

Костюк¹ Д.В., к.т.н., ас., Колесніков² Д. В., к.т.н., доц, Стась² С. В., к.т.н., доц,
Яхно¹ О.М., д.т.н., проф.

1 – КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

2 – Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля, м. Черкаси, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРІВ КАВІТАЦІЙНИХ ЗОН В ЗАМКНеноМУ ОБ'ЄМІ ШЕШТЕРЕННОГО НАСОСА

***Анотація.** В роботі розглянуто застосування методу візуалізації для дослідження гідродинаміки потоку в замкненому об'ємі шестеренного насоса. Отримані кінограми дали змогу виявити умови та області утворення бульбашок та каверн. Визначено, що каверни виникають при протіканні рідини через зазор між зубами шестерень, при протіканні рідини повз перешкоду у вигляді зуба, при розкритті замкненого об'єму та при зростанні величини замкненого об'єму. При цьому області кавітації спостерігаються контрастними білими плямами на відміну від суцільної рідини. Запропоновано методичку визначення кількісних параметрів виникаючих кавітаційних явищ шляхом визначення їх площі за допомогою графічного редактора та оцінку швидкостей потоку. Визначення кавітаційних зон дає змогу оцінити інтенсивність кавітації та динаміку процесу.*

***Ключові слова:** шестеренний насос, замкнений об'єм, візуалізація, кавітація.*

Шестеренні насоси в гідравлічних системах займають одне з провідних положень. Маючи ряд переваг вони можуть забезпечувати подачу та тиск для в'язких та аномально в'язких рідин в широкому діапазоні значень. В порівнянні з насосами інших типів вони мають ряд переваг.

Разом з тим для них характерні певні недоліки, в залежності від геометричних особливостей шестерень, їх взаємного розміщення, кількості зубів шестерень, наявність так званих замкнених об'ємів може призвести до нерівномірності подачі, зменшення довговічності роботи, шуму та вібрації при роботі, що кінцевому рахунку впливає на їх ККД [1].

Їх висока розповсюдженість та потенціал до вдосконалення конструкції пояснюють інтерес до дослідження насосів даного типу. Основними напрямками в роботах багатьох авторів є дослідження пов'язані з геометричними та конструктивними особливостями шестеренних насосів, гідродинамічними процесами, що відбуваються в робочій частині насоса, і впливом реологічних характеристик робочих рідин на ефективність роботи насоса, зокрема підвищення ККД [2, 3].

Разом з тим до цього часу не достатньо вивчена гідродинаміка потоку в шестеренному насосі, та зокрема в замкненому об'ємі. Це питання є достатньо важливим при вдосконаленні конструкцій насосів та підвищенні їх ККД.

З метою вивчення даного питання була проведена візуалізація потоку в замкненому об'ємі, що дало змогу отримати якісні картини течії та рекомендації для вибору ефективних режимів роботи насоса. Основи досліджень в даному напрямку були представлені в роботах проф. Я. Стрічека (Польща) [4, 5], а в даній роботі проведений подальший розвиток уявлень про процеси в замкненому об'ємі насоса.

На основі проведених досліджень було встановлено, що при певних частотах обертання виникають вихрові потоки, які переходять в зони кавітації. Показано, що поява цих зон призводить до підсилення пульсацій на виході насоса. Крім того поява каверн також пов'язана з реологічними властивостями робочих рідин.

Шестеренні насоси, які досліджувались в даній роботі можуть працювати з різноманітними рідинами. Деякі з них є чутливими до кавітаційного впливу, внаслідок якого можуть змінюватися їх фізичні, хімічні та реологічні властивості. Таким чином вивчення умов появи кавітаційних явищ та їх розвиток дозволить вибрати раціональні режими роботи насоса.

Однією з проблем, що виникла при візуалізації була проблема визначення розмірів кавітаційних зон та інтенсивності виникаючих кавітаційних явищ.

Для визначення характеру зміни замкненого об'єму досліджуваного шестеренного насоса було проведене вимірювання площі фігури, яка відповідає замкненому об'єму. Отримані кінограми були опрацьовані в графічному редакторі. Область на зображенні, що відповідає замкненому об'єму є темною, тоді як грані зубів шестерень є світлими, що дає змогу достатньо чітко визначити шукану фігуру (рис. 1). Визначення площі проводилося за допомогою графічного редактора GIMP 2.8.14, шляхом визначення площі виділеної фігури в пікселях.

