НОЧНІЧЕНКО Ігор Вікторович
канд. техн. наук, доцент,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID ID: 0000-0002-0690-0363

КРИВОШЕЄВ Владислав Євгенійович
аспірант,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID ID: 0000-0002-5568-8370
Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ КАВІТАЦІЇ, ЩО СУПРОВОДЖУЄТЬСЯ ЛЮМІНЕСЦЕНЦІЄЮ

Питання досліджень гідродинамічної кавітації, а саме - фізико-хімічних процесів, які виникають під час її утворення та розвитку, несуть у собі глибокий науковий зміст. В елементах і пристроях сучасних гідросистем робочий тиск може досягати до 2000 бар[1]. У дросельних елементах гідравлічного обладнання потік робочої рідини має яскраво виражений турбулентний характер. При високій швидкості руху робочої рідини у дросельних елементах виникає кавітація і пов'язане з цим активне виділення бульбашок нерозчиненого повітря і пара[2]. Кавітація призводить до появи ряду фізико-хімічних процесів, може супроводжуватися кавітаційними хімічними реакціями, окисленням, руйнуванням і люмінесценцією. Швидке змикання паро-газових бульбашок-каверн, відповідно до законів термодинаміки, може викликати локальне підвищення температури до 1500 К, а при певних умовах і світлове випромінювання рідини або випромінювання світлових квантів(електронний пробій)[3]. Ефект гідролюмінесценції вперше був виявлений Константиновим в 1947 році. При плоскому обтіканні водою твердого тіла (круглих циліндрів) в плоскому каналі спостерігалося свічення позаду циліндрів, при сильно роз-

1 Frenkel, Y. I., "Electrical phenomena connected with cavitation caused by ultrasonic oscillations in a liquid" Russ. J. Phys. Chem. 14 (1940). P. 305–308.

2 V. N. Pilgunov. D. Efremova. Light Emission and Electrical Processes in a Cavitating Mineral Oil Stream # 03, 2013. 31-62 DOI: 10.7463 / 0313.0535547; Farhat M, Chakravarty A, Field J E., Luminescence from hydrodynamic cavitation. Proc R Soc A, 2011, 467: 591–606. doi: 10.1098/rspa.2010.0134.

3 Frenkel, Y. I., "Electrical phenomena connected with cavitation caused by ultrasonic oscillations in a liquid" Russ. J. Phys. Chem. 14 (1940). P. 305–308.

виненій гідродинамічній кавітації[4]. Найбільша кількість результатів експериментальних і теоретичних робіт вказує, що процеси гідродинамічної люмінесценції мають електричну природу походження, але також є ряд робіт, в яких наводяться аргументи на користь теплової теорії.

Електрична теорія будується на електричних явищах всередині самої бульбашки або взаємодії її з близько кавітуючими бульбашками. Як обґрунтування цієї теорії певну роль відіграють повідомлення про відповідність суцільного спектра, що спостерігається при люмінесценції, спектру випромінювання абсолютно чорного тіла. Взагалі, зв'язок між кавітацією і електричними розрядами може бути важливим і для розуміння фізичної природи пробою рідких діелектриків. Однак детальні уявлення про механізм гідролюмінесценції до цих пір не ясні. Які саме фази – газова (бульбашка), рідка (сама рідина, що протікає) або навіть тверда (стінка каналу) – відповідають за світловипромінювання, наскільки цей фізичний механізм можна застосувати до люмінесценції як явища в загальному характері?

Наприклад, в роботі[5] вирішальна роль відводиться емісії електронів, зі стінки, які прилипають до молекул рідини з випусканням фотонів.

В основі теплової теорії лежить припущення, що при зовнішньому впливі на кавітуючу бульбашку всередині неї утворюються високі температури, які стимулюють випускання бульбашкою випромінювання.

Теплову теорію гідролюмінесценції запропонував Колдамасов[6], вказуючи у своїй статті, що джерелом свічення є плазмовий згусток, що утворився з середньою температурою 104 К. Питання пов’язані з описом етапів виникнення люмінесценції у потоці рідини при гідродинамічній кавітації є досить складними, що до останнього часу залишаються повністю не вивченими. Особливо це стосується багатокомпонентного середовища, до яких відноситься нафта та отримані з неї нафтопродукти (гідравлічні мастила). В зв’язку з цим, в якості вхідних думок, виникнення та факторів, які впливають на гідродинамічну люмінесценцію - використовують для пояснення фізико-хімію, та описують двома теоріями виникнення - тепловою та електричною. Інформація про формування люмінесценції особливо важлива для кавітаційних технологій, так як на цьому рівні при змиканні бульбашки в коливаннях може виділятися значна енергія, яка часто використовується

4 Константинов В.А. ДАН СССР. 1947. Т. 56. № 3. С. 259–260.

5 Маргулис М. А. Сонолюминесценция. Успехи физических наук. 2000. Т. 170. № 3. С. 263-287.

6 Колдомасов А.И. Плазменное образование в кавитирующей диэлектрической жидкости. Журнал технической физики. 1991. Т. 61. № 2. С. 188-190.

для якісного змішування середовищ, їх розділення та деструкції на молекулярному рівні, поляризації і т.д.

Для проведення досліджень використовувалась модель гідродинамічного кавітатора, який має прозорий циліндр з оргскла (рис.1).

