

Литература

1. Биоэнергетика: пособие/ Коротинский В.А., Гаркуша К.Э.. – Минск: БГАТУ, 2011 – 148с.

УДК 534.838.7: 631.56

ЭФФЕКТЫ УЛЬТРАЗВУКА В ЖИДКИХ СРЕДАХ

Корко В.С., к.т.н., доцент, **Кардашов П.В.**, к.т.н., доцент, **Дубодел И.Б.**, к.т.н., доцент
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

При прохождении ультразвука в различных средах (жидких, твердых, газообразных) энергия механических колебаний может поглощаться, преломляться или отражаться. Поглощенная энергия ультразвука преобразуется частично в тепловую и преимущественно в механическую энергию, создающую в среде первичные эффекты (акустическое течение, акустическую кавитацию и переменное давление), которые, в свою очередь, вызывают ряд вторичных явлений и эффектов (разделение частиц, коагуляция, диспергирование, дегазация, течение и фонтанирование жидкости).

В жидких средах под действием ультразвука в локальных зонах могут возникать значительные разности давлений и сопутствующие механические, термические и физико-химические явления, используемые в различных технологических процессах (мойки, очистки, обеззараживания, интенсификации биологических процессов и т.п.) [1-3].

Интенсивность ультразвуковых колебаний, генерируемых пьезоэлектрическими излучателями при одностороннем излучении, Вт/м², [1]

$$I = \frac{K_{\Pi} f^2 U^2}{\rho c}, \quad (1)$$

где K_{Π} - коэффициент, учитывающий свойства материала излучателя, например, для кварца – $1,44 \cdot 10^{-8}$ Вт·Н·с³/(В²·м⁵), титаната бария – $1,44 \cdot 10^{-4}$ Вт·Н·с³/(В²·м⁵); f - частота, Гц; U - напряжение возбуждения, В; ρ - плотность среды, кг/м³; c - скорость распространения ультразвука в данной среде (для воды $c = 1430$ м/с).

Энергия УЗ поля, идущая на образование кавитационной области, затрачивается в течение всей фазы расширения кавитационного пузырька. Средняя за период мощность на образование всей кавитационной области

$$P_k = \frac{E_k}{T_0} = \eta \frac{E}{T_0}, \quad (2)$$

где E_k и E - соответственно энергия, затраченная на создание кавитационной области, и полная энергия ультразвукового поля, Дж; $\eta = \frac{E_k}{E}$ - коэффициент использования акустической энергии; T_0 - период первичного ультразвука, с.

Таким образом, в кавитационной области сравнительно медленно накапливаемая энергия освобождается в течение очень короткого времени, в результате чего мгновенная мощность во много раз превосходит среднюю, вводимую излучателем. Выделяющейся в процессе захлопывания пузырька энергии достаточно для возбуждения, ионизации и диссоциации молекул воды, газов и веществ с высокой упругостью пара внутри кавитационной полости. В результате происходит изменение физико-химических свойств (значение pH , электропроводность воды, число свободных ионов и активных радикалов, структуризация и активация молекул) [3].

Для экспериментальных исследований использовали ультразвуковую ванну объемом 4,5 л с тремя пьезоэлектрическими преобразователями в ее днище, подключенную к генератору с выходной мощностью 250 Вт, рабочей частотой 18 кГц, Измерения активности кавитации в ультразвуковых полях осуществляли кавитометром ИСА – 6D.

Результаты замеров уровней кавитации в различных точках объема ультразвуковой ванны с водой представлены на рисунке.

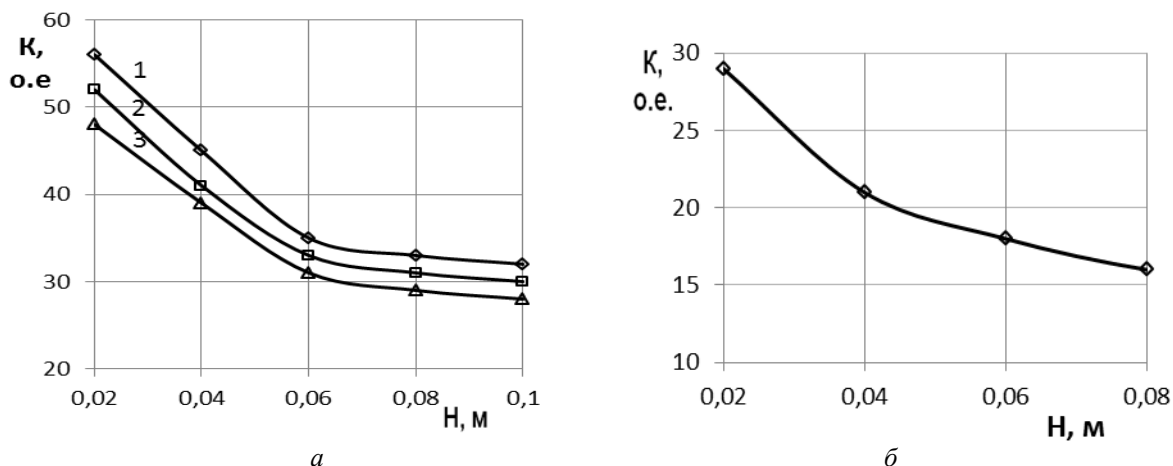


Рисунок - Зависимость уровня полной активной кавитации от расстояния до дна ванны: в воде над излучателями 1...3 (а) и при погружении яблока диаметром 0,06м в центральной зоне, обращенной к излучателю 2 (б)

Анализ результатов исследований позволяет сделать заключение о наличии кавитационных процессов и существенной зависимости уровня кавитации K от расстояния до излучателей H , места расположения измерительного датчика, наличия твердых объектов.

