Ф Е Д Е Р А Л Ь Н О Е А Г Е Н Т С Т В О П О О Б Р А З О В А Н И Ю
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
У Х Т И Н С К И Й Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й Т Е Х Н И Ч Е С К И Й У Н И В Е Р С И Т Е Т

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ

Методические указания для студентов специальности 250401 «Лесоинженерное дело»

УХТА 2010

УДК 630*5 (075.8)
К 61

Коломинова, М.В.

Физические свойства древесины: методические указания для студентов специальности 250401 «Лесоинженерное дело» [Текст] / М.В. Коломинова. – Ухта: УГТУ, 2010. – 52 с.

Методические указания предназначены для выполнения практических и лабораторных работ по дисциплине «Древесиноведение. Лесное товароведение» для студентов III курса специальности 250401 – «Лесоинженерное дело». В работе даны общие сведения о физических свойствах древесины, приводятся методические указания по выполнению лабораторных исследований.

Содержание указаний соответствует рабочей программе.

Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании кафедры технологии и машин лесозаготовок и прикладной геодезии (протокол №7 от 29 января 2010 года) и предложены для издания

Редактор – Коломинова М.В., к.т.н., доцент кафедры технологии и машин лесозаготовок и прикладной геодезии

Рецензент – Бурмистрова О.Н., д.т.н., зав. кафедрой технологии и машин лесозаготовок и прикладной геодезии

В методических указаниях учтены замечания рецензента и редактора

План 2010 г., позиция 125.
Подписано в печать 01.03.2010. Компьютерный набор.
Объем 52 с. Тираж 100 экз. Заказ №240.

© Ухтинский государственный технический университет, 2010
169300, г. Ухта, ул. Первомайская, 13.
Отдел оперативной полиграфии УГТУ.
169300, г. Ухта, ул. Октябрьская, 13.

Содержание

Введение	4
1. Свойства, определяющие внешний вид древесины	4
2. Лабораторная работа «Определение числа годичных слоев в 1 см и процента поздней древесины»	9
3. Влажность древесины	10
4. Свойства древесины, связанные с изменением ее влажности	15
5. Лабораторная работа «Определение влажности древесины»	24
6. Плотность древесины	25
7. **Лабораторная работа «Определение плотности древесины»**	27
8. Проницаемость древесины жидкостями и газами	29
9. Тепловые свойства древесины	31
10. Электрические свойства древесины	32
11. Акустические (звуковые) свойства древесины	34
12. Свойства древесины, проявляющиеся под воздействием излучений	36
Приложение А	39
Приложение Б	42
Приложение В	46
Библиографический список	52

Введение

Трудно назвать какую-нибудь отрасль народного хозяйства, где древесина не использовалась бы в том или ином виде, и перечислить разнообразные изделия, в которые древесина входит составной частью. По объему использования и разнообразию применения в народном хозяйстве с древесиной не может сравниться никакой другой материал.

Древесину применяют для изготовления мебели, столярно-строительных изделий. Из нее делают элементы мостов, судов, кузовов, вагонов, тару, шпалы, спортивный инвентарь, музыкальные инструменты, спички, карандаши, бумагу, предметы обихода, игрушки, сувениры. Натуральную или модифицированную древесину применяют в машиностроении и горнорудной промышленности; она является исходным сырьем для целлюлозно-бумажной промышленности, производства древесных плит.

Широкому использованию древесины способствуют ее высокие физико-механические качества, хорошая обрабатываемость, а также эффективные способы изменения отдельных свойств древесины путем химической и механической обработки. Древесина легко обрабатывается, имеет малую теплопроводность, достаточно высокую прочность, при небольшой массе хорошую сопротивляемость ударным и вибрационным нагрузкам, в сухой среде долговечна. Древесина соединяется крепежными изделиями, прочно склеивается, сохраняет красивый внешний вид, на нее хорошо наносятся защитно-декоративные покрытия. Вместе с тем древесина имеет недостатки: она подвержена горению и загниванию, разрушению от воздействия насекомых и грибов, гигроскопична, вследствие чего может разбухать и подвергаться усушке, короблению и растрескиванию. Кроме того, древесина имеет пороки биологического происхождения, которые снижают ее качество. Чтобы использовать древесину, надо знать ее свойства, строение и пороки.

Свойства древесины, которые можно определить без нарушения целостности испытываемого образца и изменения химического состава древесины, то есть свойства, которые могут быть определены путем осмотра, взвешивания, измерения, высушивания, называются **физическими свойствами**.

1. Свойства, определяющие внешний вид древесины

Цвет. Древесина поглощает падающее световое излучение избирательно. От спектрального состава отраженного ею светового потока зависит определенное зрительное ощущение, называемое *цветом*.

Обычно для характеристики цвета древесины используют словесные описания, в основе которых лежат зрительные образы или символические понятия. Однако этому свойству древесины можно дать количественную оценку, используя методы колориметрии (от лат. *color* – цвет) – науки о цветовых измерениях. Достаточно установить численные значения трех показателей: цветового тона, чистоты и светлоты.

Цветовой тон определяется длиной волны λ чистого спектрального цвета. Обычно цвета окружающих нас предметов более или менее блеклые, т.к. чистые спектральные цвета разбавлены белым. *Чистота цвета P*, которая выражает степень этого разбавления, может изменяться от нуля до 100%. *Светлота* характеризуется коэффициентом отражения ρ. Для белых поверхностей, отражающих максимальное количество световой энергии, коэффициент отражения близок к единице, для черных – приближается к нулю.

Целлюлоза – основное вещество, из которого состоит древесина, – почти белого цвета. Все многообразие цветовых оттенков древесины придают ей вещества, заключенные в полостях клеток или пропитывающие их стенки – красящие и дубильные вещества, смолы и продукты их окисления.

Древесина пород умеренного пояса окрашена бледно, а древесина пород тропического пояса имеет очень яркую окраску, интенсивность которой увеличивается с возрастом, что особенно заметно для ядровых пород. В оптимальных условиях роста для данной породы ее окраска бывает более яркой.

Древесина многих пород изменяет цвет при выдержке под влиянием воздуха и света. Тем не менее цвет многих пород настолько характерен, что может служить одним из признаков при их распознавании. Изменение цвета древесины чаще всего указывает на поражение ее грибами.

В речной воде древесина дуба сильно темнеет в результате соединения дубильных веществ с солями железа. Этой же причиной объясняется и появление на поверхности дубовых пиломатериалов черных полос и пятен при распиловке сырой древесины. Заболонь сосны после сплава иногда приобретает желтую окраску, а древесина березы – оранжевую. При пропаривании древесина бука довольно равномерно окрашивается в красноватый цвет. После высокотемпературной сушки у древесины хвойных пород появляется буроватая окраска.

Цвет древесины зависит от климатических условий произрастания дерева. В умеренном климате древесина почти всех пород окрашена бледно, а в тропическом имеет яркую окраску. Влияние климатического фактора сказывается и в пределах одного пояса, например породы, произрастающие в более теплых зонах – дуб, орех, тис и другие, имеют интенсивную окраску, а произрастающие севернее – ель, сосна, осина, береза и другие, окрашены бледно. Интенсивность окраски за-

висит также от возраста деревьев – с увеличением возраста интенсивность усиливается. Изменение цвета древесины происходит под влиянием воздуха и света, а также от воздействия грибных поражений; при выдержке древесины в воде или в специальных растворах; при пропаривании и высокотемпературной сушке.

Цвет древесины является важной характеристикой и учитывается при выборе пород для изготовления мебели, отделки интерьеров, при производстве художественных поделок, музыкальных инструментов и т.д.

Блеск. Под *блеском* древесины понимают ее способность направленно отражать световой поток. Наибольший блеск наблюдается при освещении зеркальных, т.е. почти идеально гладких поверхностей. В отличие от них матовые поверхности, имеющие однородные неровности, отражают световой поток диффузно, т.е. равномерно во все стороны. Поверхности даже самым тщательным образом обработанной древесины приближаются к матовым и могут характеризоваться коэффициентом диффузного отражения (белизной).

Если на продольных разрезах древесины встречаются участки со сравнительно небольшими структурными неровностями, то появляются блики, отсветы. Такой способностью обладают сердцевинные лучи на радиальных разрезах (раскола древесины клена, платана, бука, ильма, дуба, кизила, белой акации). Шелковистый блеск свойствен древесине бархатного дерева. Из иноземных пород особенно заметным блеском отличается древесина атласного дерева и махагони (красное дерево).

Как правило, блеск древесины оценивается по белизне – коэффициенту диффузного отражения света, с помощью блескомера ФБ-2. Чем больше белизна древесины, тем выше показатель блеска.

Текстура. *Текстурой* называют рисунок, образующийся на поверхности древесины вследствие перерезания анатомических элементов. Чем сложнее строение древесины и разнообразнее сочетание отдельных элементов, тем богаче текстура. Виды текстуры древесины:

1) без выраженного рисунка – липа, груша;
2) мелкокрапчатый рисунок – дуб, бук, чинара;
3) муаровый рисунок (возникает как бы при наложении двух линейчатых сеток) – серый клен, волнистая береза, красное дерево;
4) рисунок «птичий глаз» – ясень, клен, береза карельская, тополь украинский;
5) раковинный рисунок – орех кавказский, ясень, карагач – комлевая часть;
6) сучковатый рисунок – ель, сосна.

В строении древесины хвойных пород принимает участие сравнительно небольшое число типов упорядоченно расположенных анатомических элементов, которые создают однообразную текстуру.

У хвойных пород текстура зависит в основном от разницы в окраске ранней и поздней древесины, а также от ширины годичных слоев. Извилистые очертания годичных слоев образуют более интересный рисунок на тангенциальном разрезе, особенно у лиственницы (рисунок 1, *а*) и тиса.

Для древесины лиственных пород со сложным строением характерно наличие видимых невооруженным глазом крупных сосудов (ясень, бархатное дерево, дуб и др.), сердцевинных лучей, обычно окрашенных темнее, чем окружающая древесина (бук, ильм, платан и др.), неправильно расположенных волокон и т.д. Это создает более богатую текстуру.

Выбор направления разреза древесины определяет характер текстуры. Из отечественных лиственных пород на радиальном разрезе красивую текстуру, обусловленную наличием сердцевинных лучей, имеют бук, платан, клен, явор, дуб, карагач, ильм (рисунок 1, *б*). Три последние кольцесосудистые породы ценятся своей текстурой и на тангенциальном разрезе.

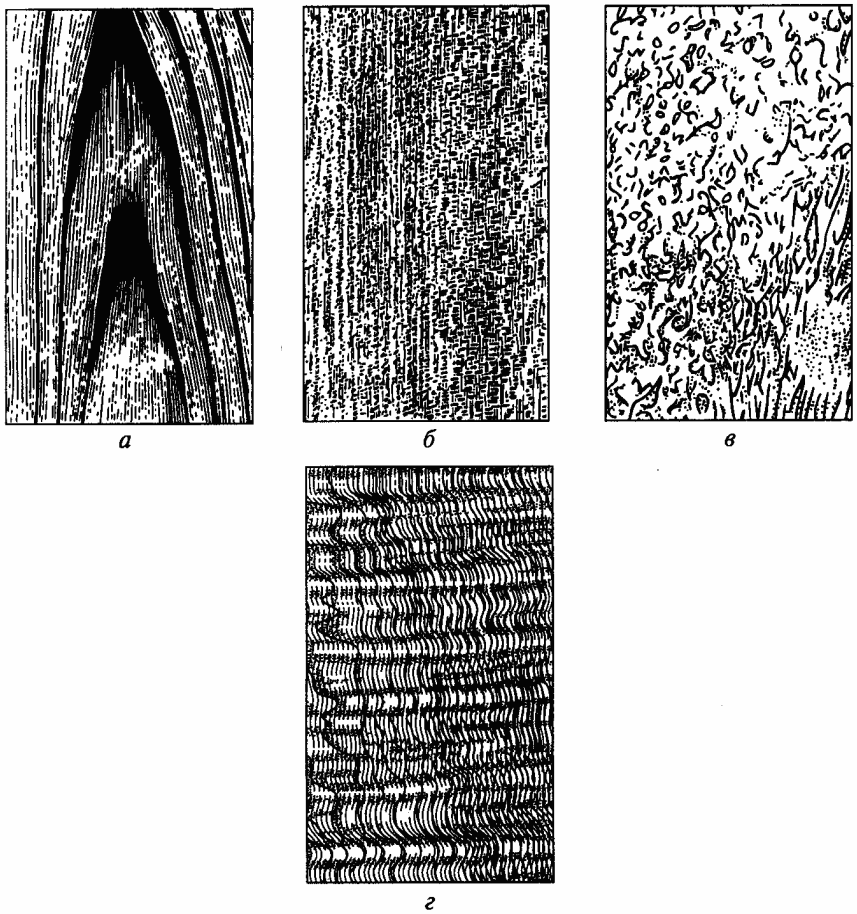


Рисунок 1 – Текстура древесины:
а – лиственницы (тангенциальный разрез); б – ильма (радиальный разрез);
в – карельской березы; г – ясеня маньчжурского (волнистая)

Помимо этих пород на тангенциальном разрезе красивую текстуру, образованную в основном перерезанными сосудами, имеют ясень, грецкий орех, бархатное дерево, каштан съедобный, вяз. Путаное расположение волокон (свилеватость) создает отличающуюся высокими декоративными свойствами текстуру древесины

капов (наростов) на стволах деревьев лиственных пород. Так называемая узорчатая древесина наблюдается у карельской березы (рисунок 1, *в*). Выразительна волнистая текстура ясеня маньчжурского (рисунок 1, *г*).

