

Ю.Р. Осипов

ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

Лабораторный практикум

Утверждено редакционно-издательским
советом ВоГТУ

Вологда
2009

Рецензенты:

кафедра промышленной теплоэнергетики
Череповецкого государственного университета
(зав. кафедрой, д-р техн. наук, профессор Н.Н. Сеницын);
д-р техн. наук, профессор Н.И. Шестаков
(Череповецкий государственный университет)

Осипов Ю.Р.

О 74 **Древесиноведение: Лабораторный практикум.** – Вологда:
ВоГТУ, 2009. – 99 с.

Пособие содержит описание строения, свойств и пороков древесины, характеристику основных древесных пород и области их использования, а также методические указания к выполнению лабораторных работ.

Разработано в соответствии с Государственным образовательным стандартом ВПО 2000 г. для направления подготовки 620100 на основе примерной программы дисциплины "Древесиноведение и товароведение коммерческих пород" для студентов специальности 150405 «Машины и оборудование лесного комплекса» специализации «Машины и механизмы деревообрабатывающей промышленности».

УДК 674.03
ББК 88.8

© Осипов Ю.Р., 2009
© Вологодский государственный
технический университет, 2009

Введение

Предлагаемое пособие содержит необходимый минимум древесиноведческих сведений, сопровождающихся терминами на английском языке, описание отечественных и иноземных пород.

В международной торговле лесоматериалами большое значение имеет идентификация древесных пород. Древесина каждого ботанического вида обладает набором характерных свойств, связанных с ее строением. От знания этих свойств зависит область эффективного применения древесины.

На лабораторных занятиях по дисциплине «Древесиноведение» студенты должны изучить строение древесины хвойных и лиственных пород на макроскопическом и микроскопическом уровнях, методы исследования основных качественных показателей древесины, а также усвоить методику учета крупных лесных материалов и определения их сортности.

Полученные знания позволят инженеру оценить качество древесины по фенотипическим признакам, физико-механическим свойствам и определять ее техническую годность в различных областях.

1. СТРОЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ (STRUCTURE OF WOOD)

1.1. МАКРОСКОПИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ

Строение древесины изучают на трех главных разрезах ствола: поперечном, радиальном и тангенциальном (рис. 1.1).

Плоскость **поперечного разреза** (cross section) проходит перпендикулярно оси ствола; **радиального** (radial section) - вдоль оси ствола через сердцевину по радиусу торца ствола; **тангенциального** (tangential section) - вдоль оси ствола на том или ином расстоянии от сердцевины и направлена по хорде торца ствола.

Древесина (wood) занимает большую долю объема ствола и располагается между сердцевинной и корой.

Кора ствола состоит из корки и луба.

Корка – наружный слой коры, выполняющий защитную функцию;

Луб – внутренний слой коры, обеспечивающий движение воды с растворёнными органическими веществами вниз по стволу;

Камбий – образовательная ткань дерева, имеющая микроскопическую величину и невидимая невооруженным глазом;

Сердцевина (pith, medulla) (рис. 1.1, рис.1.2.) имеет вид темного пятнышка диаметром 2-5 мм и расположена примерно в центре поперечного сечения ствола.

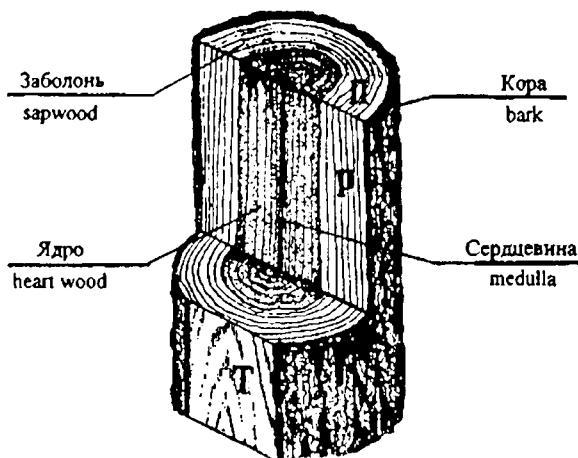


Рис. 1.1. Главные разрезы и основные части ствола:

П - поперечный; Р - радиальный;

Т - тангенциальный разрезы

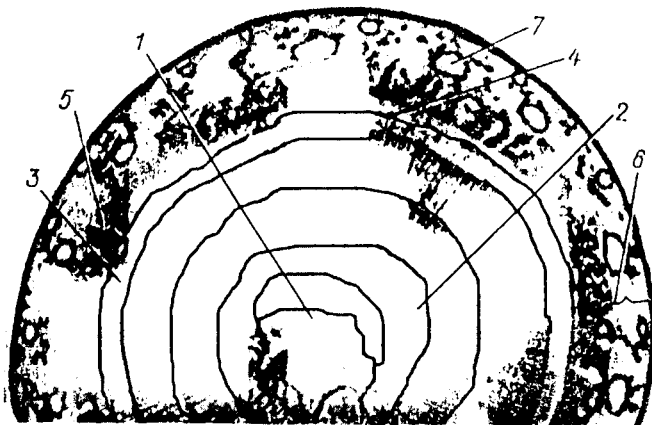


Рис. 1.2. Строение стебля побега сосны на поперечном срезе, ув. 21^х

*1 – сердцевина; 2 – первичная древесина; 3 – вторичная древесина;
4 – поженнис камбия; 5 – флоэма; 6 – первичная кора; 7 – смоляные ходы.*

Основными отличительными признаками древесных пород являются:

1. Наличие и форма ядра (спелой древесины);

2. Выраженность годичных слоев и резкость перехода от ранней зоны к поздней.

3. Видимость сердцевинных лучей, сердцевинных повторений, водопроводящих сосудов и смоляных каналов.

У некоторых древесных пород центральная зона ствола (рис. 1) окрашена темнее периферической. Темноокрашенная зона называется **ядро** (heartwood), а более светлая, периферическая - **заболонь** (sapwood). Такие породы называются **ядровыми**.

Ядро и заболонь отличаются не только по цвету. Древесина заболони в свежесрубленном состоянии содержит большее количество влаги, чем древесина ядра.

У отдельных пород (ель, пихта, бук, осина и др.) внутренняя зона древесины не отличается по цвету от наружной и лишь у свежесрубленного дерева содержит меньше влаги. В этом случае внутренняя часть ствола называется **спелой древесиной** (ripewood), а породы - **спелодревесными**.

К ядровым породам относятся: из хвойных - сосна, лиственница, кедр, тис и можжевельник; из лиственных - дуб, ясень, ильм, вяз, белая акация, фисташка, бархатное дерево, грецкий орех, рябина, черемуха, платан (чинара), ива белая и другие породы.

К безъядровым породам относятся: из хвойных - ель и пихта, а из лиственных - береза, клен, граб, липа, самшит, груша, бук, осина и другие.

На поперечном разрезе видны концентрические слои, окружающие сердцевину. Эти слои представляют собой ежегодный прирост древесины и

называются **годовичными слоями** (annual rings) (рис. 1.1 и 1.3). Годичные слои на радиальном разрезе имеют вид продольных полос, на тангенциальном - извилистых U-образных линий. Годичные слои хорошо видны у хвойных, а также у кольцесосудистых лиственных пород и слабо заметны у отдельных рассеянососудистых лиственных пород.

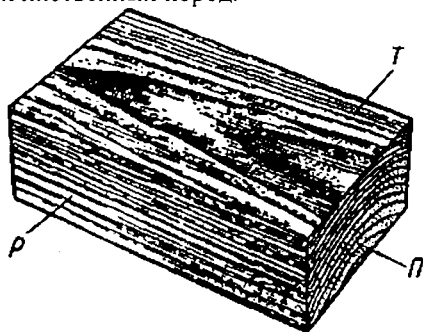


Рис. 1.3. Вид годовичных слоев на главных разрезах; ранняя (светлая) и поздняя (темная) древесина годовичных слоев на поперечном П, радиальном Р и тангенциальном Т разрезах

Каждый годичный слой состоит из двух частей: внутренней, более светлой и рыхлой - **ранней древесины** (early wood) и наружной, более темной, плотной и твердой - **поздней древесины** (late wood) (рис. 1.2). Резкое различие между ранней и поздней древесиной характерно для хвойных пород и некоторых лиственных.

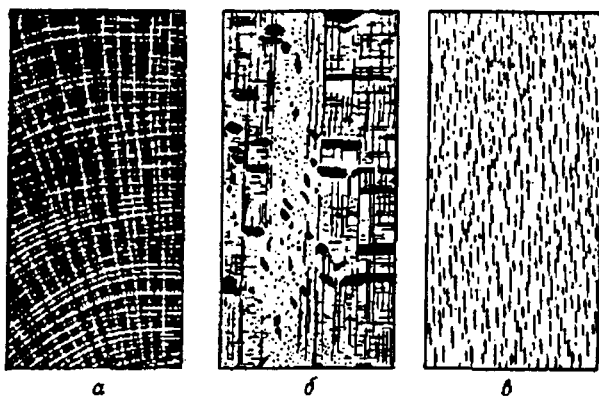
Ширина годовичных слоев и содержание в ней поздней древесины у разных пород различны, они изменяются по высоте и радиусу ствола, зависят от условий произрастания. В таблице 1.1 приведены эти показатели макроструктуры древесины для некоторых пород.

На поперечном разрезе у ряда лиственных пород хорошо заметны светлые, блестящие или матовые линии, направленные от сердцевины к коре по радиусам, называемым **сердцевинными лучами** (medullary rays) (рис. 1.4).

