

УДК 630*812: 539.3

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РЕЗОНАНСНЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ**Тарасова О.Г., Салдаева Е.Ю., Цветкова Е.М.***ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Йошкар-Ола, e-mail: ekaterinadudina@mail.ru*

В работе рассмотрены проблемы оценки качества резонансных лесо- и пиломатериалов. На основе выполненного анализа нормативных и технических источников выявлены документы, нормирующие резонансные показатели и методы их контроля, установлена необходимость их совершенствования или разработки новых. Исследованы существующие методы определения дендроакустических показателей и предложен новый способ оценки резонансных свойств древесины в стадии подроста с учетом параметров изгибных колебаний. Новая методика с применением разработанной установки «Резонанс-4» позволит определить «музыкальные» свойства елей в стадии подроста при использовании образцов, взятых только с боковых ветвей, без повреждения ствола дерева. При оценке качества пиломатериалов, полученных из зрелых деревьев, следует использовать предложенные способы оперативной оценки отклонений от прямолинейности не только для определения сорта по стреле прогиба, но и последующего диагностирования состояния оборудования.

Ключевые слова: оценка качества, модуль упругости, резонансные пиломатериалы, подрост, оперативный контроль, отклонения от прямолинейности

QUALITY ASSESSMENT OF RESONANCE LUMBER**Tarasova O.G., Saldaeva E.Y., Tsvetkova E.M.***Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, e-mail: ekaterinadudina@mail.ru*

The paper deals with the assessment of wood products sonorous properties. On the basis of survey of regulatory and engineering funds some materials are exposed to standardize their sonorous data and monitoring technique. The needs of data improvement or development of materials is also established. Available methods of specification of dendro-sonic exponents are studied and a new approach of assessment of sonorous wood properties in the stage of undergrowth with taking into account bending vibrations is proposed. A new approach with the application of developed apparatus «Resonance-4» enables to define sound properties of spruce in the stage of undergrowth using samples of lateral branches without damage of tree trunk. For lumber quality assessment of old-growth trees proposed methods of executive appreciation of fluctuations can be used not only for defining the grade in compliance with the amount of deflection put further diagnosis of facilities.

Keywords: quality assessment, elastic modulus, resonant wood, undergrowth, operational control, deviation from linearity

Основной проблемой в области производства пиломатериалов (ПМ), и резонансных в том числе, в настоящее время является создание методик оперативной оценки качества на всех стадиях жизненного цикла продукции, начиная с экспресс-диагностики резонансных свойств растущего подроста или зрелого дерева, далее контроля ПМ при выполнении технологических операций и в конечном итоге – оценки качества готовых изделий.

Обеспечение высокого качества изделий из резонансной древесины возможно только при отборе деревьев с наибольшими значениями модуля упругости, последующей оптимизацией раскроя, в зависимости от особенностей ствола дерева и уменьшением погрешностей размеров, формы и величины шероховатости поверхности.

Общеизвестно, что качество любой конечной продукции деревообработки во многом предопределяется природными свойствами исходного сырья – древесины, которая по своей природе намного сложнее, чем пластмасса, металлы и другие материалы, и, что особенно важно, непредсказуема вследствие высокой вариации ее физико-механических свойств.

В настоящее время более половины лесопильного оборудования на крупных предприятиях, созданных в 78–80 годы прошлого века, имеют физический износ и срочно нуждаются в капитальном ремонте. В трудной экономической ситуации на ближайшие годы остается единственный выход – это обеспечить техническую и технологическую культуру эксплуатации имеющегося оборудования для выпуска конкурентоспособной продукции. Многие виды станков и комплексов не исчерпали свои возможности, поэтому осуществление оперативного контроля за качеством ПМ позволит диагностировать состояние оборудования и выполнить оперативную переналадку его, что обеспечит спецификационные требования.

При изготовлении музыкальных инструментов наиболее значимыми являются «музыкальные» свойства древесины, поэтому для получения ПМ с заданными параметрами, обеспечивающими качество звука – необходимо наличие не только нормативных и технических документов, содержащих технические характеристики, но и методики оперативной проверки продукции и оборудования с материально-техническими средствами для обеспечения их полноты.

