

Экспериментальные исследования интегрального критерия оценки параметров технологических сред

Владимир Н. Хмелев, *Senior Member*, IEEE, Роман В. Барсуков, Дмитрий В. Генне, Евгений В. Ильченко, Сергей С. Хмелев, Наталья С. Попова (магистрант)
Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО Алтайский государственный
технический университет им. И.И. Ползунова, Бийск, Россия
Центр ультразвуковых технологий, Бийск, Россия

Аннотация – Статья посвящена исследованию интегрального критерия косвенной оценки параметров технологических сред. Проведенные исследования показали, что интегральный критерий, полученный путем интегрирования огибающей тока, протекающего через ультразвуковую колебательную систему, получаемого при перестройке частоты УЗ генератора вблизи резонансной частоты УЗ излучателя, зависит от свойств обрабатываемых технологических сред.

Ключевые слова – Ультразвук, электронный генератор, нагрузка, контроль.

I. ВВЕДЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ В СОВРЕМЕННЫЕ ультразвуковые генераторы, предназначенные для работы в составе ультразвуковых технологических установок, позволяют вывести ультразвуковое оборудование на новый уровень, оптимизировать ультразвуковое (УЗ) воздействие на различные технологические среды, а так же контролировать стадии протекания некоторых процессов, реализуемых в ультразвуковых полях высокой интенсивности [1-3].

Перспективным является использование системы контроля электрических параметров ультразвуковых колебательных систем (УЗКС), позволяющего косвенным образом оценивать эффективность УЗ воздействия, контролировать параметры технологических сред, оптимизировать УЗ воздействие. В выполненных ранее работах [сварка, массажер] показана возможность и эффективность такого контроля, поскольку позволяет исключить введение дополнительных датчиков в зону УЗ воздействия.

Однако развитие косвенного способа контроля требует исследования возможностей контроля свойств обрабатываемых сред и их изменения в ходе УЗ воздействия.

II. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В работе представлены результаты экспериментальных исследований контроля свойств жидких технологических сред в процессе их обработки.

Экспериментальные исследования заключались в изучении влияния на электрические параметры УЗКС свойств жидких

сред (на примерах УЗ обработки водных растворов NaCl, сахарозы и глицерина).

В ходе проведения экспериментов измерения осуществлялись в процессе получения водных растворов:

- NaCl, концентрация менялась дискретно в диапазоне 0 - 25% с шагом 2,5%;
- сахароза, концентрация менялась дискретно в диапазоне 0 - 40%, с шагом 5%;
- глицерина, концентрация менялась дискретно в диапазоне 0 - 35%, с шагом 5%;

В качестве источника УЗ воздействия был использован аппарат "Волна" модель УЗТА-0,2/22-ОМ [4], схема которого была дополнена контрольными точками для проведения измерений.

При анализе измерительных данных ультразвуковая колебательная система с нагрузкой были представлены в виде электрической эквивалентной модели, представленной на рисунке 1[5].

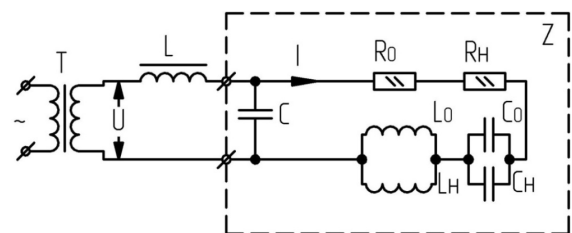


Рисунок 1 – Эквивалентная электрическая схема замещения УЗКС с пьезоэлектрическим преобразователем

В рассматриваемой эквивалентной электрической схеме: индуктивность L_0 – эквивалентна колеблющейся массе, обусловленной собственными свойствами (инерционными) УЗ колебательной системы, электрическая емкость C_0 – эквивалентна упругости материала, из которого изготовлена УЗКС, активное сопротивление R_0 – сопротивлению механических потерь, R_H – сопротивлению излучения колебательной системы, L_n – эквивалентна колеблющейся массе обрабатываемой жидкой фазы, присоединенной к излучающей поверхности, емкость C_n – обусловлена наличием у обрабатываемой среды упругих свойств, C – электрическая (статическая) емкость пьезопреобразователя. Подобный подход к анализу

работы УЗКС достаточно распространен и описан в частности в работах [6-8].

