

УДК 621.6.078

Аналіз можливих методів гасіння пульсацій за шестеренним насосом

Яхно Олег Михайлович, Костюк Дмитро Вікторович

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

Анотація: Враховуючи простоту, надійність на невисоку вартість шестеренні насоси набули широкого розповсюдження в системах високого тиску. Крім того вони використовуються в різних галузях промисловості для перекачування неньютонівських в'язкопружних рідин, таких як пластмаси, фарби, чорнило тощо. Як і всі машини об'ємного типу вони характеризуються нерівномірністю потоку, що створюється зачепленням шестерень і призводить до вібрацій та шумів. В роботі розглянуто результати проведених досліджень з візуалізації потоку в шестеренному насосі та величину створюваних ним пульсацій робочої рідини. В роботі розглянуто можливі методи гасіння пульсацій потоку за шестеренним насосом, такі як конструктивні, з застосуванням акумуляторів та під впливом магнітного поля, при використанні електропровідних рідин, для систем чутливих до пульсацій.

Ключові слова: Шестеренний насос; кавітація; пульсації; магнітне поле

Як відомо, при роботі об'ємних гідравлічних машин (насосів) на виході може формуватися пульсуючий потік. Процес гасіння пульсацій в такому потоці зазвичай відбувається на певній відстані від джерела пульсацій.

Не дивлячись на те, що в багатьох випадках, наприклад за шестеренним насосом, ці пульсації можуть бути порівняно невеликими (рис. 1), для ряду фізико-хімічних процесів вони можуть здійснювати помітний вплив на їх якість [1, 2].

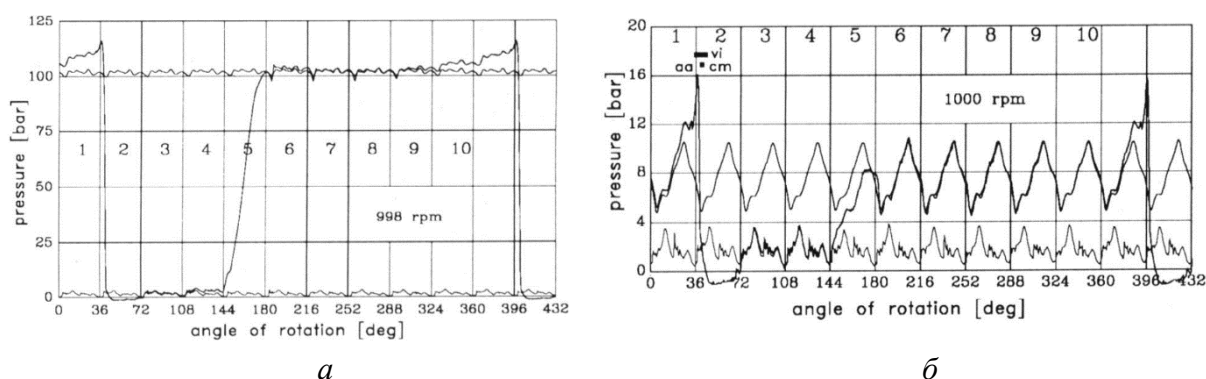


Рис. 1. Приклад пульсацій тиску в лініях шестеренного насоса з зовнішнім евольвентним зачепленням при тиску в лінії нагнітання а) 100 бар, б) 8 бар [2]

Проведені дослідження по візуалізації потоку в шестеренному насосі показали, що в замкненому об'ємі, що виникає в насосах з зовнішнім евольвентним зачепленням можуть виникати кавітаційні явища (рис. 2а), які разом з пульсаціями потоку, які пов'язані з частотою обертання та конструкцією шестерень можуть давати складну картину пульсацій на виході насоса (рис. 2б) [3].

Таким чином поява кавітації негативно впливає на характеристики насоса. Для усунення вказаного впливу використовуються різноманітні методи. Наприклад профілювання зубів шестерень (рис. 3), підбір кількості зубів, створення канавок, які сполучають замкнений об'єм з всмоктувальною або нагнітальною камерою насоса, відповідна обробка рідини, зокрема дегазація, адже вміст розчинених газів впливає на кавітаційні процеси.