Исследования нормативных и технических источников на различные хвойные сортаменты: круглые лесоматериалы – ГОСТ 9463, ПМ – ГОСТ 8486 и заготовки – ТУ 205 РСФСР 08.866-89 показали, что практически отсутствуют четко нормирован-

ные значения резонансных свойств, а следовательно, и методики их определения (табл. 1). Документы содержат в основном размерно-качественные показатели и не предусматривают оценку по дендроакустическим свойствам.

Таблица 1

Объекты стандартизации резонансной древесины

Объект	Вид документа	Контролируемые показатели	Нормативное значение	Наличие методов контроля
Круглые лесоматериалы	ГОСТ 9463-88 «Лесоматериалы пиленные хвойных пород. Технические условия»	порода	ель, пихта европейская и кавказская, кедр (допускается по соглашению сторон)	–
		размеры	толщина – 28,0 см и более, длина – 3,0–6,5 м градацией 0,5 м	ГОСТ 2292
		сорт	сорт 1	ГОСТ 2140
		макро-структура	ширина годичных слоев не должна превышать 4 мм, ширина поздней древесины в них должна быть не более 30%	–
		пороки	ограничены крень и сучки (диаметром более 10 мм)	ГОСТ 2140
Пиломатериалы	ГОСТ 8486-86 «Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия»	(в последней редакции 1986 г. резонансные требования не включены)	–	–
Заготовки	ТУ 205 РСФСР 08.866-89 «Заготовки деревянные резонансные для музыкальных инструментов»	отменен	–	–
Дерево на корню	отсутствует	–	–	–

Анализируя размерно-качественные показатели ПМ, в частности отклонения от прямолинейности (называемые – кривизна, покоробленность, крыловатость и т.д.), характеризующие величиной стрелы прогиба (СП), было выявлено, что имеющаяся нормативная документация, в частности ГОСТ 10294 и ГОСТ 2140, имеет ряд существенных недостатков [2]. В частности, в ГОСТ 10294 установлено ограничение по длине исследуемых ПМ и поверочной линейки, имеется большая трудоемкость измерений при помощи щупов, ограничено число точек контроля, а ГОСТ 2140, выделяя виды покоробленностей, не содержит методики их измерения. Поэтому данные стандарты требуют пересмотра и введения новых методов оперативной оценки качества ПМ с таким условием, чтобы по полученным результатам было возможно

осуществить диагностирование состояния оборудования [1].

Для решения ряда проблемных вопросов в области установления требований к параметрам, методикам контроля и оценки качества резонансных ПМ на основе выполненного анализа нормативной и технической документации следует:

1) предложить способ оперативной оценки резонансных свойств подростка для предварительного диагностирования акустических характеристик;

2) разработать новые оперативные способы оценки отклонения от прямолинейности не только для определения сортности ПМ, но и последующего диагностирования состояния оборудования.

Для оценки резонансных свойств древесины во всем мире принят коэффициент акустической константы излучения звука,

предложенный академиком Н.Н. Андреевым [7]. Установлено, что пороговым значением для резонансного лесоматериала является коэффициент $K \geq 12,0 \text{ М4 кг}\cdot\text{с}$, полученный на основе акустических измерений в продольном направлении, а в поперечном – он почти в 3 раза меньше. К сожалению, данный показатель в настоящее время не нашел отражения в действующих нормативных документах, содержащих требования на резонансную древесину.

Для оценки технических свойств структурного ПМ в мире широкое применение нашли неразрушающие акустические методы. «Классическим», хотя и не стандартизированным, можно считать ультразвуковой метод, сущность которого заключается в измерении времени прохождения звуковой волны t вдоль образца длиной l на приборе типа УК-14П. Его недостатком является отсутствие возможности определить дендроакустические свойства древесины в стадии подроста. Практическое применение нашел также резонансный метод, по которому проводили исследования ученые Никишов В.Д., Пищик И.И., Макарьева Т.А. и др. [7].

Особый интерес вызывает метод определения дендроакустических показателей резонансным методом на поперечно-радиальных кернах, предложенный Федюковым В.И. и применяемый для диагностики взрослых, точнее технически зрелых деревьев [7]. Отсутствие же методики оценки свойств молодняка на основе использования методов «кернов» послужило основой для разработки нового способа диагностики резонансных свойств древесины на корню в стадии подроста.

