УДК 674.5 DOI: 10.18324/2077-5415-2026-3-234-238

Исследование акустических свойств древесины различных пород для производства музыкальных инструментов

Г.С. Варанкина[1a], Д.С. Русаков[1b], М.В. Степанищева[2c], Е.П. Гринфельд[1d]

[1] Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, пер. Институтский, 5, Санкт-Петербург, Россия
[2] Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, Братск, Россия
[a] varagalina@yandex.ru, [b] dima-ru25@mail.ru, [c] marina01031977@inbox.ru, [d] me@grinfeldeg.ru.
[a] https://orcid.org/0000-0003-3470-5124, [b] https://orcid.org/0000-0002-4344-2779,
[c] https://orcid.org/ 0000-0003-4867-3901, [d] https://orcid.org/ 0009-0004-0899-4094.
Статья поступила 02.07.2026, принята 08.09.2026.

Комплексный анализ характеристик [древесины] (плотность, модуль упругости, анизотропия, ширина годичных слоёв и внутреннее трение на акустическую константу) позволяет более точно оценивать пригодность древесины для изготовления музыкальных инструментов высокого качества и совершенствовать методы отбора резонансного сырья (древесины). Распространение упругих волн в древесине зависит от ориентации волокон, соотношения ранней и поздней древесины, а также от внутреннего строения материала. Звукопроводность древесины во многом зависит от направления волокон, в связи с этим, звук вдоль волокон значительно быстрее проходит, чем поперёк, что особенно важно для музыкальных заготовок резонансной древесины. Наиболее подходящими породами для акустического применения в производстве музыкальных инструментов являются породы, обладающие высокой удельной жёсткостью, низкой плотностью и малым внутренним трением. К таким породам относятся кавказская ель, пихта и некоторые другие хвойные породы древесины. По результатам исследований получили, что акустические свойства древесины зависят от её физико-механических показателей, таких как – плотность, модуль упругости и анатомической структуры. Установлено, что скорость звука определяется не напрямую плотностью (древесины), а отношением динамического модуля упругости к плотности (E/ρ). Породы с высокой удельной жёсткостью демонстрируют лучшие звукопроводящие и резонансные качества древесины, проявляет выраженную анизотропию: скорость звука вдоль волокон значительно выше, чем поперёк, что связано с ориентированной структурой клеток. Наибольшие показатели анизотропии и скорости отмечены у ясеня, венге, кавказской ели и пихты – для них отношение скоростей вдоль и поперёк волокон превышает 4,5, что свидетельствует о высокой эффективности направленного распространения вибраций. Анализ акустической константы выявил, что древесина ели и пихты обладает наилучшими резонансными свойствами, сочетая низкую плотность, достаточную жёсткость и высокую звуковую отдачу, что делает их предпочтительными для изготовления резонирующих элементов музыкальных инструментов.

Ключевые слова: *акустические свойства древесины, порода древесины, заготовки для музыкальных инструментов, акустическая константа, звукопоглощающая способность древесины, резонансные свойства древесины.*

Study of the acoustic properties of various wood species for musical instrument production

G.S. Varankina[1a], D.S. Rusakov[1b], M.V. Stepanishcheva[2c], E.P. Grinfeld[1d]

[1] St. Petersburg State Forestry Universitythem. CM. Kirov, per. Institutsky, 5, St. Petersburg, Russia
[2] Bratsk State University, st. Makarenko, 40, Bratsk, Russia
[a] varagalina@yandex.ru, [b] dima-ru25@mail.ru, [c] marina01031977@inbox.ru, [d] me@grinfeldeg.ru.
[a] https://orcid.org/0000-0003-3470-5124, [b] https://orcid.org/0000-0002-4344-2779,
[c] https://orcid.org/0000-0003-4867-3901, [d] https://orcid.org/0009-0004-0899-4094.
Received 02.07.2026, accepted 08.09.2026.

