

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА ДРЕВЕСИНЫ НА КОРНЮ

В.И. ФЕДЮКОВ, *проф., ПГТУ, д-р. техн. наук*⁽¹⁾,

Е.Ю. САЛДАЕВА, *доц., ПГТУ*⁽¹⁾,

Е.М. ЦВЕТКОВА, *асп., ст. преподаватель, ПГТУ*⁽¹⁾

fiv48@mail.ru, saldaevaey@volgatech.net, tsvetkovaem@volgatech.net

⁽¹⁾ ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет
Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина д. 3

Рассмотрена актуальная для лесной отрасли проблема лесовыращивания с прогнозируемым техническим качеством древесины, включающем высокие физико-механические свойства. В работе предложен алгоритм комплексных исследований биофизических и акустических исследований древесины в стволовой части дерева, кроне и сеянцах с целью установления критериев прогнозирования технического качества привойного и посадочного материала, который разделен на два больших этапа: полевые и лабораторные исследования. Подробно изложены основные этапы исследований, выполняемые операции и приемы, а также предложены технические средства для реализации данных работ. В качестве критериев оценки используются макроструктурные показатели (средняя ширина годичного кольца, процент поздней древесины, количество годичных колец), прочность, динамический модуль упругости, низшая собственная частота колебаний образца консольного крепления. На основе теоретического исследования и анализа объективных методов и средств диагностики предложены новое устройство Резонанс-4 для неразрушающей ранней диагностики технического качества подроста, позволяющие оптимизировать процесс определения свойств древесины. Разработано новое устройство УНДПС-1 для неразрушающей диагностики физико-механических свойств древесины по величине сопротивления сверлению, непосредственно в лесных условиях без рубки дерева с одновременным извлечением керна для дальнейших исследований. Устройства выполнены на базе аккредитованной на техническую компетентность в системе ГОСТ Р лаборатории квалиметрии резонансной древесины Поволжского государственного технологического университета. Предложенный метод позволяет с наименьшими трудовыми и материальными затратами произвести предварительную техническую паспортизацию древостоя без рубки модельных деревьев, их трелевки, перевозки, распиловки на доски и изготовления из них стандартных образцов.

Ключевые слова: техническое качество древесины, физико-механические свойства, комплексные исследования, неразрушающая диагностика, критерии оценки.

В настоящее время в лесной отрасли особую актуальность приобрел вопрос квалиметрической оценки качества древесины с учетом возросших требований как потенциального сырья с необходимым набором физико-механических показателей, особенно на корню, причем, не только в технически зрелых древостоях, но в раннем возрасте в стадии подроста.

Однако реализация квалиметрического подхода затруднена по ряду причин. Во-первых, искусственное лесовозобновление сейчас ориентировано в основном на ускоренное получение большей биомассы, что часто формирует древесину с меньшей плотностью и пониженной жесткостью и прочностью. Во-вторых, практически не учитывается потенциальное техническое качество посадочного материала и привойного материала (кроне и сеянцах).

Под «техническим качеством» принято понимать физико-механические свойства древесины, которые в основном определяют-

ся с помощью разрушающих методов испытания на основе ГОСТ серии 16483, для чего требуется рубка дерева, изготовление стандартных образцов древесины, их калибровка и т. д. [1–5]. Отбор маточников, которые играют ключевую роль в повышении качества выращиваемой древесины, производится по визуально-морфологическим признакам, но внешний вид не всегда гарантирует, что древесина будет обладать высокими техническими характеристиками.

