

9. Артюхова Н.О.М.П. Вплив організації руху сушильного агента на якість сушіння матеріалів у гравітаційних поличних апаратах / Н.О. Артюхова, М.П. Юхименко // Наукові праці ОНАХТ. – Одеса. – 2012. – Випуск 41. – Т.2. – С. 233–237.

УДК 532.528

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КАВІТАЦІЙНОГО СОПЛА З КАМЕРОЮ РОЗШИРЕННЯ

Анісімов В. В., аспірант, Єрмаков П. П., д.т.н., проф.,
Бурмістр М. В., д.т.н., проф.

Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет», м. Дніпропетровськ

Представлено конструкцію кавітаційного сопла з камерою розширення. Проведено багатофакторні експериментальні дослідження впливу геометричних розмірів елементів даного сопла на інтенсивність кавітації та визначено оптимальне їх співвідношення.

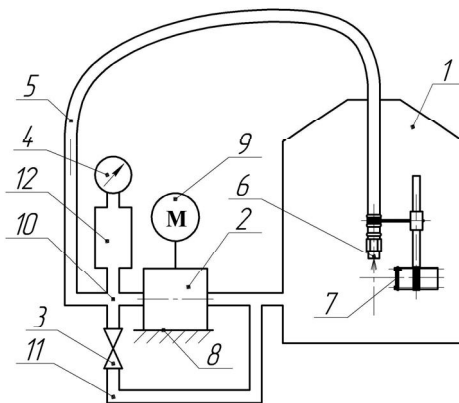
A cavitation nozzle with expansion chamber is presented. Multifactorial experimental researches of presented nozzle geometric sizes impact on cavitation intensity are carried out and optimal ratio is determined.

Ключові слова: кавітаційне сопло, камера розширення, інтенсивність кавітації.

Вступ. Кавітація – явище виникнення в рідині парових, газових або парогазових бульбашок із зародків під дією локальних низьких тисків з можливим наступним їх схлопуванням.

Кавітацію досліджують не тільки як негативне явище [1,2], а також як засіб інтенсифікації технологічних процесів, зокрема процесів хімічної технології [2-4]. У зв'язку з широким застосуванням кавітації у хімічній промисловості, актуальною задачею є розробка нових, більш ефективних кавітаторів. Одними з найперспективніших з цієї точки зору є гідродинамічні кавітатори, зокрема кавітаційні сопла, які дозволяють проводити інтенсивну кавітаційну обробку при малих енерговитратах і з високою продуктивністю.

Опис експериментальної установки. Дослідження проводились на експериментальній струменевій кавітаційній установці (рис. 1).



1 – буферна ємність; 2 – шестеренний насос; 3 – вентиль; 4 – манометр; 5 – напірний трубопровід; 6 – кавітаційне сопло; 7 – датчик; 8 – плита; 9 – двигун; 10 – розподільчий вузол; 11 – трубопровід скидання; 12 – компенсатор тиску.

Рис. 1 – Загальний вигляд кавітаційної установки

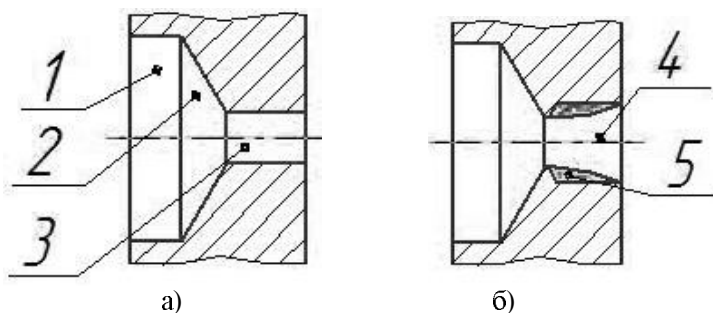
Установка працює наступним чином. Рідина з буферної ємності 1 всмоктується шестеренним насосом 2, з якого під тиском, що задається вентилем 3 та вимірюється манометром 4, подається через напірний трубопровід 5 до кавітаційного сопла 6. В кавітаційному соплі 6 рідина значно прискорюється і в ній починають зростати кавітаційні бульбашки. Після виходу з сопла кавітаційні бульбашки схлопуються, а імпульси тиску, що при цьому виникають, фіксуються датчиком 7 на базі п'єзоелектричного елемента та передаються на комп'ютер у вигляді осцилограми. Такі акустичні дослідження дозволяють проводити

