

ВИЗНАЧЕННЯ ПОРОГУ КАВІТАЦІЇ ДРОСЕЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ У СЕРЕДОВИЩІ ГАЗОНАСИЧЕНИХ РІДИН

Впровадження гідравлічного привода у авіаційній техніці, машинобудуванні та автотранспорті супроводжується зростанням їхньої питомої потужності, підвищенням робочих тисків і зменшенням габаритів. Збільшення робочих тисків призводить до високонапірного дроселювання робочої рідини у середині гідравлічних агрегатів, що може спричинити кавітаційне витікання робочої рідини через дросельні канали. У таких умовах особливої важливості набуває проблема запобігання небажаним кавітаційним явищам.

Накопичено значний обсяг статистичних даних щодо відмов гідравлічних і паливних агрегатів літальних апаратів, спричинених кавітаційними ефектами. Зафіксовано також негативний вплив високочастотного кавітаційного шуму на операторів. Поява парогазових порожнин призводить до падіння подачі та нерівномірності витрати робочої рідини, що негативно впливає на стабільність гідравлічного привода [1]. Кавітація у гідравлічному приводі призводить до появи вібрацій, високочастотних коливань тиску, які будуть ініціювати руйнування гідравлічних агрегатів від втоми. Це може призводити до розгерметизації з'єднань, ослаблення кріплень і загальної нестабільності роботи системи [2]. Ударне схлопування каверн викликає наклеп та руйнування матеріалу, утворення кратерів, тріщин та відшарування матеріалу, що значно скорочує ресурс деталей [3, 4]. Кавітаційні процеси спричиняють локальне перегрівання робочої рідини, яке змінює властивості робочої рідини та прискорює її старіння [5]. Через високочастотні імпульси тиску відбувається руйнування гідродинамічного шару на поверхнях тертя, що збільшує коефіцієнт тертя та інтенсивність зношування контр поверхонь [6].

Експериментально підтверджено, що повністю усунути кавітаційні процеси у гідросистемах з тиском понад 20 МПа практично неможливо, що робить вивчення механізмів кавітаційної ерозії та генерації пульсацій тиску однією з найактуальніших наукових задач. Усе це підтверджує, що контроль і передбачення кавітаційних режимів є критично важливими для забезпечення надійності й довговічності сучасних гідроприводів.

Відомо, що гідродинамічна кавітація у гідроприводі виникає за мінімального тиску в потоці рідини, який називається порогом кавітації. Тиск порогу кавітації залежить від багатьох факторів, основними із яких є температура робочої рідини і тиск наддуву гідробаку. Відомості про поріг кавітації газонасичених рідин необхідні для розрахунку розмаху коливань тиску по відповідній математичній моделі.

Випробування, проводились на рідинах – авіаційне пальне ТС–1, гідравлічна рідина АМГ–10 і водопровідній воді і на різних типах дроселів: циліндрична і плоска трубка Вентурі, циліндричний зовнішній насадок. Насадки установлювались в напірній і всмоктувальній магістралях насоса 6.

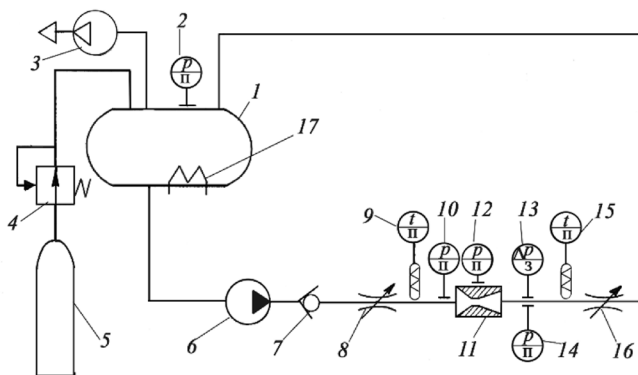


Рисунок 1 – Експериментальна установка визначення порогу кавітації газонасичених рідин;

