

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВНИУТРИКОЛЬЦЕВОЙ ПЛОТНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ С ПОМОЩЬЮ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ СВЕРЛЕНИЮ

Е.С. Шарапов, кандидат технических наук

А.С. Торопов, доктор технических наук

В.Ю. Чернов, аспирант

***ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический
университет»***

*Представлены новые конструкции мобильных устройств для диагностики состояния древесины сверлением, собрана лабораторная экспериментальная установка. Проведены экспериментальные исследования изменения свойств древесины круглых лесоматериалов по радиусу ствола. Выявлены взаимосвязи величин мощности микросверления древесины и плотности древесины при использовании рентгеновского излучения по трем породам: сосна (*Pinus sylvestris*), бук (*Fagus sylvatica*), ясень (*Fraxinus excelsior*).*

Плотность древесины, свойства древесины, микросверление, мощность на сверление древесины, резистограф.

Древесина является одним из наиболее распространенных материалов, который широко используется в строительстве, мебельном и целлюлозно-бумажном производствах. Основные преимущества древесины как материала: высокие прочностные характеристики, экологичность использования, восстанавливаемость ресурсов. Применение древесины в качестве конструкционного материала обусловлено ее уникальными физико-механическими характеристиками.

Безусловно, плотность древесины является одним из основных физических показателей, характеризующих ее механические свойства и качество (О.И. Полубояринов, 1976; Б.И. Уголев, 2001). Определение плотности древесины актуально для многих направлений науки и производства таких, как выявление внутренних пороков в растущих деревьях, дендрохронологические и климатологические исследования, установление случаев незаконных рубок леса, определение товарности лесосырьевой базы, прочностных и качественных характеристик пилопродукции и изделий из древесины, а также экспертиза деревянных

© Е.С. Шарапов; А.С. Торопов; В.Ю. Чернов, 2013

строительных конструкций различного назначения (стены, перекрытия, столбы, сваи, мосты, дамбы и т.д.).

К современным методам определения внутреннего состояния и выявления дефектов в древесине относится метод измерения усилия сопротивления просверливанию (мощности на микросверление) древесины тонким буровым сверлом (Rinn 1990, 1996, 2008; Kasal and Tannert 2010; Mattheck and Betghe 2010). Учеными и изобретателями приборов (фирмы «Rinntech» и «Instrument Mechanic Lab», Германия) представлены результаты, характеризующие метод измерения сопротивления сверлению как быстрый и достаточно точный при определении свойств древесины и прочностных характеристик деревянных строительных конструкций (Gretchen, Bohumil and Ron 2010; Rinn 2008), определения внутренних пороков в круглых лесоматериалах [13], определения внутрикольцевой плотности древесины (Rinn, 1996) и плотности плитных древесных материалов (Winnistorfer, Xu and Wimmer 1995). Некоторые работы посвящены анализу зависимости величины сопротивления сверлению (мощности на микросверление) и плотности древесины, найденной с помощью радиационных методов [10]. Однако, в данных работах усредненная величина усилия сопротивления просверливанию коррелировалась со средним значением плотности просверливаемых образцов, что, безусловно, снижает точность и, соответственно, ценность полученных результатов. При этом эксперименты проводились на образцах влажной древесины, без фиксирования фактической величины влажности, оказывающей непосредственное воздействие, как на сам процесс сверления, так и на величину плотности.

Известно, что наибольшее влияние на точность полученных результатов оказывает инструментальная погрешность. Анализ конструкций, узлов механизмов, средств сбора и обработки данных существующих устройств для определения состояния древесины сверлением позволяют утверждать об их сложности, недостаточной надежности и невысокой точности измерений.

Цель исследований: разработка нового мобильного устройства для диагностики состояния древесины сверлением; определение взаимосвязи величин мощности на сверление тонким буровым сверлом и внутрикольцевой плотности древесины.

На основании проведенных морфологических исследований существующих устройств и методов определения свойств древесины в условиях ее механической обработки были синтезированы новые конструкции устройств для диагностики состояния древесины сверлением (рис. 1) [4].