порівняно велику кількість дослідів і, таким чином, отримати повну інформацію про досліджуваний процес.

За амплітудою коливань в осцилограмі оцінюється інтенсивність кавітації в соплі.

Після виходу з сопла рідина певний проміжок часу знаходиться у буферній ємності 1, при цьому перемішуючись, після чого знову потрапляє до шестеренного насосу 2 через всмоктувальний патрубок. Таким чином здійснюється багатократна обробка рідини.

Опис конструктивного рішення для кавітаційного сопла. Прийняте конструктивне рішення полягає у введенні камери розширення на геометричне місце вузької частини кавітаційного сопла. При цьому рух потоку рідини у каналі з твердими стінками замінюється рухом потоку у вакуумі. Графічно конструктивне рішення представлено на рис. 2.



а – циліндричне сопло (базове); б – сопло з камерою розширення (запропоноване); 1 – вхідна частина; 2 – перехідний конфузор; 3 – вузька частина; 4 – камера розширення; 5 – пристінковий шар.

Рис. 2 – Базове та запропоноване кавітаційні сопла:

Представлене конструктивне рішення фактично є модифікацією вузької частини кавітаційного сопла, яка дозволяє збільшити інтенсивність кавітації в соплі без додаткових енергетичних витрат.

Запропоноване конструктивне рішення може бути застосовано в будь-якому існуючому кавітаційному соплі з метою збільшення інтенсивності кавітації.

Об'єкти дослідження. В якості об'єкта для проведення досліджень обрано конструкцію кавітаційного сопла з камерою розширення, представлену на рис. 3.

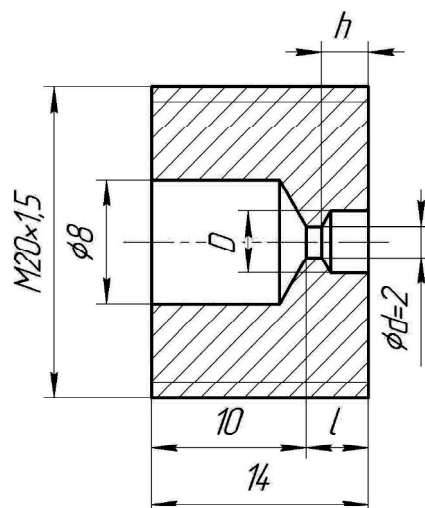


Рис. 3 – Конструкція досліджуваного сопла

Предметом дослідження є вплив геометричних розмірів камери розширення і сопла (рис. 3), зокрема довжини швидкісної частини сопла l та діаметра камери розширення D на інтенсивність кавітації. Також будемо досліджувати вплив розміру h , який визначає, яку частку вузької частини сопла займає камера розширення. Додатково будемо змінювати швидкість рідини v у вузькій частині з метою врахування її впливу на роботу нового кавітаційного сопла.

В результаті кожного окремого дослідження будемо отримувати величину сигналу датчика, яка характеризує інтенсивність кавітації в соплі при поточній комбінації параметрів l, D, h, v .

Основною задачею досліджень є визначення такої комбінації геометричних розмірів камери розширення, яка б забезпечувала найбільшу інтенсивність кавітації в запропонованому соплі.

Планування досліджень. Виходячи з того, що загальна кількість досліджуваних факторів становить 4, то для їх одночасного дослідження необхідно або проводити багатфакторний експеримент, наприклад з використанням симплекс-методу, або скористатись певними теоретичними передумовами, щоб розбити загальну кількість факторів на декілька груп, які можна відокремлено досліджувати.

