

# ДЕЯКІ РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРОБОК ЭКОТРИБОТЕХНІЧНИХ ВУЗЛІВ ДЛЯ БЕЗШУМНИХ ВИСОКОЕФЕКТИВНИХ ПЕРЕДАЧ

*Селезньов Ю.В., Бондаренко О.В., Друж В.В.*

*Україна, Миколаїв, Миколаївський державний аграрний університет*

*В статті рассмотрен вариант замены более сложных в изготовлении зубчатых передач фрикционными передачами с использованием углекомполитов.*

Зроблений системний аналіз відомих передач показує, що найпоширенішими є зубчасті передачі, які можуть передавати більші крутні моменти при високих обертах. Однак недоліком зубчастих передач є складність виготовлення, потреба високої точності, шум і вібрації, аварії при поломці зуба. Цих недоліків позбавлені фрикційні передачі. Вони прості, безшумні, але не можуть передавати більші крутні моменти, - прослизують, потрібні більші притискні зусилля, які передаються на вали та підшипники. Як вирішити проблему створення надійних, простих, компактних, безшумних, екологічно чистих передач із передачею більших крутних моментів з високим ККД?

Багаторічні дослідження в УНПЛ-УК УГМТУ та УНІЛСП МДАУ показали, що такою передачею може бути планетарна фрикційна співвісна передача ПФСП із використанням спеціальних триботехнічних пар із фрикційними та наповнювачами, що демпфують. У цьому випадку сателіти виконуються з вуглекомполита з відповідними присадками. У цій передачі сателіти обкатуються без ковзання по сонячному й коронному колесу. Із цього виходить, що втрат тут буде значно менше, ніж у зубчастих передачах. Шум і вібрації в цих передачах повністю відсутні тому, що рівнодіюча всіх сил притиснення дорівнює нулю - фрикційна передача із замкнутими силами притиснення. У цьому випадку підшипники та вали не будуть сприймати зусилля притиснення, які лімітуються контактними напругами, що допускаються. В таких передачах не потрібна система охолодження.

В цей час відомо багато різновидів ПФСП, які не одержали поширення через свою складність, проковзування нерівномірності розподілу навантаження по сателітах. Ускладнення конструкції приводить до зниження надійності, виходу з ладу окремих вузлів і пристрою в цілому, до підвищення вартості виготовлення та незручності експлуатації. Ці недоліки перешкоджають широкому поширенню ПФСП.

Удосконалювання ПФСП повинне йти по шляху спрощення конструкції та застосування нових матеріалів з керованими властивостями з метою підвищення переданих навантажень при високій надійності та екологічності.

У розробленій нами конструкції ПФСП це завдання вирішене шляхом застосування вуглекомпозитів зі спеціальними наповнювачами, що забезпечують безшумну роботу сателітів без проковзування при передачі навантажень на рівні зубчастих передач.

Передача працює в такий спосіб. Обертання  $\omega_1$  від провідного вала передається сонячному колесу, що приводить в обертання сателіти, що обкатуються по нерухливій поверхні коронного колеса. За допомогою осей сателіти, надають руху водило, з'єднання с веденим валом, що обертається із частотою  $\omega_2$  в  $U$  раз меншої, чим провідний вал -  $\omega_1$ , де  $U$  - передатне відношення ПФСП:

$$U = \frac{\omega_1}{\omega_2} = (d_1 + d_2)/d_1 = 1 + j_d, \quad j_d = \frac{d_3}{d_1}. \quad (1)$$

Тут  $d_1$  - діаметр сонячного колеса;  $d_3$  - внутрішній діаметр коронного колеса, закріпленого в корпусі;

$$d_2 = \frac{d_3 - d_1}{2} - \text{діаметр сателітів.}$$

Пропонована конструкція редуктора може ефективно працювати в діапазоні передаточних чисел:  $U = 3 \div 12$ . Завдяки малому значенню модуля пружності матеріалу сателітів і високому коефіцієнту тертя представляється можливість передавати більші крутні моменти при високих обертах без проковзування та шуму, характерних для зубчастих передач. У порівнянні із прототипами в металевому виконанні ця передача дозволяє значно знизити величину натягу та контактні напруги, що підвищить екологічність, надійність і термін служби передачі.

По простоті конструкції, технологічності, компактності запропонована передача буде конкурентоспроможній всім відомим зубчастим і фрикційним передачам.