Древесина капов, образующихся на стволах деревьев лиственных пород, имеет высокие декоративные свойства. Весьма оригинальна текстура древесины клена типа «птичий глаз» – аномальная древесина белого клена, которую создают не развившиеся в побег «спящие» почки. Своеобразная и красивая текстура создается и искусственным путем при неравномерном прессовании древесины и последующем ее строгании, или при лущении волнистым ножом, или под углом к направлению волокон. При прозрачной отделке древесины ее текстура проявляется сильнее. Лаковое покрытие, имеющее близкий к древесине коэффициент преломления света, увеличивает прозрачность поверхностных слоев и способствует зрительному восприятию глубины текстуры. Таким образом, текстура является важнейшим показателем, который определяет декоративную ценность древесины.

Макроструктура. Для оценки качества древесины по внешнему виду используют некоторые характеристики макроструктуры. Показателем годичного прироста, характеризующим усредненную ширину годичных слоев, служит число слоев, приходящееся на 1 см отрезка, отмеренного по радиальному направлению на торцовой поверхности образца. Степень равнослойности оценивают по разнице в числе годичных слоев на двух таких соседних участках длиной по 1 см.

Содержание поздней древесины определяется соотношением в процентах между суммарной шириной зон поздней древесины и общей протяженностью (в радиальном направлении) участка измерения, включающего целое число слоев.

Ширина годичных слоев и содержание поздней древесины у разных пород различны, они изменяются по высоте и радиусу ствола, зависят от условий произрастания.

Равноплотность древесины характеризует равномерность распределения древесинного вещества по ширине годичного слоя. Малой равноплотностью обладает древесина пород с резкой разницей в строении ранней и поздней зон годичных слоев (лиственница, сосна, дуб, ясень и др.). Высокой равноплотностью отличаются самшит, груша, граб, клен, бук, ольха, осина, липа и ряд других пород. Количественного показателя для равноплотности древесины пока нет.

Поверхность древесины, как бы тщательно она не обрабатывалась режущими инструментами, всегда будет иметь те или иные неровности, образованные перерезанием полых анатомических элементов.

Поверхность продольных разрезов древесины таких часто используемых для отделки пород, как дуб, ясень, орех, ильм и ряд других, имеет анатомические неровности высотой до 200 мкм и более.

У хвойных пород высота неровностей составляет от 8 до 60 мкм, а у большинства рассеянно-сосудистых лиственных пород – 30...100 мкм.

2. Лабораторная работа «Определение числа годичных слоев в 1 см и процента поздней древесины»

Испытания должны проводиться в соответствии с ГОСТ 16483.18-72 «Древесина. Метод определения числа годичных слоев в 1 см и содержания поздней древесины в годичном слое» (приложение А).

Необходимые материалы и аппаратура:

1. Образец древесины.
2. Измерительная лупа.
3. Линейка.

а) Определение числа годичных слоев в 1 см.

Для измерения используют образец древесины с гладковыструганной торцовой поверхностью и одним из размеров в радиальном направлении не менее 2 см.

Проведение измерений

На торцовой поверхности образца в радиальном направлении проводят карандашом линию, на которой отмечают границы крайних годичных слоев на отрезке не менее 2 см. Затем подсчитывают количество годичных слоев N на этом отрезке. Число годичных слоев в 1 см n вычисляют с точностью до 0,5 мм по формуле:

$$n = \frac{N}{l}, \qquad (1)$$

где l – протяженность исследуемого образца, см.

По полученным результатам можно определить среднюю ширину годичных слоев $1/N$. Этот показатель определяют с точностью до 0,1 мм.

б) Определение процента поздней древесины.

Каждый годичный слой состоит из ранней и поздней древесины. Ранняя зона слоя расположена ближе к сердцевине, а поздняя – к коре. Годичные слои и четкая граница между ранней и поздней зонами хорошо просматриваются у хвойных и лиственных кольцесосудистых пород.

Поздняя зона годичного слоя характеризуется более плотной древесиной и поэтому от процентного содержания поздней древесины в значительной мере зависят прочностные свойства древесины в целом.

Проведение измерений

Для измерения используют образец древесины, на котором определялись размеры в предыдущем опыте.

С помощью измерительной лупы в каждом годичном слое измеряют ширину поздней зоны σ_i (рисунок 2).

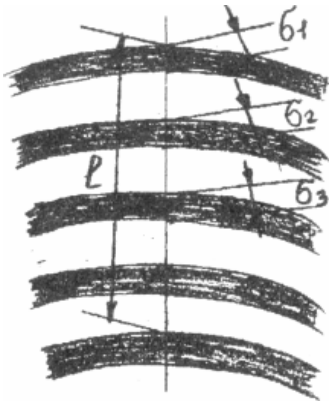


Рисунок 2 – Определение процента поздней древесины

По полученным размерам σ_i и l определяют процент поздней древесины по формуле:

$$m = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + ... + \sigma_3}{l} \cdot 100\%, \qquad (2)$$

где l – общее протяжение годичных слоев, в которых измеряли ширину поздней зоны, см.

3. Влажность древесины и свойства, связанные с ее изменением

Древесина, имея волокнистое строение и большую пористость (от 30 до 80%), обладает огромной внутренней поверхностью, которая легко собирает водяные пары из воздуха (гигроскопичность).

В свежесрубленной древесине, как правило, содержится большое количество воды и в дальнейшем в зависимости от условий хранения оно может увеличиваться или уменьшаться, или оставаться на прежнем уровне. Но в большинстве случаев необходимо принять меры по удалению воды, т.е. произвести сушку древесины. Показателем содержания воды в древесине является влажность, которая подразделяется на абсолютную и относительную. На практике пользуются в основном абсолютным значением влажности, которую определяют по формуле:

$$W_{абс.} = \frac{m - m_0}{m_0} \cdot 100\%, \qquad (3)$$

где m – масса образца влажной древесины, г;

m_0 – масса того же абсолютно сухого образца, г.

Показатель относительной влажности применяется редко, в основном как показатель влажности дров. Ее определяют по формуле:

$$W_{отн.} = \frac{m - m_0}{m} \cdot 100\%. \qquad (4)$$

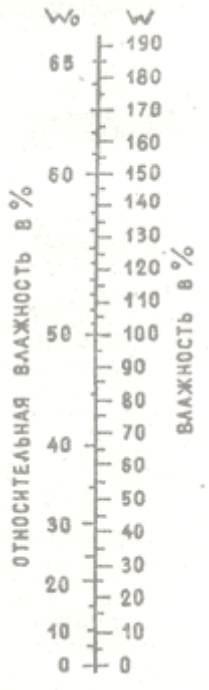


Рисунок 3 – Шкала определения перехода от абсолютной влажности к относительной

Существуют два способа определения влажности – прямой и косвенный. Прямой метод основан на выделении воды из древесины. Для этого очищенный образец древесины подвергают сушке в сушильном шкафу при температуре 103°С до полной отдачи влаги. В процессе сушки образец взвешивают – первый раз через 6-10 ч. после начала сушки, а затем через каждые 2 ч. Сушку прекращают после того, как вес образца уже не уменьшается. Прямой метод позволяет с большой точностью определить влажность древесины.

Основной недостаток прямого метода заключается в том, что продолжительность процедуры очень велика.

Второй метод – косвенный, основанный на измерении электропроводности древесины с помощью **электровлагомера**.

Метод измерения влажности с помощью электровлагомера основан на зависимости сопротивления древесины от ее влажности; чем больше влажность древесины, тем меньше ее электрическое сопротивление. Наиболее распространены электровлагомеры марок ЭВ-1, ЭВА-1, ЭВ-2К. Рабочей частью электровлагомера является датчик, представляющий собой ручку с тремя металлическими иглами и с подведенными к ним электропроводами, которые соединены с прибором. Рукоятку с двумя или тремя иголками вкалывают или забивают в образец так, чтобы иголки были направлены вдоль годичных слоев древесины. Затем пускают ток, под действием которого стрелка измерителя сопротивления на шкале прибора покажет влажность древесины в процентах. Для каждой породы древесины имеется собственная шкала влажности. Обычно на крышке электровлагомера помещают шкалу влажности для сосны, а для остальных пород дается таблица пересчета влажности.

Достоинства измерения влажности электровлагомером: оперативность и быстрота определения влажности и возможность проверки влажности лесоматериала или изделия из древесины любого размера. Недостатками являются: определение влажности только в месте контакта датчика с древесиной и очень невысокая точность измерения. При влажности до 30% погрешность измерения составляет 2-3%, а при влажности древесины более 30% – еще выше.

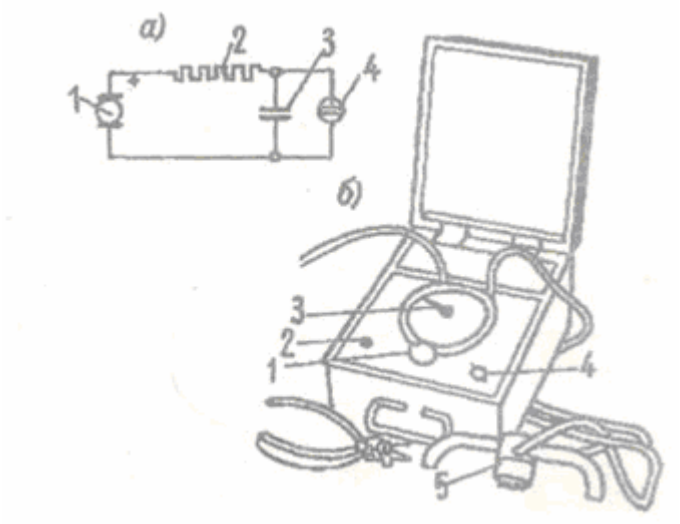


Рисунок 4 – Электровлагомер:
а – схема измерения: 1 – источник постоянного тока; 2 – испытываемый образец древесины; 3 – конденсатор; 4 – неоновая лампа;
б – общий вид электровлагомера: 1 – диапазонный переключатель; 2 – пусковая кнопка; 3 – стрелка указателя; 4 – лампочка; 5 – скоба с электродами

Влажность, которую приобретает древесина в результате длительного нахождения на воздухе с постоянной температурой и влажностью, называется **равновесной влажностью**. Она достигается в тот момент, когда упругость паров над поверхностью древесины оказывается равной упругости паров окружающего ее воздуха.

По содержанию влаги различают *мокрую* древесину – с влажностью более 100%; *свежую (свежесрубленную)*, сохранившую влажность растущего дерева – W=50-100% и выше; *древесину атмосферной сушки (воздушно-сухую)*, высушенную и выдержанную на открытом воздухе – W=15-20%; *древесину камерной сушки (комнатно-сухую)*, высушенную в камере ил выдержанную в отапливаемом помещении – W=8-12% и *абсолютно сухую древесину*, высушенную до постоянной массы при температуре 100-105°С – W=0%.

При сушке древесины с уменьшением влажности меняются ее механические свойства – уменьшается упругость, но увеличивается прочность при сжатии, а также уменьшается электропроводность.

Влажность величиной 20-22% называется **транспортной,** а влажность, которую древесина имеет в период эксплуатации, – **эксплуатационной.**

Сушка древесины бывает двух видов – **атмосферной**, при температуре окружающей среды, и **искусственной**, или камерной, когда температура может быть до 100°С и выше. При камерной сушке происходит усушка древесины, т.е. уменьшение линейных размеров в радиальном направлении на 3-7%, а в тангенциальном – на 8-10%, вдоль волокон – 0,1-0,3%. Полная объемная усушка составляет 11-17%.

Вода в древесине находится в связанном и свободном состоянии.

Свободная или капиллярная вода находится в полостях клеток и межклеточных пространствах, поэтому удаляется из древесины сравнительно легко.

Связанная или гигроскопическая вода находится в клеточных стенках и удерживается прочно. Удаление такой воды затруднено и оказывает существенное влияние на изменение большинства свойств древесины. Максимальное количество связанной воды соответствует пределу насыщения клеточных стенок, который в расчетах принимается: $W_{п.н.}$=30%.

Влажность древесины, когда стенки клеток насыщены водой, а полости и межклеточные пространства свободны от воды, называется *пределом гигроскопической влажности*. Для древесины различных пород она колеблется от 23 до 35% (в среднем 30%) от массы сухой древесины.

Гигроскопическая вода, покрывая поверхность мельчайших частиц в стенках клеток водными оболочками, увеличивает и раздвигает их. При этом объем и масса древесины увеличиваются, а прочность снижается. Свободная вода, накапливаясь в полостях клеток, существенно не изменяет расстояние между элементами древесины и поэтому не влияет на ее прочность и объем, увеличивая лишь массу и теплопроводность.

Классификация древесины по влажности в зависимости от области ее использования и ценности:

- Влажная (W>22%) – полуфабрикат. Такая древесина не должна поступать в продажу (коэффициент ценности К=1);
- Товарная, транспортно-сухая (атмосферно-сухая, экспортная) (W=22%) – ей придана влажность, соответствующая пределу биостойкости, при которой плотно уложенные пиломатериалы можно перевозить в летнее время и длительно хранить без опасения поражения их грибами (коэффициент ценности по отношению к влажной К=1,2);
- Товарно-строительная (W=17%) – применяется для изготовления строительных деталей и конструкций, имеющих непосредственно контакт с атмосферным воздухом (К=1,5);
- Нормализованная, строительная (W=12%) – применяется в строительстве, обеспечивает высокую прочность, технологичность, надежную сопрягаемость и от-

личную отделку (не допускается разовое по влажности и все виды заутренних дефектов) (К=2,4);

- Мебельно-сухая (W=6%) – применяется в производстве мебели и деталей интерьера (К=3).