Симплекс-метод дозволяє визначити певні оптимальні розміри для даного сопла, враховуючи взаємозв'язок усіх досліджуваних факторів. Проте даний метод не дає інформації про вигляд залежностей між інтенсивністю кавітації та кожним окремим фактором. Як наслідок, такий метод не дає можливості робити важливі наукові висновки про роботу досліджуваного сопла, і його використання є малоперспективним.

Однією з можливостей зменшення одночасно досліджуваних факторів є відкидання і незалежне дослідження довжини камери розширення h . Теоретичною передумовою слугує гіпотеза про те, що пристінковий шар (рис. 2) розвивається з зони вакууму при стисканні потоку на вході у вузьку частину сопла. Підтвердженням даної гіпотези слугують розрахунки потоку рідини через циліндричне сопло та сопло з камерою розширення. На рис. 4 якісно представлено розподіл об'ємної долі парової фази для даних сопел. Велика кількість парогазової фази (чорний колір) свідчить про значний розрив суцільності рідини і, як наслідок, зародження інтенсивної кавітації в цих областях.

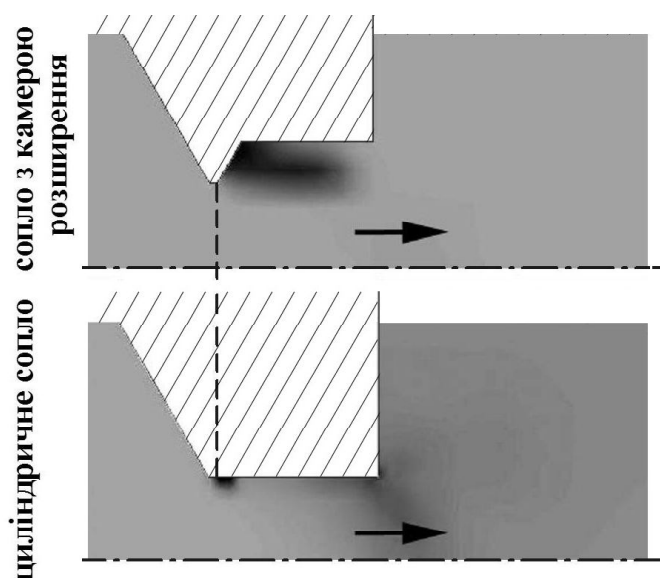


Рис. 4 – Розподіл об'ємної долі парогазової фази у потоці рідини сопла

Як видно, пристінковий шар в новому соплі зароджується в тому ж геометричному місці, де виникає стискання потоку. Таким чином, вірогідно, ефект камери розширення повинен проявлятися в повній мірі тільки при співпадінні її початку з областю обтискання потоку. Оскільки розміри цієї області порівняно малі, то при поступовому збільшенні довжини h камери розширення ріст інтенсивності кавітації повинен мати пороговий характер.

Таким чином, проведемо окремі дослідження впливу довжини камери розширення, вираженої у співвідношенні h/l на інтенсивність кавітації при різних швидкостях рідини у вузькій частині сопла. Якщо наявність порогу підтвердиться експериментально, то, відповідно до гіпотези, відносну довжину камери розширення h/l можна прийняти меншою, ніж розміри зони стискання потоку на вході, і виключити її як фактор в подальших дослідженнях.

Також проведемо дослідження, які пов'язують між собою фактори, що залишились – довжину камери розширення з вузькою частиною l і діаметр камери розширення D при різних швидкостях v рідини.

Для спрощення масштабування отриманих результатів віднесемо геометричні розміри до діаметру вузької частини d : l/d , D/d .

Обговорення результатів експериментів. Проведено експериментальні дослідження впливу співвідношення довжини h камери розширення при постійному значенні сумарної довжини вузької частини та камери розширення l .

