



УДК 66.084.8

**Лебедева Светлана Владимировна**, доцент, к.т.н., доцент кафедры радиоэлектроники  
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

**Мерзляков Владимир Иванович**, к.т.н., ст. преподаватель кафедры радиоэлектроники  
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования «Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО  
«ВГУВТ»)

603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

### РАСШИРЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Ключевые слова: *ультразвуковые колебания, мощность излучения, промышленность, деревообработка, качественные показатели, технология, производство, исследования.*

Аннотация. *В статье рассматриваются области применения ультразвуковых колебаний для воздействия на объекты различной природы и целенаправленного изменения их качественных показателей, таких как огне-био-влагостойкость, твердость, пропитываемость, мелкодисперсность, пластичность при прессовании и др.*

В настоящее время происходит бурный рост информатизации во всех областях техники, всеобщая цифровизация и автоматизация различных технологических процессов и развитие нанотехнологий, электроники и ультразвука. По результатам научных конференций различного уровня [1,2], современных научных исследований отечественных и зарубежных ученых, занимающимся ультразвуковыми колебаниями [3-11], области применения ультразвуковых колебаний постоянно расширяются за счет его уникальных свойств.

При распространении ультразвука в различных средах могут порождаться уникальные явления (например, кавитация). Эти явления находят практическое применение в различных областях науки и техники [12,13].

В конце 19 века под руководством великого русского ученого-физика П. Н. Лебедева начались активные исследования ультразвука и его возможностей. В настоящее время появились новые высокоэффективные и экологически безопасные ультразвуковые технологии. К ним относятся следующие технологии:

- в металлургии и металлообработке (закалка и сварка, лужение и пайка металлов, сверление хрупких и особо твердых материалов, абразивная обработка, удаление мелких заусенцев, полировка, очистка металлов от полировочных паст, проката от окалины и др.) [14],
- технологии в химической промышленности (предотвращения образования накипи на теплообменных поверхностях, сушки веществ, получения эмульсий и сверхтонких суспензий различного назначения, диспергирования красителей, сварки полимеров и др.) [15-18]

- технологии в пищевой промышленности (сушка различных веществ, в том числе и неустойчивых к тепловому воздействию, мойка и очистка трубопроводов и деталей технологического оборудования, экстрагирование животного и растительного сырья, получение эмульсий и сверхтонких суспензий, растворение, стерилизация жидких веществ и др.) [17-19 и др.].
- технологии в фармацевтической промышленности (сушка веществ, изменяющих свои свойства при нагреве, растворение, мелкодисперсное распыление лекарственных препаратов, экстрагирование сырья, получение эмульсий и суспензий, стерилизация жидких веществ и др.) [17-18 и др.]
- на транспорте (обработка, очистка деталей без использования горючих и токсичных растворителей, очистка трубопроводов сложной формы, мелкодисперсного распыления тяжелых топлив, получения эмульсий и суспензий) [6,19];
- деревообрабатывающая промышленность (обработка низкосортной древесины для придания особых свойств и улучшения качественных показателей использования экологически чистых технологий получения фанеры, переработка отходов производства пиломатериалов и др.) [20-24 и др.];
- в медицине (ультразвуковые аппараты для исследований и лечения различных заболеваний, в косметологии, хирургии и др.) [25,26 и др.].

В настоящее время роль ультразвука в промышленности и научных исследованиях заметно растет. Благодаря изучению таких явлений как ультразвуковая кавитация и акустические течения, удалось создать технологические процессы, использующие ультразвуковое воздействие на объект в жидкой среде.

В последние годы продолжают открываться и развиваться новые направления применения ультразвука – акустоэлектроника, ультразвуковая фазометрия, молекулярная акустика, голография, квантовая акустика, интроскопия, и др. Ультразвук можно использовать и для получения новых веществ путем ускорения различных химико-технологических процессов. Сегодня уже разработаны и используются на производстве различные ультразвуковые станки, ультразвуковые установки для очистки деталей, генераторы. Автоматизация этих установок позволяет к тому же значительно повысить эффективность работы и производительность труда.

