УДК 674.03:621.034

ОСНОВЫ МЕТОДА И ТЕХНОЛОГИИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОКОРКИ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

Гаспарян Г.Д.

ФГБОУ ВПО «Братский государственный университет», Братск, e-mail: gasparyan_garik@mail.ru, garik.gaparian@yandex.ru

В статье отображены основные теоретические и экспериментальные исследования совершенствования технологического процесса окорки лесоматериалов посредством воздействия на древесное сырьё ультразвука в водной среде. Как известно ультразвук сегодня получил применение во многих направлениях деятельности человека: в медицине, сельском хозяйстве, в различных промышленных структурах и других. В настоящей работе представлены материалы, позволяющие провести оценку возможности интродукции ультразвука и явления, возникающие при его воздействии в различных средах, в процессе окорки лесоматериалов. Многие научно-исследовательские и проектно-конструкторские организации проводят исследования и изыскания в области совершенствования технического вооружения, технологических процессов при обработке древесного сырья и разработки комплексного его использования. Учитывая многолетние исследования в области применения ультразвукового излучения, а также изучение физических и акустических свойств в работе предлагается новое технологическое решение – использование ультразвукового излучения (УЗИ) в технологическом процессе окорки древесины.

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

BASIS OF METHODS AND TECHNOLOGY OF ULTRASONIC TIMBER BARKING

Gasparyan G.D.

Bratsk state university, Bratsk, e-mail: gasparyan_garik@mail.ru, garik.gaparian@yandex.ru

The article is the basic theoretical and experimental research to improve the log barking process by ultrasonic exposing at logs in water. As we know today, ultrasonic was used in many areas of human activity: in medicine, agriculture, various industrial structures, and others. This article presents the materials that help to assess the possibility of the introduction of ultrasonic and effects arising from its effects in different environments, in the process of timber barking. Many research and design organizations conduct research and studies in the field of improving the technical equipment, process technology in the processing of wood raw material and the development of integrated use. Given the many years of research in the application of ultrasonic radiation, as well as to study the physical and acoustic properties we propose a new technological solution – the use of ultrasonic radiation (U.S.) in the process of debarking wood.

Keywords: barking, ultrasonic technology, the bark, technology process, timber, wood processing industries, ecology ultrasound technology systems

При комплексном и экономически выгодном использовании древесного сырья возникает требование обязательной его окорки, которую выполняют на предприятиях лесной промышленности или непосредственно у потребителей древесного сырья. Практически все сортименты, за исключением дров, окариваются [3].

В последние годы в мировой и отечественной практике для сокращения многообразия конструкций созданы многофункциональные станки. Они обеспечивают выполнение предъявляемых к окорке лесоматериалов требований благодаря применению различных инструментов и дополнительных приставок в виде подающих и окаривающих механизмов.

Современные окорочные станки – сложное технологическое оборудование, и качественная безаварийная работа на них существенно зависит от квалификации станочника. Помимо этого существующее технологическое оборудование для окорки лесоматериалов является металлоёмким и энергоёмким, что приводит к повышению себестоимости конечного продукта и высокой степени зависимости от рынка энергообеспечения.

Также при окорке лесоматериалов существующим оборудованием происходит потеря древесины (в барабанах до 1,5...8 %, в роторных станках до 0,5...7 %). Потери древесины, в первую очередь, зависят от породы и качества балансов и способа окорки.

На потери древесины также влияет требуемая степень удаления коры. Полное удаление коры приводит к значительным экономически неоправданным потерям древесины, поэтому в древесине, идущей на химическую переработку, допускается наличие некоторого количества коры, содержание которой регламентируется в зависимости от конечного продукта [4].

Тем не менее, совершенствование процесса окорки лесоматериалов является вопросом актуальным и требует развития и оптимизации посредством совершенствования техники и технологии.

Вместе с тем, отмеченные выше достижения ультразвуковых технологий за

исключением медико-диагностической направленности до настоящего времени почти не известны и не используются в практической и бытовой деятельности человека.

Одним из перспективных физических методов воздействия на вещества для интенсификации технологических процессов и образования новых, является метод, основанный на использовании механических колебаний ультразвукового диапазона − так называемых ультразвуковых (УЗ) колебаний.

Развитие УЗ техники и технологии сдерживается также низкой информированностью потребителей об эффективности УЗ воздействий и отсутствием методических рекомендаций, учитывающих особенности применения УЗ технологий в условиях малых производств, сельском и домашнем хозяйстве [3].