Досліджувались дев'ять кавітаційних сопел зі змінною довжиною h камери розширення, яка змінювалась в межах від 0 до 2,68 мм (від 0 до 1,34 діаметра d вузької частини). При зменшенні довжини камери розширення до 0 запропоноване сопло фактично перетворюється на циліндричне.

Інтенсивність кавітації в кожному з досліджуваних сопел оцінювалась за величиною сигналу від датчика при різних швидкостях v рідини у вузькій частині сопла. Швидкість змінювалась від 25 до 45 м/с.

За результатами проведених дослідів отримано графічну залежність, яка представлена на рис. 5.

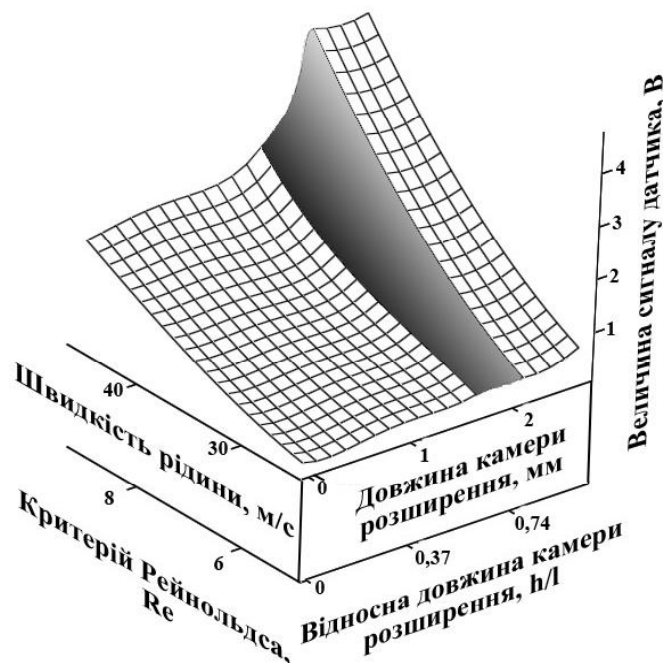


Рис. 5 – Вплив довжини камери розширення на сигнал датчика

З рис. 5 видно, що зростання інтенсивності кавітації при збільшенні довжини камери розширення відбувається стрибкоподібно, що підтверджує результати розрахунків. Стрибок інтенсивності кавітації спостерігається при довжині камери розширення не менше 2,3 мм (0,85 довжини швидкісної частини l). Геометрично це точно відповідає границі зони підвищеної доли парової фази на вході у вузьку частину, яка зображена на рис. 4.

