

Н.В. Дежкунов, доц., канд. техн. наук;
М.П. Федоринчик;
А.В. Красовский, маг. техн. наук;
В.В. Шаплыко, маг. техн. наук;
В.А. Колтович, канд. техн. наук
(БГУИР, г. Минск)

МЕТОД И ПРИБОР ДЛЯ КОНТРОЛЯ РЕЖИМА ОЗВУЧИВАНИЯ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ТЕХПРОЦЕССОВ

Активность кавитации, как известно, определяется количеством захлопывающихся пузырьков в единице объёма жидкости и эффективностью с которой пузырьки концентрируют звуковую энергию и преобразуют её в энергию ударных волн, тепловую и энергию микро-струй жидкости [1-4]. Эффективность преобразования энергии пузырьками определяется скоростью их захлопывания. Однако прямыми измерениями невозможно определить ни число пузырьков в кавитационной области, ни скорость их захлопывания. Именно сложность подобного рода измерений существенно ограничивает возможности применения мощного ультразвука для интенсификации физико-химических процессов в жидкостях, включая процессы на границе электрод-электролит.

В данной работе выполнено исследование связи характерных составляющих спектра кавитационного шума и активности акустической кавитации, оцениваемой по интенсивности звуколюминесценции. Показано, что интегральная интенсивность широкополосной составляющей однозначно связана с активностью акустической кавитации.

Эксперименты проводились в ультразвуковом поле частотой 49 кГц. Рабочая емкость представляет собой стеклянный цилиндр диаметром 80 мм и высотой 210 мм (внутренние размеры). Она снабжена стеклянным змеевиком, через который прокачивалась жидкость заданной температуры. Источником ультразвука служил пьезокерамический преобразователь с волноводом диаметром 15 мм и резонансной частотой 49 кГц, вмонтированный в дно рабочей емкости. Для измерения амплитуды A колебаний поверхности излучателя и для калибровки амплитудного датчика использовался бесконтактный ультразвуковой виброметр УВМ – 3М. Гидрофон установлен таким образом, что его приемный пьезокерамический элемент диаметром 2 мм и толщиной 0,25 на расстоянии 55 мм от излучателя.

Выходные сигналы фотоумножителя L и гидрофона H (после предварительного усиления) подавались на запоминающий осциллограф и анализировались с использованием компьютера.

