

Доценко В.М., д.т.н., професор
dovl202@ukr.net
Ковеза Ю.В., к.т.н., доцент
i.koveza@khai.edu
Усик В.В., к.т.н., доцент
v.usik@khai.edu

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ОПОРНИХ ПІДШИПНИКІВ ТУРБОМАШИН НА ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИХ РІДИНАХ

Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут», Україна

Питання економічності опор роторів потужних турбоагрегатів і їх пожежної безпеки завжди актуальне при проектуванні і експлуатації таких опор. Поліпшення вказаних показників можливо шляхом заміни в системах змазування нафтової олії екологічно чистими рідинами, зокрема, водою або водними розчинами [1]. Основний недолік використання води і інших малов'язких водних розчинів для підшипників ковзання полягає в недостатньому гідродинамічному ефекті при малих частотах обертання ротора під час пуску і зупинки турбіни.

Метою цього дослідження являлось експериментальне вивчення можливості заміни в системах змазування олії на екологічно чисті рідини, зокрема, воду або водні розчини. Необхідно було переконатися, що використання системи гідростатичного підйому забезпечує рідинний режим тертя в дослідженому діапазоні навантажень і швидкостей ковзання.

Експериментальні дослідження проводилися на стенді в лабораторії підшипників ВАТ «Турбоатом». На стенді випробовувався натурний радіальний підшипник з бабітовою заливкою робочої поверхні вкладиша. В процесі експерименту варіювалися і вимірювалися наступні параметри: частота обертання ротора, навантаження на підшипник, витрата мастильної рідини, температура робочої рідини перед підшипником і на виході з нього, тиск води (конденсату) в системі гідропідйому, тиск в мастильному шарі і камерах досліджуваного підшипника. Основним параметром (критерієм), по якому оцінювалася працездатність підшипника, була товщина мастильного шару робочої рідини.

Для роботи в режимі гідропідйому підшипник був допрацьований - на поверхні вкладиша виконані чотири камери прямокутної форми 50×50 мм (рис.1) під кутом 30° від вертикалі.

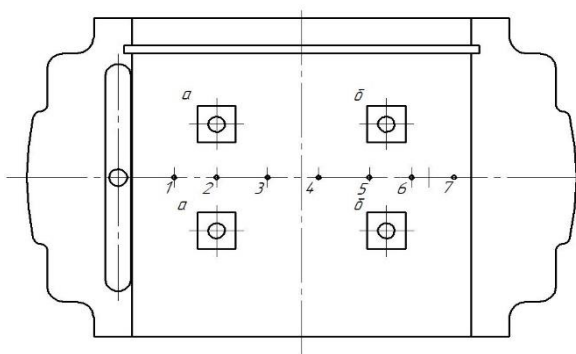


Рис.1. Схема підшипника
а, б – камери гідропідйому,
1-7 – точки виміру тиску

Температура бабіту несучого вкладиша контролювалася термопарами. Гідродинамічний тиск у несучому шарі контролювався зразковими манометрами. На робочій поверхні вкладиша в середньому його перерізі було розташовано 7 точок контролю.

Для вимірювання товщини мастильного шару робочої рідини використовувався вимірювальний комплекс, до складу якого входили спеціальні індуктивні датчики, підсилювач-перетворювач та прилад для реєстрації – електронний осцилограф.

На першому етапі досліджено працездатність підшипника в діапазоні частот

від 33 c^{-1} до нуля, коли необхідно забезпечити гідростатичний підйом ротора (рис. 2). При частоті обертання 33 c^{-1} в камеру гідропідйомника подавалась вода під тиском $2,0 \text{ МПа}$, що призвело до збільшення товщини мастильного шару у всьому вказаному діапазоні частот. Наявність гідропідйому дозволила здійснити плавну зупинку ротора установки.

На рис. 3 показані залежності товщини несучого шару h від частоти обертання f валу при роботі підшипника в гідродинамічному режимі. При зниженні частоти обертання з 50 до 33 c^{-1} товщина мастильного шару спочатку плавно, а потім різко зменшується з 90 до 40 мкм і має тенденцію до подальшого зменшення.

