

## ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ПРИВОДНИХ РОЛИКОВИХ ЛАНЦЮГІВ ЗАСТОСУВАННЯМ ЗІРОЧОК З ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТИВ

*Анотація.* Досліджено підвищення довговічності приводних роликових ланцюгів при використанні зубців зірочок із полімерних композиційних матеріалів. Подані способи зменшення зношування ланцюгів та підвищення потужності роботи ланцюгових передач при застосуванні зубців зірочок із полімерних матеріалів. Визначено динамічні характеристики ланцюгових передач у процесі роботи із застосуванням різноманітних матеріалів. Подані значення інтенсивності зношування ланцюгів із кроком 25,4 мм у зачепленні із зубцями зірочок, виготовлених з різних матеріалів та при різних умовах експлуатації.

Одним з ефективних шляхів підвищення довговічності роликових ланцюгів є застосування полімерних та металополімерних (з металевою маточиною) зірочок в ланцюгових передачах. Зношування валиків зовнішніх ланок ланцюга, що працює на полімерних та металополімерних зірочках, виявляється майже вдвічі меншим, ніж при роботі на традиційних металевих зірочках, а зношування втулок внутрішніх ланок - у 3 рази [1]. При цьому характерно, що ролик ланцюга по його внутрішньому діаметру зношування майже не має, на відміну від варіанта роботи ланцюгового контура на металевих зірочках. Завдяки податливості полімерного зубчастого вінця навантаження на шарніри ланцюга, що входять у зачеплення, розподіляється рівномірніше, менше відбиваються на роботі неточності виготовлення ланцюга та монтажу ланцюгової передачі. Крім того, кінетична енергія ударів під час входу шарніра ланцюга в зачеплення із зубом зірочки у випадку полімерного її виконання витрачається, в основному, на деформацію зуба і зубчастого вінця в цілому, запобігаючи розколюванню і руйнуванню шарнірів. При одних і тих же умовах і параметрах експлуатації ланцюг, що працює на полімерних зірочках, витримує в 1,5...2 рази більше число циклів навантаження, ніж при роботі на зірочках із сталей 20 та 45.

Найменше видовження ланцюга має місце при його роботі на зірочках із ненаповненого поліаміду ПА-6.6, проте навантажувальна здатність таких зірочок невелика [2]. Найбільше видовження ланцюга спостерігається при його роботі на сталевих зірочках. Тому найоптимальнішим є застосування зірочок із склонаповнених поліамідів, що дозволяє експлуатувати їх до колових зусиль і швидкостей 3 кН і 8 м/с відповідно, при температурах від -40°C до 100°C.

Контактні напруження в місцях посадки шарнірів ланцюга на зубці зірочок у 5...6 разів менші, ніж у випадку застосування металевих зірочок [3]. Ще одна перевага застосування полімерних зірочок полягає в тому, що на 10...25% зменшується звукови-промінювання (робочі шуми), а це має важливе значення в текстильних та поліграфічних машинах.

Лабораторією полімерних деталей машин Чернігівського технологічного інституту розроблено і впроваджено у серійне виробництво на ряді підприємств машинобудування 19 типорозмірів полімерних зірочок різних конструкцій та призначення. За необхідності подальшого підвищення навантажувальної здатності полімерні зірочки армуються, крім металевих маточин, ще сталевую гвинтовою замкнутою пружиною, кожний з витків якої розміщується в зубцях полімерної зірочки і має профіль, еквідистантний до профілю зуба в поперечному його перерізі (а.с. 1288415).

Зміна інерційних, жорсткісних та демпфуючих параметрів у результаті застосування полімерних зірочок приводить до розлагодження коливальної системи ланцюго-

вої передачі та зміщення резонансних зон частот обертання. Тому застосування таких деталей передач навмання без прогноуючого динамічного розрахунку, який дозволяє керувати вказаними параметрами, позбавлено будь-якого сенсу. Отже, із розв'язання чисельними методами диференціальних рівнянь, що описують роботу 2-масової ланцюгової передачі, отримані такі динамічні характеристики:

- квадрати власних частот:

$$P_{\varphi}^2 = [M]^{-1} \cdot [C], \quad (1)$$

де  $[M]$  діагональна матриця мас, що обертаються;  $[C]$  - симетрична матриця жорсткостей віток ланцюгового контура;

- динамічні навантаження у вітках ланцюгового контура:

$$P_{i,i+1} = C_{i,i+1} \left[ \pm \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^k A_i \sin k\omega_z \tau \mp \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^k B_i \cos k\omega_z \tau \mp x_i \pm x_{i+1} \right], \quad (2)$$