Для решения данного вопроса предлагается проведение комплексных биофизических и дендроакустических исследований древесины в стволовой части дерева, кроне и сеянцах с целью установления критериев прогнозирования технического качества привойного и посадочного материала. Алгоритм и перечень предлагаемых исследований, включающий проведение испытаний древесины в двух направлениях – полевых и лабораторных, представлен на рисунке и

Этапы проведения комплексного исследования
Stages of a comprehensive study

Этапы	Операции	Приемы	Оборудование
1. полевые исследования	1. изъятие образца древесины. 2. диагностика механических свойств древесины	1. изготовление образцов 2. калибровка и маркировка 3. анализ механических свойств по графикам	resistograph (резистограф) ундпс-1 пэвм
2. лабораторные исследования	2. определение физических показателей древесины	1. измерение геометрических размеров 2. определение массы и расчет плотности, влажности	штангенциркуль микрометр весы калькулятор
	3. определение макроструктурных показателей	1. определение ширины годовичных слоев 2. определение процента содержания поздней древесины	электронный дендрометр пэвм
	4. определение акустических показателей	1. установка образца в устройство 2. определение резонансной частоты	установка «резонанс-4» пэвм

в таблице. Для реализации комплексных исследований в лаборатории квалиметрии древесины ПГТУ разработаны соответствующие устройства, позволяющие в оперативном режиме с высокой точностью проводить испытания, сохраняя при этом жизнеспособность растущих деревьев [6–8].

Полевые исследования предусматривают определение качества древесины неразрушающим способом по прочности и макроструктурным показателям.

Полевые исследования заключаются в неразрушающей диагностике механических свойств древесины, которые определяются по величине сопротивления сверлению с одновременным извлечением из дерева керна с помощью устройства УНДПС-1 (рис. 1а). Устройство включает мерную вилку для фиксации на стволе, буровое устройство, рабочим органом которого является полый бурав, а также программно-аппаратный комплекс с источником питания. На данное устройство и способ подана заявка на патент.

Лабораторные исследования включают определение дендроакустических свойств древесины с помощью устройства Резонанс-4 (рис. 1б) и электронный дендрометр (рис. 1в) [9, 10].

Дендроакустические измерения с помощью устройства Резонанс-4 заключаются в

определении динамического модуля упругости по параметрам изгибных колебаний образца консольного крепления по формуле

$$E_{\text{дин.}} = 64\pi^2 l^4 \rho f_{\text{ист}}^2 / a_0^4 d^2,$$

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

ρ – плотность образца, кг/м³

f – собственная (резонансная частота) образца, Гц,

a_0 – волновое число для основной моды колебаний, равное 1,875,

l – длина образца, м,

d – диаметр образца, м.

Полное описание методики проведения дендроакустических испытаний изложено в работах [3, 4].

Электронный дендрометр служит для определения макроструктурных анализов древесины в лабораторных условиях с максимальной автоматизацией процесса измерений и получения готовых обработанных результатов. Разработанная для дендрометра специальная ЭВМ-платформа позволяет одновременно получать информацию о следующих параметрах образца: средняя ширина годовичного кольца, процент поздней древесины, количество годовичных колец [5].

Предлагаемый комплексный подход является наиболее практичным, так как позволяет определить технические характе-