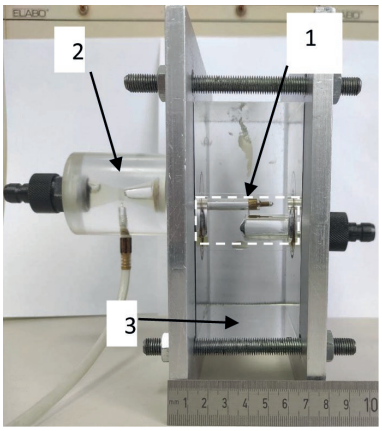

Рис.1 Досліджувана модель кавітатора (1 – реактор, 2 – ежектор, 3 – корпус)

Експерименти проводилися при тиску на вході до 5 МПа і витраті до 10-5 м3/с. Зразок був підключений до експериментального стенду (рис.2).

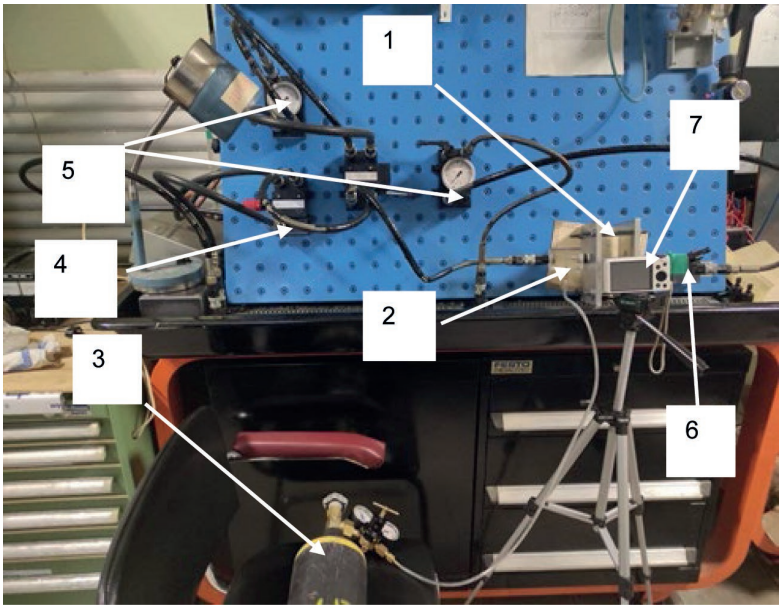

Рис. 2. Схема випробувального стенду. (1-кавітатор, 2-ежектор, 3-система для насичення потоку рідини благородними газами, 4-запобіжний клапан, 5-манометри на вході і виході, 6-датчики температури, 7- високошвидкісна камера)

Основні параметри, які контролювалися: рівень тиску на вході, перепад тиску на вході і виході зразка, витрата і температура на виході. Температура робочої рідини контролювалася в апараті за допомогою еталонної термопари. Проведено експериментальні дослідження на поворотному режимі з використанням робочого рідини типу «H-L». Зйомка процесів на зразку поршневого клапана проводилася камерою зі швидкістю 120 ... 1000 кадрів в секунду. Умови проведення експерименту наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Умови проведення експерименту

Умови проведення експерименту	Параметри	Рисунок
Без насичення	Δp = 2 МПа, температура масла t = 33°C, Q = 0.000012 m^3/s, прохідний переріз 0.00003 m^2, v_{thr} = 25 m/s	Рис.3 (а, б)
Без насичення	Δp = 5 МРа, температура масла t = 33°C, Q = 0.0000004 m^3/s, прохідний переріз 0.00003 m^2, v_{thr} = 100 m/s	Рис.4 (а)
Насичення Азотом	Δp = 5 МРа, температура масла t = 33°C, Q = 0.0000004 m^3/s, прохідний переріз 0.00003 m^2, v_{thr} = 100 m/s	Рис.4 (б)
Насичення Аргоном	Δp = 5 МРа, температура масла t = 33°C, Q = 0.0000004 m^3/s, прохідний переріз 0.00003 m^2, v_{thr} = 100 m/s	Рис.4 (в)
Суміш газів Азот+Аргон	Δp = 5 МРа, температура масла t = 33°C, Q = 0.0000004 m^3/s, прохідний переріз 0.00003 m^2, v_{thr} = 100 m/s	Рис.4 (г)

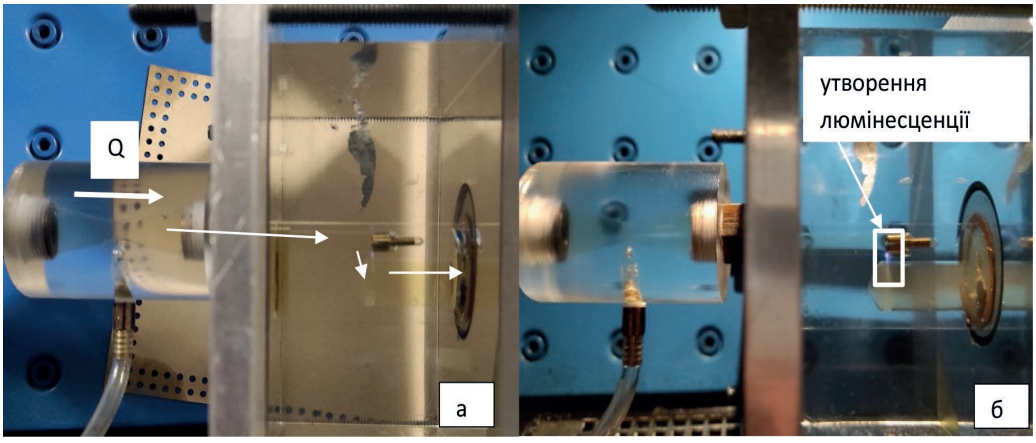

Рис. 3. Результати експериментів (а -без люмінесценції; б – «простріл» поява люмінесценції)