Как было сказано выше – технологический процесс окорки лесоматериалов является актуальной задачей и требует дальнейшего исследования и совершенствования.

Целью работы является повышение эффективности процесса окорки лесоматериалов путём внедрения нового технологического решения с применением ультразвука.

Для решения поставленных в работе проблем используются методы теории анализа, концептуального и математического моделирования, основные положения формирования технологических комплексов в лесном комплексе по направлению совершенствования окорки лесоматериалов.

Понятие «ультразвук» приобрело в настоящее время более широкий смысл, чем просто обозначение высокочастотной части спектра акустических волн. С ним связаны целые области современной физики, промышленной технологии, информационной и измерительной техники, медицины и биологии.

Характерной особенностью современного состояния физики и техники ультразвука является чрезвычайное многообразие его применений, охватывающих частотный диапазон от слышимого звука до предельно достижимых высоких частот и область мощности от долей милливатта до десятков киловатт. Ультразвук применяется в металлургии для воздействия на расплавленный металл, в микроэлектронике и приборостроении для прецизионной обработки тончайших деталей; в качестве средства получения информации он служит как для измерения глубины, локации подводных препятствий в океане, так и для обнаружения микродефектов в ответственных деталях и изделиях; ультразвуковые методы используются для фиксации малейших изменений химического состава веществ и для определения степени затвердевания бетона в теле плотины. На основании разнообразных воздействий ультразвука на вещество образовалось целое технологическое направление – ультразвуковая технология. В области контрольно-измерительных применений ультразвука в самостоятельный, установившийся раздел выделилась ультразвуковая дефектоскопия, возможности которой и разнообразие решаемых ею задач существенно возросли [5].

В настоящей работе предложено применение эффектов, возникающих при воздействии ультразвука на вещество с целью окорки лесоматериалов [1].

При теоретическом исследовании в настоящей работе разработаны комплексные модели технических систем и технологии окорки лесоматериалов ультразвуком, которые представленны на рис. 1.

Основываясь на структуре комплексного моделирования окорки лесоматериалов ультразвуком, разработку модели можно ориентировать по принципу технического дифференцирования, позволяющему исследовать параметры отдельно каждого элемента технической системы. В связи с этим ниже представлены математические модели ультразвукового генератора и колебательной системы.

Математическая модель элементов технических систем, в частности ультразвуковой колебательной системы (рис. 2), основывается на законе Гука, при соответствующем преобразовании которого принимает вид, представленный в формуле (1).

$$\begin{cases} \dfrac{dU_1}{dZ} = \left[EF(Z)\cdot\left(1+\dfrac{\psi_0{}^2}{4\pi^2}\right)\right]^{-1}\cdot\left(N_1+\dfrac{\psi_0}{2\pi\omega}N_1\right) \\ \dfrac{dU_2}{dZ} = \left[EF(Z)\cdot\left(1+\dfrac{\psi_0{}^2}{4\pi^2}\right)\right]^{-1}\cdot\left(N_2-\dfrac{\psi_0}{2\pi\omega}N_1\right) \\ \dfrac{dN_1}{dZ} = -\omega^2\rho F(Z)U_1 \\ \dfrac{dN_2}{dZ} = -\omega^2\rho F(Z)U_2 \end{cases} \quad (1)$$

