

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«РОСТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Утверждено на заседании кафедры
«Строительные материалы»
14 октября 2011 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к лабораторной работе:
***«ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ, СРЕДНЕЙ ПЛОТНОСТИ,
УСУШКИ И ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ»***

Ростов-на-Дону
2012

УДК 691

Методические указания к лабораторной работе «Определение влажности, средней плотности, усушки и прочности древесины». – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2012. – 16 с.

Регламентируют содержание лабораторной работы по учебной дисциплине «Строительные материалы» и правила оформления ее результатов. Содержат методики определения физико-механических свойств древесины: ее влажности, средней плотности, усушки, предела прочности при сжатии и при статическом изгибе, а также расчетные формулы для пересчета средней плотности и прочности на стандартную влажность.

Предназначены для студентов очной и заочной форм обучения по направлениям «Строительство», «Реконструкция и реставрация архитектурного наследия», «Технология художественной обработки материалов», «Стандартизация и сертификация», «Товароведение», «Землеустройство и кадастры», а также по специальности «Строительство уникальных зданий и сооружений».

УДК 691

Составители: канд. техн. наук, доц.
А.В. Каклюгин
канд. техн. наук, доц.
И.В. Трищенко

Редактор Н.Е. Гладких
Темплан 2012 г., поз. 115

Подписано в печать Формат 60×84 / 16. Бумага писчая.
Ризограф. Уч.-изд. л. 1,0
Тираж 100 экз. Заказ

Редакционно-издательский центр
Ростовского государственного строительного университета
344022, Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162

© Ростовский государственный
строительный университет, 2012

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ, СРЕДНЕЙ ПЛОТНОСТИ, УСУШКИ И ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ

1 Общие сведения

Под *древесиной* понимают лишенные коры *стволы*, *ветви* и *корни* хвойных и лиственных деревьев и кустарников, состоящие из ткани волокон, образованных природным высокомолекулярным веществом – *целлюлозой* $(C_2H_{10}O_5)_n$.

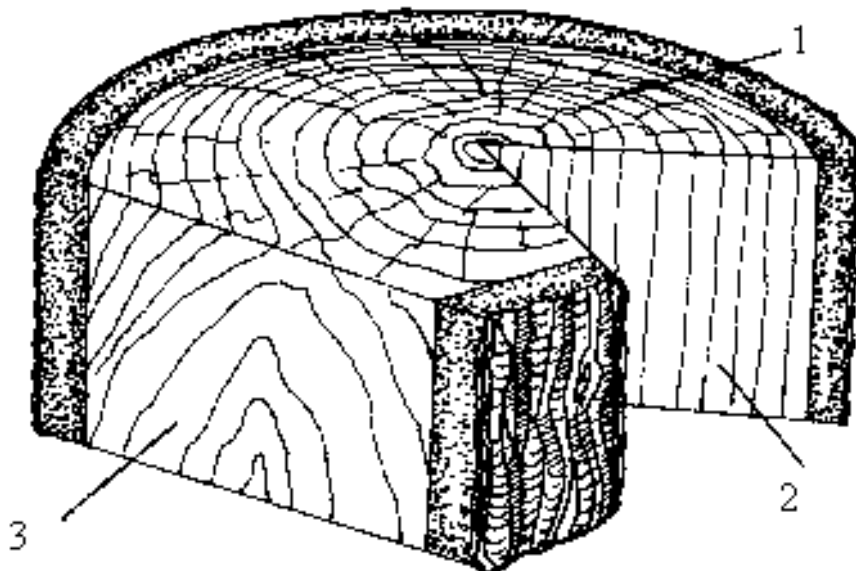
Инженерные строительные конструкции и сооружения выполняют в основном из древесины хвойных пород (сосна, ель, лиственница). Эти породы обладают высокой механической прочностью и стойкостью против загнивания.

Твердые лиственные породы (дуб, бук, граб) в конструкциях применяют только для изготовления мелких соединительных деталей. Березовая древесина идет на изготовление клееной фанеры и слоистых пластиков.

Мягкие лиственные породы (осина, ольха, тополь) используют для изготовления малоответственных элементов временных зданий и сооружений.

Свойства древесины изучают в трех направлениях на соответствующих разрезах ствола (рисунок 1):

- *поперечном* (торцевом);
- *радиальном*, проходящем через ось ствола;
- *тангентальном*, проходящем по хорде вдоль ствола, но не через сердцевину.