В ходе проведения экспериментов был получен массив данных амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) тока механической ветви I ультразвуковой колебательной системы. АЧХ были получены для всех исследуемых растворов во всем диапазоне изменения их концентраций. Кроме того частотные характеристики для каждой концентрации раствора были получены при различных уровнях УЗ воздействия. На рисунке 2 показаны первичные экспериментальные данные, полученные путем непосредственного измерения амплитуды тока I механической ветви УЗКС в процессе перестройки частоты задающего генератора в окрестностях резонансной частоты УЗКС [3].

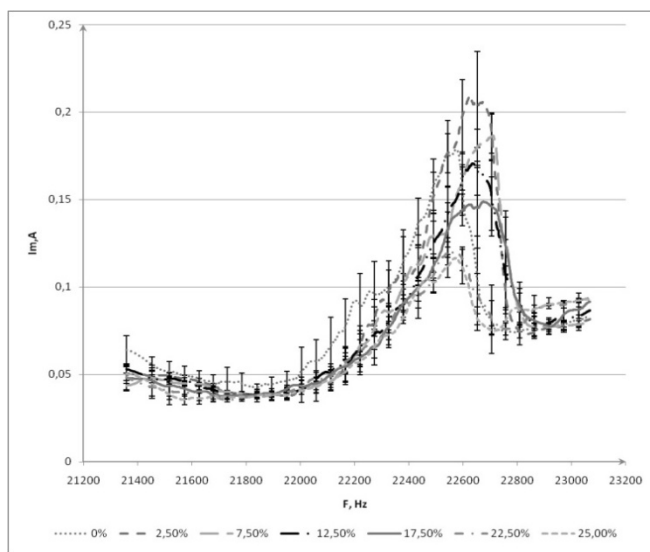


Рисунок 2 - Семейство АЧХ для растворов NaCl различной концентрации при фиксированном уровне УЗ воздействия

В работах [5-8] аналогичные частотные характеристики были использованы для расчета RLC параметров эквивалентных электрических схем замещения УЗКС с пьезоэлектрическим преобразователем. Однако, как видно из рисунка 2, частотные характеристики являются несимметричными, на склонах которых имеются колебания амплитуды. Кроме того, на малых уровнях УЗ воздействия искажения формы АЧХ (удаление от классической формы АЧХ тока электрического колебательного контура в окрестностях резонансной частоты) усиливаются.

В связи с этим, в качестве критерия, характеризующего изменяющиеся свойства обрабатываемых сред предложено использовать интегральный критерий формы частотной характеристики - K, учитывающий изменения тока за время контроля:

$$- \quad (1),$$

где: T - время получения частотной характеристики; a - амплитуда тока механической ветви.

Использование интегрального критерия позволяет учесть все особенности формы АЧХ тока механической вет-

ви УЗКС и более точно косвенно оценивать свойства (изменения свойств) сред, подверженных УЗ воздействию.

На рисунках 3 и 4 показаны зависимости параметра K от концентрации растворов, полученные при одном и том же уровне напряжения возбуждения УЗКС.

Так на рисунке 3 представлено изменение критерия K в процессе концентрирования водного раствора NaCl.

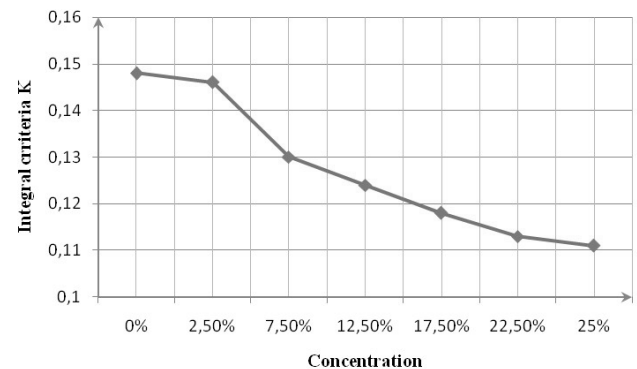


Рисунок 3 - Изменение интегрального параметра K от концентрации раствора NaCl (обозначить оси)

На рисунке 3 наблюдается явная зависимость параметра K от концентрации раствора, уменьшение которого обуславливается снижением добротности УЗКС за счет повышения плотности раствора, что приводит к увеличению коэффициента выхода УЗ энергии в среду.

На рисунке 4 представлены зависимости критерия K от концентрации водных растворов сахарозы и глицерина.