На радиальном разрезе сердцевинные лучи имеют вид блестящих, широких или узких, темных или светлых полосок или лент. На тангенциальном разрезе сердцевинные лучи видны как короткие продольные линии, штрихи или чечевицеобразные черточки. Сердцевинные лучи различают по ширине, которая определяется на поперечном разрезе. **Широкие** сердцевинные лучи хорошо видны невооруженным глазом у дуба, бука, платана. **Узкие** лучи трудно обнаруживаются, и **очень узкие**, совсем не видимые невооруженным глазом. У ольхи, граба и орешника узкие лучи, сближаясь, образуют так называемые **ложноширокие** сердцевинные лучи.

**Ширина годичных слоев и содержание поздней
древесины у некоторых пород**

Порода	Район произрастания	Число годичных слоев в 1 см	Процент поздней древесины
Лиственница сибирская	Западная Сибирь	5,5	34
То же	Восточная Сибирь	13,5	29
Сосна обыкновенная	Север европейской части СССР	11,8	26
То же	Западная Сибирь	6,9	29
	Восточная Сибирь	11,2	27
	Север европейской части СССР	12,1	21
Ель обыкновенная	Западная Сибирь	6,5	25
Ель сибирская	Восточная Сибирь	9	25
То же	Центральные районы европейской части СССР	5,5	65
Дуб черешчатый	Украинская ССР	4,7	70
Ясень обыкновенный	Центральные районы европейской части СССР	5,5	-
Береза повислая и пушистая	То же	5,4	-
Осина			



*Рис. 1.4. Сердцевинные лучи у бука: а - на поперечном;
б - на радиальном; в - на тангенциальном разрезах*

В древесине лиственных пород на поперечном разрезе видны отверстия, представляющие собой сечения сосудов (vessels)- трубок, предназначенных для проведения воды. По величине сосуды делят на крупные, хоро-

шо видимые невооруженным глазом, и мелкие, не различимые невооруженным глазом.

У кольцесосудистых (ring-porous wood) лиственных пород (дуб, ясень, вяз, ильм и др.) крупные сосуды располагаются в ранней древесине, образуя на поперечном разрезе сплошное кольцо сосудов.

У рассеянно-сосудистых (diffuse-porous wood) лиственных пород крупные и мелкие сосуды более или менее равномерно распределены по годичному слою (рис. 1.5, г). К ним относится большинство лиственных пород: береза, осина, ольха, липа, бук, клен, тополь, рябина, ива, орех, хурма и др.

У некоторых пород в полость сосудов вдаются выросты паренхимных клеток (тиллы). В этом случае крупные сосуды на поперечном разрезе заметны не в виде отверстий, а в виде светлых точек.

У лиственных кольцесосудистых пород мелкие сосуды в поздней древесине образуют своеобразный рисунок. Различают три вида группировок сосудов: 1) радиальная - в виде светлых радиальных полос (дуб, рис. 1.5, а); 2) тангенциальная - мелкие сосуды образуют светлые волнистые линии, расположенные параллельно границе годичного слоя (ильм, вяз, рис. 1.5, б); 3) мелкие сосуды в поздней древесине расположены в виде светлых точек или черточек (ясень, рис. 1.5, в). На радиальном и тангенциальном разрезах сосу- ды имеют вид продольных бороздок.

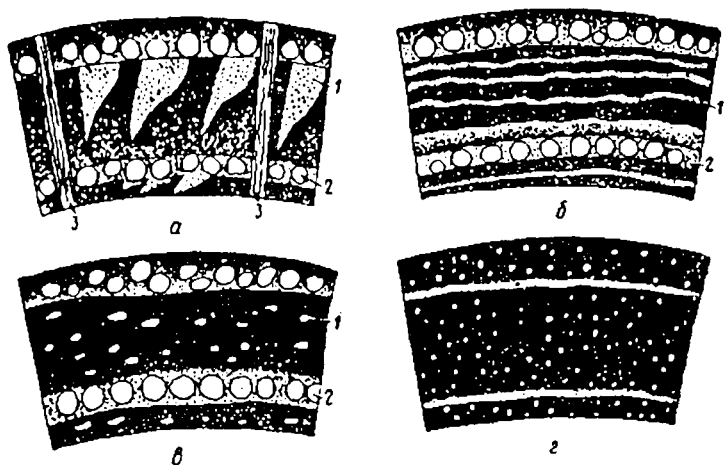


Рис. 1.5. Схемы расположения сосудов в древесине лиственных пород:
а, б, в - кольцесосудистые породы с радиальным, тангенциальным
и рассеянным расположением групп мелких сосудов;
г - рассеянно-сосудистая порода; 1 - мелкие сосуды в поздней зоне,
2 - крупные сосуды в ранней зоне, 3 - широкие сердцевинные лучи

В древесине некоторых хвойных пород (сосна, кедр, лиственница, ель) имеются вертикальные смоляные ходы (resin ducts). На поперечном

разрезах смоляные ходы заметны в виде светлых точек, расположенных в поздней древесине годовичных слоев; на продольных разрезах они заметны в виде темных штрихов, направленных вдоль оси ствола. Количество и размер смоляных ходов зависят от породы древесины. У сосны смоляные ходы крупные и многочисленные, у лиственницы - мелкие и малочисленные. В древесине пихты, можжевельника, тиса смоляных ходов нет.

Сердцевинные повторения (medullary spots) представляют собой аномальные образования в виде бурых черточек и пятнышек. Встречаются они в нижней части ствола березы, ольхи и у некоторых других пород.

Лабораторная работа № 1

Макроскопическое строение древесины

Цель работы: ознакомиться с основными макроскопическими (видимыми невооруженным глазом или с помощью лупы) элементами древесины. Научиться различать главные разрезы ствола и элементы макроскопического строения древесины на натурных образцах.

Приборы и материалы: образцы древесины, стороны которых совпадают с тангенциальным, радиальным и торцевым разрезами ствола; лупы, справочная литература.

Порядок выполнения работы

На предъявленных образцах древесины студенты учатся различать поперечный радиальный и тангенциальный разрезы. На каждом из разрезов определяют элементы макроскопического строения древесины и зарисовывают их в журнал наблюдений.

Контрольные вопросы:

1. В чем отличие радиального разреза древесины от тангенциального?
2. Из каких элементов состоит кора?
3. Какую функцию выполняют камбий, ранняя древесина, поздняя древесина?
4. Перечислите ядровые, спелодревесные и заболонные древесные породы.
5. Какие из элементов можно обнаружить в древесине только хвойных пород?
6. Перечислите древесные породы со смоляными ходами.
7. Какую функцию выполняют сердцевинные лучи и как они классифицируются?

Литература [1, с. 4-11; 2]

Лабораторная работа № 2

Определение древесных пород по макроскопическим признакам древесины

Цель работы: изучить индивидуальные признаки макроскопического строения основных древесных пород.

Приборы и материалы: образцы древесины различных пород и их описание, лупы.

Порядок выполнения работы

Используя представленные образцы древесины и их описание, студенты знакомятся с перечисленными индивидуальными признаками древесных пород. Работа оформляется в виде таблицы, приведенной ниже, где указываются : группа пород, полное название породы и ее диагностические признаки (форма 1).

Контрольные вопросы:

1. По каким основным признакам можно различить древесину березы и осины?
2. У каких из представленных пород наиболее четко выражены годичные слои и переход от ранней зоны к поздней?
3. Перечислите породы с хорошо выраженными сердцевинными лучами.
4. Какие признаки характерны для древесины дуба?
5. Какая из представленных в коллекции хвойных пород имеет наибольшую плотность?

Литература [1, с. 13-23]

Форма 1

Макроскопические признаки основных древесных пород

№	Группа пород	Название породы	Наличие и цвет ядра	Цвет заболони	Наличие и выраженность годичных слоев	Характер перехода от ранней к поздней древесине	Наличие смоляных ходов	Выраженность сердцевинных лучей	Наличие и расположение крупных сосудов

Лабораторная работа № 3

Определение процентного содержания поздней древесины и средней ширины годовичных слоев

Цель работы: изучить методику определения процентного содержания поздней древесины и средней ширины годовичных слоев на торцевом разрезе.

Приборы и материалы: образцы древесины в форме прямоугольной призмы с основанием 20х20 мм и длиной вдоль волокон 30 мм, измерительная линейка с погрешностью измерения до 0,5 мм.

Порядок выполнения работы

На торцевой поверхности образца в радиальном направлении проводят линию длиной около 20 мм, пересекающую целое число годовичных слоев. Подсчитывают количество годовичных слоев (N , шт) и замерив длину отложенного отрезка (L , мм), среднюю ширину годовичного слоя (a , мм) вычисляют по формуле:

$$a = L/N.$$

Число годовичных слоев в 1 см (n , шт) определяют по формуле:

$$n = N/L.$$

Для определения процентного содержания поздней древесины (m , %) соотносят суммарную ширину зон поздней древесины (G , см) к общей ширине измеряемых годовичных слоев (L , см):

$$m = G/L \times 100.$$

Результаты измерений заносят в таблицу по форме 2.

