

УДК 543.8 + 541.13

Експериментальне дослідження процесу гідродинамічної люмінесценції у двофазному середовищі

Кривошесєв Владислав Євгенійович¹; Ночніченко Ігор Вікторович²

1– інженер ДМСП, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», м. Київ

2– к.т.н., доц., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», м. Київ

Анотація: У статті представлені результати дослідження кавітаційних процесів у технологічному обладнанні. В результаті застосування експериментально-аналітичного методу і технічної візуалізації встановлено, що явище гідролюмінесценції починається при тиску масла 20 бар, а при його насиченні інертними газами – в межах 10 бар.

За результатами обробки і аналізу проведених експериментальних досліджень побудована концептуальна модель етапів виникнення і розвитку процесу кавітації і супутніх цьому ефектів. Проведені дослідження дозволили виявити кавітаційні зони, що виникають в кавітаторі. З допомогою швидкісної відеозйомки були виявлені області кавітації і досліджено механізм її розвитку у двофазному середовищі.

Зроблено висновок, що явище гідролюмінесценції може використовуватись як метод візуалізації кавітації. У той же час керування робочими процесами, які супроводжують явище кавітації, є досить актуальним, оскільки дозволяє боротися з небажаними наслідками кавітації.

Ключові слова: люмінесценція; кавітатор; кавітація; сонолюмінесценція; гідролюмінесценція; триболюмінесценція; дросель; ежектор; двофазове середовище; візуалізація потоку рідини; точкова температура; в'язкість; кавітаційне число; швидкість потоку рідини; спектроскопія.

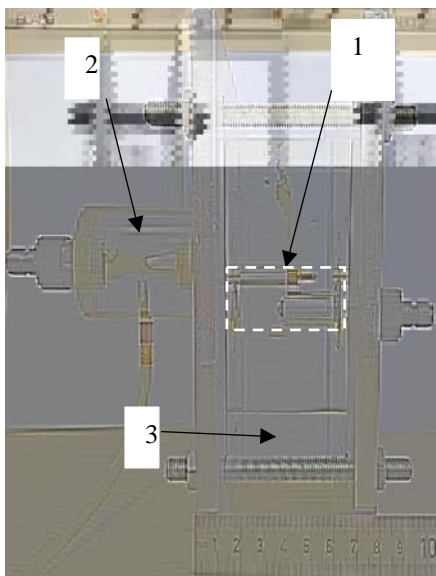


Рис.1. Досліджувана модель
(1 - реактор, 2 - трубка Вентурі, 3 - корпус)

витраті до 10-5 м³/с.

Цифрове збільшення зображення свічення спалаху показало, що в його умовному центрі симетрії колір світлового випромінювання є чисто білим, а по периферії - яскраво-синім і нагадує електричний розряд (рис. 2) [4-6].

В результаті експерименту було встановлено, що без насичення інертним газом люмінесценція відбувається при падінні тиску на 2 МПа, тоді як за допомогою газової суміші

Переважна більшість результатів експериментальних та теоретичних праць вказує на те, що процеси гідродинамічної люмінесценції мають електричний характер походження, але є також ряд робіт, у яких вагомі аргументи наводяться на користь теплової теорії походження. [1,2]

Особливо важливо розуміти поточні процеси для багатокомпонентних середовищ, які включають нафту та нафтопродукти, отримані з неї (гідралічні масла), та багатофазні середовища, газ-рідина та тверда рідина. [3].

Для експериментального вивчення гідродинамічної люмінесценції в газорідкому середовищі та вивчення ефекту додавання азоту до потоку рідини ми використали модель кавітатора у вигляді прозорого циліндра з оргскла (рис. 1). [7] Інертний газ додавали до робочої рідини в трубі Вентурі на вході в гідралічну систему.

Досліди проводили з використанням мінерального масла як робочої рідини при входному тиску до 4 МПа та

(з переважним вмістом інертного газу) можна досягти люмінесценції навіть при падінні тиску на 1 МПа.

