

УДК 621.647.23

Вплив надлишкового тиску на дисперсність аерозолію та продуктивність при ультразвуковому розпиленні в замкненій камері

Шульга А. В., к.т.н., доцент, Луговський О. Ф., д.т.н., проф., Гришко І. А, к.т.н., доцент, Зілінський А. І., к.т.н.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

Анотація. Розглянуто особливості процесу ультразвукового розпилення в тонкому шарі в камеру з надлишковим тиском. Показано, що при зміні тиску в замкненій камері розмір розпиленого рідинного аерозолію не змінюється, що підтверджує аналітичну залежність розрахунку діаметру краплинки. Представлено два випадки розміщення ультразвукового диспергатора в камері з надлишковим тиском. Експериментально та аналітично доведено, що продуктивність процесу ультразвукового розпилення зменшується за лінійним законом при збільшенні тиску в камері.

Ключові слова: ультразвукове розпилення, тонкий шар рідини, ультразвуковий диспергатор, дисперсність, надлишковий тиск, замкнена камера.

Технологічні процеси в сучасному світі вимагають створення нових автоматизованих мехатронних систем для розпилення рідини в замкнену камеру. Частина цих процесів вимагають при цьому розпилення в камеру з нормальним тиском. Наприклад, в медицині при створенні камер штучного мікроклімату для догляду за слабкими та хворими існує потреба насичення замкненого об'єму аерозолем ліків з дисперсністю 0,5...5 мкм [1-2]. Деякі ж технологічні процеси вимагають розпилювати рідину в камеру з надлишковим тиском. Наприклад, в теплогенераторах, двигунах внутрішнього згорання дисперсність лежить в межах 15...150 мкм [3-4]. Тому дослідження впливу тиску на дисперсність аерозолію і продуктивність є актуальним.



Рис. 1 – Експериментальний стенд для дослідження розміру аерозолію в камері з надлишковим тиском

Для того, щоб з'ясувати залежність дисперсності аерозолію від надлишкового тиску в камері, куди відбувається розпилення, було створено експериментальний стенд, який складається з герметичної камери 1, ультразвукового розпилювача 2, ємності з водою, системи керування та компресора (рис. 1).

В якості рідини для розпилення був обраний нагрітий до температури плавлення (64° С) сплав Вуда. Це дозволило забезпечити можливість оптичного

дослідження розмірів краплинок аерозолію сплава після їх потрапляння в ємність з водою та охолодження.

Дослідження показало, що діаметр крапель при ультразвуковому розпиленні в тонкому шарі не змінюється при збільшенні тиску в камері, куди відбувається розпилення. А, також, отримані результати експериментально підтверджують аналітичну залежність для визначення діаметру крапель аерозолію при ультразвуковому розпиленні [1]

$$d_k = \alpha_3 \sqrt{\frac{8\pi\sigma}{\rho f_k^2}},$$

де d_x – дисперсність аерозолі; α – коефіцієнт поглинання звукової енергії в'язким теплопровідним середовищем, $\alpha \approx 0,3$; σ – коефіцієнт поверхневого натягу рідини, що розпилюється; ρ – густина рідини; f – частота акустичних коливань.

При дослідженні продуктивності процесу ультразвукового розпилення в замкнену камеру ультразвуковий диспергатор конструктивно може бути розміщений в камері повністю (рис. 2а) або тільки частково (рис. 2б)

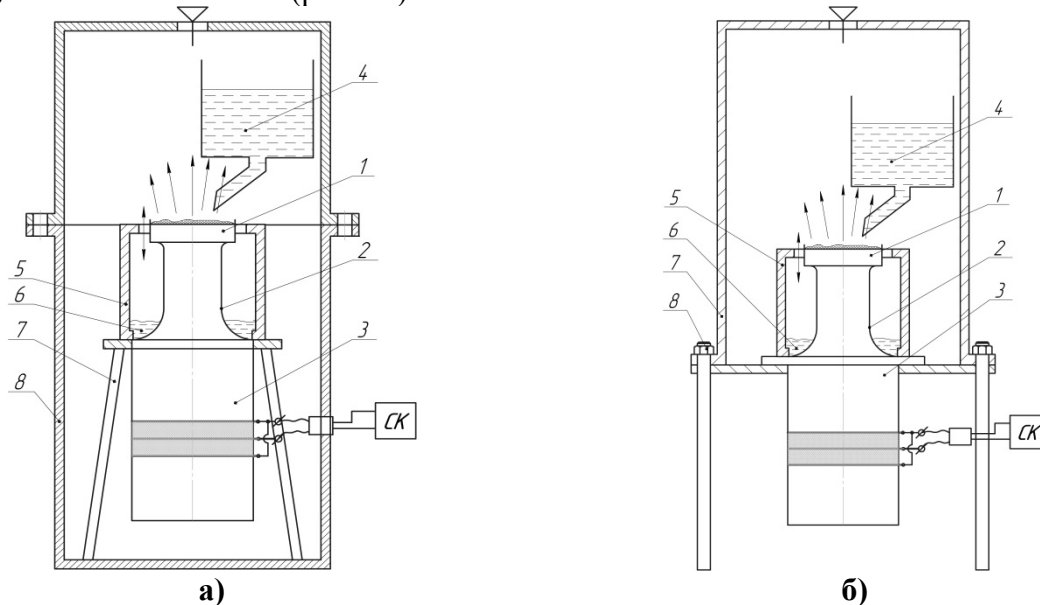


Рис. 2 – Схеми експериментального стенду для дослідження продуктивності процесу розпилення в камеру з надлишковим тиском, де ультразвуковий диспергатор конструктивно розміщений в камері повністю (а) або частково (б) (1 – вібруюча поверхня; 2 – трансформатор коливальної швидкості; 3 – диспергатор; 4 – об’єм рідини, що подається; 5 – резервуар для рідини, яка переливається; 6 – об’єм рідини, яка переливається; 7 – підставка для підтримки диспергатора; 8 – герметична камера; СК – система керування)