1 – поперечный (торцевой); 2 – радиальный; 3 – тангентальный

Рисунок 1 – Основные разрезы ствола

Влажность древесины оказывает существенное влияние на ее физико-механические свойства. Древесина содержит *свободную* (в полостях клеток и межклеточном пространстве) и *связанную* (в клеточных стенках между волокнами целлюлозы) влагу. Наличие связанной влаги в древесине обусловлено ее гигроскопичностью (способностью поглощать водяные пары из окружающего воздуха). Полости же клеток и межклеточное пространство могут заполняться водой только при непосредственном с ней контакте. Состояние древесины, при котором в ней содержится максимальное количество связанной влаги, а свободная влага отсутствует, называют *пределом гигроскопичности (точкой насыщения волокон)*. Предел гигроскопичности при температуре 20 °С у большинства древесных пород составляет примерно 30 %. Повышение влажности древесины от 0 до 30 % вызывает ее *набухание*, т.е. увеличение линейных размеров и объема, а уменьшение влажности в этом интервале обуславливает обратный процесс, называемый *усушкой*.

Вследствие разницы значений усушки древесины относительно годовичных слоев (поперек 3 - 5 %, параллельно 6 - 10 %) происходит поперечное коробление пиломатериалов и заготовок. В процессе сушки древесины из-за неравномерного удаления влаги возникают внутренние напряжения, приводящие к растрескиванию изделий и появлению наружных и внутренних трещин радиального направления.

2 Определение влажности

Влажность древесины определяют по методике ГОСТ 16483.7 [1] по потере массы образцов древесины при высушивании до постоянной массы. Ее вычисляют как отношение содержащейся в ней влаги к массе сухой древесины и выражают в процентах.

При выполнении настоящей лабораторной работы для определения влажности древесины используют девять образцов, имеющих форму прямоугольных призм с основанием размерами 20×20 мм и длиной вдоль волокон 30 мм. Образцы разделяют на три серии, по три штуки в каждой. Каждую серию выдерживают перед испытаниями в течение 48 ч в различных условиях:

- 1 – в помещении учебной лаборатории с постоянной температурой и влажностью (равновесная влажность);
- 2 – в емкости с водой;
- 3 – в эксикаторе с притертой крышкой, полка для хранения образцов установлена над водой.

Аппаратура:

- весы аналитические с погрешностью взвешивания не более 0,001 г;
- набор бюкс с притертыми крышками;
- сушильный шкаф;
- эксикатор с гигроскопическим веществом (хлористым кальцием).

Проведение испытаний

Пустые бюксы взвешивают (m_1). В них помещают подготовленные образцы и определяют массу бюкса с образцами (m_2). Затем образцы высушивают до постоянной массы (m_3). С этой целью бюксы с образцами со снятыми крышками помещают в сушильный шкаф, предварительно нагретый до температуры $(103 \pm 2) ^\circ\text{C}$. Первое взвешивание выполняют не ранее чем через 6 ч после начала высушивания. Повторные взвешивания выполняют через 2 ч. При этом бюксы закрывают крышкой, извлекают из сушильного шкафа, охлаждают в эксикаторе и взвешивают. Считают, что образцы высушены **до постоянной массы**, если разница между двумя последними результатами взвешивания будет не более 0,001 г.

Влажность древесины в отдельных образцах W , %, рассчитывают с точностью до 0,1 % по формуле

$$W = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где m_1 – масса пустой бюксы, г;

m_2 – масса бюксы с образцом до высушивания, г;

m_3 – то же, после высушивания, г.

Результаты взвешиваний и вычислений заносят в таблицу 1.

3 Определение средней плотности

Среднюю плотность древесины ρ , кг/м^3 , определяют по методике ГОСТ 16483.1 [2] и рассчитывают с точностью до 5 кг/м^3 по формуле

$$\rho = \frac{m}{V} \cdot 1000, \quad (2)$$

где m – масса образца, г;

V – объем образца, см^3 .

Среднюю плотность древесины определяют:

– при ее фактической влажности – ρ_w ;

– в абсолютно сухом состоянии (после высушивания до постоянной массы) – ρ_0 ;

– при стандартной влажности, равной 12 % – ρ_{12} .