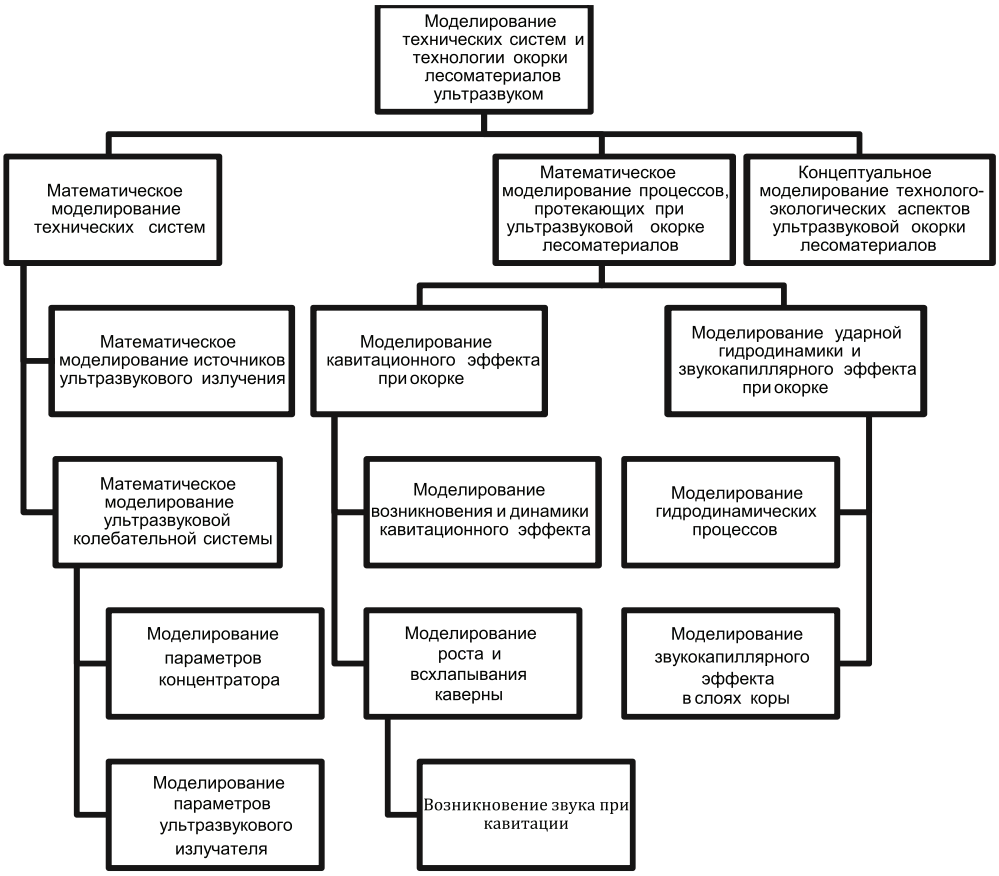

Рис. 1. Структура комплексной модели технических систем и технологии окорки лесоматериалов ультразвуком

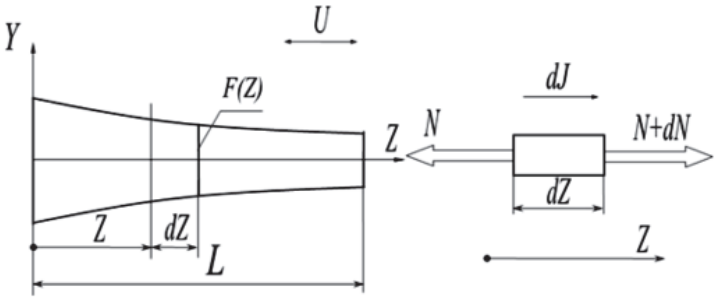

Рис. 2. Элемент стержня, ограниченный двумя поперечными сечениями

Для оптимизации параметров ультразвуковой окорки круглых лесоматериалов возникает необходимость разработки математической модели различных процессов, происходящих при реализации технологии. Ультразвуковая окорка является сложной системой процессов, происходящих при воздействии ультразвуковых волн на различные участки слоёв коры и среды окаривания.

При исследовании показателей ультразвука основным принципом физического влияния на элементы коры является процесс возникновения кавитационного эффекта, позволяющего синтезировать различные процессы для отрыва коры от древесины. Учитывая это, разработаны математические модели возникновения кавитационного эффекта при ультразвуковой окорке, возникновения гидродинамических процессов, влияющих на физический отрыв коры от древесины.

Математическое описание процесса кавитации основывается на законе Рэлея:

$$R\ddot{R} + \frac{3}{2}\dot{R}^2 = -\frac{P_0}{\rho} \qquad (2)$$

по которому при аппроксимации по Кирквуду-Бете получаем следующее уравнение:

$$R\left(1-\frac{U}{A}\right)\frac{d^2R}{dt^2}+\frac{3}{2}\left(1-\frac{U}{3A}\right)\cdot\left(\frac{dR}{dt}\right)^2-\left(1+\frac{U}{A}\right)H-$$
$$-\frac{U}{A}\left(1-\frac{U}{A}\right)R\frac{dH}{dR}=0. \quad (3)$$