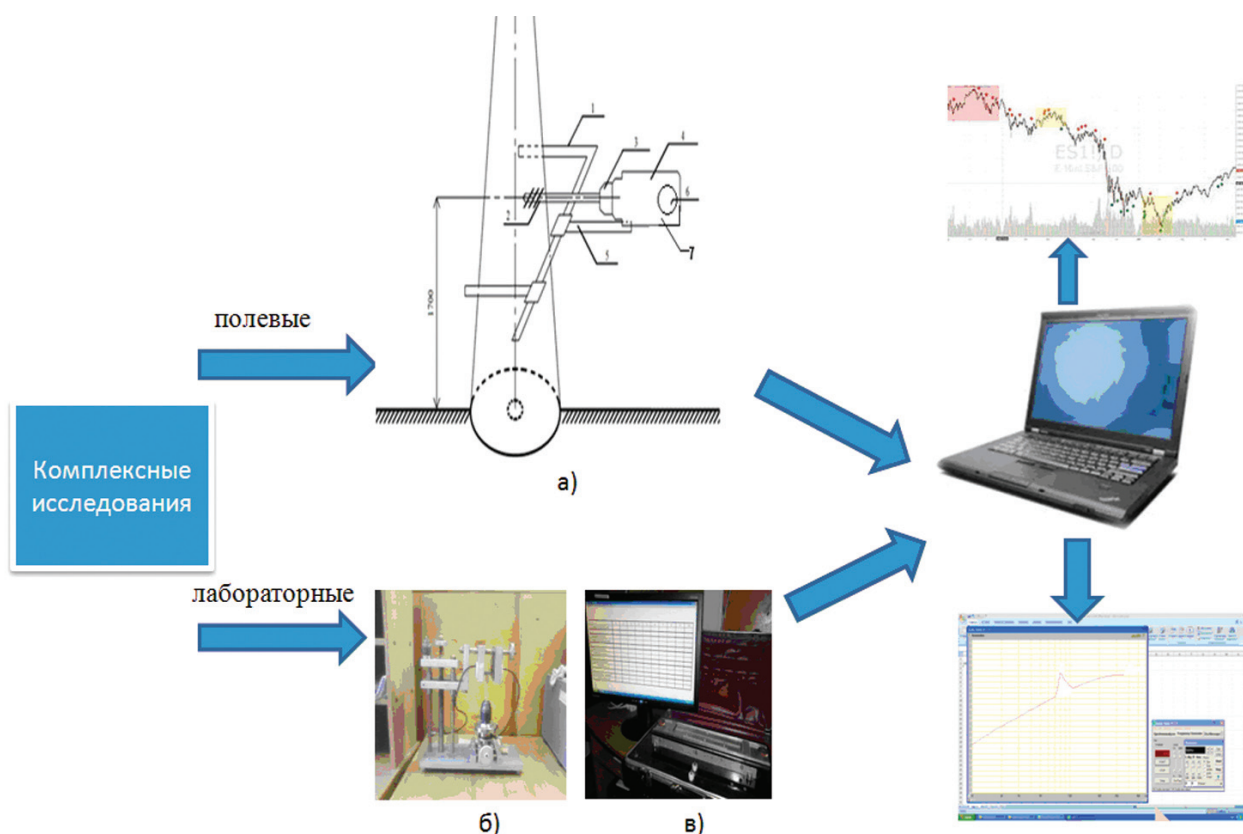


Рисунок. Структурная схема комплексных испытаний. а) устройство УНДПС-1 б) Установка Резонанс 4; в) Электронный дендрометр

Figure. Block diagram of complex tests. а) The device UNDPS-1 б) Setting Resonance 4; в) E-dendrometr

ристики образцов разной формы и малого диаметра. Данный метод относится к неразрушающему и служит основой для установления и корректировки критериев прогнозирования технического качества привойного и посадочного материала. В настоящее время проводится апробация устройств и методик в полевых условиях на базе архивно-маточной плантации учебно-опытного лесхоза и ботанического сада Поволжского государственного технологического университета.

Первые результаты, полученные с помощью нового устройства, доказывают наличие достоверных взаимосвязей между физико-механическими и дендроакустическими показателями древесины в стволовой части и кроне дерева, что открывает новые возможности неразрушающей экспресс-диагностики технического качества и целевого отбора (выращиванию) древесины для получения сортиментов специального назначения.