Форма 2

Журнал определения процентного содержания поздней древесины и средней ширины годовичных слоев

№ образца	Протяженность годовичных слоев по радиальному направлению, (L , мм)	Общее число целых годовичных слоев, (N , шт)	Средняя ширина годовичного слоя, (a , мм)	Число годовичных слоев в 1 см, (n , шт)	Суммарная ширина поздней древесины, (G , см)	Содержание поздней древесины, (m , %)

Контрольные вопросы

1. С какой целью определяют процентное содержание поздней древесины в древесине?
2. В чем заключается взаимная связь между средней шириной годовичного слоя и механическими свойствами древесины?
3. Какие факторы влияют на ширину формирующегося годовичного слоя?

4. Какие требования предъявляют к образцам древесины, используемым для определения вышеперечисленных показателей?
5. Какова взаимная связь между средней шириной годичных слоев и их количеством в 1 см?

Литература [3; 4; 1, с. 12-24; 5]

1.2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

О МИКРОСКОПИЧЕСКОМ СТРОЕНИИ ДРЕВЕСИНЫ

Древесина ствола в растущем дереве выполняет три основные функции: проводящую (восходящий ток растворов минеральных веществ), механическую и запасающую (хранит запасные питательные вещества). Поэтому в древесине хвойных и лиственных пород представлены анатомические элементы, выполняющие перечисленные функции.

Древесина хвойных пород имеет довольно простое и однообразное строение. Почти весь объем древесины занимают трахеиды - клетки, сильно вытянутые в длину, с закругленными или кососрезанными концами. В ранней зоне каждого годичного слоя трахеиды - крупнополостные, тонкостенные клетки (рис. 1.6). Они выполняют проводящую функцию. На их радиальных стенках имеется множество отверстий - **окаймленных пор**. В поздней зоне трахеиды узкополостные, толстостенные. Они выполняют механическую функцию.

Запасающую функцию в хвойных породах выполняют клетки с примерно одинаковыми размерами в трех направлениях. Эти клетки слагают сердцевинные лучи и участвуют в образовании смоляных ходов.

Древесина лиственных пород отличается от хвойных менее упорядоченным строением с большим набором анатомических элементов.

Основными анатомическими элементами древесины являются:

> *Либриформ* - это основной механический элемент древесины лиственных пород. На продольном разрезе представлен в виде вытянутых прозенхимных клеток с толстыми стенками и узкими полостями, на поперечном - в виде многогранников или округлых клеток;

> *Сосуды* - это основной водопроводящий элемент лиственных пород, представленный в виде цилиндрических трубок, состоящих из отдельных частей - члеников. Сосуды имеют широкую полость, тонкие стенки с утолщениями в виде колец, бугорков и спиралей;

> Древесная *паренхима* служит для накопления и хранения запасных питательных веществ. Встречается в основном в древесине лиственных пород. На поперечном разрезе представлена в виде округло-овальных клеток, на продольном - в виде волокон с перегородками;

> *Трахеиды* - основной элемент строения древесины хвойных пород. Однако они могут встречаться и у лиственных пород, но в значительно меньших количествах. В этом случае различают сосудистые Трахеиды, являющиеся переходной формой между типичными трахеидами и сосудами, а также волокнистые Трахеиды, отличающиеся от либриформа наличием

окаймленных пор. Трахеиды на продольном разрезе – удлиненные клетки с заостренными или закругленными концами, на поперечном – прямоугольные. Ранние Трахеиды располагаются в ранней зоне годичного слоя, имеют широкие плоскости, тонкие стенки и выполняют водопроводящую функцию. Поздние Трахеиды находятся в поздней зоне годичного слоя, имеют толстые оболочки, небольшие плоскости и выполняют механическую функцию;

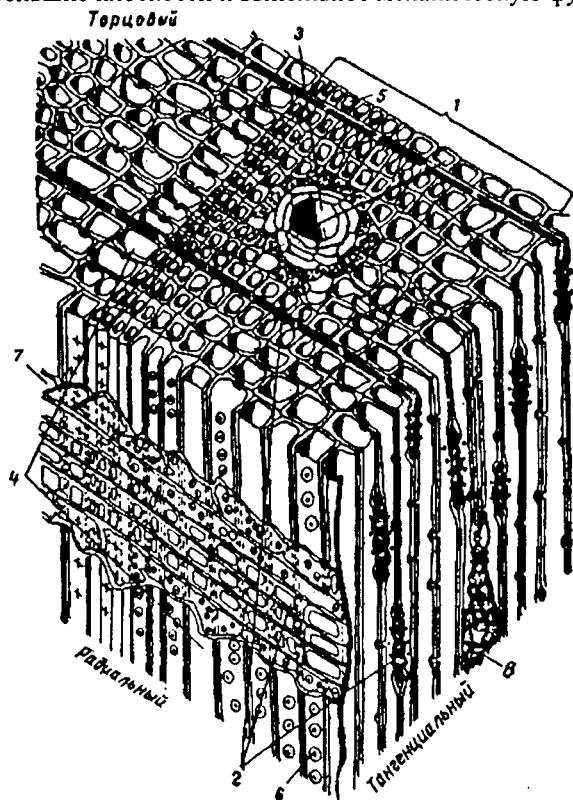


Рис. 1.6. Схема микроскопического строения древесины сосны:
 1 - годичный слой; 2 - сердцевинные лучи; 3 - вертикальный смоляной ход; 4 - ранние трахеиды; 5 - поздняя трахеида;
 6 - окаймленная пора; 7 - лучевая трахеида; 8 - многорядный луч с горизонтальным смоляным ходом

> Серцевинные лучи выполняют запасную и проводящую функции. На поперечном разрезе они представлены в виде рядов клеток, идущих от сердцевины к коре. Для хвойных пород характерны одноядерные сердцевинные лучи. У некоторых лиственных пород лучи состоят из 2-5 (берёза, липа и т.д.) и более (дуб, бук и др.) рядов клеток. На радиальном разрезе

сердцевинные лучи представляют собой широкие или узкие полоски (в зависимости от высоты луча);

> **Смоляные ходы** – это вертикальные и горизонтальные каналы, в которых образуется и накапливается смола. Они встречаются в древесине хвойных пород, за исключением пихты, тиса и можжевельника. Вертикальные смоляные ходы располагаются среди других анатомических элементов и ориентированы вдоль оси ствола. Горизонтальные смоляные ходы проходят в сердцевинных лучах перпендикулярно оси ствола. Ходы представлены клетками эпителия, выделяющими смолу (внутренний слой), слоем мертвых заполненных воздухом клеток и наружным слоем живых клеток сопровождающей паренхимы.

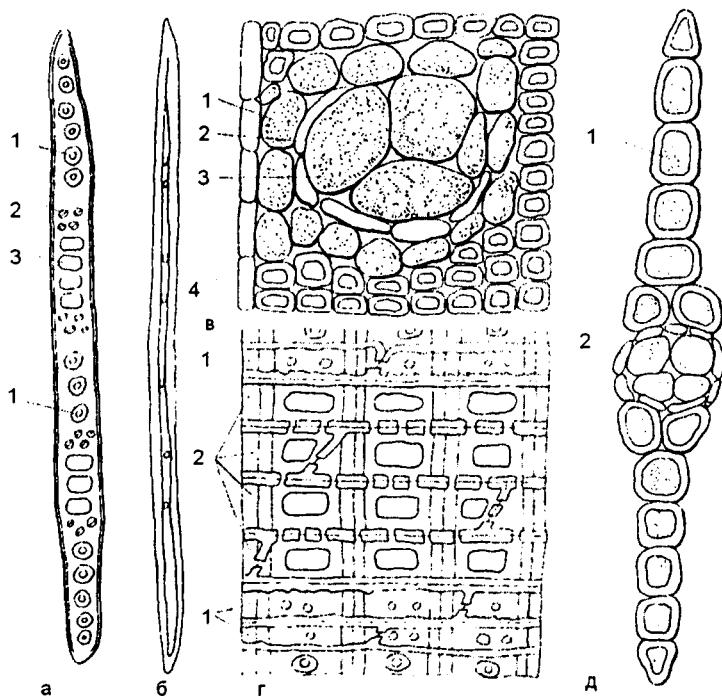


Рис. 1.7. Анатомические элементы древесины хвойных пород (сосна):
 а – ранняя трахеида (радиальный разрез): 1 – крупные окаймленные поры;
 2 – мелкая окаймленная пора; 3 – простая (оконцевая) пора в месте контакта с сердцевинными лучами; б – поздняя трахеида (радиальный разрез);
 в – смоляной ход (поперечный разрез): 1 – клетка сопровождающей паренхимы;
 2 – мертвая пустая клетка; 3 – выстилающая клетка (эпителий); 4 – сердцевинный луч; г – сердцевидный луч (радиальный разрез):
 1 – лучевые трахеиды; 2 – паренхимные клетки; д – сердцевинный луч с горизонтальным смоляным ходом (тангенциальный разрез):
 1 – сердцевинный луч; 2 – горизонтальный смоляной ход.

Проводящую функцию в древесине лиственных пород выполняют сосуды (рис. 1.8 и 1.9), представляющие собой вертикальные трубки, составленные из члеников - тонкостенных широкополосных клеток с растворенными донцами.

Основные анатомические элементы древесины хвойных пород показаны на рисунке 1.7, а лиственных пород – на рисунке 1.10.

