

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра строительных материалов

## **ИСПЫТАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ**

*Методические указания  
к выполнению лабораторных работ  
для студентов направления 08.03.01  
«Строительство» всех форм обучения*

Воронеж 2021

УДК 666.97 (07)  
ББК 38.3я7

**Составитель А. И. Макеев**

**Испытания древесины:** методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления 08.03.01 «Строительство» всех форм обучения/ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: А. И. Макеев. – Воронеж, 2021. – 29 с.

Содержат краткие теоретические сведения о достоинствах и недостатках древесины как строительного материала. Приводится методика испытаний древесины для определения параметров ее структуры и наиболее важных эксплуатационно-технических характеристик.

Предназначены для студентов, обучающихся по направлению 08.03.01 «Строительство» всех форм обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ\_ЛРИД. pdf.

Ил. 8. Табл. 9. Библиогр.: 13.

**УДК 666.97 (07)**  
**ББК 38.3я7**

**Рецензент** – Е. Г. Рубцова, канд. техн. наук, доц. кафедры  
металлических и деревянных конструкций ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета  
Воронежского государственного технического университета*

## ВВЕДЕНИЕ

Методические указания разработаны в соответствии с рабочей программой дисциплины «Строительные материалы» подготовки бакалавров по направлению 08.03.01 «Строительство», предназначены для проведения лабораторных работ по курсу «Строительные материалы» и направлены на получение учащимися сведений об основных эксплуатационно-технических характеристиках древесины и овладение навыками ее испытаний.

Лабораторные работы являются активной формой обучения, способствуют развитию навыков творческой и самостоятельной работы студентов, позволяют закрепить теоретические знания по курсу. Выполнению лабораторной работы должна предшествовать самостоятельная подготовка студента на основе изучения лекционного материала и рекомендуемой литературы.

К лабораторным работам допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности и ответившие на контрольные вопросы преподавателя.

**Цель работы** – изучить основные эксплуатационно-технические свойства древесины, ознакомиться с методикой их оценки, провести испытания пород древесины по этим показателям с сопоставлением полученных данных со справочными значениями.

**Приборы, инструменты, материалы:** микроскоп инструментальный по ГОСТ 8074 или лупа измерительная по ГОСТ 25706; металлическая линейка по ГОСТ 427 с погрешностью измерений не более 0,5 мм; весы аналитические с погрешностью взвешивания не более 0,001 г; сушильный шкаф, обеспечивающий высушивание древесины при температуре  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ ; бюксы с притертыми крышками; эксикаторы с безводным хлористым кальцием или серной кислотой концентрацией не ниже 94 %; психрометр; скоба индикаторная по ГОСТ 11098 с индикатором часового типа или микрометр типа МК по ГОСТ 6507; штангенциркуль с погрешностью измерения не более 0,1 мм; приспособления для проведения испытаний на сжатие, изгиб и скалывание; испытательный пресс с усилием 5...10 тс.

Отчет по выполненной работе должен содержать основные теоретические сведения, описание приборов и оборудования, расчетные формулы, результаты испытаний древесины в виде таблиц, выводы.

## 1. Содержание поздней древесины в годичном слое

### *Краткие теоретические сведения*

Годичные слои представляют собой ежегодный прирост древесины. Они состоят из клеток, образовавшихся за один вегетативный период. На поперечном разрезе древесины слои расположены в виде концентрических колец, на радиальном разрезе они образуют параллельные полосы, идущие в одном направлении, на тангенциальном – извилистые сходящиеся линии (рис. 1). Каждый годичный слой состоит из ранней и поздней древесины. Ранняя древесина образуется весной, поздняя – к концу лета и отличается более темным цветом. Клетки поздней древесины мельче и имеют утолщенные стенки, благодаря чему поздняя древесина более плотная и прочная. Соответственно, чем больше в годичном слое поздней древесины, тем выше механические свойства породы. Поэтому по содержанию поздней древесины без специальных опытов можно приблизительно оценить среднюю плотность  $\rho_m$ , кг/м<sup>3</sup>:

$$\rho_m^{12\%} = 0,012m + 0,276, \quad (1)$$

прочность при сжатии вдоль волокон  $R_{сж}$ , МПа:

$$R_{сж}^{12\%} = 1,39m + 20,7 \quad (2)$$

и прочность при статическом изгибе  $R_{изг}$ , МПа, породы<sup>1</sup> при стандартной влажности:

$$R_{изг}^{12\%} = 1,4m + 56, \quad (3)$$

где  $m$  - содержание поздней древесины, %.

Нормативами установлено, что содержание поздней части в древесине, предназначенной для изготовления несущих строительных конструкций, должно быть не менее 20 %.

---

<sup>1</sup> Формулы (1–3) справедливы для хвойных пород древесины

## Методика испытаний

На торцевом срезе (рис. 1) образца в форме прямоугольной призмы основанием 20×20 мм и длиной вдоль волокон от 10 до 20 мм по радиальному направлению (перпендикулярно годичным слоям) проводят линию длиной примерно 20 мм и отмечают на ней границы крайних целых годичных слоев (рис. 2). Измеряют расстояние  $l$  между отметками с погрешностью не более 0,5 мм. В каждом годичном слое между отметками с помощью инструментального микроскопа или измерительной лупы измеряют ширину поздней зоны  $\delta_i$  с погрешностью не более 0,1 мм.