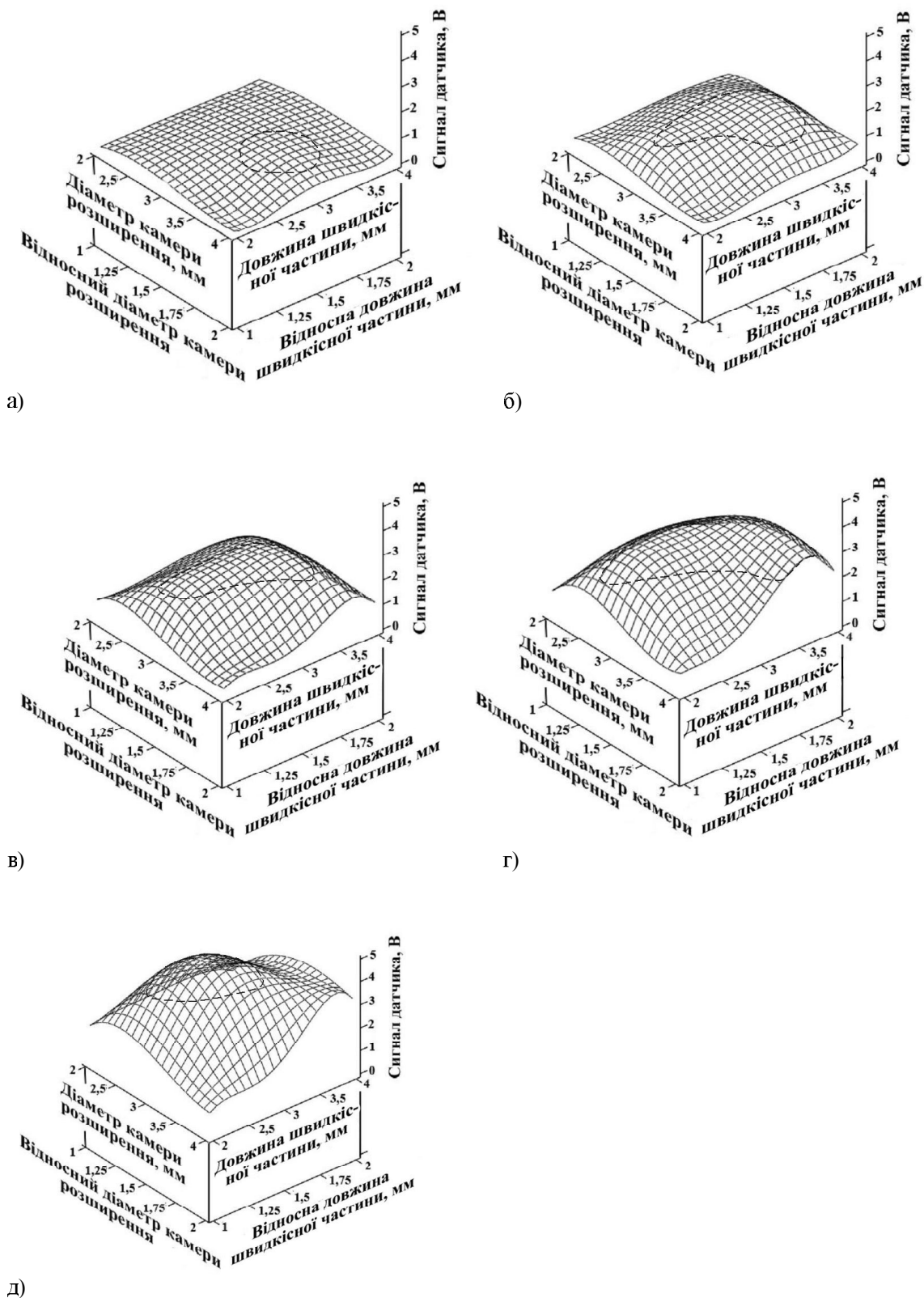
Величина перехідного стрибка збільшується зі збільшенням швидкості руху рідини: при мінімальній швидкості 25 м/с зростання інтенсивності кавітації йде монотонно і на незначну величину, а при максимальній швидкості 45 м/с стрибок є яскраво вираженим, і при ньому інтенсивність кавітації збільшується приблизно в два рази.

При довжині камери розширення менше 0,85 загальної довжини l нове сопло поводить себе подібно до циліндричного. При збільшенні довжини камери розширення понад 0,85 загальної довжини l інтенсивність кавітації суттєво не змінюється. Таким чином, ефект нового сопла спостерігається при довжині вузької частини від 0,85 загальної довжини l .

На основі даних, отриманих за допомогою попередніх дослідів, проведено дослідження впливу геометричних розмірів камери розширення на інтенсивність кавітації в ній. В якості аргументів взято довжину швидкісної частини l та діаметр d камери розширення.

Дослідження проводились при різних швидкостях рідини в межах від 25 до 50 м/с.

