

DOI: 10.34185/1991-7848.itmm.2025.01.019

ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДШИПНИКІВ КОВЗАННЯ: КОНСТРУКЦІЙНІ РІШЕННЯ ТА
АНАЛІЗ МЕТОДОМ КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Яйчук О.О.¹, Поворотній В.В.²

¹Український державний університет науки і технологій, аспірант, Україна

²Український державний університет науки і технологій, к. т. н, доцент, Україна

Анотація. У сучасному машинобудуванні та металургії підшипники ковзання є невід'ємною частиною роторних агрегатів, таких як турбіни, генератори, насоси та інші системи, що працюють в умовах високих навантажень і високих швидкостей обертання. Надійність роботи цих підшипників є критичним фактором, оскільки їхній вихід з ладу може призвести до серйозних економічних втрат через вимушений простій обладнання. Дослідження спрямовані на підвищення ефективності, довговічності та стійкості до зношування підшипників ковзання. Важливу роль відіграють числові методи аналізу, такі як метод кінцевих елементів (МКЕ), що дозволяє моделювати їхню поведінку під дією навантажень та температур. Крім того, експериментальні випробування показали ефективність застосування полімерних покриттів та змащувальних рідин з низькою в'язкістю для покращення робочих характеристик підшипників. Оптимізація конструкцій, дозволяє підвищити стійкість підшипників ковзання та зменшити вібрації при роботі у складних умовах.

Ключові слова: підшипники ковзання, аналіз методом кінцевих елементів, полімерні матеріали, експериментальні дослідження, конструкції підшипників ковзання, змащення підшипників ковзання.

Основними завданнями аналізу системи ротор-підшипник є розрахунок витрат та гідродинамічних сил, а також оцінка вібраційного стану ротора. При створенні нових високоефективних конструкцій підшипників необхідно враховувати не тільки їх гідродинамічні, а й ротординамічні характеристики (жорсткості та демпфування). Динамічні характеристики роторів швидкохідних машин, в основному, визначаються діючими в зазорах проточної частини гідродинамічних сил, які, в залежності від конструкції та умов роботи ущільнювальних і підшипникових вузлів, можуть стабілізувати його динаміку і знижувати віброактивність, або, навпаки, викликати втрату динамічної стійкості та руйнівні для машин автоколивання ротора.

Одним із ключових методів, використаних у дослідженні, є числове моделювання з використанням методу кінцевих елементів (МКЕ). Цей метод

дозволяє детально проаналізувати поведінку підшипників ковзання під впливом різних навантажень, температурних коливань та умов змащування. За допомогою моделювання рис. 1 було проведено розрахунки деформацій та напружень у підшипниках, що дозволило виявити критичні зони зношування та можливі місця виникнення дефектів. Моделювання показало, що правильний вибір матеріалів та оптимізація конструкції дозволяють суттєво знизити рівень тертя і втрати енергії в підшипниках, що працюють в умовах високих швидкостей [1].

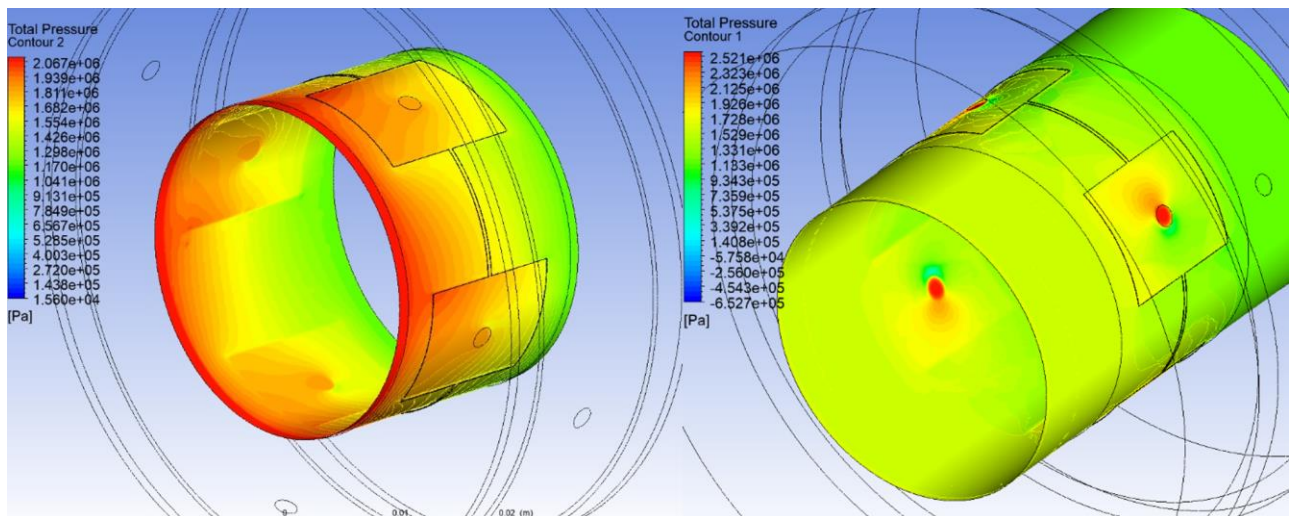


Рисунок 1 – Деякі результати розрахунку перепаду повного тиску на підшипнику ковзання за різних граничних умов

