

УДК 630*6

В.И. Федюков, Е.Ю. Салдаева, Е.М. Цветкова

Поволжский государственный технологический университет

Федюков Владимир Ильич родился в 1948 г., окончил в 1971 г. Марийский политехнический институт, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой стандартизации, сертификации и товароведения Поволжского государственного технологического университета. Имеет около 150 печатных работ в области гидрлесомелиорации, биологического и технического лесоведения, стандартизации, сертификации и управления качеством лесопромышленной продукции.
E-mail: fiv48@mail.ru



Салдаева Екатерина Юрьевна окончила в 2005 г. Марийский государственный технический университет, старший преподаватель кафедры стандартизации, сертификации и товароведения Поволжского государственного технологического университета. Имеет 10 печатных работ в области лесоведения, технологии производства и контроля качества продукции, стандартизации, сертификации и управления качеством продукции.
E-mail: saldaevaey@marstu.net



Цветкова Екатерина Михайловна окончила в 2011 г. Марийский государственный технический университет, магистр, младший научный сотрудник кафедры стандартизации, сертификации и товароведения Поволжского государственного технологического университета. Имеет 3 печатные работы в области контроля качества продукции, лесоведения.
E-mail: ekaterinadudina@mail.ru



РАННЯЯ ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА ПОДРОСТА КАК ВАЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ В РОССИИ

Проанализировано состояние, подтверждена актуальность и приведены конкретные варианты реализации ранней диагностики технического качества подростов хвойных пород.

Ключевые слова: качество, подрост, методы, диагностика, модуль упругости, дендроакустика.

Успех лесовозобновления и обеспечения устойчивости насаждений во многом предопределяется своевременным выполнением комплекса лесоводственных мер, направленных на сохранение подростка не только в достаточном количестве, но, что не менее важно, и надлежащего качества.

В этой связи отечественными и зарубежными учеными разработано немало методов диагностики, оценки состояния и качества подростка, среди которых акад. И.С. Мелехов условно выделил следующие: морфологический, анатомический, физиологический, биохимический, фенологический и др. [6].

© Федюков В.И., Салдаева Е.Ю., Цветкова Е.М., 2012

На практике сравнительно широкое распространение получила утвержденное в ГОСТ 18486–87 деление подроста по состоянию и качеству на три градации: благонадежный, сомнительный, неблагонадежный. Принято считать, что главная задача оценки подроста заключается в выявлении его возобновительной ценности на основе глазомерного установления по количественным и качественным признакам: породный состав, высота и количество штук на 1 га, возраст. Поэтому считалось, что «...устанавливать, кроме этих, какие-либо дополнительные оценки нет необходимости» [5].

Такая парадигма до недавнего времени, когда лесопользование осуществлялось по экстенсивной модели, на практике себя вполне оправдывала. Иными словами, когда потребности в качественной древесине не только по ее высокой сортности, но и физико-механическим свойствам удовлетворялись путем освоения все новых и новых лесных территорий.

Однако, несмотря на огромные территории лесов и наличие в них запасов древесины, уже сегодня ощущается недостаток определенных видов сырья. Вполне прогнозируемым является в недалеком будущем глубокий кризис обеспечения многих отраслей лесоматериалами спецназначения с высокими показателями физико-механических свойств. Причины хорошо известны: резкое уменьшение площадей экономически и технически доступных насаждений под действием ряда естественных и антропогенных факторов, особенно в последние 10...15 лет, а в сохранившихся – ухудшение товарного состояния древостоев [9].

Для решения этой проблемы у лесоводов в арсенале имеются несколько направлений, включая грамотное и своевременное выполнение всех видов рубок ухода, целевое (плантационное) выращивание древесного сырья с заданными техническими свойствами древесины и др., которые в совокупности являются основой модели интенсивного лесопользования по примеру скандинавских стран, в первую очередь Швеции и Финляндии [8].