За результатами дослідження було отримано ряд зображень, і можна зробити висновки про вплив насичення благородними газами на інтенсивність люмінесценції, що виникає за гвинтом у дросельному каналі. На рис. 3, 4 показано зображення для різних етапів виникнення люмінесценції з насиченням та без насичення (аргоном та азотом (однофазний, двофазний потік).

За результатами опрацювання та аналізу проведених експериментальних досліджень побудована концептуальна модель етапів виникнення і розвитку процесу кавітації і супутніх цьому ефектів (рис. 5).

За нашими спостереженнями, з ростом швидкості потоку в області звуження спочатку виникає кавітація, потім, при подальшому збільшенні швидкості потоку, починають з'являтися поодинокі іскри, а з певного моменту відбувається «прострiл». і є стабільне свічення. При досягненні «точкової температури» і при наявності частин матеріалів з кавітаційною емісією спостерігається збільшення інтенсивності свічення за рахунок тріболюмінесценції, при відсутності відповідних матеріалів процес протікає менш інтенсивно.

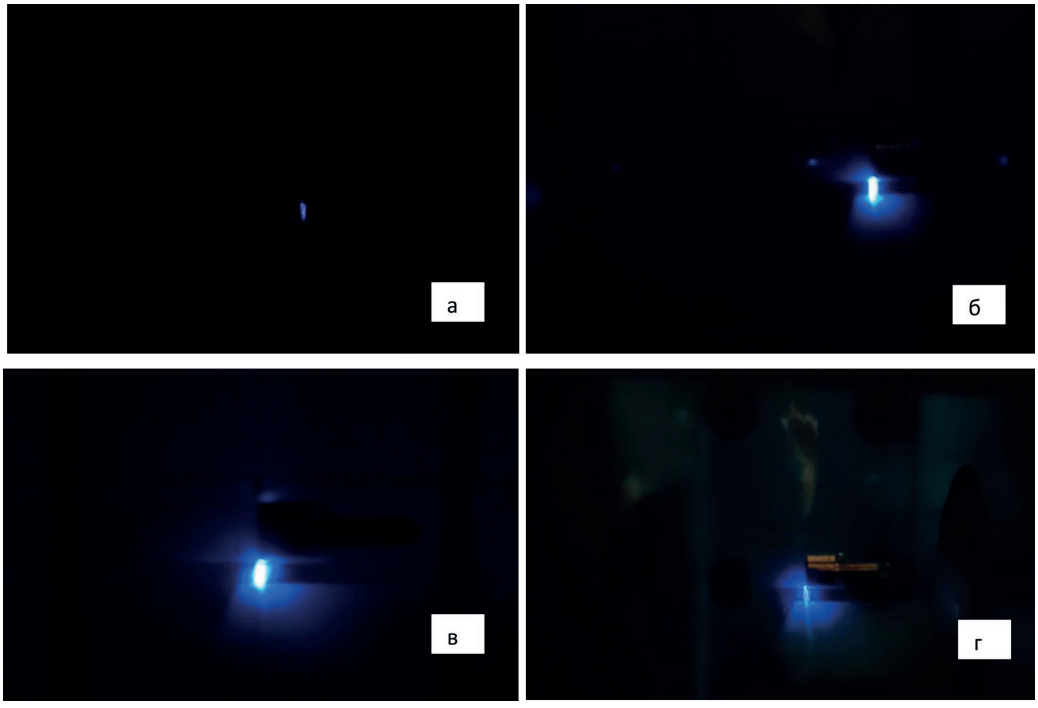

Рис. 4 Випромінювання світла в кавітаційному потоці мінерального масла (а – без насичення; б - агрон; в – азот; г – азот + аргон)

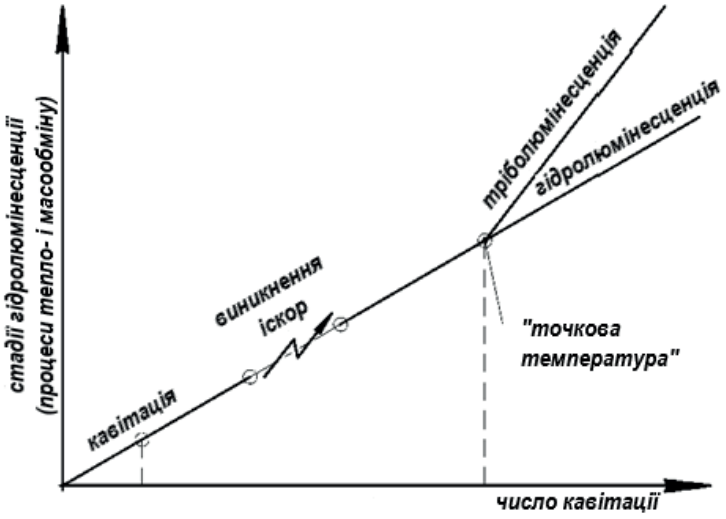

Рис. 5. Виникнення кавітації і супутні їй фізичні процеси в потоці рідини

Вивчення природи гідролюмінесценції можна порівняти з вогнем: спочатку це слабка іскра, потім мерехтливе полум›я, а потім потужне полум›я, наділене швидкістю і силою.