Для придания известным материалам и средам новых оригинальных свойств (наноразмерность, твердость, плотность, стерильность и т.п.), которые невозможно было получить ранее, можно также использовать ультразвуковые технологии.

Фокусировка повышает интенсивность ультразвуковых колебаний в определенных зонах воздействия. Внутри материальных тел за счет высокой мощности ультразвуковых колебаний, которая может достигать сотен кВт, и большой интенсивности сигнала может распространяться очень большая энергия механических колебаний. Эти свойства ультразвука позволяют повышать эффективность производства в целом и решать многие вопросы контроля и измерений. Эти особые свойства определили области применения ультразвуковых колебаний низкой и высокой интенсивности (рис. 1).

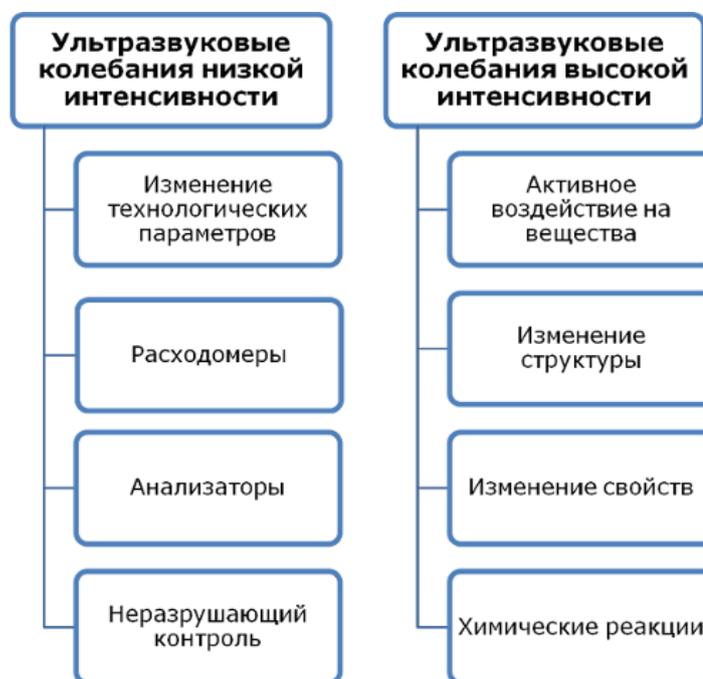


Рис. 1.

В последнее время возрос интерес к применению ультразвуковых колебаний высокой интенсивности, которые используются в различных средах (рис. 2).

Одним из направлений, приобретающих большую популярность в последнее время, является ультразвуковое уплотнение цельной древесины. «Если древесину с малой плотностью искусственно уплотнить, то полученный материал может иметь физико-механические характеристики равные или превышающие аналогичные параметры древесины деревьев ценных пород» - по материалам патента [24].

Одним из направлений использования ультразвука является воздействие на химические составы, с помощью которых в древесину вводятся модификаторы для придания ей определенных свойств [21]. Особенностью технологии механохимической модификации древесного вещества является направленное и программируемое изменение физико-механических свойств натуральной древесины (как массивной, так и измельченной, т.е. отходы деревообработки) путём введения на межклеточный уровень древесного вещества водного раствора модификатора, который под воздействием управляемых технологических факторов активно изменяет природную микроструктуру древесного вещества с целью получения заданных эксплуатационных и технологических свойств продукции из древесины.

Ультразвуковые колебания очень хорошо подходят для получения сверхтонкого диспергирования, которое нельзя получить какими то другими способами. Под действием колебаний в жидкости возникает кавитация. Звуковое давление и мощнейшие микропотоки воздействуют на пограничный слой, устраняя сопротивление переносу реагирующих веществ и ускоряя технологический процесс [27].