Не вдаваясь в детальный анализ этой модели, отметим здесь одну важную особенность – ориентация всех элементов лесохозяйственного цикла на выращивание сырья для получения конкретных сортиментов с определенными показателями физико-механических свойств. Как показывают результаты исследований, выполненных зарубежными учеными за последние 20...25 лет, одной из эффективных мер достижения этой цели является ранняя диагностика технического качества древесины на корню.

Большинство имеющихся способов основаны на определении статического ($E_{ст}$) и/или динамического ($E_{дин}$) модулей упругости древесины черенков, взятых от молодняка. При этом используют общеизвестные методы: статический изгиб, импульсный ультразвуковой, вибрационный (частотно-амплитудный) и др. В этом плане большой методологический и практический интерес представляют работы [13, 15–17]. Например, по результатам исследований 7-летних деревьев сосны (*Pinus radiata*) доказано, что имеется взаимосвязь между модулями упругости ветвей и ствола. Кроме того, этот показатель

коррелирует с прочностью материала. Следовательно, модуль упругости ветвей является объективным показателем для использования в качестве критерия в неразрушающем методе оценки технических свойств древесины ствола при целевом лесовыращивании.

К сожалению, до настоящего времени в нашей стране не проводится оценка качества древесины на корню по физико-механическим показателям, в том числе, в молодняках искусственного и естественного происхождения. Производственники пока не располагают необходимой для этого нормативной и материально-технической базой. Как следствие, огромные площади естественного молодняка, среди которого может быть немало экземпляров с уникальными свойствами древесины, не вовлекаются в оборот целевого лесовыращивания, зачастую уничтожаются или, в лучшем случае, в будущем участвуют в формировании обычных древостоев, где заготавливают лесоматериалы общего назначения, дрова и т.д.

В концепции проекта Федеральной целевой программы «Развитие лесного семеноводства на период 2009–20 гг.», где центральное место занимает создание селекционных центров как базы для воспроизводства лесов, повышения их продуктивности и качества, также не предусмотрен целевой отбор элитных клонов на основе ранней их диагностики по показателям физико-механических свойств. Между тем, практика давно предъявляет к генетическому материалу свои требования не только в отношении быстрого роста и повышенной производительности насаждений, но и особых технических свойств выращиваемой древесины.

В данном случае под качеством подразумевается не просто высокая сортность древесного материала, но и соответствующие физико-механические свойства: плотность, прочность, жесткость (модуль упругости) и др., которые включены в обязательные требования к спецсортиментам (заготовки авиационные для изготовления деревянных деталей в самолето- и вертолетостроении; заготовки для лож спортивного и охотничьего стрелкового оружия; специальные виды шпона для внутренней обшивки самолетов, судов; лесоматериалы для каркасных сооружений и др.). В последние годы острый дефицит в древесине с высокими техническими свойствами испытывают изготовители мебели, строители домов из клееных брусьев и др.

В решении этой проблемы важную роль играют лесные культуры, однако здесь необходимо учесть следующее. Во-первых, искусственное лесовозобновление пока ориентировано в основном на ускоренное получение большей биомассы, что часто формирует древесину с меньшей плотностью [8] и, соответственно, пониженной жесткостью и прочностью. Не лишен оснований научный взгляд классика немецкого лесоводства проф. Г. Майра о превосходстве естественных древостоев над искусственными в формировании более плотной и прочной древесины [14]. Во-вторых, практически пока никто не учитывает потенциальное качество семян по принадлежности к определенному генотипу дерева с известными физико-механическими свойствами древесины [12], а посадочный материал не диагностируется по этим показателям.

Следовательно, традиционные способы создания лесных культур путем сбора шишек, получения семян, посадочного материала и выполнения комплекса лесокультурных работ (многократно на протяжении нескольких лет с немалыми затратами) в этом аспекте далеко не всегда бывают эффективными. Например, общая стоимость 1 га целевой плантации, созданной на селекционной основе, составляет к возрасту рубки не менее 1,0 млн р. [4].