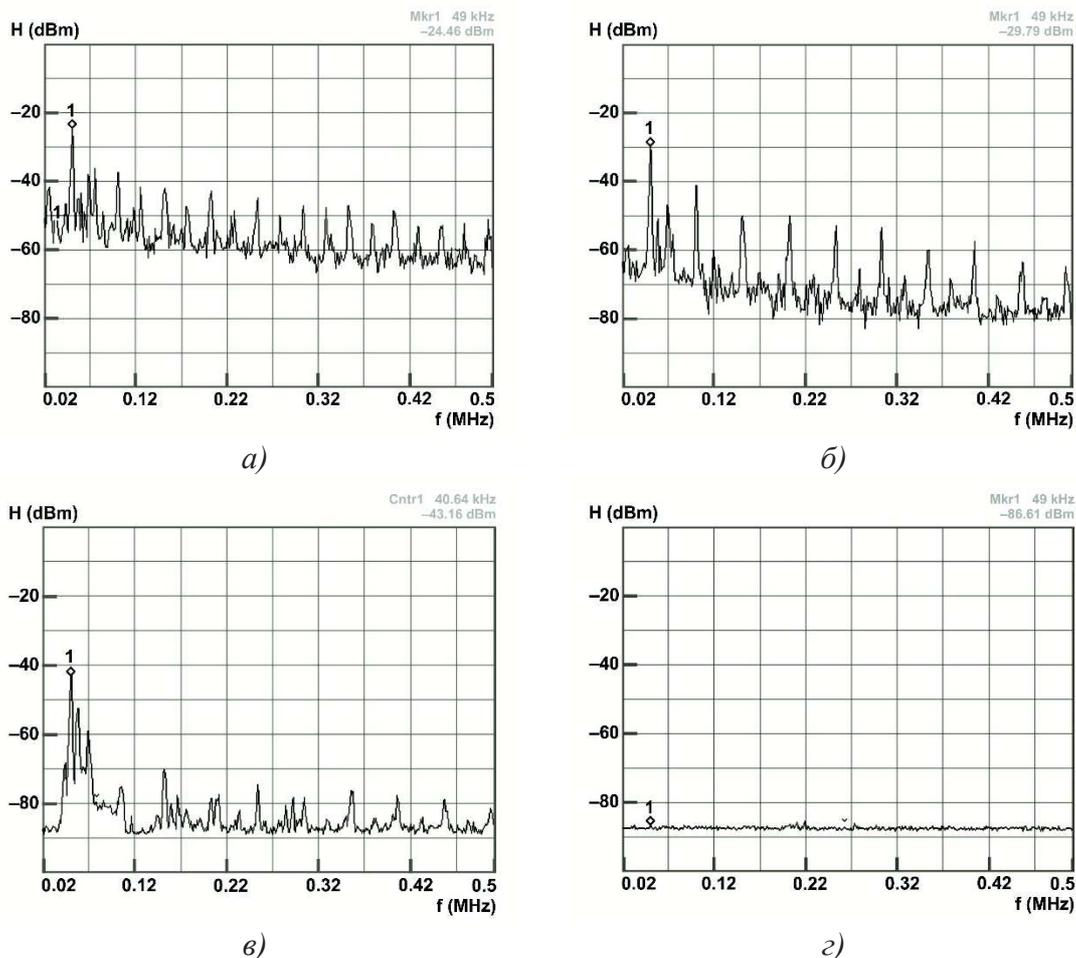
На рисунке 1 приведены спектры акустического сигнала, принимаемого широкополосным гидрофоном в воде с растворенным углекислым газом при различных концентрациях C газа и постоянной интенсивности ультразвука. На рисунок 2а представлен спектр с наиболее низкой концентрацией газа. Спектр включает основную частоту F_0 (маркером 1), гармоники nF_0 , где $n=1,2,3$ и т.д., субгармонику $F_0/2$, частоты $nF_0/2$ и непрерывную составляющую. По мере увеличения C (рис. 1б, рис 1в) наиболее быстро уменьшается интенсивность непрерывной составляющей и при 100% непрерывная составляющая (т.е. широкополосный шум) практически отсутствует. Отметим, что при этом и интенсивность звуколюминесценции также стремится к нулю. Не наблюдается в таких условиях и увеличения высоты подъема жидкости в капилляре. Как известно [5], ультразвуковой капиллярный эффект и звуколюминесценция обусловлены захлопыванием кавитационных полостей. Исходя из изложенного, можно утверждать, что широкополосный кавитационный шум является надежным индикатором наличия захлопывающихся кавитационных полостей в исследуемом объеме жидкости.

В таблице 1 приведены результаты измерения интенсивности звуколюминесценции (выходной сигнал фотоумножителя L) и интенсивности широкополосной составляющей кавитационного шума H в зависимости от амплитуды колебаний излучателя A .

Таблица 1 – Пороговые амплитуды колебаний возникновения ЗЛ и кавитационного шума (КШ) для различных жидкостей

| Жидкость | Параметр | Амплитуда A , мкм | | | | | | | |
|----------|----------|---------------------|-----|------|------|------|------|------|------|
| | | 0,5 | 1,0 | 2,0 | 4,0 | 6,0 | 8,0 | 10,0 | 12,0 |
| 1 | L | 0 | 0 | 10,5 | 110 | 420 | 460 | 485 | 470 |
| | H | 0 | 1,6 | 4,4 | 18 | 64 | 68 | 83 | 81 |
| 2 | L | 12 | 15 | 27 | 48 | 62 | 81 | 116 | 64 |
| | H | 2,5 | 3,7 | 4,8 | 6,2 | 14 | 17,9 | 23,5 | 16,7 |
| 3 | L | 2,3 | 4,5 | 6 | 16,6 | 12,3 | 10,5 | 8,1 | 8,0 |
| | H | 1,5 | 1,8 | 2,1 | 4,1 | 4,5 | 3,7 | 3,1 | 2,7 |

