

УДК 532.5.032

В.Є. Кривошеев, Д.В. Костюк, І.В. Ночніченко

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

Експериментальне дослідження явища гідродинамічної люмінесценції при кавітації в гідравлічних системах

У якості регулюючих елементів гідросистем часто застосовують форсунки, заслінки, дроселі, у вузькому каналі яких висока швидкість потоку робочої рідини створює кавітацію з активним виділенням бульбашок нерозчиненого повітря і пара [1]. При цьому можуть відбуватися вкрай небажані фізичні або хімічні процеси, що призводять до окислення, до хімічних реакцій між матеріалами обладнання, до підвищеного зносу і руйнування матеріалу стінок каналу [2,3]. Ознакою виникнення процесу кавітації є шум, вібрація, пульсації потоку робочої рідини, явище гідродинамічної люмінесценції в місці утворення кавітації.

Спостереження за походженням кавітаційних процесів може бути здійснено шляхом візуалізації потоку рідини за допомогою високошвидкісного відеозапису робочого процесу в кавітатор з прозорим матеріалом корпусу [4]. Таким способом можна проаналізувати процес виникнення кавітаційних бульбашок і гідродинамічної люмінесценції, а також отримати емпіричні розрахунки залежності.

Бульбашки які утворилися в зоні розрідження, потрапляючи в зону високого тиску миттєво схлопуються, що призводить до появи потужних сферичних хвиль і кумулятивних струменів. Це і є причиною ерозійного руйнування матеріалу стінок каналу та акустичного шуму (рис. 1).

Питання про фізику процесу утворення гідродинамічної люмінесценції залишається відкритим і вимагає ретельного дослідження [5].

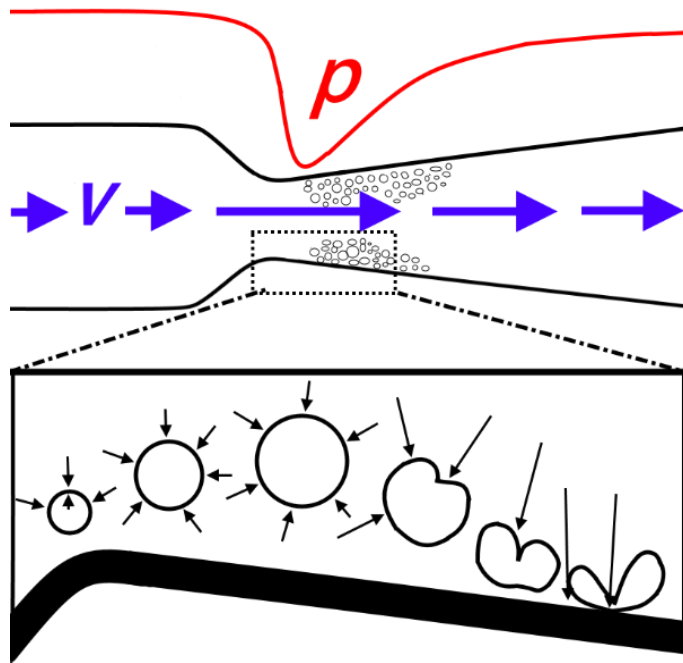


Рис. 1. Виникнення кавітації в області стиснення потоку робочої рідини

Для вивчення процесу виникнення кавітаційних явищ і експериментального дослідження гідродинамічної кавітації, що супроводжується гідролюмінесценцією, була створена модель гідродинамічного кавітатора з регульованим отвором. Зміна поперечного перерізу каналу проводиться за допомогою гвинта з латуні (рис. 2).

285

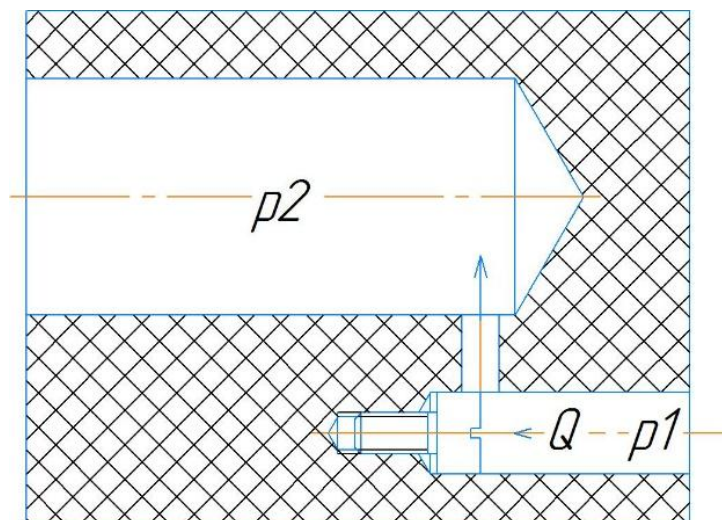


Рис. 2. Модель гідродинамічного кавітатора з регульованим отвором

В потоці робочої рідини який рухається зі збільшенням вектору швидкості починають утворюватися кавітаційні бульбашки, розмір яких збільшується із зростанням перепаду тиску.