Во избежание этих недостатков в целевом лесовыращивании в МарГТУ разработан способ ранней диагностики древесины на корню, в частности, для создания базы резонансного сырья с прогнозируемыми дендроакустическими свойствами [7, 10, 11]. Данный способ основан на выявлении динамического модуля упругости, который, как и плотность, имеет высокую корреляцию с другими показателями физико-механических свойств, являясь критерием прочности при изгибе и сжатии вдоль волокон древесины [1–3].

Следовательно, предложенный способ по сути универсален, т. е. может применяться при неразрушающей оценке технического качества подростка для объективной паспортизации лесоучастка в целях дополнительной кадастровой оценки на торгах (в случае выявления уникальных экземпляров); ускоренного формирования ценных древостоев из подростка с минимальными по сравнению с лесокультурами затратами и т.д.

На рис. 1 представлено устройство, иллюстрирующее осуществление предлагаемого способа.

Дендроакустические измерения заключаются в следующем. Гармонический сигнал поступает от полнодуплексной звуковой платы 2 системного блока компьютера на электромагнитный датчик (вибратор) 3, возбуждающий поперечные колебания вертикально установленного образца 5 посредством «колпачка» 4 из мягкого железа с внутренним диаметром, подогнанным по диаметру образца. После фиксации снятый электромагнитным датчиком сигнал поступает на вход полнодуплексной звуковой платы, проводится обработка данных по специальной программе. На экран монитора 1 выводятся соответствующая гистограмма и фактический к моменту испытаний динамический модуль упругости $E_{\text{дин}}$, вычисленный в автоматическом режиме:

$$E_{\text{дин}} = 12,775 \frac{l^4 f^2 \rho}{r^2},$$

где $E_{\text{дин}}$ – динамический модуль упругости Юнга, МПа;

l – длина образца, м;

f – собственная (резонансная) частота образца, Гц;

ρ – плотность образца, кг/м³;

r – радиус образца, м.

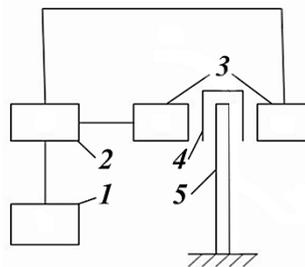


Рис. 1. Принципиальная схема устройства для ранней диагностики древесины на корню

Таблица 1

Расчет МОУ древесины вибрационным методом

№ п/п	№ образца	Длина	Рабочая длина	Диаметр	Плотность, кг/м ³	Собственная частота, Гц	Модуль упругости, МПа
1	1-3	98,0	60,0	3,2	421,57	84	3 167,441
2	1-4	80,0	75,0	5,1	551,91	244	3 363,035
3	1-5	98,0	77,0	6,3	523,15	265	5 737,631
4	2-3	100,0	100,0	3,2	456,52	61	2 395,719
5	2-4	100,2	80,0	3,5	474,14	91	3 104,557
6	2-5	83,0	70,0	3,6	475,41	176	3 295,395
7	2-6	101,0	80,0	5,7	458,47	226	4 483,799
8	5-3	98,2	98,0	3,3	406,59	71	3 460,596
9	5-4	98,0	77,0	4,8	460,23	162	5 550,456
10	5-5	98,6	77,0	5,6	480,31	225	6 293,267
11	5-6	70,0	60,0	5,9	469,88	509	3 813,289
12	5-7	99,0	75,0	7,5	549,89	313	3 549,569

Примечание. Здесь и далее, в табл. 2, первая цифра в номере образца означает номер модельного дерева, вторая – место вырезки образца, начиная с третьего прироста с конца ветви.

