

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

# СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

МАТЕРІАЛИ  
та програма

V Всеукраїнської міжвузівської  
науково-технічної конференції  
(м. Суми, 17–20 квітня 2018 р.)



Суми  
Сумський державний університет  
2018

# ВИЗНАЧЕННЯ РАДІАЛЬНОЇ ТА ОСЬОВОЇ ЖОРСТКОСТІ ПІДШИПНИКОВИХ ОПОР ТУРБОНАСОСНИХ АГРЕГАТІВ

*Павленко І. В., доцент; Симоновський В. І., професор;  
Дем'яненко М. М., аспірант, СумДУ, м. Суми*

Досвід проектування турбонасосних агрегатів рідинних ракетних двигунів свідчить про те, що наявність попередніх зазорів у підшипникових опорах значно знижує, а попереднє осьове навантаження – підвищує жорсткість опор. Крім того, нелінійність жорсткісних характеристик впливає на амплітуди прогинів роторів при дослідженні їх вимушених коливань [1].

Для визначення жорсткості підшипникових опор з урахуванням початкових зазорів, попереднього осьового навантаження, обертання ротора і податливості корпусних елементів застосовуються програмний комплекс “ANSYS Workbench” і його модулі “Static Structural”, “Transient Structural”. Відповідна схема навантаження наведена на рисунку 1.

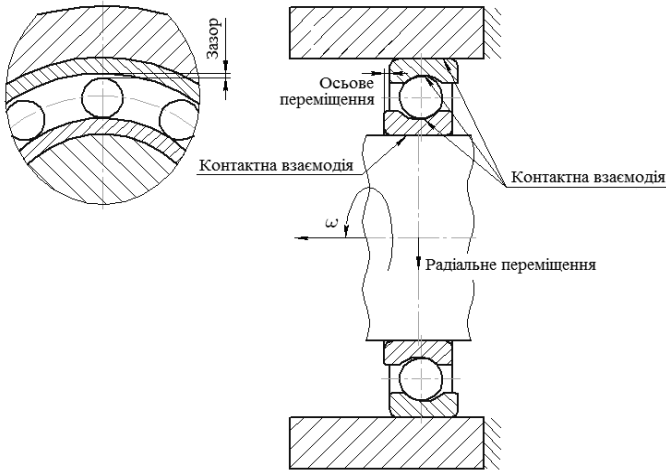


Рисунок 1 – Розрахункова схема навантаження підшипникової опори

Реалізація схеми навантаження відбувається за таким алгоритмом [2]:

- 1) попереднє зміщення зовнішньої обойми для підшипника і вала у бік дії попередньої осьової сили; при цьому визначається переміщення, обумовлене максимальним радіальним зазором;
- 2) визначення осьового переміщення у результаті деформації опори, обумовленої дією попередньої осьової сили;
- 3) визначення радіального зміщення вала у результаті деформації опори, обумовленої дією радіальної сили;
- 4) урахування відцентрових сил інерції, обумовлених обертанням ротора разом із внутрішньою обоймою підшипника.

У результаті числового моделювання визначаються радіальні переміщення, що відповідають дискретним значенням радіальних і осьових сил. За отриманими даними будуються апроксимуючі криві залежностей «радіальна сила – радіальне переміщення» та «осьова сила – осьове переміщення». Диференціювання отриманих залежностей дозволяє визначати коефіцієнти нелінійної радіальної та осьової жорсткості підшипникових опор, у тому числі в залежності від частоти обертання ротора [3, 4].

Запропонована методика була використана під час виконання науково-дослідної роботи кафедри загальної механіки та динаміки машин Сумського державного університету «Проведення досліджень динаміки роторів турбонасосних агрегатів рідинних ракетних двигунів» (№ 51.24-01.15.СП) на замовлення Державного підприємства «Конструкторське бюро «Південне» ім. М. К. Янгеля» [1].

Отримані результати дозволили розробити відповідні розрахункові моделі вільних і вимушених коливань валопроводу турбонасосного агрегату рідинного ракетного двигуна, а також роторів турбонасоса окислювача і насоса пального з урахуванням початкових зазорів, нелінійної жорсткості підшипникових опор, податливості корпусу, попереднього осьового навантаження, обертання ротора і жорсткості ущільнення з плаваючим кільцем. У результаті досліджені вільні та вимушені коливання роторних систем, визначені динамічні реакції опор і функція прогину валопроводу.

#### Список літератури:

1. Проведення досліджень динаміки роторів турбонасосних агрегатів рідинних ракетних двигунів : науково-дослідна робота № 51.24-01.15.СП від 16.02.2016 р. / Замовник : Державне підприємство «Конструкторське бюро «Південне» ім. М. К. Янгеля» ; виконавець : Сумський державний університет.

2. Pavlenko I. Dynamic analysis of centrifugal machines rotors with combined using 3D and 2D finite element models : Monograph / I. Pavlenko, V. Simonovskiy, J. Pitel', M. Demianenko // Lüdenscheid : RAM-VERLAG, 2018.

3. Pavlenko I. V. Dynamic analysis of centrifugal machine rotors supported on ball bearings by combined using 3D and beam finite element models / I. V. Pavlenko, V. I. Simonovskiy, M. M. Demianenko // IOP Series: Materials Science and Engineering, 2017. – Vol. 233 (2017), 012053, doi: 10.1088/1757-899X/233/1/012053.

4. Павленко И. В. Комбинированное применение трёхмерных и балочных конечноэлементных моделей для анализа свободных и вынужденных колебаний роторов центробежных машин / И. В. Павленко, В. И. Симоновский, М. Н. Демьяненко // Збірник доповідей XV Міжнародної науково-технічної конференції «Герметичність, вібронадійність і екологічна безпека насосного і компресорного обладнання» – «ГЕРВИКОН+НАСОСИ-2017». – Суми : Триторія, 2017. – С. 219–229.