

**І. В. Ночніченко, к.т.н., старший викладач,  
В. О. Сідлецький, студент,  
А. О. Томашевський, студент**

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОЛЮМІНІСЦЕНЦІЇ У КАВІТУЮЧОМУ ПОТОЦІ МІНЕРАЛЬНОГО МАСТИЛА**

**Актуальність.** Сучасна гідравлічна апаратура працює при значних робочих тисках, який може досягати величин до 2000 бар [1]. У гідравлічних пристроях гідроприводу в якості запірно-регулюючих елементів широко використовуються різні типи дроселів, форсунок, жиклерів [2]. В діафрагмових та циліндричних дроселях потік робочої рідини має яскраво виражений турбулентний характер, а в стиснутому перерізі велика швидкість викликає кавітацію і пов'язане з нею активне виділення бульбашок нерозчинених повітря і пара [2–4]. У зоні підвищеного тиску бульбашки миттєво замикаються, що викликає ерозійне руйнування матеріалу стінок каналу і активні акустичні процеси. Швидке замикання паро-газових каверн, відповідно до законів термодинаміки, може викликати локальне підвищення температури до 1000 К, а при певних умовах і світловипромінювання рідини. Ефект гідролюмінесценції вперше був виявлений Константиновим в 1946 році. У науковому світі немає однозначної теорії виникнення сонолюмінесценції і гідролюмінесценції і однозначного трактування їх природи, так чи інакше обидва ці процеси мають дві основні теорії їх виникнення – «теплову» і «електричну» [1]. В основі «теплової» теорії лежить припущення, що при зовнішньому впливі на кавітаційні бульбашки всередині утворюються високі температури, необхідні для випускання бульбашкою випромінювання. «Електрична» теорія будується на електричних явищах всередині або близько кавітуючої бульбашки. Гідролюмінесценція вже широко використовується як метод візуалізації кавітації, в тому числі і в медицині. За допомогою гідролюмінесценції іонізують нано частини та наелектризують рідини, наприклад лаки,

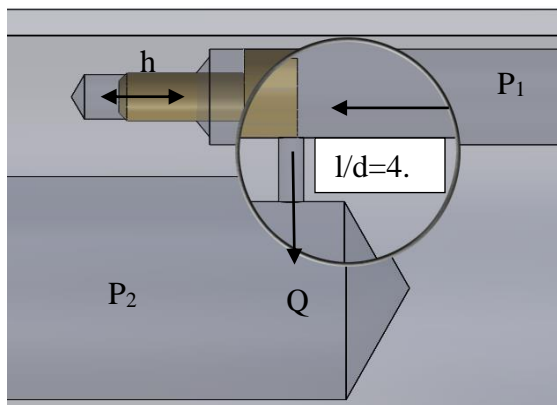


Рисунок 1 – Модель насадки турбулентного каліброваного дроселю

або краски, створюють більш рівномірне покриття деталей фарбою, при цьому рідина набуває позитивний заряд, а стінки каналів від'ємний. Актуальність вивчення явищ гідролюмінесценції обумовлена широким використанням діелектричних трубопроводів при подачі вуглеводневих рідин до різних технічних пристроїв.

**Результати.** У процесі дослідження кавітаційних процесів в прозорій моделі турбулентного дроселя (рис. 1) виявлено локалізоване на вхідний кромці турбулентного дроселя стійке світловипромінювання в блакитній частині спектра (рис. 2). Для

поглибленого вивчення світловипромінювання розроблено принципову схему експериментального стенда (рис. 3).

Фото експериментального стенду для дослідження гідродинамічних процесів в дроселі показано на рис. 4.

Перепад тисків на дроселі  $\Delta p$  оцінювався з урахуванням гідравлічних втрат в

