

Використання гідростатичних опор для гірничих технологічних машин

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Досліджено параметри гідростатичних опор для гірських технологічних машин.

Ключові слова: гідростатична опора, кишеня, тиск, витрата, несуча здатність, потужність.

Abstract

Been studied parameters of hydrostatic bearings for the mining process machinery.

Keywords: hydrostatic support, pocket, pressure, capacity, load bearing capacity, power

Вступ

Надійність і довговічність важких машин (прокатних станів, металорізальних верстатів, вібраційних стендів великої вантажопідйомності, телескопів, радарних антен, породорозмольних млинів та інших гірських технологічних машин) залежить від працездатності опор тертя. У багатьох випадках найбільш раціональним в вузлах тертя важких машин є використання гідростатичних опор. Вони зводять до мінімуму сили тертя при відносному переміщенні зв'язаних поверхонь відносно одна від одної в момент запуску і при стаціонарних режимах роботи. Активна поверхня гідростатичних опор важких машин зазвичай представляє собою сукупність несучих елементів, що відокремлені один від одного розділовими канавками. Кожний несучий елемент опори є окремою гідростатичною опорою. Найбільш поширеною конфігурацією несучих елементів в плані є квадрат або прямокутник [1-4].

Основна частина

Основними характеристиками гідростатичних опор є несуча здатність і витрата робочої рідини. Ці характеристики можна визначити наближеним аналітичним методом, знаючи розподіл поля тиску по робочій поверхні і припущення щодо при визначення витрат [1]. При визначенні несучої здатності гідростатичних опор фактичне поле тиску несучого елемента апроксимують полем апріорно заданої конфігурації [1, 3, 4]. До основ відомих способів апроксимації належить припущення про лінійний характер зміни тиску по робочій поверхні опори при ламінарному ізотермічному стані течії робочої рідини в зазорі опори.

При визначенні несучої здатності гідростатичних опор з опорною поверхнею у вигляді квадрата або прямокутника з однаковою шириною робочої поверхні з усіх боків порожнини кишені використовують широко відомий спосіб апроксимації, який полягає в тому, що апроксимуюча поле представляє собою усічену піраміду [1, 3] (рис. 1). Основою піраміди є поверхня несучого елемента, верхня площадка якого відповідає геометричним розмірам проекції порожнини кишені, а висота піраміди пропорційна створюваному тиску в порожнині кишені.

На відміну від відомого способу [1, 3], пропонується апроксимувати поле тиску полем, яке представляє собою усічену піраміду зі скошеними кутами [5] (рис. 2). Для даного способу апроксимації визначимо параметри гідростатичних опор з опорною поверхнею у вигляді квадрата та прямокутника з однаковою шириною робочої поверхні з усіх боків порожнини кишені.

Розглянемо гідростатичну опору з опорною поверхнею у вигляді квадрата, у якій сторона опорного елемента дорівнює $2A$, а сторона кишені – $2a$.

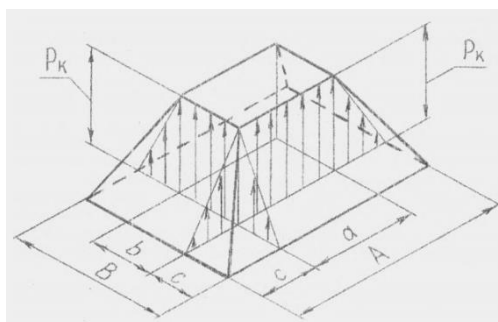


Рис. 1

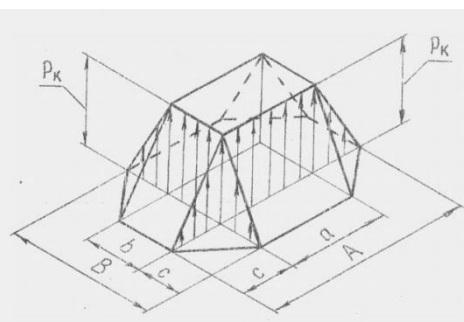


Рис. 2

Несучу здатність гідростатичної опори W з опорною поверхнею у вигляді квадрата визначимо за формулою:

$$W = k_w p_k F, \quad (1)$$

або

$$W = \left[2a \cdot 2a + (a + a)c + \frac{2}{3} \tilde{n}^2 \right] p_k \quad (2)$$

де k_w – коефіцієнт несучої здатності; p_k – тиск в кишені; $F = 4A^2$ – площа несучого елемента опори; $c = A - a$ – ширина робочої поверхні несучого елемента з усіх боків порожнини кишені або довжина потоку в напрямку витікання рідини.

Коефіцієнт несучої здатності гідростатичної опори з опорною поверхнею у вигляді квадрата:

$$k_w = \frac{1}{2A^2} \left[2a^2 + a^2 \tilde{n} + \frac{1}{3} \tilde{n}^2 \right]. \quad (3)$$

Витрату рідини через опору Q пропонується визначати за формулою [1]:

$$Q = \frac{l h^3 p_k}{c 12\nu\rho}, \quad (4)$$

де l – ширина потоку рідини; h – товщина шару робочої рідини або зазор між активними поверхнями опори; ν і ρ – коефіцієнт кінематичної в'язкості і густина рідини, відповідно.