Дифференциальное уравнение второго порядка не может быть решено аналитически в общем виде. Для поиска численного решения применяется метод конечных разностей и в итоге получаем:

$$R_i\left(1-\frac{R_i-R_{i-1}}{A_{i-1}\Delta t}\right)\frac{R_i-2R_{i-1}+R_{i-2}}{(\Delta t)^2}+\frac{3}{2}\left(1-\frac{R_i-R_{i-1}}{3A_{i-1}\Delta t}\right)\times$$
$$\times\left(\frac{R_i-R_{i-1}}{A_{i-1}\Delta t}\right)^2-\left(1+\frac{R_i-R_{i-1}}{A_{i-1}\Delta t}\right)H_{i-1}-\frac{R_i-R_{i-1}}{A_{i-1}\Delta t}\times \quad (4)$$
$$\times\left(1-\frac{R_i-R_{i-1}}{A_{i-1}\Delta t}\right)R_i\frac{H_{i-1}-H_{i-2}}{R_i-R_{i-1}}=0.$$

Исходя из целевого предназначения ультразвуковых технологий окорки лесоматериалов и масштабного применения ультразвуковых установок в условиях предприятий необходимо исследование проблем экологической безопасности и факторов, обеспечивающих рациональное использование сырья и качество получаемых продуктов.

Исследование технологии ультразвуковой окорки лесоматериалов дает основание предположить, что негативные последствия от использования УЗ аппаратов могут быть выявлены по факторам материальных и энергетических выбросов. Как показывает опыт, ультразвуковые технологии переработки сырья способствуют более полному выделению целевых продуктов, повышению их качества и прочих потребительских свойств. В конечном счёте все это обеспечивает более полное решение задачи рационального использования природных ресурсов и, следовательно, большей сохранности окружающей природной среды [7, 8].

Учитывая вышесказанное, можно определить степень замкнутости технологического процесса ультразвуковой окорки лесоматериалов (рис. 3).

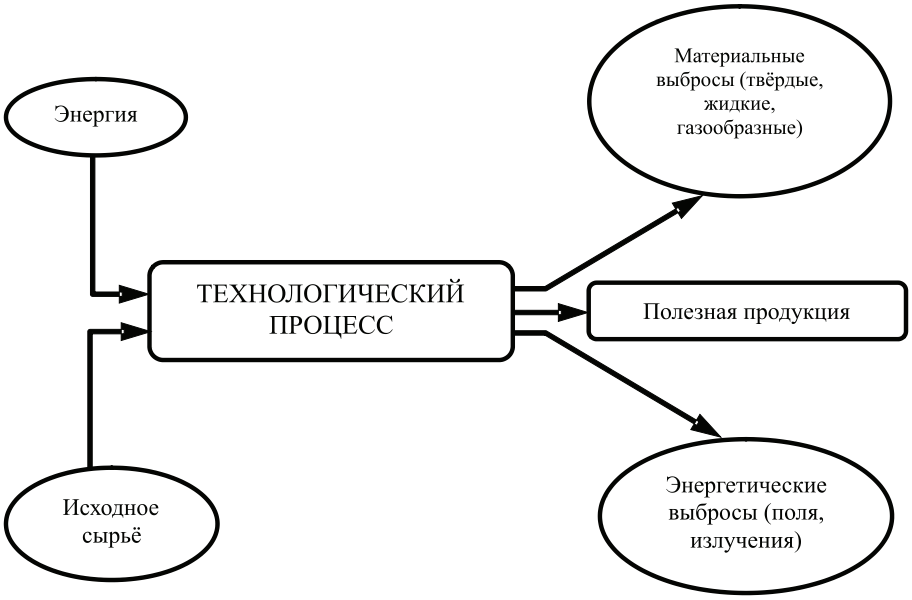

Рис. 3. Степень замкнутости, определяющая технологический процесс ультразвуковой окорки лесоматериалов

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

Общий вид установки для исследования процесса окорки лесоматериалов с помощью ультразвукового излучения представлен на рис. 4.