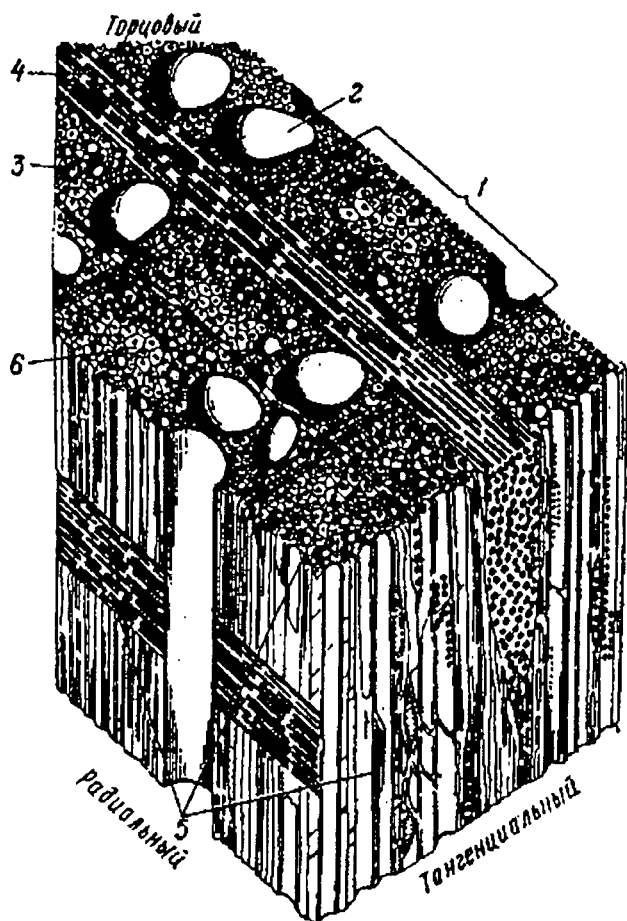


Рис. 1.8. Схема микроскопического строения дуба: 1 - годичный слой; 2 - крупный сосуд; 3 - мелкий сосуд; 4 - широкий сердцевинный луч; 5 - узкие сердцевинные лучи; 6 - либриформ

Волокна либриформа составляют основную массу древесины лиственных пород; они выполняют механическую функцию. Это сильно вытяну-

тые по длине узкополостные клетки с толстыми стенками, в которых имеются редко расположенные простые щелевидные поры.

Запасную функцию выполняют сердцевинные лучи и древесная паренхима - вертикальные ряды коротких клеток.

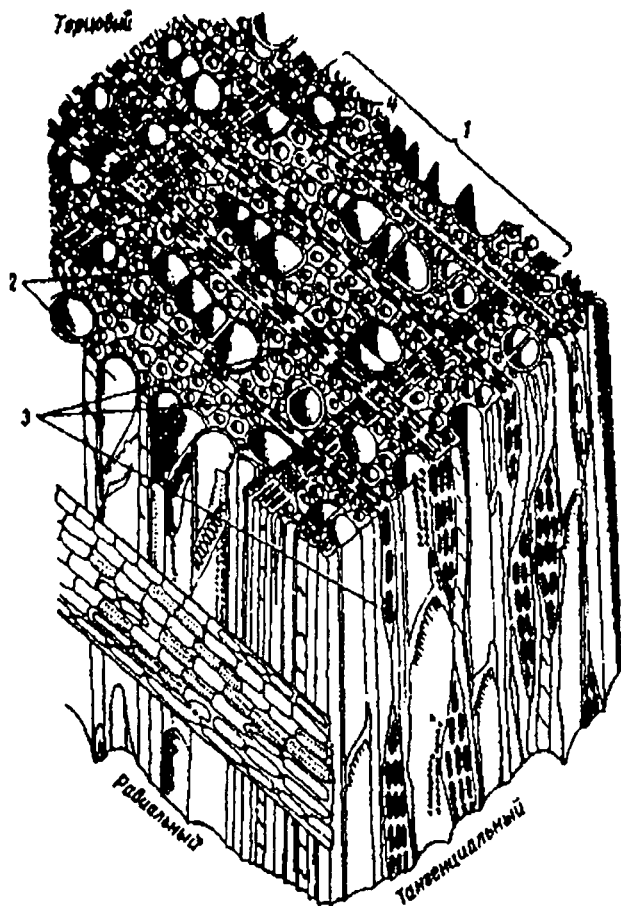
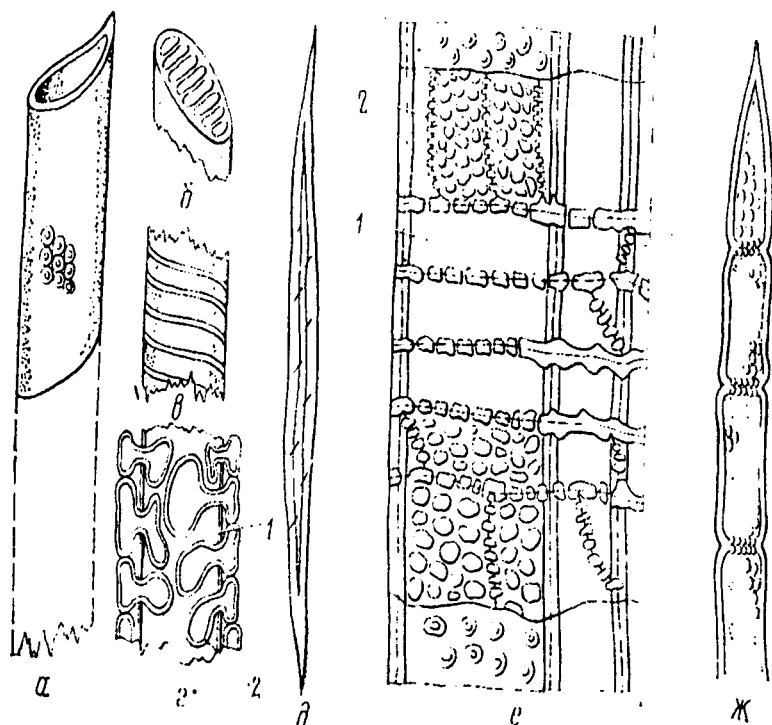


Рис. 1.9. Схема микроскопического строения древесины березы:
1 - годичный слой; 2 - сосуды; 3 - сердцевинные лучи; 4 - либриформ

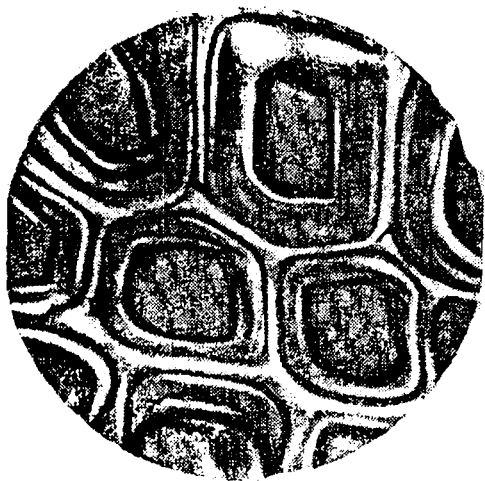
Кроме вышеназванных основных элементов в древесине имеются дополнительные элементы, представляющие собой переходную форму между типичными трахеидами и сосудами или волокнами либриформа.



*Рис. 1.10. Основные анатомические элементы (их детали)
древесины лиственных пород:*

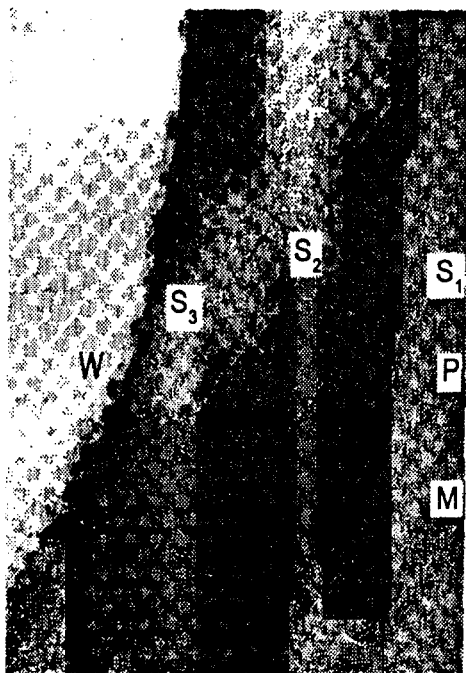
а – сосуд из члеников с простой перфорацией, коротким члеником и очередной поровостью; б – лестничная перфорация; в – спиральное утолщение; г – тиллы в сосудах: 1 – стенки сосуда; 2 – тиллы; д – волокно либриформа; е – неоднородный сердцевинный луч (ива) с лежащими 1 и стоячими 2 паренхимными клетками; ж – часть тяжа древесной паренхимы.

На рисунках 1.11 – 1.16 приведены фотографии увеличения микроскопа, на которых можно увидеть микроскопическое строение древесины.