Рис. 1. Разрезы ствола

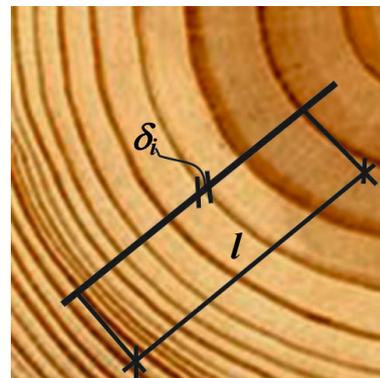


Рис. 2. Схема определения содержания поздней древесины

Содержание поздней древесины  $m$  с точностью до 1 % вычисляют по формуле:

$$m = \frac{\sum \delta_i}{l} \cdot 100, \quad (4)$$

где  $\sum \delta_i$  – общая ширина поздней древесины, мм.

Результаты измерений и расчетов заносят в табл. 1

Таблица 1

Результаты определения содержания поздней древесины

Номер образца	$\sum \delta_i$ , мм	$l$ , мм	$m$ , %	$\rho_m^{12\%}$ , кг/м <sup>3</sup>	$R_{сж}^{12\%}$ , МПа	$R_{изг}^{12\%}$ , МПа

## ***Анализ результатов испытаний***

Рассчитанные по экспериментальным значениям содержания поздней древесины физико-механические свойства породы сопоставляют со справочными данными (прил. 1) и делают вывод об их совпадении/несовпадении. Дают заключение о пригодности испытываемой древесины для изготовления несущих строительных конструкций.

## **2. Эксплуатационная влажность**

### ***Краткие теоретические сведения***

Влажность древесины – это содержание в ней влаги в процентах по отношению к массе абсолютно сухой древесины. Влажность древесины существенно влияет на ее физические и механические свойства. Увеличение содержания влаги приводит к разбуханию древесины, увеличению ее плотности и снижению прочности. В ряде случаев от влажности зависит пригодность древесины для тех или иных строительных целей.

В зависимости от влажности различают древесину:

- сплавную (более 100 %);
- свежесрубленную (50...100 %);
- воздушно-сухую (15...20 %);
- комнатно-сухую (8...12 %);
- абсолютно-сухую (около 0 %).

### ***Методика испытаний***

Образцы древесины в форме призм сечением 20×20 мм и длиной вдоль волокон 30 мм помещают в бюксы и взвешивают с точностью до 0,001 г. Бюксы со снятыми крышками помещают в сушильный шкаф с температурой  $103 \pm 2$  °С. Высушивание проверяют повторным взвешиванием бюкс через каждые 2 ч. Высушивание считается законченным, когда разность между двумя последними взвешиваниями будет не более 0,001 г. По окончании высушивания бюксы с образцами закрывают крышками и охлаждают до комнатной температуры в эксикаторе с хлоридом натрия или серной кислотой, после чего взвешивают.

Влажность древесины  $W$  в процентах вычисляют с округлением до 0,1 % по формуле

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_0} \cdot 100, \quad (5)$$

где  $m_0$  – масса бюксы (с крышкой), г;  $m_1$  – масса бюксы с образцом до высушивания, г;  $m_2$  – масса бюксы с образцом после высушивания, г.

Результаты испытаний и расчетов заносят в табл. 2.

Таблица 2

Результаты определения влажности древесины

Но- мер бюк- сы	Масса, г					Влаж- ность древеси- ны, %
	пустой бюксы	с образ- цом до высуши- вания	с образцом после вы- сушивания	испарив- шейся во- ды	абсолютно сухой дре- весины	

### *Анализ результатов испытаний*

По полученным результатам делается вывод о фактической влажности древесины на момент испытаний и её влажностном состоянии.

## **3. Равновесная влажность**

### *Краткие теоретические сведения*

Древесина как капиллярно-пористое тело находится в процессе постоянного влагообмена с окружающей средой. Влагопоглощение или влагоотдача сопровождаются изменением влажности древесины и, соответственно, ее свойств и размеров. Равновесной называют такую влажность древесины, при которой не происходит её влагообмена с эксплуатационной средой при определённом температурно-влажностном состоянии последней. Например, за нормальные комнатные условия принимают температуру воздуха  $20 \pm 2$  °С и его относительную влажность  $65 \pm 5$  %; этим условиям соответствует равновесная влажность  $W_{равн} = 12$  % (именно поэтому 12 % условились

принимать в качестве стандартной влажности). Однако часто сочетания температуры и относительной влажности воздуха в конкретном помещении отличаются от нормальных, и этой среде соответствует свое значение равновесной влажности. Доведение древесины до состояния равновесной влажности перед началом её эксплуатации необходимо для предотвращения усушки, коробления и растрескивания деревянных изделий.

Любая древесина, достаточно долго хранящаяся при неизменных температуре и относительной влажности воздуха, приходит в состояние равновесной влажности (известно, что изделия толщиной до 20 мм приобретают равновесную влажность через 2...3 сут.). Из этого следует, что определив равновесную влажность в данном помещении, можно спрогнозировать фактическую влажность древесины, не прибегая к испытаниям по п. 2, при условии, что древесина находится в этих условиях достаточно длительное время.

### **Методика испытаний**

Определяют температуру и влажность воздуха с помощью психрометра, состоящего из двух стеклянных термометров (спиртовых или ртутных), резервуар одного из которых (влажного) обернут хлопчатобумажной тканью, опущенной в воду (рис. 3).

