

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИСОКОШВИДКІСНИХ ГАЗОВИХ ОПОР**

Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*Робота присвячена дослідженню характеристик газових опор (підшипників) для розширення їх сфери застосування та підвищення їх жорсткості та навантажувальної здатності. Встановлено, що чисельні методи точно описують їх експериментальні характеристики, що можна використовувати в подальших дослідженнях високошвидкісних опор на стабільність при вищих швидкостях.*

**Ключові слова:** газова опора, жорсткість, навантажувальна здатність, шпиндель.

### **Abstract**

*The article is devoted to the study of the characteristics of gas supports (bearings) in order to expand their scope of application and increase their stiffness and load capacity. It is established that numerical methods accurately describe their experimental characteristics, which can be used in further studies of high-speed supports for stability at higher speeds.*

**Keywords:** gas support, stiffness, load capacity, spindle.

### **Вступ**

Газові опори (підшипники) використовуються в різних сферах від мікросистем до великих турбомашин. Оскільки газові підшипники та пневматичні опори часто використовуються в харчовій, текстильній та фармацевтичній промисловості, вони вільні від забруднюючих речовин за умови подачі чистого повітря. Нові дослідницькі роботи зосереджені на розширенні застосування газових підшипників, зокрема на дуже високих швидкостях. Стomatологічні бормащини, наприклад, працюють зі швидкістю понад 500 об/хв, і максимальні швидкості для газових підшипників без охолодження становлять більше 700 об/хв [1]. Проте в [2] описано шпиндель діаметром 6 мм, який працював зі швидкістю 1,2 мільйона об/хв.

Через надзвичайно точні виробничі допуски, які вимагають пневматичні опори, і відсутність стандартних великомасштабних моделей виробництва, їх вартість зовсім не конкурентоспроможна з ціною підшипників кочення, які широко використовуються.

### **Основна частина**

Багато досліджень повітряних підшипників (газових опор) було проведено з використанням експериментальних, чисельних і теоретичних підходів з аналітичними моделями [3-6]. Проте все ще необхідні дослідження для покращення їх жорсткості, вантажопідйомності та стабільності. Наразі дослідники окремо вивчають потенційні конструкції, щоб знайти основні вимоги для конкретного застосування. Застосування динамічних газових підшипників наразі обмежено через їх малу потужність, хоча все більше роботи зосереджено на розробці надійних рішень для використання з більшою потужністю. Застосування верстатів, наприклад, вимагає жорсткості, порівнянної з жорсткістю підшипників кочення, які зазвичай використовуються; у дуже високошвидкісних програмах стабільність роботи є важливою.

У високошвидкісній обробці є свердління, фрезерування та шліфування, де газові підшипники використовуються для підтримки шпинделя [7]. Шпиндельні вузли в надточному токарному та шліфувальному верстатах сьогодні є інтеграцією двигуна, вала шпинделя та підшипників. Зазвичай ці

шпинделі мають діаметр менше 20 мм, і важко знайти застосування з пневматичним шпинделем більшого діаметру.

### Висновки

Були різні пріоритети проектування: жорсткість і навантажувальна здатність для пневматичного шпинделя та електрошпинделя та стабільність шпинделя. Для підвищення стабільності використовувалося два різні методи: введення зовнішнього демпфування в шпиндель і модифікація геометрії півки. За допомогою чисельних методів було доведено придатність газових підшипників для різних операцій. Експериментальне тестування зіграло важливу роль у ідентифікації чисельних моделей, і в той же час моделі, після ідентифікації, дозволили заощадити час у процесі проектування. Результати випробувань були використані в чисельних моделях для дослідження їх впливу на стійкість шпинделя при свердлінні отворів різного діаметру. Подальші дослідження перевірять стабільність на вищих швидкостях.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Bhushan B. Introduction to tribology. *The Ohio State University*. Ohio : John Wiley&Sons, Inc. 2001. 732 p.
2. Kabir M. A. A pin-on disk experimental study on a green particulate-fluid lubricant. *Journal of Tribology*. 2008. № 130. pp. 1041–1048.
3. Wornyo E. Y. A review of dry particulate lubrication: powder and granular materials. *Journal of Tribology*. 2008. № 129. pp. 438–449.
4. Vishtak I., Petrov O., Savulyak V, et al. Influence of the profile of longitudinal grooves of depths on increasing static characteristics of radial gas bearings. *Advanced Materials & Demanding Applications. Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2021. pp. 1-7.
5. Vishtak I.V., Savulyak V.I. Comparative characteristics and ion of speed bearings. *UJMEMS*. 2023, Volume 9, Number 2 : 12-25 ISSN 2411-8001
6. Petrov O., Slabkyi A., Vishtak I., Kozlov L. Mathematical Modeling of the Operating Process in LS Hydraulic Drive Using MatLab GUI Tools, Design, Simulation, Manufacturing. *The Innovation Exchange, DSMIE 2020: Advances in Design, Simulation and Manufacturing III* pp 52-62, 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-50491-5\_6
7. Vishtak I. V., Fedotov V. A., Solomon A. N.. Investigation of Radial Gas Bearings with Longitudinal Micro-Grooves of Various Transverse Profiles. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. 2020. pp. 1349–1356

**Віштак Інна Вікторівна** – канд. техн. наук, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [vishtakiv@vntu.edu.ua](mailto:vishtakiv@vntu.edu.ua)

**Ребенюк Сергій Віталійович** – ТОВ ПП «Еконія», м. Київ, e-mail: [rebenok.sergey@ukr.net](mailto:rebenok.sergey@ukr.net)

**Vishtak Inna. V.** – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department Safety of Life and Pedagogical Safety, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: [vishtakiv@vntu.edu.ua](mailto:vishtakiv@vntu.edu.ua)

**Rebenok Serhii V.** – "Ekonia" LLC, Kyiv, e-mail: [rebenok.sergey@ukr.net](mailto:rebenok.sergey@ukr.net)