



И.Т. Глебов
О.В. Кузнецова

ФИЗИКА ДРЕВЕСИНЫ

Екатеринбург
2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра автоматизации и инновационных технологий

И.Т. Глебов
О.В. Кузнецова

ФИЗИКА ДРЕВЕСИНЫ

Методические указания
для выполнения лабораторных работ
обучающимися по направлению 35.03.02 «Технология
лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств»
для всех форм обучения

Екатеринбург
2019

Печатается по рекомендации методической комиссии ИЛБиДС.
Протокол № 1 от 11 ноября 2018 года.

Рецензент – С.С. Тютиков, канд. техн. наук, доцент кафедры ИТОД.

Редактор Е.Л. Михайлова
Оператор компьютерной верстки Е.А. Газеева

Подписано в печать 03.06.19		Поз. 51
Плоская печать	Формат 60×84 1/16	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л. 0.93	Цена руб. коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

ВВЕДЕНИЕ

Для обучающихся второго курса института ИЛБиДС УГЛТУ введена учебная дисциплина «Физика древесины». Она показывает важность использования физических законов при решении профессиональных задач специалистами профилей «Лесоинженерное дело» и «Технология деревообработки». В лабораторных работах, которые носят научно-исследовательский характер, приведены только некоторые примеры, решаемых специалистами задач.

Лабораторные работы должны помочь обучающемуся овладеть следующими компетенциями, закрепленными за учебной дисциплиной:

- способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);
- способностью применять систему фундаментальных знаний (математических, естественнонаучных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технологических проблем лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств (ОПК-2).

Работа № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ПОЗДНЕЙ ДРЕВЕСИНЫ В ГОДИЧНОМ СЛОЕ

Основные теоретические положения

Древесина – материал растительного происхождения и неоднородного строения. Эта неоднородность является результатом роста дерева. Каждый год происходит нарастание новых слоев клеток ранней (весенней) и поздней (летней) древесины, которые образуют годовичные слои.

На поперечном разрезе ствола дерева годовичные слои образуют концентрические окружности (рис. 1). На радиальном разрезе, плоскость которого проходит параллельно продольной оси ствола дерева и совпадает с радиусом, годовичные слои образуют прямые параллельные полосы. На тангенциальном разрезе, плоскость которого проходит параллельно продольной оси ствола на некотором расстоянии от сердцевинной трубки, годовичные слои образуют извилистые и V-образные полосы.

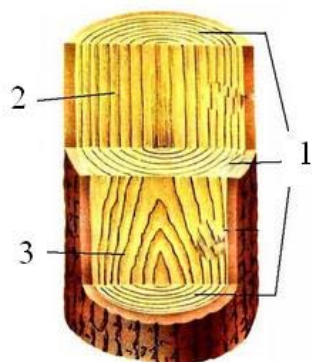


Рис. 1. Годовые слои на разрезах ствола дерева:
1 – поперечный (торцовый);
2 – радиальный; 3 – тангенциальный

Годичный слой состоит из ранней и поздней зон, нарастающих соответственно в начале и конце вегетационного периода. Ранняя зона древесины светлая, мягкая и рыхлая, поздняя зона древесины – более темная, плотная и твердая.

С увеличением ширины годичных слоев хвойных пород древесины плотность и прочность древесины уменьшаются.

Ширина годичных слоев в зависимости от условий роста дерева, изменяется от долей миллиметра до 20...30 мм [1, 2]. Оптимальная ширина годичных слоев древесины хвойных пород, используемых в строительстве, производстве пиломатериалов (досок, брусьев и др.), мебели должна быть не более 3,5...4,0 мм. Такая древесина обладает достаточной прочностью, допустимой для указанных отраслей промышленности.

Таким образом, для выбора древесины необходимой прочности надо знать объем поздней древесины в годичном слое.

Подготовка к испытаниям

Для проведения испытаний необходимы следующие материалы и измерительные инструменты:

- 5...10 заготовок из древесины сосны радиальной распиловки с торцовым разрезом и длиной участка в направлении радиуса не менее 20 мм;
- увеличительная лупа с ценой делений 0,1 мм;
- металлическая миллиметровая линейка.