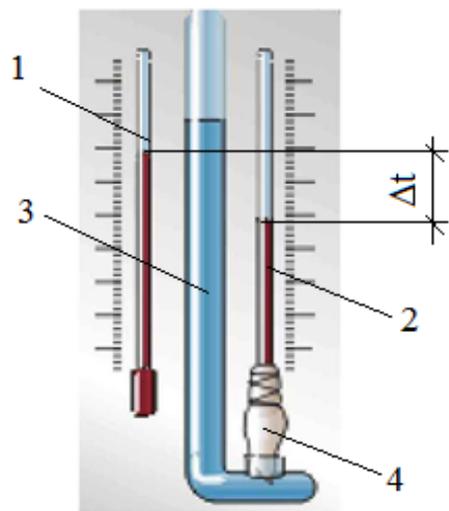


Рис. 3. Схема психрометра:  
1 – «сухой» термометр;  
2 – «влажный» термометр;  
3 – резервуар с водой;  
4 – ткань

По показаниям сухого  $t_{\text{сух}}$  и влажного  $t_{\text{вл}}$  термометра рассчитывают психрометрическую разность  $\Delta t = t_{\text{сух}} - t_{\text{вл}}$ , °С, и по психрометрической таблице (прил. 2) находят относительную влажность воздуха  $\varphi$ , %. По значениям  $\varphi$  и  $t_{\text{сух}}$  по прил. 3 устанавливают равновесную влажность древесины  $W_{\text{равн}}$ , %.

### **Анализ результатов испытаний**

Сопоставляя полученные значения равновесной влажности в помещении с фактической влажностью испытываемой древесины, можно спрогнозировать, какие процессы будут происходить с ней в дан-

ном помещении, и предложить меры по предупреждению негативных изменений.

#### 4. Средняя плотность

##### *Краткие теоретические сведения*

Плотность древесины (отношение её массы в естественном состоянии к объёму) оказывает существенное влияние на все свойства, особенно прочностные. Чем выше плотность древесины, тем она прочнее. Древесина является капиллярно-пористым телом, в котором поры занимают до 80 % объёма, поэтому её средняя плотность невелика и составляет 300 – 750 кг/см<sup>3</sup>. Величина плотности зависит от породы древесины, условий роста и влажности – при увеличении влажности плотность растёт. Поэтому фактическое значение плотности надо приводить к стандартной влажности.

##### *Методика испытаний*

Среднюю плотность древесины определяют на образцах в форме прямоугольной призмы с основанием 20×20 мм и длиной вдоль волокон 30 мм. Образцы взвешивают с погрешностью не более 0,01 г и измеряют штангенциркулем по осям симметрии с погрешностью не более 0,1 мм.

Среднюю плотность каждого образца при влажности  $W$  в момент испытаний  $\rho_m^W$ , кг/м<sup>3</sup> (г/см<sup>3</sup>) вычисляют по формуле

$$\rho_m^W = \frac{m_W}{a_W \cdot b_W \cdot l_W}, \quad (6)$$

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

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

Результаты вычислений округляют до 5 кг/м<sup>3</sup> (0,005 г/см<sup>3</sup>).

На стандартную влажность 12 % среднюю плотность пересчитывают по формуле

$$\rho_m^{12\%} = \frac{\rho_m^W}{K_W^{12}}, \quad (7)$$

где  $K_W^{12}$  – коэффициент пересчета (прил. 4).

Результаты испытаний и расчетов заносят в табл. 3.

Таблица 3

Результаты определения средней плотности древесины

№ обр.	$m_W$ , г	Размеры, см			$W$ , %	$K_W^{12}$	Плотность, г/см <sup>3</sup> (кг/м <sup>3</sup> )		
		$a_W$	$b_W$	$l_W$			$\rho_m^W$		$\rho_m^{12\%}$
							текущая	средняя	

**Анализ результатов испытаний**

Полученные значения средней плотности древесины сравнивают со справочными данными (прил. 1).

**5. Определение плотности в полевых условиях**

**Краткие теоретические сведения**

В случае, когда весовое оборудование недоступно (в полевых условиях), среднюю плотность древесины можно определить с помощью закона Архимеда, гласящего, что всякое тело, погруженное в жидкость, испытывает давление снизу вверх, равное весу жидкости в объеме данного тела, и, следовательно, теряет в своем весе столько, сколько весит жидкость в объеме данного тела.

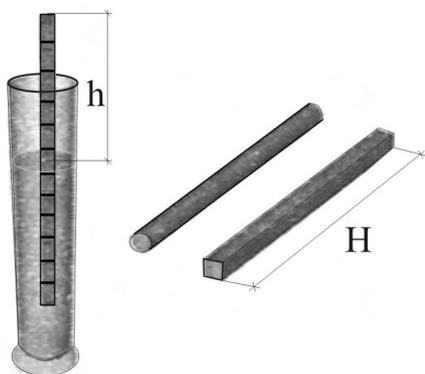


Рис. 4. Схема определения средней плотности древесины в полевых условиях

**Методика испытаний**

Плотность определяют на образце произвольных размеров в форме продолговатого стержня постоянного квадратного или круглого поперечного сечения. Измеряют длину образца и опускают его вертикально в сосуд с водой (рис. 4). Выступающую над водой часть образца измеряют и рассчитывают среднюю плотность древеси-

ны в состоянии естественной влажности  $\rho_m^W$ , кг/м<sup>3</sup> (г/см<sup>3</sup>) по формуле

$$\rho_m^W = \frac{(H-h) \cdot \rho_B}{H}, \quad (8)$$

где  $H$  – длина образца, см;

$h$  – длина надводной части образца, см;

$\rho_B$  – плотность воды (1 г/см<sup>3</sup>).

Результаты испытаний заносят в табл. 4.

Таблица 4

Результаты определения средней плотности древесины в полевых условиях

Номер опыта	Длина образца, см	Высота выступающей над водой части, см	Средняя плотность, г/см <sup>3</sup> (кг/м <sup>3</sup> )	
			текущее	среднее

### *Анализ результатов испытаний*

Полученные значения средней плотности сравнивают с данными табл. 3.

