА ПРОЦЕСИ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

Таким чином, використання створеної методики і установки забезпечить проведення експериментальних досліджень впливу кута закручування карточки у формуючій фільтері, а також наявності оправки та способу її закріплення на зусилля формування згортних втулок, яке може бути використане при проектуванні технологічного обладнання для їх виготовлення.

Література

1. Способ изготовления втулок: А.с. 517357 СССР, МКИ В 21 D 11/02, В 21 D 25/00./ И.А. Червинский, А.Г. Кузьмичев, Н.А. Черчинцев, И.К. Бережной, В.И. Собакин и Л.П. Зайнев. - №2005106/25-27; Заявлено 18.03.74; Опубл. 15.06.76. Бюл. №22.
2. Способ изготовления свертной втулки из ленты: А.с. 589484 СССР, МКИ F 16 G 13/18./ С.А. Дубиняк, П.Д. Кривый, Н.И. Кузьмин и А.В. Куцевич. - №2364943/25-27; Заявлено 24.05.76; Опубл. 25.01.78. Бюл. №3.
3. Устройство для изготовления втулок из листовых заготовок: А.с. 615987 СССР, МКИ В 21 D 5/10./ Б.И. Марасин, Н.Ф. Еременко, и В.М. Егоров. - №2422679/25-27; Заявлено 23.11.76; Опубл. 25.07.78. Бюл. №27.
4. Глушенко И.П. Основы проектирования цепных передач с втулочно-роликowymi цепями. -- Львов: ЛГУ, 1964. -- 226 с.
5. Глушенко И.П., Петрик А.А. Цепные передачи. -- Киев: Техніка, 1973. -- 104 с.
6. Готовцев А.А., Котенок И.П. Проектирования цепных передач: Справочник. -- М.: Машиностроение, 1982. -- 336 с.
7. Ивашков И.И. Пластинчатые цепи. -- М.: Машгиз, 1960. -- 357 с.
8. Кривий П.Д., Сенік А.А. Технологічне спорядження для формування згортних втулок // Вісник Тернопільського державного технічного університету. -- Тернопіль: ТДТУ. -- 2003. Том 8. №2. -- С. 29-34.
9. Kuntzman P. Les transmission per chains a rouleaux. Dunod: Paris; 1961. -- P.220.

Одержано 01.12.2006 р.

УДК 621.825.5

Р.Комар¹, канд. техн. наук; І.Гевко¹, канд. техн. наук; І.Логущ²

¹Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

²Бережанський агротехнічний інститут Національного аграрного університету

**РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
ЗАПОБІЖНО-КОМПЕНСУЮЧОЇ МУФТИ ВЕРСТАТНОГО
ОБЛАДНАННЯ**

Наведено результати експериментальних досліджень запобіжно-компенсуючої муфти з радіальним розміщенням пар контакту. Запропоновано рекомендації для проектування і подальшого дослідження аналогічних пристроїв, які використовуються в машинах і верстатному обладнанні.

R. Komar, I. Hevko, I. Lohysh

**RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCHES
OF THE PROTECTIVE-FLEXIBLE COUPLING OF A MACHINERY
REBUILDING**

Results of experimental researches of the protective-flexible coupling with radial arranging pairs contact are reduced. It is offered to the recommendation for projection and the further research of analogous devices which are used in machines and a machinery rebuilding.

Умовні позначення

R_0 – відстань від центра півмуфти до центра кульки;

r_k – радіус кульки;

h_n – глибина паза обойми;

C – жорсткість пружини;

Δ'_0 – попередня деформація (підтиск) пружини;

Δ_α – кутове зміщення;

Δ_o – осьове зміщення;

Δ_r – радіальне зміщення;

H_n – відстань між центрами півмуфт;

b_n – ширина зовнішньої поверхні півмуфти;

Δ'_n – поточна деформація пружини;

α' – кут зміщення півмуфт;

z – кількість пар контакту;

C_d – жорсткість амортизуючої пружини/

Загальновідомо, що муфти входять до складу більшості механізмів і машин та мають суттєвий вплив на експлуатаційні характеристики обладнання. Поряд з передачею обертового руху муфти виконують інші функції. Зокрема, це захист від перевантаження, компенсація зміщень з'єднаних валів, амортизація поштовхів, ударних навантажень та вібрацій.

Тематичні розроблення і досліджень різного роду муфт присвячено багато праць, в яких поряд із конструкціями муфт наведені і результати їх досліджень [1, 2]. Проте експериментальні характеристики кожного пристрою мають свої особливості відповідно до конструктивного виконання.

