

ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДІАЛЬНИХ ГАЗОВИХ ПІДВІСОК З ПОЗДОВЖНИМИ КАНАВКАМИ ЗМІННОЇ ГЛИБИНИ РІЗНОГО ПРОФІЛЮ

Вінницький національний технічний університет;

Анотація

Для радіального підвісу з східчастими поздовжніми канавками та канавками глибина яких зменшуються за лінійним законом в напрямку течії газу, існують значення ν та β при яких безрозмірна жорсткість K_e^* радіальної опори досягає максимуму (біля $K_e^* = 1,884$ при $P_H = 5$; $\lambda = 2$; $\alpha = 0,25$; $\alpha = 0,676$), що значно більше (приблизно на 50%), ніж у підвісу з канавками постійної глибини.

Ключові слова: радіальний підвіс, поздовжні канавки, змінна глибина, різний профіль, підйомна сила, відновлювальний момент, витрати газу.

Abstract

For a radial bearing with stepped longitudinal micro-grooves and grooves whose depth decreases linearly in the direction of gas flow, there are ν and β values at which the dimensionless rigidity K_e^* of the radial bearing reaches a maximum (about $K_e^* = 1,884$ at $P_H = 5$, $\lambda = 2$; $\alpha = 0,25$; $\alpha = 0,676$), which is significantly more (about 50%) than for a bearing with micro-grooves of constant depth.

Keywords: radial bearing, longitudinal grooves, variable depth, different profile, lifting force, recovery moment, gas consumption.

Вступ

Дослідженню, оптимізації конструктивних параметрів та розрахунку газових підвісів з канавками сталої глибини та ширини присвячена значна кількість наукових праць, наприклад. Але такі підвіси за своїми характеристиками поступаються підвісам з регуляторами тиску поза робочого зазору у вигляді отворів малого діаметру, щілинами наддування газу, пористих втулок.

Метою роботи є підвищення характеристик радіального підвісу з поздовжніми канавками за рахунок нанесення канавок змінної глибини різного профілю.

Результати дослідження

Підняти силові характеристики газових підвісів (рис. 1) з поздовжніми канавками сталої глибини (рис. 2 а) можна за рахунок зменшення шкідливих колових перетікань газу із ділянки з мінімальним робочим зазором в напрямку ділянки з меншим тиском, що досягається за використанням канавок змінної глибини (рис. 2 б, г).

Для двомірною неізотропною течією газу, знаходимо розподіл тиску в зазорах при компланарній неспіввідності валу та втулки радіального підвісу:

$$\chi(1-\alpha)^2 \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\chi (\alpha_0 h_q^3 + \nu^3 h_v^3) \frac{\partial u}{\partial \xi} \right) \cos^2 \alpha + \nu^3 \lambda^2 \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(\frac{h_v^3 h_q^3}{\alpha_0 \nu^3 h_v^3 + h_q^3} \cdot \frac{\partial u}{\partial \varphi} \right) = 0,$$

де $\chi = 1 + 2\xi \lambda \operatorname{tg} \alpha$, $\lambda = \frac{l_0}{R_0}$, $\alpha_0 = 1 - \alpha$.

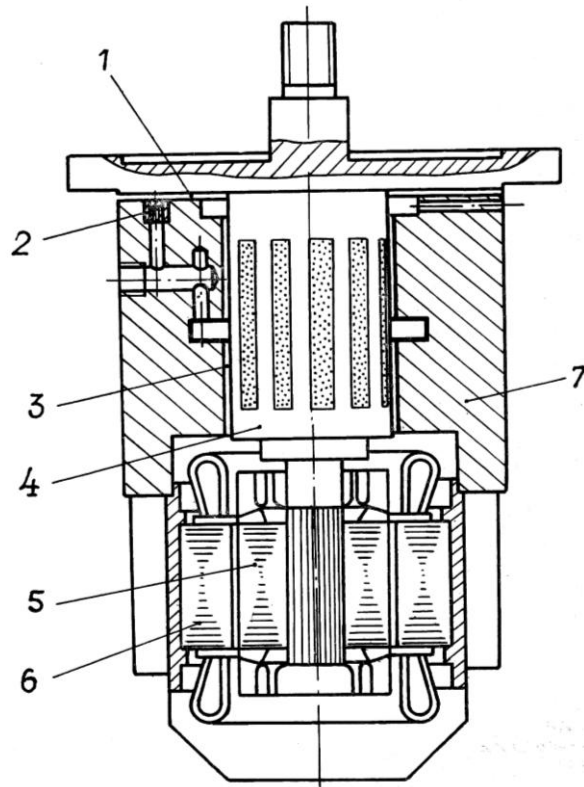


Рис. 1. - Електрошпindel на радіальному газовому підвісі з поздовжніми канавками сталої глибини: 1 - осьовий підвіс, 2 - дросель подачі газу, 3 - газовий підвіс з поздовжніми канавками, 4 - вал, 5 - ротор, 6 - статор, 7 - корпус

Для визначення безрозмірного квадрату тиску газу в робочих зазорах газових підвісок використовувався метод сплайнів та метод циклічної прогонки. Знаючи розподіл тиску газу в робочому шарі, знаходимо статичні характеристики газового підвісу: осьову F_ζ та радіальну F_ε підйомними силами, відновлювальним моментом M газового шару при кутових переміщеннях валу та витратами газу Q [2,3,4].