Методика испытаний

1. Торцы деревянных образцов зачистить шкуркой, чтобы годичные слои были четко видны.

2. На торце карандашом провести линию в направлении радиуса годичных слоев и на участке линии примерно до 20 мм отметить границы годовых слоев (рис. 2). Произвести измерение, мм:

- размеров участка l ;
- ширины поздних слоев годичных колец $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$, где n – количество годичных слоев на измеряемом участке l .

3. Определить количество годичных слоев n_1 , находящихся в 1 см длины исследуемого участка l , вычислить его с точностью до 0,5 по формуле, шт./см:

$$n_1 = \frac{10n}{l}. \quad (1)$$

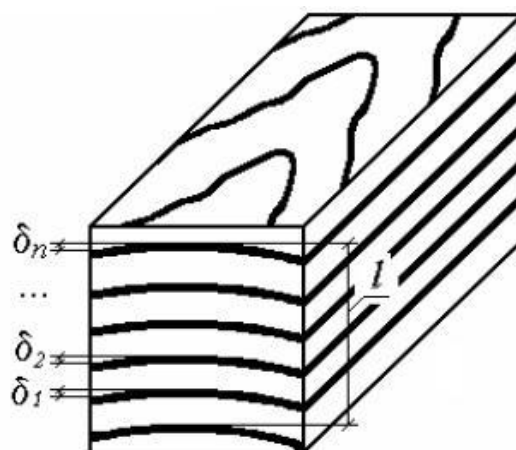


Рис. 2. Схема измерения размеров:
 l – расстояния между крайними годовыми слоями, $l \approx 20$ мм;
 δ – ширины зоны поздней древесины годового слоя

4. Содержание поздней древесины в процентах вычислить с точностью до 1 % по формуле

$$m = \frac{\sum \delta}{l} 100. \quad (2)$$

5. Результаты измерений занести в табл. 1 (пример).

Таблица 1

Результаты измерений

Маркировка образца	Общее число годовых слоев n , шт	Длина исследуемого участка l , мм	Общая ширина поздней древесины $\sum \delta$, мм	Количество годовичных слоев в 1 см исследуемого участка n_1 , шт.	Содержание поздней древесины m , %
1	7	20,0	8,0	3,5	40
2	8	19,5	10,0	4,1	51,2
3	8	19,0	9,0	4,2	47,3
4	9	20,5	11,0	4,4	53,6
5	7	21,5	7,7	3,3	35,8
Среднее значение:				3,9	45,58

Находим среднее значение:

– количества годовичных слоев в 1 см исследуемого участка:

$$n_{1cp} = \frac{3,5 + 4,1 + 4,2 + 4,4 + 3,3}{5} = 3,9 \text{ шт.};$$

– содержания поздней древесины в годовичных слоях, %:

$$m_{cp} = \frac{40 + 51,2 + 47,3 + 53,6 + 35,8}{5} = 45,58 \text{ \%}.$$

6. Определить точность выполненных измерений. Для этого надо найти **среднее квадратическое отклонение** S . ГОСТ 16467-70 допускает применение упрощенной формулы для определения среднего квадратического отклонения:

$$S_j = \frac{R_j}{d_n}, \quad (3)$$

где $R_j = \rho_{j\max} - \rho_{j\min}$ – величина размаха в мгновенной выборке;

$\rho_{j\max}$, $\rho_{j\min}$ – максимальное (для $\overline{n_1} = 4,4$ шт.) и минимальное (для $\overline{n_1} = 3,3$ шт.) значения n_1 в мгновенной выборке, шт.;

d_n – коэффициент, зависимый от объема выборки (табл. 2).

