

Секція: **Математичне моделювання і механіка**

УДК 621.65

Бартошевський Р.-ст. гр. ЕТ-11

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## УТОЧНЕНА МОДЕЛЬ РОЗРАХУНКУ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Науковий керівник: к. т. н., доцент Романюк Л. А.

Bartoshevskyi R.

*Ternopil Ivan Puluj National Technical University*

## THE CALCULATION MODEL OF HYDRODYNAMIC CHARACTERISTICS IS REFERRED

Supervisor: Romaniuk L. A.

Ключові слова: течія рідини, ущільнення, дросель.

Keywords: fluid flow, consolidation, throttle.

Розглянемо ізотермічну течію рідини в зазорі, створеному ротором, що обертається з кутовою швидкістю  $\omega$ , прецесія якого становить частоту  $\Omega$  та який здійснює малі радіальні та кутові гармонійні коливання у взаємно перпендикулярних площинах, та конусною втулкою.

На підставі осереднення рівнянь руху в'язкої нестисливої рідини Нав'є-Стокса, які розглянемо разом з рівнянням нерозривності, можна отримати рівняння, подібне рівнянню Рейнольдса, яке описує переважаючу осьову течію в короткому кільцевому дроселі:

$$\frac{\partial}{\partial \bar{z}} \left[ \frac{\bar{h}^3}{k_z} \left( \frac{\partial p}{\partial \bar{z}} + \frac{l}{2} g \right) \right] = \frac{\mu l^2}{4H^2} U, \quad (1)$$

де  $l$  – довжина ущільнення, м;  $\bar{z} = 2z/l$  – безрозмірна осьова координата;  $\mu$  – динамічний коефіцієнт в'язкості, Па·с;  $\bar{h} = \frac{h}{H}$  – радіальний зазор в безрозмірному

вигляді;  $k_z = \frac{\lambda_z \text{Re}_z}{8}$  – модифікований коефіцієнт опору тертя;

$g = \frac{\rho}{h} \left[ \frac{\partial}{\partial t} (\bar{w}h) + \frac{\partial}{\partial \bar{z}} (\bar{w}^2 h) \right]$  – усереднена по товщині зазору сила інерції, Па/м;  $h$  –

радіальний зазор, м;  $\lambda_z$  – коефіцієнт тертя;  $p$  – тиск у зазорі, Па;  $\rho$  – густина рідини, кг/м<sup>3</sup>;  $\bar{w}$  – усереднена по товщині зазору осьова швидкість рідини, м/с;  $H$  – середній радіальний зазор у перетині ( $\bar{z} = 0$ ), м;  $U$  – проекція приведеної швидкості поверхні валу, обумовлена радіальними і кутовими його коливаннями, а також кутовими коливаннями швидкостей прецесії осі валу і власного обертання стінок ущільнення, м/с;  $\text{Re}_z = \frac{2\rho H w_z}{\mu}$  – число Рейнольдса напірної течії.

Граничними умовами для рівняння (1) є повні втрати тиску в каналі одиначної ширини, що складаються з вхідних втрат  $\Delta p_{11}$ , втрат на тертя  $\Delta p_2$  і часткового відновлення швидкісного напору на виході  $\Delta p_{12}$ :

$$\Delta p = \Delta p_{11} + \Delta p_2 - \Delta p_{12}. \quad (2)$$

Порівнявши праві частини рівняння (2) для випадку шпарини з рухомими стінками каналу та випадку з нерухомими стінками, отримали вираз для осередненої осової швидкості в зазорі ущільнення:

$$\bar{w} = w_0 (1 + 0,5\alpha_2 y_*) + \frac{l \left( 0,5\zeta_2 y_*^{-1} U^* - \frac{\zeta_{12}}{(1-\alpha)^2} \bar{U} \right)}{2Hy_* (\zeta_{11} - \zeta_{12} - 2\alpha(\zeta_{11} + \zeta_{12}) + \zeta_{20})} (1 + \alpha_2 y_*), \quad (3)$$

де  $w_0$  – осова швидкість, обумовлена напірною течією, м/с;  $y_* = 1 - \varepsilon \cos \varphi$  –

безрозмірний зазор в перерізі ( $z=0$ );  $\alpha_2 = \frac{\zeta_{20}}{(\zeta_{11} - \zeta_{12} - 2\alpha(\zeta_{11} + \zeta_{12}) + \zeta_{20})}$ ;

$\zeta_{11}, \zeta_{12}$  – коефіцієнти місцевих гідравлічних втрат на вході й на виході;

$\zeta_2 = \frac{\lambda_z l}{2h_*}$ ,  $\zeta_{20} = \frac{\lambda_z l}{2H}$  – коефіцієнти гідравлічних втрат напору по довжині каналу для

поточного та середнього зазорів;  $\varepsilon = \frac{e_0}{H}$  – відносний ексцентриситет кільцевого каналу;

$\alpha = \frac{\theta}{y_*}$  – показник конусності;  $h_* = H - e_0 \sin \omega t$  – поточний зазор в перерізі, м;  $e_0$  –

початковий ексцентриситет, м;  $t$  – час, с;  $U^* = \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 U d\bar{z} d\bar{z}$ ;  $\bar{U} = \bar{U}_z$  при  $\bar{z} = 0$ ;  $\bar{U}_z = \int_{-1}^1 U d\bar{z}$ .