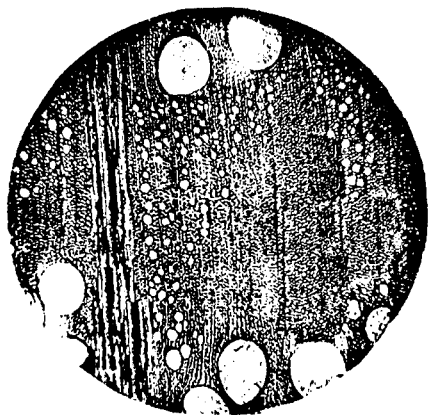
*Рис. 1.11. Клеточные стенки
на поперечном разрезе
древесины сосны
Ув. 1250^x (по В. Е. Москалевой)*

*Рис 1.12. Участок клеточной
стенки на поперечном разрезе
ультратонкого среза Трахеиды
лиственницы, ПЭМ. Ув. 4800^x
(по В. Е. Москалевой
и З.Е. Брянцевой)*

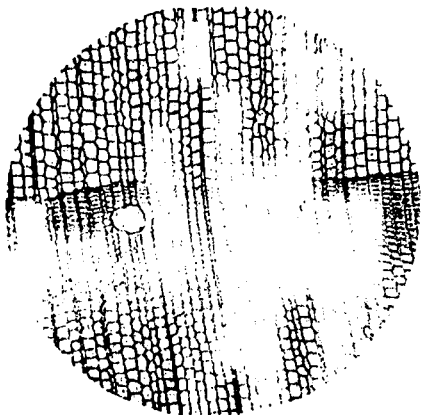




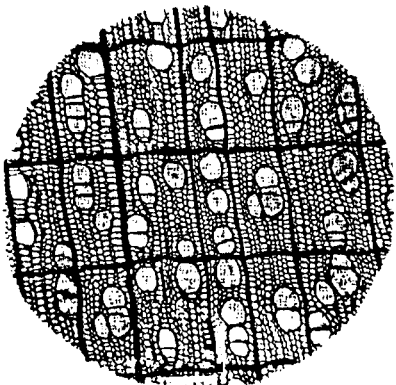
A)



Б)



В)



Г)

Рис. 1.13. Примеры микрофотографий древесины
 А – граб (тангенциальный срез), ув. $70\times$; Б – дуб (поперечный срез), ув. $60\times$;
 В – сосна (поперечный срез), ув. $60\times$; Г – береза (поперечный срез), ув. $60\times$.



Рис 1.14. Взаимное расположение трахеид с окаймленными порами на радиальных стенках.
Сосна. Ув. 850^x

1.15. Радиальный разрез окаймленной поры. Часть мембраны и торуса удалена. РЭМ ув. 3200^x

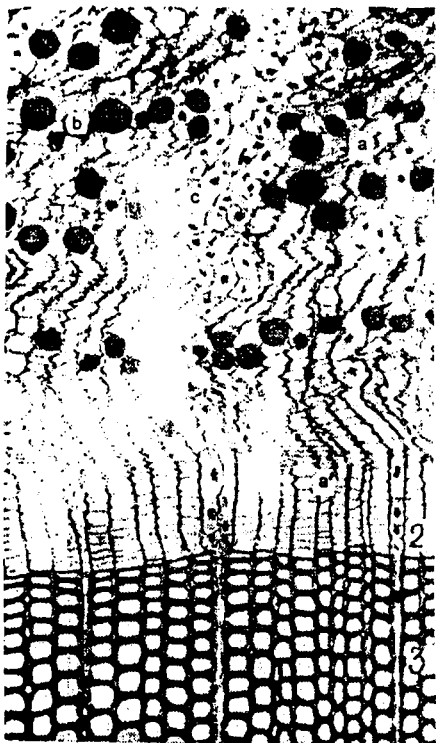


Рис. 1.16. Поперечный разрез луба сосны. Ув. 100^x

1 – луб; 2 – камбий; 3 – древесина. На микрофотографии луба видно, что ситовидные клетки, имеющие близкую к прямоугольной форму сечения, находятся только в проводящей зоне *а'* луба, которая примыкает к камбию. Это сравнительно небольшая зона (у разных пород она занимает от 0,2 до 1,0 мм). В остальной проводящей зоне *а* луба ситовидные клетки смяты. Здесь также видны группы паренхимных клеток *б* и изогнутые лубяные лучи, которые переходят в древесине в сердцевинные лучи.

Лабораторная работа № 4

Микроскопическое строение древесины

Цель работы: изучить основные микроскопические (видимые под микроскопом) элементы строения древесины различных групп пород (хвойные, лиственные кольцесосудистые, лиственные рассеянно-сосудистые).

Приборы и материалы: торцевой, тангенциальный и радиальный срезы древесины различных пород; микроскопы; справочная литература.

Порядок выполнения работы

В ходе занятия студенты знакомятся с устройством и правилами работы с микроскопом. Используя микроскоп, выделяют на торцевом, тангенциальном и радиальном срезах древесины анатомические элементы: либриформ, сосуды, древесную паренхиму, трахеиды, сердцевинные лучи и смоляные ходы – и зарисовывают их в журнал наблюдений.

Контрольные вопросы

1. Из каких основных элементов состоит биологический микроскоп?
2. В чем отличие ранних и поздних трахеид и какие функции они выполняют?
3. Перечислите элементы строения древесины лиственных пород.
4. Перечислите элементы строения древесины хвойных пород.
5. Перечислите древесные породы, у которых имеются смоляные ходы.
6. Какие функции выполняют сосуды у лиственных пород и трахеиды у хвойных пород?
7. Какие элементы выполняют механическую функцию у лиственных пород, у хвойных пород?

Литература [1, с. 30-36]

2. СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ (PROPERTIES OF WOOD)

2.1. ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА (chemical properties)

Древесина состоит преимущественно из органических веществ (99 % общей массы), в состав которых входят углерод С, водород Н, кислород О и немного азота N. Элементный химический состав древесины разных пород практически одинаков. Абсолютно сухая древесина в среднем содержит 49 % углерода, 44 % кислорода, 6 % водорода и 0,1 - 0,3 % азота. При сжигании древесины остается ее неорганическая часть - зола. В состав золы входят кальций, калий, натрий, магний и другие элементы.

Перечисленные химические элементы образуют основные органические вещества: *целлюлозу, лигнин и гемицеллюлозы*.

Целлюлоза - природный полимер, полисахарид с длинной цепной молекулой. Формула целлюлозы $(C_6H_{10}O_5)_n$, где n - степень полимеризации,

равная 6000-14000. Это очень стойкое вещество, нерастворимое в воде и в обычных органических растворителях (спирте, эфире и др.), белого цвета. Пучки макромолекул целлюлозы - тончайшие волоконца называются микрофибриллами. Они образуют целлюлозный каркас стенки клетки. Микрофибриллы ориентированы преимущественно вдоль длинной оси клетки, между ними находятся лигнин, гемицеллюлозы, а также вода.

Лигнин - полимер ароматической природы (полифенол) сложного строения; содержит больше углерода и меньше кислорода, чем целлюлоза. Именно с этим веществом связан процесс одревеснения молодой клеточной стенки. Лигнин химически нестойк, легко окисляется, взаимодействует с хлором, растворяется при нагревании в щелочах, водных растворах сернистой кислоты и ее кислых солей.

Гемицеллюлозы - группа полисахаридов, в которую входят пентозаны $(C_5H_8O_4)_n$ и гексозаны $(C_6H_{10}O_5)_n$. Формула гексозанов на первый взгляд идентична формуле целлюлозы. Однако степень полимеризации у всех гемицеллюлоз гораздо меньше и составляет 60-200. Это свидетельствует о более коротких цепочках молекул и меньшей стойкости этих веществ по сравнению с целлюлозой.

Кроме основных органических веществ, в древесине содержится сравнительно небольшое количество **экстрактивных веществ** (таннинов, смол, камедей, пектинов, жиров и др.), растворимых в воде, спирте или эфире.

В качестве сырья древесину потребляют три отрасли химической промышленности: целлюлозно-бумажная, гидролизная и лесохимическая.

Целлюлозно-бумажная промышленность (pulp and paper industry) вырабатывает целлюлозу для изготовления бумаги, картона и целого ряда целлюлозных материалов (производных целлюлозы), а также древесноволокнистых плит (wood fibre boards).

Основываясь на высокой химической стойкости целлюлозы, путем воздействия различных агентов на древесину переводят в раствор сопровождающие ее менее стойкие вещества. Различают три группы способов промышленного получения целлюлозы: кислотные, щелочные и нейтральные. Выбор того или иного способа зависит в основном от породного состава перерабатываемого древесного сырья.

К группе **кислотных** способов относятся сульфитный и бисульфитный. При сульфитном способе в качестве сырья используется древесина малосмолистых хвойных (ели, пихты) и ряда лиственных пород.

Технология производства целлюлозы заключается в следующем. Короткие окоренные бревна (балансы - pulpwood), а также отходы лесопиления и лесозаготовок на рубильных машинах перерабатываются в щепу (chips). Отсортированную и однородную по размерам щепу загружают в вертикальные варочные котлы. В котел подается так называемая сульфитная варочная кислота, представляющая собой раствор сернистой кислоты, содержащей некоторое количество бисульфита кальция $Ca(HSO_3)_2$. В результате получают

целлюлозную массу, которую превращают в непрерывную ленту. Конечный товарный вид продукции — пачки из листов разрезанной ленты.

Недостатками сульфитного способа являются: непригодность сырья из высокосмолистых пород, отсутствие достаточной регенерации химикатов, длительность процесса, необходимость кислотоупорного оборудования.

Бисульфитный способ позволяет использовать для получения целлюлозы древесину практически любых пород. Варка щепы проводится в водном растворе бисульфита натрия, магния или аммония. Оборудование и технология во многом схожи с применяемыми при сульфитном способе, однако температура варки выше. Недостатки практически те же, что и в предыдущем способе.

К группе щелочных способов относятся сульфатный и натронный. Наибольшее распространение получил первый из них. Этим способом получают более половины производимой в мире целлюлозы.

При этом способе может быть использована древесина любых пород, в том числе и высокосмолистых (сосны и др.). Варка щепы ведется в растворе едкого натра и сернистого натрия. Сульфатный способ позволяет получать более прочные волокна. К достоинствам этого способа относится меньшая продолжительность варки, а также возможность осуществлять процесс по замкнутой схеме (путем регенерации шелока), что уменьшает опасность загрязнения водоемов.