Таблица 2

Значения коэффициента d_n

n	d_n	n	d_n	n	d_n
2	1,128	9	2,970	16	3,532
3	1,693	10	3,078	17	3,558
4	2,059	11	3,173	18	3,640
5	2,326	12	3,258	19	3,689
6	2,534	13	3,336	20	3,735
7	2,704	14	3,407		
8	2,847	15	3,472		

При нормальном законе распределения поле рассеяния значения n_1 в выборке

$$\omega = 6S. \quad (4)$$

В измеренных образцах наблюдается рассеяние значений n_1 относительно среднего значения $\overline{n_1}$. Рассеяние наблюдается в диапазоне

$$\omega = 6S.$$

7. Определение точности результатов для $\overline{n_1}$.

Чем точнее выполнено исследование, тем точнее получено значение $\overline{n_1}$ для данных образцов.

Для наглядности на отрезке АВ (рис. 3) в масштабе отложим среднее значение $\overline{n_1} = 3,9$ мм. Найдем значение S по формуле (3) и от значения $\overline{n_1} = 3,9$ мм в масштабе отложим значения $3S$. Результат исследования можно записать так, мм:

$$n_1 = 3,9 \pm 3S.$$

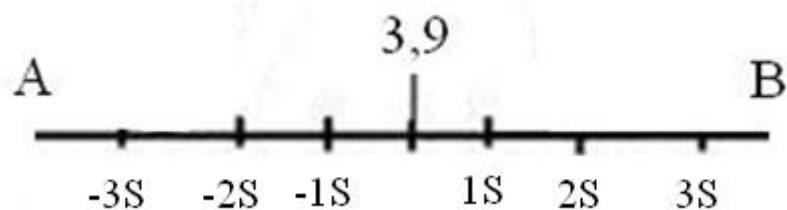


Рис. 3. Величина рассеивания значений n_1 относительно среднего

Поле $6S$ представляет собою рассеяние размера: чем меньше это поле, тем выше точность результата исследования.

8. Определение точности результатов для \bar{m} . Найти значение S и написать значение ответа.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое годовые слои древесины? Как они образуются?
2. Какие поперечные сечения различают в древесине?
3. Поясните, как годовые слои влияют на плотность и прочность древесины.
4. Какое значение ширины годовых слоев для хвойных пород древесины считается оптимальным?
5. Как определяется количество годовых слоев, приходящихся на 1 см длины исследуемого участка древесины?
6. Как определяется объем плотной древесины годовых слоев?

Библиографический список

1. Леонтьев Л.Л. Древесиноведение и лесное товароведение. СПб.: Лань, 2017. 416 с.
2. ГОСТ 16483.18-72. Древесина. Метод определения числа годовых слоев в 1 см и содержания поздней древесины в годовичном слое. М.: Изд-во стандартов, 1999.

Работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ

Основные теоретические положения

Плотность является одним из наиболее важных физических показателей свойств древесины как материала.

Плотность древесины определяется массой древесины в единице объема:

$$\rho = \frac{m}{V}. \quad (1)$$

Плотность определяется как масса (в граммах, килограммах, тоннах) одного см^3 или м^3 древесины. Плотность имеет размерность $\text{г}/\text{см}^3$ или $\text{кг}/\text{м}^3$, или $\text{т}/\text{м}^3$. Плотность – это масса в кг или тоннах одного кубометра древесины или масса в граммах одного см^3 древесины.

В зависимости от влажности древесины различают следующие способы выражения плотности: стандартная (нормализованная), или табличная ρ_{12} (при стандартной влажности 12 %); во влажном состоянии ρ_w ; в абсолютно сухом состоянии ρ_o ; условная $\rho_{\text{усл}}$ (отношение массы абсолютно сухой древесины к объему максимально разбухшей при $W = 30\%$). Значение плотности зависит от строения древесины и содержания в ней экстрактивных веществ (смол). Значения плотности изменяются в пределах древесной породы, внутри одного ствола дерева. Средние значения плотности древесины приведены ниже [1].

