

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

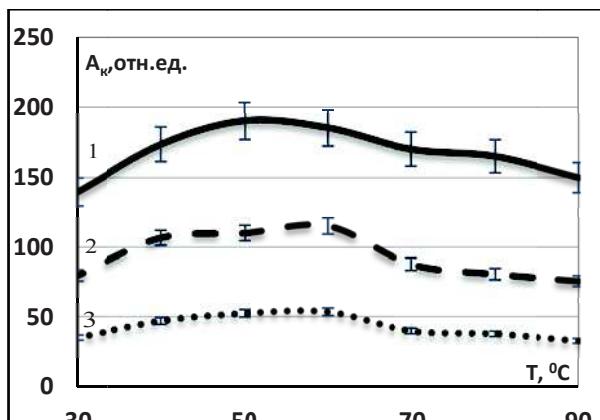
ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВОСПРОИЗВОДИМОСТЬ КАВИТАЦИОННЫХ РЕЖИМОВ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ТЕХПРОЦЕССОВ

Известно, что механизм интенсификации ультразвуком физико-химических процессов в жидкостях или электролитах в преобладающем большинстве имеет кавитационную природу, т. е. связан с явлением образования, пульсаций и захлопывания кавитационных полостей [1-2]. В данной работе выполнено исследование зависимости активности кавитации от ряда факторов, которые могут влиять на воспроизводимость режимов озвучивания при ультразвуковой интенсификации гальванических техпроцессов.

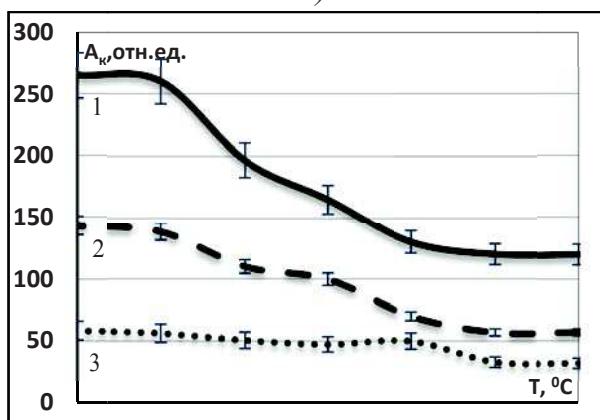
Установка и методика

Рабочая ёмкость использовавшейся установки представляет собой цилиндрический стакан из нержавеющей стали. Резонансная частота излучателя – 34,7 кГц. Для измерений активности кавитации использовался кавитометр ICA-3М (БГУИР, г. Минск).

Прибор состоит из гидрофона и электронного блока. Принцип действия кавитометра основан на спектральном анализе акустического сигнала, генерируемого кавитационной областью.



a)



б)

расстояние «датчик - излучатель»:
a – 40 мм; *б* – 10 мм;

Рисунок 1 – Зависимость активности кавитации от температуры рабочей жидкости

Результаты исследований и их обсуждения

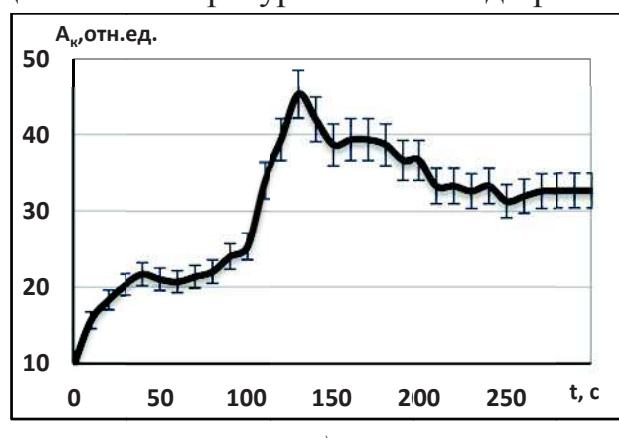
На рисунке 1 представлены зависимости активности кавитации от температуры рабочей жидкости. Нагрев осуществлялся за счет поглощения энергии ультразвука. Высота столба рабочей жидкости 75 мм. Здесь 1 – полный выходной сигнал гидрофона, 2 – полная активность кавитации, 3 – активность захлопывающихся полостей (нестационарная кавитация).

