

УДК 621.9.06

В.Н. Волошин, канд. техн. наук, доц., С.С. Корніцький

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ПОРІВНЯЛЬНИЙ ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА З ЧПК ПРИ РІЗНИХ СПОСОБАХ ЗАТИСКУ ЗАГОТОВКИ

V.N. Voloshyn, Ph.D., Assoc. Prof., S.S. Kornickii

COMPARATIVE DYNAMIC ANALYSIS OF CNC LATHE SPINDLE UNIT AT DIFFERENT METHODS OF WORKPIECE CLAMPING

Одним з найбільш відповідальних вузлів токарного верстата з ЧПК є шпиндельний вузол (ШВ). Він приймає участь у формоутворюючому русі, а його якість істотно впливає на точність, надійність і продуктивність всього верстата. Динамічна якість ШВ токарного верстата з ЧПК безпосередньо впливає на якість поверхонь тіл обертання. Тому дослідження динамічної якості ШВ шляхом моделювання її залежності від параметрів ШВ та способу затиску заготовки (в токарному патроні, в токарному патроні з підтримкою задньої бабки, з підтримкою люнетом та ін.) набуває особливої актуальності.

Метою даної роботи є встановлення динамічних характеристик ШВ при різних способах затиску заготовки на основі порівняльного динамічного аналізу конструктивних схем і параметрів ШВ.

Серед усіх методів динамічних досліджень ШВ [1, 2], як згинних систем, для порівняльного аналізу взаємозв'язку конструктивних параметрів при різних способах затиску заготовки [3] та динамічних характеристик ШВ вибрано метод коефіцієнтів впливу податливості [4]. При цьому ШВ подається у вигляді пружної невагомої балки із відповідним числом зосереджених мас. Даний метод дозволяє враховувати радіальну і кутову жорсткість опор ШВ.

При вільних коливаннях ШВ рівняння руху багатомасової системи має вигляд [4]:

$$\sum_{j=1}^n m_{ij} \ddot{x}_j + \sum_{j=1}^n r_{ij} x_j = 0 \quad (1)$$

де m_{ij} - інерційні коефіцієнти; r_{ij} - коефіцієнти жорсткості.

При пошуку розв'язку системи (1) при умові гармонійних коливань, отримуємо систему лінійних однорідних алгебраїчних рівнянь відносно амплітуди коливань u_i [4]:

$$\sum_{j=1}^n (r_{ij} - p^2 m_{ij}) u_j = 0, \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

де u_i - амплітуда коливань в i -й точці; p - власна частота коливань.

Система лінійних однорідних алгебраїчних рівнянь (2) може мати ненульові розв'язки тільки при її визначнику, рівному нулю:

$$\Delta(p^2) = \begin{vmatrix} r_{11} - p^2 m_{11} & r_{12} - p^2 m_{12} & \dots & r_{1n} - p^2 m_{1n} \\ r_{21} - p^2 m_{21} & r_{22} - p^2 m_{22} & \dots & r_{2n} - p^2 m_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} - p^2 m_{n1} & r_{n2} - p^2 m_{n2} & \dots & r_{nn} - p^2 m_{nn} \end{vmatrix} = 0 \quad (3)$$

В загальному випадку всі корені рівняння (3), а значить і всі власні частоти, різні.

Даний метод використано для порівняльного аналізу власних частот коливань ШВ токарного верстата з ЧПК із різними способами затиску заготовки в процесі обробки. На рис. 1 приведена динамічна модель ШВ із консольно закріпленою заготовкою в токарному патроні. Аналогічно наведеній моделі, побудовані динамічні моделі ШВ із затиском заготовки в токарному патроні з підтримкою задньою бабкою та із підтримкою люнетом.

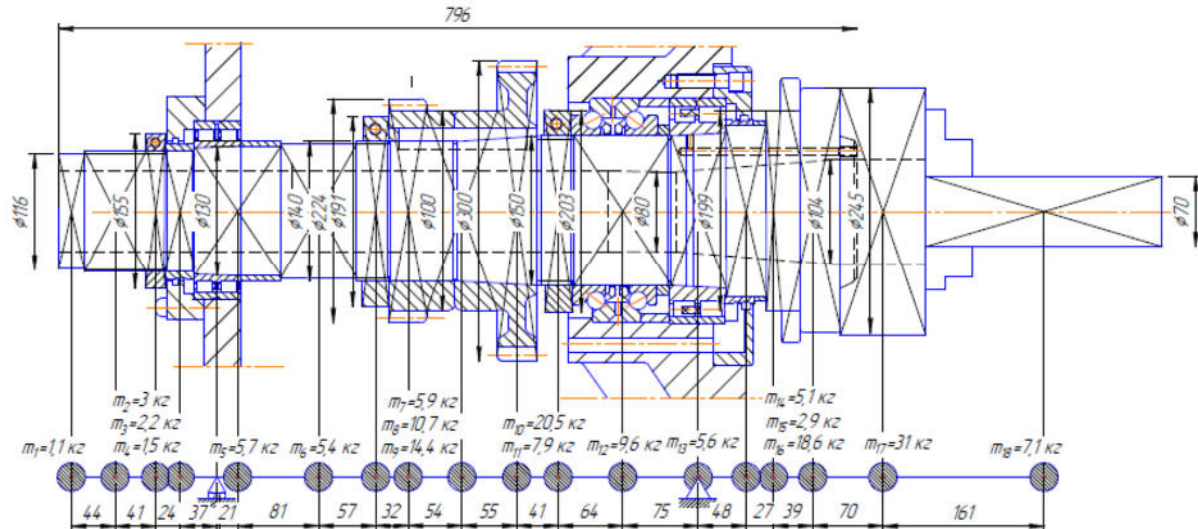


Рисунок 1. Шпиндельний вузол токарного верстата з ЧПК із затиснутою в токарному патроні заготовкою та його динамічна модель у вигляді пружної невагомої балки із зосередженими масами

Після приведення багатомасових динамічних моделей ШВ при різних способах затиску заготовки до моделей із меншою кількістю мас, визначалися власні частоти системи за залежністю (3). Для розрахунку власних частот коливань розроблено прикладну програму в пакеті MathCAD.

За результатами порівняльного аналізу динамічних моделей ШВ, отриманими за допомогою прикладної програми MathCAD, видно, що додаткові місця закріплення заготовки призводять до більш високого спектру власних частот. Так, наприклад, перша власна частота ШВ із консольно закріпленою заготовкою в токарному патроні менша від першої власної частоти ШВ із закріпленням заготовки в токарному патроні з підтримкою задньою бабкою в 1,8 рази. Це в першу чергу пов'язано з підвищеною жорсткістю схем ШВ з додатковими опорними точками, які виникають при затиску заготовки в токарному патроні з підтримкою задньою бабкою чи люнетом.

Література.

1. Данильченко Ю.М. Прецизійні шпиндельні вузли на опорах кочення (теорія і практика)/ Ю.М. Данильченко, Ю.М. Кузнецов. – Тернопіль-Київ: Економічна думка, 2003, – 344 с.
2. Пуш А.В. Шпиндельные узлы. Качество и надежность. – М.: Машиностроение, 1992. – 288 с.
3. Зажимные механизмы и технологическая оснастка для высокоэффективной токарной обработки: Монография/ [Кузнецов Ю.Н., Драчев О.И., Луцив И.В., Шевченко А.В., Волошин В.Н.]. – Старый Оскол: ТНТ, 2014. – 480 с.
4. Бидерман В.Л. Теория механических колебаний. – М.: Высшая школа, 1980. – 408 с.