

# Секция 1

## СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

УДК 674.047

### ИССЛЕДОВАНИЕ УСУШКИ ДРЕВЕСИНЫ БУКА

**П.В. Билей**, д-р техн. наук, профессор

**И.А. Соколовский**, канд. техн. наук, доцент

**П.П. Билей**, аспирант

**Р.О. Рокунь**, магистр

Национальный лесотехнический университет (НЛТУ) Украины, г. Львов, Украина

*В статье рассмотрены вопросы, связанные с усушкой буковой древесины, где показано влияние на величину усушки направления относительно волокон, толщины пиломатериалов и их конечной влажности. Для аппроксимации результатов экспериментальных исследований предложены математические зависимости, а для практических расчетов формулы по определению величин объемной усушки, а также в тангенциальном и радиальном направлении относительно волокон, которые можно использовать как припуски.*

Вопросам усушки древесины уделено внимание многих исследователей и практикующих специалистов. На эту тему имеется множество научных статей, монографий, учебных пособий и учебников [1–4]. Это связано с тем, что явление усушки зависит от множества факторов: ареала и места произрастания данной породы древесины, ее возраста и других таксационных характеристик (класс бонитета, сопутствующие породы, ...), высоты над уровнем моря, времени заготовки, места положения образца древесины по высоте и диаметра ствола. Основным интегрирующим физическим показателем влияния строения древесины на величину усушки является плотность. Однако, и данный показатель может колебаться в значительных диапазонах. Например, польский ученый-древесиновед Ф. Кшисек отмечая, что плотность древесины бука европейского, произрастающего на территории Западной Европы, при влажности 15 % может колебаться от 540 до 910 кг/м<sup>3</sup> [5]. С некоторых пор определение «условная» плотность было заменено на «базисная» плотность. Такое определение можно считать правильным если учитывать, что основным компонентом строения древесины является древесное вещество. Однако, если влажность древесины составляет более 80-100%, то основным компонентом в древесине является вода. Это один аспект данного вопроса. Другим аспектом является тот факт, что в природе не может быть такого случая (только условного) когда древесина находится в абсолютно сухом состоянии, а объем – в набухшем, то есть, более справедливым является определение «условная» плотность, которым в дальнейшем мы и будем пользоваться.

Характерной особенностью древесины, в отличие от других твердых тел, является зависимость изменения объема и размеров древесины от ее влажности. Объем и размеры древесины могут изменяться и вследствие влияния температуры. Однако, эти изменения объема и размеров сравнительно невелики. Так, например, изменение температуры на 35 °С вызывает такую же деформацию, что и изменение влажности на 1 %. Таким образом, деформацией древесины от теплового расширения в исследованиях процесса сушки можно (правда, не во всех случаях) пренебрегать. Величину усушки древесины напрямую связывают с ее плотностью (условной) выражениями:

- для полной объемной усушки

$$\beta_v = W_{\text{т.н}} \frac{\rho_y}{\rho_g} \cong 0,028 \rho_y, \quad (1)$$

- для усушки в тангенциальном направлении

$$\beta_t \cong 0,018 \rho_y, \quad (2)$$

- для усушки в радиальном направлении

$$\beta_r \cong 0,01 \rho_y, \quad (3)$$

Выражения (1), (2) и (3) описывают только приблизительно зависимость усушки от условной плотности. Для более точных значений усушки объемной, в тангенциальном и радиальном направлениях необходимо провести соответствующие исследования. В качестве образцов для лабораторных исследований величины усушки используют стандартные образцы 20×20 мм (по толщине и ширине) и 30 мм по длине. Образцы необходимо заготавливать из здоровой (без сучков) древесины и правильной ориентацией волокон (наклон не более 10 %) в тангенциальном и радиальном направлениях, желательнее из всех частей ствола по высоте и диаметру модельных деревьев. На величину усушки влияет

не только местоположение образца и направление относительно волокон, но и температура при которой высушиваются образцы и толщина пиломатериалов. Исследования, проведенные И.А. Стрихой, показали, что при изменении толщины материала от 10 до 400 мм величина объемной усушки относительно уменьшилась на 36,7 % В тоже время, изменение плотности древесины бука от 560 до 800 кг/м<sup>3</sup> увеличивает величину усушки незначительно всего на 5,5 % (в относительных выражениях) [6].

