

РОЗРАХУНКИ НА ЖОРСТКІСТЬ БАГАТО ОПОРНОГО СТУПІНЧАТОГО ШПИНДЕЛЬНОГО ВАЛА

НА НЕЛІНІЙНО-ПРУЖНИХ ОПОРАХ

Хавін В.Л., Киркач О.Б., Киркач Б.М.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Основний тип шпиндельних вузлів сучасних багатоцільових верстатів – багато опорні короткі балки ступінчатої геометрії з широкою гамою підшипників.

В роботі представлена математична модель та побудована на її базі методика статичного розрахунку багато опорних ступінчатих шпиндельних валів на нелінійно пружних опорах. На основі диференційного рівняння зігнутої осі балки Тимошенко та методу початкових параметрів збудована повна система рівнянь задачі статичного аналізу, яка враховує нелінійну залежність жорсткості підшипників від діючих на них зусиль і різну жорсткість ділянок шпинделя.

Запропоновано матричний метод вирішення задачі і розроблено програмне забезпечення в середовищі пакету MatLAB.

У даній роботі ступінчатий вал приводиться до еквівалентної по деформації балці постійного перерізу, розміри якого дорівнюють розміру поперечного перерізу першої ділянки вала. Для забезпечення еквівалентності деформацій первісного та еквівалентного валів, внутрішні силові фактори на валу модифікуються за допомогою спеціальних коефіцієнтів приведення: $k_m^* = I_1 / I_m$, $k_m^{**} = K_{tm} A_1 / K_{t1} A$ - згинальний та зсувний коефіцієнти відповідно для m -ї ділянки вала.

В точках, які відповідають границям ділянок вихідного вала, до еквівалентного вала прикладаються додаткові згинаючі моменти ΔM_m^* та поперечні зусилля ΔF_m^* :

$$\Delta F_m^* = (k_{m+1}^* - k_m^*) Q_y(z_m^*), \quad \Delta M_m^* = (k_{m+1}^* - k_m^*) M_x(z_m^*),$$

Крім того, прикладаються ще й додаткові поперечні сили, які утворюються завдяки зсувній складовій у моделі балки Тимошенко:

$$\Delta F_m^{**} = (k_{m+1}^{**} - k_m^{**}) Q_y(z_m^*), \quad m = 1, 2, \dots, M - 1.$$

У наведених співвідношеннях z_m^* - координата границі m -ої і $(m+1)$ -ої ділянок вала. Подальші обчислення докладно описані в попередній роботі [1].

Для тестування методики і програми провадилися розрахунки і порівняння з аналітичними [2] та чисельними розрахунками реального вала фрезерного верстата [3]. Отримано гарне співпадіння результатів.

Література:

1. В.Л. Хавін, О.Б. Киркач, Б.Н. Киркач "Статичний аналіз багатоопорних шпиндельних валів на нелінійно пружних опорах". Вісник НТУ "ХПІ" №2, 2021р., с.94-100. Сер. "Динаміка та міцність машин".
2. Р.М. Chernjanskij, "Zhestkost' metallorzhushchih stankov", MVTU, 1969, 20s (in Russian).
3. L.A. Kolesnikov, "Issledovanie staticheskikh i dinamicheskikh harakteristik shpindel'nyh uzlov stankov pri avtomatizirovannom proektirovanii", Minsk, BNTU, 2017, 55s (in Russian).