## **6. Полная усушка**

### *Краткие теоретические сведения*

Усушкой древесины называется уменьшение ее линейных размеров и объема при высыхании под действием сил капиллярного стяжения при испарении влаги из клеточных оболочек. Поэтому при распиловке бревен на доски предусматривают припуски на усушку с тем, чтобы после высыхания пиломатериалы и заготовки имели заданные размеры. Кроме этого, из-за волокнистого строения древесины её усушка в разных направлениях оказывается разной: в тангенциальном направлении усушка составляет 6...12 %, в радиальном – 3...6 %, в продольном - 0,1...0,3 %. Такая неравномерность является причиной растрескивания и коробления пиломатериалов и деревянных изделий. Чтобы избежать усушки в период эксплуатации в помещениях, влажность изделий и конструкций из древесины нужно доводить до равновесной для этих помещений.

## Методика испытаний

Для определения усушки древесины изготавливают образцы в форме прямоугольной призмы с основанием 20×20 мм и высотой вдоль волокон от 10 до 30 мм, выпиливая их так, чтобы на торцевой поверхности годовичные слои располагались параллельно одной паре противоположных граней и перпендикулярны другой (рис. 5).

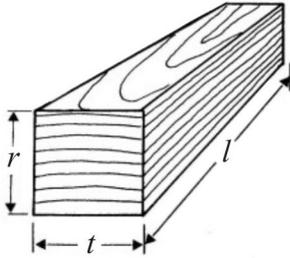


Рис. 5. Образец для определения усушки древесины [12]

Образцы погружают в сосуд с дистиллированной водой температурой  $20\pm 5$  °С и выдерживают до прекращения изменения размеров, измеряя образцы в радиальном, тангенциальном направлении и вдоль волокон через каждые трое суток. Вымачивание прекращают, когда разница между двумя последовательными измерениями будет не более 0,02 мм.

Затем образцы высушивают в сушильном шкафу до постоянных размеров при температуре  $103\pm 2$  °С, измеряя через каждые 2 ч. После этого образцы охлаждают до комнатной температуры в эксикаторе с гигроскопическим веществом (с относительной влажностью воздуха около 0 %).

Полную (максимальную) линейную усушку в процентах вычисляют по формулам:

для радиального направления

$$y_r^{max} = \frac{r_{max} - r_{min}}{r_{max}} \cdot 100; \quad (9)$$

для тангенциального направления

$$y_t^{max} = \frac{t_{max} - t_{min}}{t_{max}} \cdot 100; \quad (10)$$

для направления вдоль волокон

$$y_l^{max} = \frac{l_{max} - l_{min}}{l_{max}} \cdot 100, \quad (11)$$

где  $r_{max}$ ,  $t_{max}$  и  $l_{max}$  – радиальный, тангенциальный и продольный размеры образцов в водонасыщенном состоянии, мм;

$r_{min}$ ,  $t_{min}$  и  $l_{min}$  – радиальный, тангенциальный и продольный размеры образцов в абсолютно сухом состоянии, мм.

Полную объемную усушку  $Y_v^{max}$ , %, вычисляют по формуле

$$y_v^{max} = \frac{r_{max} \cdot t_{max} \cdot l_{max} - r_{min} \cdot t_{min} \cdot l_{min}}{r_{max} \cdot t_{max} \cdot l_{max}} \cdot 100. \quad (12)$$

Результаты округляют с точностью до первого десятичного знака и заносят в табл. 5.

Таблица 5

Результаты определения полной усушки древесины

Номер образца	Размеры образца, мм						Полная усушка, %			
	в водонасыщенном состоянии			в абсолютно сухом состоянии			$Y_r^{max}$	$Y_t^{max}$	$Y_l^{max}$	$Y_v^{max}$
	$r_{max}$	$t_{max}$	$l_{max}$	$r_{min}$	$t_{min}$	$l_{min}$				

### *Анализ результатов испытаний*

По данным табл. 5 сравнивают между собой показатели усушки в разных направлениях, а также сопоставляют их со справочными значениями из прил. 5.

## **7. Максимальное разбухание**

### *Краткие теоретические сведения*

При увлажнении сухой древесины происходят деформации, противоположные усушке – разбухание. Молекулы воды, проникая в стенки древесных клеток, вызывают их утолщение и, как следствие, увеличение древесины в размерах. Так же, как и усушка, из-за волокнистого строения древесины её разбухание в разных направлениях оказывается разным, что является причиной коробления пиломатериалов и деревянных изделий. Одновременно ослабляются силы взаимодействия между клетками, что приводит к уменьшению прочности материала. Тем не менее, разбухание, как правило, менее опасно, чем усушка, а в ряде случаев играет положительную роль,

обеспечивая плотность соединений досок в судах, лодках, деревянных трубах и бочках.

### Методика испытаний

Максимальное разбухание древесины определяют на таких же образцах, что и усушку (рис. 5). Предварительно образцы высушивают в сушильном шкафу до постоянных размеров при температуре  $103 \pm 2$  °С, измеряя через каждые 2 ч таким же образом, что и при определении усушки (см. п. 6). Высушенные образцы погружают в сосуд с дистиллированной водой температурой  $20 \pm 5$  °С и выдерживают до прекращения изменения размеров, измеряя образцы через каждые трое суток. Вымачивание прекращают, когда разница между двумя последовательными измерениями будет не более 0,02 мм.

Максимальное линейное разбухание в процентах вычисляют по формулам:

для радиального направления

$$P_r^{max} = \frac{r_{max} - r_{min}}{r_{min}} \cdot 100; \quad (13)$$

для тангенциального направления

$$P_t^{max} = \frac{t_{max} - t_{min}}{t_{min}} \cdot 100; \quad (14)$$

для направления вдоль волокон

$$P_l^{max} = \frac{l_{max} - l_{min}}{l_{min}} \cdot 100, \quad (15)$$

где  $r_{max}$ ,  $t_{max}$  и  $l_{max}$  – радиальный, тангенциальный и продольный размеры образцов в водонасыщенном состоянии, мм;

$r_{min}$ ,  $t_{min}$  и  $l_{min}$  – радиальный, тангенциальный и продольный размеры образцов в абсолютно сухом состоянии, мм.