В результате выполнения НИОКР смонтирована лабораторная экспериментальная установка для диагностики состояния

древесины и древесных материалов сверлением (рис.3), создан измерительный шлейф на основе ЭВМ, устройства сбора данных (АЦП/ЦАП) «National Instruments USB-6008» и датчиков тока на эффекте Холла. В программной среде «LabVIEW» разработана прикладная программа для управления данными, их записи и отображения [3].



Рис. 1. Модели мобильных устройств для измерения сопротивления сверлению (диагностики состояния древесины), патенты РФ №95128, №2448811 (слева); лабораторная экспериментальная установка для диагностики состояния древесины сверлением (справа).

Представленное устройство снабжено тонким буровым сверлом с диаметром режущей части 3 мм ($\varnothing$ хвостовика 1,5 мм), вращение и подачу которого осуществляют электродвигатели постоянного тока. Номинальная скорость вращения бурового сверла 4100 ± 200 об/мин, номинальная скорость подачи 420 мм/мин. Одновременно с процессом сверления на ЭВМ происходит отображение кривой мощности, затрачиваемой на микросверление в виде динамического ряда данных, а также запись величин мощности в отдельный файл и сохранение в памяти. Частота дискретизации – 1кГц, что соответствует разрешению 140 точек на 1 мм подачи сверла (1/140).

С использованием экспериментальной лабораторной установки проведены исследования изменения свойств круглых лесоматериалов по радиусу ствола: сосновых (*Pinus sylvestris*) оцилиндрованных бревен; бревен ели (*Picea abies*) с ядровой комлевой гнилью; бревен осины (*Pópulus trémula*) с ядровой стволовой гнилью; сосновое (*Pinus sylvestris*) бревно с ситовой ядровой гнилью (рис.2) [5]. При этом оценивались такие параметры, как стабильность работы, чувствительность и точность измерений.



Рис. 2. Изменение мощности на микросверление по диаметру лесоматериала сосны (слева) и диаметру лесоматериала осины с ядровой стволовой гнилью (справа).

Полученные данные позволяют утверждать о высокой связи мощности на микросверление (сопротивления сверлению) с изменением физико-механических свойств древесины, в том числе внутрикольцевых.

Большой практический и теоретический интерес представляет способность экспериментальной лабораторной установки определять изменения внутрикольцевой плотности древесины. Для установления взаимосвязи мощности, затрачиваемой на сверление тонким буровым сверлом и реальной плотности древесины ($W=12\%$) было изготовлено по 10 образцов трех пород древесины: сосны (*Pinus sylvestris*), бука (*Fagus sylvatica*), ясеня (*Fraxinus excelsior*) с фиксированными геометрическими размерами (рис.3). Исследования проводились на образцах, кондиционированных до нормализованной влажности.

Точное определение плотности образцов осуществлялось прибором рентгеновской денситометрии DA-X фирмы «Grescon» с разрешением 1/50 в лаборатории кафедры технологии деревообработки и древесных композиционных материалов университета Георга-Августа, Германия. Проникновение рентгеновского излучения происходило перпендикулярно направлению годичных слоев (поз.2, рис.3), что позволяло с большей точностью определить вариацию плотности в ранних и поздних зонах годичных колец.

Сверление осуществлялось точно по центру (поз.3, рис.3.) в плоскости просвечивания рентгеновского излучения. Результаты экспериментальных исследований представлялись в виде динамических рядов и записывались в отдельные файлы.

В программе «Statistica» для каждого образца был произведен кросс-корреляционный анализ данных двух экспериментов, найдены коэффициенты кросс-корреляции, определены «лаги», по которым произведены смещения динамических рядов величин плотности и мощности на сверление относительно друг друга, построены

совмещенные графики полученных динамических рядов для всего образца и отдельно в пределах одного годичного кольца (рис. 4).