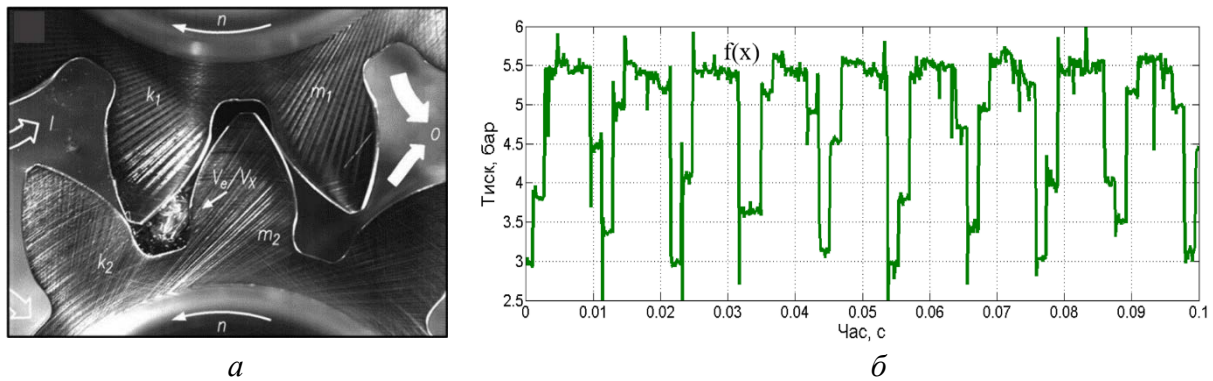


Рис. 2. Дослідження шестеренного насоса а) візуалізація потоку в порожнині насоса, б) вимірювання пульсацій тиску в лінії нагнітання [3]

Дані методи дозволяють отримати певні результати зі зниження кавітаційних явищ, однак позбавитись від кавітації взагалі не дають змоги.

Виникає необхідність аналізу впливу розглянутих факторів на пульсації потоку, створювані насосом.

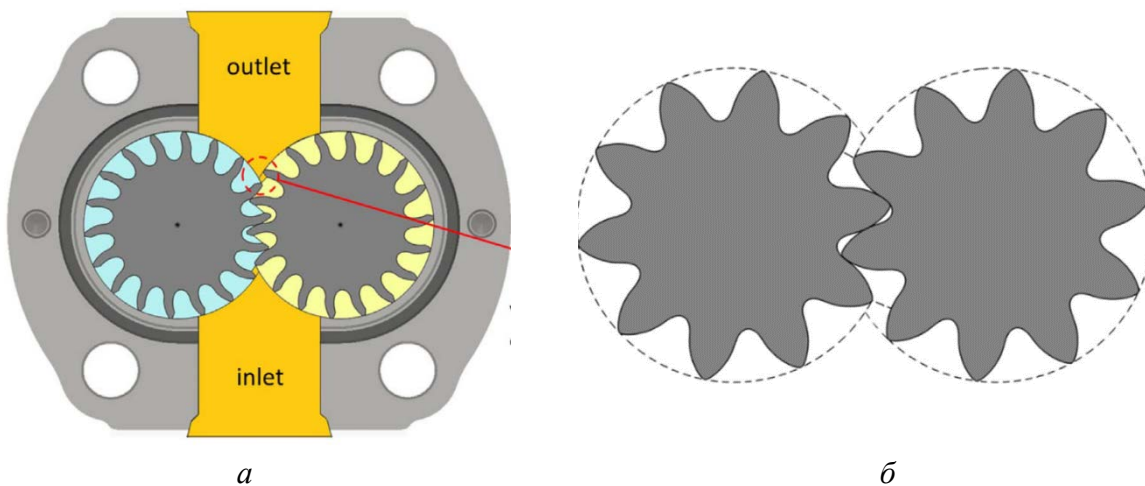


Рис. 3. Можливі форми зубів шестерень евольвентного насоса розроблені для зниження кавітаційних явищ [4]

Існує ряд методів гасіння пульсацій: конструктивні, встановлення гідравлічних акумуляторів та за допомогою магнітного поля, у випадку течії електропровідних рідин. Акумулятор може являти собою громіздку конструкцію, тоді як застосування магнітного поля може дати гарні результати.

Поява вихорів в замкненому об'ємі, що є передумовою виникнення кавітації може суттєво впливати на характеристики пульсації тиску на виході насоса. На рисунках 2, 3 представлений вид таких пульсацій. В зв'язку з цим актуальною є задача зниження інтенсивності кавітації. Одним із способів зниження інтенсивності кавітації і вихроутворення є дія на потік масових сил. Одним із прикладів таких сил є сили з магнітною природою.

Суттєвий вплив на потік здійснює пондеромоторна сила, що діє на середовище з боку електромагнітного поля та визначається співвідношенням:

$$\bar{F} = \rho_e \bar{E} + \frac{1}{c} [\bar{j} \times \bar{H}] ,$$

де ρ_e – густина електричних зарядів, \bar{E} – напруженість електричного поля, \bar{j} – густина виникаючого в середовищі струму, \bar{H} – напруженість магнітного поля.