де  $C_{i,i+1}$  - жорсткість відповідної вітки ланцюгового контура;  $k$  - номер гармоніки;  $A_i$  і  $B_i$  - коефіцієнти розкладених у ряди Фур'є періодичних негармонічних функцій збуджень крутильних коливань, що залежать від кроку ланцюга, чисел зубців зірочок, між якими знаходиться відповідна вітка ланцюгового контура, та зсуву фаз між рухом кінцевих шарнірів віток ланцюга;  $\omega_z = \omega_i Z_i$  - частота збудження коливань;  $\tau$  - час;  $x_i$ ,  $x_{i+1}$  - лінійні амплітуди коливань;

- інерційні навантаження від нерівномірності обертання мас:

$$P_{\ddot{\alpha}} = m_i \ddot{x}_i = P_{i,i+1} - P_{i-1,i}, \quad (3)$$

де  $m_i$  - маси, що обертаються;  $\ddot{x}_i$  - їх прискорення;

- динамічна нерівномірність обертання мас:

$$\delta_i = 2\varphi_i z_i \cdot 100\%, \quad (4)$$

де  $\varphi_i$  - кутові амплітуди крутильних коливань.

З наведених залежностей видно, що динамічні характеристики залежать, в основному, від величин мас, що обертаються, та жорсткостей віток. Застосування в ланцюгових передачах зірочок з полімерних композитів, які значно відрізняються від металів за своїми властивостями, дає можливість здійснювати вплив на динамічні процеси в ланцюгових передачах. Вплив мас на зміну динамічних характеристик системи, як правило, не дуже великий, оскільки у величину приведеної до осі вала маси, окрім маси полімерної зірочки (яка в середньому у 6 разів менша від маси металевої зірочки), входить або маса ротора електродвигуна, або частина маси виконавчого органу машини. Введення полімерної зірочки в ланцюговий контур рівносильне введенню в нього пружного елемента, що викликає зміну жорсткостей віток за рахунок податливості зубців і зубчастих вінців у цілому. Наприклад, у випадку застосування ведучої і веденої полімерних зірочок жорсткість ведучої вітки буде:

$$C_{1\Pi} = \frac{C_{z1} \cdot C_{12} \cdot C_{z2}}{C_{12} \cdot C_{z1} + C_{z1} \cdot C_{z2} + C_{12} \cdot C_{z2}},$$

де  $C_{z1}$  і  $C_{z2}$  - жорсткість полімерних вінців приводних зірочок;  $C_{12}$  - жорсткість ведучої вітки ланцюгового контура.



Під час випробувань полімерних зірочок в польових умовах на бурякозбиральній техніці спостерігалось укорінювання в їх робочі поверхні абразивних частинок ґрунту, які дещо активізують процес зношування як зірочок, так і ланцюга.

В таблиці наведені величини інтенсивності зношування ланцюгів кроку 25,4 мм під час їх роботи із зірочками, виготовленими з різних матеріалів при різних умовах змащування.

Таблиця - Величини інтенсивності зношування ланцюгів кроку 25,4 мм

Матеріал зірочок	Інтенсивність зношування ланцюгів $t=25,4$ мм $I_t \cdot 10^8$	
	без змащування	із змащуванням графітізованим конс. мастилом
Приводні та натяжні зірочки із сталі 20	7,5	6,2
Приводні зірочки із ст.20 натяжна з ПА6-21ОКС	7,0	5,8
Приводні та натяжні зірочки з ПА6-21ОКС	6,7	5,6

Як відомо, при роботі ланцюгових передач на металевих зірочках спостерігається фреттинг-корозія, тобто корозійно-механічне зношування поверхонь тертя при малих коливальних відносних переміщеннях, коли продуктами зношування є, в основному, оксиди металів, видалення яких із зони тертя утруднене внаслідок малої амплітуди переміщень. Для нейтралізації термоокисних процесів у зоні тертя застосовується модифікування фурфуролацетоним мономером.

Випробування підтвердили явище утворення "фрикційного" водню під час тертя пари сталь-полімерний матеріал (сталевий ланцюг - полімерна зірочка), в результаті якого сталевий ролик ланцюга може руйнуватись з поверхні. Пояснюється це тим, що з підвищенням температури під час тертя її максимум має місце не на поверхні, а на деякій глибині від неї, куди і прямують протони, прориваючи безліч мікротріщин, які, з'єднуючись, руйнують поверхню сталевого ролика. Тому для зниження водневого зношування бажано до складу полімерного композиту вводити інгібітори корозії, що містять дисульфід молібдену, хлориди міді та інші компоненти.