У даному виразі за ширину потоку умовно приймають довжину середньої лінії робочої поверхні несучого елемента,

$$l = 8a + 4c \cdot \cos 45^\circ.$$

Підставляючи цей вираз в (4), отримаємо рівняння витрати рідини через опору з опорною поверхнею у вигляді квадрата:

$$Q = \frac{2a + c \cdot \cos 45^\circ}{3c} \frac{h^3 p_k}{\nu\rho} \quad (5)$$

або

$$Q = \frac{2a + c \cdot \cos 45^\circ}{3c} \frac{h^3 p_k}{\nu\rho}, \quad (6)$$

де k_Q – коефіцієнт витрати.

Коефіцієнт несучої здатності гідростатичної опори з опорною поверхнею у вигляді квадрата:

$$k_Q = \frac{1}{k_w} \frac{2a + c \cdot \cos 45^\circ}{3c}. \quad (7)$$

Розглянемо гідростатичну опору з опорною поверхнею у вигляді прямокутника, у якій ширина опорного елемента дорівнює $2A$, а довжина опорного елемента дорівнює $2A + Ka$, де K – коефіцієнт, значення якого приймається конструктивно. Ширину порожнини кишені приймаємо рівною $2a$, а довжину порожнини кишені приймаємо рівною $2a + Ka$.

Несучу здатність гідростатичної опори W з опорною поверхнею у вигляді прямокутника визначимо за формулою:

$$W = \left[(2a + Ka) \cdot 2a + (4a + 2Ka + 2a)c + \frac{2}{3} \tilde{n}^2 \right] p_k, \quad (8)$$

де $c = A - a$ – ширина робочої поверхні несучого елемента з усіх боків кишені або довжина потоку в напрямку витікання рідини.

Коефіцієнт несучої здатності гідростатичної опори з опорною поверхнею у вигляді прямокутника:

$$k_w = \frac{1}{A^2(2 + K)} \left[2a^2 + Ka^2 + (4a + Ka)c + \frac{1}{3} \tilde{n}^2 \right]. \quad (9)$$

Ширина потоку рідини l в опорі з опорною поверхнею у вигляді прямокутника:

$$l = 8a + 2Ka + 4c \cdot \cos 45^\circ.$$

Рівняння витрати рідини через опору з опорною поверхнею у вигляді прямокутника:

$$k_Q = \frac{1}{k_W} \frac{4a + Ka + 2c \cdot \cos 45^\circ}{6c} . \quad (10)$$

або

$$Q = k_Q \frac{h^3 W}{\nu \rho F} ,$$

де $F = 2A^2(2 + K)$ – площа несучого елемента опори.

Коефіцієнт несучої здатності гідростатичної опори з опорною поверхнею у вигляді прямокутника

$$k_Q = \frac{1}{k_W} \frac{4a + Ka + 2c \cdot \cos 45^\circ}{6c} . \quad (11)$$

Висновки

Запропонований спосіб апроксимації поля тиску полем, яке представляє собою усічену піраміду зі скошеними кутами, дозволив отримати аналітичні залежності розрахунку несучої здатності і витрати робочої рідини для гідростатичних опор з опорною поверхнею у вигляді квадрата і прямокутника з однаковою шириною робочої поверхні з усіх боків порожнини кишені.

Прийняті геометричні параметри гідростатичних опор з опорною поверхнею у вигляді квадрата і прямокутника з однаковою шириною робочої поверхні з усіх боків порожнини кишені дозволять визначати характеристики циліндричних багатосекційних гідростатичних опор важких машин, у яких геометричні параметри несучих елементів можна виразити через діаметр.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1.° Г. Риппел Проектирование гидростатических подшипников / Под ред. Г. Риппела: пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1967. – 136 с.
- 2.° Воскресенский В.А., Дьяков В.И., Зиле А.З. Расчет и проектирование опор жидкостного трения: Справочник. - М : Машиностроение, 1983. – 232 с.
- 3.° Детали и механизмы металлорежущих станков / Под ред. Д.Н. Решетова: В 2-х т. – М.: Машиностроение, 1972. – Т. 1. – 663 с.
- 4.° Stanclu St Prciectarea ghidajelor hydrostatic deschise // Constructia de Masini. – 1980. – Vol. 32, N 11. – P. 283–294
- 5.° Побережний М.І. Розрахунок несучої здатності прямокутних гідростатичних опор // Вісник ВПІ. – 1998. – № 1. – С. 77–80.

Побережний Михайло Іванович – науковий співробітник кафедри опору матеріалів та прикладної механіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email : poberegnym@ukr.net.

Коц Іван Васильович – к.т.н., професор, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ivkots@i.ua

Mikhail I. Poberegny – researcher, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: poberegnym@ukr.net.

Ivan V. Kots – Ph. D., professor, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: ivkots@i.ua