

## ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

УДК 531.754:534.6 6 534:08:534.22:681.2.083

*А. А. Симоненко, Е. З. Коварская*

### К ВОПРОСУ О ТАМОЖЕННОМ КОНТРОЛЕ ПЛОТНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ

UDC 531.754:534.6 6 534:08:534.22:681.2.083

*A. A. Simonenko, E. Z. Kovarskaya*

### ON THE ISSUE OF CUSTOMS CONTROL OF WOOD DENSITY

#### **Аннотация**

Приводится описание методик, разработанных в результате научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по заказу Федеральной таможенной службы (ФТС) России. Главное назначение подобных методик – это усовершенствование, ускорение и облегчение работ по выполнению контрольных функций в ходе проведения таможенных операций.

#### **Ключевые слова:**

таможенный контроль, плотность древесины, акустический контроль, низкочастотные ультразвуковые измерения.

#### **Abstract**

The paper is devoted to the methods developed as a result of the research and development work commissioned by the Federal Customs Service of Russia. The main purpose of the development of these methods is improvement, acceleration and facilitation of the control functions in customs operations.

#### **Key words:**

customs control, wood density, acoustic control, low-frequency ultrasonic measurements.

С территории Российской Федерации (РФ) ежегодно экспортируются большие объёмы древесины. Древесину потребляют все отрасли народного хозяйства – она легка, прочна и имеет способность без разрушения поглощать энергию при ударных нагрузках, гасить вибрации, а также обладает хорошими теплоизоляционными свойствами [1].

Возникновение Таможенного союза и вступление во Всемирную торговую организацию (ВТО) сопровождаются изменениями в законодательстве РФ, пересмотром вывозных таможен-

ных пошлин, введением новой системы тарифных квот и экспортных лицензий на необработанную древесину. Это отражается на количестве перемещаемых через таможенные посты лесоматериалов, и при этом значительно сокращаются нормы времени на их оформление. Большая территория страны затрудняет организацию единообразных условий для проверки грузов на соответствие заявленных в документах данных. Должностные лица ФТС часто сталкиваются с различными вариациями размещения объектов контроля на транс-

портных средствах, используемых для перевозки древесины. По факту к досмотру (осмотру) предоставляется перевозимая автомобильным и железнодорожным транспортом, морскими и речными судами древесина разной обработки, упаковки и укладки. Это сказывается на времени оформления грузов. В связи с ужесточением условий вывоза круглого леса в некоторых регионах экспортеры переориентировались на вывоз пиломатериалов, тем самым упростив осуществление таможенного контроля их объемов. В то же время тенденция увеличения экспорта обработанной древесины затрудняет контроль над достоверным декларированием наименований её пород. Пересмотр подхода к оформлению грузов, усовершенствование таможенного контроля и сокращение общего количества таможенных постов, через которые допускается экспорт древесины, позволяют анализировать, регулировать и контролировать основные потоки лесоматериалов.

В настоящее время на рынке древесного сырья возникла необходимость в исследовании количества и показателей качества древесины. Несоблюдение правила «срубил одно дерево, посади десять саженцев» привело к неравномерному, а в некоторых местах к критичному истощению запасов древесины. Введение норм расхода древесного сырья, необходимость рационального использования древесины и совершенствование методов ее учета становятся актуальными у работников лесной индустрии. При решении вопросов с воспроизводством и переработкой древесного сырья необходимо получение точных данных о свойствах древесины в условиях ограниченного времени. К основным качественным характеристикам древесины относится ее плотность. Одним из важнейших достоинств плотности как показателя качества древесины является ее универсальность, на основе которой можно рассчитать содержание сухого вещества в древесном сырье и определить, в частности, весовую про-

дуктивность древостоев, являющуюся более важным показателем, чем объемная производительность. Влияние плотности на многие физические свойства древесины дает представление о ее механических свойствах, что можно использовать для прочностной сортировки пиломатериалов. Плотность можно использовать для прогнозирования свойств бумаги и древесно-стружечных плит, также она влияет на качество многих продуктов, получаемых из древесины. Плотность древесного сырья определяет важнейший экономический показатель – выход целлюлозы [2].