Суть предлагаемого способа заключается в выявлении резонансных свойств древесины в стадии подроста путем проведения дендроакустических исследований по определению динамического модуля упругости образцов по частоте собственных изгибных колебаний образцов, отобранных с боковых ветвей ели на высоте 1,3 метра [8]. Главным отличием данного способа является то, что проведение дендроакустических исследований возможно на образцах с малым неодинаковым диаметром слабодревесневших образцов.

Для практической реализации предлагаемого способа на базе Лаборатории квалитетрии древесного сырья ПГТУ была разработана установка «Резонанс-4» [3], предназначенная для определения собственных частот колебаний образцов в виде черенков, отобранных и откалиброванных с целью дальнейшего расчёта акустических и упруго-вязких характеристик материалов:

динамического модуля упругости Юнга и величины акустической константы материала.

Определение резонансных свойств древесины по новому способу с учетом параметров изгибных колебаний консольного образца выполнено по формулам (1) и (2):

$$E_{\text{дин}} = f_{\text{рез}} \cdot 4\pi \cdot 2\ell^2 \rho / a_0^4 k_2, \quad (1)$$

где $f_{\text{рез}}$ – резонансная (собственная) частота, усреднённая по двум положениям образца (с поворотом на 90 градусов вокруг собственной оси), Гц; ℓ – рабочая длина образца, м; ρ – плотность образца, кг/м³; $k_2 = j/F$, где j – момент инерции поперечного сечения; F – площадь сечения, м²; $a_0 = 1,875$ – волновое число для основной моды колебаний.

Акустическая константа определяется по формуле:

$$K = \sqrt{E_{\text{дин}} / \rho^3}, \text{ [М}^4\text{/кг}\cdot\text{с]}. \quad (2)$$

Результаты проведенных экспериментальных исследований на образцах, отобранных от елей резонансной и обычной, по предложенному способу представлены в табл. 2.

Установлено, что среднее арифметическое значение модуля упругости резонансной и обычной елей имеют незначительную разницу. Полученное среднее значение плотности обычных образцов намного выше плотности древесины резонансной ели, за счет этого средняя акустическая константа последней в стадии подроста в 2 раза выше. Причиной высоких показателей вариации является то, что образцы для испытаний были взяты с разных деревьев, следовательно, необходимо проведение повторных исследований и доработка методики отбора и подготовки образцов.

Для установления и сравнения числовых значений резонансных свойств древесины в стадии подроста следует провести исследования по определению корреляционной зависимости технических показателей стволовой части древесины дерева с боковыми побегами. Чистоту эксперимента обеспечит проведение исследований на созданной архивно-маточной плантации ПГТУ с использованием образцов резонансной ели, имеющей ранее установленные свойства по «методу керна».

Лесоматериалы с установленными резонансными свойствами целесообразно раскраивать по индивидуальным картам раскря, для получения оптимального выхода. При последующей обработке ПМ следует обратить особое внимание на дефекты обработки (покоробленность и крыловатость), которые зачастую усугубляются наличием

внутренних напряжений в древесине и состоянием производственного оборудования. На основе анализа нормативных документов по измерению отклонения от прямолинейности выполнен ряд исследований и в целях совершенствования стандартных

методик измерения разработаны патентоспособные методики оценки, позволяющие оперативно оценить СП, характеризующую сортность ПМ [4, 5, 6], при этом следует учесть, что резонансные ПМ, как и круглые ЛМ, должны быть только 1 сорта (табл. 3).