A comprehensive analysis of wood characteristics—including density, modulus of elasticity, anisotropy, annual ring width, and internal friction (in relation to the acoustic constant)—enables a more precise assessment of wood's suitability for high-quality musical instruments and facilitates the refinement of selection methods for acoustic-grade timber. The propagation of elastic waves in wood depends on grain orientation, the ratio of earlywood to latewood, and the material's internal structure. Sound transmission is heavily influenced by grain direction; sound travels significantly faster along the grain than across it—a factor of particular importance for acoustic-grade wood blanks. The wood species best suited for acoustic applications in instrument making are those characterized by high specific stiffness, low density, and low internal friction. Examples include Caucasian spruce, fir, and certain other conifers. Research indicates that the acoustic properties of wood depend on its physical-mechanical parameters—such as density and modulus of

elasticity—as well as its anatomical structure. It has been established that the speed of sound is determined not directly by density, but by the ratio of the dynamic modulus of elasticity to density (E/ρ). Species with high specific stiffness exhibit superior sound-conducting and resonant qualities and display pronounced anisotropy: the speed of sound along the grain is significantly higher than across it, a result of the oriented cellular structure. The highest levels of anisotropy and sound speed were observed in ash, wenge, Caucasian spruce, and fir; for these species, the ratio of longitudinal to transverse sound speed exceeds 4.5, indicating highly efficient directional vibration propagation. Analysis of the acoustic constant revealed that spruce and fir wood possess the best resonance properties, combining low density, sufficient stiffness, and high sound output, which makes them the preferred choice for manufacturing the resonating elements of musical instruments.

Keywords: *acoustic properties of wood, wood species, musical instrument blanks, acoustic constant, sound-absorbing capacity of wood, resonance properties of wood.*

Введение. Музыкальная акустика в Советском Союзе (на начальном этапе) сложилась под влиянием работ Г. Гельмгольца и вошла как составляющая в общий курс физики [1–3]. Теоретические представления по ключевым аспектам акустических свойств древесных материалов при изготовлении заготовок музыкальных изделий, сформировались под влиянием научной школы российских учёных, таких, как Андреев Н. Н. Это учёный - древесиновед, специалист в области акустики, ввёл – акустическую константу, которая получила название - константа излучения Н.Н. Андреева. Российские учёные много и скрупулёзно изучали химический состав и физико-механические свойства древесины для того, чтобы понять, что и какие свойства влияют на звукопроводность древесины и с какой скоростью они проводят эти звуки. Работы учёных посвящены формированию объективных критериев [4–6], на основании которых следовало оценить качество «резонансного дерева» для дек роялей, смычковых и других струнных инструментов. В дальнейших работах [7–10] А.В. Римский-Корсаков определил зависимость между качеством скрипки и спектром звучания, так, при прочих равных условиях скрипки звучат лучше, затухание звука которых меньше, это явилось существенным дополнением к критерию Н.Н. Андреева.

Относительно новое, глубокое исследование представлено в работе [2]. Автор посвящает ряд своих исследований изучению резонансных и акустических свойств состаренной древесины. Как итог: изучено влияние и взаимосвязь акустической константы с колориметрическими показателями (аддитивные цветовые пространства в колориметрии); представлена оценка выдержанной (состаренной) древесины (образцов: сосны и ели) предназначенной для резонансного применения; усовершенствованы неразрушающие методы контроля и диагностики в концессии резонансного применения древесины.

Комплексный анализ характеристик [древесины] (плотность, модуль упругости, анизотропия, ширина годичных слоёв и внутреннее трение на акустическую константу) позволяет более точно оценивать пригодность древесины для изготовления музыкальных инструментов высокого качества и совершенствовать методы отбора резонансного сырья (древесины) [11–13]. Распространение упругих волн в древесине зависит от ориентации волокон, соотношения ранней и поздней древесины, а также от внутреннего строения материала. Звукопроводность древесины во многом зависит от направления волокон, в связи с этим, звук вдоль волокон значительно быстрее проходит, чем поперёк, что особенно важно для музыкальных заготовок резонансной древесины [14–16].

Наиболее подходящими породами для акустического применения в производстве музыкальных инструментов являются породы, обладающие высокой удельной жёсткостью, низкой плотностью и малым внутренним трением. К таким породам относятся кавказская ель, пихта и некоторые другие хвойные породы древесины [17, 18].