Аппаратура:

– весы аналитические с погрешностью взвешивания не более 0,001г;

– микрометр или штангенциркуль;

Таблица 1 – Результаты определения влажности и средней плотности образцов древесины

[illegible]

- эксикатор с хлористым кальцием;
- сушильный шкаф.

Проведение испытаний

При выполнении настоящей лабораторной работы определение средней плотности древесины производят параллельно с оценкой ее влажности W с использованием тех же образцов.

На торцах и боковых поверхностях образцов карандашом наносят диагонали. Микрометром или штангенциркулем в точках пересечения диагоналей производят замеры длины (l), ширины (b) и толщины (a) и вычисляют объем влажного образца (V_w). Образцы укладывают в предварительно взвешенные бюксы и высушивают в сушильном шкафу до постоянной массы. Определяют массу образцов в абсолютно сухом состоянии. Производят замеры размеров высушенных образцов в тех же, что и ранее, точках (соответственно l_0 , b_0 и a_0) и вычисляют объем абсолютно сухого образца (V_0). По полученным результатам испытаний по формуле (2) рассчитывают среднюю плотность влажной (ρ_w) и абсолютно сухой (ρ_0) древесины.

Результаты взвешиваний, измерений, вычислений заносят в таблицу 1.

Среднюю плотность древесины при стандартной влажности ρ_{12} , кг/м³, устанавливают для каждого образца по формуле

$$\rho_{12} = \frac{\rho_w}{K_{12}^w}, \quad (3)$$

где K_{12}^w – коэффициент пересчета.

Значения коэффициента K_{12}^w при влажности образцов ниже предела гигроскопичности принимают по таблице 2 в зависимости от породы древесины.

Коэффициент пересчета K_{12}^w при влажности образцов больше предела гигроскопичности вычисляют по формулам

- для древесины белой акации, бука, граба и лиственницы

$$K_{12}^w = \frac{100 + W}{127}, \quad (4)$$

- для остальных древесных пород

$$K_{12}^w = \frac{100 + W}{124}. \quad (5)$$

Таблица 2 – Значения коэффициента пересчета K_{12}^w

Влажность W , %	Коэффициент K_{12}^w для пород		Влажность W , %	Коэффициент K_{12}^w для пород	
	белая акация, береза, бук, граб и лиственница	остальных		белая акация, береза, бук, граб и лиственница	остальных
5	0,580	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

Экспериментально установленные показатели влажности и средней плотности отдельных образцов древесины используют для расчета средних значений этих показателей.

Среднее значение влажности древесины \bar{W} вычисляют как среднее арифметическое значение влажности отдельных образцов в серии.

Средние значения средней плотности древесины вычисляют как средние арифметические значения плотности отдельных образцов в серии:

- при фактической влажности древесины – $\bar{\rho}_w$;
- в абсолютно сухом состоянии – $\bar{\rho}_o$;
- при стандартной влажности – $\bar{\rho}_{12}$.

Средние значения средней плотности округляют до 10 кг/м³ (0,01 г/см³).

Полученные результаты приводят в таблице 3.

Таблица 3 – Средняя плотность древесины

Номер серии образцов	Среднее значение влажности \bar{W} , %	Среднее значение плотности, кг/м ³		
		$\bar{\rho}_w$	$\bar{\rho}_o$	$\bar{\rho}_{12}$
1				
2				
3				

4 Определение объемной усушки

Усушка – уменьшение размеров древесины при удалении из нее связанной воды.

Показатели линейной и объемной усушки определяют по методике ГОСТ 16483.37 [3] испытанием образцов в форме прямоугольных призм с основанием размерами 20×20 мм и длиной вдоль волокон 30 мм, имеющих влажность выше предела гигроскопичности.

При выполнении настоящей лабораторной работы определение линейной и объемной усушки древесины производят параллельно с оценкой ее средней плотности с использованием тех же образцов.

Аппаратура:

- микрометр, обеспечивающий определение размеров образца с погрешностью не более 0,01 мм;
- сушильный шкаф;
- эксикатор с хлористым кальцием.

Проведение испытаний

Микрометром посередине радиальной и тангентальной поверхности измеряют размеры поперечного сечения каждого контрольного образца в радиальном $L_{r\max}$ и тангентальном $L_{t\max}$ направлении, а также $L_{a\max}$ в направлении вдоль волокон.