Проведені дослідження дозволили виявити кавітаційні зони, що виникають в кавітаторі. За допомогою швидкісної відеозйомки були виявлені області кавітації і досліджено механізм її розвитку. Крім того, отримані за рахунок візуалізації характеристики замкнутого обсягу певною мірою прояснюють існуючі уявлення про поведінку рідини в соплі.

Можна припустити, що процес кавітації в потоці мінерального масла у вузьких щілинах може викликати електроопір основи масла і каналів, а також привести до вигорання коригувальних присадок до масла. Це і стало наступним етапом дослідження.

При проведенні досліджень на експериментальних стендах з різними видами робочих рідин, вдалося створити умови для розвиненої кавітації та отримати явище гідролюмінесценції, але за відмінних параметрів світловипромінювання або його відсутності. Внаслідок чого, було вирішено провести поглиблений аналіз робочих рідин та вплив додаткового пакету присадок на них. Дослідження проводились для ньютонівських рідин (Леол М20, І-20, ARAL 0W-40, ТЕП-15 «Нігрол»). Було зроблено забір зразків даних видів робочих рідин і окремо в кожен з них було додано пакет присадок MANNOL Molibden Additive у співвідношенні 1:10. Подальший структурно-

морфологічний аналіз робочих рідин виконувався на роторному віскозиметрі РЕОТЕСТ-2. Реологічні властивості рідин вивчають за реологічними кривими течії (основної та додаткової), одержуваних на ротаційних віскозиметрах. Прилад РЕОТЕСТ-2 є ротаційним віскозиметром з внутрішнім обертовим циліндром і призначений для дослідження реологічних властивостей ньютонівських рідин з високою в›язкістю, а також структурованих дисперсних систем рис. 6.

Рис. 6. Ротаційний віскозиметр РЕОТЕСТ-2

Віскозиметр відтарований за показниками наведеними у таблиці 2.

Таблиця 2

Відтаровані показники роторного віскозиметра РЕОТЕСТ-2

Частота мережі, ν, Hz	50	
Жорсткість пружини z_1	3,33	0,1 Па/под.
Жорсткість пружини z_2	33,7	0,1 Па/под.

Дослідження проводились при сталій температурі робочої рідини 15,7 °С.

Розрахунок напруги зсуву для при zn за формулою 1:

$$\tau = \frac{\gamma * z_n}{10}, \quad (1)$$

Розрахунок коефіцієнту динамічної в’язкості за формулою 2:

$$\mu = \frac{\tau * 50}{\gamma * \nu}, \quad (2)$$

Результати вимірювання робочої рідини Леол М20 та Леол М20 (М) наведено у таблиці 3.

Таблиця 3

Результати вимірювання Леол М20 та Леол М20 (М)

Леол **М20**	Поз.	γ, 1/с	α	τ, Па	μ, Па с
1	4a-I	16,2	2,6	0,87	0,053
2	6b-I	24,3	3,8	1,27	0,052
3	5a-I	27,0	4,3	1,43	0,053
4	7b-I	40,5	6,5	2,16	0,053
5	6a-I	48,6	7,7	2,56	0,053
6	8b-I	72,9	11,5	3,83	0,053
7	7a-I	81,0	12,8	4,26	0,053
8	9b-I	121,5	19	6,33	0,052
9	8a-I	145,8	23	7,66	0,053
10	10b-I	218,7	34	11,32	0,052
11	9a-I	243,0	38	12,65	0,052
12	11b-I	364,5	57	18,98	0,052
13	10a-I	437,4	68,5	22,81	0,052
14	**12bd-II**	**656,0**	**10,3**	**34,71**	**0,053**
15	**11ad-II**	**729,0**	**11,3**	**38,08**	**0,052**
16	**12ad-II**	**1312,0**	20,3	68,41	0,052

Леол **М20(М)**	Поз.	**γ, 1/с**	α	**τ, Па**	**μ, Па** с
1	4a-I	16,2	3,0	1,00	0,062
2	6b-I	24,3	4,5	1,50	0,062
3	5a-I	27,0	5,1	1,70	0,063
4	7b-I	40,5	7,8	2,60	0,064
5	6a-I	48,6	9,5	3,16	0,065
6	8b-I	72,9	14,0	4,66	0,064
7	7a-I	81,0	15,3	5,09	0,063
8	9b-I	121,5	23	7,66	0,063
9	8a-I	145,8	27,3	9,09	0,062
10	10b-I	218,7	40	13,32	0,061
11	9a-I	243,0	44,5	14,82	0,061
12	11b-I	364,5	66,5	22,14	0,061
13	**10a-II**	**437,4**	**8**	**26,96**	**0,062**
14	**12bd-II**	**656,0**	**11,8**	**39,77**	**0,061**
15	**11ad-II**	**729,0**	**13,2**	**44,48**	**0,061**
16	**12ad-II**	**1312,0**	**23,5**	**79,20**	**0,060**

Результати вимірювання робочої рідини І-20 та І-20 (М) наведено у таблиці 4.

