

УДК 621.9

В.О. Фільов; В.В. Шанайда к.т.н., доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШПИНДЕЛЬНОГО ВАЛА ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТА

V.O. Filiov; V.V. Shanaida Ph.D., Assoc. Prof.

INVESTIGATION OF THE DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE SPINDLE SHAFT IN A VERTICAL MILLING MACHINE

Нові конструктивні рішення можна візуалізувати за допомогою засобів 3D моделювання ще на етапі виконання проєктних робіт. Попри це всі технічні рішення спираються на аналітичне обґрунтування та графічне представлення [1]. Таким чином можна впевнено стверджувати, що аналітичні розрахунки будуть перевіреними на етапі графічного моделювання, а внутрішні алгоритми систем твердотілого моделювання покажуть результати виконання проєктних робіт під максимальними значеннями зовнішнього навантаження [2].

Мета роботи: дослідження ролі силових параметрів процесу різання та параметрів крутильної жорсткості приводу головного руху на кінематичну точність руху вершини леза металорізального інструменту.

Поставлену мету можна досягнути при поетапному вирішенні наступних завдань:

- виконати аналіз передових теоретичних розробок та сучасних методик проєктування для конання комплексного аналізу об'єкта досліджень;
- провести аналіз силових факторів у зоні різання та ланцюг їх передачі на шпindel верстата;
- вивчити вплив параметрів режимів різання та мас-інерційних характеристик приводу головного руху на кінематичну точність руху вершини леза металорізального інструменту.

Об'єкт дослідження: процес механічної обробки на вертикально-фрезерному верстаті підвищеної точності.

Предмет дослідження: параметри напружено-деформованого стану елементів приводу головного руху вертикально-фрезерного верстата: крутильна жорсткість елементів приводу та контактна жорсткість металорізального інструменту..

Методи дослідження: фундаментальні положення теорії передачі та трансформації крутного моменту; метод кінцевих елементів, методи математичної теорії пружності, теорії міцності, математичного аналізу.

Узагальнений аналіз динамічних характеристик для шпindelного вала у структурі приводу головного руху доцільно виконати за розрахунковою схемою (рис. 1). Особлива риса цієї схеми полягає в тому, у якості сконцентрованих обертових мас можна розглядувати об'єднані блоки зі структури кінематичного ланцюга. Отримавши коректні результати з укрупненого розрахунку ми можемо висувати цільові технічні завдання для формування окремих компонентів, які є складовими елементами узагальнених обертових (чи поступальних) мас.

Для розрахунку мас-геометричних та інерційних характеристик укрупненої динамічної моделі ми розглядаємо дві узагальнені обертові маси J_1 та J_2 , із пружним зв'язком між ними C_2 та зв'язок з основою через C_1 . Також з основою обертові маси взаємодіють через в'язке тертя λ_1 і λ_2 .

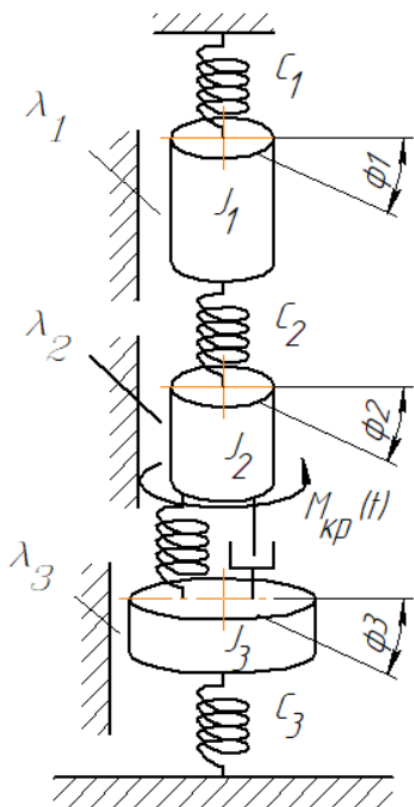


Рисунок 1. Узагальнена динамічна модель

Нижня частина схеми містить сконцентровану обертову масу J_3 , яка через пружний зв'язок C_3 та в'язке тертя λ_3 також взаємодіє з основою. Зв'язки між обертовими сконцентрованими масами J_2 та J_3 утворюють іншу підсистему. Ця підсистема має спільний вплив на обидві ланки динамічної моделі і може бути навантажена крутним моментом $M_{кр}(t)$, як спільним силовим параметром, котрий навантажує обидві системи.