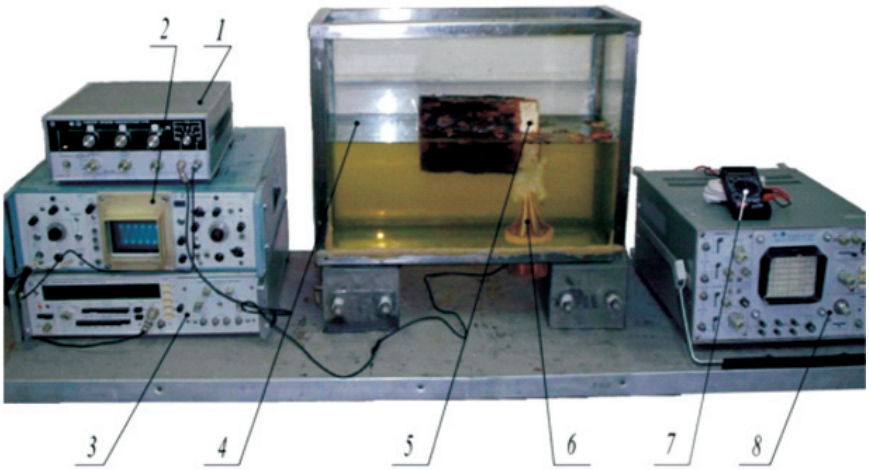

Рис. 4. Экспериментальная установка для исследования ультразвуковой окорки лесоматериалов: 1 – ультразвуковой генератор; 2 – осциллограф входного контура; 3 – цифровой частотомер; 4 – стеклянная ванна; 5 – обрабатываемый материал; 6 – ультразвуковая колебательная система; 7 – мультиметр (термометр); 8 – осциллограф выходного контура

На основе разработанных методик исследований в работе были проведены полнофакторные эксперименты, определяющие оптимальные показатели технических систем и процессов ультразвуковой окорки лесоматериалов.

Заключение

В настоящей работе определена возможность интродукции ультразвукового излучения в технологический процесс окорки лесоматериалов, имеющий новое технологическое решение, позволяющее повысить технический и технологический уровень процесса окорки лесоматериалов.

В результате теоретических и экспериментальных исследований были выявлены наиболее рациональные показатели технических систем и технологических комплексов, позволяющих максимально эффективно интродуцировать данный метод в лесопромышленный сектор.

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. Козинов; 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 ВИНИТИ № 1399-В2006, 2006.

3. Бойков С.Н. Теория процессов очистки древесины от коры. – Л., 1980. – 152 с.

4. Концептуальное моделирование техники и технологии окорки лесоматериалов с применением ультразвука // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 11 (ч. 6). – С. 1451–1454.

5. Пигильдин Н.Ф. Окорка лесоматериалов (теория, технология, оборудование). – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 192 с.

6. Ультразвуковые технологии и аппараты [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – [Бийск].: Официальный сайт лаборатории акустических процессов и аппаратов Бийского технологического института. 1994–2011. – Режим доступа: http://u-sonic.ru.

References

1. Gasparyan G.D. Razrabotka i obosnovanie parametrov ustanovki dlya okorki lesomaterialov ul'trazvukom : dis. ... kand. tehn. nauk / Gasparyan Garik Davidovich; nauch. Ruk. G. L. Kozinov; Bratskij gosudarstvennyj universitet. Bratsk, 2005. 160 p.

2. Gasparyan G.D. Teoreticheskie i eksperimental'nye issledovaniya vozdejstviya ul'trazvukovyh voln na koru lesomaterialov s cel'yu ego okorki. Dep. v VINITI № 1399-V2006, 2006.

3. Bojkov S.N. Teoriya processov ochistki drevesiny ot kory. L., 1980. 152 p.

4. Konceptual'noe modelirovanie tehniki i tehnologii okorki lesomaterialov s primeneniem ul'trazvuka // Fundamental'nye issledovaniya no. 11 (chast' 6) 2012, pp. 1451–1454.

5. Pigil'din N. F. Okorka lesomaterialov (teoriya, tehnologiya, oborudovanie) M.: Lesn. prom-st', 1982. 192 p.

6. Ul'trazvukovye tehnologii i apparaty [}lektronnyj resurs]. }lektron. dan. [Bijsk].: Oficial'nyj sajt laboratorii akusticheskih processov i apparatov Bijskogo tehnologicheskogo instituta. 1994–2011. Rezhim dostupa: http://u-sonic.ru

Рецензенты:

Иванов В.А., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Лесные машины и оборудование» ФГБОУ ВПО «Братский государственный университет», г. Братск;

Мамаев Л.А., д.т.н., профессор, проректор по учебной работе ФГБОУ ВПО «Братский государственный университет», г. Братск.

Работа поступила в редакцию 04.04.2013.