Исследования многих российских учёных доказали, что средняя скорость звука вдоль волокон составляет от 3500 до 5000 м/с. Звукопроводящие свойства древесины характеризуются скоростью звука. С ними связаны многие физические и механические свойства древесины. К древесине имеют отношение почти все разделы акустики: электроакустика, архитектурная акустика, строительная акустика, физиологическая и музыкальная акустика, связанные в той или иной мере с использованием древесины. Для оценки способности древесины отражать или проводить звук имеет значение акустическое сопротивление, зависящее от физико-механических свойств древесины и скорости звука [19, 20].

Цель работы – исследовать влияние физико-механических свойств на акустические свойства древесины при производстве музыкальных заготовок.

Методика исследования. Определению подлежали: скорость распространения звука. В свою очередь, для определения скорости звука использовались методики [1, 2], а сама характеристика связана с динамическим модулем упругости и резонансной частотой вынужденных колебаний [3, 4].

Методика исследований по определению скорости звука и акустических свойств (древесины) применялась для различных пород древесины (рис. 1). Испытания производили по ГОСТ 6900-83 «Заготовки деревянные резонансные для музыкальных инструментов. Технические условия». Методическая сетка экспериментальных исследований представлена в табл. 1.

Результаты исследования. Влияние породы древесины для изготовления деки в производстве музыкальных инструментов распространяется практически на всё звучание, но больше всего на фазу после звукоизвлечения (сустэйн) и затухание звука. Считается, что у каждой породы древесины свой «голос», своё звучание. Большинство роялей, скрипок и сейчас производят из древесины ели, это самый резонансный материал, объясняется это свойство идеально равномерным распределением волокон в структуре древесины.

Древесина обладает важным акустическим свойством – усиливать звук без искажения тональности. Эта способность называется резонансной. Свойство древесины, показывающее лучшие резонирующие способ-

ности, по предложению Н.Н. Андреева называют резонансной и определяют по акустической константе, К.

Показатели способности древесины к звуковому излучению представлены в (табл. 2). Породы, у которых акустические константы максимальны, подходят для изготовления дек роялей, смычковых и других струнных инструментов.

Плотность древесины и модуль упругости заготовок для музыкальных инструментов в значительной степени влияют на скорость распространения звука в древесине (рис. 2).



Рис. 1. Разновидности пород древесины для музыкальных заготовок

Таблица 1. Методическая сетка проведения экспериментов по исследованию акустических свойств древесины

Формулировка задачи исследования	Постоянные факторы		Исследуемый или переменный фактор	Критерий оценки	Количество опытов	Количество повторений опытов	Количество наблюдений	Общее количество наблюдений
	Наименование	Значение	Наименование					
Исследование зависимости акустических свойств древесины от её характеристик	1. Температура (древесины), °С	20	1. Скорость звука, С, м/с$^{-1}$	Акустическое сопротивление образцов различных пород древесины при 20 °С, Па·с·м$^{-1}$	9	3	2	54
	2. Направление волокон (древесины)	вдоль						
	3. Влажность древесины, %	12	2. Модуль упругости, $E_{пар}$, кПа/см^2					
	4. Атмосферное давление, мм рт. ст.	760	3. Плотность древесины, ρ, кг/м^3					

Таблица 2. Результаты экспериментальных исследований по определению акустических свойств древесины

Порода древесины	Скорость звука $C_{пар}$, м/с$^{-1}$	Модуль упругости $E_{пар}$, кПа/см^2	Плотность древесины ρ, кг/м^3	Акустическое сопротивление R,Па·с·м$^{-1}$
Бук	4638	160000	730	338574
Дуб	4304	130000	690	296976
Венге	6300	120000	625	3937500
Ясень	6620	100000	662	4382440
Клен	5830	100000	583	3398890
Ольха	5460	100000	546	2981160
Ель	4790	110000	550	2634500
Ель кавказская	4760	100000	499	2375240
Пихта	4890	110000	450	2200500