В ходе исследований технологий механохимической модификации древесного вещества при изготовлении фанеры можно получить заданные эксплуатационные свойства – огне-био-влагостойкость после прессования шпона при температуре до 200°C . При этом ещё как бы «разлохмачивается» поверхность шпона и увеличивается реагирующая поверхность шпона при прессовании.

Таким образом, УЗ колебания увеличивают пропитываемость шпона необходимыми добавками и вредные для людей и природы формальдегидные смолы можно убрать из процесса производства, заменив их на экологически чистое сырьё.



Рис. 2. Практическое применение высокоинтенсивных ультразвуковых колебаний

### Список литературы:

- [1] A. N. Lebedev; A. V. Shalunov; S. S. Khmelev; N. V. Kuchin; A. V. Shalunova. Ultrasonic Oscillating System for Radiators of Gas Media. International Workshops and Tutorials on Electron Devices and Materials EDM'2008. Novosibirsk: NSTU, 2008.
- [2] Педдер, В.В. «Обратный» ультразвуковой капиллярный эффект и некоторые направления его клинического применения / В.В. Педдер, А.В. Педдер, В.В. Хмелев и др. // X-я международная конференция-семинар EDM 2009, 1-6 июля, Эрлагол. Новосибирск.- Изд-во Новосибирского государственного технического ун-та. 2009.-С 414-423.
- [3] В.Н. Хмёлев, А.В. Шалунов и др. Ультразвуковые многофункциональные и специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в промышленности. Барнаул: АлтГТУ, 2007. 416 с.
- [4] Глазнев В. Н. Устройство для сушки капиллярно-пористых сыпучих материалов. Патент РФ № 2095707.
- [5] Кардашев Г.А. Физические методы интенсификации процессов химической технологии / Г.А. Кардашев. – М.: Химия, 1990. - 208 с.

*Материалы научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава,  
аспирантов и студентов*

