

Рис. Качественные характеристики древесины, учитываемые при изготовлении продукции из пиломатериалов и композиционных древесных материалов

Исходя из данных таблицы и классификации качественных характеристик древесины, необходимо изменить подход к сортообразованию пиломатериалов [3] на лесопильных предприятиях, уделив внимание критериям, характеризующим качество будущей продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Чубинский А.Н., Федяев А.А., Тамби А.А. Влияние плотности древесины на качество формирования клеевых соединений // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Вып. 195. СПб.: СПбГЛТА, 2011. С. 141–147.
- 2. А.Н. Чубинский, А.А. Тамби, А.А. Федяев. Влияние строения и свойств древесины на прочность ее склеивания // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Вып. 190. СПб.: СПбГЛТА, 2010. С. 155–163.
- 3. Physical Nondestructive Methods for the Testing and Evaluation of the Structure of Wood Based Materials / A.N. Chubinskii, A.A. Tambi, A.V. Teppoev, N.I. Anan'eva, S.O. Semishkur, M.A. Bakhshieva // Russian Journal of Nondestructive Testing. − 2014. − Vol. 50. − № 11. − P. 693–700. DOI: 10.1134/ S1061830914110023, http://link.springer.com/journal/volumesAndIssues/11181.

УДК 620.179.52; 674.051; 681.2.083

ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ МЕТОДОМ ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ МИКРОСВЕРЛЕНИЮ

В.Ю. Чернов, канд. техн. наук, директор ООО «НовЛесТех», Республика Марий Эл, РФ. *Chernov.vas7936@yandex.ru*

Е.С. Шарапов, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «ПГТУ», г. Йошкар-Ола, РФ. *sharapov evgeniy@mail.ru*

А.С. Торопов, док. техн. наук, проф. ФГБОУ ВПО «ПГТУ», г. Йошкар-Ола, РФ.

Е.В. Смирнова, аспирант ФГБОУ ВПО «ПГТУ», г. Йошкар-Ола, РФ.

Д.А. Павлов, магистрант ФГБОУ ВПО «ПГТУ», г. Йошкар-Ола, РФ.

В статье представлены результаты определения абсолютной и относительной погрешностей измерения плотности древесины сосны, берёзы и дуба нормализованной влажности мобильным устройством для диагностики состояния древесины «ResistYX».

Плотность является одним из главных показателей качества древесины и древесных материалов. Сегодня известно множество способов измерения плотности древесины. Все они делятся на прямые (стереометрический, гидростатическое взвешивание и т.п.) и косвенные (радиационные, акустический и т.д.). Одним из современных способов исследования свойств древесины и древесных материалов является метод измерения сопротивления сверлению (микросверлению). Он относительно недорогой, позволяет безопасно и быстро выполнять экспресс-диагностику растущих деревьев и деревянных конструкций различного назначения, имеет перспективы в определении дендрохронологических характеристик и макроскопического строения древесины.

Метод измерения сопротивления сверлению аппаратно представлен мобильным устройством для диагностики состояния древесины «ResistYX» (рус. — Резистикс) см. рис.1, который разработан в ФГБОУ ВПО «Поволжский ГТУ» и изготовлен ООО «НовЛесТех», респ. Марий Эл. Устройство применялось в исследовании изменения свойств древесины круглых лесоматериалов в радиальном направлении [2], влияния плотности и влажности древесины на мощность микросверления [1]. Однако в представленных работах не было уделено достаточного внимания такому параметру как «точность измерения», который является одним из главных параметров любых измерительных устройств и систем. В свою очередь степень точности подобных устройств и систем характеризуется погрешностью измерений.



Рис. 1. Мобильное устройство для диагностики состояния древесины «ResistYX»

Целью исследования является определение абсолютной и относительной погрешностей измерения плотности древесины мобильным устройством для диагностики состояния древесины «ResistYX», основанным на методе измерения сопротивления микросверлению.

Методика исследований заключалась в измерении плотности древесины нормализованной влажности с использованием двух способов: 1) стереометрического; 2) метода измерения сопротивления микросверлению. При этом данные полученные первым способом приняты в работе за истинные.

