

Використовуючи знайдені частотні характеристики (4) обчислено амплітудно-частотну $W(x, \omega)$ та фазочастотну $\psi(x, \omega)$ характеристики:

$$W(x, \omega) := \sqrt{(U(x, \omega))^2 + (V(x, \omega))^2}, \quad \psi(x, \omega) = \operatorname{arctg} \frac{V(x, \omega)}{U(x, \omega)}, \quad (5)$$

Параметри затухання ξ_i , які входять в передавальні функції (4) елементів структурної схеми є незначними, тому що рівень дисипації енергії в заготовці є достатньо малим. Шляхом чисельного експерименту встановлено, що параметр затухання складає $\xi=0,0001\dots 0,002$. При параметрі затухання $\xi=0,0001$ обчислена амплітудно-частотна характеристика мало відрізняється від характеристики системи без втрат енергії (рис.1б). При збільшенні параметра затухання до значення $\xi=0,002$ резонансні піки на амплітудно-частотній характеристиці зменшуються в кілька разів. Це особливо проявляється на високих частотах, де резонансні піки майже зникають (рис.1в). Тому для математичного моделювання вібраційного поля заготовки можна використати математичну модель у вигляді нескінченної суми коливальних ланок, параметри затухання яких складають $\xi=0,0001\dots 0,0002$.



УДК 621.9.06

Сергій Струтинський; Андрій Гуржій

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
03056, м. Київ, пр. Перемоги, 37*

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ НЕЧІТКИХ МНОЖИН ДЛЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЮФТОВИХ З'ЄДНАНЬ В ПРИВОДАХ І ПЕРЕДАЧАХ

Sergej Strutinsky, Andriy Gurgiy

APPLICATION OF THEORY OF FUZZY SETS IS FOR DESCRIPTION OF CLEARANCE OF CONNECTIONS IN OCCASIONS AND TRANSMISSIONS

The results of research pivotally connected to the drive and transfer equipment with parallel kinematics. Determined nonlinear characteristics clearance connection that takes place in spherical hinge spatial mechanism. Done description of the hysteretic properties of spherical hinge joints clearance space system drives using fuzzy sets theory.

Розробка прогресивного технологічного обладнання на основі просторової системи приводів потребує всебічного дослідження шарнірних з'єднань в приводах і передачах обладнання. Шарніри мають гарантовані люфти і зазори обумовлені необхідністю компенсації термічних деформацій деталей та похибок виготовлення і збирання вузлів. Зазори в шарнірах складають 30...60 мкм і змінюються в залежності від багаточисельних факторів невизначеного характеру. Для опису нелінійних характеристик люфтових з'єднань використано ряд положень теорії нечітких (Fuzzy) множин. Характеристики люфтових з'єднань в приводах і передачах досліджено експериментальними методами.

Визначено нелінійні характеристики люфтового з'єднання яке має місце в сферичному шарнірі просторового механізму (рис. 1)

Сферичний шарнір включає сферу 1 із хвостовиком. Поверхня сфери взаємодіє із поверхнею сферичного пояска 2 корпусу шарніра 3. Шарнір має кришку 4 яка гвинтами 5 кріпиться до корпусу. Сферичний поясок 6 кришки взаємодіє із поверхнею сфери при переміщенні сфери у під дією сили P.

Для проведення експериментальних досліджень розроблено спеціальне оснащення яке дозволяє реалізувати циклічне знакозмінне навантаження на сферичний шарнір. Згідно розробленої методики реалізовано 5...7 циклів знакозмінного навантаження. Обробка

одержаного масиву експериментальних даних дала можливість обґрунтувати опис нелінійних гістерезисних характеристик люфтового з'єднання. Характеристика шарніра (рис. 2) має вигляд ряду процесів із особливими властивостями. Процес виборки зазору в люфтовому з'єднанні 1 має масштаб швидкодії на кілька порядків вищий інших процесів тобто являє собою нескінченно швидкий процес. Процеси контактної деформації 5 після виборки зазору при стискаючому навантаженні та процес 3 роз'єднання поверхонь при зміні знака навантаження мають діапазон зміни набагато менший величини зазору тобто є нескінченно малими процесами в порівнянні з іншими.

