

УДК 674.03:621.034

МЕТОДЫ ПОСТАНОВКИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОКОРКИ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

Гаспарян Г. Д.

ФГБОУ ВПО «Братский государственный университет», Иркутская обл., г. Братск, ул. Макаренко, д.40, gasparyan_garik@mail.ru, garik.gaparian@yandex.ru

В статье описаны основные методы постановки комплексных экспериментов, позволяющих провести системный анализ показателей окорки лесоматериалов ультразвуком в водной среде. Так как ультразвуковая окорка является сложным процессом, состоящим из множества возникающих в водной среде физических явлений под действием ультразвука, то методика включает в себя исследование показателей вышесказанных процессов с определением наиболее рациональных параметров технологического оборудования и оптимальными режимами самого процесса окорки лесоматериалов. Одним из ключевых показателей качества окорки лесоматериалов ультразвуком в водной среде является степень очистки ствола дерева от коры. Получаемые результаты экспериментов, поставленных в соответствии с данной методикой, позволяют провести полнофакторные эксперименты, что дает возможность разработать комплекс рекомендаций и методик по проведению дальнейших исследований ультразвуковой окорки лесоматериалов и внедрению в деревообрабатывающее производство.

Ключевые слова: окорка, ультразвуковая технология, кора, технологический процесс, лесоматериал, деревоперерабатывающее производство, экология ультразвука, технологические системы.

ULTRASONIC BARKING EXPERIMENTATIONS METHODS

Gasparyan G. D.

Bratsk state university, Irkutsk reg., Bratsk city, Makarenko st.40, gasparyan_garik@mail.ru, garik.gaparian@yandex.ru

The article is the main methods of production of complex experiments to conduct a systematic analysis of the indicators of ultrasonic barking in water. Since ultrasonic barking is a complex process consisting of many occurring in the aquatic environment of the physical phenomena under the influence of ultrasonic, the technique includes the above, the study parameters determining the most rational of the technological equipment and the optimal mode of the process of debarking wood. One of the key indicators of the quality of wood debarking ultrasound in water purification is the bark of a tree trunk. The obtained results of experiments performed in accordance with this procedure will allow for full factors experiments, which gives an opportunity to develop a set of recommendations and procedures for further research ultrasonic barking and introduction to carpentry.

Key words: barking, ultrasonic technology, the bark, technology process, timber, wood processing industries, ecology ultrasound technology systems.

Введение

При комплексной оценке эффективности ультразвуковой окорки лесоматериалов возникает необходимость в разработке системы методов постановки экспериментов с последующей реализацией и анализом полученных данных.

Исследования проводились по разным направлениям. Во-первых, это определение оптимальных характеристик ультразвуковой колебательной системы; во-вторых, исследование воздействия ультразвуковых волн на слои коры и древесину.

Цель исследования

Целью работы является качественная и количественная проверка математической модели ультразвуковой колебательной системы и процессов, происходящих при воздействии ультразвука на лесоматериал, элементы коры и жидкость.

Материалы и методы исследования

При постановке экспериментальных исследований необходимо формировать направления исследований, в состав которых входят два этапа:

1. определение основных геометрических параметров технических систем, в состав которых входят ультразвуковой генератор, концентратор и излучатель;
2. определение качественных и эксплуатационных характеристик окаривающих ультразвуковых инструментов.

Для оптимизации основных геометрических параметров технических систем определяется метод пошагового изменения профилей концентратора и излучателя. При этом выполняются исследования влияния ультразвуковых излучений на слои коры.

Ультразвуковой генератор определяется по широкополосным характеристикам, что даёт возможность исследовать воздействия ультразвука на лесоматериал с целью его окорки в широком технологическом диапазоне.

Для определения качественных и эксплуатационных характеристик окаривающих ультразвуковых инструментов наиболее рационально воспользоваться калориметрическим методом.

Как известно, калориметрические методы часто используются в качестве эталонных, для проверки правильности определения акустической мощности другими методами, потому что при отсутствии излучения звука через стенки ограниченного объема жидкости и теплообмена с окружающей средой вся введенная в него акустическая энергия в конечном итоге преобразуется в тепловую. Таким образом, измеряя температуру, по известной теплоемкости жидкости можно вычислить, какая энергия для этого потребовалась:

$$\Delta Q = cV\Delta T, \quad (1)$$

где ΔQ – введенная энергия; c – удельная теплоемкость жидкости; V – исследуемый объем; ΔT – изменение температуры.

Для корректного использования данного метода должны выполняться условия:

- отсутствия теплообмена с окружающей средой;
- отсутствия излучения звука исследуемым объемом;
- отсутствия нагрева датчика температуры чем-либо, кроме тепловой энергии термостата.