Слід також зазначити, що при контакті сталевий ланцюг - сталева зірочка виникають, крім механічних, ще й електричні та магнітні явища, що сприяють прискореному зношуванню поверхонь. Замінюючи металеві деталі полімерними, ми можемо в певній мірі послабити електричні та вилучити магнітні явища. З цієї точки зору доцільно виготовляти ланцюг з полімерних композитів ще й тому, що він працює при навантаженнях, що складають, як правило, 10...20% від руйнуючого. В цьому напрямку ведуться роботи в усьому технічному світі, в тому числі - в лабораторії полімерних деталей машин ЧТІ. Зокрема, створені металополімерний ланцюг, що складається з металеві зовнішньої ланки та полімерної внутрішньої, а також повністю полімерний ланцюг, який може знайти застосування в поліграфічних, текстильних, харчових та інших машинах і обладнанні, де небажане застосування будь-яких мастил, а вимога безшумності роботи стоїть на одному з перших місць.

*Summary.* Resources of the decrease of wear chains and increase of capacity for work the chain drives by use sprockets of polymer composites are given. Dynamic characteristics of chain drives in process of operation with application of various materials are determined. The values of intensity of wearing of chains with pitch 25,4 mm in the time of work them with sprockets from different materials and conditions are given.

### *Перелік посилань:*

1. Pilipenko O.I. Friction and Wear in Groups of the Chain Drives from Polymer Composites// International Symposium "Yarofri - 91", Yaroslavl, 1991, p. 273-278.
2. Пилипенко О.И. Полимерные детали передач в машинах агропромышленного комплекса// Пластические массы. - М.: Химия, 1990. - № 6. - С. 9 - 12.
3. Пилипенко О.И. Контактное взаимодействие элементов цепного привода из полимерных композитов// Mechanika, tom 9, zesz.2, AGH, Polska, Krakow, 1990, s. 91 - 97.

**УДК 621.855**

**П. Кривий, І. Зубченко, А. Куцевич**

(Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль)

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЖОРСТКОСТІ ПРИВОДНИХ РОЛИКОВИХ І ВТУЛКОВИХ ЛАНЦЮГІВ**

*Анотація.* Подано методику дослідження жорсткості приводних роликів і втулкових ланцюгів, установку для експериментальних досліджень і принцип її роботи. В результаті обробки експериментальних даних отримані залежності для визначення деформацій приводних ланцюгів.

Однією з найважливіших характеристик приводних роликів та втулкових ланцюгів є жорсткість. Питанню дослідження цієї характеристики присвячені роботи [1, 3, 4], в яких наведена методика і залежності для дослідження характеристик жорсткості приводних ланцюгів. Проте, як вказується в [1, 4], досить важким є завдання теоретичного визначення видовження ланки із врахуванням її конструкції, технології виготовлення деталей та складання ланцюга.

Найповніше питання про позовжню деформацію приводних ланцюгів висвітлені в роботі І.П.Глуценка [1], в якій наведені емпіричні залежності для визначення жорсткості як відрізка ланцюга, так і однієї ланки. Проте не наведені результати досліджень і формули для визначення жорсткості дворядного ланцюга. Крім цього, рекомендовані залежності досить складні і громіздкі, що ускладнює їх використання, а значення коефіцієнтів подані для ланцюгів, параметри яких регламентувались ГОСТ 2599-50 та ГОСТ 3609-52.

Нижче наводяться результати експериментальних досліджень з визначення жорсткості ланцюгів. З цією метою на базі розривної машини МР-6 була сконструйована і змонтована експериментальна установка, конструктивна схема якої подана на рис. 1.

Установка містить два (верхній та нижній) захвати 15, 26, в яких виставлені в одній горизонтальній площині шпонки 16 і 25, що імітують зубці зірочок. На цих шпонках встановлений відрізок дворядного ланцюга 19. В якості навантажувача використаний динамометр 14, шарнірно зв'язаний за допомогою спеціальної гайки 13 і гвинта 12 із верхньою траверсою 11, а через досліджуваний зразок і нижній захват 26 з різьбовою поверхнею - з нижньою траверсою 1 і гайкою 28. Контролюючий пристрій являє собою систему індикаторів 7, 10, 17, 21, встановлених з можливістю їх переміщення за допомогою кронштейнів 3, 8, 20, 23, встановлених на стійках 2 і зафіксованих гвинтами 4 як у вертикальному, так і в горизонтальному напрямку. В отворах цих кронштейнів розміщені пінолі 6, 22. Для недопущення скручування дослідного зразка ланцюга використана штанга 27.

Методика дослідження деформацій ланцюгів полягала у такому. Згідно із [2] з розрахунку несучої здатності для рекомендованих значень кутової частоти були визна-