Температура, при которой высушивается древесина, также своеобразно влияет на величину усушки. Дело в том, что в процессе сушки влажность по толщине материала распределяется, как правило, по параболе которая описывается уравнением

$$W_x = W_{ц} - \left(\frac{x}{R}\right)^2 (W_{ц} - W_{п}), \quad (4)$$

где  $W_{ц}$ ,  $W_{п}$  – соответственно влажность древесины в центральных и поверхностных слоях, % абс;  $x$  – расстояние от центральной оси сортимента до слоя в котором определяется влажность, см;  $R$  – половина толщины сортимента, см.

При достижении поверхностными слоями влажности ниже точки насыщения волокна ( $W_{т.н}$ ) – их влажность стремится к значению равновесной –  $W_p$ , в них начинается усушка, но усушка вынужденная (то есть усадка), которой препятствуют внутренние слои, имеющие влажность  $W_i > W_{т.н}$ . И чем выше температура агента сушки, тем быстрее начинается усушка. Повышение температуры процесса сушки до  $t_c = 100$  °С уменьшает относительную величину усушки, вследствие того, что поверхностные слои усыхают в растянутом положении. Последующее увеличение температуры ( $t_c > 100$  °С) увеличивает относительную усушку, но это является уже следствием начинающейся деструкции древесины.

Результаты экспериментальных исследований усушки древесины бука аппроксимированы [4, 6] зависимостями:

- для полной объемной усушки

$$\beta_v = \left(12 + \frac{87,5}{S_1}\right) (0,93 - 0,023 \bar{W}_k), \quad (5)$$

- для усушки в тангенциальном направлении

$$\beta_t = \left(0,12 + \frac{2,7}{S_1}\right) (40 - \bar{W}_k), \quad (6)$$

- для усушки в радиальном направлении

$$\beta_r = \left(0,075 + \frac{1,2}{S_1}\right) (40 - \bar{W}_k), \quad (7)$$

где  $S_1$  – толщина материала, мм;  $\bar{W}_k$  – среднее значение влажности материала, % абс.

Для практических расчетов используют коэффициенты усушки, которые характеризуются отношением величины усушки (формулы (1), (2) и (3)) к величине влажности древесины в состоянии насыщения волокон ( $W_{т.н}$ ), т.е.

$$k_o = \beta_v / W_{т.н}; \quad k_t = \beta_t / W_{т.н}; \quad k_p = \beta_r / W_{т.н}.$$

Изменение объема при сушке вычисляют по выражению:

$$\Delta V = 0,01 k_o V_o (W_{т.н} - W_k), \quad (8)$$

- для усушки в тангенциальном направлении относительно волокон

$$\Delta S_1 = 0,01 S_1 k_t (W_{т.н} - W_k), \quad (9)$$

- для усушки в радиальном направлении относительно волокон

$$\Delta S_2 = 0,01 S_2 k_p (W_{т.н} - W_k), \quad (10)$$

где  $V_o$  – первоначальный объем сортимента;  $S_1$  и  $S_2$  – соответственно первоначальная толщина и ширина доски.

Формулу (8) можно использовать в расчетах баланса древесины (усушка – это безвозвратные потери) на производстве, а также для подсчета объемной усушки при определении емкости сушильных камер. Формулы (9) и (10) можно использовать для определения припусков на усушку в лесопильном производстве.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения. – М.: Лесн. пром-сть, 1986. – 368 с.
2. Чудинов Б.С. Вода в древесине.– Новосибирск: Наука, 1984. – 248 с.
3. Вінтонів І.С., Сопушинський І.М., Тайшінгер А. Деревинизнавство. Навчальний посібник. – 2-е вид., доповн. – Львів: Апріорі, 2007. – 312 с.

4. Билей П.В. Сушка древесины твердых лиственных пород. – М.: Экология, 1992. – 224 с.
5. Kszysik F. Nauka o Drewnie. – PWN& Warszawa, 1974. – 653 s.
6. Стриха И.А. Припуски на усушку буковых пиломатериалов. – Киев, 1950. – 54 с.