Для измерения акустической мощности использовалась полиэтиленовая пробирка объемом 6 см³, заполненная водой, в которую погружалось рабочее окончание исследуемого инструмента и термopара хромель-копель. Объем был выбран небольшим, для приближения условий распространения ультразвука к реальным условиям и уменьшения неравномерности остывания жидкости. Учитывая различие скорости звука в кавитирующей жидкости, а также

то, что значительная часть звуковой энергии идет на развитие кавитации, можно предположить, что в воздух излучается и переизлучается незначительная её часть. Во избежание нагрева термопары из-за разности акустических свойств воды и объема термопары, измерения производились только при выключенном ультразвуке. Однако обеспечить термоизоляцию жидкости при таких измерениях принципиально невозможно, так как нельзя теплоизолировать ультразвуковой инструмент, имеющий большую теплоемкость и малое тепловое сопротивление металл – жидкость, от исследуемого объема. Поэтому неизбежно будет происходить охлаждение среды через теплообмен с относительно холодным инструментом. На рис. 1 показано изменение температуры воды пробирке без инструмента (а) и с погруженным инструментом (б).

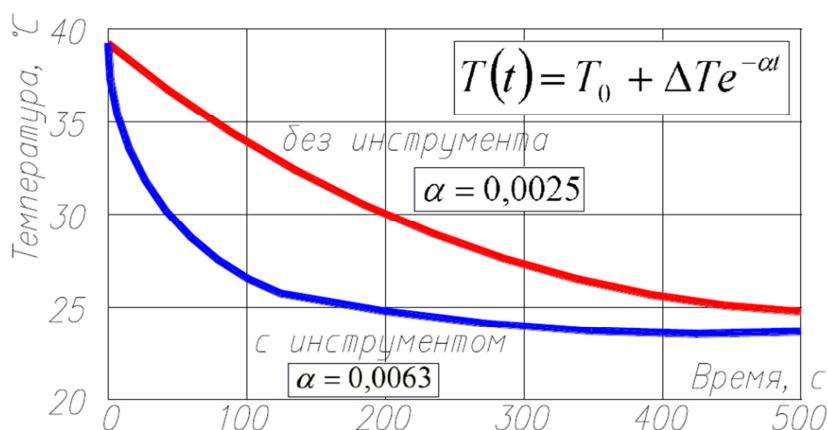


Рис. 1. Влияние погружения инструмента на скорость остывания воды

Поскольку нельзя избавиться от теплопотерь, их разумно просто учесть и не стремиться к полной теплоизоляции пробирки.

При наличии теплообмена с окружающей средой изменение температуры $\frac{dT}{dt}$ в объеме V с удельной теплоемкостью c определяется через акустическую Q_a и рассеиваемую Q_{pacc} энергию следующим образом:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{1}{cV} \frac{dQ_a}{dt} - \frac{1}{cV} \frac{dQ_{pacc}}{dt} = \frac{1}{cV} P_a - \frac{dT_{pacc}}{dt}, \quad (2)$$

где P_a – акустическая мощность; $T_{pacc}(t)$ – температурная зависимость остывания при наличии инструмента в отсутствие ультразвука.

Поскольку остывание происходит по экспоненциальному закону $T_{pacc}(t) = T_0 + e^{-\alpha t}$ (рис. 3.1.), то акустическую мощность можно найти из следующего уравнения:

$$\frac{d(\Delta T)}{dt} + \alpha \Delta T \exp(-\alpha t) = \frac{P_a}{cV}, \quad (3)$$

где $\Delta T = T(t) - T_0$ – текущее увеличение температуры над равновесным значением T_0 ; α – скорость остывания при заданных условиях.

Для проверки точности метода использовался цилиндрический инструмент для озвучивания $\varnothing 4$, для которого были сняты зависимости $T_{расc}(t)$ (рис. 1). В каждом опыте в пробирку заливалась новая жидкость, измерялась ее начальная температура, затем при фиксированном уровне акустической мощности проводилось озвучивание в течение 60 секунд. После этого измерялась температура. Полученные данные подставлялись в уравнение (3.3), которое решалось относительно акустической мощности P_a . Вид кривой изменения температуры $\Delta T(t)$ показан на рис. 3.2.