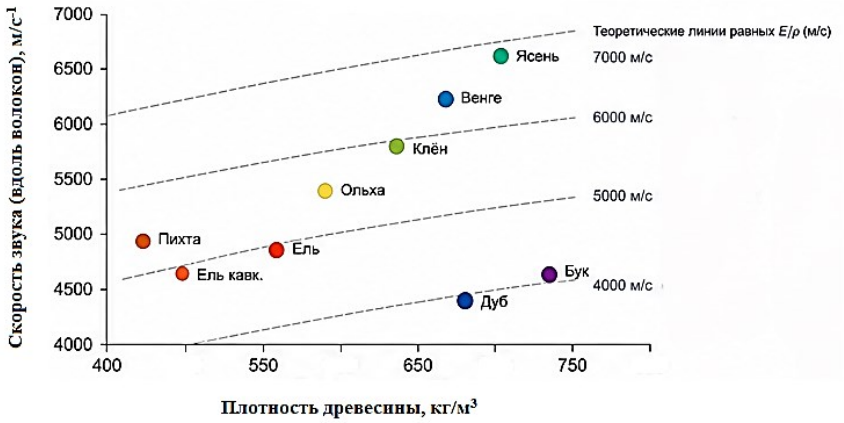

Рис. 2. Влияние плотности и модуля упругости древесины на скорость звука (вдоль волокон)

Анизотропия звукопроводности (древесины) характеризуется различным распространением звука в структуре материала, в частности от направления волокон. Различие заключается в неоднородной (волокнистой) структуре древесины и ориентации клеток (табл. 2, рис. 3).

На звукопроводность влияют: влажность и порода древесины, наличие пороков и дефектов в структуре (древесины).

Резонансная способность материала (древесины) – это свойство древесины усиливать звук без искажения тона (табл. 2, рис. 4). Способность древесины откликаться на колебания в широком диапазоне частот характеризуется акустической отзывчивостью. Данное свойство древесины придаёт музыкальному звучанию особую тембровую окраску.

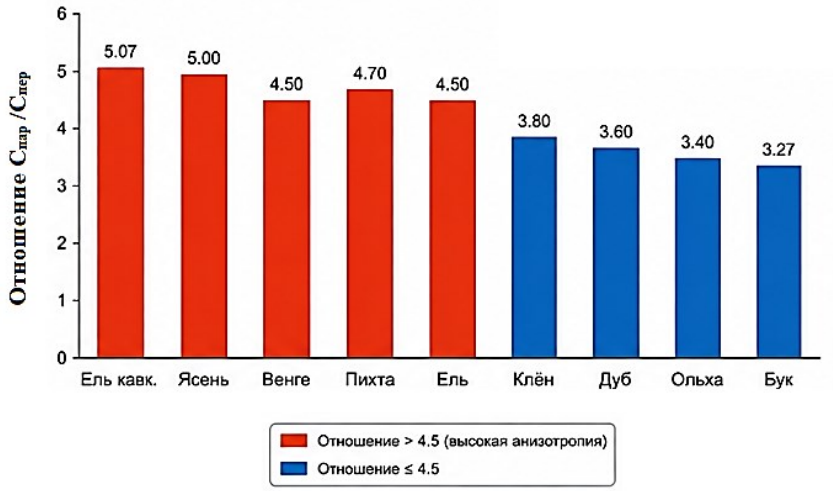

Рис. 3. Анизотропия звукопроводности древесины

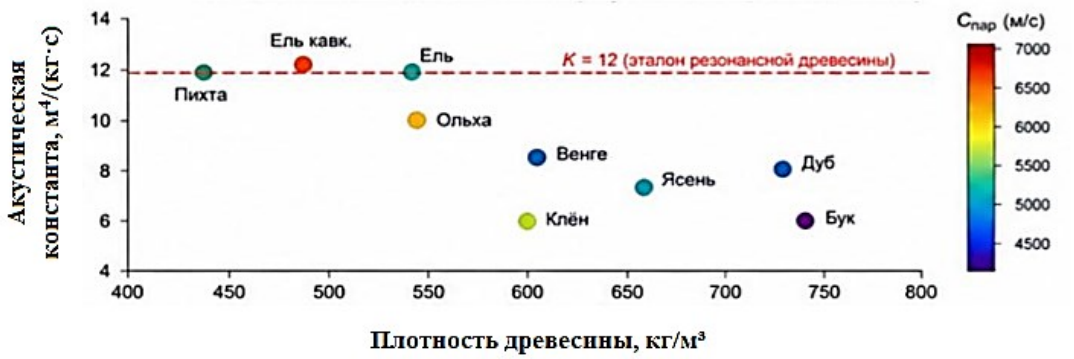

Рис. 4. Зависимость акустической константы от плотности древесины (резонансная способность древесины)