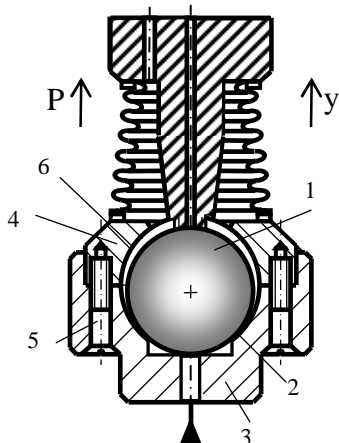


Рисунок. 1. Схема люфтового з'єднання в сферичному шарнірі просторової системи приводів

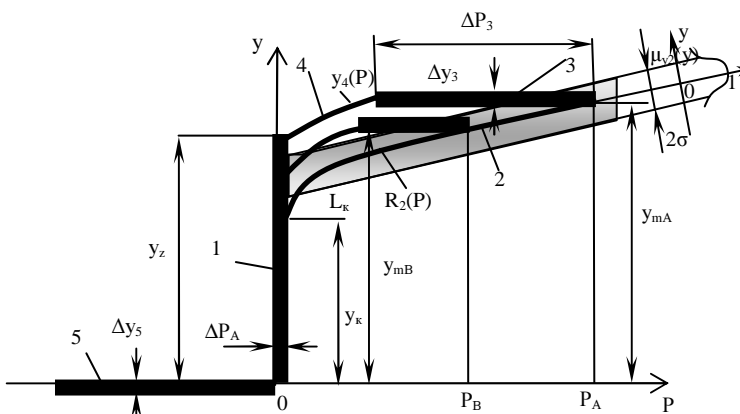


Рисунок. 2. Нелінійна гістерезисна характеристика люфтового з'єднання сферичного шарніра

Процес 2, який описує деформації гвинтових з'єднань корпуса і кришки є нечітко визначеним. Для характеристики даного процесу застосована характеристична функція приналежності множини значень процесу у вигляді кривої Гауса. Функція приналежності $\mu_{y_2}(y)$ побудована по спеціальній методиці. Методика полягає в наступному. По вимірним експериментальним даним для кількох циклів навантаження побудована лінійна регресійна модель $R_2(p)$. Експериментальні дані центровані по одержаній регресійній моделі. Для кожного циклу навантаження прийнята прямокутна характеристична функція приналежності центрованих експериментальних значень характеристики у всьому діапазоні зміни навантаження. Шляхом об'єднання нечітких множин по всіх циклах навантаження одержана результуюча характеристична функція приналежності, $\mu_{y_2}(y)$, яка апроксимована кривою Гауса.

Знайдена функція приналежності дає можливість з високою точністю прогнозувати вид і параметри нелінійної гістерезисної характеристики люфтового з'єднання в шарнірі. Прогноз значень характеристик здійснено спеціальними методами. Найбільш загальними є прогнозування значень характеристики на основі гіпотези про рівноцінність впливу окремих факторів при достатньо великому числі факторів впливу. При цьому, прогнозне значення є окремою реалізацією випадкового числа із масиву нормально розподілених випадкових чисел математичне сподівання яких відповідає знайденій лінійній регресійній моделі характеристики $R_2(p)$, а середньоквадратичне відхилення (стандарт) σ дорівнює напівширині знайденої характеристичної функції приналежності по її точкам переходу.

При наявності превалюючих факторів гіпотеза рівноцінного впливу факторів корегується шляхом введення в прогнозні значення процесу деякого тренду, пропорційного впливу превалюючого фактора.

Проведені дослідження підтвердили ефективність застосування теорії нечітких множин для опису гістерезисних властивостей люфтових з'єднань сферичних шарнірів просторової системи приводів.