Дендроакустические исследования с помощью нового устройства проводили в лесных культурах ели на территории учебно-опытного лесхоза ПГТУ. Тип условий произрастания – С₂; почва – дерново-слабоподзолистая, суглинистая, свежая; способ подготовки площади под лесные культуры – полосный; ширина полос – 2,0 м, расстояние между ними – 6,0 м. Предварительно была произведена корчевка пней и двухрядная посадка 2-летних сеянцев ели обыкновенной с размещением в рядах через 0,8 м, расстояние между рядами – 1,0 м, отступ от края полосы – 0,5 м; возраст деревьев к моменту исследований – примерно 23...25 лет.

Опытными образцами служили черенки диаметром 3,0...7,0 мм и длиной 70,0...100,0 мм, взятые от боковых веток средней части кроны строго с ее южной стороны.

Результаты измерения модуля упругости (МОУ) древесины предложенным нами вибрационным методом представлены в табл. 1. Плотность древесины определена через выявление выталкивающей силы.

Для проверки данного метода МОУ образцов определяли и ультразвуковым [17] способом (табл. 2).

Сравнительный анализ результатов МОУ, полученных ультразвуковым и вибрационным методами, приведен в табл. 3 и на рис. 2.

Вибрационный метод определения динамического МОУ по точности не уступает ультразвуковому, что подтверждают результаты статистической обработки. В данном случае расчетное значение критерия Фишера для выбранного уровня значимости $p = 0,05$ (т. е. меньше табличного) свидетельствует об однородности значений модуля упругости, полученных вибрационным и ультразвуковым методами. Положительный показатель корреляции $r = 0,964$ свидетельствует о сопоставимости полученных значений МОУ.

Таблица 2

Расчет МОУ древесины ультразвуковым методом

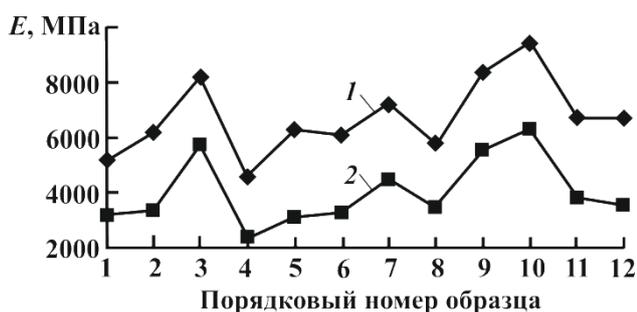
№ п/п	№ образца	Скорость ультразвука, м/с	Модуль упругости, МПа
1	1-3	3 500,00	5 164,216
2	1-4	3 333,33	6 132,362
3	1-5	3 951,61	8 169,086
4	2-3	3 164,56	4 571,801
5	2-4	3 630,43	6 249,165
6	2-5	3 577,59	6 084,829
7	2-6	3 960,78	7 192,419
8	5-3	3 762,45	5 755,755
9	5-4	4 260,87	8 355,430
10	5-5	4 421,52	9 390,100
11	5-6	3 783,78	6 727,274
12	5-7	3 485,92	6 682,094

Таблица 3

Результаты статистической обработки МОУ древесины

Статистический показатель	Ультразвуковой метод	Вибрационный метод
Среднее значение, МПа	6 706,211	4 017,896
Среднее квадратическое отклонение, МПа	1 383,728	1 221,480
Дисперсия, МПа	1 914 703,708	1 492 014,145
Коэффициент вариации, %	20,634	30,401
Показатель точности, %	5,158	7,600
Относительная погрешность, МПа	10,993	16,196
Критерий Фишера		1,133
Коэффициент корреляции		0,964

Рис. 2. Модуль упругости древесины, определенный ультразвуковым (1) и вибрационным (2) методами



Способ ранней диагностики резонансных свойств древесины на корню защищен патентом РФ [7], где даются более детальные рекомендации по эксплуатации прибора. Практика показала его неоспоримые преимущества по сравнению с зарубежными аналогами, а также со стандартными методами

разрушающего контроля качества материала путем предварительной рубки дерева и изготовления опытных образцов:

сохранение жизнеспособности обследованных экземпляров ели с выявленными техническими свойствами, что делает возможным формировать из них особо ценные древостои;

оперативность и простота выполнения экспресс-диагностики с минимальными материально-техническими и трудовыми затратами;

возможность тиражирования аппаратно-программного комплекса в короткие сроки с относительно малыми затратами.