Предел насыщения клеточных стенок $W_{п.н.}$ – это максимальная влажность клеточных стенок, достигаемая при увлажнении древесины в воде; характеризуется равновесием влажности клеточных стенок с водой, находящейся в полостях клеток у сырой древесины. Этот показатель, %, можно определить по формуле:

$$W_{п.н.} = \left(\frac{1}{\rho_б} - \frac{1}{\rho_0} \right) \cdot \rho_в \cdot 100\%, \qquad (5)$$

где $\rho_б$ и $\rho_о$ — соответственно базисная плотность древесины и плотность абсолютно сухой древесины, г/см^3;

$\rho_в$ – плотность связанной воды, г/см^3.

С увеличением плотности предел насыщения клеточных стенок $W_{п.н.}$ значительно снижается. Это вызвано тем, что уменьшается площадь поверхности клеточных стенок, в углублениях которых удерживается микрокапиллярная вода. Следовательно, уменьшается количество связанной воды, характеризующее $W_{п.н.}$. Среди наиболее распространенных пород $W_{п.н.}$ колеблется от 38% (пихта) до 24% (граб).

При инженерных расчетах используют среднюю величину $W_{п.н.}$ (30%). Такое значение может быть принято для древесины пород, произрастающих в умеренном климатическом поясе.

Предел гигроскопичности $W_{п.г.}$ – это максимальная влажность клеточных стенок, достигаемая при поглощении влаги из воздуха; характеризуется отсутствием воды в полостях клеток и равновесием влажности клеточных стенок и воздуха, приближающегося к насыщенному состоянию. Этот показатель может быть определен прямым экспериментом по ГОСТ 16483.32-77 «Древесина. Метод определения предела гигроскопичности», предусматривающим выдерживание стружек в воздухе при его относительной влажности (степени насыщенности влагой) φ=0,995. Предел гигроскопичности, по исследованиям Б.С. Чудинова, как и предел насыщения клеточных стенок, увеличивается с уменьшением плотности древесины, когда возрастает поверхность клеточных стенок с микроуглублениями, в которых происходит конденсация влаги из воздуха. По данным О.Н. Полубояринова, на величину $W_{п.г.}$ оказывает влияние и химический состав древесины.

При комнатной температуре можно принять, что предел насыщения клеточных стенок практически равен пределу гигроскопичности. Изменение температуры почти не оказывает влияния на величину $W_{п.н.}$ предел гигроскопичности с по-

вышением температуры заметно снижается и, например, при 100°С составляет не 30%, а 19...20%.

Древесина достигает *устойчивой влажности* при длительном выдерживании ее на воздухе с постоянными температурой и относительной влажностью (степенью насыщенности влагой) φ.

Если при выдерживании древесина поглощает влагу из воздуха (сорбция), то ее устойчивая влажность меньше той, которая достигается в том случае, когда древесина отдает влагу (десорбция). Среднее значение между этими устойчивыми влажностями называется *равновесной влажностью древесины* $W_{р.}$, а разница между ними – *гистерезисом сорбции*. Измельченная древесина (опилки, стружки) имеет небольшой гистерезис сорбции и при любой начальной влажности в процессе выдерживания достигает устойчивой влажности, практически равной $W_{р.}$. По таким экспериментальным данным построена диаграмма, отражающая связи между равновесной влажностью древесины любой породы и состоянием воздуха (рисунок 5).

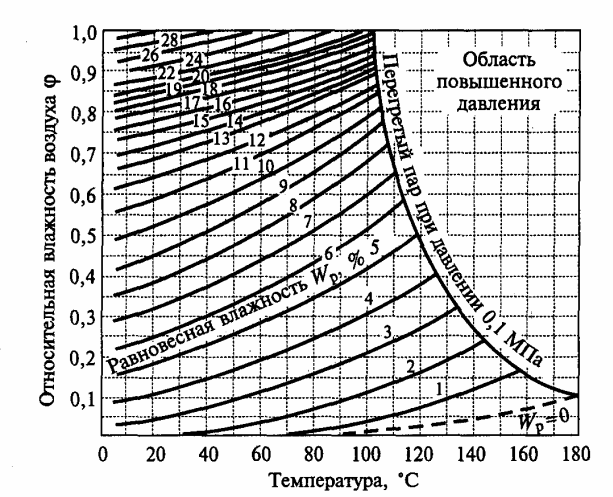


Рисунок 5 – Диаграмма равновесной влажности (по П.С. Серговскому)

4. Свойства древесины, связанные с изменением ее влажности

Высыхание древесины. При высыхании внутренняя зона сортимента (доски, бруса, бревна) имеет большую влажность, чем периферические зоны. Тангенс угла наклона кривой, отражающей распределение влажности по толщине, ширине или длине сортимента, называется *градиентом влажности*.

При влажности ниже $W_{п.н.}$ скорость передвижения связанной воды пропорциональна градиенту влажности и коэффициенту влагопроводности.

Влагопроводностью характеризуется способность материала проводить связанную воду. Влага перемещается в древесине по системам макрокапилляров, за-

полненных воздухом, и микрокапилляров в клеточных стенках. По первым – в виде пара, по вторым – преимущественно в виде жидкости.

Влагопроводность определяет скорость сушки древесины и увеличивается при повышении температуры вследствие более интенсивного испарения воды и увеличения скорости диффузии пара, а также за счет снижения вязкости воды.

При влажности выше $W_{п.н.}$ градиент влажности, по исследованиям П.С. Серговского, не определяет скорость передвижения воды. Если древесина содержит свободную влагу по всему объему сортимента, в ней возможно лишь передвижение свободной воды в виде жидкости под действием внешних сил (например, разности гидростатического или избыточного давления). В этом случае передвижение свободной воды будет определяться *водопроводностью* (или капиллярной проницаемостью) древесины.

С уменьшением плотности древесины коэффициент влагопроводности возрастает. У сосны при температуре 20°С коэффициент влагопроводности поперек волокон равен $2{,}5 \cdot 10^{-10}$ м^2/с, а у лиственницы – $1 \cdot 10^{-10}$ м^2/с. Меньшая влагопроводность ядровой (спелой) древесины по сравнению с заболонной при одинаковой плотности объясняется разной проницаемостью клеточных стенок.

В радиальном направлении влагопроводность несколько больше, чем в тангенциальном. У пород с широкими лучами (бук, дуб) отношение коэффициентов влагопроводности в указанных направлениях составляет соответственно 1,7 и 1,5, а у сосны с очень узкими лучами – только 1,15.

Коэффициент влагопроводности древесины вдоль волокон в 15...20 раз больше, чем в тангенциальном направлении поперек волокон.

Влагопроводность значительно увеличивается при повышении температуры вследствие возрастания коэффициента диффузии пара и снижения вязкости воды.

Среди промышленных способов сушки наибольшее распространение имеют атмосферная и камерная. При атмосферной сушке пиломатериалов в штабелях на открытом воздухе продолжительность сушки исчисляется месяцами. В камерах при повышенной температуре пиломатериалы можно высушить до более низкой влажности и значительно быстрее. Продолжительность сушки досок толщиной 40 мм влажностью 60% до влажности 12% составляет 3...4 сут.

Усушка и разбухание – взаимосвязанные свойства, подчиняющиеся в основном одним и тем же закономерностям. Вследствие того, что древесина материал *анизотропный* (свойства в различных ее частях и направлениях заметно разнятся), усушка и разбухание идут неравномерно по объему образца. Наиболее выраженные их проявления наблюдаются в тангенциальном направлении поперек волокон наименьшее – вдоль волокон. Различают полную объемную и линейную усушку (разбухание).

Усушка. Уменьшение линейных размеров и объема древесины при удалении из нее связанной воды называется *усушкой*. Усушку вызывает удаление адсорбционной воды, находящейся внутри клеточной стенки между микрофибриллами. Однако одновременно с адсорбционной водой происходит испарение микрокапиллярной воды, поэтому усушка наблюдается при любой температуре сразу же после снижения влажности за предел насыщения клеточных стенок. Вначале удаляется преимущественно микрокапиллярная вода и сравнительно небольшое количество адсорбционной воды, поэтому усушка происходит довольно медленно. После удаления всей микрокапиллярной воды наблюдается значительно более интенсивная усушка.

В тангенциальном направлении величина усушки древесины зависит в основном от усушки поздних зон, которые при высыхании стягивают ранние зоны (рисунок 6). По радиальному направлению усушка древесины является средневзвешенной между усушками ранних и поздних зон. Поэтому радиальная усушка древесины значительно меньше тангенциальной.

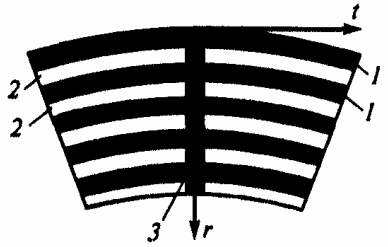


Рисунок 6 – Схема взаимного расположения элементов макроструктуры древесины, влияющих на тангенциальную и радиальную усушку поперек волокон:
1, 2 – поздние и ранние зоны годичных слоев; 3 – сердцевинный луч;
t – тангенциальное направление; *r* – радиальное направление

Под **полной, или максимальной, усушкой** β_{max} понимают уменьшение линейных размеров или объема древесины при удалении всего количества связанной воды.

Формула для вычисления полной усушки, %, имеет вид:

$$\beta_{max} = \frac{a_{max} - a_{min}}{a_{max}} \cdot 100\%, \qquad (6)$$

где a_{max} и a_{min} – размер, мм, или объем, мм^3, образца соответственно при влажности равной или выше предела насыщения клеточных стенок и в абсолютно сухом состоянии.

Таким образом, полная усушка наблюдается при снижении влажности древесины от 30% до 0.

Определение полной линейной и объемной усушки проводят согласно ГОСТ 16483.37-88 «Древесина. Метод определения усушки» на образцах с основанием 20х20 мм и высотой вдоль волокон 30 мм. Годичные слои на торце образца должны быть параллельны соответствующей паре граней, а влажность образцов – выше

или равна пределу насыщения клеточных стенок. При меньшей влажности образцы доводят до этого состояния, вымачивая их в воде при температуре (20±5)°С. Максимальный размер a_{max} измеряют по серединам радиальных и тангенциальных поверхностей, а для определения объема измерение выполняют между торцами с погрешностью не более 0,01 мм. Определение усушки вдоль волокон ввиду ее малости стандартом не предусматривается.

Далее образцы, предварительно подсушенные в течение 2 сут., во избежание растрескивания досушивают до постоянных размеров, постепенно поднимая температуру в сушильном шкафу до (103±2)°С. После извлечения из сушильного шкафа и охлаждения в эксикаторах (*эксикатор* – сосуд, в котором поддерживается определенная влажность воздуха, обычно близкая к нулю, изготовленный из толстого стекла или пластика; плоскость соединения с крышкой для достижения герметичности смазывается специальной смазкой) измеряют новые размеры образца a_{min} и вычисляют по формуле (6) линейную радиальную $\beta_{r\max}$ или тангенциальную $\beta_{t\max}$ усушку, а также усушку вдоль волокон $\beta_{a\max}$. Результат округляют до 0,1%.

Объемную усушку $\beta_{V\max}$ определяют, подставляя в формулу вместо a_{max} и a_{min} произведение поперечных и продольного размеров образца или объем, измеренный ртутным объемомером, при $W \geq W_{п.н.}$ в абсолютно сухом состоянии.

Полная усушка древесины наиболее распространенных отечественных лесных пород в тангенциальном направлении составляет 8...10%, в радиальном направлении 3...7%, а вдоль волокон 0,1...0,3%. Полная объемная усушка находится в пределах 11...17%. Для расчетов влажностной деформации необходимо располагать коэффициентом усушки, определяющим величину усушки при снижении содержания связанной воды в древесине на 1%.

Коэффициент усушки K_β (в % на 1% влажности древесины) вычисляют по формуле:

$$K_\beta = \frac{\beta_{max}}{\beta_{min}}. \qquad (7)$$

По стандарту принято, что усушка пропорциональна падению влажности, а $W_{п.н.}$=30%.

Кроме того, предусматривается возможность определения частичной усушки при высыхании древесины до нормализованной влажности, равной обычно 12%. Формула для вычисления этой частичной усушки (в %) имеет вид:

$$\beta_{12} = \frac{a_{max} - a_{12}}{a_{max}} \cdot 100\%, \qquad (8)$$

где a_{12} – размер, мм, или объем, мм^3, образца при нормализованной влажности.

При необходимости по формуле, аналогичной (8), можно определить частичную усушку β_W при снижении влажности до любого значения $W<W_{п.н.}$, измерив размер (объем) образца a_W.

Об усушке древесины наиболее распространенных пород можно судить по данным, приведенным в таблице 1.

Коэффициент усушки K_β можно вычислить по коэффициенту разбухания K_α (принимая $W_{п.н.}$=30%) по формуле:

$$K_\beta = \frac{100 \cdot K_\alpha}{100 + 30 \cdot K_\alpha}, \qquad (9)$$

поэтому в таблице 1 наряду с коэффициентами разбухания K_α из таблицы рекомендуемых справочных данных даны пересчитанные по формуле (9) средние значения коэффициентов усушки K_β. Это сильно изменчивые величины. Коэффициент вариации для этих показателей поперек волокон равен 28%.