Результат округляют с точностью до первого десятичного знака.

Максимальное объемное разбухание  $P_v^{max}$ , %, вычисляют по формуле

$$P_v^{max} = \frac{r_{max} \cdot t_{max} \cdot l_{max} - r_{min} \cdot t_{min} \cdot l_{min}}{r_{min} \cdot t_{min} \cdot l_{min}} \cdot 100. \quad (16)$$

Результаты испытаний и вычислений заносят в табл. 6.

Таблица 6

Результаты определения максимального разбухания древесины

Номер образца	Размеры образца, мм						Максимальное разбухание, %			
	в водонасыщенном состоянии			в абсолютно сухом состоянии			$P_r^{max}$	$P_t^{max}$	$P_l^{max}$	$P_v^{max}$
	$r_{max}$	$t_{max}$	$l_{max}$	$r_{min}$	$t_{min}$	$l_{min}$				

### *Анализ результатов испытаний*

По данным табл. 6 сравнивают между собой показатели разбухания испытываемой древесины в разных направлениях.

## **8. Прочность при сжатии вдоль волокон**

### *Краткие теоретические сведения*

Из-за волокнистого строения древесины её прочность зависит от направления действия механических сил по отношению к расположению волокон. Как следствие этого явления, называемого анизотропией, прочность древесины при сжатии вдоль волокон в 3...6 раз больше, чем прочность при сжатии поперек волокон и составляет в зависимости от породы дерева, содержания поздней древесины, пористости и влажности примерно 40...60 МПа.

### *Методика испытаний*

Предел прочности при сжатии вдоль волокон определяют на образцах в форме прямоугольной призмы основанием 20×20 мм и длиной вдоль волокон 30 мм. Размеры сечения образцов измеряют штангенциркулем на середине длины с погрешностью не более 0,1 мм. Образец помещают в приспособление для испытания на сжатие (рис. 6). Приспособление устанавливают на опорную плиту пресса и нагружают до разрушения образца. По шкале пресса устанавливают

разрушающую нагрузку. После испытаний определяют влажность образцов по п. 2.

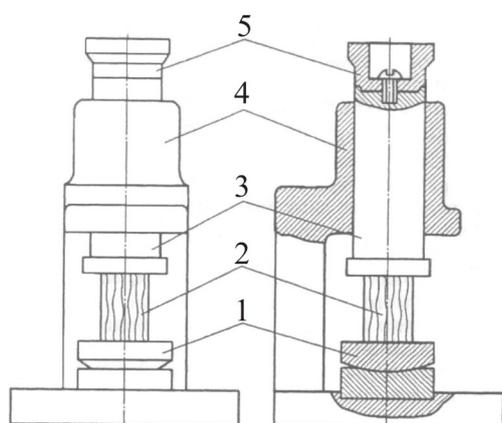


Рис. 6. Схема приспособления для испытаний образцов древесины на прочность при сжатии вдоль волокон [10]:

1- шаровая опора; 2 – образец;  
3 – пуансон; 4 – корпус; 5 – колпачок

Предел прочности древесины при сжатии вдоль волокон в состоянии естественной влажности  $R_{сж}^W$ , МПа, вычисляют по формуле

$$R_{сж}^W = \frac{P_p}{a \cdot b} \quad (17)$$

где  $P_p$  – разрушающая нагрузка, Н (кгс);

$a$  и  $b$  – размеры поперечного сечения образца, м (см).

Полученные значения пересчитывают на стандартную влажность 12 %  $R_{сж}^{12\%}$ , МПа, по формуле

$$R_{сж}^{12\%} = R_{сж}^W [1 + \alpha(W - 12)], \quad (18)$$

где  $\alpha$  - поправочный коэффициент, равный 0,04;

$W$  – влажность образца в момент испытаний, %.

Результаты вычислений округляют до 0,5 МПа и заносят в табл. 7.

Таблица 7

Результаты определения прочности древесины при сжатии вдоль волокон

Номер образца	Размеры сечения $a \times b$ , см	Разрушающая нагрузка $P_p$ , кгс	Влажность древесины $W$ , %	Предел прочности при сжатии, МПа		
				$R_{сж}^W$		$R_{сж}^{12\%}$
				текущее	среднее	

**Анализ результатов испытаний**

Результаты испытаний сравнивают со справочными данными из прил. 1.

## 9. Прочность при статическом изгибе

### *Краткие теоретические сведения*

Следствием волокнистого строения и анизотропии древесины является то, что её прочность при изгибе вдоль волокон примерно в 1,8 раза превышает прочность при сжатии вдоль волокон и составляет около 60...120 МПа. Это намного выше, чем прочность при изгибе каменных материалов. Поэтому древесину эффективнее всего использовать для изгибаемых конструкций (балок, ферм, настилов).

### *Методика испытаний*

Предел прочности древесины при статическом изгибе определяют на образцах в форме прямоугольной призмы с поперечным сечением 20×20 мм и длиной вдоль волокон 300 мм. Размеры сечения образцов измеряют штангенциркулем на середине длины с погрешностью не более 0,1 мм. Образец помещают на нижнюю плиту гидравлического пресса так, чтобы изгибающее усилие было направлено по касательной к годичным слоям (тангенциальный изгиб) и с помощью специальных приспособлений нагружают до разрушения по схеме, представленной на рис. 7. По шкале пресса устанавливают разрушающую нагрузку с погрешностью не более 1 %.

