

УДК 620.93:622.769.21

Я.С. Жицька, І.В. Ночніченко

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

До питання розробки кавітаційно стабільного гідродинамічного кавітатора пального для обробки рідких середовищ

Явище кавітації було відкрито ще у 1893р. при випробуванні міноносця англійського військово-морського флоту «Дерінг». З тих пір кавітацію почали вивчати та широко використовувати. Такі класики гідравліки як Д. Бернуллі та О.Т. Башта дослідили це явище і описали закони, необхідні для розрахунку кавітації.

В цілому явище кавітації вважають небажаним, оскільки під час схлопування бульбашок виникають локальні підвищення тиску. В результаті цього можуть відбутися гідроудари та процеси корозії, що призводить до псування трубопроводу та обладнання.

Але в наш час кавітація набула також і широкого застосування в різних областях, ось деякі приклади[1-2]:

- ультразвукова очистка твердих поверхонь;
- очистка води, при якій знищуються бруд та органічні рештки;
- зниження в'язкості вуглецевого палива, що дозволяє зменшити температуру нагріву і збільшити дисперсність розпилення;
- отримання водно-мазутних та водно-паливних емульсій;
- підвищення ефективності горіння палива.

Останній приклад нас найбільше зацікавив, і ми вирішили дослідити цей процес у гідродинамічному кавітаторі.

В наш час проблема економії природних ресурсів стоїть дуже гостро. Щодня людство споживає тони палива. Природні ресурси обмежені, а отже кожна ідея, що може допомогти зекономити паливо є актуальною та надзвичайно важливою.

За допомогою кавітаційною обробки можна покращити реологічні та хімічні властивості палива, яке буде згорати практично повністю. Це дасть нам можливу економію пального, крім цього залишиться менше шкідливих викидів, що добре для довкілля, проблема забруднення якого є надзвичайно актуальною.

Нашою ідеєю є встановлення кавітатора в паливну магістраль автомобіля, щоб у двигун потрапляв вже активований бензин.

При розробці кавітатора виникає декілька проблем. Однією з них є обмеженість ефективної обробки пального у змінних умовах експлуатації [3-8]. Тому потрібно розробити кавітатор, який буде працювати в потрібному нам діапазоні змін температур. Взимку температура знижується, збільшується в'язкість, і рідина може взагалі не проходити через дроселі в кавітаторі. Для цього можна підігрівати її перед подачею, або змінювати насадок кавітатора, обираючи його то з більшим, то з меншим поперечним перерізом.

Іншою проблемою є те, що в паливній магістралі занадто низькі тиски. Тому ми пропонуємо: на шайбі замість одного дроселя певного поперечного перерізу, зробити декілька дроселів меншого діаметру, які в сумі дадуть, той же переріз, чим можна буде збільшити швидкість потоку в середині кавітатора. На рис.1 зображено дроселі за допомогою, яких ми хочемо реалізувати нашу ідею.

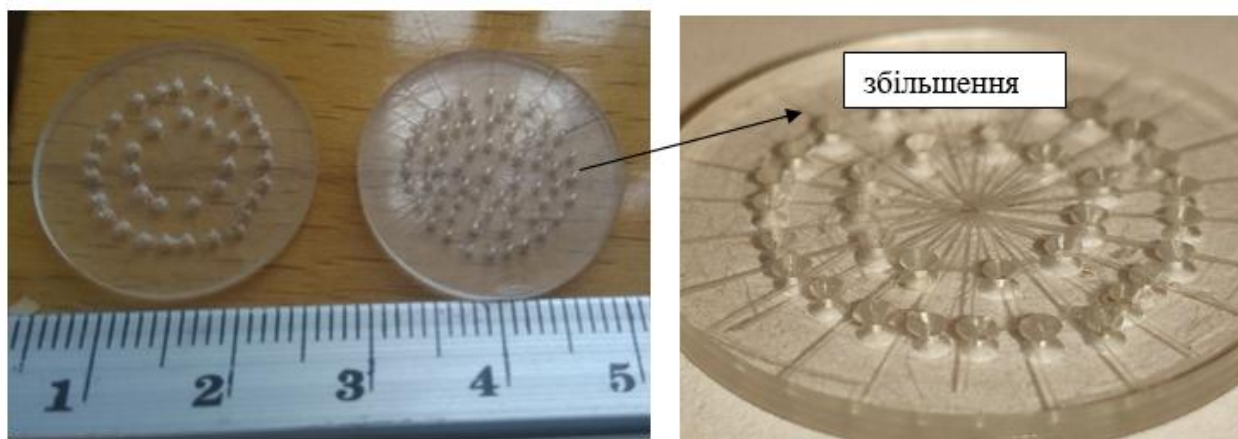


Рис.1. Фото дросельних шайб кавітатора (калібровані отвори, виконані у вигляді сопел Лаваля, зліва - діаметр дроселів 0.5 мм, справа - 0.3 мм)

На рис.2 зображена схема дроселя. Рационально було б зробити якнайменші отвори, наприклад діаметром 0.2 мм. Технічно це реалізувати непросто, тому почнемо з діаметрів 0.5 мм та 0.3 мм. В подальшому планується перевірити ефективність цього рішення.