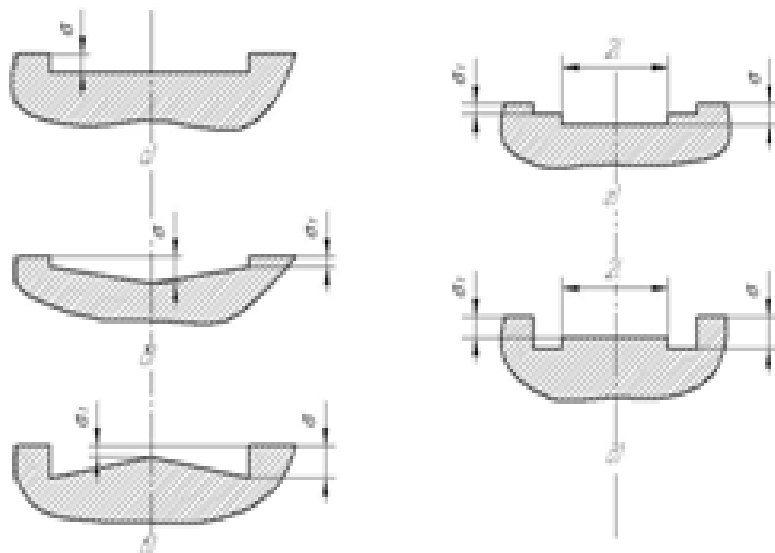


Рис. 2. - Поздовжні канавкам різного профілю: а) постійна глибина; б) глибина зменшується в напрямку течії газу; в) східчаста форма з більшою глибиною на вході в робочий зазор.

$$F_\zeta = 4R_0^2 P_a F_\zeta^*, \quad F_\varepsilon = 4R_0^2 P_a F_\varepsilon^*, \quad M = R_0^2 P_a M^*, \quad Q = \frac{\pi r P_a c^3}{12\mu} Q^*$$

Безрозмірні витрати газу Q^* знаходяться при $\varepsilon = 0$ згідно часописам [1, 2].

$$Q^* = \frac{\tau(P_H^2 - 1)}{\lambda(\alpha_2 \nu^3 - \tau(1 - \alpha))}$$

Висновки

У підвіса з канавками, що зображена на рис. 2, б, г зон статичної нестійкості не виявлено при $0 \leq \beta \leq 1$ і $0,2 \leq \nu \leq 1$. При зафіксованому значенні відносної довжини канавки α для радіального підвісу з поздовжніми канавками, глибина яких зменшується в напрямку течії газу, існують значення ν та β при яких безрозмірна жорсткість K_e^* радіального підвісу досягає максимуму (біля $K_e^* = 1,884$ при $P_H = 5$; $\lambda = 2$; $\varkappa = 0,25$; $\alpha = 0,676$), що значно більше (приблизно на 50%), ніж у підвіса з канавками постійної глибини, що має оптимальні значення безрозмірних конструктивних параметрів ν та β поздовжніх канавок (при максимумі функції $\Phi = K_e^*/Q^*$) [3].

Підвіси з канавками глибина яких збільшуються в напрямку течії стиснутого газу не рекомендують використовувати при проектуванні шпindelних вузлів.

Витрати стиснутого газу для роботи радіального підвісу з поздовжніми канавками різної глибини практично не залежать від профілю канавок при малих значення радіального ексцентриситету.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Федотов В. О. Газові підвіси шпindelних вузлів : монографія / В. О. Федотов, І. В. Федотова. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 244 с.
2. Віштак І. В. Вплив східчастих поздовжніх канавок на характеристики радіальних газостатичних опор / І. В. Віштак, В. О. Федотов // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2016. – № 5 (128). – С. 110 – 115.
3. Патент UA 102619 U F16c 32/06 HO2K 5/00 / Електрична машина на газостатичному підвісі / І. В. Віштак, В. О. Федотов). – № u 2015 04323; Заявл.05.05.2015.; опуб. 10.11.2015, Бюл. № 21.
4. Віштак І. В. Вплив східчастих поздовжніх канавок на характеристики радіальних газостатичних опор / І. В. Віштак, В. О. Федотов // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2016. – № 5 (128). – С. 110 – 115.
5. Віштак І.В. Напрямки наукових досліджень для покращення характеристик радіальних газових опор з внутрішньою компенсацією / І. В. Віштак, В. О. Федотов // Proceedings of the International Scientific Conference "Science of the XXI century: problems and prospects of researches" (August 17, 2017, Warsaw, Poland). – 2017. – Vol. 1. – С. 41-46..

Федотов Валерій Олександрович — канд. техн. наук, професор кафедри опору матеріалів та прикладної механіки, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Віштак Інна Вікторівна — канд. техн. наук, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: innavish322@gmail.com.

Fedotov Valerii O. — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Department of Strength of Materials and Applied Mechanics, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Vishtak Inna V. — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Department of Safety of Life and Safety of Pedagogy, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: innavish322@gmail.com.