Измеренные образцы высушивают до постоянных размеров при температуре $(103 \pm 2) ^\circ\text{C}$, не допуская образования трещин. Изменение размеров контрольных размеров проверяют повторными измерениями. Первое повторное измерение выполняют не ранее чем через 6 ч от начала высушивания, последующие - не менее чем через каждые 2 ч. Сушку прекращают, когда разница между двумя последовательными измерениями будет не более 0,02 мм.

Образцы, растрескавшиеся в процессе испытаний, в дальнейшем не используют.

Образцы охлаждают до температуры окружающей среды в эксикаторах с гигроскопическим веществом.

Измеряют размеры каждого высушенного образца в радиальном $L_{r\min}$ и тангентальном $L_{t\min}$ направлениях, а также $L_{a\min}$ в направлении вдоль волокон.

Максимальную усушку вдоль волокон $\beta_{\max}, \%$, вычисляют с округлением до первого десятичного знака по формулам

- для радиального направления

$$\beta_{r\max} = \frac{L_{r\max} - L_{r\min}}{L_{r\max}} 100, \quad (6)$$

– для тангентального направления

$$\beta_{t \max} = \frac{L_{t \max} - L_{t \min}}{L_{t \max}} 100, \quad (7)$$

– для направления вдоль волокон

$$\beta_{a \max} = \frac{L_{a \max} - L_{a \min}}{L_{a \max}} 100, \quad (8)$$

– по объему

$$\beta_{V \max} = \frac{L_{r \max} L_{t \max} L_{a \max} - L_{r \min} L_{t \min} L_{a \min}}{L_{r \max} L_{t \max} L_{a \max}} 100. \quad (9)$$

Коэффициент усушки K_{β} , %, на 1 % влажности вычисляют с округлением до второго десятичного знака по формулам

– для радиального направления

$$K_{\beta r} = \frac{\beta_{r \max}}{W_n}, \quad (10)$$

– для тангентального направления

$$K_{\beta t} = \frac{\beta_{t \max}}{W_n}, \quad (11)$$

– для направления вдоль волокон

$$K_{\beta a} = \frac{\beta_{a \max}}{W_n}, \quad (12)$$

– по объему

$$K_{\beta V} = \frac{\beta_{V \max}}{W_n}, \quad (13)$$

где W_n - предел гигроскопичности древесины, принимаемый равным 30 %.

Результаты измерений и расчетов заносят в таблицу 4.

Таблица 4 – Результаты определения показателей линейной и объемной усушки

[illegible]

Таблица 5 – Результаты механических испытаний образцов древесины

[illegible]

5 Определение предела прочности древесины при сжатии вдоль волокон

Предел прочности древесины при сжатии вдоль волокон определяют по методике ГОСТ 16483.10 [4] испытанием образцов в форме прямоугольных призм с основанием размерами 20×20 мм и длиной вдоль волокон 30 мм.

Испытания проводят на образцах, имеющих различную влажность. Результаты испытаний приводят к стандартной 12 %-ой влажности.

Аппаратура:

- гидравлический пресс;
- приспособление для испытаний на сжатие;
- штангенциркуль или микрометр.

Проведение испытаний

Штангенциркулем или микрометром измеряют размеры поперечного сечения образцов (a и b), мм, на середине их высоты с погрешностью не более 0,1 мм. Образец помещают в приспособление со съемной шаровой опорой таким образом, чтобы усилие было направлено вдоль волокон древесины. Устанавливают его между плитами гидравлического пресса и равномерно нагружают до момента разрушения. Максимальную нагрузку (P) фиксируют.

Деформированный образец после испытания помещают в предварительно взвешенную бюксу, взвешивают вместе с бюксой и высушивают в сушильном шкафу до абсолютно сухого состояния. По полученным результатам рассчитывают влажность образца в момент испытания.

Предел прочности влажной древесины при сжатии вдоль волокон R_w , МПа, рассчитывают с погрешностью не более 0,5 МПа по формуле

$$R_w^{сж} = \frac{P}{a \cdot b}, \quad (14)$$

где $R_w^{сж}$ – предел прочности при сжатии вдоль волокон образца с влажностью W в момент испытания, МПа;

P – разрушающая нагрузка, Н;

a и b – размеры поперечного сечения образца, мм.

Результаты проведенных испытаний заносят в таблицу 5.