УДК 630.812:674.032.13

## ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЗОНАНСНЫХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ МОЛОДНЯКОВ НЕРАЗРУШАЮЩИМ СПОСОБОМ

**Е.А. Васенев,**

студ. гр. ИМБП-32, ПГТУ, г. Йошкар-Ола, РФ.  
snakemc93@mail.ru

**А.А. Соколова,**

студ. гр. СС-31, ПГТУ, г. Йошкар-Ола, РФ.  
vpochte\_anna@mail.ru

*В статье исследуются способы определения резонансных свойств древесины и их корреляция.*

Свойство древесины усиливать звук без искажения тона называется резонансной способностью [3]. В свою очередь, древесина, которая обладает данной способностью, называется резонансной. Она используется, главным образом, в музыкальной промышленности: для изготовления дек музыкальных инструментов, внутренней отделки концертных залов и т. д.

В настоящее время приходится сталкиваться с проблемой нехватки древесины с уникальными резонансными свойствами. Этот материал является весьма дорогим: стоимость 1 м<sup>3</sup> сертифицированной резонансной ели составляет 50–70 тыс. рублей. Более того, затруднено определение резонансных свойств среди растущих деревьев, что может привести к нерациональному и убыточному использованию и без того редкого сырья в качестве обычного сортимента. Ситуация также усугубляется отсутствием диагностики акустических свойств древесины как в зрелом возрасте к моменту рубки, так и молодняков.

Поэтому имеется необходимость целевого выращивания резонансных деревьев и проведения их диагностики древесины еще в стадии подростка.

Данная проблема решается на базе «Учебно-опытного лесхоза» и «Лаборатории квалиметрии резонансной древесины» при кафедре стандартизации сертификации и товароведения ПГТУ.

Резонансные свойства характеризуются акустической константой  $K$  [5]

$$K = \sqrt{\frac{E}{\rho^3}}, \quad (1)$$

где  $E$  – динамический модуль упругости, Н/м<sup>2</sup>;  $\rho$  – плотность древесины, кг/м<sup>3</sup>.

Для того чтобы рассчитать акустическую константу, необходимо найти динамический модуль упругости и плотность древесины. Существующие стандартные методы нахождения модуля упругости [1, 2] не подходят для ранней неразрушающей диагностики дендроакустических свойств.

Поэтому целью нашей работы являлся поиск оптимального неразрушающего способа определения дендроакустических свойств молодняков.

Перед нами были поставлены следующие задачи:

1. Выполнить экспериментальные исследования по определению акустических показателей древесины на идеальном образце тремя способами: ультразвуковым, виброакустическим и статическим.
2. Провести статистическую обработку результатов исследований и оценить точность данных способов.
3. Определить достоинства и недостатки рассматриваемых способов. Выбрать наиболее точный и эффективный способ.

Для испытаний использовался идеальный образец березы цилиндрической формы, размерами диаметром 3мм, длиной 100 мм. Плотность определялась стереометрическим методом.

Исследования проводились по методике изложенной в работе [6].

1. Ультразвуковой метод заключается в измерении времени прохождения звуковой волны  $t$  вдоль деревянного образца длиной  $L$  на приборе УК-14П и вычислении скорости прохождения звука  $c$ , через которую можно рассчитать динамический модуль упругости  $E_{дин.}$  (формула (2)) и акустическую константу  $K$  (формула (3)). Результаты измерений и вычислений представлены в таблице 1.

$$E_{дин.} = c^2 \rho, \quad (2)$$

$$K = \frac{c}{\rho} = \frac{L}{t\rho}. \quad (3)$$

2. Резонансный метод основан на выявлении собственной (резонансной) частоты образца  $f$  при пропускании через образец детерминированного звукового сигнала с повышающейся частотой и определении  $E_{дин.}$  с учетом его рабочей длины  $l$ , диаметра  $d$  и плотности  $\rho$  (формула (4)), а также константы  $K$  по формуле (1) [4]. Результаты измерений представлены в таблице 2.