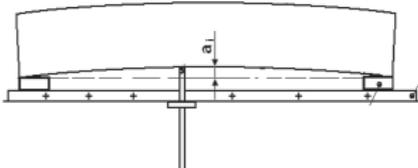
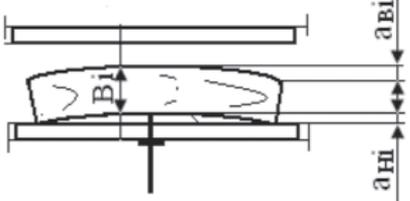
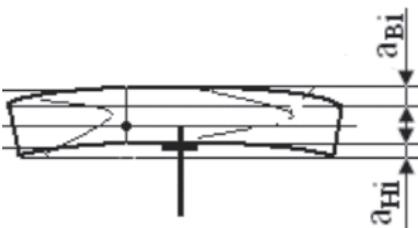
Таблица 2

Статистические данные по определению резонансных свойств древесины ели

Показатели	Среднее арифметическое	Коэффициент вариации, %	Диапазон разброса значений min...max
Резонансная форма ели			
ρ , кг/м ³	323,2	1,3	230,3...416,4
$E_{длин}$, МПа	6290,36	37,6	3600,61...9895,1
K , м ⁴ /кг·с	4,41	18,6	2,08-6,74
Обычная форма ели (контрольная)			
ρ , кг/м ³	495,65	18,28	119,04...616,22
$E_{длин}$, МПа	6441,4	39,4	4100,3...8782,8
K , м ⁴ /кг·с	2,3	19,4	3600,61...9895,1

Таблица 3

Измерение отклонения от прямолинейности

№ п/п	Вид документа на методику	Приспособления и средства измерений	Схема измерений
1	Патент № 2359819 [3]	Рейка и калиброванные опоры. Штангенглубиномер	
2	Патент № 2369832 [4]	Прямолинейные рейки. Штангенглубиномер	
3	Патент № 2361174 [5]	Струна. Штангенглубиномер	

Результаты статистической обработки результатов измерений обрезных ПМ по предложенным методикам показывают, что наиболее приемлемым способом оценки отклонения от прямолинейности является способ 2, имеющий наименьшую величину среднего квадратического отклонения.

Каждый из разработанных способов направлен на уменьшение трудоемкости и повышение точности измерений, их основное

отличие состоит в создании материальной базы для проведения измерений. Использование способа со струной целесообразно для оперативного контроля сортности лесоматериалов, а для точного определения величины стрелы прогиба и последующего диагностирования состояния оборудования (в целях устранения возможных дефектов обработки) необходимо в качестве прямолинейной базы для продукции

длиной от 3 м использовать способ с применением стационарных стенов с рейками, позволяющий оценить отклонение от прямолинейности одновременно обеих кромок.

Применение математических методов обработки информации в форме уравнений синусоидального вида для описания распределения погрешностей обработки по длине ПМ позволяют не только оценить качество, но и выполнить диагностирование состояния лесопильного оборудования [1].

Проведенный анализ и ряд исследований позволили установить, что

1) действующие нормативные и технические документы ориентируются только на отбор крупномерного (толщиной от 26 см) и первосортного материала без учета акустических свойств древесины;

2) при использовании новой методики оценки резонансных свойств подростка возможно определение наличия акустических свойств у сравнительно молодых деревьев и создание карты запасов резонансной древесины;

3) необходимо внесение изменений в действующие стандарты на методы контроля ПМ, ввиду наличия различной терминологии на один и тот же показатель, отсутствия способов и средств измерений отклонения от прямолинейности для длины свыше 3 м;

4) предложенные способы оценки отклонения от прямолинейности позволяют не только оперативно оценить стрелу прогиба, но и по распределению погрешностей по длине доски диагностировать состояние лесопильного оборудования.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 13-01-97045 р_поволжье_a.

Список литературы

1. Боярский М.В. Диагностирование пиломатериалов и лесопильного оборудования (на базе двухэтажной лесопильной рамы) // Вестник ПГТУ. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2011. – № 3. – С. 58–65.
2. Боярский М.В. Анализ видов покоробленностей и способов их измерения / М. В. Боярский, О.Г. Тарасова // Марийский государственный технический университет. – Йошкар-Ола, 2010 // Вестник МарГТУ. – 2010. – № 3. – С. 76.
3. 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.
4. Пат. 2359819 Российская Федерация, МПК В 27G 23/00. Способ оценки отклонений от прямолинейности продольных кромок пиломатериала / Боярский М.В., Тарасова О.Г.; Жгулева И.Н., заявитель и патентообладатель Йошкар-Ола, ГОУ ВПО МарГТУ. – RU 2359819 С1; заявл. 13.12.2007; опубл. 27.06.2009; Бюл. № 18.
5. Пат. 2369832 РФ, МПК G01B 5/28. Способ комплексной оценки ширины пиломатериала и отклонений от прямолинейности его продольных кромок / Боярский М.В., Тарасова

О.Г.; Хныкина Ю.В. – RU 2369832 С1; заявл. 25.03.2008; опубл. 10.10.2009; Бюл. № 28.