Предел прочности древесины при сжатии вдоль волокон при стандартной 12 %-ой влажности R_{12} , МПа, рассчитывают с округлением до 0,5 МПа по формулам

$$\text{при } W < 30 \% \quad R_{12} = R_w [1 + \alpha(W - 12)], \quad (15)$$

при $W \geq 30 \%$

$$R_{12} = \frac{R_w}{K_{12}^{30}}, \quad (16)$$

где α – поправочный коэффициент на влажность, равный 0,04 для всех древесных пород;

K_{12}^{30} – коэффициент пересчета, равный 0,400 для березы и лиственницы; 0,445 для граба, груши, ели, ореха, осины, тополя; 0,450 для бука и сосны; 0,475 для клена; 0,550 для акации, дуба, липы и ольхи.

6 Определение прочности древесины при статическом изгибе

Предел прочности древесины при статическом изгибе определяют по методике ГОСТ 16483.3 [5] испытанием образцов в форме прямоугольных призм с поперечным сечением 20×20 мм и длиной вдоль волокон 300 мм.

Минимальное количество образцов, подлежащих испытанию – 36. При выполнении настоящей работе допускается проведение испытаний на меньшем количестве образцов.

Аппаратура:

- пресс гидравлический;
- приспособление для испытаний на изгиб;
- штангенциркуль или микрометр;
- пила-ножовка.

Проведение испытаний

На середине длины образца штангенциркулем или микрометром измеряют ширину (b) в радиальном и высоту (h) в тангентальном направлениях.

Образец располагают на двух опорах приспособления. Расстояние между центрами опор должно быть 240 мм. Образец с приспособлением устанавливают на нижнюю плиту гидравлического пресса так, чтобы изгибающее усилие было направлено по касательной к годичным кольцам (тангентальный изгиб). Нагрузку образца осуществляют через опору, установленную в середине пролета (рисунок 2).

Испытание ведут с постоянной скоростью до разрушения образца, в момент которого фиксируют максимальную нагрузку (P), Н.

После испытания определяют фактическую влажность древесины в момент испытания. Для этого от испытанного образца вблизи излома отпиливают его часть длиной примерно 25 мм.

Результаты проведенных испытаний отдельных образцов древесины заносят в таблицу 5.

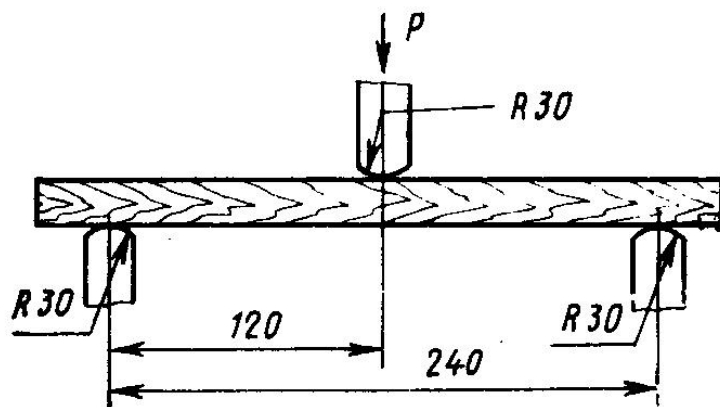


Рисунок 2 – Схема испытания древесины на статический изгиб

Предел прочности при статическом изгибе древесины с фактической влажностью $R_w^{изг}$, МПа, рассчитывают по формуле

$$R_w^{изг} = \frac{3}{2} \frac{P \cdot l}{b \cdot h^2}, \quad (17)$$

где P – разрушающая нагрузка, Н;
 l – расстояние между центрами опор, мм;
 b и h – ширина и высота образца, мм.

Результат округляют до 1 МПа.

Предел прочности при статическом изгибе пересчитывают на 12 %-ую влажность по формулам (15) или (16) в зависимости от фактической влажности древесины в момент испытания. Значения коэффициента K_{12}^{30} принимают равными 0,550 для березы, граба, ели, ореха и лиственницы; 0,580 для бука, груши, осины, тополя; 0,615 для белой акации, дуба, липы и ольхи; 0,650 для клена.

Результаты расчетов заносят в таблицу 5.

Средние значения влажности древесины \bar{W} и пределов прочности при сжатии и статическом изгибе при фактической и стандартной влажности $\bar{R}_w^{сж}$, $\bar{R}_{12}^{сж}$, $\bar{R}_w^{изг}$, $\bar{R}_{12}^{изг}$ вычисляют как средние арифметические значения этих показателей отдельных образцов в серии.