Відповідно метою наших досліджень було встановити функціональну здатність муфти в умовах неспіввісності валів, а також визначити діапазон раціональних значень навантаження, при яких муфта стабільно функціонує, і встановити вплив величини неспіввісності на зміну величини обертового моменту.

Робота виконується в рамках пріоритетних напрямків розвитку науки і техніки «Новітні та ресурсозберігаючі технології в промисловості, енергетиці та агропромисловому комплексі» на 2002-2006 роки.

Зазвичай пристрої, що пройшли попереднє припрацювання, з поступовим збільшенням навантаження та нагріттю умов експлуатації, характеризуються вищою ймовірністю безвідмовної роботи, ніж їх однотипні аналоги без попереднього обкатування. Для попереднього обкатування використовувався стенд [3], змонтований на базі вертикально-фрезерного верстату моделі Ф₂-250 з поворотним шпindelним вузлом, який показано на рис.1. Досліджувана модель муфти встановлюється на відповідних валах стенда, після фіксації всіх поворотно-рухомих вузлів, при попередньо заданій частоті обертання ведучого вала, проводяться ресурсні напрацювання досліджуваної моделі інтервалами тривалістю 6...8 годин з поступовим збільшенням навантаження. Додаткове навантаження створювалось за допомогою гальмівних пристроїв (дискове гальмо, порошкове гальмо ПТ-40).

Проведення випробувань здійснюється поетапно з умовами роботи максимально наближеними до реальних умов експлуатації.

Зокрема, це:

- раціональні умови роботи (наявність мастильного матеріалу в зоні контакту, відсутність вологи, пилу);
- запилення середовища випробовуваного взірця та імітація середовища з підвищеною вологістю);
- несприятливі умови роботи (відсутність змащування, почергова дія пилу і вологи).

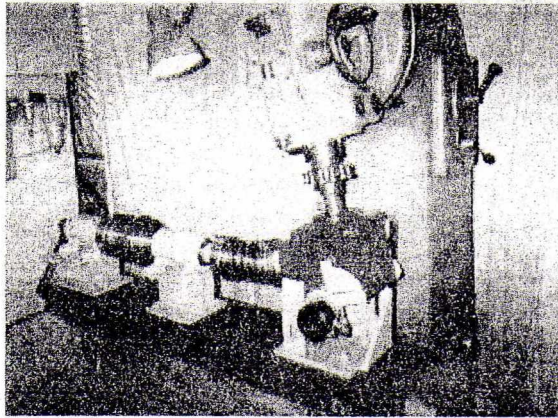


Рисунок 1 — Загальний вигляд станда для дослідження запобіжно-компенсуючих муфт.

Під час динамічного дослідження, для встановлення оптимально-граничних значень кутової та радіальної неспіввісності, при яких зберігається функціональна здатність пристрою, на поверхні контакту наноситься шар нітроемалі і за величиною та кількістю подряпин визначається траєкторія руху кульок у процесі роботи муфти в режимі перевантаження. Для більшої точності результатів, експерименти проводяться при багатократній повторюваності, проте кількість спрацювань не повинна перевищувати 5...15 разів, в залежності від частоти обертання, для збереження емалевого покриття, яке служить для візуального аналізу.

З метою зниження собівартості виготовлення дослідних зразків, початкові експериментальні заміри рекомендується проводити при мінімальних параметрах елементів зачеплення, значення яких поступово збільшували шляхом розточування посадочних отворів та відповідною заміною тіл кочення та підтискних пружин. Для зміни жорсткості підтискних пружин у вузькому діапазоні без їх заміни, використовували пластинчасті вкладиші тину шайб.

В ході проведення експериментальних досліджень конструктивно-силові параметри експериментальних зразків знаходились у наступному діапазоні змінних значень: $R_o=0,04$ м; $r_k=0,006...0,009$ м; $h_n=0,002...0,005$ м; $z=2, 4$; $C'=6000...12000$ Н/м; $\Delta'_o = 0,005...0,01$ м. Варіації неспіввісності для всіх серій досліджень знаходились у наступних діапазонах: $\Delta_o = (0,01...0,03)$ м; $\Delta_r = (0,005...0,035)$ мм; $\Delta_\alpha = (15...35)^\circ$.