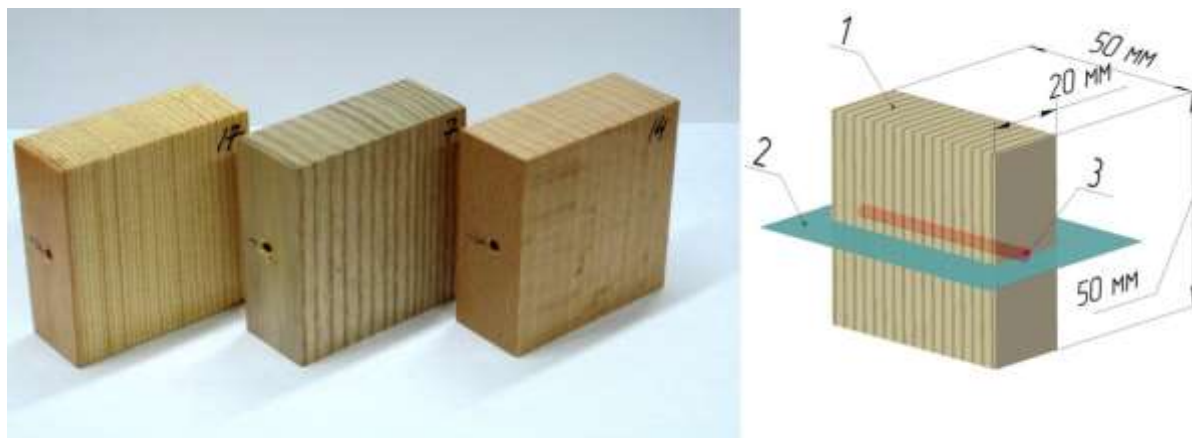


Рис. 3. Исследуемые образцы древесины сосны, бука и ясеня (слева) и их основные размеры (справа).

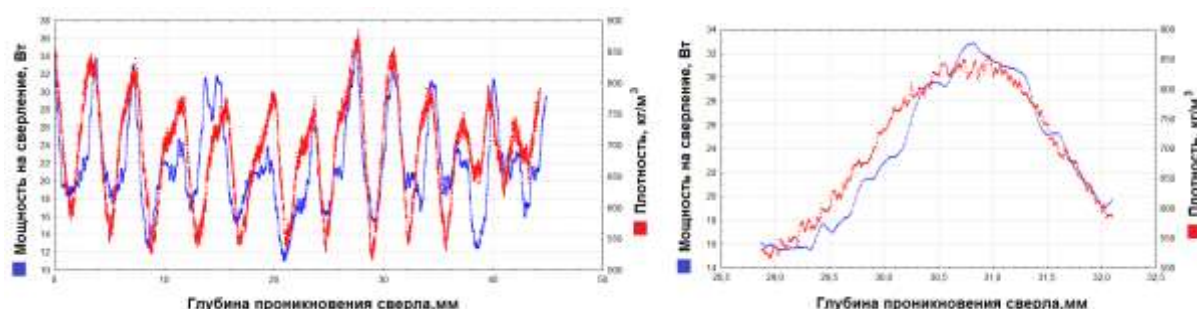


Рис. 4. Графики изменения плотности (ρ_{12}) одного из образцов ясеня, полученной на рентгеновской установке DA-X, а также мощности, затрачиваемой на сверление, $W=12\%$ (слева); аналогичные параметры по одному годичному слою (справа).

Регрессионный анализ динамических рядов производился в программе «TableCurve» (рис. 5). С целью упрощения использования результатов и на основании общего характера зависимостей данных для описания изменения величин плотности и мощности, затрачиваемой на микросверление, применялась линейная функция с одной переменной вида $\rho_{12} = a + b \cdot N$, где N – мощность на сверление, Вт (при $W=12\%$); ρ_{12} – плотность древесины, кг/м³ (при $W=12\%$).

Таким образом, относительная погрешность измерений плотности при использовании лабораторной экспериментальной установкой для ясеня составила $\pm 4,4\%$; для бука – $\pm 2,7\%$; для сосны – $\pm 6,6\%$.

Следующим этапом работ по обозначенному направлению являются изготовление продажного образца мобильного устройства

для диагностики состояния древесины сверлением и проведение экспериментальных исследований влияния влажности древесины на процесс микросверления.