Максимальное значение K имеет место непосредственно вблизи излучателей, затем происходит ее ослабление практически по экспоненциальному закону с увеличением расстояния H до излучателей. Абсолютное значение K вблизи поверхности воды в 1,7...1,9 раз ниже максимума (рисунок а). Аналогично происходит ослабление интенсивности ультразвука по горизонтали в зоне между излучателями.

В соответствии с уравнениями (1), (2) и по результатам наших исследований интенсивность кавитационных процессов практически в квадратичной зависимости зависит от напряжения возбуждения излучателя, а также имеет место некоторый разброс интенсивности каждого излучателя, что, очевидно, связано с их конструктивным исполнением, который учитывается в уравнении (1) коэффициентом K_{II} .

Исследования особенностей пространственного распространения ультразвука в окрестности объекта сферической формы, например, яблока (рисунок б), показали, что относительное изменение уровня кавитации у нижней поверхности яблока на тех же расстояниях от излучателя составляет 1,3...1,5. В верхней части яблока в воде образуется акустическая тень и происходит еще большее ослабление интенсивности ультразвука, что связано с дифракцией волн.

Как показали наши исследования, образцы сферической формы за счет большей обтекаемости в значительно меньшей степени ослабляют измеренный уровень кавитации в зоне, обращенной к излучателям, а также и на противоположной стороне, чем плоские цилиндрические [2]. Эти обстоятельства следует учитывать в технологических процессах, связанных с поверхностной обработкой объектов (очистки, обеззараживания и др.)

Интенсивность и характер проявления эффектов зависят от частоты и интенсивности колебаний, а также от свойств самих сред. Например, в воде при частоте 20 кГц кавитация возникает при интенсивности от $1 \cdot 10^4$ до $(3...7) \cdot 10^4$ Вт/м² [1, 3].

Таким образом, высокая эффективность ультразвуковых технологий обусловлена тем, что в жидких средах, помимо других эффектов, возникает и протекает ультразвуковая кавитация, обеспечивающая максимальные энергетические воздействия, как на сами жидкости, так и на твердые тела в жидкостях, порождающая большое количество эффектов второго порядка, которые, в свою очередь, также обеспечивают интенсификацию протекающих технологических процессов.

Литература

1. Электротехнологии: пособие / И.Б. Дубодел и др. – Минск, БГАТУ, 2014. – 252 с.
2. Толочко Н.К., Корко В.С, Челединов А.Н., Ланин В.Л. Факторы неравномерной очистки деталей машин в ультразвуковых ваннах. Журнал «Вестник машиностроения», - Москва, – 2017. № 4. – С. 82-85
3. Шиляев, А.С. Физические основы применения ультразвука в медицине и экологии: учебно-методическое пособие / А.С. Шиляев, С.П. Кундас, А.С. Стукин; под общ. ред. профессора С.П. Кундаса. – Минск : МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2009. – 110 с.

УДК 658.567.1

**ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ
ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ**

Коротинский В.А., к.т.н., доцент, **Бобко А.А.**

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Загрязнение окружающей среды – привнесение новых, не характерных для нее физических, химических и биологических агентов или превышение их естественного уровня. Загрязнение атмосферы, воды или почвы происходит, если концентрация химических веществ, поступающих в эти среды, либо воздействие на них повышаются до уровня, превышающего способности экосистем к самовосстановлению, т.е. возможности ассимиляционного потенциала окружающей среды.

На современном этапе в мировой практике нашли промышленное применение четыре основных метода переработки отходов [1, 2]:

1. *термическая обработка* (как правило – это сжигание отходов);
2. *биотермическое аэробное компостирование* (с получением удобрения и биотоплива);
3. *анаэробная ферментация* (получение биогаза);
4. *сортировка* (с извлечением ценных компонентов для вторичного использования).

Каждый из методов имеет свои преимущества и недостатки, свои оптимальные области применения, зависящие главным образом от морфологического состава твердых бытовых отходов (ТБО) и региональных условий.

Утилизация ТБО дело непростое и затратное. Устранить эти проблемы и сделать утилизацию отходов менее затратной позволяют проекты по дегазации полигонов твердых коммунальных отходов (ТКО).

Швейцарская компания «TDF ecotech AG» в июле 2010 года осуществила проект утилизации свалочного газа на полигоне ТКО «Тростенец» (Могилевское шоссе, г. Минск).

Для извлечения биогаза из тела полигона твердых бытовых отходов создана система сбора биогаза, которая включает: сеть специально оборудованных вертикальных скважин; горизонтальные газопроводы 1-го порядка для транспортировки биогаза от скважин до газосборных пунктов; газосборные пункты; магистральные газопроводы для перемещения биогаза от газосборных пунктов к установке утилизации (рис.1). Была построена система газопроводов (37 газовых дренажных колодцев и 5 коллекторов) и установлено следующее технологическое оборудование: три газопоршневые установки мощностью по 1 МВт, компрессорная установка, трансформаторная подстанция и факельная установка.

Скважины (рис.2) сооружены буровым способом по всей площади полигона. Бурение осуществлено на 3/4 глубины полигона. Для обустройства скважин использованы перфорированные полимерные трубы диаметром 100 мм.

Каждая скважина осуществляет дренаж конкретного блока ТБО, условно имеющего форму цилиндра. Теоретически устойчивость работы скважины может быть обеспечена, если ее дебит не превышает объема вновь образующегося свалочного газа. По расчетам специалистов фирмы выделяется около 70 тыс. м³ метана в год, а используется около 12 тыс. м³.