

Література

1. Гавриш О.А. Системные технологии финишной обработки деталей / Гавриш О.А., Роик Т.А., Гавриш А.П.: Монография.- К.: ВПК «Политехника», 2011.- 375 с.
2. Гавриш А.П. Підвищення якості та експлуатаційних властивостей підшипників ковзання / А.П. Гавриш, Т.А. Роїк, О.О. Мельник, Ю.Ю. Віщок: Науковий Вісник Національного гірничого університету. Тематичний випуск. - Дніпропетровськ: Державний ВНЗ «НГУ», 2011.- С. 101-106.
3. Патент України № 60521, МПК С22С33/02 (2006.01). Композиційний підшипниковий матеріал / Роїк Т. А, Гавриш А. П., Киричок П.О., Гавриш О.А., Віщок Ю.Ю., Мельник О. О., опубл. 25.06.2011, Бюл. № 12.



УДК 621.7

Василь Струтинський, професор; Оксана Юрчишин, доцент

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

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ В ПРУЖНІЙ СИСТЕМІ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА МЕТАЛОРИЗАЛЬНОГО ВЕРСТАТА

Vasyl Strutinsky, Oksana Jurchyshyn

MATHEMATICAL DESIGN OF DYNAMIC TRANSIENTS IN FLEXIBLE DRIVE TRANSMISSIONS OF METAL-CUTTING MACHINE TOOLS

The structural features of spindle knot of machine-tool are certain and the dynamic model of purveyance as systems is developed with the up-diffused parameters. The mathematical models of the system are developed purveyances, taking into account dissipation of energy at vibrations. The design of the oscillation field of purveyance is conducted at stochastic loadings.

Динамічні процеси в шпindelній групі верстата відзначаються значною складністю. Тому для їх дослідження ефективним є математичне моделювання динамічної системи. Підвищення точності і достовірності математичних моделей досягається врахуванням розподіленості параметрів у динамічній системі.

При обробці пруткової заготовки відбуваються її інтенсивні поперечні коливання як системи з розподіленими параметрами. Коливання визначаються умовами опирання заготовки. При обробці коротких заготовок мають місце схеми їх закріплення із консоллю. Для довгих заготовок має місце їх опирання на кільце шпинделя. При затиску заготовки в патроні вона буде прогинатись під дією гравітаційних сил і опиратись на кільце, встановлене на шпинделі. Поворот шпинделя приводить до відриву заготовки від кільця, вона втрачає контакт із шпинделем. При подальшому повороті заготовки на кут $180^{\circ} + \varphi_B$ вона знову входить в контакт із кільцем. Таким чином, на протязі одного оберту шпинделя за час t_0 заготовка має дві принципово різні схеми опирання: заземлення в патроні з додатковим опиранням в кінцевій частині та консольне закріплення заготовки.

В проміжку між імпульсним навантаженням заготовка здійснює вимушені коливання під дією стохастичних сил різання. Для розрахунку даних коливань розроблена спеціальна математична модель, яка базується на розгляді власних коливань заготовки як системи з розподіленими параметрами.

Нормальні форми коливань для консольно закріпленої заготовки розраховуються через функції Крилова згідно залежностей:

$$X_i(x) = C \left[K_3 \left(k_i \frac{x}{L} \right) - K_4 \left(k_i \frac{x}{L} \right) \right] \quad (1)$$

Значення коренів частотного рівняння для даного випадку складає:

$$k_1 = 1,875; k_2 = 4,694; k_3 = 7,855; k_4 = 10,996.$$

Схема опирання заготовки визначає спектр частот власних коливань. Більш високі частоти має заготовка із заземленим лівим кінцем, яка шарнірно опирається на правому кінці. Низькі частоти характерні для консольно закріпленої заготовки.

Вільні поперечні коливання перетину заготовки як пружного стрижня описуються залежністю

$$y(t, x) = \sum_{i=1}^{\infty} X_i (A_i \cos p_i t + B_i \sin p_i t) \quad (2)$$

де X_i - i -та нормальна форма коливань; p_i - частота, яка відповідає i -тій формі; A_i, B_i - константи, які визначаються із початкових умов.

