

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КАВИТАЦИОННОЙ ОБЛАСТИ ПРИ ДЕГАЗАЦИИ ЖИДКОСТИ

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

Минчук В. С., Жарко Н. А.

Дежкунов Н. В. – канд. техн. наук, доцент
Серенков В. Ю. – старший преп. каф. ПИКС

Показано, что при дегазации пересыщенного раствора углекислого газа активность кавитации увеличивается. Отмечены квазипериодические скачки выходного сигнала гидрофона, что связано, вероятно, с образованием кластеров кавитационных полостей, которые периодически всплывают на поверхность жидкости. Выделено две стадии дегазации, различающиеся скоростью роста активности кавитации.

Ключевую роль в интенсификации физико-химических процессов в жидкостях играет кавитация – явление образования, пульсаций и захлопывания микропузырьков газа в жидкости под действием переменного давления [1]. При захлопывании кавитационными полостями генерируются ударные волны и микроструи жидкости, а парогазовая смесь внутри пузырька разогревается до нескольких тысяч градусов [2]. Этими факторами и определяется активность кавитации. Растворенные газы могут влиять на активность кавитации различным образом. Углекислый газ обладает высокой степенью растворимости в воде и поэтому обеспечивает возможность варьирования газосодержания в широком диапазоне.

Исследования проводились 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 (ICA-3M). В ходе исследований проведены испытания различных типов датчиков кавитации.

На рисунке 1 представлены результаты одновременной регистрации полного выходного сигнала гидрофона и сигнала высокочастотной составляющей кавитационного шума.

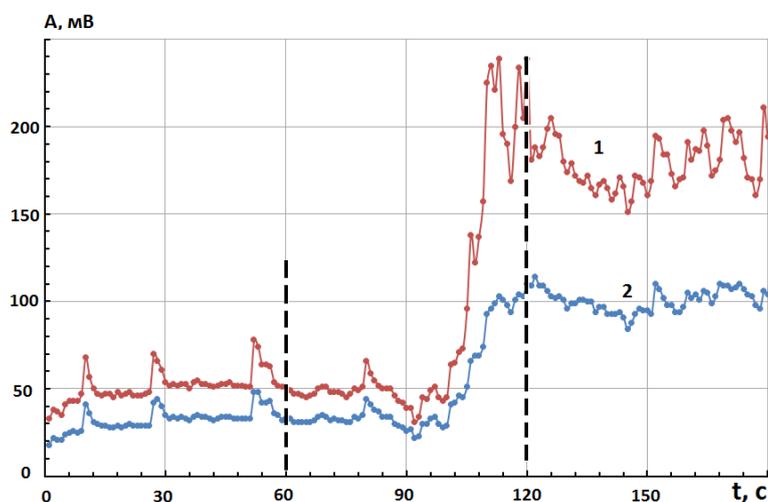


Рисунок 1 - Динамика изменения во времени полного выходного сигнала гидрофона и активности кавитации в ходе дегазации раствора углекислого газа. 1 – полный выходной сигнал; 2 – активность кавитации

В течение 10 - 15 секунд после включения ультразвука, активность кавитации увеличивается медленно. Под действием ультразвука идет интенсивная дегазация с выделением большого количества пузырьков с размерами до нескольких миллиметров. Пузырьки меньшего размера удерживаются в поле стоячей волны и постепенно увеличиваются в размерах за счет выпрямленной диффузии газа в пузырек. Затем рост замедляется и практически прекращается. А к 90-й секунде озвучивания наблюдается даже некоторое уменьшение активности кавитации.

Отмечены квазипериодические скачки выходного сигнала гидрофона, что связано, вероятно, с образованием кластеров кавитационных полостей, которые периодически всплывают на поверхность жидкости. В результате удаления избытка пузырьков из ультразвукового поля поглощение ультразвука в кавитационной области на короткое время уменьшается. Уменьшается и демпфирующее действие больших пузырей, что и приводит к соответствующим всплескам

активности кавитации. Затем начинается новый цикл роста пузырьков, активность кавитации несколько снижается и так далее.