Разработано несколько десятков методов определения плотности древесины (включая их модификации). Выбор метода зависит от многих факторов: вида определяемой плотности, возможности изготовления образцов правильной формы, размеров образцов, имеющегося лабораторного оборудования, объема производимого анализа. Существуют методы определения плотности, реализуемые стереометрическим способом, способом вытеснения воды, способом гидростатического взвешивания и др. Методы с применением рентгеновского и  $\beta$ -излучения более точны, но трудоемки и дороги [2]. Обзор и анализ существующих методов показал, что в основном плотность древесины определяют по ГОСТ 16483.1-84 *Древесина. Метод определения плотности* на образцах, имеющих форму четырехгранной прямоугольной призмы с основанием  $20 \times 20$  мм и высотой вдоль волокон 30 мм, грани которой гладко остроганы. Этот метод трудоемок, требует тщательного отбора образцов и занимает достаточно много времени.

При экспорте лесоматериалов для нужд целлюлозно-бумажной промышленности и других целей в документах на груз указывается значение основных параметров древесины, в том числе значение ее плотности. В таких случаях актуальным является вопрос проведения оперативного контроля заявленных по-

казателей. В связи с этим ведутся работы по усовершенствованию таможенных операций и оснащению подразделений ФТС новыми техническими средствами, позволяющими объективно оценивать параметры древесины при таможенном контроле. Вопросы усовершенствования контроля пород и объема древесины актуальны уже не один десяток лет. Им уделяется пристальное внимание и сегодня. В целях упрощения таможенного контроля ФТС инициирует разработку методик и технических средств, которые бы позволили ускорить процесс оформления, повысить точность измерений и автоматизировать операции.

Разработка методик измерений, а также создание универсальных технических средств, реализующих методы контроля товаров и их точную классификацию по товарной номенклатуре внешнеэкономической деятельности Таможенного союза (ТН ВЭД ТС) в условиях осуществления таможенных операций, является одной из основных задач научно-исследовательских работ. Так, наряду с разработкой технических средств таможенного контроля, позволяющих осуществлять контроль пород, объемов штабелей и влажности древесины, ведутся научно-исследовательские работы по разработке экспресс-методик определения плотности на натурных объектах контроля. По итогам работ, выполненных специалистами ЗАО НПЦ ИГТ и ООО «ЗВУК» с участием аспиранта, аттестованы методики определения плотности древесины с применением косвенных методов – низкочастотного ультразвукового метода и низкочастотного акустического метода свободных колебаний. В результате экспериментальных исследований была установлена корреляционная связь между плотностью  $\rho$  древесины и скоростью распространения ультразвуковых колебаний, а также между плотностью древесины и приведенной скоростью распространения акустических волн  $C_l$

для некоторых пород древесины в широком диапазоне влажности, наиболее часто предъявляемых к таможенному контролю.

При использовании импульсного ультразвукового метода производится измерение времени прохождения импульсом ультразвуковых колебаний (УЗК) расстояния между излучателем и приемником и определение скорости распространения продольных упругих колебаний в сплошной среде  $C_\infty$ , м/с, которая связана с константами упругости материала выражением

$$C_\infty = \sqrt{\frac{E(1-\nu)}{\rho(1+\nu)(1-2\nu)}}, \quad (1)$$

где  $E$  – модуль нормальной упругости, Н/м<sup>2</sup>;  $\rho$  – плотность, кг/м<sup>3</sup>;  $\nu$  – коэффициент Пуассона.

Приведенное выражение справедливо для изотропного материала, но может быть также использовано для оценки действующих (эффективных) модулей материалов с анизотропией свойств.

С помощью этого метода возможно производить локально-интегральную оценку равномерности распределения свойств по образцам, а также оценку степени анизотропии свойств, что с учетом специфики контролируемого материала может нести дополнительную информацию о стабильности свойств и качестве лесо- и пиломатериалов.