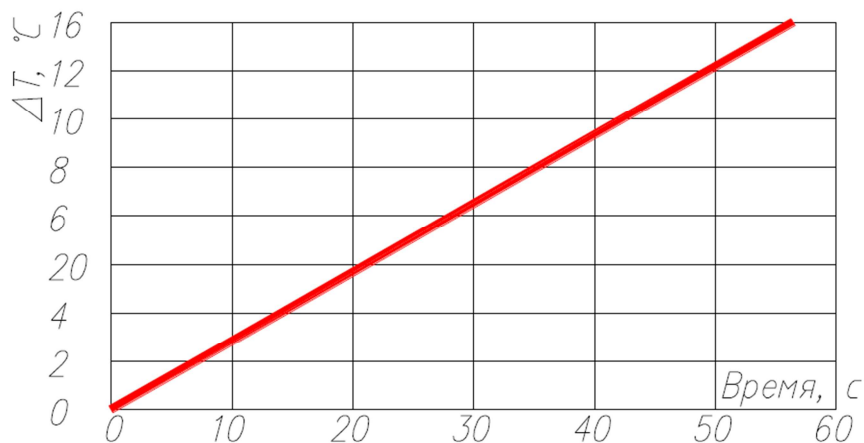


Рис. 2. Повышение температуры жидкости под действием ультразвука при наличии теплообмена

При измерениях получены следующие значения (доверительная вероятность 0.68): $\alpha = 0.00625 \text{ 1/c} \pm 2 \%$.

$\Delta T = 14.5^\circ\text{C} \pm 5 \%$, (измеренное) $\Delta T = 16^\circ\text{C} \pm 8 \%$ (по результатам расчетов).

Таким образом, разность между средними значениями измеренной и рассчитанной температур составляет $1,5^\circ\text{C}$, или -12% . Очевидно, в неё может входить как методическая ошибка определения мощности, так и неучтенные потери на излучение и влияние неравномерности остывания озвучиваемого объема. Данная методика измерения не дает возможности узнать, какой вклад дает каждый из этих факторов в полученную смещенную оценку. Сравнение результатов измерений показывает, что погрешность определения температуры по результатам расчетов превышает измеренную непосредственно. Если считать, что относительная погрешность определения ΔT_2 зависит от погрешностей определения величин, входящих в формулу (3.3) как:

$$\frac{\delta \Delta T_2}{\Delta T_2} = \sqrt{\left(\frac{\delta \Delta T_1}{\Delta T_1}\right)^2 + \left(\frac{\delta \alpha}{\alpha}\right)^2 + \left(\frac{\delta P_a}{P_a}\right)^2}, \quad (4)$$

то случайная составляющая относительной погрешности определения акустической мощности получается равной $\left(\frac{\delta P_a}{P_a}\right) = 6\%$. Это и будет верхней границей ошибки определения мощности с учетом погрешности, вносимой разогревом акустической системы в процессе работы.

Заключение

При постановке экспериментальных исследований процесса окорки лесоматериалов ультразвуком необходимо оперировать основными методами, позволяющими определять наиболее рациональные технологические показатели, связанные со степенью очистки коры от древесины.

Также выше теоретически были описаны факторы, влияющие на процесс окорки, которые включали в себя возникновение процесса кавитационного разрушения элементов коры и гидродинамические возмущения различного характера, приводящих к элементному отрыву коры от древесины.

Список литературы

1. Гаспарян Г. Д. Разработка и обоснование параметров установки для окорки лесоматериалов ультразвуком: Дис. ... канд. техн. наук / Гаспарян Гарик Давидович; науч. Рук. Г. Л. Козинев; Братский государственный университет. – Братск, 2005. – 160 с.
2. Гаспарян Г. Д. Теоретические и экспериментальные исследования воздействия ультразвуковых волн на кору лесоматериалов с целью его окорки. Деп. в ВИНТИ №1399-В2006, 2006. – 7 с.
3. Гаспарян Г. Д. Концептуальное моделирование техники и технологии окорки лесоматериалов с применением ультразвука // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 11. – Ч. 6. – С. 1451–1454.
4. Гаспарян Г. Д. Моделирование кавитационного эффекта при ультразвуковой окорке лесоматериалов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2; URL: <http://www.science-education.ru/108-8679> (дата обращения: 26.03.2013).
5. Гаспарян Г. Д. Энергосберегающие технологии окорки круглых лесоматериалов. – Братск: БрГУ, 2012. – 150 с.
6. Ультразвуковая технология / под ред. Б. А. Аграната. – М.: Металлургия, 1974. – 688 с.
7. Эльпинер И. Е. Экспериментальные исследования по обеззараживанию воды ультразвуком: Дис. ...канд. техн. наук. – М., 1959.

8. Бродский В. З. Введение в факторное планирование эксперимента. – М.: Наука, 1976. – 223с.
9. Бродский В. З., Бродский Л. И. и др. Таблицы планов эксперимента для факторных и полиномиальных моделей. «Металлургия». – М., 1982. –752 с.
10. Onda Corporation Acoustic and Ultrasound Testing Products and Services [Electronic resource]. – Electronic data. – Washington, cop. 2001. Mode access: <http://www.ondacorp.com>.

Рецензенты:

Рыков Сергей Петрович, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Автомобильный транспорт» ФГБОУ ВПО «Братский государственный университет», г. Братск.

Мамаев Леонид Алексеевич, д-р техн. наук, профессор, проректор по учебной работе ФГБОУ ВПО «Братский государственный университет», г. Братск.