Таблица 1 –Коэффициенты усушки K_β и разбухания K_α древесины, %/% влажности

Порода	По объему		По радиальному направлению		По тангенциальному направлению	
	K_β	K_α	K_β	K_α	K_β	K_α
Лиственница	0,52	0,60	0,19	0,20	0,35	0,38
Сосна	0,44	0,51	0,17	0,18	0,28	0,31
Ель	0,43	0,50	0,16	0,17	0,28	0,31
Пихта сибирская	0,39	0,44	0,11	0,11	0,28	0,31
Кедр	0,37	0,41	0,12	0,12	0,25	0,27
Береза	0,54	0,65	0,27	0,29	0,31	0,34
Бук	0,48	0,56	0,18	0,19	0,32	0,35
Ясень	0,45	0,52	0,18	0,19	0,28	0,31
Дуб	0,43	0,50	0,18	0,19	0,27	0,29
Осина	0,41	0,47	0,14	0,15	0,28	0,30
Клен	0,46	0,54	0,19	0,20	0,29	0,32

Если известны коэффициенты радиальной $K_{\beta r}$ и тангенциальной $K_{\beta t}$ усушки, то, принимая $W_{п.н.}$=30% и пренебрегая усушкой вдоль волокон, можно достаточно точно определить коэффициент объемной усушки $K_{\beta V}$ по формуле:

$$K_{\beta V} = K_{\beta r} + K_{\beta t} - 0{,}3 \cdot K_{\beta r} \cdot K_{\beta t}. \qquad (10)$$

Усушку в промежуточном направлении между радиальным и тангенциальным можно найти по формуле:

$$\beta_\theta = \beta_t \cdot Sin^2\theta + \beta_r \cdot Cos^2\theta, \qquad (11)$$

где θ – угол между направлением измерения и радиальным направлением.

От усушки следует отличать *сморщивание древесины (коллапс)*, которое происходит у нагретой древесины вследствие удаления свободной воды при влажности $W \geq W_{п.н.}$. Встречается коллапс у лиственных пород (дуб, маньчжурский ясень и др.).

Усушку древесины учитывают при распиловке бревен на доски (припуски на усадку), сушке пиломатериалов, шпона и т.д.

Разбухание. Повышение содержания связанной воды в древесине при ее выдерживании во влажном воздухе или воде сопровождается увеличением линейных размеров и объема древесины – *разбуханием*.

Полное разбухание, %, вычисляют, округляя результат до 0,1%, по формуле:

$$\alpha_{\max} = \frac{a_{\max} - a_{\min}}{a_{\max}} \cdot 100\%, \qquad (12)$$

где $a_{\max}$ и $a_{\min}$ – размер, мм, или объем, мм^3, образца соответственно при влажности равной или выше предела насыщения клеточных стенок и в абсолютно сухом состоянии.

Коэффициент разбухания на 1% процент влажности вычисляют, округляя результат до 0,01%, по формуле:

$$K_{\alpha} = \frac{\alpha_{\max}}{W_{п.н.}}. \qquad (13)$$

где $W_{п.н.}$ – предел насыщения клеточных стенок, равный в среднем 30%.

Полное линейное и объемное разбухание определяют согласно ГОСТ 16483.35-88 «Древесина. Метод определения разбухания», используя образцы, оборудование и процедуру (в иной последовательности), применяемые для определения усушки, однако способы вычисления показателей другие.

Можно определить частичное разбухание древесины при увлажнении до нормализованной влажности (12%). В этом случае разбухание, %, вычисляют по формуле:

$$\alpha_{12} = \frac{a_{12} - a_{\min}}{a_{\max}} \cdot 100\%, \qquad (14)$$

где a_{12} – размер, мм, или объем, мм^3, образца при нормализованной влажности.

При необходимости по формуле (14) можно вычислить частичное разбухание в случае повышения влажности до любого другого значения.

Средние значения коэффициентов разбухания древесины основных пород в радиальном и тангенциальном направлениях, а также по объему приведены выше в таблице 1. Коэффициенты объемного разбухания можно определить по формуле, аналогичной (10), но только со знаком «+» перед последним членом.

При закреплении разбухающих деталей из древесины (например, клепки в бочке) будет возникать давление разбухания, которое зависит от породы, части ствола, направления и, по данным Ю.М. Иванова, составляет 0,8...3,2 МПа. Давление разбухания для древесины ядра больше, чем для заболони; давление при тангенциальном разбухании для древесины хвойных пород и дуба почти в 2 раза больше, чем при радиальном разбухании.

Разбухание древесины прямо зависит от диэлектрической постоянной жидкости, поэтому, например, керосин почти совершенно не вызывает разбухания. Разбухание – отрицательное свойство древесины, но в некоторых случаях оно приносит пользу, обеспечивая плотность соединений (в бочках, судах и т.д.).

Коробление древесины. Изменение заданной формы пиломатериалов и заготовок при сушке, а также выпиловке и хранении называется *короблением*.

Поперечная покоробленность зависит от различий в радиальной и тангенциальной усушке. Форма поперечного сечения покоробленных досок показана на рисунке 7, *а-г.* Ориентация наружной пласта доски ближе к чисто тангенциальному направлению, а внутренней – к радиальному, поэтому сечение досок принимает желобчатую форму (рисунок 7, *а*). Покоробленность досок из данного бревна тем больше, чем ближе к сердцевине расположена доска. На рисунке 7, *б*, *в*, *г* показаны и другие виды поперечной покоробленности.

Продольная покоробленность возникает из-за различий в усушке по длине волокон. Покоробленность по кромке (рисунок 7, *д*) и пласти (рисунок 7, *е)* встречается, например, у досок, включающих участки креневой (порок древесины) или примыкающей к сердцевине молодой (ювенильной) древесины, которые обладают большей усушкой вдоль волокон, чем нормальная древесина. Крыловатость (рисунок 7, *ж)* появляется у древесины с наклоном волокон (порок строения).

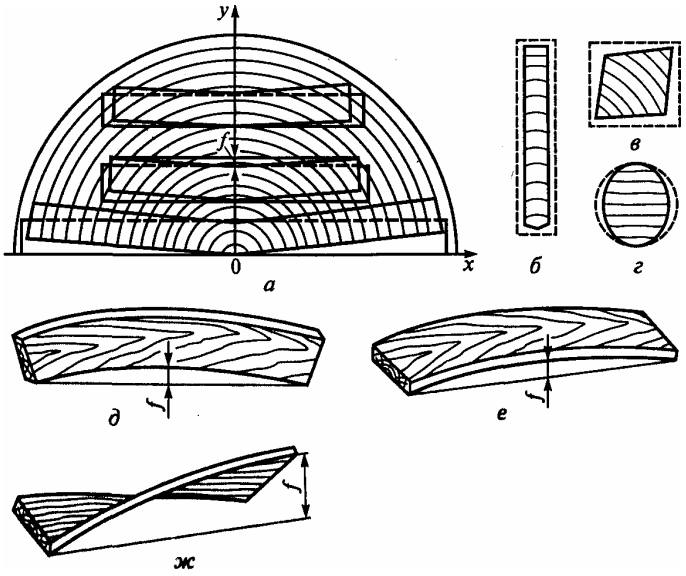


Рисунок 7 – Виды покоробленности:
а – желобчатая; б – трапециевидная в – ромбовидная, г – овальная; д – по кромке;
е – по пласти; ж – крыловатость

Временное поперечное коробление происходит из-за неравномерного высыхания досок. Вогнутость пластей досок может также возникать из-за коллапса. В высушенном материале из-за нарушения равновесия остаточных напряжений происходит коробление при несимметричном строгании (фрезеровании) досок или их ребровом делении.

Коробление досок может наблюдаться и при распиловке сырых бревен из-за напряжений, имеющихся в растущем дереве. Иногда причиной коробления досок является неправильная укладка их в штабеля при атмосферной и камерной сушке, увлажнение при хранении и др. При сушке коробление досок можно уменьшить путем приложения внешних усилий (от веса вышележащих частей штабеля или при помощи специальных прижимов).

Коробление относится к порокам древесины. Оно вызывает существенные технологические и эксплуатационные трудности при использовании древесины.

Влагопоглощение. Способность древесины вследствие ее гигроскопичности поглощать влагу (пары воды) из окружающего воздуха называется *влагопоглощением*. При влагопоглощении внутри клеточных стенок образуется *адсорбционная вода*, находящаяся в пленочном состоянии. Адсорбционная вода отличается от обычной воды; она похожа по упругим свойствам на твердое тело, неэлектропроводна, по диэлектрической проницаемости близка к древесине, а по теплоемкости ко льду. Кроме явления адсорбции происходит также конденсация паров воды в микроуглублениях на поверхности клеточной стенки, и образуется *микрокапиллярная* вода.

Влагопоглощение практически не зависит от породы; у ядра и заболони оно примерно одинаково. По сорбционной способности кора мало отличается от древесины. Влажность измельченной древесины, которая может быть достигнута в процессе влагопоглощения при разной температуре, определяется по диаграмме, показанной на рисунке 5.

Испытания древесины на влагопоглощение согласно ГОСТ 16483.19-72 «Древесина. Метод определения влагопоглощения» проводят на образцах с размером основания 20х20 мм и высотой вдоль волокон 10 мм. Образцы высушивают в бюксах до абсолютно сухого состояния и помещают в эксикатор над насыщенным раствором соды, что обеспечивает относительную влажность воздуха φ=92%. Образцы периодически извлекают для взвешивания с точностью до 0,001 г через 1, 2, 3, 6, 9, 13, 20 сут. и далее через каждые 10 сут. Минимальная продолжительность выдержки 30 сут. Испытание заканчивают, когда разность между двумя последними взвешиваниями окажется не более 0,002 г. По результатам взвешивания определяют текущую влажность образца и строят график «влажность древесины – время выдержки». Этот график, на котором влажность возрастает с убывающей скоростью, а также максимальная влажность древесины служат характеристикой влагопоглощения древесины.

Способность к поглощению влаги является отрицательным свойством древесины. Сухая древесина, помещенная в очень влажную среду, сильно увлажняется, что ухудшает ее физико-механические характеристики, снижает биостойкость

и т.д. Создаваемые на поверхности деталей и изделий из древесины декоративные покрытия из лакокрасочных и пленочных материалов выполняют также влагозащитные функции. Однако более радикальным средством уменьшения гигроскопичности древесины является ее модификация путем пропитки искусственными смолами.

Водопоглощение. Способность древесины, имеющей пористое строение, поглощать капельно-жидкую влагу называется *водопоглощением*. Древесина поглощает воду при непосредственном контакте с ней. В древесине сначала увеличивается количество связанной, а затем, при достижении предела гигроскопичности, и свободной влаги.

Максимальная влажность древесины в этом случае определяется суммой наибольшего количества связанной воды (предела насыщения клеточных стенок) и количества свободной воды, которое зависит от объема пустот в древесине. Поэтому чем больше плотность древесины, тем меньше ее максимальная влажность.

Максимальная влажность, %, может быть определена по формуле:

$$W_{\max} = W_{п.н.} + \frac{(\rho_{д.в.} - \rho_0)\cdot \rho_в}{\rho_{д.в.}\cdot \rho_0}\cdot 100\%, \qquad (15)$$

где $W_{п.н.}$ – предел насыщения клеточных стенок, %;

$\rho_{д.в.}$ – плотность древесинного вещества, кг/м^3;

ρ_0 – плотность древесины в абсолютно сухом состоянии, кг/м^3;

$\rho_в$ – плотность воды, кг/м^3.

Если не известно значение $W_{п.н.}$, то максимальную влажность, %, можно вычислить по другой формуле:

$$W_{\max} = \frac{(\rho_{д.в.} - \rho_б)\cdot \rho_в}{\rho_{д.в.}\cdot \rho_б}\cdot 100\%, \qquad (16)$$

где $\rho_б$ – базисная плотность древесины, кг/м^3.

Расчетные значения W_{max} для отечественных пород находятся в диапазоне 100...270%. Они несколько выше найденных экспериментально, т.к. не все пустоты внутри древесины заполняются водой из-за наличия смолы, закупорки сосудов тиллами и т.д.

Способность древесины к водопоглощению устанавливается согласно ГОСТ 16483.20-72 «Древесина. Метод определения водопоглощения». Образцы с размером основание 20х20 мм и высотой вдоль волокон 10 мм высушивают до абсолютно сухого состояния, затем помещают их в эксикатор с дистиллированной водой и выдерживают при температуре (20±2)^{o}С. Периодически образцы вынимают из воды, осушают их поверхность фильтровальной бумагой и взвешивают. Первое взвешивание проводят через 2 ч, затем через 1, 2, 3, 6, 9, 13, 20 сут. после первона-

чального погружения, а далее через каждые 10 сут. Опыт заканчивают, когда разница между двумя последовательными взвешиваниями окажется менее 0,05 г.

По результатам испытания строят график «влажность – время выдержки». За показатель водопоглощения принимают влажность достигнутую после выдержки в течение 30 сут.

Водопоглощение зависит от породы древесины, начальной влажности, температуры, размеров и формы древесины. Чем меньше плотность древесины, т.е. чем больше объем полостей, которые могут быть заполнены водой (свободной влагой), тем больше водопоглощение. Чем больше плотность древесины, тем меньше водопоглощение. Водопоглощение ядра меньше, чем заболони, поэтому ядро суше заболони.

Способность древесины поглощать воду, а также другие жидкости имеет значение в процессах варки древесины для получения целлюлозы, при пропитке растворами антисептиков и антипиренов, при сплаве лесоматериалов и в ряде других случаев.

5. Лабораторная работа «Определение влажности древесины»

Испытания должны проводиться в соответствии с ГОСТ16483.7-71 «Древесина. Методы определения влажности» (приложение В).

Необходимые материалы и аппаратура:

1. Весы с погрешностью взвешивания не более 0,01 г.
2. Сушильный шкаф.
3. Образцы древесины размером 20х20х30 мм.

Проведение испытаний.

Образцы взвешивают с погрешностью не более 0,01 г и помещают в сушильный шкаф с температурой 103±2^{o}С. Высушивание проверяют повторными взвешиваниями.