Предел прочности древесины при статическом изгибе в состоянии естественной влажности  $R_{изг}^W$ , МПа, вычисляют по формуле:

$$R_{изг}^W = \frac{3}{2} \cdot \frac{P_p \cdot l}{b \cdot h^2}, \quad (19)$$

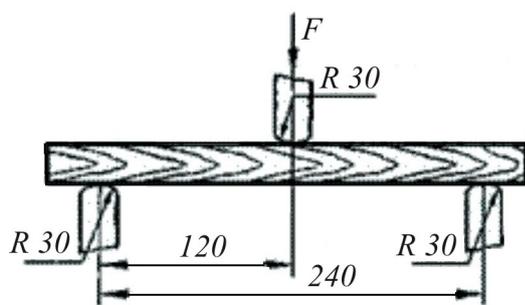


Рис. 7. Схема испытания образцов древесины на прочность при статическом изгибе [7]

где  $P_p$  – разрушающая нагрузка, Н (кгс);

$l$  – расстояние между центрами опор, мм (см);

$h$  – высота образца, мм (см);

$b$  – ширина образца, мм (см).

Полученные значения приводят к прочности при стандартной влажности  $R_{изг}^{12\%}$ , МПа, по формуле

$$R_{ИЗГ}^{12\%} = R_{ИЗГ}^W [1 + \alpha(W - 12)], \quad (20)$$

где  $\alpha$  - поправочный коэффициент, равный 0,04;

$W$  – влажность образца в момент испытаний, %.

Результаты испытаний и вычислений округляют до 1 МПа и заносят в табл. 8.

Таблица 8

Результаты определения прочности древесины  
при статическом изгибе

Номер образца	Размеры сечения $b \times h$ , см	Разрушающая нагрузка $P_p$ , кгс	Влажность древесины $W$ , %	Предел прочности при изгибе, МПа		
				$R_{изг}^W$		$R_{изг}^{12\%}$
				текущее	среднее	

***Анализ результатов испытаний***

Результаты испытаний сравнивают со справочными данными из прил. 1.

**10. Прочность при скалывании вдоль волокон**

***Краткие теоретические сведения***

Особенностью древесины является то, что у нее очень низкая сопротивляемость скалыванию. Именно по этой причине не удастся реализовать высокую прочность древесины на растяжение, поскольку разрушение растянутых элементов будет происходить не от их разрыва, а от скалывания и смятия в местах крепления. Поэтому древесину используют в основном в изгибаемых и сжимаемых конструкциях (балках, стойках, настилах) и реже – в растягиваемых элементах (затяжках стропильных ферм).

***Методика испытаний***

Форма и размеры образца для испытания на скалывание вдоль волокон представлены на рис. 8, а. Штангенциркулем измеряют тол-

щину образца и длину скалывания, образец помещают в приспособление (рис. 8, б), установленное на нижней плите пресса. Сжимающую нагрузку на образец передают через нажимную призму с шаровой опорой до разрушения образца. По шкале пресса устанавливают разрушающую нагрузку с погрешностью не более 10 %.

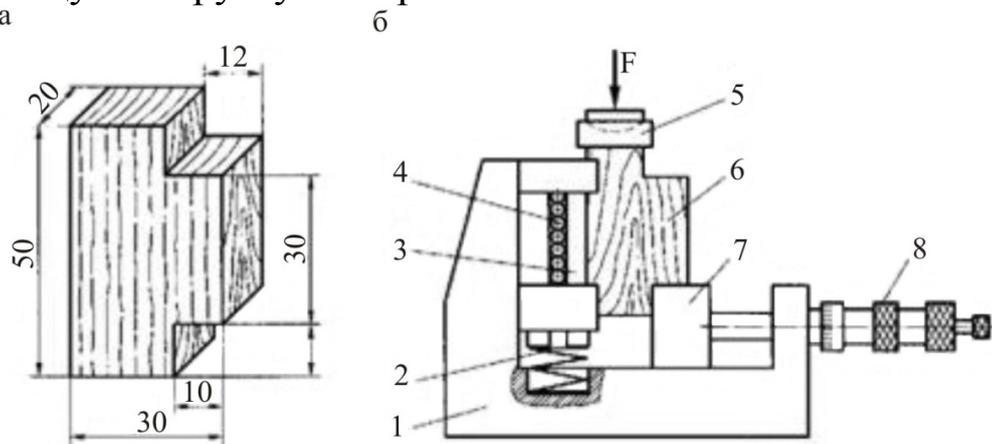


Рис. 8. Схема образца (а) и приспособления (б) для испытания древесины на прочность при скалывании вдоль волокон [8]:

1 – корпус; 2 – пружина; 3 – подвижная планка; 4 – ролики;  
5 – нажимная призма с шаровой опорой

Предел прочности древесины при скалывании вдоль волокон в состоянии естественной влажности  $R_{ск}^W$ , МПа, вычисляют по формуле:

$$R_{ск}^W = \frac{P_p}{b \cdot l} \quad (21)$$

где  $P_p$  – разрушающая нагрузка, Н (кгс);

$b$  – ширина образца, мм (см);

$l$  – длина скалывания, мм (см);

Полученные значения приводят к прочности при стандартной влажности  $R_{ск}^{12\%}$ , МПа, по формуле

$$R_{ск}^{12\%} = R_{ск}^W [1 + \alpha(W - 12)], \quad (22)$$

где  $\alpha$  – поправочный коэффициент, равный 0,03;

$W$  – влажность образца в момент испытаний, %.

Результаты испытаний и вычислений округляют до 1 МПа и заносят в табл. 9.

