

### Литература

1. Алябьев В. И. Исследование тяговых усилий лебедок при полуподвесной трелевке леса: автореферат ... канд. техн. наук: 05.21.01. Москва, 1958. 20 с.
2. Коротяев Л. В. Исследование сопротивления движению при трелевке леса: автореферат ... канд. техн. наук: 05.21.01. Свердловск, 1970. 32 с.
3. Белая Н. М. Теоретические и экспериментальные исследования стальных канатов подвесных лесотранспортных установок: автореферат докт. техн. наук: 05.21.01. Москва, 1967. 42 с.
4. Шошин А.О. Методика имитационных испытаний одномачтовой канатной установки для полуподвесной трелевки древесины / А. О. Шошин [и др.] // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – Минск: БГТУ, 2017. – № 1 (192). – С. 102-108.

### Е.В. Чесновский

Белорусский государственный технологический университет

### **АДАПТАЦИЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО МЕТОДА ОЦЕНКИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ К ПОРОДАМ ДРЕВЕСИНЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫМ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА**

Оценка состояния древесины используемой для строительства имеет особую важность при выяснении несущей способности зданий и разработке защитных мероприятий. Такая древесина обычно оценивается неразрушающими методами, например, по плотности и твердости. Оценка плотности прямым способом требует взвешивания деревянного образца, что крайне затруднительно без разборки здания. Твердость древесины не дает общей картины и имеет очень сильный разброс значений, в виду непостоянства состояния поверхности древесины, бывшей в эксплуатации [1].

Наиболее мобильным сегодня является способ определения свойств древесины по ее акустическим свойствам. Высокочастотные колебания не вызывают разрушение материала, а значит могут быть использованы для диагностики древесины применяемой в строительных конструкциях[2].

Измерением затухания волны в элементах изделий, конструкций и сооружений можно получать информацию о: прочности и однородности; модуле упругости и плотности; наличии дефектов и их локализации, что дает возможность оперативно оценивать качество древеси-

ны элементов построек непосредственно на месте их размещения, не разрушая их при этом [3].

С целью выяснить зависимость основных физико-механических показателей древесины основных конструкционных пород, произрастающей на территории Республики Беларусь и прилегающей к ней территории государств-соседей, от скорости прохождения через нее звука был выбран измерительный прибор Пульсар-2.1. Прибор позволяет определить: прочность, плотность и модуль упругости бетонов, а также звуковой индекс абразивов по предварительно установленным градуировочным зависимостям перечисленных параметров от скорости распространения ультразвуковых импульсов [4].

Работа Пульсар-2.1 основана на измерении времени и скорости прохождения ультразвукового импульса в материале изделия от излучателя к приемнику. Измерение скорости распространения ультразвука происходило в двух направлениях: продольном и радиальном.

После измерения скорости на тех же образцах были проведены испытания на поперечный изгиб, для расчета модуля упругости по ГОСТ 16483.9-73 [5] и предела прочности по ГОСТ 16483.10-73 [6].

Реальная влажность каждого образца была определена с помощью весового метода ГОСТ 16483.7-71 [7], а плотность [8] по ГОСТ 16483.1-84 [9].

По полученным данным, установлены зависимости скорости распространения звука ( $V$ ) от плотности ( $\rho_6$ ) и влажности ( $W$ ) древесины сосны, ели и березы соответственно:

$$V_c = 4620,794 - 9,815 \cdot W + 2,793 \cdot \rho_6;$$

$$V_e = 6951,234 - 6,815 \cdot W + 3,777 \cdot \rho_6;$$

$$V_6 = 6116,580 - 8,141 \cdot W + 1,099 \cdot \rho_6;$$

$$V = 5971,624 - 8,201 \cdot W - 0,719 \cdot \rho_6.$$

Пользуясь этими зависимостями, легко оценить значение одного из трех входящих в уравнение показателей (скорости звука, плотности и абсолютной влажности древесины).

Также получены графические зависимости предела прочности и модуля упругости от скорости распространения ультразвука в продольном волокнам направлении.

Получены уравнения регрессионной зависимости предела прочности ( $\sigma$ ), модуля упругости ( $E$ ) и плотности ( $\rho$ ) от скорости распространения ультразвука в продольном волокнам направлении, для древесины сосны, ели и березы можно определить как:

$$\sigma_c = 1714,229 - 0,936 \cdot V + 0,00016 \cdot V^2 - 0,000000009141 \cdot V^3;$$

$$\sigma_e = 6344,389 - 3,593 \cdot V + 0,00067 \cdot V^2 - 0,00000004183 \cdot V^3;$$

$$\sigma_6 = -13356,8 + 8,285 \cdot V + 0,001 \cdot V^2 - 0,000000118 \cdot V^3;$$

$$\begin{aligned}\sigma &= 1772,404 - 0,954 \cdot V + 0,00017 \cdot V^2 - 0,000000009177 \cdot V^3; \\ E_c &= 89,899 - 0,055 \cdot V + 0,00001070 \cdot V^2 - 0,0000000006155 \cdot V^3; \\ E_e &= 337,194 - 0,179 \cdot V + 0,00003112 \cdot V^2 - 0,000000001714 \cdot V^3; \\ E_{\sigma} &= -1361,330 - 0,828 \cdot V - 0,00017 \cdot V^2 - 0,00000001138 \cdot V^3; \\ E &= 173,009 - 0,095 \cdot V + 0,00001710 \cdot V^2 - 0,0000000009431 \cdot V^3; \\ \rho_c &= 5204,002 - 1,366 \cdot V + 0,0000938 \cdot V^2; \\ \rho_e &= 3557,919 - 0,809 \cdot V + 0,00004567 \cdot V^2; \\ \rho_{\sigma} &= 2242,684 - 0,024 \cdot V - 0,00004925 \cdot V^2; \\ \rho &= 5757,096 - 1,524 \cdot V - 0,00011 \cdot V^2.\end{aligned}$$