Плотность пород древесины

Порода	Плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$			Порода	Плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$		
	ρ_{12}	ρ_o	$\rho_{\text{усл}}$		ρ_{12}	ρ_o	$\rho_{\text{усл}}$
Лиственница	660	630	520	Дуб	690	650	550
Сосна	500	470	400	Береза	630	600	500
Ель	445	420	360	Бук	670	640	530
Кедровая сосна	435	410	350	Осина	495	470	400
Пихта	375	350	300	Ольха	520	490	420

Плотность древесинного вещества представляет собой отношение массы вещества, образующего клеточные стенки древесины к ее объему. Древесинное вещество представляет собой материал клеточных стенок древесины. Плотность древесинного вещества не зависит от породы древесины и равна $1530 \text{ кг}/\text{м}^3$. Плотность древесины из-за наличия в ней пустот, заполненных воздухом, колеблется в пределах от 100 до $1300 \text{ кг}/\text{м}^3$.

В настоящей работе надо измерить плотность древесины при ее влажности в момент испытания (отношение массы образца к его объему).

Измерительные приборы и инструменты

1. Прибор для измерения влажности.
2. Весы электронные.
3. Штангенциркуль.

Порядок выполнения работы

1. Подготовить или выпилить образцы древесины для испытаний. Размер образцов приблизительно: толщина – 25 мм, ширина – 20 мм, длина в направлении волокон древесины – 30 мм. Количество образцов – 5... 16 шт. Образцы пронумеровать, отметить породу древесины.

2. Штангенциркулем измерить фактические объемы образцов. Определить объемы образцов.

3. Влагомером измерить влажность древесины.

4. На электронных весах определить массу образцов.

5. Определить плотность древесины каждого образца. Результат вычисляют и округляют до 5 кг/м^3 ($0,005 \text{ г/см}^3$) [2].

Результаты измерений занести в табл. 1.

Таблица 1

Результаты измерений и вычислений
Порода древесины _____ Влажность $W =$ %

Номер образца	Размеры образцов, мм			Объем образцов V , см^3	Масса образцов m , г	Плотность древесины ρ , г/см^3
	Толщина	Ширина	Длина			
1						
2						
3						
4						
5						
Среднее значение:						$\rho_{cp} = \sum \rho_i / n$

Обработка результатов измерений

Используя данные таблицы, находят среднее арифметическое значение плотности отдельных образцов по формуле

$$\rho_{cp} = \frac{\sum \rho}{n}, \quad (2)$$

где n – количество испытанных образцов, $n = i_{\max}$.

Среднюю плотность испытанных образцов вычисляют и округляют до 10 кг/м^3 ($0,01 \text{ г/см}^3$) как среднее арифметическое значение плотности.

Для определения точности полученного результата надо найти среднее квадратическое отклонение. ГОСТ 16467-70 допускает применение упрощенной формулы для определения среднего квадратического отклонения:

$$S_j = \frac{R_j}{d_n}, \quad (3)$$

где $R_j = \rho_{j\max} - \rho_{j\min}$ – величина размаха в мгновенной выборке;
 $\rho_{j\max}, \rho_{j\min}$ – максимальное и минимальное значения ρ в мгновенной выборке, г/см³;
 d_n – коэффициент, зависимый от объема выборки (табл. 2).

Таблица 2

Значения коэффициента d_n

n	d_n	n	d_n	n	d_n
2	1,128	9	2,970	16	3,532
3	1,693	10	3,078	17	3,558
4	2,059	11	3,173	18	3,640
5	2,326	12	3,258	19	3,689
6	2,534	13	3,336	20	3,735
7	2,704	14	3,407		
8	2,847	15	3,472		

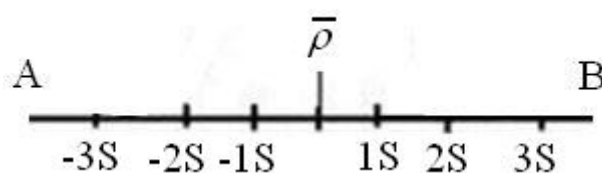
При нормальном законе распределения поле рассеяния значения ρ в выборке

$$\omega = 6S. \quad (4)$$

В измеренных образцах наблюдается рассеяние значений ρ относительно среднего значения $\bar{\rho}$. Рассеяние наблюдается в диапазоне

$$\omega = 6S.$$

Чем точнее выполнено исследование, тем точнее получено значение плотности древесины для данных образцов. Поле $6S$ представляет собою рассеяние размера: чем меньше это поле, тем выше точность результата исследования (рисунок).