Выводы. По результатам исследований получили, что акустические свойства древесины зависят от её физико-механических показателей, таких как – плотность, модуль упругости и анатомической структуры. Установлено, что скорость звука определяется не напрямую плотностью (древесины), а отношением динамического модуля упругости к плотности (E/ρ). Породы с высокой удельной жёсткостью демонстрируют

лучшие звукопроводящие и резонансные качества древесины, проявляет выраженную анизотропию: скорость звука вдоль волокон значительно выше, чем поперёк, что связано с ориентированной структурой клеток. Наибольшие показатели анизотропии и скорости отмечены у ясеня, венге, кавказской ели и пихты – для них отношение скоростей вдоль и поперёк волокон превышает 4,5, что свидетельствует о высокой эффективности направленного распространения вибраций.

Анализ акустической константы выявил, что древесина ели и пихты обладает наилучшими резонансными свойствами, сочетая низкую плотность, достаточную жёсткость и высокую звуковую отдачу, что делает их предпочтительными для изготовления резонирующих элементов музыкальных инструментов.

Литература

1. *Бырдаров Н. «Влияние некоторых факторов на акустические свойства древесины». Лесной вестник/Forestrybulletin, № 3 (95), 2013. С. 112–115.*
2. Федюков В.И. Резонансные акустические и колориметрические характеристики древесины из ретросооружений / В.И. Федюков, В.Ю. Чернов, М.С. Чернова, О.В. Цой // Изв. вузов. Лесной журнал. – 2022 – № 6 – С. 164–177.
3. Андреев Н.Н. О дереве для музыкальных инструментов// Сб. тр./ НИИМП. М. Л., 1937. Вып. 1. С. 11–18.
4. Артамонов С.С. Замечания инженера о механизмах звучания инструментов скрипичного семейства// Музыкальная академия. 1996. №3. С. 121–124.
5. Витачек Е.Ф. Очерки по истории изготовления смычковых инструментов. М.: Музыка. 1964. 341 с.
6. Звездкина Г.О. Разработкаакустической теории формирования положительных музыкально-акустическихсвойств щипковых инструментов //Техническая акустика. С.-Петербург: Известия Восточно-Европейской ассоциации акустиков. 1992. Т. 1, вып. 2. С. 67–72.
7. Devide Z. Rezonantnodrevogudaèkininstrumenata // TonoviStruènièlanciiprijevodi. 1989. № 8. P. 10–18.
8. Fanta B. Rezonanènidoevdo a moznostijehoprodukee // Lesnickâprase. 1979. № 58(6). P. 248–254.
9. Fuhr K. Die akustischenRätsel der Geige. Die endgültigeLösung des Geigenproblems. FürPhusiker, Geigenbauer und Musiker. Verlag von Carl Markg, 1926. 140 s.
10. Gonet B. Wstepnebadaniabswierkowegodrewnarezonansoweg okrajowegopochodzenia // Sylwan. 1966. № 3. P. 47–34.
11. Grapini V. Molidul de rezonantă // RevistaPădurilor. 1967. № 7. P. 334–344.
12. Нестеров Н.С. О резонансном лесном материале для струнных инструментов // Русское лесное дело. 1982. 1. С. 13–16.
13. Полубояринов О.И. Плотность древесины. М.: Лесн. пром-ть, 1976. 159 с.
14. Rajean E. Some Differences in Phusico-Acoustic Characteristics of Resonant and Standard Spruce Wood // Acustica S. HirzelverlagSuttgart. L981. V48, № 1.P. 38–60.
15. Rajean E. Rezonanenedoevo z netradienychlokalit // Zbornik /edeckychPrac. 1985/86. P. 213–222.
16. Rajean E., Lanei V. Niektorevysledkyexperimentälnehovyskumuresonanenehodoevahusli // Hudebninastroje. 1987. № 6. P. 209–211.
17. Уголев Б.Н. Испытания древесины и древесных материалов, М., 1965. 367 с.
18. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения: учебник для лесотехнических вузов. Изд. 3-е, перераб. и доп: М.: МГУЛ, 2001. 340с.
19. Федюков В.И. Ель резонансная: отбор на корню, выращивание, сертификация: научное издание. Йошкар-Ола: МарГТУ, 1998. 204с.
20. Чубинский А.Н., Сергеевичев В.В. Моделирование процессов склеивания древесных материалов. СПб.: Издательский дом Герда, 2007. 176 с.