Установлено, что зависимости активности кавитации от температуры жидкости хорошо коррелируют с полным выходным сигналом гидрофона во всем исследованном диапазоне температур.

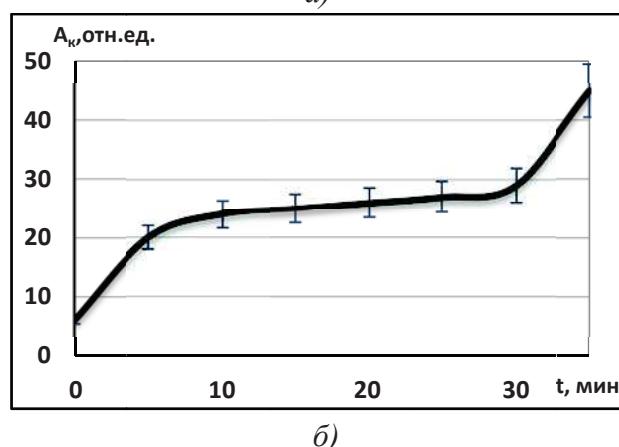
Показано, что характер зависимости активности кавитации от температуры существенно зависит от того, в какой точке поля проводится измерение. В частности, вблизи поверхности излучателя и вблизи границы раздела жидкость – газ активность кавитации уменьшается с ростом температуры, а в объеме жидкости имеются точки, в которых зависимость активности кавитации от температуры имеют вид кривой с максимумом.

На рисунке 2 представлена динамика изменения активности кавитации во времени при дегазации насыщенной углекислым воды.

В первом случае (рисунок 2, а) использовалось непрерывное воздействие ультразвуком, во втором (рисунок 2, б) - кратковременное в течение 5 секунд через каждые 5 минут. Из представленных данных видно, что изменение газосодержания жидкости за счет дегазации может оказывать существенное влияние на активность кавитации. Для уменьшения влияния этого фактора на воспроизducимость измерений предложено осуществлять предварительную дегазацию. Предварительная дегазация в тече-



a)



б)

Рисунок 2 – Зависимость активности кавитации от продолжительности дегазации

НИИ 10-15 минут при интенсивности ультразвука 3-5 Вт/см² обеспечивает достаточно высокую воспроизводимость результатов, так как при последующих измерениях газосодержание под действием ультразвука меняется незначительно.

На рисунке 3 представлены зависимости выходного сигнала гидрофона и активности кавитации от расстояния «датчик-поверхность жидкости» (L). Видно, что по мере приближения к излучателю активность кавитации повышается. Для всех режимов измерений наблюдаются три максимума: при L=15, 50 и 65 мм. Эти расстояния примерно соответствуют максимумам давления в стоячей звуковой волне.

На рисунке 4 представлены зависимости активности кавитации (A_k , отн. ед.) от расстояния датчика в горизонтальной плоскости до стенки рабочей емкости (J, мм) при различных расстояниях «датчик-излучатель» (а – 70 мм; б – 5 мм). От центра к краям активность кавитации снижается более чем в три раза. Такой характер зависимости активности кавитации от расстояния «датчик-излучатель» объ-