Как контролируемые характеристики могут быть использованы величины  $C_{\perp\infty}$  (перпендикулярно волокнам) и  $C_{\parallel\infty}$  (вдоль волокон), при этом наиболее чувствительна к изменению структуры величина  $C_{\perp\infty}$ . Однако с учетом анизотропии свойств и существенной неоднородности лесоматериалов для достоверной оценки следует проводить усреднение при достаточно большом количестве измерений по длине и окружности.

В ходе работ использовалась стандартная схема измерения на основе уг-

лового прозвучивания с расположением преобразователей в соответствии с рис. 1.

Угловое прозвучивание позволяет вести измерения в реальных условиях

складирования при доступе с торца и к цилиндрической поверхности (для лесоматериалов) либо с торца и одной стороны бруса или доски.

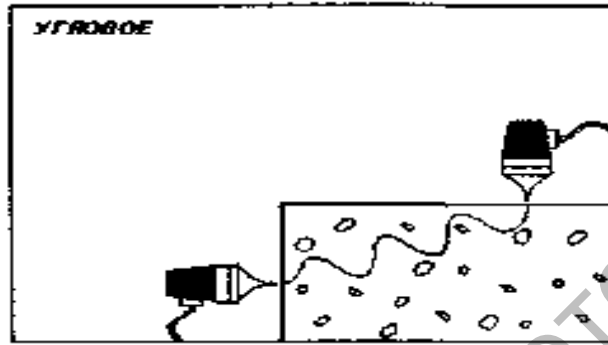


Рис. 1. Расположение преобразователей измерителя скорости УЗК относительно образца при угловом способе прозвучивания

Анализ существующих, используемых и перспективных методов и средств для определения плотности древесины показал, что плотность коры исследована гораздо меньше. Данные разные, и их сравнение со средней плотностью древесины при стандартной влажности показывает, что плотность коры сосны на 30...35 % больше, чем древесины, ели – на 60...65 %, березы – на 15...20 %. В связи с этим при установлении градуировочной зависимости между плотностью древесины и временем распространения ультразвука на круглых неокоренных лесоматериалах измерения осуществляются на участках без коры, а если такая возможность отсутствует, то предварительно производится очистка участков поверхности ствола.

Определение плотности образца производится при помощи градуировочной зависимости  $\rho-C_{\infty}$  по результатам измерения времени распространения УЗК  $t$  и расстояния между преобразователями (базы  $Lt$ ) и расчета скорости  $C_{узк}$  для соответствующей породы древесины с учетом результатов измерения влажности (рис. 2).

Общий вид корреляционного уравнения для определенного интервала влажности предоставляется следующим образом:

$$\rho = a_n \cdot C_{узк} + b_n. \quad (2)$$

По вышеуказанному способу определения плотности древесины получен патент № 2449265 «Способ и устройство определения плотности древесины».

Наиболее интересным с точки зрения оперативности и простоты применения выступает метод определения плотности древесины по результатам измерений частот собственных колебаний. Метод основывается на наличии корреляционной связи между плотностью и приведенной скоростью распространения акустических волн  $C_1$  (определение  $C_1$  по ГОСТ 25961 и ГОСТ Р 52710). Корреляционная связь (градуировочная зависимость)  $\rho-C_1$  устанавливается предварительно, на основании экспериментальных данных для каждого вида древесины в определенном диапазоне значений массовой доли влаги  $W$ .