Дослідивши цю динамічну модель з використанням рівняння Лагранжа 2-го роду ми записали рівняння руху для досліджуваної двомасової системи:

$$\begin{cases} J_1 \cdot \ddot{\varphi}_1 = -C_2(\varphi_1 - \varphi_2) - \lambda_1 \dot{\varphi}_1 - C_1 \varphi_1 \\ J_2 \cdot \ddot{\varphi}_2 = M_{кр}(t) - C_1(\varphi_2 - \varphi_1) - \lambda_2 \dot{\varphi}_2 \end{cases}$$

Розв'язок такої системи диференціальних рівнянь другого порядку виконали з використанням команди $Rkadapt(x,t0,t1,N,D)$ в багатofункціональному пакеті MathCAD.

Результати виконаних досліджень проілюстровано відповідними графіками (рис. 2 і 3)

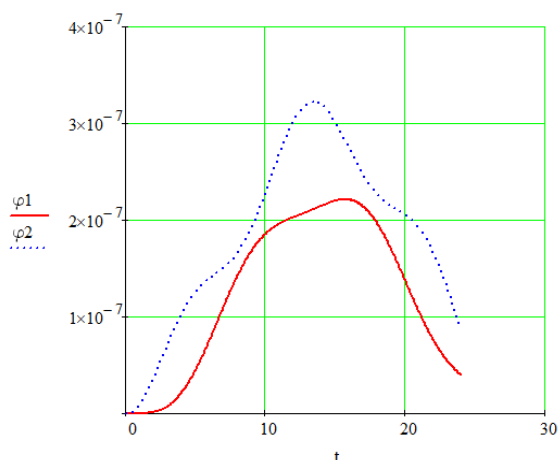


Рисунок 2. Графік кутових переміщень досліджуваних елементів приводу

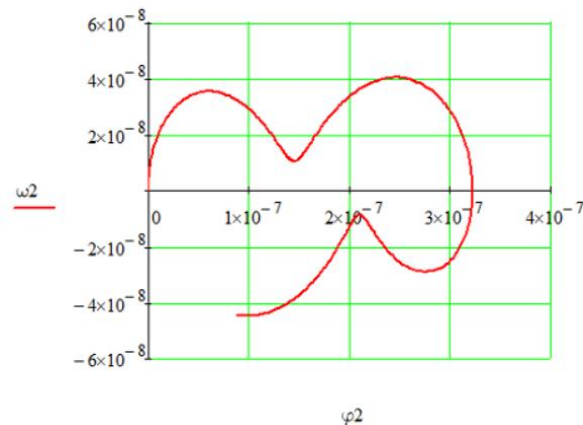


Рисунок 3. Фазові діаграми залежності швидкості обертання тіла від його кутового переміщення

Література

1. Склярів Р. А. Розробка критеріальних оцінок для аналізу компоновок верстатів з паралельною кінематикою / Р. А. Склярів, В. В. Шанайда // Матеріали XIX наукової конференції ТНТУ ім. Ів. Пулюя, 18-19 травня 2016 року - Т. : ТНТУ, 2016. - С. 74. - (Машинобудування).
2. Редько Р. Г. Дослідження пружно-силових характеристик затискних цанг, виготовлених за діючими та новими технологіями / Р.Г. Редько, О.І. Редько, В.В. Шанайда, Р.А. Склярів // Наукові нотатки. - 2014. - Вип. 44. - С. 249-253. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2014_44_41.