Первое взвешивание при высушивании мягких пород выполняют не ранее, чем через 6 ч. после начала высушивания, а при высушивании твердых пород – не ранее 10 ч.

Повторные взвешивания выполняют через 2 ч. Высушивание считается законченным, когда разность между двумя последними взвешиваниями будет не более 0,002 г.

Образцы из смолистой древесины хвойных пород не следует сушить свыше 20 ч.

Влажность пробы определяют по формуле (3).

6. Плотность древесины

Плотность древесины – это масса единицы объема материала, выражающаяся в г/см^3 или кг/м^3. Существует несколько показателей плотности древесины, которые зависят от влажности. Применительно к древесине различают плотности:
- древесинного вещества;
- абсолютно сухой древесины;
- влажной древесины;
- парциальную;
- базисную.

Плотность древесинного вещества – это масса единицы объема материала, образующего клеточные стенки:

$$\rho_{д.в.} = \frac{m_{д.в.}}{V_{д.в.}}, \qquad (17)$$

где $m_{д.в.}$ – масса древесинного вещества, кг;
$V_{д.в.}$ – объем древесинного вещества, м^3.

Плотность древесинного вещества из-за одинакового химического состава клеточных стенок для всех пород примерно одинакова и равна 1,53 г/см^3, т.е. в 1,5 раза выше плотности воды.

Плотность древесины меньше плотности древесинного вещества, т.к. она имеет пустоты, заполненные воздухом, т.е. пористость, которая выражается в процентах и характеризует отношение пустот в абсолютно сухой древесине. Чем больше плотность древесины, тем меньше ее пористость.

Плотность древесины существенно зависит от влажности. С увеличением влажности плотность древесины возрастает. По плотности все породы делятся на три группы (при влажности древесины 12%):

1) породы с малой плотностью – 540 кг/м^3 и менее – это ель (все виды), сосна (все виды), пихта (все виды), кедр (все виды), можжевельник обыкновенный, тополь (все виды), липа (все виды), ива (все виды), осина, ольха черная и белая, каштан посевной, орех белый, серый и маньчжурский, бархат амурский;
2) породы средней плотности – от 550 до 740 кг/м^3 – это лиственница (все виды), тис, береза повислая, пушистая, черная и желтая, бук восточный и европейский, вяз, груша, дуб летний, восточный, болотный, монгольский, ильм, карагач, клен (все виды), лещина, орех грецкий, платан, рябина, хурма, яблоня, ясень обыкновенный и маньчжурский;
3) породы высокой плотности – 750 кг/м^3 и более – это акация белая и песчаная, береза железная, гледичия каспийская, гикори белый, граб, дуб каштанолистный и араксинский, железное дерево, самшит, фисташка, хмелеграб.

Средние значения плотности древесины наиболее распространенных пород приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Средние значения плотности древесины, кг/м^3

Порода	ρ_{12}	ρ_0	$\rho_б$
Лиственница	665	635	540
Сосна обыкновенная	505	480	415
Ель	445	420	365
Кедр (сосна кедровая)	435	405	360
Пихта сибирская	375	350	310
Граб	795	760	640
Акация белая	800	770	650
Груша	710	670	585
Дуб	690	655	570
Клен	690	655	570
Ясень обыкновенный	680	650	560
Бук	680	650	560
Вяз	650	620	535
Береза	640	620	520
Орех грецкий	590	560	490
Ольха	525	495	430
Осина	495	465	400
Липа	495	470	410
Тополь	455	425	375
Ива	455	425	380

Среди иноземных пород имеются такие, древесина которых имеет как очень маленькую плотность (бальса – 120 кг/м^3), так и очень высокую (бакаут – 1300 кг/м^3).

Плотность абсолютно сухой древесины характеризует массу единицы объема древесины при отсутствии в ней воды:

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_0}, \tag{18}$$

где m_o – масса образца абсолютно сухой древесины, кг;
V_o – масса и объем образца абсолютно сухой древесины, м^3.

Плотность влажной древесины выражается отношением массы образца при любой влажности к его объему при той же влажности:

$$\rho_W = \frac{m_W}{V_W}, \tag{19}$$

где m_W – масса образца при влажности W, кг;
V_W – объем образца при влажности W, м^3.

Парциальная плотность древесины выражается отношением массы абсолютно сухого образца к его объему при любой данной влажности:

$$\rho_W^{/} = \frac{m_0}{V_W}. \quad (20)$$

Базисная плотность древесины выражается отношением массы абсолютно сухого образца то к его объему при влажности равной или выше предела насыщения клеточных стенок V_{max}:

$$\rho_б = \frac{m_0}{V_{\max}}. \quad (21)$$

Располагая показателями плотности, можно определить **воздухоемкость B_W** и **пористость $П$**, представляющие собой отношение заполненных воздухом пустот к объему соответственно влажной (или сырой) и абсолютно сухой древесины.

Воздухоемкость древесины, %:

$$\beta_W = \left[1 - \rho_W^{/} \cdot \left(\frac{1}{\rho_{д.в.}} + \frac{W}{100 \cdot \rho_в}\right)\right] \cdot 100\%. \quad (22)$$

Пористость древесины, %:

$$П = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho_{д.в.}}\right) \cdot 100\%. \quad (23)$$

Плотность древесины можно определять тремя методами:

- стереометрическим;
- при помощи ртутного объемомера (с соблюдением необходимых правил безопасности). Действие ртутного объемомера основано на определении объема не смачивающей образец жидкости (ртути), вытесненной погруженным в нее образцом древесины. Образец древесины берется произвольной формы;
- погружением образца в воду.

7. Лабораторная работа «Определение плотности древесины»

В лабораторной работе плотность необходимо измерить первым и третьим способами.

1. Стереометрический метод определения плотности выполняется согласно ГОСТ 16483.1-84 «Древесина. Методы определения плотности» (приложение Б).

Этим методом определяется плотность влажной древесины.

Необходимые материалы и аппаратура:

1. Образцы древесины размером 20х20х30 мм (сосна, ель, осина, береза).
2. Штангенциркуль.
3. Весы.

Отбор образцов

Образец должен включать не менее пяти годичных слоев. При очень широких слоях (более 4 мм) следует увеличить размеры основания. Смежные грани образца должны располагаться под прямым углом. Поверхности образцов должны быть гладко отстроганы.

Проведение испытаний

Штангенциркулем измеряют размеры образцов с точностью до 0,01 мм. Полученные результаты используют для вычисления объема образца.

Затем каждый образец взвешивают с точностью до 0,01 г. Результаты измерений и взвешиваний заносят в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты определения плотности древесины

Порода	Размеры образца, мм			Масса образца	Плотность
	Толщина	Ширина	Длина		

Пересчет полученной плотности на стандартную влажность 12% для бука, граба, березы белой:

$\rho_{12} = \rho_W \cdot (1{,}048 - 0{,}004 \cdot W)$ при W<30%;

$\rho_{12} = \frac{1{,}206 \cdot \rho_W}{1 + 0{,}01 \cdot W}$ при W≥30%.

Для остальных пород:

$\rho_{12} = \rho_W \cdot (1{,}06 - 0{,}005 \cdot W)$ при W<30%;

$\rho_{12} = \frac{1{,}183 \cdot \rho_W}{1 + 0{,}01 \cdot W}$ при W≥30%.

2. Определение плотности методом погружения в воду.

Необходимые материалы и приборы:

1. Образец древесины размером 20х20х300 мм.
2. Стеклянный цилиндр.

Проведение испытаний

Этот способ дает возможность быстро определить плотность древесины с невысокой степенью точности.

Образец древесины с размерами 20х20х300 мм делится по длине на 10 частей и, начиная снизу, карандашом наносятся значения этих делений (100, 200, 300 и т.д.).

Затем образец погружается в стеклянный цилиндр с водой. Объем воды должен быть таким, чтобы образец мог плавать.

Уровень воды показывает на шкале образца плотность древесины в кг/м^3, например, на рисунке 8 плотность образца равна 550 кг/м^3.

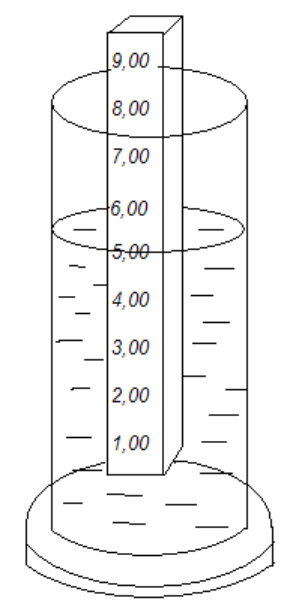


Рисунок 8 – Определение плотности древесины методом погружения

8. Проницаемость древесины жидкостями и газами

Особенностью строения древесины является наличие системы капилляров, включающей в себя полости клеток, отверстия в мембранах пор и субмикроскопические каналы в клеточных стенках. Именно они и являются причиной того, что древесина способна пропускать жидкости и газы. Различные части ствола дерева и разные породы имеют разное гидравлическое сопротивление, поэтому их проницаемость отличается иногда весьма существенно.

Способность древесины пропускать жидкости оценивают **водопроницаемостью**, т.е. в качестве проникающей жидкости при испытаниях используют воду, а для оценки газопроницаемости – воздух или азот.

Водопроницаемость древесины (так же, как и другие свойства) существенно зависит от направления относительно волокон. Совершенно естественно, что вдоль волокон проницаемость значительно выше, чем поперек. Ядро или спелая древесина пропускают воду меньше, чем заболонь. Наличие сердцевинных лучей облегчает проникновение жидкости в поперечном направлении. Эти два обстоятельства приводят к тому, что клепку для дубовых наливных бочек делают исключительно из ядра и используют при этом только радиальный распил (из-за отсутствия выходов на пласты сердцевидных лучей).

Водопроницаемость у лиственных пород в несколько раз больше, чем у хвойных. Во многом это определяется наличием в ядре хвойных большого количества смолистых и других экстрактивных веществ, затрудняющих или вовсе исключающих возможность перемещения воды по микрокапиллярам. Для одних целей это хорошо, а для других – плохо. Для того чтобы обеспечить надежное анти-

септирование, проводят обессмоливание. Обессмоливание, которое делают перед окончательной отделкой древесины (нанесением лакокрасочного покрытия), имеет другую цель – повысить адгезию покрытия с поверхностью детали (*адгезия* – это сила притяжения молекул различных материалов, подобная магнитной силе). Обработка спиртобензолом применяется в основном для сосны и кедра, реже для ели и лиственницы. Древесину пихты обрабатывают металлом или ацетоном. Пропитываемость защитными жидкостями при этом улучшается в несколько раз.

По способности пропитываться защитными средствами отечественные породы можно разбить на три группы: легко пропитываемые, умеренно пропитываемые и трудно пропитываемые. К первой группе относятся заболонь сосны, березы и бука. Ко второй группе – заболонь граба, дуба, клена, лиственницы европейской, липы, ядро сосны, кедр, ольха. К третьей – ель, лиственница сибирская, пихта, спелая древесина бука, ядро ясеня, лиственницы европейской.

Для облегчения проникновения защитных средств в древесину трудно пропитываемых пород применяют накалывание бревен, ультразвуковую обработку, пропитку под давлением.

Газопроницаемость древесины определяет одно из самых привлекательных ее свойств как конструкционного материала для строительства домов – способность «дышать». Так же, как и для жидкостей, проницаемость древесины вдоль волокон в десятки раз больше, чем поперек. При этом проницаемость древесины сосны для газов в радиальном направлении больше, чем в тангенциальном в 2-5 раз, ели – в 10 раз.

Наибольшая газопроницаемость среди хвойных пород зафиксирована у заболони сосны, несколько меньше – у кедра и лиственницы. Весьма малая способность пропускать газы обнаружена у древесины ели.

Защитно-декоративные покрытия изделий из древесины существенно снижают ее воздухопроницаемость, однако испытания показывают, что окрашенные образцы заболони сосны сохраняют заметную способность пропускать воздух.

Методы измерения водопроницаемости и газопроницаемости разработаны В.А. Баженовым и изложены в ГОСТ 16483.15-72 «Древесина. Метод определения водопроницаемости» и ГОСТ 16483.34-77 «Древесина. Метод определения газопроницаемости».

Показатели водопроницаемости – количество воды ($см^3$), прошедшее через образец диаметром 47 мм и высотой 20 мм в течение одних суток под действием гидростатического давления 0,01 МПа, и максимальная влажность образца.

Воздухопроницаемость древесины определяется количеством воздуха ($см^3$, при нормальном давлении), прошедшего через один $см^2$ поверхности образца диаметром 47 мм и высотой 20 мм за одну секунду при определенном перепаде дав-

ления. Так, например, воздухопроницаемость заболони сосны составляет 0,0562 $см^3/см^2 \times с$, тогда как ядра дуба (радиальное направление) она составят 0,00013 $см^3/см^2 \times с$, при перепаде давления 0,1 МПа.

Испытания древесины на газопроницаемость требуют значительно меньше времени, чем испытания на проницаемость жидкостями. Между этими свойствами наблюдается тесная корреляционная связь, и поэтому определение газопроницаемости часто используют для оценки способности древесины пропитываться растворами антисептиков (*антисептики* – химические вещества, токсичные для грибов и насекомых), антипиренов (*антипирены* – химические вещества, препятствующие возгоранию), варочными растворами при получении целлюлозы и т.п.

9. Тепловые свойства древесины

Тепловые свойства древесины – это теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность и тепловое расширение.

Теплоемкость – способность древесины аккумулировать тепло. За показатель теплоемкости принята удельная теплоемкость *с* – количество теплоты, необходимое для нагревания 1 кг массы древесины на 1°С. Она измеряется в кДж/кг×t°С.