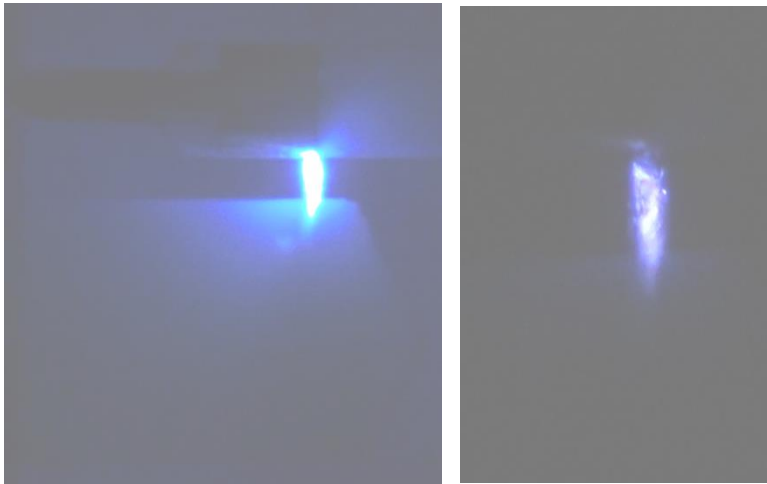


Рисунок 2 – Світловипромінювання в кавітуючому потоці мінерального масла, рух рідини з права на ліво при вимкненні джерела світла: ( $\Delta p=50$  бар,  $t=50^\circ\text{C}$ ,  $Q=0,000041$  м<sup>3</sup>/с, площа дроселя  $0,0000003$  м<sup>2</sup>  $v_{dr}=100$  м/с)

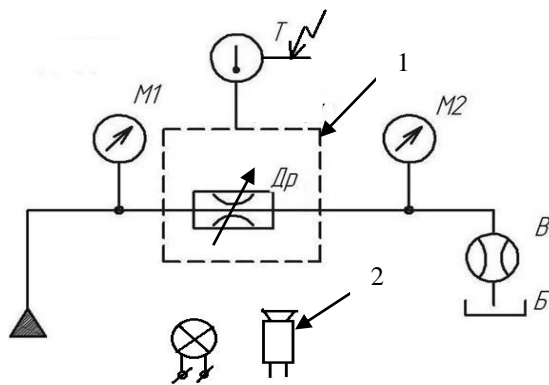


Рисунок 3 – Принципова гідравлічна схема стенда для дослідження насадку:  
1 – насадок, 2 – високошвидкісна відео камера

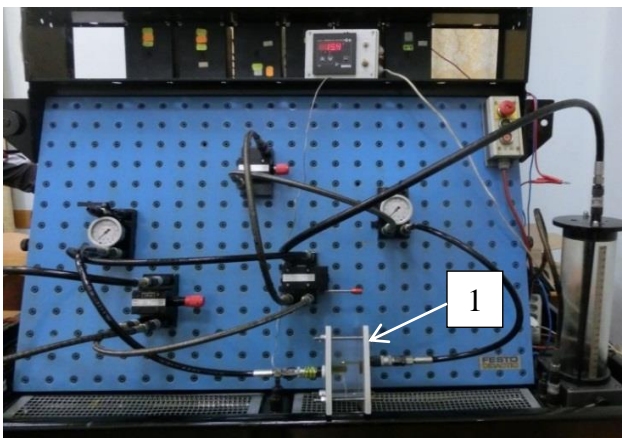


Рисунок 4 – Фрагмент експериментального стенда для зняття характеристик насадку:  
1 – гідравлічний апарат з насадком

швидкодіючих роз'ємах гнучких рукавів і в підвідному та зворотному каналах дроселя. При найбільшому значенні перепаду тисків на дроселі  $\Delta p = 50$  бар число Рейнольдса у вхідному перетині дроселя досягало значення  $Re = 3960$ , що відповідало турбулентному режиму руху рідини, при цьому в підводі і відводі режим течії відповідав ламінарному при числі Рейнольдса  $Re = 680$ . Максимальна швидкості руху рідини в перерізі дроселя досягала понад  $V = 100$  м/с.

Проведені дослідження показали виникнення випромінювання рідини від кордону розділу діелектриків в напрямку руху потоку при швидкості близько  $100$  м/с (рис. 2). Також спостерігалось пульсації кавітуючого потоку та випромінювання звуку – «кавітаційний шум». З зростанням швидкості потоку, область світловипромінювання збільшується. Причинна світловипромінювання пов'язана з електризацією стінки каналу і рідини. Вимірювання показали, що температура рідини на виході каналу підвищується на  $2^\circ\text{C}$ . Процес світловипромінювання характеризується не тільки розігрівом поверхні каналу а й рідини.

Світловипромінювання спостерігалось при перепаді тиску  $18$  бар та проявлялося у вигляді іскор, які проскакують вздовж за течією в центральній частині каналу, активно стійке випромінювання розпочалось при перепаді у  $20-24$  бари. У нагрітому до  $55^\circ\text{C}$  маслі світловипромінювання збільшувалася за рахунок зменшення в'язкості розігрітого масла та збільшення швидкості потоку.

Фрагменти відеозйомки етапів розвитку кавітаційного процесу в дроселі, зареєстровані цифровою камерою (рис. 5).