Реалізація процесу розпочинається при подачі височастотного сигналу на п’єзоелектричний перетворювач, що призводить до виникнення вібруючого руху змоченої торцевої поверхні диспергатора. Шар рідини на ній рухається як одне ціле, однак, при збільшенні амплітуди коливань внаслідок інерційних властивостей рідини на її поверхні утворюються стоячі капілярні хвилі. Коли сили поверхневого натягу не в змозі утримувати цілісність витягнутої капілярної хвилі, її гребень руйнується і з нього зривається краплина аерозолі. Умова на поверхні рідини визначається різницею тиску з обох сторін цієї поверхні і рахується за формулою Лапласа [5], яка має вигляд

$$p - p_0 = -\alpha \left(\frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial y^2} \right). \quad (1)$$

Чим більш сприятливі умови для відривання краплі від стоячої хвилі, тим більша їх кількість і відповідно більша продуктивність процесу. Однак, при збільшенні p_0 , умови для підймання капілярної хвилі будуть змінюватись і тиск, заважати їй підійматися, відповідно на відривання краплини буде затрачуватися більше часу. Такі зміни призведуть до зменшення продуктивності процесу розпилення.

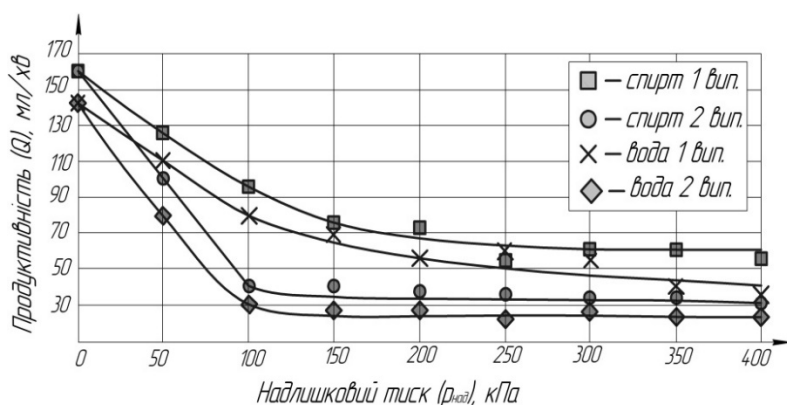


Рис. 3 – Порівняльні графіки залежності продуктивності від надлишкового тиску для спирту та води для двох випадків розміщення диспергатора

Таке явище можна пояснити тим, що до тих пір, поки виконуються умови формули (1), функціонує механізм «капілярно-хвильового» розпилення, на виході якого ми маємо дрібнодисперсний аерозоль. Коли надлишковий тиск перевищує ультразвуковий і у диспергатора не вистачає потужності підтримувати капілярну хвилю, то відбувається «кавітаційний» механізм розпилення. Тобто з поверхні рідини відриваються великі за розміром краплі рідини, які просто летять у різні боки [6].

Отже, в усіх розглянутих випадках продуктивність процесу ультразвукового розпилення в тонкому шарі в камеру з надлишковим тиском залежить від рівня цього тиску.

Список літератури

1. Хмелев В.Н. Ультразвуковое распыление жидкостей: монография / В.Н. Хмелев, А.В. Шалунов, А.В. Шалунова. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2010. – 250 с.
2. Ляшок А.В. / Ультразвукове розпилення рідини у мехатронних системах штучного мікроклімату / А.В. Ляшок, О.Ф. Луговський // Всеукраїнський науково-технічний журнал «Промислова гідраліка і пневматика» – №4 (34) 2011. – С. 20–25.
3. Васильев С.Н. Двигатели внутреннего сгорания / С.Н. Васильев. – М.: Машиностроение, – 1995. – Т.1. – 290с.
4. Луговской А.Ф. Ультразвуковое распыление в системах подготовки топливно-воздушной смеси / А.Ф. Луговской // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету. – Кіровоград, 2000. – Вип. 7. – С. 30 – 33.
5. Ландау Л.Д. Теоретическая физика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц // Учебное пособие. В 10 т. Т. VI. Гидродинамика. – 3-е изд., перераб. – М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит., 1986. – 736 с.
6. Луговський О.Ф. Особливості процесу ультразвукового розпилення в тонкому шарі в камеру з надлишковим тиском / О.Ф. Луговський, А.В. Ляшок, І.А. Гришко // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія машинобудування. – Київ, 2014. – Вип. 70. – С. 99 – 105.

Effect of excessive pressure on aerosol dispersity and productivity in ultrasound spraying in a closed chamber

Shulha Alina, Luhovskyi Oleksandr, Gryshko Ihor, Zilinskyi Andrii

Abstract. The features of ultrasonic spraying process in a thin layer in the pressurized chamber. Experimentally proved that at the change of pressure in the chamber the size of the nebulized liquid aerosol does not change, that confirms analytical dependence of calculation of diameter of drop. Two cases are presented placing an ultrasonic disperser chamber pressurized. Experimentally and analytically proved that the performance of the ultrasonic spraying process decreases linearly with increasing chamber pressure. The features of ultrasonic atomization process in a thin layer during placement of the dispersant in a fully pressurized chamber and its placement in the partial chamber.

Keywords: ultrasonic spraying, a thin layer of liquid, ultrasonic dispersing agent, dispersion, overpressure, closed chamber.