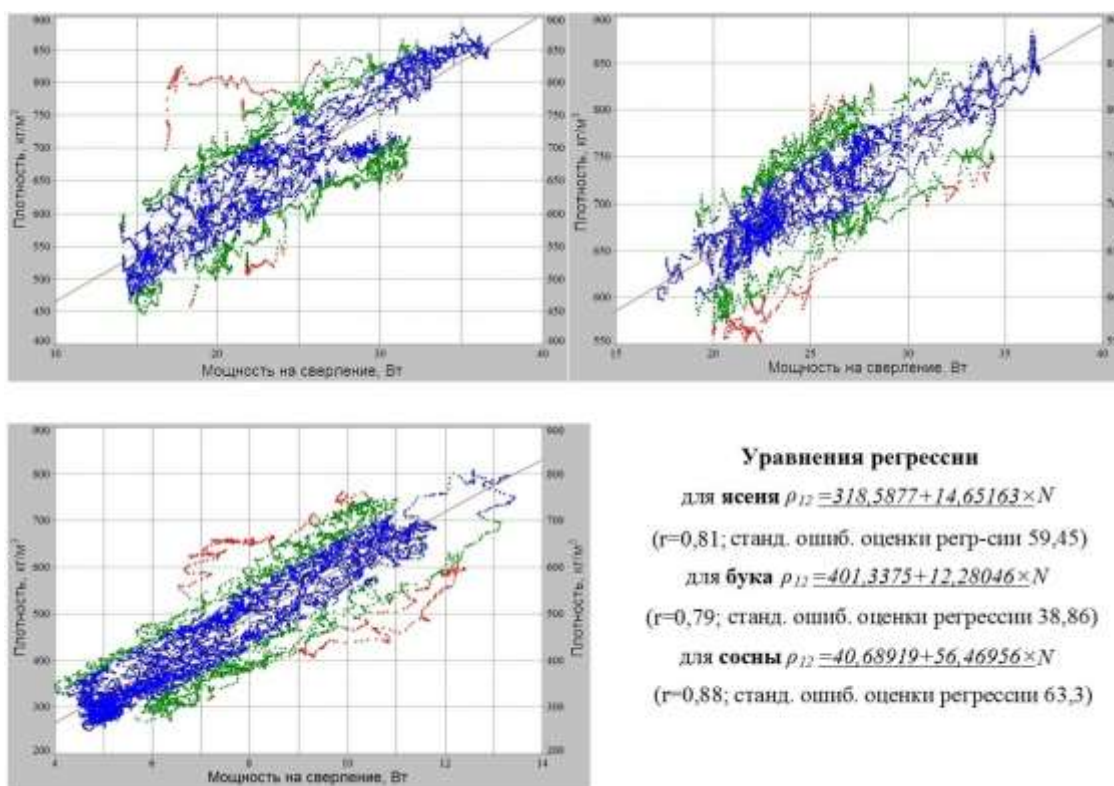


Рис. 5. Взаимодействие данных по плотности древесины и мощности на микросверление по одному годичному кольцу всех образцов (сверху вниз: ясеня и сосны, справа – бука); синим цветом обозначены данные в пределах 1 стандартного отклонения (SD), зеленым – 2 SD, красным – 3 и более SD.

Выводы

1. Разработаны и запатентованы новые конструкции мобильных устройств для диагностики состояния древесины сверлением, обеспечивающие высокую точность измерений, имеющие высокие эксплуатационные характеристики и низкую стоимость по сравнению с аналогами.

2. Создана лабораторная экспериментальная установка для диагностики состояния древесины сверлением, разработан измерительный шлейф на основе высокоточных измерительных средств: АЦП/ЦАП NI USB-6008 и датчиков тока на эффекте Холла.

3. Проведены сравнительные исследования методик определения плотности древесины с применением рентгеновского излучения и мобильного устройства для диагностики состояния древесины сверлением; выявлены взаимосвязи величин мощности на микросверление древесины (при $W=12\%$) и плотности древесины

(ρ_{12}) при использовании рентгеновского излучения для трех пород: сосна (*Pinus sylvestris*), бук (*Fagus sylvatica*), ясень (*Fraxinus excelsior*).