Модель запобіжно-компенсуючої муфти [4] виготовлена з врахуванням прив'язочних розмірів стендового обладнання (діаметри посадочних валів $d_o = 35$ мм). Габаритні розміри муфти наступні: довжина – 120 мм; зовнішній діаметр – 100 мм. Матеріал обойми і півмуфт – сталь марки 25ХГТ (термообробка внутрішньої поверхні обойми: нітроцементация з наступним гартуванням у маслі ($t = 840 - 860^\circ\text{C}$) і відпуском ($t = 180 - 200^\circ\text{C}$)), твердість внутрішньої поверхні обойми 58...60 HRC. В якості тіл кочення використовувались стандартні підшипникові кульки (матеріал ШХ15) з наступними параметрами $r_k=6, 7, 8, 9$ мм; $R_o=40$ мм; $h_n=2...5$ мм; $C=6350...11333$ Н/м; $\Delta_o = 5...20$ мм; $z = 2, 4$.

Вплив конструктивних параметрів пари контакту пружина-кулька-паз на компенсуючу здатність муфти визначалось шляхом зміни одного із параметрів при постійних значеннях інших. За отриманими результатами замірів зміни кута зміщення α' було встановлено, що підвищення компенсаційних властивостей муфти можна досягти збільшенням розмірів кульок. Так поступове збільшення r_k в межах від 6 до 9 мм при постійних значеннях $h_n = 3$ мм, $b_n = 14$ мм, $\Delta'_n = 1,5$ мм збільшує діапазон зміни кута зміщення α' на 64%. Встановлено, що із збільшенням r_k на 1 мм зміна значення α' знаходиться в межах 21...30%. Зміна інших конструктивних параметрів в бік зростання має негативний вплив на компенсуючі властивості муфти. Зокрема, при збільшенні значення глибини пазів h_n в межах 2...5 мм компенсуючі властивості муфти по куту зміщення зменшуються майже на 85%; зміна ширини зовнішньої поверхні півмуфти b_n в межах 10...16 мм зменшує діапазон кута зміщення на 3%. З урахуванням величини можливої поточної деформації пружини $\Delta'_n = 1,5...3$ мм зміна значення α' знаходиться в межах 59%. Графічні залежності впливу конструктивних параметрів

пари контакту пружина-кулька-паз на компенсуючі властивості муфти показані на рис.2.

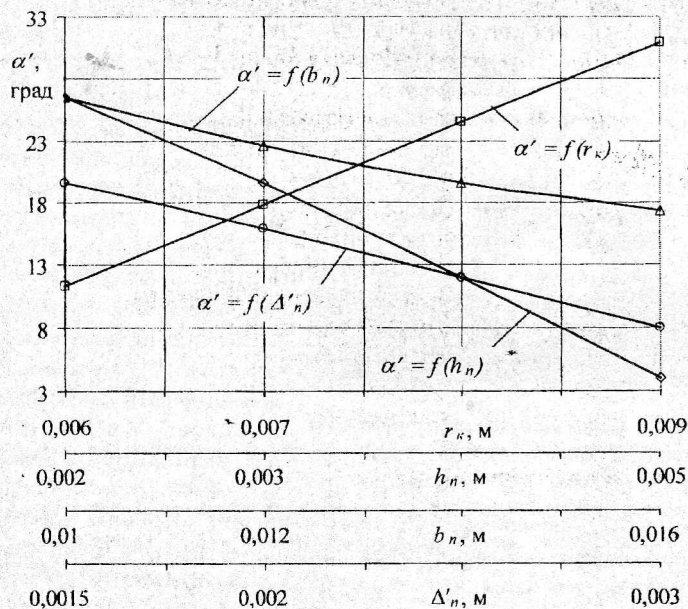


Рисунок 2 – Залежність зміни кута α' зміщення півмуфт від конструктивних параметрів радіальної пари контакту пружина-кулька-паз.

Оскільки на величину обертового моменту, що передає муфта, мають вплив радіус кульки і глибина пазів обійми, то за результатами, отриманими розрахунком теоретичних залежностей і за експериментальними значеннями, побудовано порівняльні залежності зміни навантаження від конструктивних параметрів пари контакту (рис.3).