Згідно з нашими спостереженнями, зі збільшенням швидкості потоку в зоні звуження спочатку виникає кавітація, потім, при подальшому збільшенні швидкості потоку, починають з'являтися поодинокі іскри, потім - мерехтливе полум'я, і з певного моменту виникає «пробій» та стабільне свічення.

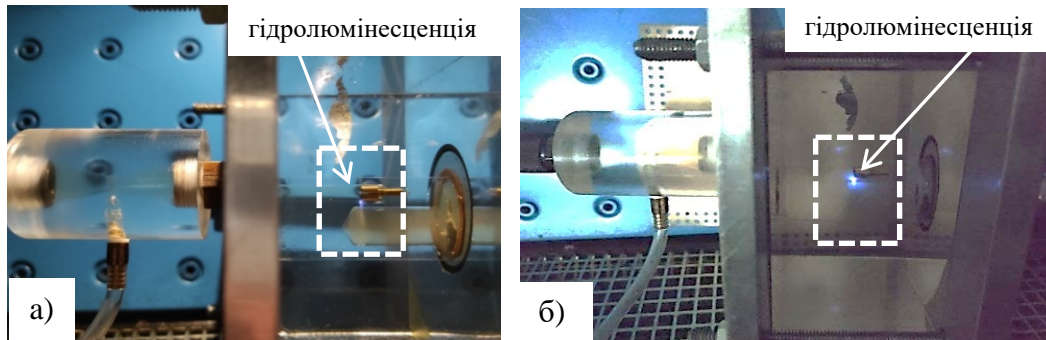


Рис.2. а) без насичення, б) з насиченням інертним газом

За результатами роботи та аналізу перевірених експериментальних досліджень побудовано концептуальну модель етапів, що розвивають процес кавітації та супутніх ефектів (рис. 3).

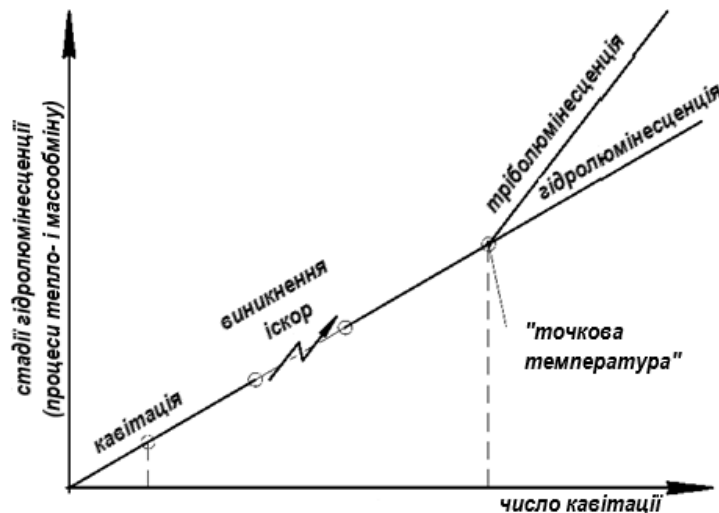


Рис. 3. Виникнення кавітації і супутні їй фізичні процеси в потоці рідини.

Використання гідродинамічної кавітації з гідродинамічною люмінесценцією для отримання енергії за певних умов є раціональним, що пояснюється компактністю та дешевизною установки в цілому. Накопичення енергії кавітації може бути одним з найбільш інноваційних та ефективних способів досягнення високої щільності енергії на сьогодні.

Висновки.

1. Дослідження дозволили вивчити кавітацію в дросельній заслінці. Спостереження показали, що люмінесценція спостерігається за певних умов. Її інтенсивність визначається рядом факторів, одним з яких є кореляція між інтенсивністю люмінесценції та насиченням газом.

2. Двофазне середовище має значний ефект. Концентрація розчиненого благородного газу (Ar) Аргону, (N) Азоту в гідродинамічній люмінесценції істотно впливає на світлове випромінювання.