Залежність (2) із визначеними формулою (1) нормальними формами X_i являє собою імпульсну характеристику динамічної системи заготовки у вигляді функції часу. Перетворимо її по Лапласу. Одержимо зображення по Лапласу імпульсної характеристики $Y_I(s, x)$, що співпадає з передавальною функцією $W(s, x)$ системи:

$$Y_I(s, x) = L \left[\sum_{i=1}^{\infty} X_i B_i p_i \left(\frac{1}{p_i} \sin p_i t \right) \right] = \sum_{i=1}^{\infty} X_i B_i p_i \left(\frac{1}{S^2 + p_i^2} \right) = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{K_i}{T_i^2 S^2 + 1} = W(s, x), \quad (3)$$

де S - оператор Лапласа; $T_i = \frac{1}{p_i}$ - постійна часу, відповідна i -й формі коливань;

$K_i = \frac{X_i B_i}{p_i}$ - коефіцієнт передачі, відповідний i -й формі коливань, $W(s, x)$ - передавальна функція системи від входу, що спричиняє початкову швидкість заготовки $f_2(x) = V_0(x)$.

Із формули (3) шляхом підстановки $S \rightarrow j\omega$, $j = \sqrt{-1}$ знайдена частотна передавальна функція $WJ0(x, \omega)$ та амплітудно-частотна характеристика $W0(x, \omega)$:

$$WJ0(x, \omega) := \sum_{i=1}^5 \frac{K(x, i)}{-(T_i)^2 \cdot \omega^2 + 1}, \quad W0(x, \omega) := \text{mod}[WJ0(x, \omega)]$$

При обчисленні характеристик враховано 5 нормальних форм коливань заготовки.

Амплітудно-частотна характеристика має розриви другого роду на резонансних частотах (рис. 1а).

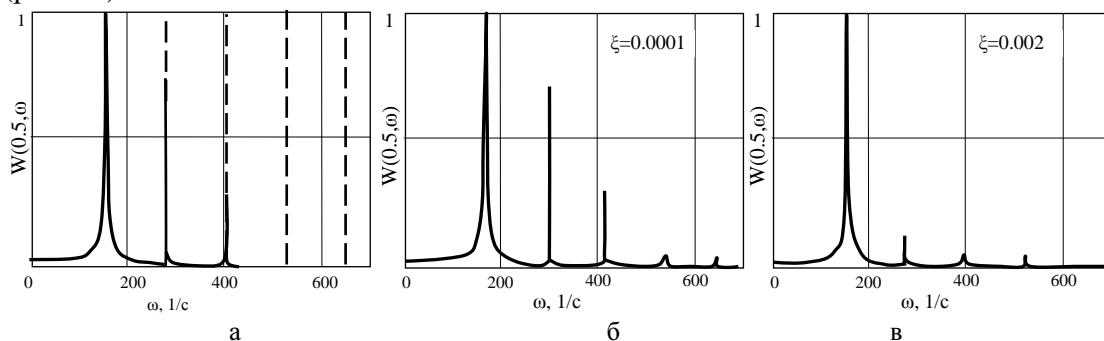


Рисунок 1. Амплітудно-частотна характеристика, обчислена для середнього перетину заготовки: а – без врахування втрат енергії; б – з врахуванням втрат енергії при параметрі згасання $\xi=0.0001$; в - при параметрі згасання $\xi=0.002$

Для ліквідації не відповідних фізичній суті задачі точок розриву введено еквівалентне згасання, яке визначається набором параметрів ξ_i . При цьому обчислено частотну передавальну функцію $WJ(x, \omega)$, дійсну $U(x, \omega)$ та уявну $V(x, \omega)$ частотні характеристики:

$$WJ(x, \omega) := \sum_{i=1}^5 \frac{K(x, i)}{-(T_i)^2 \cdot \omega^2 + 2 \cdot \xi_i \cdot T_i \cdot i \cdot \omega + 1} \quad i = \sqrt{-1}, \quad \begin{matrix} V(x, \omega) := \text{Im}(WJ(x, \omega)) \\ U(x, \omega) := \text{Re}(WJ(x, \omega)) \end{matrix}, \quad (4)$$

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