

## РОЗРАХУНКИ НА ЖОРСТКІСТЬ БАГАТО ОПОРНОГО ШПІНДЕЛЬНОГО ВАЛА НА НЕЛІНЕЙНО-ПРУЖНИХ ОПОРАХ

Хавін В.Л., Киркач О.Б., Киркач Б.М.  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Якість механічної обробки напряму зв'язана з жорсткістю шпіндельного валу верстату. Тому статичний аналіз переміщень консольної частини шпинделя, де розташовується ріжучий інструмент, є необхідним процесом при проектуванні високоточного верстатного обладнання. .

Для обчислення переміщень та кутів повороту шпіндельного валу використовується розроблена математична модель [1], що базується на диференціальному рівнянні зігнутої вісі балки моделі Тимошенко з врахуванням нелінійної деформації підшипників в залежності від діючих на них зовнішніх зусиль. Кожен підшипник вважався однією, або декількома точковими пружними опорами з розподіленими по його базі жорсткостями  $C_n$  та відповідними реакціями  $R_n$ . Розрахунковою схемою шпіндельного валу була балка, яка спиралась на  $n$  пружних опор та навантажувалася зусиллями різання.

Для врахування не лінійності деформацій підшипників при рішенні диференціального рівняння зігнутої вісі балки застосовувались: метод послідовних ітерацій (МПІ) та метод послідовного навантаження (МПН), з використанням як дотичної  $C_n(R_n) = dR_n / d\delta_r$ , так і січної  $C_n(R_n) = R_n / \delta_r$  жорсткостей (тут  $\delta_r$  - переміщення внутрішнього кільця підшипника у радіальному напрямі).

В роботі були проведено статичний аналіз реального шпіндельного валу, який опирається на спарені радіальні однорядні підшипники №46120 у п'ятьох варіантах розподілення жорсткостей по довжині їхньої бази.

Результати розрахунків показали, що вирішальна роль у точності розрахунку переміщень консольної частини валу належить спареному підшипнику передньої опори (найближчої до консолі), який треба моделювати чотирма пружними опорами рівної жорсткості. Збільшення кількості опор на поверхні заднього підшипника не дає значного підвищення точності результатів.

Ті ж самі схеми шпинделя були прораховані за допомогою МСЕ з використанням комплексу ANSYS. Порівняння результатів показали їх гарний збіг. Максимальна різниця між переміщеннями не перевершила 5%.

### Література:

1. Valerij Khavin, Oleksiy Kyrkach, Inna Khavina . A Computational Technique for the Static Analysis of Multi-Support Spindle Shafts with Nonlinear Elastic Bearings. 2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), Year: 2020 | Conference Paper | Publisher: IEEE, p. 402-406.