- 1 – гідробак; 2 – мановакууметр; 3 – вакуумний насос; 4 – редукційний клапан; 5 – балон із стисненим повітрям; 6 – відцентровий насос; 7 – зворотний клапан; 8 – дросель змінного перерізу; 9, 15 – термометри; 10, 13 – манометри; 12 – мановакууметр; 14 – датчик тиску; 16 – дросель змінного перерізу, 17 – нагрівальний елемент

Рідина в гідробаці 1 гідросистеми насичувалась повітрям від балону 5 зі стисненим повітрям. Розрідження над рідиною створювалось за допомогою вакуум-насоса 3 і контролювалось за допомогою мановакуумметра 2. Нагрівання рідини виконувалось за допомогою нагрівального елемента 17, встановленого в гідробаці 1. Температура контролювалась за допомогою термометрів 9, 15. Прокачування рідини через дросель 11 відбувалась за допомогою відцентрового насоса 6. Тиск на вході і виході вимірювався манометрами 10 і 13, а в зоні кавітації за допомогою ртутного мановакуумметра 12. Рідина попередньо витримувалась під тиском насичення повітрям від 2 до 48 годин.

В експериментах по визначенню тиску порогу кавітації необхідною ознакою кавітації вважали стабілізацію витрати рідини, про виникнення кавітації судили по зміні гідродинамічних характеристик потоку.

При насиченні робочої рідини повітрям під атмосферним тиском, значення тиску порогу кавітації і тиск насичених парів води практично співпадають. Дроселювання потоку і вимірювання тиску порогу кавітації виконувались короткочасним вмиканням насоса по мірі досягання необхідної температури. Вільне повітря при цьому в рідині не накопичувалось. При насиченні води повітрям вище атмосферного тиску на протязі 48 годин, тиск порогу кавітації може значно перевищувати тиск насичених парів рідини. Так, для фіксованої температури порядку 20–30°C тиск порогу кавітації для води може підвищитись від 25 мм. рт. ст. до 300 мм. рт. ст.

Висновки

1. При збільшенні температури робочої рідини гідравлічної системи, починає зростати тиск порогу кавітації.
2. При збільшенні тиску наддуву гідробаку, робоча рідина насичується розчиненим газом, що призводить до зростання тиску порогу кавітації.
3. Критичний тиск кавітації або тиск в зоні кавітаційних факелів визначається головним чином тиском насичених парів при даній температурі і ступенем насичення вільним і розчиненим газом.

Список використаних джерел

1. Ning, Z., Bo, G., Zhong, L., Qifeng, J. Cavitating flow-induced unsteady pressure pulsations in a low specific speed centrifugal pump. *Royal Society Open Science*, 2018, Vol. 5, No. 7, article 180408, pp. 1–14.
2. Ning Q., Han, Z., Yun, L., Jinqing, Z., Rongsheng, Z., Suhuan, W. Assessment of Cavitation Erosion in a Water-Jet Pump Based on the Erosive Power Method. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021, Article ID 5394782.
3. Han, Z., Ning, Q., Chuan, W., Qiaorui, S., Jie, W., Fanjie, D., Xiang, L.. Prediction of Cavitation Evolution and Cavitation Erosion on Centrifugal Pump Blades by the DCM-RNG Method. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021, Article ID 6498451.
4. Changchang, W., Lei, T., Mendi, C., Honggang, F., Demin, L., A review on synergy of cavitation and sediment erosion in hydraulic machinery. *Frontiers in Energy Research*, 2022, Vol. 10, article 1047984.
5. Stryczek, J.; Antoniak, P.; Banaś, M.; Stryczek, P.; Yakhno, O.; Lugovskiy, O.; Kovalev, B. Research into ultrasonic and hydrodynamic cavitation phenomena in a hydraulic system. *Mechanics and Advanced Technologies*, 2021, Vol. 5, No. 1, pp. 33–40.
6. Тарасенко Т.В. Дослідження кавітаційної ерозії конструкційних матеріалів / Т.В. Тарасенко, В.М. Бадах, Т.І. Сивашенко – Проблеми тертя та зношування 4 (101). 2023. С.73–81. ISSN 0370–2197/