Особлива увага приділялася аналізу гідродинамічних та теплових процесів, що відбуваються у підшипниках під час роботи. Було змодельовано різні режими роботи підшипників з використанням змащувальних рідин різної в'язкості, що дозволило визначити оптимальні параметри для їхньої стабільної роботи. Моделювання дозволило оцінити вплив високих температур та навантажень на знесення підшипників, а також динамічну стійкість роторних систем, що працюють на високих швидкостях [2].

В рамках дослідження було проведено низку експериментів, спрямованих на вивчення зносостійкості та експлуатаційних характеристик підшипників ковзання за умов високих навантажень і різних режимів змащування. Експерименти проводилися на спеціальних стендах, де підшипники піддавалися навантаженням, що імітували реальні умови роботи.

Для тестування було використано підшипники з різними типами покриттів, включаючи полімерні матеріали, зокрема тефлон. Випробування показали, що застосування полімерних покриттів значно зменшує знос підшипників і підвищує їхню стійкість до тертя.

Висновки. Дослідження показали, що поєднання числового аналізу методом кінцевих елементів та експериментальних випробувань дозволяє оптимізувати конструкцію підшипників ковзання та підібрати найкращі матеріали для їхнього виготовлення. Впровадження полімерних покриттів сприяє підвищенню ефективності підшипників, зниженню тертя та зносу, а також покращенню тепловідведення [3]. Вдосконалення конструкцій, дозволяє забезпечити стабільну роботу підшипників у високошвидкісних агрегатах, що є критично важливим для промислових систем, які працюють у важких умовах експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Nakano S. et al. An Advanced Microturbine System with Water-Lubricated Bearings //International Journal of Rotating Machinery. – 2009. – Т. 2009. – №. 1. – С. 718107. URL: <https://doi.org/10.1155/2009/718107>
2. Elsayed E. K., Alaa M. A. E. L. B. A study on hydrodynamic water lubricated journal bearing //Engineering Research Journal. – 2017. – Т. 153. – С. M1-M15.
3. Іщенко, А. О., Радіоненко, О. В., Антоненко, А. В., Родак, А. А. Застосування полімерних матеріалів у підшипниках ковзання //Металургійні процеси та обладнання. - 2008. - №. 4. - С. 22-25.

RESEARCH ON JOURNAL BEARINGS: DESIGN SOLUTIONS AND FINITE ELEMENT ANALYSIS

Oleksandr Yaichuk, Viktor Povrotnii

Abstract. *In modern mechanical engineering and metallurgy, journal bearings are an integral part of rotating equipment such as turbines, generators, pumps, and other systems operating under high loads and high rotational speeds. The reliability of these bearings is a critical factor, as their failure can lead to significant economic losses due to unplanned equipment downtime. Research is aimed at improving the efficiency, durability, and wear resistance of journal bearings. Numerical analysis methods, such as the finite element method (FEM), play an important role by allowing the simulation of bearing behaviour under load and temperature conditions. Additionally, experimental tests have demonstrated the effectiveness of using polymer coatings and low-viscosity lubricants to enhance the performance of bearings. Optimizing the design of bearings*

improves their stability and reduces vibration when operating under challenging conditions.

Keywords: *journal bearings, finite element analysis, polymer materials, experimental research, bearing design, bearing lubrication.*

REFERENCE

1. Nakano S. et al. An Advanced Microturbine System with Water-Lubricated Bearings //International Journal of Rotating Machinery. – 2009. – T. 2009. – №. 1. – C. 718107. URL: <https://doi.org/10.1155/2009/718107> [in English].
2. Elsayed E. K., Alaa M. A. E. L. B. A study on hydrodynamic water lubricated journal bearing //Engineering Research Journal. – 2017. – T. 153. – C. M1-M15. [in English].
3. Ishchenko, A. O., Radionenko, O. V., Antonenko, A. V., Rodak, A. A. Zastosuvannya polymernykh materialiv u pidshypnykakh kovzannya // Metalurhiyni protsesy ta obladnannya. – 2008. – No. 4. – pp. 22–25. [in Russian].