- [6] Хмелев, В.Н. Ультразвуковое распыление жидкостей: монография / В.Н. Хмелев, А.В. Шалунов, А.В. Шалунова; Алт. гос. техн. ун-т им.И.И. Ползунова, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2010. – 250 с.
- [7] Келлер, О.К. Ультразвуковая очистка / О.К. Келлер, Г.С. Кротыш, Г.Д. Лубяницкий. – Л.: Машиностроение, 1977. – 325 с.
- [8] Хмелев, В.Н. Способ повышения качества работы систем ФАПЧ электронных ультразвуковых технологических аппаратов / В.Н. Хмелев и др. // Измерения, автоматизация и моделирование в промышленных и научных исследованиях: межвузовский сборник / под ред. Г.В. Леонова. – Бийск, 2002. – С. 178–184.
- [9] Choo Kwang Moon, V. N. Khmelev, A. V. Shalunov, Lee Hyo-Jai, A. N. Lebedev, M. V. Khmelev. Compact Ultrasonic Dryer for Capillary-porous and Loose Materials. Ninth International Workshops and Tutorials on Electron Devices and Materials EDM'2008: Workshop Proceedings. Novosibirsk: NSTU, 2008, p. 295–299.
- [10] Juan A. Gallego-Juarez and Karl F. Graff Power Ultrasonics: Applications of High-Intensity Ultrasound. Woodhead Publishing. 2015. P.1167.
- [11] Chen D., Sharma S.K., Mudhoo A. (Eds.) Handbook on Applications of Ultrasound: Sonochemistry for Sustainability .
- [12] Верещагин, А.Л. Влияние ультразвукового облучения и регуляторов роста на ризогенную активность растительных объектов: монография / Верещагин А.Л., Хмелева А.Н.; Алт. гос. техн. Ун-т им.И.И. Ползунова – Барнаул: АлтГТУ, 2010, 74 с.
- [13] Каталог разработанного оборудования лаборатории акустических процессов и аппаратов.– 2010.– 45 с.– Режим доступа: <http://ultrasonic.ru/downloads/price/catalogproduct.pdf>
- [14] Хмелев, В.Н. Ультразвуковая размерная обработка материалов / В.Н. Хмелев, Р.В. Барсуков, С.Н. Цыганок. – Барнаул: АлтГТУ, 1999. – 123 с.
- [15] Волков, С.С. Сварка пластмасс ультразвуком / С.С. Волков, Б.Я. Черняк. – 9-е изд. – М.: Химия, 1986. – 256 с.
- [16] Экнадиосянц, О.К. Получение аэрозолей / О.К. Экнадиосянц // Физические основы ультразвуковой технологии / под ред. Л.Д. Розенберга. – М.: Наука, 1970. – С. 337–395.
- [17] С. Н. Цыганок, А. Н. Лебедев Исследование эффективности ультразвуковой сушки. Электронный журнал «Техническая акустика» Режим доступа <http://www.ejta.org> 2009, 6
- [18] Хмелев В. Н. Исследование эффективности ультразвуковой сушки. В. Н. Хмелев, А. В. Шалунов, Р. В. Барсуков и др. Электронный журнал «Техническая акустика» Режим доступа <http://www.ejta.org> 2009, 6.
- [19] Келлер, О.К. Ультразвуковая очистка / О.К. Келлер, Г.С. Кротыш, Г.Д. Лубяницкий. – Л.: Машиностроение, 1977. – 325 с.
- [20] Иванов В. А., Новик А. А., Новик А.А., Новик А. А. Устройство для ультразвуковой обработки древесины. Патент RU 2419537 С1
- [21] Кухарев В. Структурно-модифицированная древесина. Технология интеллектуального строительства. Оборудование и материалы. №4. 2015.
- [22] Акоюн В.Б. Основы взаимодействия ультразвука с биологическими объектами. Ультразвук в медицине, ветеринарии и экспериментальной биологии / В.Б. Акоюн, Ю.А. Ершов . – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 225 с.
- [23] Ультразвуковое оборудование для липосакции Mentor – Режим доступа: [www.mentorcorp.com](http://www.mentorcorp.com)
- [24] Патент RU 2340443. Способ получения модифицированной древесины Шамаев В. А., Постников В. В., Трубников Н. А., Калинина О. А., Бурлов С. А., Левин М. Н.
- [25] Патент RU 2315252 Способ сушки длинномерных изделий из древесины Гордеев В. Ф., Адиков С. Г., Сипиков Е. А.
- [26] Патент RU 2419537 Шалунов А. В., Цыганок С. Н., Хмелев В. Н. Барсуков Р. В. Лебедев А.Н. Устройство для ультразвуковой сушки.
- [27] Ультразвуковое оборудование [Электронный ресурс]. – ПКФ ООО «Сапфир». – Режим доступа: <http://www.sapphire.ru/>.

## THE EXPANSION OF THE APPLICATIONS OF ULTRASOUND IN INDUSTRY

Lebedeva Svetlana V., Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor of the Department of radio electronics Volga State University of Water Transport 603950, Nizhniy Novgorod, Nesterova, 5, e-mail: [vim@vgavt-nn.ru](mailto:vim@vgavt-nn.ru).

Merzlyakov Vladimir I., Ph.D. in Engineering Science, Senior Lecturer of the Department of radio electronics Volga State University of Water Transport 603950, Nizhniy Novgorod, Nesterova, 5, e-mail: [vim@vgavt-nn.ru](mailto:vim@vgavt-nn.ru).

*Key words: ultrasonic vibrations, radiation power, industry, woodworking, quality indicators, technology, production, research.*

*Annotation. The article deals with the application of ultrasonic vibrations to influence of objects of different nature and purposeful changes in their quality indicators, such as fire-bio-moisture resistance, hardness, impregnation, fine dispersion, plasticity during pressing, etc.*