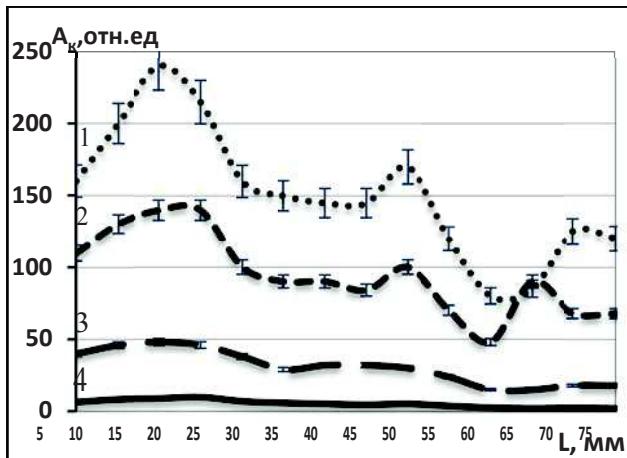
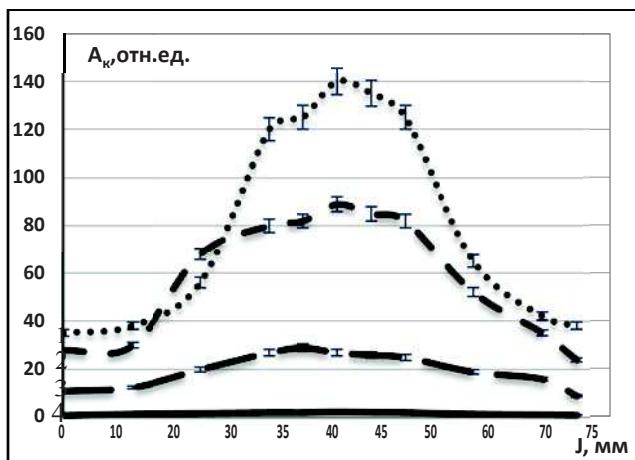
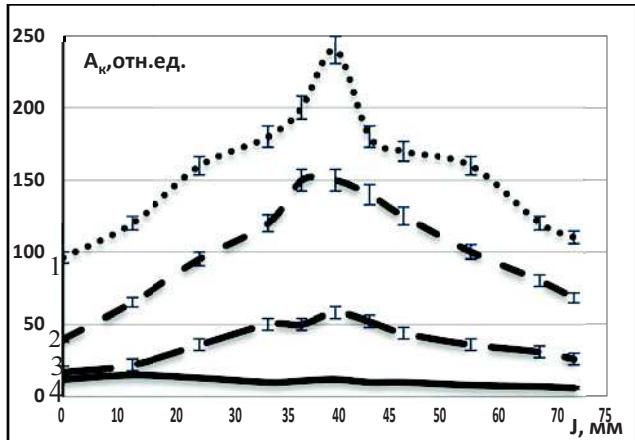


Рисунок 3 – Зависимость активности кавитации от расстояния «датчик-поверхность жидкости»



а)



б)

Рисунок 4 – Распределение активности кавитации по диаметру емкости

ясняется затуханием ультразвука и наличием стоячей волны в данных условиях.

Различия температурных зависимостей активности кавитации различных точках поля (рисунок 1) обусловлены особенностями формирования кавитационной области в минимумах и максимумах давления в стоячей звуковой волне. В областях близи минимумов давления (40 мм от датчика) 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. 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 максимумов давления (70 мм и 10 мм) концентрация пузырьков близка к предельной. В этом состоянии оба упомянутых фактора действуют в одном направлении, уменьшая активность кавитации.

Полученные результаты будут использоваться при разработке методов озвучивания, обеспечивающих высокую степень воспроизведения кавитационных режимов и однородность распределения кавитации в ультразвуковом поле.

ЛИТЕРАТУРА

1. Келлер О.К., Кратыш Г.С. Лубяницкий Г.Д. Ультразвуковая очистка / О.К. Келлер, Г.С. Кратыш, Г.Д. Лубяницкий – Л.: Машиностроение, 1977. – 325 с.
2. Bang, J.H., Suslick, K.S. Applications of ultrasound to the synthesis of nanostructured materials / J.H. Bang, K.S. Suslick //«Advanced Materials». – № 22 – 2010. – p. 1039–1059.