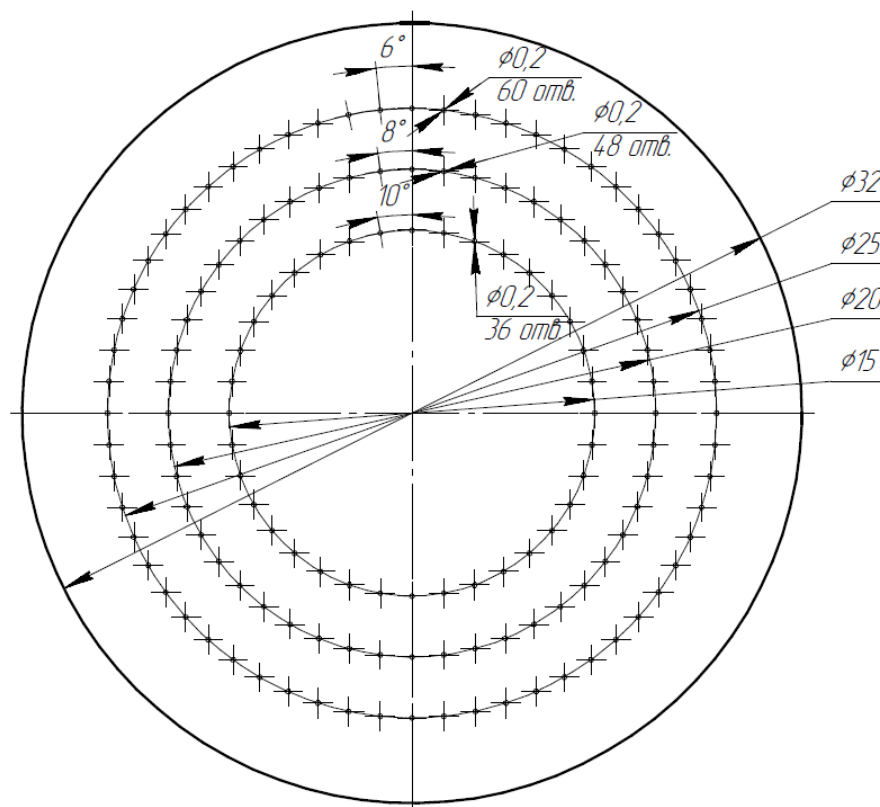


Рис.2. Кресленик дросельної шайби

На наступному кроці була розроблена оригінальна схема стенду зі зворотним проточним зливом палива в бак (паливо з постійною швидкістю рухається від насоса в бак на всіх режимах роботи) (рис.3).

На схемі зображено насос (Н); клапан тиску регульований (КТ), який налаштовує тиск перед насосом; манометр (М1), за допомогою якого ми налаштовуємо КТ; фільтр (Ф); апарат для кавітації (гідродинамічний кавітатор (А)); манометри (М2 та М3), що показують перепад тиску на вході та виході кавітатора А; редукційний клапан (КР), що обмежує тиск в системі перед подачею палива в двигун автомобіля; витратомір (В); датчик температури (Т).

Витрату рідини можна буде регулювати зміною обертів електрогідравлічного насоса. Досліджувати кавітацію будемо методом візуалізації з фотофіксацією.