Величина рассеивания значений ρ
относительно ее среднего

Контрольные вопросы и задания

1. Дайте определение понятия плотности древесины.
2. Какие значения плотности древесины различают по отношению к ее влажности?
3. Назовите приборы и измерительные инструменты, необходимые для выполнения работы.

4. Как готовятся образцы для выполнения работы?
5. Как математически обрабатываются полученные результаты?
6. Докажите равенство:

$$1 \frac{\text{Г}}{\text{М}^3} = 1 \frac{\text{Г}}{\text{СМ}^3};$$

$$0,001 \frac{\text{Г}}{\text{СМ}^3} = 1 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}.$$

Библиографический список

1. Леонтьев Л.Л. Древесиноведение и лесное товароведение. СПб.: Лань, 2017. 416 с.
2. ГОСТ 16483.1-84. Древесина. Метод определения плотности. М.: Изд-во стандартов, 1999.

Работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Основные теоретические положения

Водопоглощением называется способность древесины впитывать воду в полости клеток при непосредственном контакте с водой [1].

Максимальная влажность, которую достигает погруженная в воду древесина, складывается из предельного количества связанной влаги (предел гигроскопичности) и наибольшего количества свободной влаги. Количество свободной влаги зависит от объема полостей в древесине. Чем больше плотность древесины, тем меньше объем полостей, тем меньше ее влажность. Максимальная влажность может быть подсчитана по формуле, %:

$$W_{\max} = 30 + \frac{1,54 - \rho_o}{1,54\rho_o} 100, \quad (1)$$

где ρ_o – плотность в абсолютно сухом состоянии, г/см³;

1,54 – плотность древесинного вещества, г/см³;

30 – влажность при пределе гигроскопичности, %.

Формула эта приближенная, так как гигроскопическая влажность 30 % и плотность древесинного вещества взяты для средних значений. Так, для древесины сосны

$$W_{\max} = 30 + \frac{1,54 - 0,47}{1,54 \cdot 0,47} 100 = 177,83 \%$$

Водопоглощение зависит от породы, начальной влажности, температуры, а также от формы и размеров образца. Так, водопоглощение ядровой древесины меньше, чем заболонной; с увеличением плотности водопоглощение уменьшается. Форма образца имеет существенное значение для скорости поглощения: поглощение воды происходит главным образом через торцовые поверхности, поэтому образцы с большой торцовой поверхностью поглощают воду значительно быстрее. Для определения водопоглощения используются образцы размером 30×30×10 мм. Высушенные до абсолютно сухого состояния образцы погружают в сосуд с водой и во время выдерживания периодически взвешивают через все возрастающие промежутки времени (2 ч – 1, 2, 4, 7, 12, 20 сут и далее через каждые 10 сут). По результатам периодических взвешиваний и известной массе образцов в абсолютно сухом состоянии определяют текущую влажность в процессе водопоглощения, %:

$$W = \frac{m_w - m_o}{m_w} 100. \quad (2)$$

Обычно эксперимент заканчивают после 30 сут выдерживания. Однако в некоторых случаях выдерживание продолжают дальше, проводя взвешивание через каждые 10 сут до тех пор, пока приращение влажности за указанное время окажется менее 5 %.

По результатам определения текущей влажности строят диаграмму водопоглощения древесины в координатах влажность древесины – продолжительность выдерживания. За основной показатель водопоглощения принимают влажность, достигнутую древесиной при выдерживании в воде в течение 30 сут.

Закономерности водопоглощения используются при выполнении технологических операций пропитки древесины антисептиками и антипиренами.

Измерительные приборы и инструменты

1. Прибор для измерения влажности.
2. Весы электронные.
3. Штангенциркуль.