Таблица 9

**Результаты определения прочности древесины  
при скалывании вдоль волокон**

Но- мер об- раз- ца	Размеры плоскости скалывания $b \times l$ , см	Разрушаю- щая нагрузка $P_p$ , кгс	Влаж- ность древеси- ны $W$ , %	Предел прочности при скалывании, МПа		
				$R_{СК}^W$		$R_{СК}^{12\%}$
				текущее	среднее	

***Анализ результатов испытаний***

Результаты испытаний сравнивают со справочными данными из прил. 1.

## *Аттестационные вопросы*

1. Назовите положительные и отрицательные свойства древесины как строительного материала.
2. Какие древесные породы наиболее часто применяются в строительстве и почему?
3. С какой целью определяется содержание поздней древесины? Опишите методику определения содержания поздней древесины.
4. Как влияет влажность на свойства древесины? Опишите методику определения влажности древесины.
5. Что такое равновесная влажность древесины? Как и для чего ее определяют?
6. Опишите методику оценки плотности древесины в лабораторных и полевых условиях.
7. Как пересчитывается плотность древесины при любой влажности на стандартную влажность?
8. Что такое усушка древесины и как она определяется?
9. Что такое разбухание древесины и как оно определяется?
10. Как влияет направление нагрузки на механические свойства древесины и почему?
11. Как определяют предел прочности древесины при сжатии вдоль волокон?
12. Как определяют предел прочности древесины при статическом изгибе?
13. Как определяют предел прочности древесины при скалывании вдоль волокон?
14. В каких строительных конструкциях и деталях наиболее целесообразно использовать древесину?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Микульский, В. Г. Строительные материалы (материаловедение и технология) [Текст] : учеб. пособие / В. Г. Микульский, Г. И. Горчаков, В. В. Козлов, В. Н. Куприянов, Л. П. Орендлихер, Р. З. Рахимов, Г. П. Сахаров, В. М. Хрулев. – М.: ИАСВ, 2002. – 536 с.
2. Попов, К. Н. Оценка качества строительных материалов [Текст] : учеб. пособие / К. Н. Попов, М. Б. Каддо, О. В. Кульков; Под общ. ред. К. Н. Попова. – М.: Высш. шк., 2004. – 287 с.
3. Попов, Л. Н. Лабораторные работы по дисциплине «Строительные материалы и изделия» [Текст] : учеб. пособие / Л. Н. Попов, Н. Л. Попов. – М.: ИНФРА-М, 2003. – 219 с.
4. Черкасов, С. В. Материаловедение [Текст] : лаб. практикум / С. В. Черкасов, Л. Н. Адоньева; Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. - Воронеж, 2009. – 88 с.
5. ГОСТ 16483.0-89 Древесина. Общие требования к физико-механическим испытаниям.
6. ГОСТ 16483.1-84 Древесина. Метод определения плотности.
7. ГОСТ 16483.3-84 Древесина. Метод определения предела прочности при статическом изгибе.
8. ГОСТ 16483.5-73 Древесина. Метод определения предела прочности при скалывании вдоль волокон.
9. ГОСТ 16483.7-71 Древесина. Методы определения влажности.
10. ГОСТ 16483.10-73 Древесина. Методы определения предела прочности при сжатии вдоль волокон.
11. ГОСТ 16483.35-88 Древесина. Метод определения разбухания.
12. ГОСТ 16483.37-88 Древесина. Метод определения усушки.
13. ГОСТ 23431-79 Древесина. Строение и физико-механические свойства. Термины и определения.

**Осреднённые физико-механические свойства древесины**

Порода	$\rho_m^{12\%}$ , кг/м <sup>3</sup>	$R_{сж}^{12\%}$ , МПа*	$R_{изг}^{12\%}$ , МПа*	$R_{ск}^{12\%}$ , МПа**
<b>хвойных пород</b>				
Сосна европейская	500	49	86	7,5
Кедр сибирский (сосна кедровая)	435	42	74	6,6
Лиственница сибирская	660	65	112	9,9
Ель обыкновенная (европейская)	445	45	80	6,9
Пихта сибирская	375	39	69	6,4
<b>лиственных пород</b>				
Дуб	690	58	108	10,2
Ясень обыкновенный	680	59	123	13,9
Бук	670	56	109	11,6
Береза	650	55	110	9,3
Осина	495	43	78	6,3
Липа	495	46	88	8,6

Примечания:

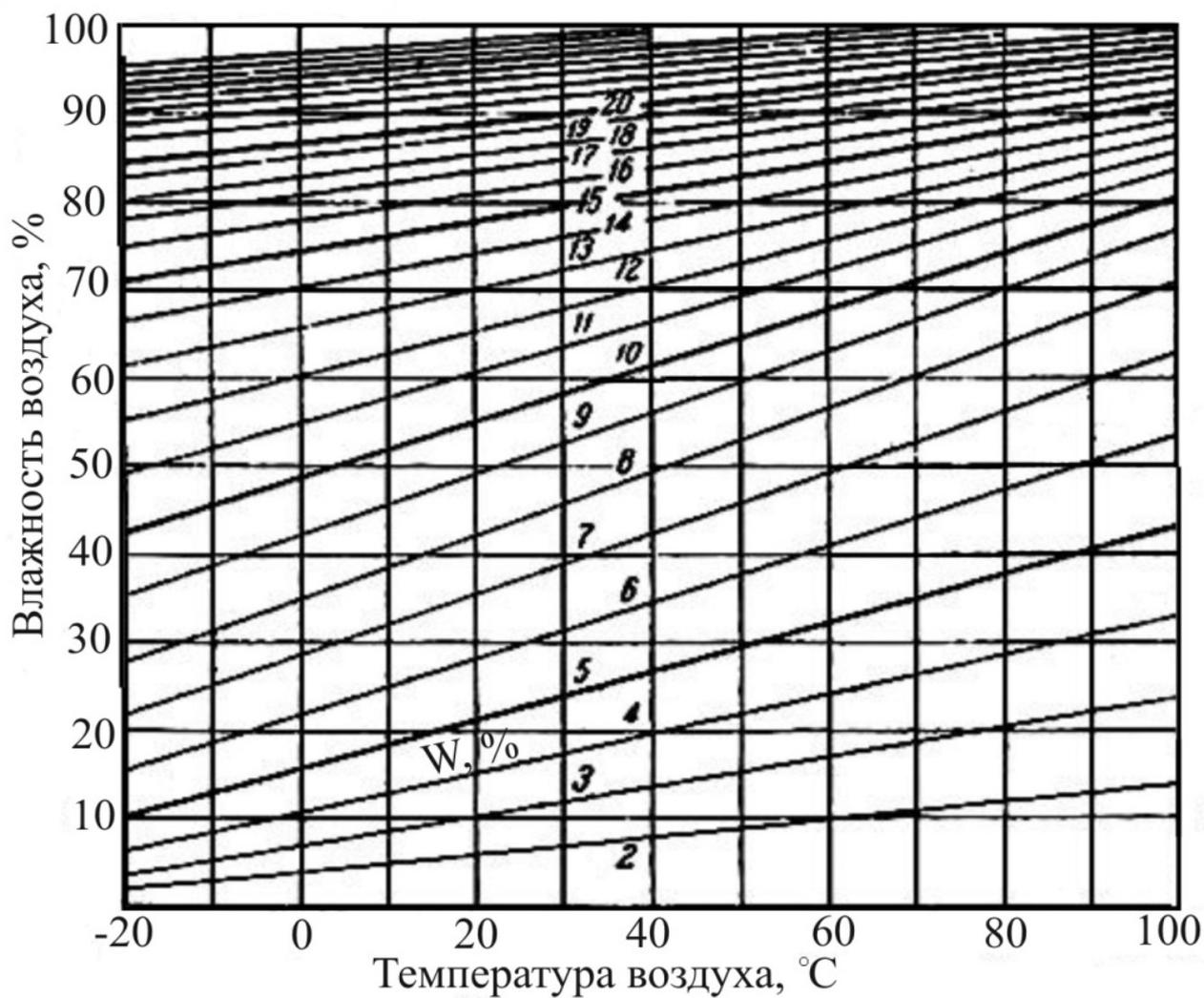
\* - при приложении нагрузки вдоль волокон;

\*\* - вдоль волокон в радиальном направлении

**Психрометрическая таблица для определения относительной влажности воздуха в помещении**

Показания сухого термометра $t_{\text{сух}}, ^\circ\text{C}$	Относительная влажность $\varphi$ , %, при разности показаний сухого и влажного термометров $\Delta t$ , $^\circ\text{C}$										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	-
13	100	89	79	69	59	49	40	31	23	14	6
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17	9
15	100	90	80	71	61	52	44	36	27	20	12
16	100	90	81	71	62	54	46	37	30	22	15
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24	17
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29	22
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32	26
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36	30
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38	33

Номограмма Н. Н. Чулицкого для определения равновесной влажности древесины



**Коэффициент пересчета плотности древесины  
на стандартную влажность\***

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

\* Прим.: в верхней ячейке - для пород белая акация, береза, бук, граб и лиственница, в нижней – для остальных пород.

**Полная усушка древесины разных пород**

Вид древесины	Усушка, %, в направлении		
	продольном	тангенциальном	радиальном
Афзелия	0,2	4...4,5	2...3
Бальсовое дерево	0,6	3...5	2...3
Береза	0,6	3...5	2...3
Бук белый	0,5	10...12	6...7
Бук лесной	0,3	8...12	6...9
Вишня	0,3	7...8	4...5
Вяз	0,3	8	4,5
Груша	0,4	7...9	4...5
Дуб	0,4	8...10	4...5
Ель	0,3	6...8	3...4
Клен	0,5	5...8	3...4
Лимб	0,2	4,5...7,5	3...6
Лиственница	0,3	7...8	3...5
Орех	0,5	8...12	5...6
Пихта	0,1	7...9	3...4
Сосна (обычная)	0,4	6...8	3...4
Сосна смолистая	0,2	7...7,5	4...5
Тик	0,4	4,5...6	2...3
Ясень	0,2	7...8	4...5

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1. Содержание поздней древесины в годичном слое.....	4
2. Эксплуатационная влажность .....	6
3. Равновесная влажность .....	7
4. Средняя плотность.....	9
5. Определение плотности в полевых условиях.....	10
6. Полная усушка.....	11
7. Максимальное разбухание.....	13
8. Прочность при сжатии вдоль волокон.....	15
9. Прочность при статическом изгибе.....	17
10. Прочность при скалывании вдоль волокон.....	18
Аттестационные вопросы.....	21
Библиографический список рекомендуемой литературы.....	22
Приложение 1. Осредненные физико-механические свойства древесины .....	23
Приложение 2. Психрометрическая таблица для определения относительной влажности воздуха в помещении .....	24
Приложение 3. Номограмма Н. Н. Чулицкого для определения равновесной влажности древесины.....	25
Приложение 4. Коэффициент пересчета плотности древесины на стандартную влажность.....	26
Приложение 5. Полная усушка древесины разных пород.....	27

# ИСПЫТАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Методические указания  
к выполнению лабораторных работ  
для студентов направления 08.03.01  
«Строительство» всех форм обучения

**Составитель**  
**Макеев Алексей Иванович**

Подписано к изданию 14.05.2021.  
Уч.- изд. л. 1,8. Усл. печ. л. 1,6.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический  
университет»  
394026 Воронеж, Московский просп., 14