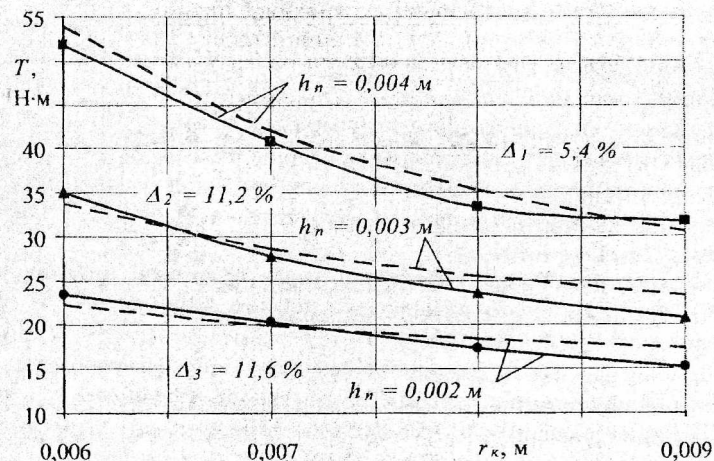


Рисунок 3 – Залежність зміни навантаження від конструктивних параметрів пари контакту: --- – теоретична залежність; ——— – експериментальна залежність.

У даній серії експериментів навантаження фіксувалося за моментом спрацювання муфти в режимі перевантаження. Кількість пар контакту становила $z = 4$ на кожній з півмуфт. Отримані результати підтвердили дані теоретичних розрахунків, похибка знаходиться в межах 5,4...11,6%. Експеримент підтвердив попередні

теоретичні припущення про зменшення навантажувальної здатності муфти із збільшенням діаметра тіл качення при стабільному значенні жорсткості пружин і величині їх попереднього підтиску. Втрати навантажувальної здатності, при постійній глибині паза h_n і збільшенні діаметра кульки з інтервалом 2 мм, становили відповідно 41,1% для $h_n = 0,004$ м; 40,8% для $h_n = 0,003$ м; 35% для $h_n = 0,002$ м.

Шляхом аналізу та співставлення результатів експериментальних досліджень встановлено, що для забезпечення оптимальних навантажувальної здатності та компенсуючих властивостей муфти, співвідношення між радіусом кульок і глибиною пазів обойми повинно становити $h_n/r_k = 0,5...0,65$.

В ході експериментальних досліджень також визначалась зміна обертового моменту в залежності від кута провертання муфти і кута зміщення півмуфт. Характер зміни обертового моменту за повний оберт муфти визначався при кутовій швидкості $\omega \approx 15,7$ с⁻¹ і кількості пар контакту $z = 2, 4$. Величина кутового зміщення $\alpha' = 0...25^\circ$. Фіксація зміни навантаження здійснювалась при швидкості протягування стрічки самописця (мод. Н338-ІП) – 50 мм·с⁻¹. Осцилограми окремих серій досліджень наведені на рис.4.

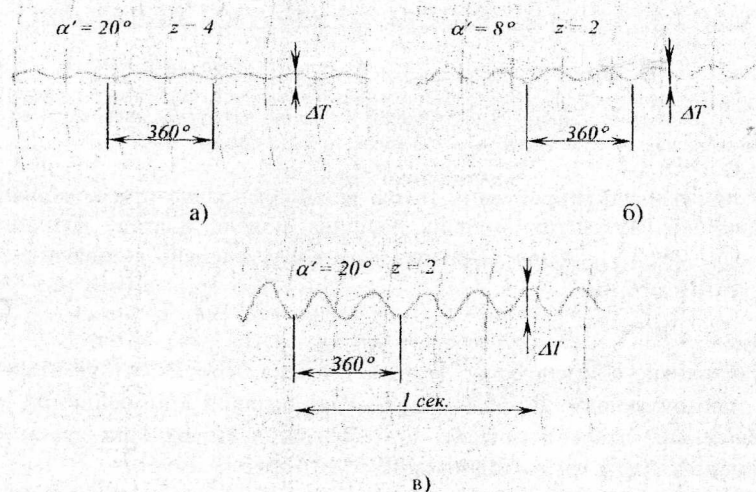


Рисунок 4 – Характер зміни обертового моменту за повний оберт муфти від кута зміщення α' і кількості пар контакту z .

Експериментальні дані підтвердили результати теоретичних досліджень, згідно з якими більш стабільна передача обертового моменту забезпечується при кількості пар контакту $z \geq 4$. Так коливання значення обертового моменту при $\alpha' = 20^\circ$ і $z = 4$ в 3,5 раз менше ніж при $\alpha' = 20^\circ$ і $z = 2$.