Сухая древесина представляет собой древесинное вещество и воздух, причем массовая доля воздуха в ней незначительна. Поэтому теплоемкость сухой древесины практически равна теплоемкости древесинного вещества. Удельная теплоемкость древесины практически не зависит от породы и при температуре 0°С для абсолютно сухой древесины равна 1,55 кДж.

С повышением температуры удельная теплоемкость несколько возрастает и при температуре 100°С увеличивается примерно на 25%. При увлажнении древесины ее теплоемкость увеличивается.

Процесс переноса тепла в древесине характеризуется двумя показателями – коэффициентом теплопроводности и коэффициентом температуропроводности.

Коэффициент теплопроводности численно равен количеству теплоты, которое проходит в единицу времени через стенку из древесины площадью 1 $м^2$ и толщиной 1 м при разности температур на противоположных сторонах стенки в 1°С. Он измеряется в Вт/(м×°С).

Коэффициент температуропроводности ($м^2/с$) характеризует скорость изменения температуры древесины при ее нагревании или охлаждении. Он определяет тепловую инерционность древесины, т.е. ее способность выравнивать температуру. Коэффициент температуропроводности рассчитывают по формуле:

$$\alpha = \frac{\lambda}{c \cdot \rho}, \qquad (24)$$

где λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м×°С);
c – удельная теплоемкость древесины, кДж/(кг×°С).

При нагревании твердых материалов, в том числе и древесины, происходит увеличение их объема. *Коэффициент линейного теплового расширения* α' показывает на сколько изменяется единица длины тела при нагревании его на 1°С. Наименьший α' в направлении вдоль волокон; величина его для сухой древесины колеблется в пределах $(2{,}5\ldots5{,}4)\cdot10^{-6}$ 1/°С. Тепловое расширение поперек волокон значительно больше (иногда в 10…15 раз), чем вдоль волокон, причем в тангенциальном направлении оно обычно в 1,5…1,8 раза выше, чем в радиальном. Коэффициент линейного теплового расширения вдоль волокон древесины составляет 1/10…1/3 коэффициента теплового расширения стекла, бетонов и металлов.

Теплота сгорания – это количество тепла, выделяющееся при полном сгорании 1 кг древесины. Она практически не зависит от породы, т.к. элементарный химический состав древесины различных пород примерно одинаков. У абсолютно сухой древесины теплота сгорания колеблется в пределах 19,6-21,4 МДж/кг, причем у хвойных пород она несколько выше, чем у лиственных. Есть и другая характеристика, которая определяет качество дров различных пород древесины – теплота сгорания единицы объема древесины. Поскольку плотность древесины у разных пород различна, то и этот параметр существенно зависит от плотности. По этой причине березовые дрова лучше еловых и сосновых. Наивысшая температура горения древесины теоретически составляет 1550°С, однако из-за потерь в топке реальная температура горения не превышает 1100°С.

В отличие от каменного угля и нефти древесина в процессе горения не образует сернистых соединений, загрязняющих окружающих среду.

10. Электрические свойства древесины

Как показали многочисленные исследования электрических свойств древесины, ее *электропроводность*, т.е. способность проводить электрический ток, находится в обратной зависимости от ее электрического сопротивления. Существуют поверхностное и объемное сопротивления, которые в сумме дают полное сопротивление образца древесины, размещенного между двумя электродами. Объемное сопротивление характеризует препятствие прохождению тока сквозь толщу образца, а поверхностное – по поверхности. Наибольшее значение для характеристики электропроводности материала имеет первый вид сопротивления, показателем которого служит удельное объемное сопротивление ρ_V, имеющее размерность

Ом·см и численно равное сопротивлению при прохождении тока через две противоположные грани кубика размерами 1×1×1 см из данного материала (древесины).

Древесина относится к диэлектрикам (ρ_V=10^8…10^{17} Ом·см).

Исследования показали, что сухая древесина плохо проводит ток, но с повышением влажности ее сопротивление уменьшается. Это видно из данных, полученных при исследованиях (таблица 4).

Таблица 4 – Удельное объемное сопротивление

Порода	Удельное объемное сопротивление. Ом·см, при влажности древесины, %		
	0	7	20
Сосна	$2{,}3\cdot10^{15}$	$5\cdot10^{11}$	$3\cdot10^{8}$
Ель	$7{,}6\cdot10^{16}$	$1\cdot10^{12}$	$3\cdot10^{8}$
Дуб	$1{,}5\cdot10^{16}$	$2\cdot10^{11}$	$7\cdot10^{8}$
Береза	$5{,}1\cdot10^{16}$	$9\cdot10^{11}$	$1\cdot10^{8}$
Ольха	$1{,}0\cdot10^{17}$	$9\cdot10^{11}$	$6\cdot10^{8}$

Снижение поверхностного сопротивления происходит при увеличении влажности. Например, при увеличении влажности бука от 4,5 до 17% поверхностное электрическое сопротивление уменьшается с $1{,}2\cdot10^{13}$ до $1\cdot10^{7}$ Ом·см.

Кроме того, в результате исследований установлено, что снижение электрического сопротивления древесины происходит при ее нагревании, особенно при ее низкой влажности. Так, увеличение температуры от 20 до 94°С снижает сопротивление абсолютно сухой древесины в 10^6 раз.

Электрическое сопротивление древесины вдоль волокон меньше в несколько раз, чем поперек волокон (таблица 5).

Таблица 5 – Удельное объемное сопротивление древесины в абсолютно сухом состоянии

Порода	Удельное объемное сопротивление, Ом·см	
	поперек волокон	вдоль волокон
Сосна	$2{,}3\cdot10^{15}$	$1{,}8\cdot10^{15}$
Ель	$7{,}6\cdot10^{16}$	$3{,}8\cdot10^{16}$
Ясень	$3{,}3\cdot10^{16}$	$3{,}6\cdot10^{15}$
Граб	$8{,}0\cdot10^{15}$	$1{,}3\cdot10^{15}$
Клен	$6{,}6\cdot10^{17}$	$3{,}3\cdot10^{17}$
Береза	$5{,}1\cdot10^{16}$	$2{,}3\cdot10^{16}$
Ольха	$1{,}0\cdot10^{17}$	$9{,}6\cdot10^{15}$
Липа	$1{,}5\cdot10^{16}$	$6{,}4\cdot10^{15}$
Осина	$1{,}7\cdot10^{16}$	$8{,}0\cdot10^{15}$

Электрическая прочность древесины имеет значение при оценке древесины как электроизолирующего материала. Показателем электрической прочности служит $E_{пр.}$ – отношение пробивного напряжения к толщине материала, кВ/мм (кило-Вольт/миллиметр).

Электрическая прочность древесины невысокая и зависит от породы, влажности, температуры и направления волокон. Для повышения электрической проч-

ности древесины и снижения электропроводности при использовании ее в качестве изолятора производят пропитку трансформаторным маслом, парафином, искусственными смолами.

Таблица 6 – Электрическая прочность различных пород древесины

Порода	Влажность, %	Электрическая прочность, $E_{пр.}$, кВ/мм		
		Радиальная	Тангенциальная	Вдоль волокон
Сосна	0	5,9	7,2	1,45
	33	1,4	1,5	0,76
Ель	0	6,0	7,2	1,35
	33	1,4	1,3	0,87
Береза	0	9,1	7,6	1,26
	33	1,4	1,2	0,50
Бук	12	-	4,4	1,32

11. Акустические (звуковые) свойства древесины

Звукопроводностью называется свойство материала пропускать звук сквозь свою толщу. Она характеризуется скоростью распространения звука и определяется по формуле:

$$C = \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \qquad (25)$$

где E – динамический модуль упругости древесины, Н/м^2.

Звукопроводность характеризуется скоростью распространения звука в материале.

Скорость распространения звука зависит от плотности материала, например в стали звук распространяется со скоростью 5050 м/с, свинце – 1200 м/с, воздухе – 330 м/с, а в каучуке – 30 м/с.

Из формулы (25) видно, что скорость звука увеличивается с уменьшением плотности древесины и увеличением жесткости, то есть модуля упругости.

Скорость распространения звука в древесине зависит и от направления волокон. Вдоль волокон этот показатель в среднем равен 5000 м/с, поперек волокон в радиальном направлении 1995 м/с (в 3-4 раза меньше, чем вдоль волокон), в тангенциальном – 1500 м/с. Средние значения скорости звука вдоль волокон для комнатно-сухой древесины дуба составляют 4720 м/с, для ясеня – 4730 м/с, для сосны – 5360 м/с, для лиственницы – 4930 м/с.

Звукопроводность древесины вдоль волокон в 16 раз, а поперек волокон в 3-4 раза больше, чем воздуха. При устройстве деревянных полов, потолков, перегородок для улучшения звукоизоляции приходится применять звукоизолирующие материалы. Повышение влажности древесины понижает ее звукопроводность.

Важной характеристикой древесины при оценке ее способности отражать и проводить звук является **акустическое сопротивление**, Па·с/м:

$$R = \rho \cdot C . \qquad (26)$$

Этот показатель древесины камерной сушки вдоль волокон в среднем равен $30 \cdot 10^5$ Па·с/м. Для сравнения воздух имеет акустическое сопротивление 429 Па·с/м, каучук – $3 \cdot 10^3$ Па·с/м, сталь – $393 \cdot 10^3$ Па·с/м.

Относительное уменьшение силы звука называется **коэффициентом звукопроницаемости**. Этот коэффициент для сосновой перегородки толщиной 3 см составляет 0,065, для дубовой перегородки толщиной 4,5 см – 0,002.

При прохождении звука через древесину часть звуковой энергии поглощается ею вследствие внутреннего трения. Характеризуется это явление **коэффициентом звукопоглощения**, который представляет собой отношение звуковой энергии, теряемой в материале, к падающей на материал звуковой энергии. Коэффициент звукопоглощения сосновой перегородки толщиной 19 мм находится в пределах 0,081-0,110.

Древесина широко применяется для изготовления дек музыкальных инструментов. Такая древесина усиливает звук без искажения тона, то есть резонирует.

Показателем, характеризующим резонансную способность древесины, служит акустическая постоянная или **акустическая константа** K (м^4/кг·с), предложенная академиком Н.Н. Андреевым:

$$K = \sqrt{\frac{E}{\rho^3}} . \qquad (27)$$

Наибольшую величину акустической константы имеют древесины ели, пихты, кедра (около 12 м^4/кг·с). Резонансная древесина должна иметь ширину годичных слоев от 1 до 4 мм, а содержание поздней древесины от 5 до 20%. Она должна быть равнослойной, не содержать сучков, пороков строения, особенно крени и наклона волокон.

На данных, полученных при исследованиях акустических свойств древесины, построен ультразвуковой метод определения ее прочности и внутренних скрытых дефектов. По существующим строительным нормам звукоизоляция стен и перегородок должна быть не ниже 40 дБ, а междуэтажных – 48 дБ. Согласно данным исследований звукопоглощающая способность древесины низка, например звукоизоляция сосновой древесины при толщине 3 см составляет 12 дБ, а дубовой при толщине 4,5 см – 27 дБ. Как установлено исследованиями, наилучшие акустические свойства в части наибольшего излучения звука имеет древесина ели, кавказской пихты и сибирского кедра, которая используется для изготовления многих музыкальных инструментов: щипковых, смычковых, клавишных и др. Как

показала практика, наилучшими акустическими свойствами обладает древесина длительной выдержки – в течение 50 лет и более.

12. Свойства древесины, проявляющиеся под воздействием излучений

Различные виды излучений, представляющих собой электромагнитные колебания, охватывают огромный диапазон длин волн. Наибольшую длину имеют радиоволны (от миллиметров до десятков километров). Но мы рассмотрим свойства древесины, проявляющиеся при действии излучений с длиной волны от 1000 микрометров (мкм) до 0,3 пикометра [1 пикометр (пм)=$1 \cdot 10^{-12}$ м].

Инфракрасное (ИК) излучение. При нагревании тел происходит преобразование тепловой энергии и лучистую энергию электромагнитных колебаний. При этом нагретые тела испускают невидимые инфракрасные лучи с длинами волн от 1000 мкм до 0,77 мкм. Принято различать три области ИК-спектра: дальнюю (с длинами волн от 1000 мкм до 50 мкм); среднюю (от 50 до 2,5 мкм) и ближнюю (от 2,5 до 0,77 мкм).

Способность древесины пропускать, поглощать и отражать инфракрасные лучи зависит от длины волны падающего излучения. Максимум проницаемости наблюдается при длине волны λ=1...1,1 мкм. В дальней области проницаемость постоянна. С увеличением плотности древесины проницаемость уменьшается. Через радиальные поверхности древесины проницаемость больше, чем через тангенциальные. Повышение влажности древесины приводит к увеличению ее проницаемости для ИК-излучений.

Повышение влажности древесины приводит к уменьшению ее отражательной способности. Это дает возможность измерять влажность поверхностных зон массивной древесины методом ИК-спектроскопии.

Поглощение инфракрасных лучей вызывает нагревание материала. Это позволяет использовать инфракрасные лучи для сушки тонких сортиментов (шпона, щепы, стружки), нагревания древесины при склеивании, а также для ее стерилизации. Кроме того, инфракрасное излучение используется для сушки лакокрасочных покрытий на древесине; при этом резко увеличивается скорость сушки и улучшается качество покрытия.

Световое излучение. Видимое световое излучение охватывает часть спектра электромагнитных колебаний с длинами волн от 0,76 до 0,4 мкм. Световые лучи обладают большей проникающей способностью, чем инфракрасные, и могут быть использованы для обнаружения скрытых дефектов внутри древесины или древесных материалов (фанеры и др.). Чувствительная приемная аппаратура по-

зволяет зафиксировать лучи света, прошедшие через образцы древесины осины, сосны, ели толщиной до 35 мм, а березы – до 15 мм.