6. Пат. 2361174 Российская Федерация, МПК G01B 5/28. Способ измерения продольной покоробленности (кривизны) отдельных обрезных досок / Боярский М.В., Тарасова О.Г. заявитель и патентообладатель МарГТУ. – RU 2361174 С1; заявл. 25.03.2008; опубл. 10.07.2009; Бюл. № 19.

7. Федюков В.И. Ель резонансная: отбор на корню, выращивание, сертификация: научное издание. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1998. – 204 с.

8. Федюков, В.И., Салдаева Е.Ю., Цветкова Е.М. Ранняя диагностика технического качества подростка как важный элемент интенсификации лесопользования в России / В.И. Федюков, Е.Ю. Салдаева, Е.М. Цветкова // Лесной журнал. – 2012. – № 6. – С. 16–23

References

1. Bojarskij M.V. Diagnostirovanie pilomaterialov i lesopil'nogo oborudovanija (ne baze dvuhjetazhnoj lesopil'noj ramy) [Diagnosing lumber and sawmill equipment (not based bunk frame sawing)] Vestnik PGTU. Serija: Les. Jekologija. Prirodopol'zovanie [Herald PGTU. Series: Forest. Ecology. Prirodopolzovanie]. NO 3. pp. 58 – 65.
2. Bojarskij M.V. Tarasova O.G. Analiz vidov pokoroblennoej i sposobov ih izmerenija [Analysis Warped types and methods of their measurement] Marijskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet. Vestnik MarGTU [Mari State Technical University. Herald MarGTU] 2010. no. 3. pp. 76.
3. Fedjukov V.I., Saldaeva E.Ju. Spособ rannej diagnostiki rezonansnyh svoystv drevesiny [The method early detection of the resonant properties of the wood]. Patent RF, no. 2439561, 2012.
4. Bojarskij M.V, Tarasova O.G., Zhguleva I.N. Spособ ocenki otklonenij ot prjamolinejnosti prodol'nyh kromok pilomateriala [Way to assess deviations from linearity of the longitudinal edges of timber]. Patent RF, no 2359819, 2009.
5. Bojarskij M.V, Tarasova O.G., Hnykina Ju.V. Spособ kompleksnoj ocenki shiriny pilomateriala i otklonenij ot prjamolinejnosti ego prodol'nyh kromok [Way to estimate the width of the timber complex and its deviation from linearity of the longitudinal edges]. Patent RF, no 2369832, 2009.
6. Bojarskij M.V, Tarasova O.G. Spособ izmerenija prodol'noj pokoroblennosti (krivizny) otdel'nyh obreznyh dosok [A method for measuring the longitudinal warp (curvature) of the individual edging boards]. Patent RF, no 2361174, 2009.
7. Fedjukov V.I. El' rezonansnaja: otkor na kornju, vyrashhivanie, sertifikacija [Spruce resonance: selection on the vine cultivation, certification]: Scientific publication. Yoshkar-Ola MarSTU, 1998. pp. 204.
8. Fedjukov V.I., Saldaeva E.Ju., Cvetkova E.M. Rannjaja diagnostika tehničeskogo kachestva podrosta kak vazhnyj jelement intensivikacii lesopol'zovanija v Rossii. [Early diagnosis of the technical quality of regrowth as an important element of the intensification of forest management in Russia]. Lesnoj zhurnal. [Forest Magazine]. 2012. no. 6. pp. 16–23.

Рецензенты:

Ширнин Ю.А., д.т.н., проф. кафедры «Технология и оборудование лесопромышленных производств», ФГБОУ ВПО «ПГТУ» г. Йошкар-Ола;

Царев Е.М., д.т.н., профессор кафедры «Технология и оборудование лесопромышленных производств», ФГБОУ ВПО «ПГТУ», г. Йошкар-Ола.

Работа поступила в редакцию 11.04.2014.