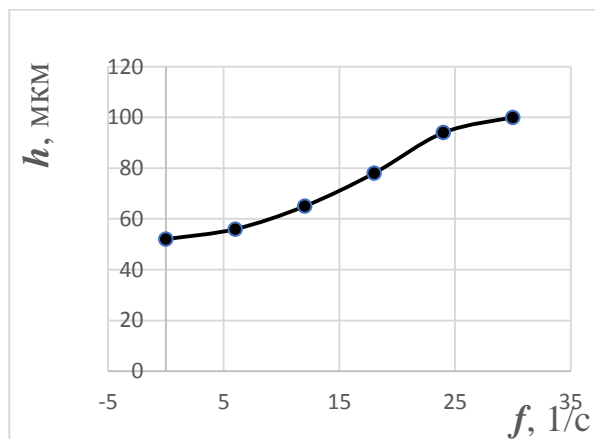


Рис. 2. Вплив частоти обертання валу на товщину мастильного шару при наявності гідропідйому

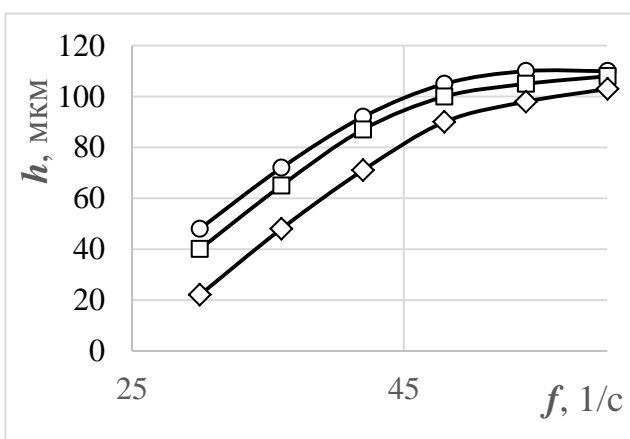


Рис. 3. Вплив частоти обертання валу на товщину мастильного шару при гідродинамічному режимі роботи (\circ – $F = 50 \text{ кН}$, \square – $F = 100 \text{ кН}$, \diamond – $F = 150 \text{ кН}$)

На другому етапі також були проведені експериментальні дослідження з визначення працездатності підшипника в гідродинамічному режимі в діапазоні частот обертання $33 \dots 50 \text{ c}^{-1}$ і навантаженнях $50 \dots 200 \text{ кН}$.

В результаті виконаних досліджень отримано наступні результати.

1. Експериментально визначений тиск у середньому перерізі мастильного шару підшипника змінюється за характерним для гідродинамічних опор законом [2]. Результати дослідів свідчать про те, що у вказаному діапазоні частот обертання та навантажень підшипник працює у стійкому гідродинамічному режимі.

2. Виконані дослідження показали стійку роботу на воді натурального підшипника турбіни в гідродинамічному режимі в досліджуваному діапазоні швидкостей ковзання.

3. Використання системи гідростатичного підйому дозволило забезпечити зупинку ротора при наявності рідинного режиму тертя під навантаженням (200 кН) у дослідженому діапазоні швидкостей ковзання ($0 \dots 45 \text{ м/с}$).

4. Температура робочої поверхні підшипника при роботі на воді у стійкому гідродинамічному режимі і при товщині несучого шару $90 \dots 100 \text{ мкм}$ мало залежить від зовнішнього навантаження і швидкості ковзання.

Список використаних джерел

1. Tribological characterisation of polymer composites for hydropower bearings: experimentally developed versus commercial materials [Text] / Julian Somberg, Prabakaran Saravanan, Hari Shankar Vadivel, Kim Berglund [et al.] // Tribology International. – 2021. – Vol. 162. – P. 107101. doi: 10.1016/j.triboint.2021.107101

2. Гидростатические опоры роторов быстроходных машин [Текст] / Н. П. Артеменко, В. Н. Доценко, А. И. Чайка [и др.]. – Х.: Изд. «Основа» при ХГУ. – 1992. – 196 с.