Результати проведених досліджень представлені на рис. 6.



a – 26 м/с; б – 32 м/с; в – 38 м/с; г – 44 м/с; д – 50 м/с

Рис. 6 – Залежність інтенсивності кавітації, визначеної за сигналом датчика, від геометричних розмірів камери розширення при швидкостях рідини у вузькій частині сопла

З графіків на рис. 6 видно, що досліджувана залежність має екстремальний характер як при зміні діаметру так і при зміні довжини камери розширення. При збільшенні швидкості рідини інтенсивність кавітації в цілому монотонно збільшується.

При збільшенні швидкості рідини екстремум інтенсивності кавітації зміщується в напрямку менших довжин і діаметрів камери розширення. При швидкості 50 м/с найбільша інтенсивність кавітації спостерігається при відносному діаметрі камери розширення 1,5 і відносній довжині швидкісної частини рівній 1,5 діаметрів вузької частини сопла.

Висновки

Отримані емпіричні залежності з однієї сторони надають необхідну інформацію для конструювання найбільш ефективних кавітаційних сопел, а з іншої сторони показують, що процеси, які проходять у новому кавітаційному соплі мають складний характер і потребують пояснення. Для пояснення принципів роботи нового кавітаційного сопла необхідно проведення більш глибоких теоретичних досліджень і їх співставлення з отриманими експериментальними даними.

Література

1. Пирсол И. Кавитация [Текст] / И. Пирсол. - М. : Мир, 1975. – 95 с.
2. Reynolds O. The causes of racing of the engines of screw steamers, investigated theoretically and by the experiment [Text] / O. Reynolds. - Tr. Inst. Naval Arch. V14 Sc. Papers, 1, 56-57, 1873.
3. Рождественский В. В. Кавитация [Текст] / В. В. Рождественский. – Л. : «Судостроение», 1977 г. – 247 с.
4. Смородов Е. А. Физика и химия кавитации. [Текст] / Е. А. Смородов, Р. Н. Галияхметов, М. А. Ильгамов. - М. : Наука, 2008. - 228 с.

УДК 628.5.66.011.12

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИЛУЧЕННЯ ГУМІНОВИХ КИСЛОТ З ТОРФУ

**Тишко Ю.А., магістрант, Степанюк А.Р., канд. техн. наук, доцент, Сапон А.Ю. магістрант
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»**

Виконано математичне моделювання екстрагування гумінових кислот з торфу з метою одержання мінерально-гумінових твердих композитів і визначено ступінь впливу різних чинників на процес.

Done mathematical modeling of extracting humic acids from peat to produce mineral-humic solid composites and determine the impact of various factors on the process.

Ключові слова: гумінова кислота, екстрагування, торф, масообмін, гуміново-мінеральні компоненти.

Постановка проблеми. З погляду практичного рослинництва найважливішим засобом поліпшення харчування сільськогосподарських культур є застосування органічних і мінеральних добрив. Ріст рослинної продукції визначається безліччю факторів, серед яких ведуча роль все-таки належить добривам і особливо комплексним, виробництво яких наращує високі темпи.

Крім впливу на ґрунт, органомінеральні добрива впливають і на рослини. Гумат калію, як складова мінерально-гумінових твердих композитів, діє на рослини на клітинному рівні, активізуючи поглинання поживних речовин, підвищення енергетичного потенціалу клітин, що веде до підвищення врожайності і якості продукції, що є особливо актуальним на сьогодні, оскільки ґрунти, що піддаються систематичній обробці, виснажуються і потребують додаткового внесення поживних речовин у вигляді добрив.

Одним із джерел отримання гумату калію є торф, з якого він вилучається за допомогою розчину лугу методом твердофазової екстракції.

Аналіз виконаних робіт по даному питанню показує, що теоретичне рішення задач масообміну при екстракції в системі рідина – тверде тіло досить складне і потребує експериментального обґрунтування. Для здійснення багатофакторних процесів екстракції при отриманні вихідного розчину для з одержання гуміново-мінеральних композитів із заданими властивостями невирішеною науковою проблемою є визначення впливу технологічних параметрів на ефективність процесу вилучування при різних умовах організації процесу.