Жидкости: 1 – водно-глицериновая смесь 60% (по весу) глицерина и 40% воды, 2 – вода, 3 – ацетон, $T = 25$ °C. Точность установки заданной амплитуды $\pm 4\%$.



а – $C=100\%$, б – $C=65\%$, в – $C=15\%$, г – фоновый сигнал при отключенном ультразвуковом генераторе, т.е. без ультразвука, $f_0 = 49$ кГц, интенсивность звука – $1,6$ Вт/см²

Рисунок 1 – Спектры акустического сигнала, принимаемого гидрофоном в воде с растворенным углекислым газом при различных концентрациях

Как видно, пороги обоих эффектов в различных жидкостях совпадают с точностью не ниже точности измерений. С ростом L увеличивается и интенсивность кавитационного шума, как для разных жидкостей, так и в зависимости от амплитуды колебаний излучателя. С ростом амплитуды величины L и H вначале увеличиваются, достигают максимума и затем уменьшаются.

На основании приведенных выше результатов исследований разработан спектрально – акустический метод контроля активности кавитации и прибор, в котором реализуется данный метод - кавитометр. Прибор предназначен для измерения и контроля активности кавитации и может быть использован, в частности, для оптимизации ультразвуковых технологических процессов в жидкостях и электролитах, для определения наличия и интенсивности кавитации, измерения

порогов кавитации. Принцип действия кавитометра основан на анализе и обработке спектра кавитационного шума, принимаемого широкополосным гидрофоном.

Кавитометр апробирован на ряде предприятий России и Беларуси. Его использование позволяет: установить эффективность работы различных ванн; установить распределение ультразвукового поля в ванне; установить распределение активности кавитации в ванне и влияние физических параметров поля и свойств жидкости на уровень активности кавитации, оптимизировать условия озвучивания.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Г. Сиротюк. Акустическая кавитация. М.: Наука, 2008. - 271с.
2. O.V. Abramov, High-Intensity Ultrasonics: Theory and Industrial Applications, Gordon and Breach Science Publishers, Amsterdam, 1998. p. 551.
3. K. Yasui, T. Tuziuti, M. Sivakumar, Y. Iida, Sonoluminescence, Appl. Spec. Rev. 39 (2004) 399–436.
4. R.F. Young, Sonoluminescence, CRC Press, Boca Raton, 2005.
5. Дежкунов Н. В., Лейтон Т. Г. Исследование связи звуколюминесценции и ультразвукового капиллярного эффекта. Инженерно-физический журнал. 2004. Т. 77, № 1. С. 45-51.

УДК 533.9

М.Г. Базин¹, инж.-хим.-технол.;

Францишкус Добровольскис², канд. техн. наук

(¹ООО «ХемеТек-Нано», г. Минск; ²ЗАО «Ekochemeta», г. Вильнюс, Литва)

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СОСТАВОВ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Гальванотехника получила широкое распространение в народном хозяйстве. Основной набор электролитов и растворов можно считать сложившимся, но на данный момент ведутся работы по радикальному изменению в области создания электролитов, которые бы вызвали резкий скачок в развитии гальванотехники.

При создании новых технологий по усовершенствованию составов электролитов и растворов мы приняли во внимание ряд следующих проблем, возникающих на предприятиях:

- улучшение качества получаемых покрытий;
- снижение удельных норм расхода специальных добавок входящих в состав электролита;