Таблиця 4

Результати вимірювання І-20 та І-20 (М)

І-20	Поз.	γ, 1/с	α	τ, Па	μ, Па с
1	4a-I	16,2	2,7	0,90	0,056
2	6b-I	24,3	4,8	1,60	0,066
3	5a-I	27,0	5,0	1,67	0,062
4	7b-I	40,5	7,0	2,33	0,058
5	6a-I	48,6	8,5	2,83	0,058
6	8b-I	72,9	12,8	4,26	0,058
7	7a-I	81,0	14	4,66	0,058
8	9b-I	121,5	21	6,99	0,058
9	8a-I	145,8	25,5	8,49	0,058
10	10b-I	218,7	37,5	12,49	0,057
11	9a-I	243,0	41,5	13,82	0,057
12	11b-I	364,5	62,5	20,81	0,057
13	**10a-II**	**437,4**	**75**	24,98	**0,057**
14	**12bd-II**	**656,0**	**11**	**37,07**	**0,057**
15	**11ad-II**	**729,0**	**12,5**	**42,13**	**0,058**
16	**12ad-II**	**1312,0**	22	74,14	0,057

І-20 (М)	Поз.	γ, 1/с	α	τ, Па	μ, Па с
1	2	3	4	5	6
1	4a-I	16,2	3,0	1,00	0,062
2	6b-I	24,3	4,5	1,50	0,062
3	5a-I	27,0	5,0	1,67	0,062
4	7b-I	40,5	8,0	2,66	0,066
5	6a-I	48,6	9,5	3,16	0,065
6	8b-I	72,9	14,5	4,83	0,066
7	7a-I	81,0	16	5,33	0,066
8	9b-I	121,5	23	7,66	0,063
9	8a-I	145,8	27	8,99	0,062

Продовження табл. 4

1	2	3	4	5	6
10	10b-I	218,7	40	13,32	0,061
11	9a-I	243,0	44,5	14,82	0,061
12	11b-I	364,5	66,5	22,14	0,061
13	**10a-II**	**437,4**	**7,5**	**25,28**	**0,058**
14	**12bd-II**	**656,0**	**11,5**	**38,76**	**0,059**
15	**11ad-II**	**729,0**	**13**	**43,81**	**0,060**
16	**12ad-II**	**1312,0**	**22,5**	**75,83**	**0,058**

Результати вимірювання робочої рідини ARAL 0W-40 та ARAL 0W-40 (M) наведено у таблиці 5.

Таблиця 5

Результати вимірювання ARAL 0W-40 та ARAL 0W-40 (M)

0W-40	Поз.	γ, 1/c	α	τ, Па	μ, Па с
1	4a-I	16,2	8,5	2,83	0,175
2	6b-I	24,3	12,8	4,26	0,175
3	5a-I	27,0	14,0	4,66	0,173
4	7b-I	40,5	21,0	6,99	0,173
5	6a-I	48,6	25,0	8,33	0,171
6	8b-I	72,9	38,0	12,65	0,174
7	7a-I	81,0	42	13,99	0,173
8	9b-I	121,5	64	21,31	0,175
9	**8a-II**	**145,8**	**7,4**	**24,94**	0,171
10	10b-II	218,7	11	37,07	0,170
11	9a-II	243,0	12,3	41,45	0,171
12	11b-II	364,5	18,5	62,35	0,171
13	10a-II	437,4	22	74,14	0,170
14	12bd-II	656,0	33	111,21	0,170
15	11ad-II	729,0	37	124,69	0,171
16	12ad-II	1312,0	67	225,79	0,172

0W-40 (M)	Поз.	γ, 1/c	α	τ, Па	μ, Па с
1	4a-I	16,2	8,5	2,83	0,175
2	6b-I	24,3	12,8	4,26	0,175
3	5a-I	27,0	14,3	4,76	0,176
4	7b-I	40,5	21,0	6,99	0,173
5	6a-I	48,6	25,0	8,33	0,171
6	8b-I	72,9	38,0	12,65	0,174
7	7a-I	81,0	42	13,99	0,173
8	9b-I	121,5	64	21,31	0,175
9	8a-I	145,8	76,8	25,57	0,175
10	**10b-II**	**218,7**	**11,3**	**38,08**	**0,174**
11	**9a-II**	**243,0**	**12,5**	**42,13**	**0,173**
12	**11b-II**	**364,5**	**18,5**	**62,35**	0,171
13	10a-II	437,4	22,5	75,83	0,173
14	12bd-II	656,0	33,5	112,90	0,172
15	11ad-II	729,0	37	124,69	0,171
16	12ad-II	1312,0	67,5	227,48	0,173

Результати вимірювання робочої рідини ТЕП-15 та ТЕП-15 (М) наведено у таблиці 6.