Для встановлення достовірності теоретичних досліджень щодо впливу амортизуючої пружини на функціонування муфти в запобіжному режимі експериментальним шляхом встановлено зміну частоти обертання півмуфти від деформації амортизуючої пружини (рис.5), яка зумовлюється наявністю осьового і частково кутового зміщення півмуфт. При жорсткості амортизуючої пружини $C_d = 20100$ Н/м і осьовому зміщенні півмуфт в діапазоні $\Delta_0 = 0,01...0,03$ м зміна кутової швидкості обертання півмуфти при спрацюванні в запобіжному режимі не перевищує 4,27...5,05%, що характеризує незначний вплив величини зміщення на навантажувальну здатність пристрою і підтверджує результати теоретичних досліджень. Виявлено, що вплив амортизуючої пружини при осьовому зміщенні послаблюється при наявності мастильного матеріалу в зоні контакту амортизуючої пружини з торцевими поверхнями

півмуфт. Проте при відсутності змащувального матеріалу у випадку, коли дана величина не знаходиться в діапазоні вільного ходу пів муфт, вплив незначний і не має суттєвого значення при спрацюванні муфти в запобіжному режимі.

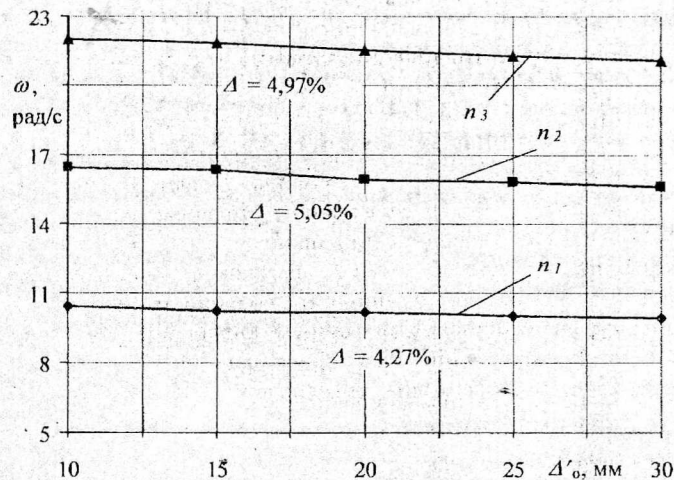


Рисунок 5 – Залежності впливу амортизуючої пружини на кутову швидкість муфти при наявності осевого зміщення: $n_1 \approx 100$ об/хв.; $n_2 \approx 158$ об/хв.; $n_3 \approx 212$ об/хв.

Під час динамічних випробувань також встановлено, що при комбінаційному діапазоні кутових та радіальних зміщень дослідна модель зберігає функціональну здатність при $\Delta_\alpha = 26^\circ$; $\Delta_r = 12$ мм. При окремих видах зміщень їх значення можуть сягати відповідно 30° і 16 мм.

Висновки:

1. Для запобіжно-компенсуючої муфти похибка між експериментальними і теоретичними даними складає $\Delta = 5,4...11,6\%$. Рациональний комбінаційний діапазон кутових та радіальних зміщень складає $\Delta_\alpha = 26^\circ$; $\Delta_r = 12$ мм. При окремих видах зміщень їх значення можуть сягати відповідно 30° і 16 мм.;
2. При збільшенні радіуса кульки r_k на 1 мм кут зміщення збільшується в межах 21...30%, проте навантажувальна здатність зменшується на 40,8%.
3. При збільшенні глибини паза h_n на 1 мм компенсуючі властивості муфти понижуються на 26...38%, проте навантажувальна здатність збільшується на 25...48%.
4. Рациональне співвідношення між глибиною паза h_n і радіусом кульки r_k складає $h_n/r_k = 0,5...0,65$.

Література

1. Нагорняк С.Г., Луцив І.В. Предохранительные механизмы металлообрабатывающего оборудования. Справочник. - К.: Техніка, 1992. – 72 с.
2. Ряховский О.А., Иванов С.С. Справочник по муфтам. - Л.: Политехника, 1991. – 384 с.
3. Гевко І.Б., Комар Р.В. Стенд для дослідження експлуатаційних характеристик пружно-компенсуючих пристроїв. // Наукові нотатки. Міжвуз. зб. Вип. 11. – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, - 2002. - С. 86-91.
4. Пат. 43244А Україна, МПК F16D3/22. Запобіжно-компенсуюча муфта / Б.В. Гупка, Р.В. Комар. – №2001042849; Заявл. 25.04.01; Опубл. 15.11.01. Бюл. №10. – 3 с.

Одержано 01.09.2006 р.