Экспериментальные исследования выполнялись на образцах древесины нормализованной влажности отобранных из заболонных слоёв древесины сосны (Pinus), берёзы (Bétula) и дуба (Quércus). Размеры образцов соответствуют размерам, указанным в $FOCTe\ 16483.1-84\ (20\times20\times30\ мм)$. Первоначально исследуемые образцы выдерживались при определенных условиях для приобретения влажности 12%. Затем у каждого из них были измерены размеры и масса с помощью штангенциркуля и аналитических весов серии VIBRA модели AF-R220CE («Shinko Denshi Co.», Ltd, Япония), а исследуемый параметр вычислен согласно FOCTy.

Второй способ заключался в применении мобильного устройства для диагностики состояния древесины «ResistYX». Плотность древесины определялась как средняя плотность по образцу, а средняя плотность по образцу рассчитывалась из мощности микросверления:

$$\rho_{cochbl} = 40.7 + 56.5P ; \tag{1}$$

$$\rho_{\delta e p \ddot{e} 3bi} = 427.7 + 14.7P \,; \tag{2}$$

$$\rho_{\partial y \delta a} = 498,2 + 12,3P, \tag{3}$$

где ρ_{cochub} $\rho_{\delta epesub}$ $\rho_{\delta y\delta a}$ – плотность сосны, березы и дуба нормализованной влажности ($W_{a\delta c}$ = 12 %), кг/м³; P – мощность микросверления древесины, Bт.

Выражения (1)–(3) были получены ранее при сравнительном анализе рентгеноденсиометрии и метода измерения сопротивления микросверлению [3].

Необходимо отметить, что исследуемые образцы древесины изготавливались так, чтобы их годичные слои располагались параллельно основанию. Микросверление осуществлялось сквозным, в центральной части образцов, перпендикулярно годичным слоям (в поперечном направлении) (рис. 2). Это сделано для того, чтобы в опытах тонкое буровое сверло проникало через все годичные слои.

В случае просверливания древесины вдоль волокон, резание тонким буровым сверлом осуществлялось бы только по двум или трём годичным слоям, что не позволило бы наиболее точно определить средние значения мощности микросверления и плотности по образцу.



Рис. 2. Исследуемые образцы слева направо: сосна, дуб и берёза

Результаты расчёта плотности исследуемых образцов древесины по ГОСТу 16483.1-84 (стереометрический способ) и средней плотности по образцу, полученной методом измерения сопротивления микросверлению, фиксировались в сводной таблице экспериментальных данных.

Для определения абсолютной и относительной погрешностей измерений плотности древесины устройством «*ResistYX*» было необходимо найти:

1) абсолютную ошибку измерений плотности каждого образца древесины:

$$\Delta X_i = \left| X_{cn} - X_i \right|, \, \text{K}\Gamma/\text{M}^3; \tag{4}$$

где X_{cp} — среднее значение плотности древесины полученная методом измерения сопротивления сверлению, $\kappa \Gamma/M^3$;

 X_i – плотность древесины измеренная стереометрическим способом.

2) среднюю квадратичную погрешность:

$$S_{n} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (\Delta X_{i})^{2}}{n(n-1)}}, \text{ K}\Gamma/\text{M}^{3};$$
 (5)

где n — число опытов (образцов).

3) среднюю квадратичную погрешность среднего арифметического:

$$\Delta X_{\kappa s} = \frac{S_n}{\sqrt{n}}, \, \kappa \Gamma / M^3; \tag{6}$$

4) случайную погрешность:

$$\Delta X_{cn} = \alpha_{n_1 p} \cdot \Delta X_{\kappa e} = \alpha_{n_1 p} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (\Delta X_i)^2}{n(n-1)}}, \, \kappa \Gamma / M^3;$$
(7)

где α_{nlp} — табличное значение коэффициента Стьюдента, зависящего от числа измерений n и выбранного значения доверительной вероятности P.

В расчётах принимаем высокую доверительную вероятность равную 95%.

5) относительную погрешность измерений:

$$E = \frac{\Delta X}{X_{cp}}, \, \kappa \Gamma / M^3; \tag{8}$$

или

$$E = \frac{\Delta X}{X_{cp}} \cdot 100, \%. \tag{9}$$

Результаты расчёта абсолютной ошибки измерений, средней квадратичной погрешности, средней квадратичной погрешности среднего арифметического и случайной погрешности по выражениям (4)–(9), а также погрешности измерений плотности древесины сосны, берёзы и дуба представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Экспериментальные значения показателей погрешности

Показатели погрешности Сосна Берёза Дуб 5,07 3,73 4,44 $\Delta X_{\kappa \theta}$, κε/ M^3 1,60 1,18 1,40 $\Delta X_{cn} = \overline{\Delta X}, \ \kappa \varepsilon / m^3$ 3,69 2,72 3,37 0,00807 0,004311 0,004348 0,81 0,43 0,43