Таблиця 6

Результати вимірювання ТЕП-15 та ТЕП-15 (М)

ТЕП-15	Поз.	γ, 1/c	α	τ, Па	μ, Па с
1	2	3	4	5	6
1	4a-I	16,2	7,0	2,33	0,144
2	6b-I	24,3	10,0	3,33	0,137
3	5a-I	27,0	11,0	3,66	0,136
4	7b-I	40,5	16,0	5,33	0,132
5	6a-I	48,6	19,0	6,33	0,130
6	8b-I	72,9	30,0	9,99	0,137
7	7a-I	81,0	32	10,66	0,132

Продовження табл. 6

1	2	3	4	5	6
8	9b-I	121,5	48	15,98	0,132
9	8a-I	145,8	58	19,31	0,132
10	10b-II	218,7	90	303,30	1,387
11	**9a-II**	**243,0**	**10**	**33,70**	**0,139**
12	**11b-II**	**364,5**	**14**	**47,18**	**0,129**
13	10a-II	437,4	17	57,29	0,131
14	12bd-II	656,0	25	84,25	0,128
15	11ad-II	729,0	28	94,36	0,129
16	12ad-II	1312,0	50	168,50	0,128

ТЕП-15 (М)	Поз.	γ, 1/с	α	τ, Па	μ, Па с
1	4a-I	16,2	10,0	3,33	0,206
2	6b-I	24,3	15,0	5,00	0,206
3	5a-I	27,0	16,0	5,33	0,197
4	7b-I	40,5	23,0	7,66	0,189
5	6a-I	48,6	28,0	9,32	0,192
6	8b-I	72,9	42,0	13,99	0,192
7	7a-I	81,0	48	15,98	0,197
8	9b-I	121,5	73	24,31	0,200
9	8a-I	145,8	89	29,64	0,203
10	**10b-II**	**218,7**	**12**	**40,44**	**0,185**
11	**9a-II**	**243,0**	**14**	**47,18**	**0,194**
12	**11b-II**	**364,5**	**21**	**70,77**	0,194
13	10a-II	437,4	25	84,25	0,193
14	12bd-II	656,0	37	124,69	0,190
15	11ad-II	729,0	42	141,54	0,194
16	12ad-II	1312,0	75	252,75	0,193

За отриманими результатами побудовані залежності частоти обертання роторного валу від напруги зсуву рис.7.

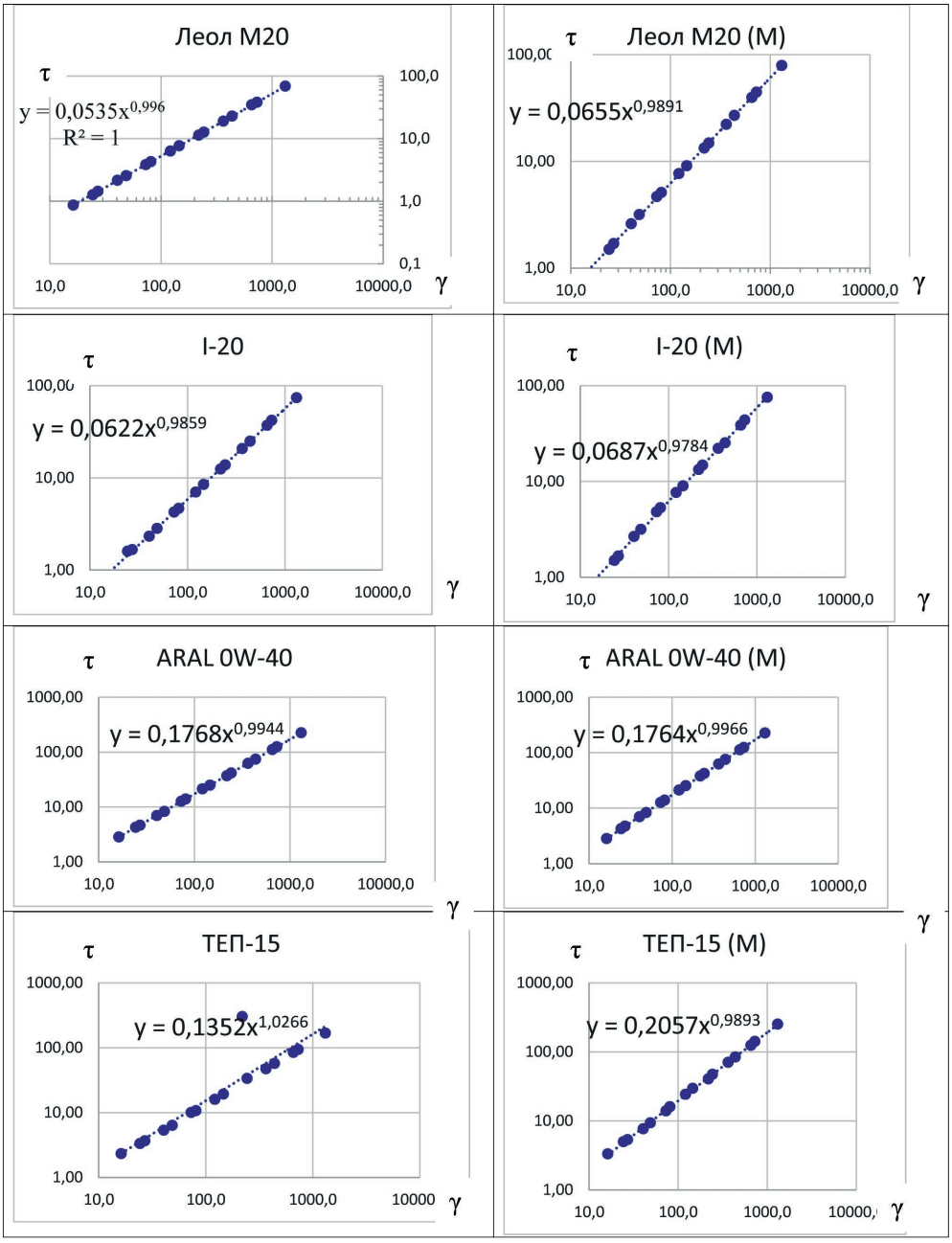

Рис. 7. Залежності частоти обертання роторного валу від напруги зсуву для різних типів рідин