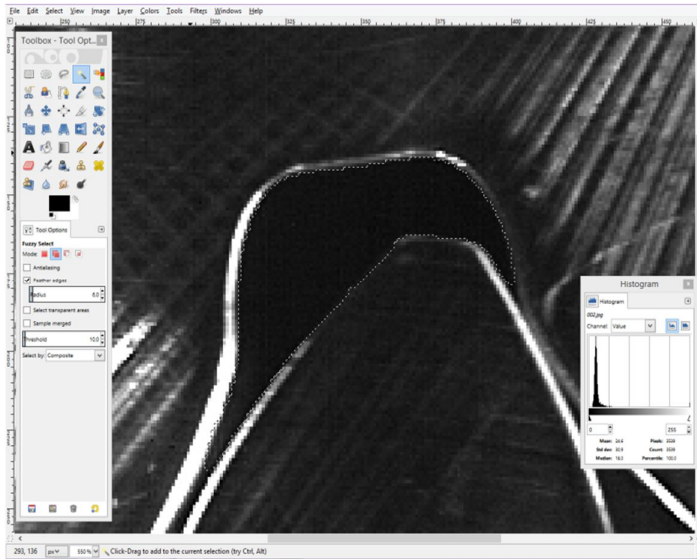


Рис. 1 – Визначення площі фігури, яка відповідає замкненому об'єму за допомогою графічного редактора; 1 – фрагмент виділеної області (замкнений об'єм), 2 – межі виділеної фігури (грані зубів шестерень)

виміряну площу необхідного об'єкту в мм².

Для досліджуваного насоса площа зуба шестерні S_z дорівнює 86,4 мм².

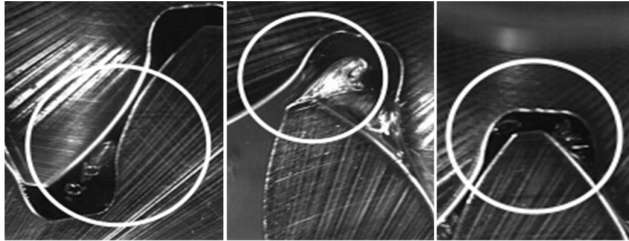


Рис. 2 – Области виникнення кавітаційних зон в шестеренному насосі: а – при протіканні рідини через зазор; б – на вершині зуба; в – при зростанні величини замкненого об'єму

знаючи частоту відеозйомки зробити оцінку швидкості руху рідини в каналах

Список літератури

1. Кулешков Ю.В. Шестеренные насосы с асимметричной линией зацепления шестерен. (теория, конструкция и расчет) : [монография] / Ю.В. Кулешков [и др.] ; Мин-во образования и науки Украины, Кировоградский нац. техн. ун-т. - Кировоград : КОД, 2009. - 257 с.
2. Mancò S. Pressure Transient in an External Gear Hydraulic Pump, Second JHPS International Symposium on Fluid Power, 2003, Mancò S., Nervegna N., Tokyo, Japan.
3. David del Campo Sud. Analysis of the Suction Chamber of External Gear Pumps and Their Influence on Cavitations and Volumetric Efficiency[D]. Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), 2012.
4. Stryczek J. Koła zębate maszyn hydraulicznych. Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej. Wrocław 2007.
5. Костюк Д.В. Влияние кавитации на величину пульсаций подачи шестеренного насоса / Д.В. Костюк, О.М. Яхно, Я. Стричек, П. Антоняк // Вісник НТУУ «Київський політехнічний інститут», серія Машинобудування. –2012. – № 64. – С. 132 - 135.

Обчисливши площу зуба за формулою [1]:

$$S_z = r_0^2 \frac{\text{tg}^3(\gamma_e)}{3} + R_e^2 \left(\frac{\phi}{2} + \text{inv}\alpha + \text{inv}\gamma_e \right) - R_i^2 \left(\frac{\phi}{2} + \text{inv}\alpha \right),$$

де ϕ – кут дуги зуба по початковому колу;

r_0 – радіус основних кіл ведучої та веденої шестерень;

R_e – радіуси кіл вершин ведучої та веденої шестерень;

R_i – радіуси кіл западин ведучої та веденої шестерень.

γ_e – кут вершини евольвенти ведучої та веденої шестерень, можна визначити масштаб та визначити

Виміряна площа зуба складає 26500 пікселів, отже масштаб складає 0,00326 мм²/піксель.

Таким чином з'являється можливість визначити зміну площі, яку займає кавітаційна хмара або бульбашка та дослідити характер її зміни в процесі зміни замкненого об'єму (рис. 2).

Вважаючи, що площа кавітаційної зони пропорційна інтенсивності кавітаційного процесу можна робити висновки про вплив робочих параметрів насоса на вищевказані процеси. Та