Таким образом, внедрение ранней диагностики технического качества подроста с помощью предложенного метода может служить основой для интенсификации лесопользования в целях ускоренного получения древесного сырья с прогнозируемыми техническими свойствами при одновременной минимизации общих расходов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Волынский В.Н.* О взаимосвязи прочности древесины с несколькими ее параметрами, определяемыми неразрушающим способом // Лесн. журн. 1991. № 4. С. 60–64. (Изв. высш. учеб. заведений).
2. *Волынский В.Н.* О методах определения модуля упругости при изгибе древесины и древесных материалов // Лесн. журн. 1984. № 1. С. 62–64. (Изв. высш. учеб. заведений).
3. *Волынский В.Н.* Плотность и модуль упругости как критерии прочности чистой древесины // Лесн. журн. 1983. № 4. С. 76–80. (Изв. высш. учеб. заведений).
4. *Кобельков М.Е.* Лесное семеноводство на пороге перемен // Лесная Россия. 2008. № 9. С. 4–8.
5. Лесная таксация и лесоустройство / А.В. Вагин [и др.]. М.: Лесн. пром-сть, 1978. 368 с.
6. *Мелехов И.С.* Лесоведение: учеб. для вузов. М.: Лесн. пром-сть, 1980. 408 с.
7. Пат. 2439561 РФ. МПК А 01 G 33/46. Способ ранней диагностики резонансных свойств древесины / Федюков В.И., Салдаева Е.Ю. // Бюл. изобрет. 2012. № 1.
8. *Полубояринов О.И.* Оценка качества древесины в насаждении. Л.: ЛТА, 1976. 76 с.
9. *Романюк Б.Д.* Актуальные вопросы интенсификации лесопользования в России // Устойчивое лесопользование. 2011. № 4(29). С. 2–6.
10. *Федюков В.И.* Ель резонансная: отбор на корню, выращивание, сертификация. Йошкар-Ола, 1998. 204 с.
11. *Федюков В.И.* Сохранение генофонда резонансной ели в лесах России // Устойчивое лесопользование. 2011. № 4(29). С. 23–25.
12. *Федюков В.И.* Форма семенных чешуй ели как диагностический признак резонансной ели на корню // Лесн. журн. 1998. № 1. С. 23–30. (Изв. высш. учеб. заведений).
13. *Lindstrom H., Harris, P., Nakada, R.* Methods for measuring stiffness of young trees // Holz als Roh-und Werkstoff 60. 2002. P. 165–174.
14. *Mayer H.* Der Waldbau auf naturgesetzlicher Grundlage // Verl. Paul Parey. Berlin, 1909.

15. Nakamura N. Development of measuring Young's modulus of planting stock // J. Japan For Soc. 1997. 79(1). P. 43–48.

16. Ridoutt B.G, Sorensson C.T, Lausberg M.J.F. Wood properties of twenty highly ranked radiata pine seed production parents selected for growth and form // Wood Fiber Science. 1998. 30 (2). P. 128–137.

17. Stiffness and wood variation of 3-year-old *Pinus radiata* clones / H. Lindstrom, P. Harris, C.T. Sorensson, R. Evans // Wood Science and Technology 29. P. 321–338.

Поступила 04.10.11

V.I. Fedyukov, E.Yu. Saldaeva, E.M. Tsvetkova
Volga State University of Technology

Early Diagnosis of the Undergrowth Technical Quality as an Important Element of the Forest Management Intensification in Russia

An analysis of the coniferous undergrowth technical quality has been carried out. Topicality of the young growth trees early diagnosis was vindicated, the specific versions of the diagnostics implementation are described in the article.

Key words: quality, undergrowth, techniques, diagnostics, elastic modulus, dendroacoustics.
