

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ПОВЫШЕНИЯ АКТИВНОСТИ КАВИТАЦИИ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ СИЛЬНО РАЗЛИЧАЮЩИХСЯ ПО ЧАСТОТЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ПОЛЕЙ

А.В. КРАСОВСКИЙ, А.В. КОТУХОВ, Н.В. ДЕЖКУНОВ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
ул. П. Бровки, 6, г. Минск, 220013, Республика Беларусь
dny@bsuir.by*

В настоящее время ультразвук применяется довольно широко для интенсификации физико-химических процессов в жидкостях является. Общеизвестно, что ключевым фактором при этом является кавитация – явление образования, роста и захлопывания микропузырьков в жидкости [1].

Ключевые слова: кавитация, интенсивность ультразвука, звуколюминесценция, гидродинамика.

В работах [2-4] показано, что воздействие низкочастотным (НЧ) ультразвуком на кавитационную область, генерируемую высокочастотным (ВЧ) полем, является эффективным методом повышения активности кавитации. В частности, во взаимодействующих ВЧ и НЧ полях с частотами f_1 и f_2 наблюдалось сверхддитивное усиление звуколюминесценции (ЗЛ). Если используется импульсно модулированное ВЧ поле, то интенсивность ЗЛ в комбинированном поле, создаваемом одновременно работающими ВЧ и НЧ излучателями, во много раз превосходит сумму интенсивностей ЗЛ, генерируемых при работе каждого из излучателей в отдельности [2].

Очевидный механизм усиления ЗЛ во взаимодействующих полях - это увеличение суммарной энергии, вводимой в жидкость при работе двух излучателей и интерференция полей. Возможными механизмами являются также следующие.

1. Возникновение комбинационных частот f_1+f_2 и f_1-f_2 и расширение в результате этого спектрального состава результирующего поля, что может приводить к расширению диапазона размеров пузырьков, вовлекаемых в кавитационный процесс.

2. Уменьшение порога ВЧ кавитации в течение полупериода разрежения НЧ поля (которое является квазистатическим по отношению к ВЧ полю) и увеличение в результате числа пузырьков, кавитирующих под действием ВЧ поля.

3. Подавление процесса кластеризации кавитационной области. Известно, что одной из основных причин уменьшения эффективности концентрации энергии пузырьками в составе кавитационной области является воздействие пузырьков друг на друга посредством ударных волн или за счёт гидродинамических сил. Наиболее сильно взаимодействуют пузырьки в составе устойчивых образований – кластеров. Возможно, что большие пузырьки, генерируемые НЧ полем, оказывают сильное воздействие на кластеры ВЧ пузырьков, препятствуя их образованию и увеличивая однородность распределения пузырьков по объему кавитационной области. За счет этого могут обеспечиваться более оптимальные условия для захлопывания полостей и повышаться активность кавитации.

4. Кавитирующие пузырьки при захлопывании, как известно, распадаются на мелкие части. Число образующихся при этом фрагментов (осколков), может достигать 10 и более. Фрагменты пузырька, захлопнувшегося под действием НЧ поля могут быть подходящими зародышами для кавитации в ВЧ поле. Поскольку эти новые зародыши

содержат гораздо меньше воздуха, чем пузырьки, стабильно существующие в жидкости, то они и захлопываются в ВЧ поле с большей скоростью.

В данной работе эксперименты проводились на частотах 21,7 кГц (НЧ) и 880 кГц (ВЧ). Рабочая емкость установки выполнена в виде цилиндра из нержавеющей стали с полыми водоохлаждаемыми стенками внутренним диаметром 120 мм и длиной 180 мм. ВЧ излучатель вмонтирован в дно емкости, НЧ излучатель - на боковой поверхности емкости на уровне фокального пятна ВЧ излучателя. На уровне фокального пятна установлен фотоумножитель.

На рис. 1 представлены результаты одновременной регистрации выходного сигнала Н гидрофона (верхняя осциллограмма) и сигнала фотоумножителя L (нижняя осциллограмма). Время работы НЧ и ВЧ излучателей отмечено закрашенными участками соответственно верхней и нижней полос над рисунком.

Особенность экспериментов, выполненных в данной работе, состоит в том, что воздействия НЧ и ВЧ полей на жидкость разнесены во времени. Установлено, что если интенсивность НЧ поля выше порога кавитации, то усиление интенсивности ЗЛ, генерируемой ВЧ полем, имеет место и в том случае, когда ВЧ поле включается через некоторый промежуток времени Δt после отключения НЧ поля. Таким образом, наблюдается своего рода эффект последствия НЧ поля на кавитацию, генерируемую ВЧ полем.

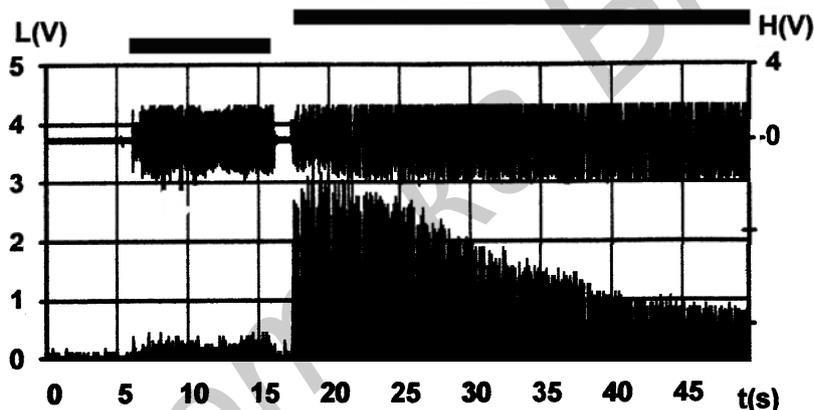


Рис. 1. Осциллограммы выходных сигналов гидрофона Н (верхняя) и фотоумножителя L (нижняя)

Этот результат позволяет считать, что основным фактором при взаимодействии сильно различающихся по частоте ультразвуковых полей является генерирование новых зародышей кавитации при захлопывании пузырьков. После отключения НЧ поля они сокращают свои размеры за счет диффузии газа из пузырька в окружающую жидкость. В результате количество кавитирующих под действием ВЧ поля пузырьков уменьшается, что приводит к соответствующему уменьшению интенсивности ЗЛ.

Список литературы

1. Сиротюк М.Г. Акустическая кавитация. Наука. М. 2008.
2. Дежкунов Н.В. // Письма в Журнал технической физики. 2001. Т 12, № 27. С. 15-22.
3. Дежкунов Н.В. // Инженерно-физический журнал. 2003. Т 76, № 1. С. 120-127.
4. Дежкунов Н.В., Томаль В.С., Ланин В.Л. и др. // Научно-технический журнал ОА КОНТЕНАНТ. 2013. Т 12, № 4. С. 22-27.