После достижения некоторой степени дегазации (на рис. 1 – примерно на 100-й секунде) наблюдается быстрый, часто скачкообразный рост активности кавитации. Можно предполагать, что в этот момент происходит качественное изменение состояния кавитационной области, связанное, вероятно, со взаимодействием пузырьков.

На рисунках 2 и 3 представлена эволюция спектров кавитационного шума по мере дегазации под действием ультразвука.

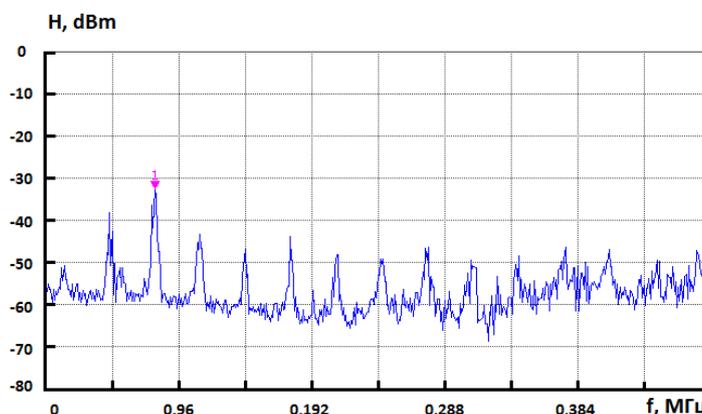


Рисунок 2 - Спектр кавитационного шума после дегазации в течение 1 минуты

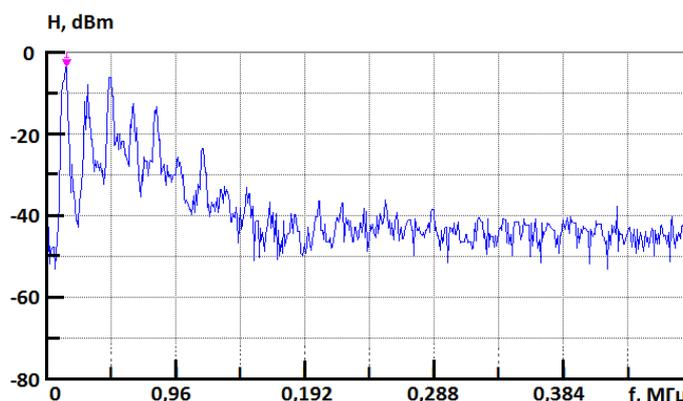


Рисунок 3 - Спектр кавитационного шума после дегазации в течение 5 минут

По мере уменьшения газосодержания (вследствие дегазации) растет интенсивность сигнала на основной частоте, интенсивность гармоник и интенсивность непрерывной составляющей спектра кавитационного шума. На первом этапе дегазации (рисунок 2) спектр кавитационного шума характеризуется относительно невысокой интенсивностью непрерывной составляющей и низкой интенсивностью высокочастотных компонент. На втором этапе рост интенсивности низкочастотных компонент замедляется, а высокочастотная часть, наоборот, растет быстрее. На конечной стадии дегазации (рисунок 3) спектр кавитационного шума раствора углекислого газа приближается к спектру дистиллированной воды.

Таким образом при дегазации пересыщенного раствора углекислого газа активность кавитации меняется в широком динамическом диапазоне: от нуля до величины, близкой к активности кавитации в дистиллированной воде. Характер полученной зависимости с точностью не ниже точности измерений идентичен для всех исследовавшихся датчиков, что указывает на возможность использования этой зависимости для калибровки датчиков кавитации.

Список использованных источников:

Ahmadi F. et.al. Bio-effects and safety of low-intensity, low-frequency ultrasonic exposure // Progress in Biophysics and Molecular Biology. V.108, 2012.- P. 119-138.

1.Mason T.J. Therapeutic ultrasound: an overview // Ultrasonics Sonochemistry, 2011.- P. 847-852.