3. Під час гідролюмінесценції насамперед відбувається збудження доданих інертних газів. На підставі проведеної роботи можна зробити висновок, що причиною гідродинамічної люмінесценції є тертя рідини об стінки каналу. Тому причиною гідродинамічної люмінесценції є локальне збільшення напруженості електричного поля, що відбувається при електронейтральності всередині порожнини.

Експериментальні дослідження показали, що температура робочої рідини істотно впливає на характеристики потоку дроселя. Результатом нагрівання є зменшення в'язкості робочої рідини, що призводить до збільшення числа Рейнольдса i , відповідно, швидкості потоку. Отримані експериментальні дані були наближені до можливості використання математичної моделі гідродинамічного генератора кавітації та дозволили врахувати властивості робочої рідини.

Список літератури

1. Herzenstein SJ, Monakhov AA Electrification and glow of a liquid in a coaxial channel with dielectric walls. Izv. RAS. Mechanics of liquid and gas. 2009. № 3. P.114-119.
2. Koldomasov AI Plasma formation in a cavitating dielectric fluid. Journal of Technical Physics. 1991. T. 61, № 2. S. 188-190.
3. Frenkel, Y. I., "Electrical phenomena connected with cavitation caused by ultrasonic oscillations in a liquid" Russ. J. Phys. Chem. 14 (1940): pp 305–308.
4. Nochnichenko I.V., Luhovskyi O.F., Kostiuk D.V. (2019) Study of hydrodynamic luminescence in a cavitation liquid medium // Naukovo-tehnichniy zhurnal «Problemy tertia ta znoshuvannia» # 3(84). – S.57-62 doi:10.18372/0370-2197.3(84).13853.(Index Copernicus - ISSN: 0370-2197).
5. I. Nochnichenko, O. Luhovskyi, D. Kostiuk, O. Jakhno Research of the Influence of Hydraulic Orifice Material on the Hydrodynamic Cavitation Processes Accompanied by Luminescence, International Scientific-Technical Conference on Hydraulic and Pneumatic Drives and Control, 2020, Springer Cham, pp. 293-300.
6. Ihor V. Nochnichenko; Alexandr F. Luhovskyi; Oleg M. Jakhno; Dmytro V. Kostiuk; Paweł Komada; Ainur Kozbakova (2019) Experimental research of hydroluminescence in the cavitating flow of mineral oil, Proc. SPIE 11176, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments, Vol. 1117615 (6 November 2019); doi: 10.1117/12.2536946. PDF: 8 pages (Scopus -ISSN: 2577-5421).
7. Кривошеєв В.С., Костюк Д.В., Ночніченко І.В. Інновації молоді в машинобудуванні – 2020. - №2, С. 283-286.

Experimental study of the process of hydrodynamic luminescence in a two-phase environment

Vladyslav Kryvosheiev, Igor Nochnichenko

Abstract. The article presents the results of the study of cavitation processes in technological equipment. As a result of application of an experimental-analytical method and technical visualization it is established that the phenomenon of hydroluminescence begins at an oil pressure of 20 bar, and at its saturation with inert gases - within 10 bar.

Based on the results of processing and analysis of experimental studies, a conceptual model of the stages of origin and development of the cavitation process and the accompanying effects is built. The conducted researches allowed to reveal the cavitation zones arising in the cavitator. Cavitation areas were identified with the help of high-speed video recording and the mechanism of its development in a two-phase medium was investigated.

It is concluded that the phenomenon of hydroluminescence can be used as a method of cavitation visualization. At the same time, the management of workflows that accompany the phenomenon of cavitation is quite relevant because it allows you to deal with the undesirable consequences of cavitation.

Key words: luminescence; cavitator; cavitation; sonoluminescence; hydroluminescence; triboluminescence; throttle; ejector; two-phase medium; fluid flow visualization; point temperature; viscosity; cavitation number; fluid flow rate; spectroscopy.