Згідно отриманих результатів реологічних досліджень помітно, що пакет присадок MANNOL Molibden Additive впливає на реологічні властивості робочих рідин. Для робочих рідин мінерального походження (Леол

М20, І-20, ТЕП-15) додавання присадок обернулося збільшенням напруги зсуву, а отже і підвищенням коефіцієнту динамічної в'язкості. Наприклад, для робочої рідини ТЕП-15 приріст склав ≈ 51 %. Виключенням є робоча рідина ARAL 0W-40, оскільки дане масло є синтетичним і додавання присадки майже не відчутне.

Для того щоб дослідити фізичні процеси, які відбуваються всередині кавітатора було вирішено модернізувати існуючий насадок шляхом доукомплектування мідним лудженим дротом до якого можливо під'єднати осцилограф та цифровий мультиметр рис. 8. Існуючий стенд та обладнання було заземлено з метою уникнення шумів. Дріт був «зачищений» біля гвинта в зоні виникнення явища гідродинамічної люмінесценції.

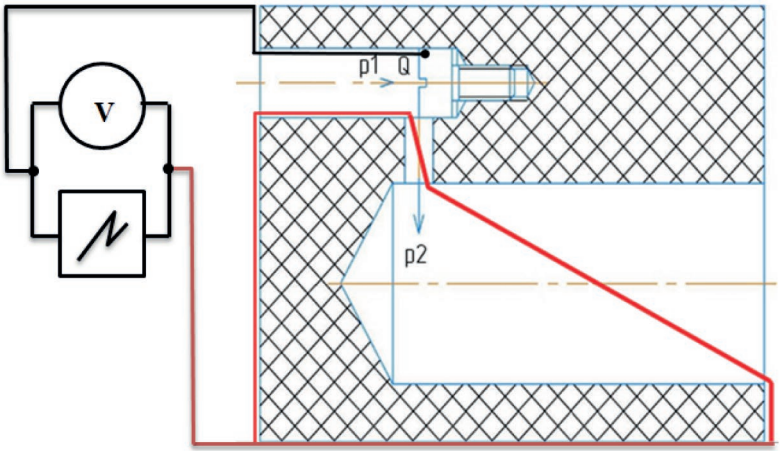

Рис. 8. Досліджуваний насадок гідродинамічного кавітатора

Експеримент проводився при перепаді тиску до 5 МПа і витраті до 10-5 м3/с. Додаткові вхідні параметри наведено у таблиці 7.

Таблиця 7

Початкові параметри проведення експерименту

Параметри
Δp = 5 МПа, tм = 33°С, Q = 0.0000004 м3/с, v = 100 м/с

1. При пропущенні через кавітатор потоку масла під тиском до 1 МПа ніяких видимих змін не відбувається і рідина залишається прозорою.

2. При підвищенні тиску перед кавітатором до 1,5 МПа безпосередньо біля входу в прохідний отвір утворюється досить тонкий шар мікробульбашок, локалізованих на внутрішній поверхні прохідного перетину (приєднана кавітація).

3. При підвищенні тиску перед кавітатором до 2 МПа безпосередньо біля входу всередині прохідного отвору відзначені короткочасні (тривалістю 1–2 с) спалахи синьо-фіолетового свічення гідролюмінесценції. На виході з отвору розвивається факел кавітаційних бульбашок, поступово заповнюючий всю вихідну камеру, але ця частина кавітаційних бульбашок ніколи не ініціювала гідролюмінесценцію. Було помічено початок відхилень кривої на осцилограмі рис 9. Показники цифрового мультиметра залишаються на позначці 0 вольт.

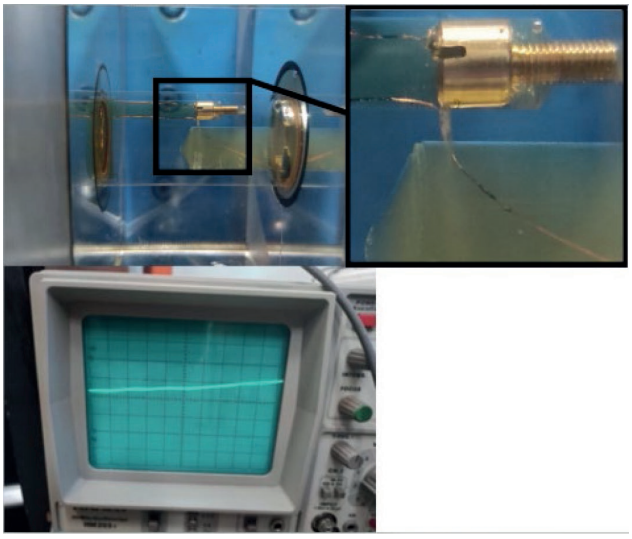

Рис. 9. Осцилограма початкової кавітації з короткочасними спалахами гідролюмінісценції

4. У міру підвищення тиску до 2,5 МПа частота спалахів гідролюмінесценції збільшується, а при досягненні тиску 3...3,5 МПа гідролюмінесценція свічення стає безперервною, стійкою, і подальше підвищення тиску лише ненабагато збільшує її інтенсивність. При спостереженні процесу в уповільненому режимі (зображень, отриманих при швидкісний відеозйомці) видно, що гідролюмінесценція не є безперервним світлом, а здійснюється з певною частотою частими несинхронізованими, випадковими спалахами.