При падении пучка световых лучей на поверхность древесины часть потока отражается. Измеряя интенсивность отраженного светового потока, можно судить о древесной породе, качестве поверхности и наличии пороков, изменяющих окраску древесины. Важным преимуществом световой дефектоскопии является ее полная безопасность для обслуживающего персонала.

В последнее время в связи с созданием лазеров – источников света высокой направленности и большой плотности – успешно развивается лазерная технология. При воздействии лазерного излучения происходит переход электромагнитной энергии в тепловую, что позволяет использовать лазеры в качестве своеобразного режущего инструмента. Лазерное «резание» сопровождается обугливанием или потемнением поверхностных зон материала. Этот способ обработки используется для фигурного раскроя листовых древесных материалов, резьбы, граверных работ и т.п.

Ультрафиолетовое излучение. Эти лучи имеют длины волн от 0,38 мкм до 10 нм [1 нм (нанометр) = 10^{-9} м = 10 Å (ангстрем)]. Ультрафиолетовое излучение вызывает свечение – люминесценцию – некоторых веществ. Каждое люминесцентное вещество дает излучение определенного спектрального состава. Свечение, которое исчезает сразу же после прекращения облучения объекта, называется *флуоресценцией*.

Из 150 исследованных древесных пород флуоресценция была обнаружена у подавляющего большинства пород (90%). Чаще всего облученная древесина светится фиолетовым светом (40% исследованных пород), синим или голубым светом (25% пород). Темно-фиолетовым светом светится 15% пород; реже всего наблюдается желтое или зелено-желтое свечение (10%).

По данным Б.К. Лакатош, колориметрические характеристики флуоресценции древесины наиболее распространенных пород следующие: длина волны чистого спектрального цвета λ=500...600 нм; чистота цвета P=3...32%; коэффициент отражения ρ=5...10 (см. п. 1). Цвет и интенсивность свечения зависят не только от породы, но и от состояния древесины (степени загнивания древесины, ее влажности и температуры, качества обработки поверхности и т.д.). Все это открывает возможности для использования люминесценции в качестве средства для обнаруживания пороков древесины, контроля качества обработки и т.д.

Рентгеновское излучение. Рентгеновское излучение имеет длину волн примерно от 5 нм до 0,6 пм. Рентгеновские лучи, проходя через исследуемый объект, по-разному поглощаются отдельными его участками. Чем выше плотность участка, тем меньше интенсивность прошедших через него лучей. Располагая по ходу

лучей за исследуемым объектом светящийся экран, можно наблюдать на нем внутренние дефекты объекта (пустоты, включения и т.п.).

Рентгеновскими лучами могут быть просвечены крупные круглые сортименты (диаметром до 40... 50 см); эти лучи позволяют также просвечивать стволы растущих деревьев при помощи передвижных установок. Используя рентгеновские лучи, можно обнаружить в древесине ряд скрытых пороков – заросшие сучки, ходы насекомых, внутренние трещины, гнили, пустоты, а также металлические включения.

Повышение влажности снижает проницаемость древесины рентгеновскими лучами. Это свойство может быть использовано для определения величины и характера распределения влажности по сечению сортимента в процессе сушки. Рентгеновские лучи применяются также для изучения плотности древесины и тонкого строения клеточной стенки.

Ионизирующие излучения. Ионизирующие (ядерные) излучения возникают при распаде радиоактивных веществ, делении атомов тяжелых ядер, ядерных реакциях. Различают следующие виды ядерных излучений: потоки заряженных частиц, электромагнитное излучение и потоки незаряженных частиц (нейтронов). Источники первых двух видов излучений – радиоактивные вещества. Эти излучения называются радиоактивными. Источниками нейтронных излучений служат ядерные реакторы, различные ускорители элементарных частиц, препараты, содержащие смеси радиоактивных веществ с веществами, испускающими нейтроны.

Альфа-лучи плохо проникают в древесину; большая проникающая способность у бета-лучей и еще лучшая – у гамма-лучей.

Исследования проницаемости древесины сосны, ели, дуба, бука, березы гамма-лучами (источник – кобальт-60), проведенные Б.К. Лакатош, показали, что наиболее легко гамма-лучи проникают в направлении вдоль волокон (особенно у дуба). С увеличением плотности древесины поглощение энергии увеличивается; зависимость между этими факторами линейная. Наибольший коэффициент пропорциональности характерен для равноплотной древесины бука. С повышением влажности количество поглощаемой энергии резко возрастает; оно прямо пропорционально толщине облучаемого материала.

Гамма-лучи могут быть использованы для дефектоскопии древесины, определения ее влажности и плотности, а также для контроля размеров деталей бесконтактным способом в непрерывном производственном потоке.

Приложение А

УДК 634.0.812.7.001.4:006.354 Группа К09

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

ДРЕВЕСИНА

ГОСТ 16483.18-72*

Метод определения числа годичных слоев в 1 см и содержания поздней древесины в годичном слое

Взамен ГОСТ 11485-65

Wood. Method for determination the number of annual rings in 1 cm and content of latewood in an annual ring

ОКСТУ 5309

Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 21.12.72 № 2300 дата введения установлена

01.07.84

Ограничение срока действия снято по протоколу № 4-93 Межгосударственного Совета по стандартизации, метрологии и сертификации (ИУС 4-94)

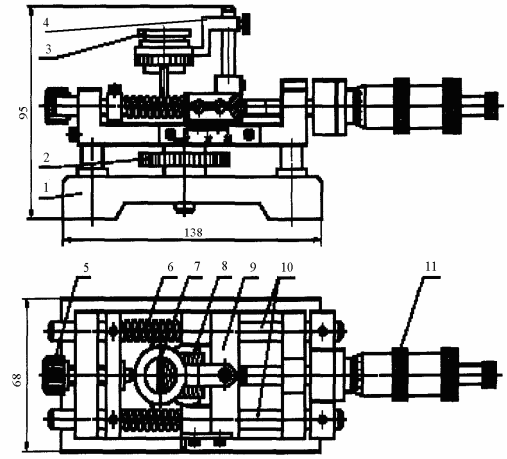
** Переиздание (июнь 1985 г.) с Изменением № 1, утвержденным в июне 1984 г. (ИУС 9-84)*

Настоящий стандарт распространяется па древесину и устанавливает метод определения числа годичных слоев в 1 см и содержания поздней древесины в годичном слое.

1. АППАРАТУРА

Микроскоп инструментальный по ГОСТ 8074-82 или прибор с точностью измерения до 0,1 мм (см. чертеж). Допускается использование лупы по ГОСТ 25706-83.

Линейка измерительная по ГОСТ 427-75 с погрешностью измерения не более 0,5 мм.



1 – станина; 2 – патрон; 3 – лупа; 4 – держатель лупы; 5 – винт; 6 – пружина; 7 – визир; 8 – образец; 9 – каретка; 10 – шток направляющий; 11 – микрометр

2. ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЮ

2.1. Образцы изготовляют в форме прямоугольной призмы основанием 20×20 мм и длиной вдоль волокон от 10 до 20 мм.

Допускается проводить испытание на образцах, предназначенных для других видов испытаний, при наличии плоскости поперечного разреза размером не менее 20 мм в радиальном направлении.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

2.2. Изготовление и количество образцов должны соответствовать требованиям ГОСТ 16483.0-78. Параметр шероховатости плоскости поперечного разреза $Rm_{\max}$ должен быть не ниже 100 мкм по ГОСТ 7016-82.

3. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

3.1. На плоскости поперечного разреза по радиальному направлению отмечают границы крайних целых годичных слоев на участке, равном примерно 20 мм, и подсчитывают число слоев (N). Расстояние (l) между отметками измеряют с погрешностью не более 0,5 мм.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

3.2. В каждом годичном слое между отметками измеряют ширину поздней зоны (σ) с погрешностью не более 0,1 мм.

4. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

4.1. Число годичных слоев (n) в 1 см вычисляют с точностью до 0,5 по формуле:

$$n = \frac{N}{l},$$

где N – общее число целых годичных слоев;

l – протяжение годичных слоев по радиальному направлению, см.

4.2. Содержание поздней древесины (m) в процентах вычисляют с точностью до 1% по формуле:

$$m = \frac{\sum \sigma}{l} \cdot 100\%,$$

где $\Sigma\sigma$ – общая ширина поздней древесины, см.

4.3. Статистическую обработку опытных данных выполняют по ГОСТ 16483.0-89.

4.4. Результаты измерений и расчетов заносят в протокол (см. приложение).

ПРИЛОЖЕНИЕ
Рекомендуемое

ПРОТОКОЛ
определения числа годичных слоев в 1 см и содержания поздней древесины в годичном слое

Порода_____ Температура воздуха t, °С _____
Степень насыщенности воздуха φ, %_____

Маркировка образцов	Общее число годичных слоев N	Протяжение годичных слоев по радиальному направлению, см l	Общая ширина поздней древесины, см $\Sigma\sigma$	Число годичных слоев в 1 см n	Содержание поздней древесины, % m	Примечание

«_____»_____20_____ Подпись_____

Приложение Б

УДК 630.812:531.754:006.354 Группа К09

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

ДРЕВЕСИНА

Метод определения влажности

Wood Methods for determination of moisture content

ГОСТ 16483.7-71

Взамен ГОСТ 11486-65

МКС 79.040
ОКСТУ 5309

Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 6.12.71 № 1982 дата введения установлена

01.01.73

Ограничение срока действия снято по протоколу № 4-93 Межгосударственного Совета по стандартизации, метрологии и сертификации (ИУС 4-94)

Издание (март 2006 г.) с Изменениями № 1, 2, 3, утвержденными в декабре 1977 г., июле 1983 г. и феврале 1988 г. (ИУС 2-78, 10-83, 5-88)

Настоящий стандарт распространяется на древесину и устанавливает два метода определения абсолютной влажности с погрешностью не более 0,1% для приведения показателей физико-механических испытаний образцов к показателям при стандартной влажности и с погрешностью не более 1% для определения влажности древесины.

(Измененная редакция, Изм. № 1, 2, 3).

1. МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ДЛЯ ПРИВЕДЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИСПЫТАНИЙ К ПОКАЗАТЕЛЯМ ПРИ СТАНДАРТНОЙ ВЛАЖНОСТИ

1.1. *Аппаратура и материалы*

Весы аналитические с погрешностью взвешивания не более 0,001 г.

Сушильный шкаф, обеспечивающий высушивание древесины при (103±2)°С.

Бюксы с притертыми крышками.

Эксикаторы с безводным хлористым кальцием или серной кислотой концентрацией не ниже 94% (плотностью 1840 кг/м^3).

(Измененная редакция, Изм. № 1, 3).

1.2. *Подготовка к испытанию*

1.2.1. Форма, размеры и порядок отбора проб из образцов, а также минимальное число проб указаны в стандартах на соответствующие методы испытаний.

На пробы переносят марки образцов, из которых они взяты.

1.2.2. Бюксы нумеруют и взвешивают с погрешностью не более 0,001 г.

1.3. *Проведение испытания*

1.3.1. Пробы на влажность, очищенные от заусенцев и опилок, закладывают в бюксы и взвешивают с погрешностью не более 0,001 г.

1.3.2. Пробы, находящиеся в бюксах со снятыми крышками, помещают в сушильный шкаф с температурой (103±2)°С. Высушивание проверяют повторными взвешиваниями двух-трех проб.

Первое взвешивание при высушивании мягких пород выполняют не ранее чем через 6 ч после начала высушивания, а при высушивании твердых пород – не ранее 10 ч. Повторные взвешивания выполняют через 2 ч. Высушивание считается законченным, когда разность между двумя последними взвешиваниями будет не более 0,001 г.

(Измененная редакция, Изм. № 3).

1.3.3. Перед взвешиванием бюксы с пробами закрывают крышками и охлаждают до комнатной температуры в эксикаторе с гигроскопическим веществом.

1.3.4. Пробы из смолистой древесины хвойных пород не следует сушить в шкафу свыше 20 ч.

1.4. *Обработка результатов*

1.4.1. Влажность пробы (W) в процентах вычисляют с округлением не более 0,1% по формуле:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_0} \cdot 100\%,$$

где m_0 – масса бюксы, г;

m_1 – масса бюксы с пробой до высушивания, г;

m_2 – масса бюксы с пробой после высушивания, г.

(Измененная редакция, Изм. № 1, 2).

1.4.2. Статистическую обработку опытных данных выполняют по ГОСТ 16483.0-89.

1.4.3. Результаты испытаний и расчетов заносят в протокол (приложение 1).

2. МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ

2.1. *Аппаратура и материалы*

Весы с погрешностью взвешивания не более 0,01 г.

Сушильный шкаф, обеспечивающий высушивание древесины при (103±2)°С.

Эксикаторы с гигроскопическим веществом, высушивающим воздух до состояния, близкого к абсолютно сухому.

2.2. *Подготовка к испытанию*

2.2.1. Образцы изготовляют в форме прямоугольной призмы с основанием 20х20 мм и высотой вдоль волокон 30 мм.

Определение влажности допускается проводить на образцах, изготовленных для других испытаний, или на пробах, вырезаемых из них. Пробы должны удовлетворять требованиям п. 1.2.1.

2.2.2. Точность изготовления, влажность и количество образцов должны соответствовать ГОСТ 16483.0-89.

2.3. *Проведение испытания*

2.3.1. Образцы взвешивают с погрешностью не более 0,01 г и помещают в сушильный шкаф с температурой (103±2) °С. Высушивание выполняют в соответствии с требованиями п. 1.3.2 настоящего стандарта и считают законченным, когда для каждого контрольного образца разность между результатами двух последних взвешиваний будет не более 0,01 г.