Библиографический список

1. Федюков, В.И. Стандартизация резонансной древесины: необходимо совершенствование/ В.И. Федюков, Е.Ю. Салдаева, Е.М. Цветкова // Стандарты и качество. – 2014. – № 4 – С. 54–57.
2. Федюков, В.И. Состояние и перспектива ранней диагностики технических свойств подроста и молодняков / В.И. Федюков // Лесное хозяйство. – 2013. – № 1. – С. 18–20.
3. Уголев, Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения: Учебник для лесотехн. вузов 3-е издание, перераб. и доп. / Б.Н. Уголев. – М.: МГУЛ, 2001. – 340 с.
4. Федюков, В.И. Ранняя диагностика технического качества подроста как важный элемент интенсификации лесопользования в России / В.И. Федюков, Е.Ю. Салдаева, Е.М. Цветкова // Лесной журнал. – 2012. – № 6. – С. 16–23.
5. Шарапов, Е.С. Результаты экспериментальных исследований свойств древесины круглых лесоматериалов по радиусу ствола / Е.С. Шарапов, А.С. Торопов, В.Ю. Чернов // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2012. – №2. – С. 162–167.
6. Yoshihara, H. Off-axis Young's modulus and off-axis shear modulus of wood measured by flexural vibration tests. Yoshihara H, *Holzforschung*. 2012. 66, №2. – p.207–213.
7. Салдаева, Е.Ю. Теоретическое обоснование способа оценки резонансных свойств древесины в раннем

- возрасте на корню / Е.Ю. Салдаева, Э.А. Анисимов, Е.М. Цветкова // Фундаментальные исследования. – 2015. – №4. – С. 135–139.
8. Салдаева, Е.Ю. Предварительное диагностирование прочностных свойств древесины по показателю динамического модуля упругости вибрационным способом» / Е.Ю. Салдаева, Е.М. Цветкова // Вестник ПГТУ. Сер.: «Лес. Экономика. Природопользование». – 2014. – №2. – С. 53–63.
 9. Pavlovcs, Gunars. Relationship between the anatomical structure elements and physical properties in the trunk transverse and longitudinal direction for wood of Norway spruce growing in Latvia. Pavlovcs Gunars, Dolacis Janis, Antons Andis, Cirule Dace. Ann.Warsaw Univ.Life Sci. Forest. and Wood Technol.2010№72, p. 124–128.
 10. Пат. 2439561 РФ. МПК А 01 G 33/46. Способ ранней диагностики резонансных свойств древесины /Федюков В.И., Салдаева Е.Ю.; заявитель и патентообладатель Марийский государственный технологический университет.–№2009111148:заяв. 26.03.09; опубл. 10.01.12 Бюл. №1– 5с.

INTEGRATED ASSESSMENT OF THE TECHNICAL QUALITY OF STANDING WOOD

Fedyukov V.I., Prof. VSUT, Dr. Sci. (Tech.)⁽¹⁾; **Saldayeva E.Yu.**, Assoc. Prof. VSUT⁽¹⁾; **Tsvetkova E.M.**, Senior Teacher VSUT⁽¹⁾

fiv48@mail.ru, saldaevaey@volgatech.net, tsvetkovaem@volgatech.net

⁽¹⁾ Volga State University of Technology Russian Federation, the Republic of Mari El, Yoshkar-Ola, pl. Lenina 3

The article deals with a relevant for the forest sector problem of growing forests with predictable technical wood quality, i.e., with high physical and mechanical properties. In this paper we propose an integrated algorithm of biophysical and acoustic studies of wood in the stem area of a tree crown and that of seedlings to establish criteria for predicting the technical quality of graft material and planting material; the research has been divided into two major stages: field and laboratory studies. The main stages of the research, i.e., operations and techniques, have been described in detail and certain technical means to carry out this work have also been proposed. The macro-structural indicators (the average growth ring width, the percentage of late wood, the density of annual rings), strength, dynamic modulus of elasticity, the lower natural frequency of a sample have been used as the evaluation criteria. On the basis of theoretical research and objective analysis of methods and means of diagnostics a new device Resonance-4 for non-destructive early diagnosis of the technical quality of undergrowth has been proposed to optimize the process of determining the wood properties. A new device UNDPs-1 has been developed to carry out non-destructive diagnostics of physical and mechanical wood properties by measuring the resistance to drilling, directly in the forest without felling a tree with simultaneous extraction of the core for further research. The device is made on the basis of accredited for technical competence in the GOST R system of the laboratory of Qualimetry resonant wood at Volga state technological University. The proposed method allows to produce advanced technical certification of forest without felling model trees, logging, transportation, sawing boards and making them standard samples with the lowest labor and material costs.