5. Після досягнення тиску 3 МПа спостерігається поступове зближення приєднаної кавітації (в звуженні) з факелом кавітаційних бульбашок у вихідний частині кавітатора (розвиток суперкавітації), причому приєднана кавітація і факел бульбашок просторово розділені. При встановленні режиму суперкавітації, коли факел кавітаційних бульбашок заповнює всю

випускну область дроселюючого пристрою і змикається з областю приєднаної кавітації, було помічено аномальні «шуми» на осцилограмі та зафіксовано показники мультиметра в 1.904В (рис 10).

6. При поступовому зниженні тиску до 2 МПа в лівій вхідний камері кавітатора інтенсивність свічення поступово зменшується, проте залишається стійким навіть при тисках, при яких на початку роботи виникали дуже рідкісні спалахи свічення. Таким чином, при вивченні гідролюмінесценції виявляється гістерезіс процесу світлових спалахів (рис. 11).

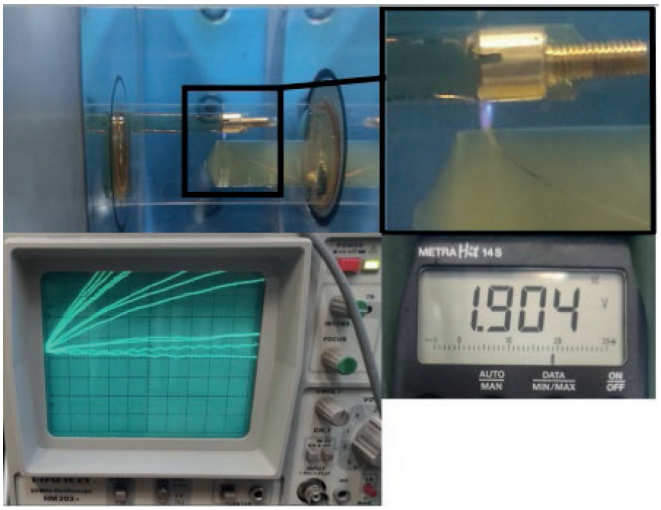

Рис. 10. Осцилограма розвиненої кавітації зі стабільним свіченням гідролюмінесценції

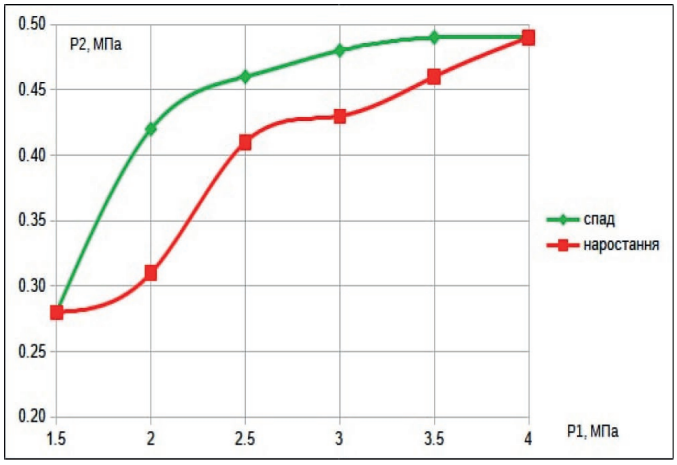

Рис. 11. Гістерезіс процесу світлових спалахів

Свічення починається при більш високих перепадах тиску в дроселюючому пристрої і залишається стабільним до більш низьких тисків. Це можна

пояснити тим, що в процесі перекачування масла утворені в результаті кавітації мікробульбашки, які є зародками кавітації, не встигають повністю видалятися з системи.

Аналіз досліджень показав, що світловипромінювання залежить від реологічних властивостей рідини. Більш інтенсивна там - де менша в'язкість. Отримані експериментальні дані були апроксимовані на можливість використання математичної моделі гідродинамічного кавітаційного генератора і дозволили врахувати властивості робочого тіла.

На підставі виконаної роботи можна зробити висновок про те, що причиною виникнення гідродинамічної люмінесценції є тертя рідини об стінки каналу і світловипромінювання подвійних електричних шарів.

DOI: 10.51587/9798-9866-95945-2023-012-188-204

Yevgenii SHTEFAN
Doctor of Technical Sciences, Full Professor,
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"
ORCID ID: 0000-0002-0697-7651

Anastasiia KOLOMIIETS
Graduate student
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ENGINEERING AND TECHNICAL FACILITIES OF INFORMATION EXCHANGE INNOVATIVE ECOSYSTEMS CREATING

Introduction

One of the priority directions of the post-war reconstruction of Ukraine is the creation of innovative technologies for information exchange (IE) facilities. This direction is based on such technologies as printing, telecommunications, information, etc.

It is possible to combine the mismatch between educational, scientific and innovative activities and the real economy sector through public-private partnerships in the educational and scientific sphere, which should be carried out by universities.