Полученные средние значения влажности, предела прочности при сжатии и статическом изгибе образцов древесины каждой серии приводят в таблице 6. Зависимость прочности древесины от влажности представляют в графическом виде (рисунок 3).

Таблица 6 – Физические и механические свойства древесины

Номер серии образцов	Среднее значение влажности \bar{W} , %	Предел прочности, МПа			
		при сжатии		при статическом изгибе	
		$\bar{R}_w^{сж}$	$\bar{R}_{12}^{сж}$	$\bar{R}_w^{изг}$	$\bar{R}_{12}^{изг}$
1					
2					
3					

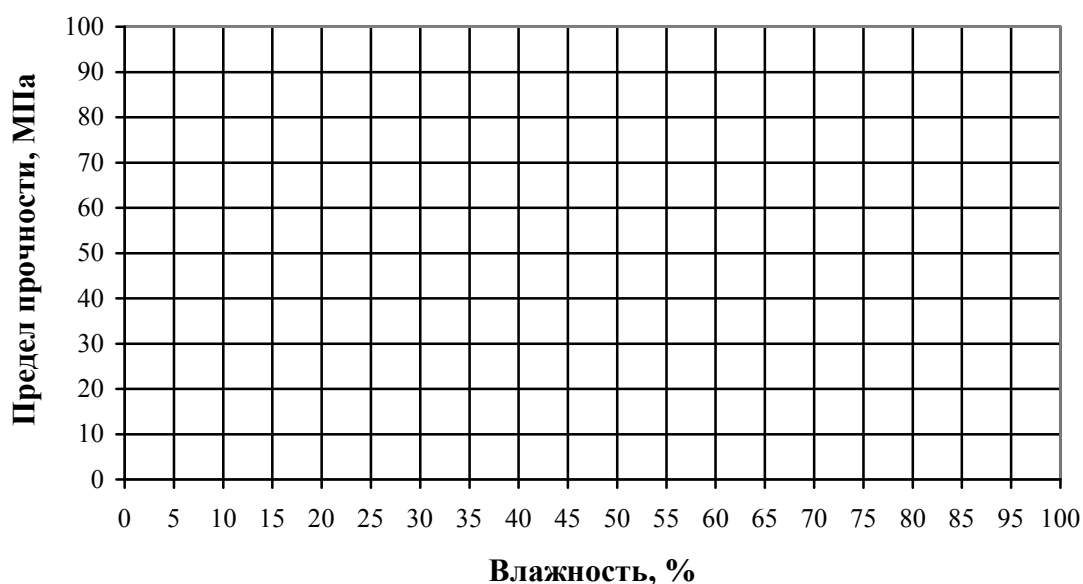


Рисунок 3 – Зависимость предела прочности древесины от ее влажности

Контрольные вопросы

- 1 Как определяют влажность древесины?
- 2 Объясните, что такое свободная и гигроскопическая влага древесины.
- 3 Что такое предел гигроскопичности (точка насыщения волокон)?
- 4 Перечислите основные физические свойства древесины и назовите примерные их числовые значения.
- 5 Перечислите механические свойства древесины и назовите примерные их числовые значения для различных древесных пород.
- 6 Как определить среднюю плотность древесины?
- 7 От чего зависит средняя плотность древесины?

8 Какую влажность для древесины считают стандартной и почему?

9 Опишите методику определения предела прочности древесины при сжатии вдоль волокон.

10 Опишите методику определения предела прочности древесины при статическом изгибе.

11 Прокомментируйте полученные графические зависимости прочности древесины от ее влажности.

12 Объясните закономерность в полученных результатах определения средней плотности древесины.

13 Назовите показатели, которыми характеризуют усушку древесины. Напишите расчетные формулы.

14 Опишите методику определения объемной усушки древесины.

Библиографический список

1 ГОСТ 16483.7-71. Древесина. Метод определения влажности.

2 ГОСТ 16483.1-84. Древесина. Метод определения плотности.

3 ГОСТ 16483.37-88. Древесина. Метод определения усушки.

4 ГОСТ 16483.10-73. Древесина. Метод определения предела прочности при сжатии вдоль волокон.

5 ГОСТ 16483.3-84. Древесина. Метод определения предела прочности при статическом изгибе.

6 ГОСТ 23431-79. Древесина. Строение и физико-механические свойства. Термины и определения.