Также, получены уравнения регрессионной зависимости предела прочности ( $\sigma$ ) и модуля упругости ( $E$ ) от скорости распространения ультразвука в радиальном волокнам направлении, влажности ( $W$ ) и плотности для древесины сосны, ели и березы можно определить как:

$$\begin{aligned}\sigma_c &= -23,176 - 0,319 \cdot W + 0,027 \cdot V_p + 0,125 \cdot \rho_{\sigma}; \\ \sigma_e &= -99,824 - 0,057 \cdot W + 0,043 \cdot V_p + 0,204 \cdot \rho_{\sigma}; \\ \sigma_{\sigma} &= -9,031 - 0,518 \cdot W + 0,069 \cdot V_p - 0,029 \cdot \rho_{\sigma}; \\ \sigma &= -23,759 - 0,278 \cdot W + 0,034 \cdot V_p + 0,091 \cdot \rho_{\sigma}; \\ E_c &= -5,209 - 0,036 \cdot W + 0,003 \cdot V_p + 0,019 \cdot \rho_{\sigma}; \\ E_e &= -22,655 - 0,009 \cdot W + 0,008 \cdot V_p + 0,036 \cdot \rho_{\sigma}; \\ E_{\sigma} &= -1,763 - 0,052 \cdot W + 0,006 \cdot V_p + 0,003 \cdot \rho_{\sigma}; \\ E &= -5,906 - 0,033 \cdot W + 0,004 \cdot V_p + 0,014 \cdot \rho_{\sigma}.\end{aligned}$$

Полученные модели, связывающие физико-механические свойства со скоростью ультразвука, пропущенного через структуру древесины, позволяют оценивать неразрушающим способом со значительной точностью состояние древесины и планировать мероприятия по консолидации материала, укреплению конструкции или замене утратившего несущую способность элемента.

При использовании ультразвука для диагностики существенное влияние на неопределенность измерений оказывает неровность поверхности материала. Чтобы увеличить точность измерения используют специальный гель-смазку, который обладает необходимой плотностью и прозрачностью для ультразвуковых волн. Для того, чтобы ускорить процедуру оценки больших объектов и сохранить аутентичность материала следует отказаться от такого рода сред. Поэтому были проведены исследования, для определения влияния шероховатости поверхности материала на точность измерения скорости звука.

Проанализировав полученные данные, сделан вывод, что гель-смазка будет необходима только при контроле древесины, имеющей шероховатость поверхности более 130 мкм, в противном случае гель-смазка не оказывает существенного влияния на точность измерений.

Таким образом, приведенные зависимости позволяют установить физико-механические свойства строительной древесины, пород используемых на территории Республики Беларусь.

В результате проведенных исследований разработаны 2 методики для определения физико-механических свойств древесины:

– методика определения физико-механических свойств деградированной археологической древесины и элементов древесины исторических построек, неразрушающим методом ультразвуковой диагностики без разборки.

– методика определения физико-механических свойств здоровой древесины и элементов древесины различных построек, неразрушающим методом ультразвуковой диагностики без разборки.

### Литература

1. Чубинский А.Н., Тамби А.А., Варанкина Г.С., Федяев А.А., Чубинский М.А., Швец В.Л., Чаузов К.В. Физические методы испытаний древесины. СПб.:СПбГЛТУ, 2015 г. 125 с.

2. Бърдаро Н. Влияние некоторых факторов на акустические свойства древесины // Лесной вестник.МГУЛ. 2013. С. 112 – 115.

3. Сергиенко, Ю.К. Исследование ультразвукового метода обнаружения внутренней гнили в круглых лесоматериалах: 319 – Материаловедение (Древесиноведение): автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.МЛТИ.Москва. 1968. 26 с.

4. Сивов Ю.А. Определение скорости звука, модуля юнга и внутреннего трения резонансным методом // Издательство Томского политехнического университета. 2012. 9 с.

5. ГОСТ 16483.9-73. Древесина. Метод определения модуля упругости при статическом изгибе. Введ. – 01.07.74 – М.: Госстандарт СССР: ИПК Издательство стандартов,1999. 7 с.

6. ГОСТ 16483.3-84. Древесина. Метод определения предела прочности при статическом изгибе. Введ. – 01.07.85 – М.: Госстандарт СССР: ИПК Издательство стандартов,1999. 7 с.

7. ГОСТ 16483.7-71. Древесина. Метод определения влажности. Введ. – 01.01.73 – М.: Госстандарт СССР: ИПК Издательство стандартов,1999. 4 с.

8. Пауль, Э.Э., Кухта, В.Н. Зависимость механических свойств древесины от ее плотности / Лесное и охотничье хозяйство, 2011. № 10. – С. 20-23.

9. ГОСТ 16483.1-84. Древесина. Метод определения плотности. Введ. – 01.07.85 – М.: Госстандарт СССР: ИПК Издательство стандартов,1999. 7с.