Для получения целлюлозы из древесины лиственных пород используется также нейтральный способ, при котором варочный раствор содержит вещества (моносulfиты), имеющие реакцию, близкую к нейтральной.

Широкое применение находят производные целлюлозы. При взаимодействии целлюлозы с растворами едкого натра, азотной и серной кислоты или уксусным ангидридом можно получить искусственные ткани (штапель, вискозный и ацетатный шелк), кордное волокно для изготовления автомобильных и авиационных шин, целлофан, целлулоид, кино- и фотопленки, нитролаки, нитроклеи и другие продукты.

При взаимодействии водных растворов кислот с древесиной происходит гидролиз (hydrolysis) целлюлозы и гемицеллюлоз, которые превращаются в простые сахара (глюкозу, ксилозу и др.). Эти сахара можно подвергать химической переработке, получая ксилит, сорбит и другие продукты. Однако гидролизная промышленность в основном ориентируется на последующую биохимическую переработку сахаров.

Реакция гидролиза происходит при довольно высокой температуре (150-190°C). При охлаждении гидролизата (водного раствора простых сахаров) образуются пары, из конденсата которых получают фурфурол. Он применяется в производстве пластмасс, синтетических волокон (нейлона), смол, приготовления медицинских препаратов (фурацилина и др.), красителей и других продуктов.

При дальнейшей переработке гидролизата получают этиловый спирт, углекислый газ, который улавливается и используется для изготовления углекислоты и сухого льда. Этанол получают только из хвойной древесины, применяют как растворитель и, все больше, как топливо. Гидролизат используют также для выращивания кормовых дрожжей, богатых витаминами и белком.

При нагревании древесины без доступа воздуха происходит пиролиз (pyrolysis). В результате пиролиза образуются уголь, жижка и газы. Древесный уголь, отличающийся высокой сорбционной способностью, применяют для очистки промышленных растворов, сточных вод, в производстве сахара; при выплавке цветных металлов, при изготовлении медицинских препаратов, полупроводников, электродов и для многих других целей.

Жижка - раствор продуктов разложения, используется в производстве антисептиков, фенолов, уксусной кислоты, метилового спирта, ацетона. Газы, образующиеся при пиролизе древесины, используют в качестве топлива.

Качество древесины как топлива оценивается теплотой сгорания (combustion heat). Этот показатель представляет собой количество теплоты, выделяющееся при полном сгорании 1 кг древесины.

На практике древесное топливо часто измеряется в единицах объема. Теплоту сгорания единицы объема (м^3) древесины можно получить умножением массовой теплоты сгорания на плотность древесины. Поскольку плотность древесины у разных пород различна, теплота сгорания единицы объема древесины существенно зависит от породы.

Сырьем для лесохимической промышленности помимо низкокачественной древесины являются экстрактивные вещества. Добыча смолы (живицы) из хвойных пород достигается путем подсочки деревьев. Для этого на поверхности стволов сосны или кедра осенью наносят особого вида рану (карру), из которой живица вытекает в конический приемник. Переработка живицы осуществляется на лесохимических предприятиях, где происходит отгонка с водяным паром летучей части - скипидара и уваривание канифоли.

Скипидар широко применяется как растворитель в лакокрасочной промышленности для производства синтетической камфары. Камфара используется в производстве целлюлозы, лаков и киноплёнки. Канифоль применяют в производстве каучука, бумаги, нитролаков, электроизоляционных материалов и др.

Дубильные вещества (таннины), используемые при выделке кож получают из коры ивы, ели, лиственницы, пихты, а также из древесины дуба и каштана.

Древесина хвойных пород отличается несколько большим содержанием целлюлозы, а лиственных — высоким содержанием пентозанов (таблица 2.1).

Таблица 2.1

Химический состав древесины основных пород, %

Порода	Целлюлоза	Лигнин	Пентозаны	Гексозаны	Зола	Экстрактивные вещества, растворимые	
						в эфире	в воде
Сосна	51,9	28,2	11,2	9,3	0,2	1,6	0,6
Ель	58,3	29,0	10,1	9,8	0,2	1,1	1,8
Лиственница сибирская	45,8	29,5	9,3	-	1,0	1,8	5,1
Пихта	48,0	29,9	5,3	17,8	0,7	0,9	1,4
Кедр	50,0	30,1	8,6	11,8	0,1	2,4	1,5
Дуб	38,9	23,8	28,8	-	0,3	0,6	1,8
Бук	42,2	20,8	29,3	7,6	0,5	0,5	0,6
Береза	46,8	21,2	32,9	-	0,4	3,0	1,5
Клен	41,5	23,1	25,6	7,7	0,3	0,3	0,5
Осина	52,4	20,3	22,6	0,5	0,2	1,6	2,2

Соотношение между основными органическими веществами в коре также иное, чем в древесине, здесь значительно меньше целлюлозы (особенно в коре). Кроме того, в наружной части коры содержится суберин, которого нет в древесине. В качестве иллюстрации содержания основных органических веществ в наружной и внутренней части коры в таблице 2.2 приведены данные В.И. Шаракова и В. Енсена.

Таблица 2.2

Химический состав коры, %

Вещества	Сосна		Ель		Берёза	
	Луб	Кора	Луб	Кора	Луб	Кора
Целлюлоза	18,2	16,4	23,2	14,3	18,5	3,4
Лигнин	17,1	43,6	15,6	27,4	20,3	1,3
Пентозаны	12,1	6,8	9,7	7,1	20,2	1,1
Гексозаны	16,3	6,0	9,3	7,7	-	-
Суберин	0,0	2,9	0,0	2,8	1,2	38,7
Экстрактивные:						
растворимые в воде	20,8	14,2	33,1	27,9	-	-
растворимые в эфире	3,9	3,5	1,7	2,6	13,7	5,6
растворимые в эфире	-	-	-	-	1,7	38,1

2.2 ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА (physical properties)

2.2.1. Внешний вид древесины

В эту группу входят следующие свойства: цвет, блеск, текстура и макроструктура.

Под цветом (colour) древесины понимают определенное зрительное ощущение, которое зависит, в основном, от спектрального состава отраженного ею светового потока.

Цвет - одна из важнейших характеристик внешнего вида древесины. Его учитывают при выборе пород для внутренней отделки помещений, изготовлении мебели, музыкальных инструментов, художественных поделок и т.д.

Окраска древесины зависит от породы, возраста дерева, климата района произрастания. Древесина может изменять цвет при выдержке под влиянием воздуха и света, при поражении грибами, а также при длительном нахождении под водой (мореный дуб - fumed oak). Тем не менее, цвет многих пород настолько характерен, что может служить одним из признаков при их распознавании.

Характеристики цвета древесины можно установить, используя фотозлектрические колориметры или атлас цветов, представляющий собой альбом с большим количеством накресок. Некоторые цветовые характеристики древесины приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3

Цветовые характеристики древесины некоторых пород

Порода	Цветовой тон λ , нм	Частота P , %	Светловатость p , %
Лиственница - ядро	583,5	54,0	32,5
Тис: ядро	585,5	55,8	25,1
заболонь	579,2	45,6	53,5
Сосна: ядро	581,1	51,6	49,0
заболонь	579,0	47,0	58,6
Ель	580,0	44,0	54,4
Кедр - ядро	583,0	46,5	39,5
Пихта	579,6	40,1	57,3
Дуб - ядро	581,6	53,1	29,9
Ильм - ядро	582,0	44,3	34,7
Клен	582,0	41,7	41,7
Береза	582,9	42,2	41,6
Бук	582,7	41,6	35,0
Осина	578,2	38,6	68,7

Блеск (lustre) - это способность древесины направленно отражать световой поток. Наибольшим блеском из отечественных пород отличается древесина дуба, бука, белой акации, бархатного дерева; из иноземных - древесина атласного дерева и махагони (красного дерева).

Текстурой - (figure) называется рисунок, образующийся на поверхности древесины вследствие перерезания анатомических элементов (годовых слоев, сердцевинных лучей, сосудов). Красивую текстуру (рис. 2.1) имеют бук, платан, клен, явор, дуб, ильм, карагач, ясень, бархатное дерево, грецкий орех и другие породы. Высокими декоративными свойствами славится древесина карельской березы. Очень ценится текстура клена "птичий глаз", которую создают неразвившиеся в побег спящие почки; капов (наростов) грецкого ореха и других пород.

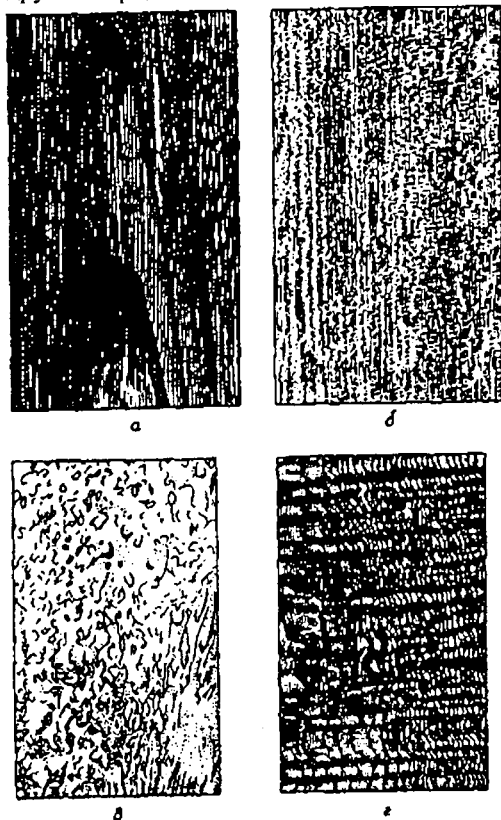


Рис. 2.1. Текстура древесины: а - лиственницы (тангенциальный разрез); б - ильма (радиальный разрез); в - карельской березы; г - ясеня маньчжурского (волнистая)

Для оценки качества древесины по внешнему виду используют такие характеристики, как ширина годичных слоев и содержание поздней древесины. Показателем, характеризующим ширину годичных слоев (rate of growth), служит число слоев, приходящихся на 1 см отрезка, отмеренного по радиальному направлению на торцевой поверхности образца.