При конструюванні подібних передач конструктор повинен підібрати модуль пружності матеріалів, геометричні параметри фрикційних пар, коефіцієнт тертя. По цим вихідним даним можна оцінити контактні напруги, величину натягу та припустимі навантаження при заданих допустимих напруженнях.

Наприклад, оцінка контактних напруг може бути зроблена по формулі:

$$\sigma_{HK} = j_\sigma \sigma_{HC}; \quad j_\sigma = \sqrt{\frac{2j_E f_c}{(1+j_E) f_k}}, \quad (2)$$

$$\text{де } j_E = \frac{E_k}{E_c}; \sigma_{\text{НС}} = 0,418 \sqrt{\frac{qE_c}{\rho_{\text{пр}}}}; q = \frac{F_n}{b}; \quad (3)$$

$$\rho_{\text{пр}} = \frac{d_1 d_2}{2(d_1 + d_2)}; \text{ при } f_k = 2f_c \quad j_\sigma = \sqrt{\frac{j_E}{1+j_E}}. \quad (4)$$

Тут  $F_n$  - сила радіального натягу;

$b$  - ширина сателіта діаметром  $d_2$  ;

$E_c, E_k$  - модулі пружності сталі та вуглекомполімера ( $E_c = 195$  ГПа,  $E_k = 12-40$  ГПа).

Так, наприклад, при  $E_k / E_c = 0,1$  і  $f_c = 0,2$ ,  $f_k = 0,4$  з (2) одержимо  $j_c = 0,3$ , тобто при тій зовнішній навантаженні по потужності контактні напруги будуть менше приблизно в три рази при використанні вуглекомполімерних сателітів.

Умова міцності в цьому випадку представиться у вигляді:

$$\sigma_{\text{НК}} = j_\sigma \sigma_{\text{НК}} \leq [S_H].$$

Контактні напруги, що  $[S_H]$  допускаються, залежать від структури матеріалу волокон і матриці з наповнювачами, а також від орієнтації волокон у поверхневому шарі та особливостей технології (матеріал з керованими властивостями). Тому конструктор у цьому випадку повинен бути одночасно й технологом із системним мисленням. Для кожного конкретного випадку необхідно підібрати оптимальну структуру та технологію одержання вуглекомполімерних сателітів. За рахунок цього можна управляти такими характеристиками як модуль пружності  $E_k$  та коефіцієнт тертя  $f_k = 0,3-0,8$ . Число сателітів при цьому вибирається в діапазоні  $C=3 \div 8$ . Вибір числа сателітів пов'язаний з потрібним передаточним числом, що приблизно можна оцінити по формулі:  $U=12,5/(C-2)$ .

Так, наприклад при  $C=3$ ,  $U=2,08$ .

Варіюючи параметрами  $C, f_k, E_k$  конструктор може підібрати оптимальну умову надійної роботи ПФСП при заданих значеннях  $U, F_n, b$ .

У процесі конструювання ПФСП можливі різні варіанти пристрою сателітів, сонячного та коронного колеса. Так, наприклад, становить інтерес варіант конструкції сателіта та взаємодіючих пар у гібридному виконанні, коли маточина колеса сталева, а обід виконаний з вуглекомполімера (рішення Укрпатента від 11.02.02. на видачу патенту на винахід за заявкою № 98052699 від 25.05.98).

На нашу думку ще більш ефективною є конструкція сателіта і його осі в вуглекомпонитном виконанні з керованими властивостями зі здатністю адаптуватися до різних умов роботи. У цьому випадку особливу роль грають спеціальні технології одержання деталей з вуглекомпонита.

У пропонованих передачах використовуються спеціальні вуглекомпонитні підшипники ковзання, які змазуються водою і тому є екологічно чистими. Як наповнювачі в цих підшипниках використовуються спеціальні антифрикційні та демпфуючі добавки.

У МСНДЛС (міжнародна суспільна науково-дослідна лабораторія системології) і УНІЛСП тривають пошукові науково-дослідні роботи та патентування ПФСП нового покоління. У Миколаєві в цей час дозріла обстановка для створення спільних підприємство з виробництва ефективних екологічно чистих ПФСП ХХІ століття.

#### **Перелік посилань**

*1. Селезнев Ю.В. Методологические указания к решению задач проектирования содовых машин на основе системного подхода. Николаев: НКИ, 1991. – 63 с.*

*2. Селезнев Ю.В. Проектирование деталей судовых машин из композиционных материалов. – Николаев: УДМТУ 2000.- № 2. – С. 157 – 163.*