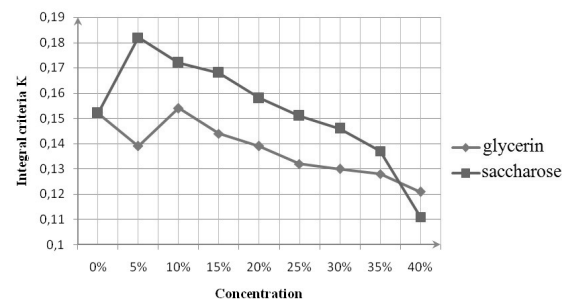


Рисунок 4 - Изменение интегрального параметра K от концентрации водных растворов сахарозы и глицерина

Кривые так же иллюстрируют зависимость интегрального параметра K от концентрации получаемых растворов. В диапазоне концентраций от 10% до 40 %, как и для случая с NaCl, наблюдается уменьшение параметра K. Однако на интервале концентраций 0-10% для глицерина и сахарозы имеется характерные особенности.

Все, представленные на рисунках 3 и 4, кривые начинаются в одной точке, что соответствует начальной (нулевой) концентрации растворов. По мере увеличения концентрации растворов величина интегрального параметра K начинает

изменяться. Диапазон изменения параметра K для концентрации растворов до 25 % составил для NaCl - 0,037; глицерина - 0,02; - сахарозы - 0,01.

Полученные экспериментальные зависимости иллюстрируют возможность контролировать процесс получения различных растворов, изменение их концентрации в УЗ полях. Выявленная возможность контроля концентрации растворов позволяет контролировать другие, связанные с концентрацией параметры, например плотность, вязкость растворов. Исходя из линейной зависимости, в исследуемом диапазоне концентраций, плотности растворов от их концентрации, представленные на рисунках 3,4 зависимости, так же, характеризуют влияние плотности этих растворов на интегральный параметр K .

Scientific and Technical Gazette of the Volga region. - 2014. № 3. - S. 247-254.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные экспериментальные исследования подтвердили наличие ярко выраженной зависимости между электрическими параметрами пьезоэлектрических ультразвуковых колебательных систем и свойствами обрабатываемых технологических сред и возможность контроля параметров и свойств жидких технологических сред в процессе их обработки.

Практическая значимость полученных результатов заключается в том, что с минимальными усложнениями схемотехники УЗ аппаратов (электронных генераторов) обеспечивается возможность контроля не только параметров жидких сред, но и возможность контроля стадий протекающих процессов для оптимизации режимов ультразвукового воздействия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] A method of sealing cartridges for water purification patent 2241599 Russian Federation: MPK7 B29C65/08 / V.N. Khmelev, R.V. Barsukov, S.N. Tsyganok, A.N. Slivin, A.V. Shalunov, I.I. Savin, M.V. Khmelev, S.V. Levin; stated 11.12.2003; published. 10.12.2004.
- [2] A method of sealing plastic containers for storage and processing of blood patent 2269334 Russian Federation: MPK A61J1/05, B65B51/22 / V.N. Khmelev, R.V. Barsukov, S.N. Tsyganok, A.N. Slivin; stated 20.05.2004; published 10.02.2006.
- [3] Control method of ultrasonic liposuction. V.N. Khmelev, R.V. Barsukov, S.N. Tsyganok, A.N. Slivin, A.V. Shalunov, Patent for invention RUS 2247544 09.06.2003
- [4] Ultrasonic technological apparatus series "Volna". Access mode: http://www.u-sonic.com/catalog/apparaty_dlya_uskoreniya_protseessov_v_zhidkikh_sredakh/ultrazvukovoy_tekhnologicheskii_apparat_serii_volna_v1/
- [5] V.N. Khmelev, The control system of technological properties environments exposed to high intensity ultrasonic field / V.N. Khmelev, R.V. Barsukov, E.V. Ilchenko // Sensors and Systems. – 2013. – № 6. – С. 52 – 56.
- [6] Khmelev, V.N. Practical Investigations of the Method of Indirect Parameter Checkout of the Acoustic Load Parameters [Текст] / V.N. Khmelev, R.V. Barsukov, D.V. Genne, D.S. Abramenko, A.V. Shalunov, E.V. Ilchenko // International Conference and Seminar of Young Specialists on Micro / Nanotechnologies and Electron Devices EDM'2011: Conference Proceedings. – Novosibirsk, NSTU, 2011. – P.241–244.
- [7] Khmelev V.N. Parameter control of cavitating liquid media under the action of ultrasound [Text] / V.N. Khmelev, R.V. Barsukov, D.V. Genne, D.S. Abramenko, E.V. Ilchenko // Polzunovskiy vestnik. – 2012. №2/1. – P. 154 – 159 (in Russian)
- [8] Khmelev, V.N. Ways of improving the electronic generator of ultrasonic technological devices / V.N. Khmelev, R.V. Barsukov, E.V. Ilchenko //