В рівняннях руху пондеромоторна сила додається до масових сил у випадку, коли $\rho_e=0$ і дорівнює [5]:

$$\bar{F} = \frac{1}{4\pi} \left[\text{rot} \bar{H} \times \bar{H} \right].$$

Дослідження, показані в роботі [6] показали (рис. 4), що при значенні критерію Стюарта $N = 3$ і критерію Рейнольдса $Re > 8000$ можна спостерігати гасіння вихроутворення в зоні відривних течій.

Як відомо, вихроутворення в районі місцевих втрат енергії або зонах, де можуть спостерігатися відривні течії можна розглядати як початкові умови для виникнення кавітації.

Наведені міркування дозволяють використати ефект впливу магнітного поля на вихроутворення в електропровідних рідинах для гасіння кавітації в системах гідроприводу.

Таким чином, при певних реологічних властивостях рідини і сил електромагнітного гальмування до сил інерції спостерігається загасання енергії вихорів, отже, і зміна моменту появи кавітації.

Серед існуючих методів гасіння кавітації, вплив магнітного поля може виявитися перспективним для застосування в системах та обладнанні хімічних технологій при транспортуванні рідин з високою електропровідністю.

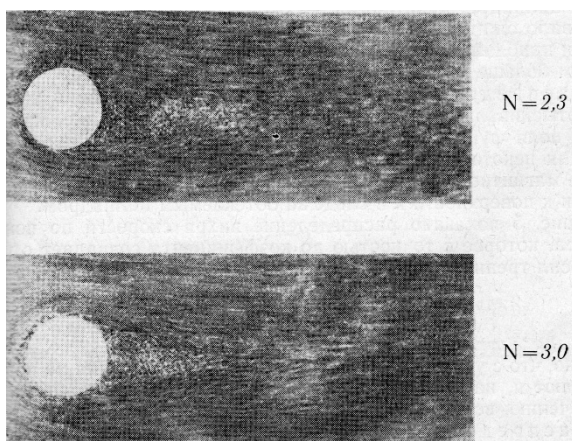


Рис. 4. Гасіння вихроутворення за допомогою прикладеного до електропровідної рідини магнітного поля, за даними [6]

Таким чином на основі результатів візуалізації потоку та вимірювання пульсацій проведено аналіз методів гасіння пульсацій.

Список літератури

1. Левич В. Г. Физико-химическая гидродинамика. Изд. 2-е, доп. и перераб. М.: ГИФМЛ, 1959. 700 с.
2. Mancò S., Nervegna N., Pressure Transient in an External Gear Hydraulic Pump, Second JHPS International Symposium on Fluid Power, 2003, Tokyo, Japan.
3. Stryczek J. Visualisation research of the flow processes in the outlet chamber–outlet bridge–inlet chamber zone of the gear pump / J. Stryczek, P. Antoniak, O. Jakhno, D. Kostyuk, A. Kryuchkov, G. Belov, L. Rodionov // Archives of Civil and Mechanical Engineering. – 2015. – Volume 15, Issue 1. – P. 95 - 108.
4. Xinran Zhao, Andrea Vacca, Numerical analysis of theoretical flow in external gear machines, Mechanism and Machine Theory, Volume 108, 2017, Pages 41-56, ISSN 0094-114X, <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2016.10.010>.

5. Ильюшин, А.А. Механика сплошной среды : учебник для ин-тов по спец. "Механика" - Москва : Изд-во унта, 1971. - 247 с. : ил.
6. Калис Х.Э. Обтекание круглого цилиндра электропроводящей жидкостью в поперечном магнитном поле / Х.Э. Калис, А.Б. Цинобер, А.Г. Штерн, Э.В. Щербинин // Магнитная гидродинамика, 1965, 1, С. 18-28.

Analysis of possible methods of damping pulsations downstream a gear pump

Yakhno Oleg Mykhailovych; Kostyuk Dmytro Viktorovych

***Abstract.** With their advantages of simplicity, low cost reliability, gear pumps have become widespread in high pressure systems. In addition, they are used in various industries for pumping non-Newtonian viscoelastic fluids, such as plastics, paints, inks and the like. Like all positive displacement machines, they are characterized by uneven flow, which is created by gearing and leads to vibration and noise. The paper considers the results of research on the visualization of the flow in the gear pump and the magnitude of the pulsations of the working fluid generated by it. Possible methods of damping the pulsations of the flow by the gear pump are considered, such as constructive, with the use of hydraulic accumulators and under the influence of a magnetic field, using electrically conductive fluids, for systems sensitive to pulsations.*

***Keywords:** Gear pump; cavitation; pulsations; magnetic field*