За результатами експерименту встановлено, що при пропусненні потоку масла через канал відбувалася гідродинамічна кавітація, а при подальшому підвищенні тиску - локалізоване синьо-фіолетове світіння рідини у видимій області спектра. При швидкості потоку більше 40 м/с візуально кавітація має яскраво виражений вигляд з добре сформованою кавітаційним «пальником» і появою світлового випромінювання (рис. 3). Світіння спостерігалось при перепаді тиску від 1,8 МПа і проявлялося у вигляді окремих іскор, які виникали уздовж центральної частини каналу за течією робочої рідини.

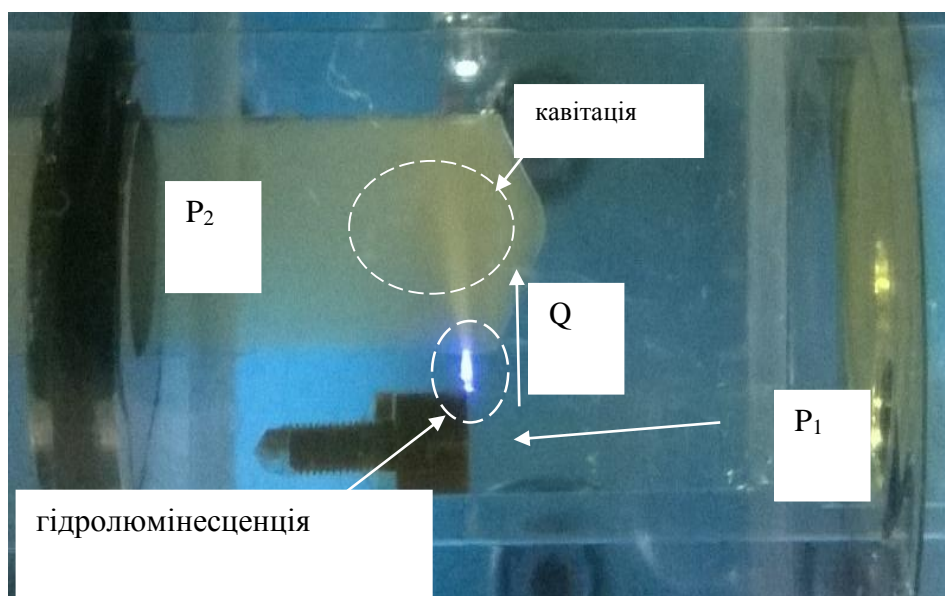


Рис. 3. Візуалізація виникнення кавітації ($t = 50^{\circ}\text{C}$, перепад тиску, $(P_1 - P_2) = 4$ МПа, витрата, $Q = 1,1$ л / хв, діаметр дроселя, $d = 0,6$ мм)

Експеримент проводився для мінеральної оливи категорії Н-LP і вітчизняного мінерального масла «Леол М20», в останньому кавітація в потоці була більш інтенсивною, хоча випромінювання світла не спостерігалось. Можна припустити, що гідродинамічна люмінесценція залежить від властивостей основи мінерального масла, кількості і типу газу, води, тиску його насичених парів і складу пакета присадок.

Висновки

Таким чином, модель гідродинамічного кавітатора з регульованим отвором дозволила відслідковувати процеси гідродинамічної кавітації і гідролюмінесценції при різних параметрах робочої рідини і дросельного каналу. Експериментальні дослідження дозволили встановити, що температура робочого тіла істотно впливає на характеристики процесу кавітації. Встановлені межі виникнення гідролюмінесценції.

Список використаних джерел

1. Experimental research of hydro luminescence in the cavitating flow of mineral oil/Ihor V. Nochnichenko; Alexandr F. Luhovskyi; Oleg M. Jakhno; Dmytro V. Kostiuk; Paweł Komada; Ainur Kozbakova, Proc. SPIE 11176, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2019, Vol. 1117615 (6 November 2019); doi: 10.1117/12.2536946. PDF: 8 pages (Scopus -ISSN: 2577-5421).

2. Ночніченко І.В. Study of hydrodynamic luminescence in a cavitation liquid medium /Ночніченко І.В., Луговський О.Ф., Костюк Д.В. // Науково-технічний журнал «Проблеми тертя та зношування» № 3(84) (2019). – С.57-62 doi:10.18372/0370-2197.3(84).13853.(Index Copernicus - ISSN: 0370-2197).

3. Ночніченко І.В., Яхно О.М. Застосування явища переносу та інформаційної ентропії до аналізу поведінки магнітореологічного демпфера / Наукові вісті НТУУ «КПІ»: науково-технічний журнал № 4 (120)'2018. – стр.54-62. doi: 10.20535/1810-0546.2018.4.141241.

4. Юткин Л. А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. / Л. А. Юткин. – Ленинград: Машиностроение, 1986. – 253 с.

5. O. Luhovskyi Temperature influence on cavitation mass transfer in the channel of laval nozzle type / I. Nochnichenko, O. Jakhno , D. Kostiuk// Journal of the Technical University of Gabrovo, #57 (2018) I. – Gabrovo, Bulgaria, pp. 12 - 15, 2018 p.