Необхідно відзначити, що по осі каналу в зоні підвищеного тиску зберігається суцільність потоку. Стійке світловипромінювання припиняється при перепаді тиску 16 бар. Цифрове збільшення фотографії факела, що світиться до рівня пікселя показало, що в її умовному центрі симетрії колір світловипромінювання чисто білий, залишаючись яскраво-

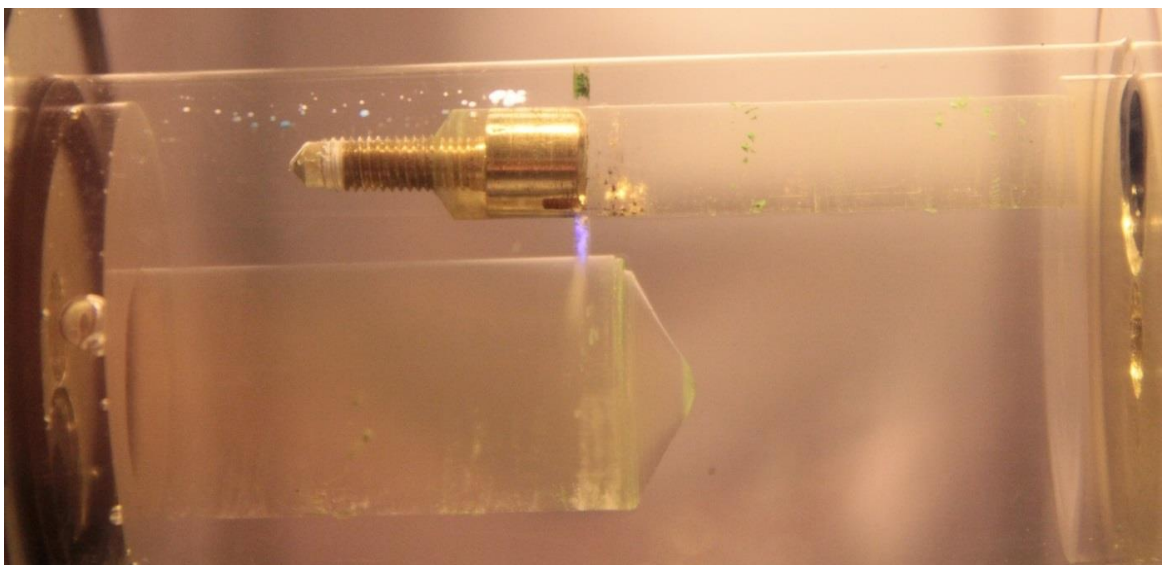


Рисунок 5 – Світловипромінювання в кавітуючому потоці мінерального масла, рух рідини з права на ліво: ( $\Delta p=47$  бар,  $t=35^{\circ}\text{C}$ ,  $Q=0,00002$  м<sup>3</sup>/с, площа дроселя  $0,0000003$  м<sup>2</sup>  $v_{dr}=75$  м/с)

блакитним на периферії та нагадує електричний розряд який спостерігався у роботах Л. А. Юткіна [5]. Спочатку досліджувався кавітаційний процес в потоці мінерального масла категорії Н-LP. Кавітація в гідродинамічному потоці вітчизняного мінерального масла «Леол М20» в'язкістю при  $100 = 9$  мм<sup>2</sup>/с була більш інтенсивною, при цьому світловипромінювання не спостерігалось. Можна припустити наявність залежності світловипромінювання від властивостей основи мінерального масла, тиску його насичених парів і складу пакета присадок.

Результати дослідження гідродинамічного потоку мінерального масла у турбулентному дроселі показали, що всередині потоку формуються електричні заряди, що викликають, за наявності додаткових умов, світловипромінювання в стиснутому перерізі потоку. Відсутність оплавлення гострої входної кромки моделі дроселя, виконаної з органічного скла, зменшує ймовірність теорій про «плазмовий розряд».

### Література

1. Маргулис М. А. Свечение и электризация при течении диэлектрических жидкостей в узком канале / М. А. Маргулис, В. Н. Пильгунов // Журнал физической химии. – 2009. – Том 83, № 8. – С. 1585–1590.
2. Луговской А. Ф. Ультразвуковая кавитация в современных технологиях / А. Ф. Луговской, Н. В. Чухраев. – К. : ВПЦ «Київ. ун-т», 2007. – 244 с.
3. Кавитация в переработке нефти / О. М. Яхно, А. Д. Коваль, Л. И. Пищенко, В. П. Паскалов, Н. Н. Яске. – К. : Світ, 1999. – 257 с.
4. Струтинский В. Б. Исследование характеристик гидравлических струйных элементов высокого давления – Дисс. Киев : КИИГА, 1979. – 177 с.
5. Юткин Л. А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности / Л. А. Юткин. – Л. : Машиностроение. – 253 с.