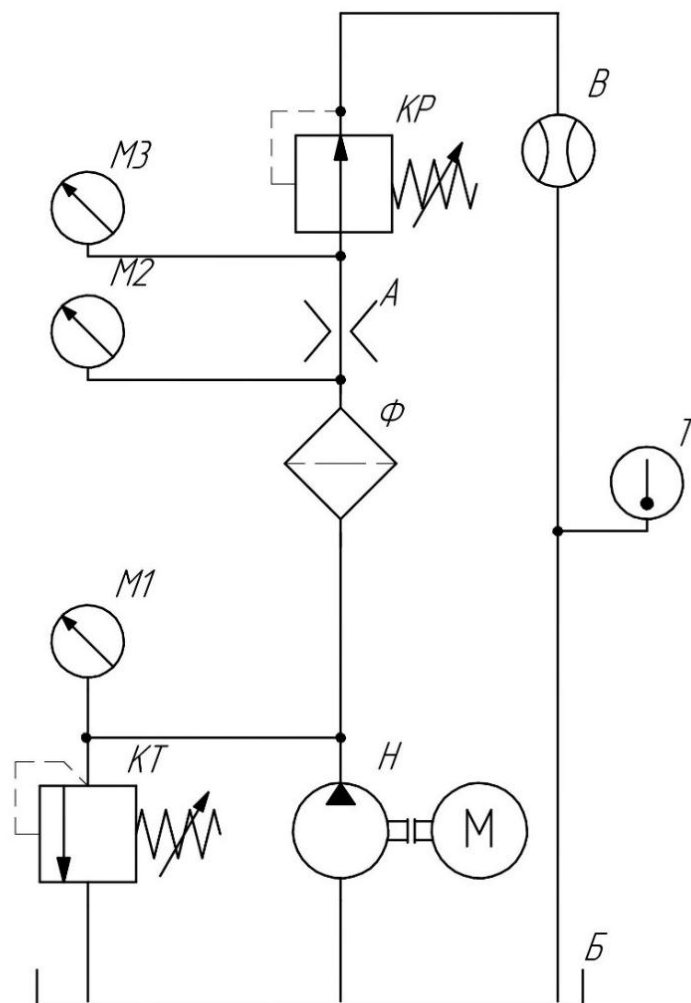


Рис.3. Гідравлічна схема експериментального стенду

Але перед експериментом потрібно буде врахувати певні критерії, які будуть впливати на кавітацію. В першу чергу - це в'язкість та швидкість рідини, крім цього - температура рідини та її густина. Для ефективної роботи пристрою в паливній магістралі автомобіля (стабільної кавітації) потрібно забезпечити швидкість руху рідини в дроселі в межах 20 - 30 м / с.

Основні характеристики паливної магістралі автомобіля (з об'ємом двигуна 1,2-1,6 л):

- витрата робочої рідини (Q) - 4 ... 6 л / хв;
- початкова температура палива (t) -20 ° С;
- робочий тиск в паливній системі (p) - 3 ... 4 бари.

Постійна швидкість палива дає можливість розрахунку дросельного отвору d_2 (тиск насиченої пари для бензину становить, за ДСТУ 4063-2001, 79,9 кПа), за умови незначної зміни температури.

З рівняння витрати в соплі Лавалю діаметр дроселя (d_2) розраховується за формулою:

$$d_2 = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V_2}}$$

де V_2 - необхідна швидкість руху рідини в соплі.

Найважливіші фактори, що впливають на кавітацію, подав у своїй формулі Бернуллі. Він вивів безрозмірне кавітаційне число, яке характеризує кавітаційну течію:

$$\chi = 2 \frac{p_1 - p_{н.п.}}{\rho V^2},$$

де p_1 – гідростатичний тиск рідини перед звуженням потоку, Па;

$p_{н.п.}$ - тиск насичених парів для даної речовини, Па;

V – швидкість рідини перед звуженням потоку, м/с;

ρ – густина рідини, кг/м³.

Таким чином, в залежності від значення χ можна визначити вид течії:

При $\chi > 1$ докавітаційний – суцільна (однофазна) течія;

при $\chi \approx 1$ кавітаційний – двофазна течія;

при $\chi < 1$ плівковий – порожнина кавітації відділяється від іншої суцільної течії;

при $\chi \ll 1$ суперкавітаційний.

За допомогою цієї формули можна вирахувати, чи буде кавітація в наших умовах та її характер.

Висновки:

Таким чином, було виготовлено два варіанти дросельних шайб кавітатора, розроблено гідравлічну схему стенду та перевірено її роботоздатність. На наступному кроці планується провести експериментальні дослідження з ефективності отримання стабільної гідродинамічної кавітації пального та зробити необхідні висновки.

Список використаних джерел

1. Кардашев, Г.А. Физические методы интенсификации процессов химической технологии / Г.А. Кардашев. – М. : Химия, 1990. – 208 с.
2. Федоткин, И.М. Кавитация, кавитационная техника и технология, их использование в промышленности / И.М. Федоткин, И.С. Гулый. – К. : ОКО, 2000. – Ч. II – 898 с.
3. Маргулис М.А. Основы звукохимии (химические реакции в акустических полях) : учеб. пособие для хим. и хим.-технол. специальностей вузов / М.А. Маргулис. – М. : Высшая школа, 1984. – 272 с.
4. Badakh V. Tarasenko T. Puzyk O. Krayushkina K. Functional units based on cavitation effects for hydraulic systems of vehicles, in Proceedings of the 16th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania'. Transport engineering and management, 8 May 2013, Vilnius: Lithuania,, P. 50 – 54.
5. Мілоцький В.В., Ганжа С.Н. Спосіб підвищення октанового числа газоконденсатних і нафтових прямогонних бензин / Вісник Східноукраїнського Національного університету ім. В. Даля .-№14 (203). – 2016. – 85-88 С.
6. Кнэпп Р., Дейли Дж., Хэммит Ф. Кавитация. – М.: Мир, 1974.– 668 с.
7. Зайончковский Г.И. Дроссельные кавитационные генераторы и их применение в технике / [Г.И. Зайончковский, Т.В. Тарасенко, В.Г. Ланецкий, А.С. Пузык] // Авиационнокосмическая техника и технология. – 2012. – №5(92). – С. 24-30.
8. В. Забила, А. Ф. Луговской, И.В. Ночниченко, Д. В. Костюк, А. И. Зилинский Экспериментальный стенд для испытания гидродинамических кавитаторов в топливной магистрали автомобиля XVIII Международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Гомель 2018 – С. 20-23.