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

2.2.2. Влажность древесины и свойства, связанные с ее изменением

Для количественной характеристики содержания воды в древесине используют показатель - влажность. Под влажностью древесины понимают выраженное в процентах отношение массы воды к массе сухой древесины

$$W = \frac{m - m_0}{m_0} \cdot 100, \quad (2.1)$$

где m - начальная масса образца древесины, г; m_0 - масса образца абсолютно сухой древесины, г.

Различают относительную и абсолютную влажность древесины.

Относительной влажностью называют отношение массы воды, находящейся в древесине образца, к массе образца до высушивания:

$$W_{\text{отн}} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m} \cdot 100\% \quad (2.2)$$

где m_1 - масса бруска с образцом до высушивания, г;

m_2 - масса бруска с образцом после высушивания, г;

m - масса бруска, г;

Для практических целей обычно используют абсолютную влажность, определяемую как отношение массы воды, находящейся в древесине образца, к массе древесины того же образца в абсолютно сухом состоянии:

$$W_{\text{абс}} = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m} \cdot 100\% \quad (2.3)$$

Измерение влажности осуществляется прямыми или косвенными методами. Прямые методы основаны на выделении тем или иным способом воды из древесины, например высушиванием. Эти методы простые, надежные и точные, но имеют недостаток - довольно продолжительную процедуру. Этот недостаток лишены косвенные методы, основанные на измерении показателей других физических свойств, которые зависят от содержания воды в древесине. Наибольшее распространение получили кондуктометрические электровлагомеры, реагирующие на изменение электропроводности древесины. Однако такие влагомеры дают достаточно точные показания в диапазоне от 7 до 30%, а при большей влажности погрешности весьма высоки. Кроме того.

ти приборы измеряют локальную влажность в месте введения игольчатых контактов.

Различают две формы воды, содержащейся в древесине: **связанную** (bound water) и **свободную** (free water). Связанная вода находится в клеточных стенках, а свободная содержится в полостях клеток и межклеточных пространствах. Связанная вода удерживается в основном физико-химическими связями, изменение ее содержания существенно отражается на большинстве свойств древесины. Свободная вода, удерживаемая только механическими связями, удаляется легче, чем связанная вода, и оказывает меньшее влияние на свойства древесины.

Существуют два очень важных показателя для оценки влажностного состояния древесины. *Предел насыщения клеточных стенок* (limit of cell wall saturation) характеризует такое состояние свежесрубленной или выдержанной в воде древесины, когда ее клеточные стенки содержат максимальное количество связанной воды, а в полостях клеток находится свободная вода. Этот показатель зависит от плотности и в среднем соответствует влажности $W_{\text{пл}}$ - 30%.

Предел гигроскопичности (limit of hygroscopicity) - это такое состояние древесины, при котором она, увлажняясь в насыщенном влагой воздухе, также достигает максимального содержания связанной воды в клеточных стенках. В полостях клеток при этом свободной воды нет. Пределу гигроскопичности $W_{\text{нг}}$ при комнатной температуре в среднем для всех пород также соответствует влажность 30%. Однако при повышенной температуре $W_{\text{нг}}$ снижается.

Равновесной влажностью (equilibrium moisture content-ЕМС) называется такая влажность, к которой стремится древесина, находясь в воздухе определенного состояния. Каждому сочетанию температуры и влажности воздуха (humidity) соответствует своя равновесная влажность древесины.

При испытаниях с целью определения показателей физико-механических свойств древесины ее кондиционируют, приводя к нормализованной (normalized) влажности. В справочной литературе, если нет особых примечаний, эти показатели даются при нормализованной влажности, равной 12%.

На практике по степени влажности различают древесину:

- мокрую (wet), $W > 100\%$, длительное время находившуюся в воде;
- свежесрубленную (green), $W = 50-100\%$, сохранившую влажность растущего дерева;
- воздушно-сухую (air-dried), $W = 15-20\%$, выдержанную на открытом воздухе;
- камерной сушки (комнатно-сухую) (kiln-dried), $W = 8-12\%$, высушенную в камерах или долгое время находившуюся в отапливаемом помещении;
- абсолютно-сухую (oven-dry), $W = 0\%$, высушенную при температуре $t = 103 \pm 2^\circ\text{C}$.

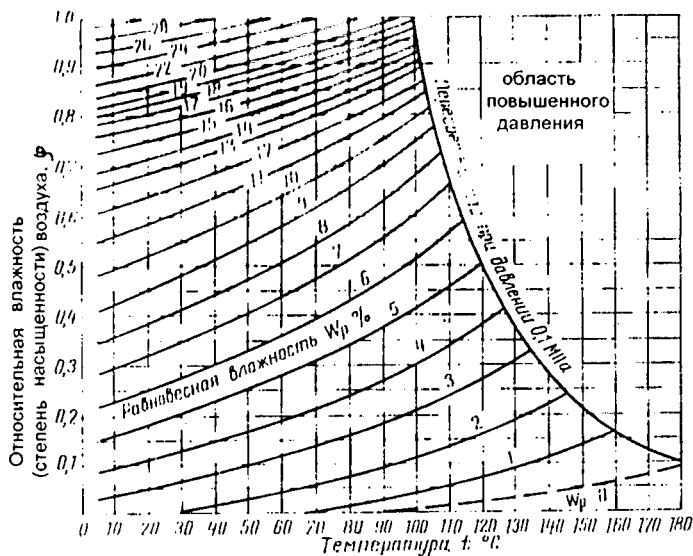


Рис. 2.2. Диаграмма равновесной влажности древесины (по Н. С. Сергеевскому)

Усушка (shrinkage). Уменьшение линейных размеров и объема древесины при удалении из нее связанной воды называется усушкой. Удаление свободной воды не вызывает усушки. Чем больше клеточных стенок в единице объема древесины, тем больше в ней связанной воды и выше усушка. Следовательно, породы с более плотной древесиной сушатся больше.

Усушка древесины не одинакова в разных направлениях: поперек волокон она в десятки раз больше, чем вдоль волокон; в тангенциальном направлении в 1,5-2 раза больше, чем в радиальном.

Под полной, или максимальной, усушкой (total shrinkage) ($\beta_{\max}$ понимают уменьшение линейных размеров и объема древесины при удалении всего количества связанной воды.

Формула для вычисления полной усушки, %, имеет вид

$$\beta_{\max} = \frac{a_{\max} - a_{\min}}{a_{\max}} \cdot 100, \quad (2.4)$$

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

Полная линейная усушка (directional shrinkage) древесины наиболее распространенных отечественных пород в тангенциальном направлении составляет 6-10%, в радиальном 3-5 %, а вдоль волокон 0,1-0,3 %. Полная объ

емная (volumetric) усушка находится в пределах 12-15%, которая определяется формулой:

$$\beta = \frac{a_w - a_o}{a_o} \times 100\% . \quad (2.5)$$

На практике часто приходится определять частичную усушку β_w при высушивании древесины до какой-то заданной конечной влажности W . Формула для определения частичной усушки, %, имеет вид

$$\beta_w = \frac{a_{\max} - a_w}{a_{\max}} \cdot 100, \quad (2.6)$$

где a_w - размер (объем) образца при влажности W , мм (мм).

Для расчета величины усушки используют коэффициент усушки K_β , представляющий собой усушку при снижении содержания связанной воды в древесине на 1 %. Тогда усушка, %, вычисляется по формуле

$$\beta_w = K_\beta (W_{\text{пн}} - W). \quad (2.7)$$

Усушка древесины учитывается при распиловке бревен на доски (припуски на усадку), при сушке пиломатериалов и т.д.

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

$$K_\beta = 100K_\alpha / (100 + 30 K_\alpha) \quad (2.8)$$

$$K_\beta = \beta_{\max} / W_{\text{п.н.}} , \quad (2.9)$$

Поэтому в таблице 2.4 наряду с известными коэффициентами разбухания K_α из РТМ даны пересчитанные по формуле 2.8 средние значения коэффициентов усушки K_β .

Таблица 2.4

Коэффициент усушки K_β и разбухания K_α древесины

Порода	Коэффициент усушки и разбухания, %/% влажности					
	по объему		по радиальному направлению		по тангенциальному направлению	
	K_β	K_α	K_β	K_α	K_β	K_α
Лиственница	0,52	0,61	0,19	0,20	0,35	0,39
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	0,42	0,12	0,12	0,26	0,28
Береза	0,54	0,64	0,26	0,28	0,31	0,34
Бук	0,47	0,55	0,17	0,18	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
Реш	0,46	0,54	0,19	0,20	0,29	0,32

Разбухание – отрицательное свойство древесины, но в некоторых случаях оно приносит пользу, обеспечивая плотность соединений (в бочках чанах, судах и т.д.).