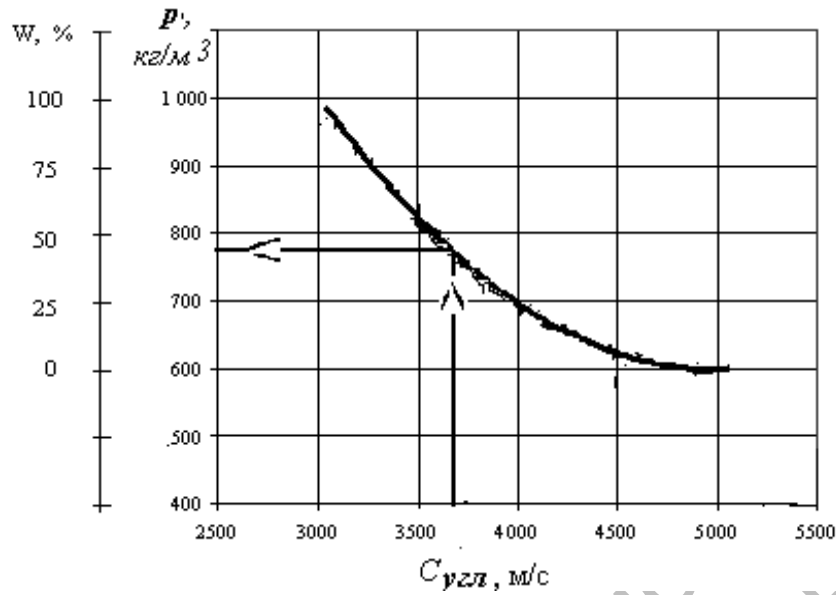


Рис. 2. Вид градуировочной зависимости « $\rho-C_{uzl \infty}$ »

Параметр  $C_1$  является физически усредненной интегральной оценкой физико-механических свойств материала, связанной с различными свойствами материала, как исходными, определяемыми способом его получения (в случае лесоматериалов – природными), так и эксплуатационными.

Определение  $C_1$  низкочастотным акустическим методом основано на связи частот собственных колебаний изделий со скоростью распространения акустических волн в материале, из которого они изготовлены [3].

Известно, что в общем виде такая взаимосвязь может быть описана следующей формулой:

$$f_i = F_i \cdot C_1, \quad (3)$$

где  $f_i$  – частота собственных колебаний (ЧСК) определенного вида  $i$ , Гц;  $F_i$  – коэффициент формы, зависящий от формы и размеров изделий, коэффициента Пуассона, а также от вида колебаний, 1/м;  $C_1$  – скорость распространения упругих колебаний в бесконечно длинном стержне, изготовленном из такого же материала, что и материал контроли-

руемого изделия, м/с,  $C_1 = \sqrt{E/\rho}$ ;  $E$  – модуль Юнга, Н/м<sup>2</sup>;  $\rho$  – плотность материала изделия, кг/м<sup>3</sup>.

Метод измерений ЧСК  $f_i$  основан на возбуждении свободных колебаний в контролируемом изделии с помощью удара с последующим выделением отдельных составляющих спектра частот собственных колебаний [4].

Для изделий в виде длинных стержней, как правило, подлежат измерению частоты продольных  $f_{пр}$  или изгибных  $f_{изг}$  колебаний.

Для измерений используются только две нижние частоты продольных колебаний  $f_{пр1}$  и  $f_{пр2}$ , для которых значение коэффициента формы в формуле (3) определяется следующими выражениями:

$$F_{пр1} = \frac{1}{2L}; \quad (4)$$

$$F_{пр2} = \frac{1}{L}, \quad (5)$$

где  $L$  – длина изделия, м.

Характер движения отдельных точек длинного стержня при продольных колебаниях на основной частоте  $f_{пр1}$  и

второй гармонике  $f_{np2}$  схематически показан на рис. 3 а, б.

Определение приведенной скорости распространения акустических волн

$C_1$  производится путем расчета по формуле (3) с учетом формы, геометрических размеров изделия и выбранного рабочего типа колебаний.