Keywords: technical quality of wood; physical and mechanical properties; complex research, non-invasive diagnostics; evaluation criteria.

References

1. Fedyukov V.I., Saldaeva E.Yu., Tsvetkova E.M. *Standartizatsiya rezonansnoy drevesiny: neobkhodimo sovershenstvovanie* [Standardization resonant wood: should be improved]. Standarty i kachestvo. [Standards and quality]. 2014. № 4. pp. 54-57.
2. Fedyukov V.I. *Sostoyaniye i perspektiva ranney diagnostiki tehnikeskikh svoystv podrosta i molodnyakov* [Status and prospects of early diagnosis of technical properties of juvenile and saplings]. Lesnoye khozyaystvo [Forestry]. 2013. № 1. pp. 18-20.
3. Ugolev B.N. *Drevesinovedeniye s osnovami lesnogo tovarovedeniya* [Wood–forest with the basics of merchandising]. Moscow: MGUL, 2001. pp. 340.
4. Fedyukov V.I., Saldaeva E.Yu., Cvetkova E.M. *Rannnyaya diagnostika tehnikeskogo kachestva podrosta kak vazhnyy yelement intensifikatsii lesopol'zovaniya v Rossii* [Early diagnosis of the technical quality of regrowth as an important element of the intensification of forest management in Russia]. Lesnoy zhurnal [Forest Magazine]. 2012. № 6. pp. 16-23.
5. Sharapov E.S., Toropov A.S., Chernov V.Yu. *Rezultaty eksperimental'nykh issledovaniy svoystv drevesiny kruglykh lesomaterialov po radiusu stvola* [The results of experimental studies of the properties of wood round timber at the radius of the barrel]. Moscow State Forest University bulletin – Lesnoy vestnik. 2012. № 2. pp. 162-167.
6. Yoshihara H. Off-axis Young's modulus and off-axis shear modulus of wood measured by flexural vibration tests. Yoshihara H, Holzforschung.2012. 66, №2. pp.207-213.
7. Saldaeva E.Yu., Anisimov Ye.A., Cvetkova E.M. *Teoreticheskoe obosnovaniye sposoba ocenki rezonansnykh svoystv drevesiny v rannem vozraste na kornyuu* [Theoretical substantiation of a method for evaluating the resonance properties of wood at a young age on the vine]. Fundamental'nye issledovaniya [Basic research]. 2015. № 4. pp. 135-139.
8. Saldaeva E.Yu., Cvetkova E.M. *Predvaritel'noye diagnostirovaniye prochnostnykh svoystv drevesiny po pokazatelyu dinamicheskogo modulya uprugosti vibratsionnym sposobom* [A preliminary diagnosis of the strength properties of wood in terms of dynamic elastic modulus of the vibration method]. Vestnik PGU «Les. Yekonomika. Prirodopol'zovanie» [PSTU Bulletin «Les. Economy. Nature»] 2014. № 2. pp. 53-63.
9. Pavlovcs Gunars. Relationship between the anatomical structure elements and physical properties in the trunk transverse and longitudinal direction for wood of Norway spruce growing in Latvia. Pavlovcs Gunars, Dolacis Yanis, Antons Andis, Cirule Dace. Ann. Warsaw Univ.Life Sci.Forest. and Wood Technol. 2010. №72, pp. 124-128.
10. Fedyukov V.I., Saldaeva E.Yu. *Sposob ranney diagnostiki rezonansnykh svoystv drevesiny* [The method early detection of the resonant properties of the wood]. Patent RF, № 2439561, 2012.