

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНОСТИ КАВИТАЦИИ В НЕОДНОРОДНОМ УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Жарко Н.А., Минчук В.С.

Дежкунов Н.В. – к.т.н., доцент

Показано, что характер распределения полной активности кавитации и активности нестационарной кавитации вдоль оси емкости отличается от теоретического, отмечены факторы, которые повлияли на результаты исследования. Определена зависимость активности кавитации от температуры для разных точек поля.

В последние годы установлены новые многообещающие возможности применения мощного ультразвука, в частности, в звукохимии, медицине, электрохимии и при обработке пищевых продуктов [1-4]. При этом показано, что механизм воздействия ультразвука на физико-химические процессы в жидкостях в преобладающем большинстве применений имеет кавитационную природу, т.е. связан с явлением образования, пульсаций и захлопывания парогазовых полостей в жидкости.

В данной работе была поставлена задача исследовать распределение активности кавитации в неоднородном ультразвуковом поле элементарной звукохимической ячейки, представляющей собой термостатированный цилиндрический стакан из нержавеющей стали, дно которого является излучающей поверхностью. Для генерирования ультразвука использовался пьезокерамический излучатель с резонансной частотой 34,6 кГц. Для измерений активности кавитации использовался кавитометр ИСА-3М (БГУИР, г. Минск). Прибор состоит из гидрофона и электронного блока.

На рисунке 1 представлены результаты исследования распределения полной активности кавитации (график 1) и активности нестационарной кавитации (график 2) вдоль оси емкости. Здесь A_k – активность кавитации, L – расстояние от излучателя на его оси до точки, в которой производится измерение. Измерения выполнялись в воде при уровне жидкости над излучателем 80 мм.

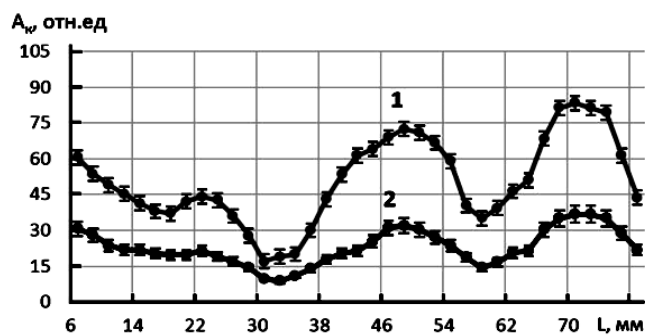


Рисунок 1 – Зависимость активности кавитации расстояния до излучателя. 1 – полная активность кавитации; 2 – активность нестационарной кавитации.

Как видно из приведенных данных, распределение включает максимумы и минимумы, расстояние между которыми равно примерно $\lambda/4$, где λ – длина звуковой волны. Однако характер распределения существенно отличается от теоретического. Наиболее интенсивный максимум наблюдается вблизи границы раздела жидкость-газ. Кроме того, максимум на расстоянии $\lambda/4$ от излучателя практически отсутствует.

Это обусловлено следующими факторами. Во-первых, условия отражения не являются идеальными, поскольку высота столба жидкости не равна строго кратному числу $(n+1)\lambda/4$, где n – целое число. Во-вторых, измерения выполнялись при интенсивности ультразвука существенно выше порога кавитации. В кавитационной области ультразвук интенсивно поглощается, поэтому давление в отраженной волне заведомо меньше давления в падающей. В результате суммарное поле включает кроме стоячей компоненты также и бегущую.

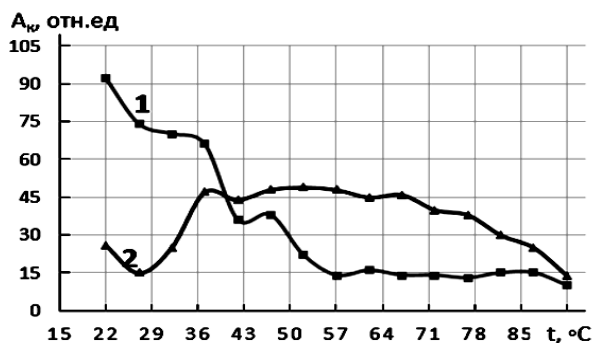


Рисунок 2 – Зависимость активности кавитации от температуры жидкости. 1 – на расстоянии 68 мм от излучателя; 2 – на расстоянии 58 мм от

излучателя.

На рисунке 2 представлены зависимости Ак от температуры для расстояний от излучателя, соответствующих максимуму и минимуму на зависимостях от Ак (L), рисунок 1.

Как видно из представленных графиков, зависимости активности кавитации от температуры существенно различаются для разных точек поля. В точке максимума активность кавитации падает с ростом температуры (1), а в точке минимума – имеет вид кривой с максимумом (2).

В областях вблизи минимумов звукового давления на активность кавитации оказывают воздействие два конкурирующих фактора: увеличение концентрации кавитационных полостей, с одной стороны, и уменьшение эффективности их захлопывания вследствие снижения поверхностного натяжения жидкости и повышения давления насыщенного пара. Характер зависимости, представленной на рис. 2, позволяет предположить, что при низких температурах ($\leq 60^\circ\text{C}$) преобладающим является первый фактор и активность кавитации в этом диапазоне растет с ростом температуры. При высоких температурах все большую роль играет уменьшение скорости захлопывания пузырьков, что и приводит к уменьшению активности кавитации.

В областях, соответствующих максимумам звукового давления, кавитационная область близка к состоянию насыщения пузырьками уже при низких температурах. Дальнейшее увеличение их количества приводит уже не к увеличению, а снижению активности кавитации вследствие упомянутых выше взаимодействий пузырьков и изменений свойств жидкости.

Список использованных источников:

1. Tudela, I., Zhang, Y., Pal M. Ultrasound-assisted electrodeposition of composite coatings with particles. // Surface and Coatings Technology. – 2014. – . №2.
2. Шестаков С.Д., Красуля О.Н. // Исследования и опыт применения сонохимических технологий в пищевой промышленности. Электронный журнал «Техническая акустика». <http://www.ejta.org>. 2010. №10.
3. Chemat F., Zill-e-Huma, Khan M.K. Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. // Ultrasonics Sonochemistry. – 2015. –V 18. – P.813–835.
4. Mason T. J. Therapeutic ultrasound an overview // Ultrasonics Sonochemistry. – 2011. – №18. – С. 847-852.