Подготовка и проведение испытаний

1. Подготовить 10 деревянных образцов заданной породы древесины размером 30×30×10 мм (10 мм по длине волокон) [2]. На образцах карандашом записывается их порядковый номер.

2. Образцы высушивают до абсолютно сухого состояния и взвешивают в бюксах с погрешностью не более 0,001 г.

3. На торцовой поверхности высушенных образцов наносят карандашные риски по двум взаимно перпендикулярным (радиальному и тангенциальному) направлениям. Измеряют размеры образцов в местах, отмеченных рисками, определяют радиальный и тангенциальный размеры образца с точностью до 0,01 мм. Результаты измерений заносят в журнал наблюдений.

4. Образцы помещают в эксикатор, заливают дистиллированной водой так, чтобы верхняя торцовая поверхность образца оставалась сухой, закрывают крышкой и выдерживают при температуре 20 ± 2 °С.

Образцы выдерживают в воде три раза по 20 мин, т.е. 20, 40 и 60 мин.

5. Образцы после каждого этапа выдержки в воде периодически вынимают из воды, осушают поверхность фильтрованной бумагой и взвешивают в бюксах с погрешностью не более 0,01 г.

6. Количество поглощенной влаги W в процентах вычисляют с точностью до 0,1 % по формуле (2).

После каждого этапа замачивания получается своя средняя влажность образцов: W_{cp1} , W_{cp2} , W_{cp3} .

7. Строим график зависимости влажности древесины от времени выдержки ее в воде. По оси абсцисс графика откладываем в масштабе время выдержки 20, 40, 60 мин; по оси ординат откладываем в масштабе влажность древесины.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое водопоглощение?
2. Какое практическое значение имеет водопоглощение?
3. Напишите формулы для определения величины водопоглощения древесины.
4. Поясните, для чего и как строится график результатов наблюдений.

Библиографический список

1. Леонтьев Л.Л. Древесиноведение и лесное товароведение. СПб.: Лань, 2017. 416 с.
2. ГОСТ 16483.20-72. Древесина. Метод определения водопоглощения. М.: Изд-во стандартов, 1999.

Работа № 4

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ
РАЗБУХАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ**

Основные теоретические положения

Разбухание древесины представляет собой явление, обратное усушке, и заключается в увеличении размеров **древесины** при поглощении ею влаги, пропитывающей оболочки клеток до точки насыщения волокон.

При увлажнении древесины в результате увеличения содержания связанной влаги микрофибриллы в клеточных оболочках раздвигаются.

Микрофибриллы – это структурные элементы клеточной стенки, имеющие толщину 5...10 нм (нм – нанометр, миллиардная доля от метра), ширину 10...30 нм, длину несколько микрометров.

Увеличивается размер и объем анатомических элементов, происходит разбухание. Мерой разбухания является влажностная деформация, отнесенная к размеру образца в абсолютно сухом состоянии, %:

$$P_w = \frac{a_w - a_o}{a_o} 100, \quad (1)$$

где P_w – разбухание образца при достижении данной влажности W , %;

a_w – размер (объем) образца при данной влажности W , мм (мм³);

a_o – размер (объем) образца в абсолютно сухом состоянии ($W=0$ %), мм (мм³).

Полное разбухание P наступает при увлажнении древесины от абсолютно сухого состояния до предела гигроскопичности. Дальнейшее увеличение влажности древесины вследствие повышения содержания свободной влаги разбуханием не сопровождается.

Объем разбухшей древесины получается несколько меньше суммы объемов древесины до разбухания и поглощаемой ею воды. Объясняется это сжатием (уплотнением) воды. Вода в оболочке клеток находится под давлением 300...400 МПа и имеет повышенную плотность.

Коэффициент разбухания определяется по формуле

$$K = \frac{P_w}{W}, \quad (2)$$

где W – влажность образца в области до $W = 30$ %.

Разбухание широко используется в производстве деревянных бочек для хранения жидких товаров, деревянных труб, судов и т. д.

Измерительные приборы и инструменты

1. Прибор для измерения влажности.
2. Весы электронные.
3. Штангенциркуль.