References

1. Birdarov N. "The Influence of Some Factors on the Acoustic Properties of Wood". Forestry Bulletin, No. 3 (95), 2013. pp. 112–115. (In Russ.)
2. Fedyukov V.I. Resonant acoustic and colorimetric characteristics of wood from historical structures / V.I. Fedyukov, V.Yu. Chernov, M.S. Chernova, O.V. Tsoy // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Lesnoy Zhurnal. – 2022. – No. 6. – P. 164–177. (In Russ.)
3. Andreev N.N. On Wood for Musical Instruments // Collected Works / NIIMP. M.L., 1937. Issue 1. pp. 11–18. (In Russ.)
4. Artamonov S.S. An Engineer's Notes on the Sound Mechanisms of Violin Family Instruments // Music Academy. 1996. No. 3. P. 121–124. (In Russ.)
5. Vitachek E.F. Essays on the History of Bowed String Instrument Manufacturing. Moscow: Muzyka. 1964. 341 p. (In Russ.)
6. Zvezdkina G.O. Development of an Acoustic Theory of the Formation of Positive Musical-Acoustic Properties of Plucked String Instruments // Technical Acoustics. St. Petersburg: Bulletin of the East European Association of Acoustics. 1992. Vol. 1, issue 2. Pp. 67–72. (In Russ.)
7. Devide Z. Resonant Wood of a Stringed Instrument // Tonovi Struèni èlanci i prijevodi. 1989. No. 8. Pp. 10–18.
8. Fanta B. Rezonanèni doevdo a moznosti jeho produkee // Lesnickâ prase. 1979. No. 58(6). P. 248–254.
9. Fuhr K. Die akustischen Rätsel der Geige. Die endgültige Lösung des Geigenproblems. Für Phusiker, Geigen-bauer und Musiker. Verlag von Carl Markg, 1926. 140 s.
10. Gonet B. Wstepne badania bswierkowego drewna rezonansowego krajowego pochodzenia // Sylwan. 1966. No. 3. P. 47–34.
11. Grapini V. Resonant Wood Material // Revista Pădurilor. 1967. A. 82. No. 7. P. 334–344.
12. Nesterov N.S. On Resonant Wood Material for String Instruments // Russian Forestry. 1982. 1. P. 13–16. (In Russ.)
13. Poluboyarinov O.I. Wood Density. Moscow: Forestry Industry, 1976. 159 p. (In Russ.)
14. Rajean E. Some Differences in Phusico-Acoustic Characteristics of Resonant and Standard Spruce Wood // Acustica S. Hirzel verlag Suttgart. L981. V48, № 1. P. 38–60.
15. Rajean E. Resonance of wood from netradienych lokalit // Zbornik /edeckych Prac. 1985/86. P. 213–222.
16. Rajean E., Lanei V. Niektore vysledky experimentälneho vyskumu resonaneneho doeva husli // Hudebni nastroje. – 1987. № 6. P. 209–211.
17. Ugolev B.N. Testing of wood and wood materials, Moscow, 1965.367 p. (In Russ.)
18. Ugolev B.N. Wood Science with the Basics of Forest Commodity Science: Textbook for Forestry Universities. 3rd ed., revised and enlarged: Moscow: Moscow State Forest University, 2001. 340 p. (In Russ.)
19. Fedyukov V.I. Resonance Spruce: Standing Selection, Cultivation, Certification: Scientific Publication. Yoshkar-Ola: MarSTU, 1998. 204 p. (In Russ.)
20. Chubinsky A.N., Sergeevichev V.V. Modeling of Wood Material Gluing Processes. St. Petersburg: Gerda Publishing House, 2007. 176 p. (In Russ.)