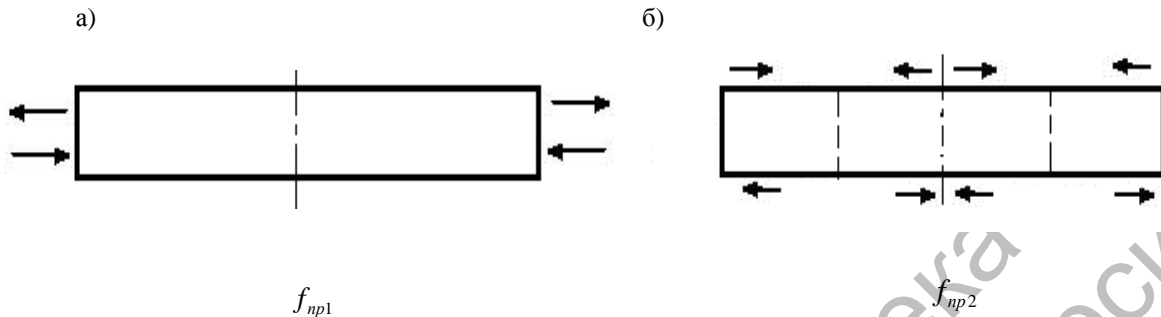


Рис. 3. Характер движения отдельных точек при продольных колебаниях длинного стержня (пунктиром и штрих-пунктиром показаны узловые линии данного типа колебаний)

Определение плотности образца производится при помощи градуировочной зависимости  $\rho-C_1$  по результатам измерения ЧСК и расчета скорости  $C_1$  для соответствующей породы древесины с учетом результатов измерения влажности.

### Заключение

Полученные градуировочные зависимости представляют собой кусочно-линейные зависимости, построенные на основании обработки и корреляционного анализа статистических данных по определению плотности и акустических характеристик образцов древесины. Кусочный характер зависимости связан с различным характером изменения свойств древесины в процессе хранения и сушки и условно соответствует сырой древесине (лесоматериалам), имеющей влажность от 100 до 30 %, и высушенной древесине (пиломатериалам) с влажностью менее 30 %.

При определении корреляции как объект контроля были отобраны круглые лесоматериалы (бревна, окоренные и неокоренные), а также пиломатериалы (брус и доска) длиной до 12 м с размерами и характеристиками по нормативной документации, утвержденной в установленном порядке, в том числе с массовой долей влаги от 5 до 100 % и плотностью от 550 до 1130 кг/м<sup>3</sup>. При этом в рамках экспериментальных работ были установлены градуировочные зависимости для таких пород древесины, как береза, ель, ольха, сосна, произрастающие в Северо-Западном регионе России, ель сибирская, сосна кедровая, пихта сибирская, произрастающие в Сибирском регионе и др. Полученные градуировочные зависимости могут быть откорректированы по мере накопления статистических данных при освоении методик измерения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Уголев, Б. Н.** Древесиноведение и лесное товароведение : учебник для студентов среднего профессионального образования / Б. Н. Уголев. – 4-е изд., стер. – М. : Академия, 2011. – 272 с.
2. **Полубояринов, О. И.** Плотность древесины / О. И. Полубояринов. – М. : Лесная промышленность, 1976. – 160 с.
3. **Московенко, И. Б.** Метод свободных колебаний – самый древний метод акустического контроля / И. Б. Московенко // В мире неразрушающего контроля. – 1998. – № 2. – С. 10–13.
4. **Коварская, Е. З.** Опыт промышленного использования акустического метода оценки физико-механических свойств изделий по частотам собственных колебаний / Е. З. Коварская, И. Б. Московенко // Дефектоскопия. – 1991. – № 6. – С. 9–15.

*Статья сдана в редакцию 6 мая 2013 года*

**Антон Анатольевич Симоненко**, аспирант, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». Тел.: 812-328-85-39. E-mail: asnitmon@mail.ru;

**Елена Зеликовна Коварская**, заместитель генерального директора, ООО «ЗВУК». Тел.: 812-295-22-31. Тел./факс: 812-596-34-02. E-mail: info@ndtest.ru.

**Anton Anatolyevich Simonenko**, PhDstudent, National Mineral Resources University. Tel.: 812-328-85-39. E-mail: asnitmon@mail.ru;

**Elena Zelikovna Kovarskaya**, Deputy General Director, ООО «ZVUK». Tel.: 812-295-22-31. Tel./fax: 812-596-34-02. E-mail: info@ndtest.ru