(Измененная редакция, Изм. № 2, 3).

2.3.2. Образцы из смолистой древесины хвойных пород не следует сушить в шкафу свыше 20 ч.

2.3.3. Образцы, высушенные и охлажденные до комнатной температуры в эксикаторах с гигроскопическим веществом, взвешивают с погрешностью согласно п. 2.3.1.

2.4. *Обработка результатов*

2.4.1. Влажность образцов (W) в процентах вычисляют с округлением не более 1% по формуле

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100\%,$$

где m_1 – масса образца до высушивания, г;

m_2 –масса образца после высушивания, г.

(Измененная редакция, Изм. № 1, 2).

2.4.2. Статистическую обработку опытных данных выполняют по ГОСТ 16483.0-89.

2.4.3. Результаты испытаний и расчетов заносят в протокол (приложение 2).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Рекомендуемое

ПРОТОКОЛ
определения влажности для приведения показателей физико-механических испытаний древесины к показателям при стандартной влажности

Порода_____ Температура воздуха, °С_____
Степень насыщенности воздуха, %_____

Маркировка пробы	Номер бюксы	Масса, г					Влажность древесины, %
		пустой бюксы	бюксы с пробой до высушивания	бюксы с пробой после высушивания	испарившейся воды	абсолютно сухой древесины	

«_____»_____ 20____г. Личная подпись_____

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Рекомендуемое

ПРОТОКОЛ
определения влажности древесины

Порода_____ Температура воздуха, °С_____
Степень насыщенности воздуха, %_____

Маркировка образца	Масса, г			Влажность древесины, %
	образца до высушивания	образца после высушивания	испарившейся воды	

«_____»_____ 20____г. Личная подпись_____

Приложение В

УДК 630.812:531.754:006.354 Группа К09

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

ДРЕВЕСИНА

Метод определения плотности

ГОСТ 16483.1-84

Wood. Method for determination of density

ОКСТУ 5309

Дата введения 01.07.85

Настоящий стандарт распространяется на древесину и устанавливает метод определения следующих показателей плотности: плотность при влажности в момент испытания (отношение массы образца к его объему), плотность абсолютно сухой древесины (отношение массы образца в абсолютно сухом состоянии к его объему), парциальная плотность (отношение массы образца в абсолютно сухом состоянии к его объему при влажности меньше предела насыщения клеточных стенок), базисная плотность (отношение массы образца в абсолютно сухом состоянии к его объему при влажности, равной или больше предела насыщения клеточных стенок).

Сущность метода заключается в определении при соответствующей влажности древесины массы и объема образца и вычислении показателей плотности.

Стандарт соответствует СТ СЭВ 388-76 и МС ИСО 3131-75 в части определения показателей плотности на образцах, кондиционированных по влажности.

Метод не распространяется на авиационную древесину.

1. ОТБОР ОБРАЗЦОВ

1.1. Образцы изготовляют в форме прямоугольной призмы с основанием 20×20 мм и длиной вдоль волокон 30 мм. Если годичные слои имеют ширину более 4 мм, размеры поперечного сечения должны быть увеличены так, чтобы образец включал не менее 5 слоев.

1.2. Количество, изготовление и влажность образцов – по ГОСТ 16483.0.

Допускается проводить испытания на образцах, не подвергавшихся кондиционированию и имеющих влажность меньше предела насыщения клеточных стенок и отличающуюся от нормализованной.

Минимальное количество образцов может быть принято равным 16.

2. АППАРАТУРА

2.1. Штангенциркуль по ГОСТ 166, с погрешностью измерения не более 0,1 мм.

2.2. Аппаратура для определения влажности – по ГОСТ 16483.7.

3. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

3.1. Определение плотности при влажности в момент испытания

Массу образцов определяют с погрешностью не более 0,01 г. Для пересчета плотности при влажности в момент испытания к плотности при влажности 12% массу образцов определяют в бюксах с погрешностью не более 0,001 г. Размеры поперечного сечения и длину измеряют с погрешностью не более 0,1 мм по осям симметрии образцов. Допускается определять объем образцов другим способом с погрешностью не более 0,01 $см^3$.

Влажность образцов определяют по ГОСТ 16483.7. Пробой на влажность является весь образец.

3.2. Определение плотности в абсолютно сухом состоянии и парциальной плотности

При определении парциальной плотности влажность образцов должна быть меньше предела насыщения клеточных стенок. Массу и размеры образцов определяют по п. 3.1. Образцы высушивают до постоянной массы по ГОСТ 16483.7 и охлаждают в эксикаторе. Повторно определяют массу и размеры образцов по п. 3.1.

3.3. Определение базисной плотности

Влажность образцов должна быть больше предела насыщения клеточных стенок. Допускается вымачивать образцы в воде при комнатной температуре до прекращения изменения размеров. После измерения размеров образцов по п. 3.1 образцы высушивают согласно п. 3.2 и взвешивают по п. 3.1.

4. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

4.1. Плотность (ρ_W) каждого образца при влажности W в момент испытания вычисляют в килограммах на кубический метр или в граммах на кубический сантиметр по формуле:

$$\rho_W = \frac{m_W}{a_W \cdot b_W \cdot l_W} = \frac{m_W}{V_W},$$

где m_W – масса образца при влажности W, кг (г);

a_W, b_W, l_W – размеры образца при влажности W, м (см);

V_W – объем образца при влажности W, м^3 (см^3).

Результат вычисляют и округляют до 5 кг/м^3 (0,005 г/см^3).

4.1.1. Плотность каждого образца с нормализованной влажностью при необходимости пересчитывают на влажность 12% по формуле:

$$\rho_{12} = \rho_W \cdot \left[1 - \frac{(1-K)\cdot(W-12)}{100}\right],$$

где K – коэффициент объемного разбухания.

Влажность W, %	Коэффициент K для пород		Влажность W, %	Коэффициент K для пород	
	Белая акация, береза, бук, граб и лиственница	остальных		Белая акация, береза, бук, граб и лиственница	остальных
5	0,980	0,972	18	1,013	1,020
6	0,983	0,977	19	1,014	1,023
7	0,986	0,981	20	1,016	1,026
8	0,989	0,985	21	1,018	1,029
9	0,992	0,989	22	1,019	1,031
10	0,995	0,993	23	1,020	1,034
11	0,997	0,996	24	1,021	1,036
12	1,000	1,000	25	1,022	1,039
13	1,002	1,004	26	1,023	1,041
14	1,005	1,007	27	1,024	1,043
15	1,007	1,010	28	1,025	1,046
16	1,009	1,014	29	1,025	1,048
17	1,011	1,017	30	1,026	1,050

Для ориентировочных расчетов коэффициент K может быть принят равным $0{,}85\cdot10^{-3}\rho_W$ при измерении плотности в килограммах на кубический метр и $0{,}85\rho_W$ при измерении в граммах на кубический сантиметр.

4.1.2. Плотность каждого образца с влажностью, отличающейся от нормализованной, пересчитывают на влажность 12% по формуле:

$$\rho_{12} = \frac{\rho_W}{K_{12}^W},$$

где $K_{12}{}^W$ – коэффициент пересчета при влажности образцов, равной или меньше предела насыщения клеточных стенок, определяемый по таблице.

Коэффициент пересчета ($K_{12}{}^W$) при влажности образцов больше предела насыщения клеточных стенок вычисляют по формулам:

- для древесины белой акации, бука, граба и лиственницы

$$K_{12}^W = \frac{100+W}{127};$$

- для остальных пород

$$K_{12}^W = \frac{100+W}{124},$$

где W – влажность образца в момент испытания, %.

Результат вычисляют и округляют до 5 кг/м^3 (0,005 г/см^3).

4.2. Плотность (ρ_0) каждого образца в абсолютно сухом состоянии вычисляют в килограммах на кубический метр или в граммах на кубический сантиметр по формуле:

$$\rho_0 = \frac{m_0}{a_0 \cdot b_0 \cdot l_0} = \frac{m_0}{V_0},$$

где m_0 – масса образца в абсолютно сухом состоянии, кг (г);

a_0, b_0, l_0 – размеры образца в абсолютно сухом состоянии, м (см);

V_0 – объем образца в абсолютно сухом состоянии, м^3 (см^3).

Результат вычисляют и округляют до 5 кг/м^3 (0,005 г/см^3).

4.3. Парциальную плотность (ρ'_W) каждого образца вычисляют в килограммах на кубический метр или в граммах на кубический сантиметр по формуле:

$$\rho'_W = \frac{m_0}{a'_W \cdot b'_W \cdot l'_W} = \frac{m_0}{V'_W}$$

где m_0 – масса образца в абсолютно сухом состоянии, кг (г);

a'_W, b'_W, l'_W – размеры образца при влажности меньше предела насыщения клеточных стенок, м (см).

Результат вычисляют и округляют до 5 кг/м^3 (0,005 г/см^3).

4.4. Базисную плотность ($\rho_б$) каждого образца вычисляют в килограммах на кубический метр или в граммах на кубический сантиметр по формуле:

$$\rho_б = \frac{m_0}{a_{\max} \cdot b_{\max} \cdot l_{\max}} = \frac{m_0}{V_{\max}},$$

где m_0 – масса образца в абсолютно сухом состоянии, кг (г);

a_{max}, b_{max}, l_{max} – размеры образца при влажности, равной и больше предела насыщения клеточных стенок, м (см);

V_{max} – объем образца при влажности, равной и больше предела насыщения клеточных стенок, м^3 (см^3).

Результат вычисляют и округляют до 5 кг/м^3 (0,005 г/см^3).

4.5. Среднюю плотность испытанных образцов вычисляют и округляют до 10 кг/м^3 (0,01 г/см^3) как среднее арифметическое значение плотности отдельных образцов.

4.6. Результаты испытаний и расчетов заносят в протокол, форма которого приведена в рекомендуемом приложении.

4.7. Статистическую обработку результатов испытаний выполняют по ГОСТ 16483.0-78.

ПРИЛОЖЕНИЕ
Рекомендуемое

ПРОТОКОЛ
определения плотности древесины

Порода_____ Температура воздуха t,°С_____

Статистические показатели по ГОСТ 16483.0 Относительная влажность воздуха φ, %

Маркировка образцов	Размер образцов, мм									Масса образцов, т		Влажность, W, %	Коэффициент объемного разбухания K	Коэффициент пересчета K_{12}^{W}	Плотность, кг/м^3					Примечание
	при влажности в момент испытания			в абсолютно сухом состоянии			при влажности, равной или больше предела насыщения клеточных стенок								при влажности					
	толщина a_W (a'_W)	ширина b_W (b'_W)	длина l_W (l'_W)	толщина a_0	ширина b_0	длина l_0	толщина a_{max}	ширина b_{max}	длина l_{max}	при влажности в момент испытания m_W	в абсолютно сухом состоянии m_0				в момент испытания ρ_W	12%, ρ_{12}	парциальная ρ'_W	базисная $\rho_б$	абсолютно сухой древесины ρ_0	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. РАЗРАБОТАН Министерством лесной, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности СССР, Министерством высшего и среднего специального образования СССР

РАЗРАБОТЧИКИ

А.М. Боровиков, Г.А. Чибисова, А.М. Рванина, Б.Н. Уголев

2. ВНЕСЕН Министерством лесной, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности СССР

3. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 13.04.84 №1277

4. ВЗАМЕН ГОСТ 16483.-73

5. ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта
ГОСТ 166-89	2.1
ГОСТ 16483.0-89	1.2, 4.7, приложение
ГОСТ 16483.7-71	2.2, 3.1, 3.2

6. Ограничение срока действия снято по протоколу №5-94 Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации (ИУС 11-12-94)

ПЕРЕИЗДАНИЕ Июнь 1999 г.

Библиографический список

1. ГОСТ 16483.18-72. Метод определения числа годичных слоев в 1 см и содержания поздней древесины в годичном слое. – М.: Издательство стандартов, 1999. – 4 с.
2. ГОСТ 16483.7-74. Древесина. Методы определения влажности. – М.: Стандартинформ, 2006. – 4 с.
3. ГОСТ 16483.32-77. Древесина. Метод определения предела гигроскопичности. – М.: Издательство стандартов, 1999. – 6 с.
4. ГОСТ 16483.37-88. Древесина. Метод определения усушки. – М.: Издательство стандартов, 1999. – 7 с.
5. ГОСТ 16483.35-88. Древесина. Метод определения разбухания. – М.: Издательство стандартов, 1999. – 7 с.
6. ГОСТ 16483.19-72. Древесина. Метод определения влагопоглощения. – М.: Издательство стандартов, 1999. – 4 с.
7. ГОСТ 16483.20-72. Древесина. Метод определения водопоглощения. – М.: Издательство стандартов, 1999. – 4 с.
8. ГОСТ 16483.1-84. Древесина. Метод определения плотности. – М.: Издательство стандартов, 1999. – 7 с.
9. 16483.15-72. Древесина. Метод определения водопроницаемости. – М.: Стандартинформ, 2005. – 4 с.
10. ГОСТ 16483.34-77. Древесина. Метод определения газопроницаемости. – М.: Издательство стандартов, 1999. – 7 с.
11. Солдатенков В.И., Бурмистрова О.Н. Физические и механические свойства древесины. – Ухта: УИИ, 1997. – 17 с.
12. Уголев Б.Н. Древесиноведение и лесное товароведение. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 272 с.
13. Энциклопедия лесного хозяйства: в 2-х томах. – Т. 1. – М.: ВНИИЛМ, 2006. – 424 с.
14. Энциклопедия лесного хозяйства: в 2-х томах. – Т. 2. – М.: ВНИИЛМ, 2006. – 416 с.