Список литературы

1. Полубояринов О.И. Плотность древесины / О.И. Полубояринов. М.: Лесная промышленность, 1976. 160 с.
2. Уголев Б.И. Древесиноведение с основами лесного товароведения / Б.И. Уголев. М.: Лесная промышленность, 2001. 368 с.
3. Шарапов Е.С. Исследование процесса сверления древесины с использованием устройства сбора данных NI USB 6008 / Е.С. Шарапов, В.Ю. Чернов // Изв. вузов. Лесн. журн. 2012. №6. С. 96–100.
4. Шарапов Е.С. Обоснование конструкции устройства для исследования свойств древесины сверлением / Е.С. Шарапов, В.Ю. Чернов // Известия СПбГЛТА. 2011. № 195. С. 134–142.
5. 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.
6. Gretchen, L. In situ assessment of structural timber / L. Gretchen, K. Bohumil, A. Ron // State of the Art Report of the RILEM Technical Committee 215-AST. 2010. P. 51-57.
7. Kasal, B. In situ assessment of structural timber / B. Kasal, T. Tannert // RILEM Technical Committee 215-AST. 2010. P. 1-114.
8. Mattheck, C. VTA – Visual tree defect assessment / C. Mattheck, K. Betghe // Proc. 9th Int. Mett. Non-destructive testing, Madison, September 1993.
9. Rinn, F. Resistographic visualization of tree-ring density variations / F. Rinn // Tree Rings, Environment and Humanity, Radiocarbon. 1996. P. 871-878.
10. Rinn, F. Resistograph and X-ray density charts of wood comparative evaluation of drill resistance profiles and X-ray density charts of different wood species / F. Rinn, F.-H. Schweingruber, E. Schär // Walter de Gruyter Berlin-New York. 1996. P. 303-311.
11. Rinn, F. Ein neues verfahren zur direkten messung der holzdichte bei Laub- und Nadelhölzern / F. Rinn, B. Becker, B. Kromer // Dendrochronologia №7, 1990. P. 159-168.
12. Rinn, F. Erfassung und documentation des zustands hölzerner konstruktionen / F. Rinn // Erfahrungsbericht aus 20 Jahren Anwendungspraxis. Heidelberg. 2008, 17 p.
13. Wang, X. Nondestructive evaluation of incipient decay in hardwood logs / X. Wang, J. Wiedenbeck, R.J. Ross et al. // Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-162. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 2005, 11p.
14. Winistorfer, P.M. Application of a drill resistance technique for density profile measurement in wood composite panels / P.M. Winistorfer, W. Xu, R. Wimmer // Forest Products Journal №45(6). 1995. P. 90-93.

New designs of mobile devices for wood drilling resistance measurements and their experimental laboratory unit are presented. Experimental researches results of the round timber properties during

*microdrilling process are submitted. Correlations of microdrilling wood power values with normalized moisture content and wood density values with using the x-ray radiation and three wood species: pine (*Pinus sylvestris*), beech (*Fagus sylvatica*) and ash (*Fraxinus excelsior*) are detected.*

Wood density, wood properties, microdrilling, wood drilling power, resistograph.

*Представлені нові конструкції мобільних пристроїв для діагностики стану деревини свердлінням, зібрана лабораторна експериментальна установка. Проведені експериментальні дослідження зміни властивостей деревини круглих лісоматеріалів по радіусу стовбура. Виявлені взаємозв'язки величин потужності мікросвердління деревини й щільності деревини при використанні рентгенівського випромінювання по трьом породам: сосна (*Pinus sylvestris*), бук (*Fagus sylvatica*), ясен (*Fraxinus excelsior*).*

Щільність деревини, властивості деревини, мікросвердління, потужність на свердління деревини, резистограф.

УДК 630.7.674. 038.6:663.2.006.1

ТЕХНОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЗАПАСІВ ДУБА ЗАКАРПАТТЯ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У БОНДАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

**О.С. Луканін, доктор технічних наук, академік НААН
Інститут агроекології та природокористування НААН**

**С.Г. Зражва, кандидат сільськогосподарських наук
Національний університет біоресурсів і
природокористування України**

**Т.М. Панахов, кандидат технічних наук
Азербайджанський науково-дослідний інститут
виноградарства і виноробства**

В статті наведено технологічну оцінку сировинних ресурсів деревини дуба Закарпаття на предмет придатності для виготовлення винних і коньячних бочок. Визначено вміст фенольних та найважливіших ароматоутворюючих речовин у деревині дуба звичайного і скельного. Представлено можливі об'єми заготівель клепоквого кряжа.

© О.С. Луканін, С.Г. Зражва, Т.М. Панахов, 2013