Точность измерения средней (объемной) плотности древесины мобильным устройством для диагностики состояния древесины «ResistYX»

Форма представления	Cocнa (Pínus)	Берёза (Bétula)	Дуб (Quércus)
Абсолютная погрешность, кг/м ³	±3,69	± 2,72	±3,37
Относительная погрешность, %	±0,81	± 0,43	± 0,43

Выводы. Экспериментальные данные, полученные стереометрическим способом и принятые в представленной работе за истинные значения, могут незначительно отличаться от реальных значений средней плотности древесины вследствие неоднородности материала и неточности изготовления образцов. Тем не менее, можно сделать вывод о том, что абсолютная погрешность измерения средней (объемной) плотности древесины сосны (*Pinus*), берёзы (*Bétula*) и дуба (*Quércus*) нормализованной влажности мобильным устройством для диагностики состояния древесины «*ResistYX*» не превышает ± 4 кг/м³, а относительная погрешность – не превышает $\pm 1\%$.

Реализованный в устройстве «ResistYX» метод измерения сопротивления микросверлению может использоваться в научно-исследовательских и экспертных работах как мобильный, простой и относительно недорогой косвенный способ измерения средней (объемной) плотности древесины с высокой точностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Шарапов Е.С. Определение макростроения и свойств древесины микросверлением / Е.С. Шарапов, В.Ю. Чернов, А.С. Торопов // Строение, свойства и качество древесины 2014: матер. V Международного симпозиума РКСД. М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2015. С. 211–218.
- 2. Шарапов Е.С. Результаты экспериментальных исследований свойств древесины круглых лесоматериалов по радиусу ствола / Е.С. Шарапов, А.С. Торопов, В.Ю. Чернов // Вестник Московского государственного университета леса Лесной вестник. 2012. № 2. С. 162–167.
- 3. Шарапов Е.С. Сравнительный анализ способов определения плотности древесины с помощью рентгеновского излучения и устройства для измерения сопротивления сверлению / Е.С. Шарапов, В.Ю. Чернов // Вестник Московского государственного университета леса Лесной вестник. 2014. № 2. С. 89–95.

УДК 647.047

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ВЛАГОПЕРЕНОСА В ДРЕВЕСИНЕ НА МОДЕЛИ КОЛЛОИДНОГО КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТОГО ТЕЛА

Е.Е. Шишкина,

канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВПО УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ.

А.Г. Гороховский,

доктор техн. наук, профессор, Φ ГБОУ ВПО УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ. elenashishkina@yandex.ru

В статье рассматриваются результаты компьютерного моделирования влияния термовлагопроводности на процесс сушки древесины.

По вопросу о механизме движения влаги в древесине под действием градиента влажности различными исследователями [1–3] выдвинуто много теорий и гипотез, которые учитывают возможность различных форм движения влаги в материале. В то же время, проблема переноса влаги в древесине при одновременном действии градиента влажности и температуры требует дополнительных исследований, актуальность которых может быть объяснена возможностью построения эффективных режимов сушки древесины, построенных на явлении термовлагопроводности [4, 5].

Можно выделить теоретические работы, связанные с моделированием неизотермического тепломассообмена в капиллярно-пористых средах [6–8], в том числе и древесине. Авторы отмечают, что в настоящее время при описании совместного тепло- и массопереноса в капиллярно-пористых средах даже для простейшего случая не существует единого феноменологического подхода, причем расхождения в физической и математической постановке подобных задач в теории сушки, сорбции и двухфазной фильтрации носят принципиальный характер. Известные подходы практически не используют достижения в области термодинамики и физики поверхностных явлений. Так в работе [7] предпринята попытка разработать феноменологическую модель нестационарных процессов взаимосвязанного тепловлагопереноса в капиллярно-пористых средах с учетом влияния капиллярных и поверхностных сил, интенсивности массообмена между фазами и термокапиллярных течений. При этом предложена математическая модель тепловлагопереноса, базирующаяся на уравнениях двухфазной фильтрации, изотермах сорбции, термодинамических уравнениях Кельвина – Клайперона – Клаузиуса. Следует отметрации, термодинамических уравнениях Кельвина – Клайперона – Клаузиуса. Следует отметрации, термодинамических уравнениях Кельвина – Клайперона – Клаузиуса.