Подготовка и проведение испытаний

1. Подготовить 10 деревянных образцов заданной породы древесины размером $30 \times 30 \times 10$ мм (10 мм по длине волокон) [1, 2]. На образцах карандашом записывается их порядковый номер.

2. Образцы высушивают до абсолютно сухого состояния и взвешивают в бюксах с погрешностью не более 0,001 г.

3. На торцовой поверхности высушенных образцов наносят карандашные риски по двум взаимно перпендикулярным (радиальному и тангенциальному) направлениям. Измеряют размеры образцов в местах, отмеченных рисками, определяют радиальный и тангенциальный размеры образца с точностью до 0,01 мм. Результаты измерений заносят в журнал наблюдений.

4. Образцы помещают в эксикатор, заливают дистиллированной водой так, чтобы верхняя торцовая поверхность образца оставалась сухой, закрывают крышкой и выдерживают при температуре 20 ± 2 °С.

5. Образцы периодически вынимают из воды, осушают поверхность фильтрованной бумагой и взвешивают в бюксах с погрешностью не более 0,01 г. Первое взвешивание производят после выдерживания образцов в воде в течение 2 ч.

После взвешивания измеряют размеры образцов в местах, отмеченных рисками. Определяют радиальный и тангенциальный размеры и результаты заносят в журнал.

6. Количество поглощенной влаги W в процентах вычисляют с точностью до 0,1 % по формуле (2).

7. Величину разбухания в радиальном и тангенциальном направлениях и коэффициент разбухания находят по формулам (1) и (2).

8. Статистическую обработку опытных данных по водопоглощению W и разбуханию P_w выполняют так:

– используя данные измерений, находят средние арифметические значения W и P_w :

$$P_{w\text{ ср}} = \frac{\sum P_{wi}}{n},$$

где n – количество испытанных образцов, $n = i_{\max}$;

– находят среднее квадратическое отклонение

$$S_j = \frac{R_j}{d_n},$$

где $R_j = W_{\max} - W_{\min}$ – величина размаха в мгновенной выборке;

d_n – коэффициент, зависимый от объема выборки (таблица).

При нормальном законе распределения поле рассеяния значения W в выборке

$$\omega = 6S.$$

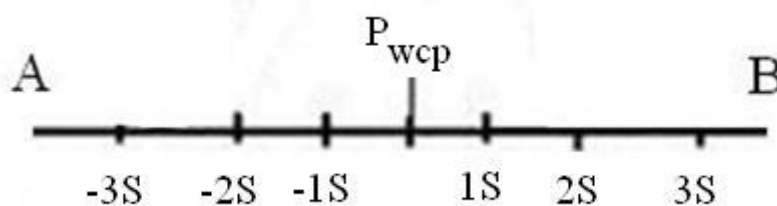
Величина влажности в процессе водопоглощения равна, %:

$$P_w = P_{wcp} \pm 3S.$$

Значения коэффициента d_n

n	d_n	n	d_n	n	d_n
2	1,128	9	2,970	16	3,532
3	1,693	10	3,078	17	3,558
4	2,059	11	3,173	18	3,640
5	2,326	12	3,258	19	3,689
6	2,534	13	3,336	20	3,735
7	2,704	14	3,407		
8	2,847	15	3,472		

Чем точнее выполнено исследование, тем точнее получено значение плотности древесины для данных образцов. Поле $6S$ представляет собою рассеяние размера: чем меньше это поле, тем выше точность результата исследования (рисунок).



Величина рассеивания значений P_w
относительно ее среднего

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое водопоглощение и разбухание древесины?
2. Какое практическое значение имеют водопоглощение и разбухание?
3. Напишите формулы для определения величины водопоглощения и разбухания древесины.

4. Поясните, для чего и как делается статистическая обработка результатов наблюдений.

Библиографический список

1. Леонтьев Л.Л. Древесиноведение и лесное товароведение. СПб.: Лань, 2017. 416 с.
2. ГОСТ 16483.20-72. Древесина. Метод определения водопоглощения. М.: Изд-во стандартов, 1999.