Водопоглощение (water absorption). Способность древесины увеличивать свою влажность при непосредственном контакте с капельножидкой водой называется водопоглощением. Максимальная влажность, которую достигает погруженная в воду древесина, складывается из предельного количества связанной воды (предел насыщения клеточных стенок) и наибольшего количества свободной воды. Очевидно, что количество свободной воды зависит от объема полостей в древесине, поэтому чем больше плотность древесины, тем меньше ее влажность, характеризующая максимальное водопоглощение.

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

Лабораторная работа № 5

Определение влажности древесины

Цель работы: изучить методику определения влажности древесины методом высушивания.

Приборы и материалы: весы аналитические с погрешностью взвешивания не более 0,001 г или весы технические с точностью взвешивания до 0,01 г, бюксы с притертыми крышками, сушильный шкаф, обеспечивающий высушивание древесины при температуре $103\pm 2^\circ\text{C}$, эксикатор с безводным хлористым кальцием или серной кислотой плотностью $1,84\text{ г/см}^3$, образцы древесины размером $20\times 20\text{ мм}$ в поперечном сечении или 30 мм вдоль волокон.

Порядок выполнения работы

Определение влажности древесины проводится методом высушивания. Для этого образцы очищаются от заусениц, помещаются в бюксы с притертыми крышками (масса бюксы с крышкой определяется заблаговременно) и взвешивают. Затем образцы помещают в сушильный шкаф и высушивают при температуре $103\pm 2^\circ\text{C}$. Продолжительность сушки определяется несколькими контрольными взвешиваниями и заканчивается при установившейся постоянной массе высушиваемого образца. Высушенные образцы помещают в эксикатор, где охлаждаются до комнатной температуры. Затем определяют массу бюксы с высушенным образцом. Рассчитывают абсолютную и относительную влажность древесины. Результаты испытаний и расчеты оформляют в нижеприведенную таблицу по форме 1.

Журнал определения влажности древесины

№ образца	Масса бьюксы, г	Масса бьюксы с древесиной, г		Масса влаги, г	Влажность, %	
		До высушивания	После высушивания		Абсолютная $W_{абс}$	Относительная $W_{отн}$

Контрольные вопросы:

1. Для чего необходима влага растущему дереву?
2. Что понимают под влажностью древесины?
3. Какая влага называется связанной (гигроскопической), свободной (капиллярной)?
4. Что понимают под пределом гигроскопической древесины?
5. К какой категории по степени влажности относятся испытуемые Вами образцы древесины?

Литература [6; 7, с. 8-11]

Лабораторная работа № 6

Определение усушки древесины

Цель работы: изучить методику определения линейной и объемной усушки древесины.

Приборы и материалы: весы технические с точностью взвешивания до 0,01г, сушильный шкаф, обеспечивающий высушивание древесины при температуре $103 \pm 2^\circ\text{C}$, эксикатор с безводным хлористым кальцием или серной кислотой плотностью $1,84 \text{ г/см}^3$, штангенциркуль с точностью измерения до 0,1мм, бьюксы с притертыми крышками, образцы древесины в виде прямоугольной призм размером 20х20х30 мм.

Порядок выполнения работы

На образцах древесины с помощью штангенциркуля измеряют размеры в тангенциальном, радиальном направлении и вдоль волокон и определяют массу образца. Образцы помещают в сушильный шкаф и высушивают до абсолютно сухого состояния. Охлажденные в эксикаторе образцы вторично измеряют в тех же направлениях и в тех же местах, что и первый раз. На основании проведенных испытаний рассчитывают влажность древесины ($W_{абс}$) в момент испытания, линейную сушку и коэффициент линейной сушки в тангенциальном, в радиальном направлении и вдоль волокон, объемную сушку и коэффициент

циент объемной сушки. Результаты испытаний и расчетов заносят в таблицу по форме 2.

Контрольные вопросы:

1. В каком направлении усушка наибольшая, наименьшая?
2. С какой целью определяют усушку древесины?
3. В результате чего происходит усушка древесины?
4. К какой группе по величине объемной сушки относятся испытанные вами образцы древесины?
5. Что понимают под коэффициентом объемной сушки?

Литература [7, с. 23-27]

Форма 2

Журнал определения усушки древесины

[illegible]

2.2.3. Плотность (density)

Это свойство характеризуется массой единицы объема-материала и имеет размерность в кг/м^3 или г/см^3 .

Плотность древесинного вещества (density of wood substance) $\rho_{\text{дв}}$, г/см^3 , т.е. плотность материала клеточных стенок равна

$$\rho_{\text{дв}} = \frac{m_{\text{дв}}}{V_{\text{дв}}}, \quad (2.13)$$

где $m_{\text{дв}}$ и $V_{\text{дв}}$ - соответственно масса, г, и объем, см^3 , древесинного вещества. Этот показатель равен для всех пород $1,53 \text{ г/см}^3$, поскольку химический состав клеточных стенок древесины одинаков.

Плотность абсолютно сухой древесины (density of oven-dry wood) ρ_0 равна

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_0}, \quad (2.14)$$

где m_0 , V_0 - соответственно масса и объем древесины при $W=0\%$.

Плотность древесины меньше плотности древесинного вещества, так как она включает пустоты (полости клеток и межклеточные пространства, наполненные воздухом).

Относительный объем полостей, заполненных воздухом, характеризует пористость (porosity) древесины Π :

$$\Pi = \frac{V_0 - V_{\text{дв}}}{V_0} \cdot 100\%, \quad (2.15)$$

где V_0 и $V_{\text{дв}}$ - соответственно объем образца и содержащегося в нем древесинного вещества при $W = 0 \%$. Пористость древесины колеблется в пределах от 40 до 80 %.

Плотность влажной древесины (density of moist wood)

$$\rho_w = \frac{m_w}{V_w}, \quad (2.16)$$

где m_w и V_w - соответственно масса и объем древесины при влажности W . Плотность древесины зависит от ее влажности. При влажности $W < W_{\text{пн}}$ плотность изменяется незначительно, а при увеличении влажности выше $W_{\text{пн}}$ наблюдается значительный рост плотности древесины. В справочной литературе обычно приводят данные о плотности при нормализованной влажности $W=12\%$ (density of wood at normalized moisture content) - ρ_{12} .

Для перевода древесины при данной влажности к влажности нормализованной используют формулу:

$$P_{12} = \frac{P_w}{K_{12}}, \quad (2.17)$$

где K_{12} коэффициент пересчета, принимаемый из нижеприведенной таблицы 2.5:

Таблица 2.5

Влажность, W, %	Коэффициент K_{12} для пород		Влажность, W, %	Коэффициент K_{12} для пород	
	Береза, листвен- ница	Сосна, ель, пихта, кедр, осина		Береза, листвен- ница	Сосна, ель, пихта, кедр, осина
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

Парциальная плотность древесины (partial density of wood) ρ'_w характеризует содержание (массу) сухой древесины в единице объема влажной древесины

$$\rho'_w = \frac{m_0}{V_w}, \quad (2.18)$$

где m_0 - масса абсолютно сухой древесины, г или кг; V_w - объем, см^3 или м^3 , древесины при данной влажности W .

В технической литературе на английском языке используется показатель плотности "specific gravity". Эта безразмерная характеристика представляет собой относительную парциальную плотность. В этом случае парциальная плотность древесины отнесена к плотности воды. В таблицах указывается, при какой влажности определен объем древесины V_w (в сухом состоянии - oven dry wood; свежесрубленная - green wood и т. д.). Парциальная плотность также зависит от влажности. Максимальная парциальная плотность равняется ρ_0 , а минимальная - ρ_B .

Базисная плотность древесины (basic density of wood) выражается отношением массы абсолютно сухого образца m_0 к его объему при влажности, равной или выше предела насыщения клеточных стенок $V_{\max}$

$$\rho_B = \frac{m_0}{V_{\max}}. \quad (2.19)$$

Этот основной показатель плотности, который не зависит от влажности, широко используется для оценки качества сырья в деревообработке, целлюлозно-бумажной промышленности и в других случаях.

Величина плотности древесины изменяется в очень широких пределах. Среди пород России и ближнего зарубежья древесину с очень малой плотностью имеет пихта сибирская (345), ива белая (415), а наиболее плотную - самшит (1040), ядро фисташка (1100). Диапазон изменения плотности древесины иноземных по-

род шире: от 100-130 (бальза) до 1300 (бакаут) и даже более 1300 (змеиное дерево). Значения плотности здесь и ниже даны в килограммах на метр кубический (кг/м^3).

По плотности древесины при 12% влажности породы делят на 3 группы: 1) с малой плотностью ($\rho_{12} < 540$): из хвойных - сосна, ель, пихта, кедр, можжевельник; из лиственных - тополь, ива, липа, осина, ольха и др., 2) средней ($550 < \rho_{12} < 740$): из хвойных - лиственница, тис; из лиственных - береза, бук, вяз, груша, дуб, ильм, клен, ясень, орех грецкий и др. и 3) высокой ($\rho_{12} > 750$) плотностью: акация, береза железная, гледичия, граб, железное дерево, кизил, самшит, фисташка и др.

Проницаемость (permeability) характеризует способность древесины пропускать жидкости или газы под давлением.

Водопроницаемость древесины вдоль волокон значительно больше, чем поперек волокон, при этом у древесины лиственных пород она в несколько раз больше, чем у хвойных. Заболонь имеет намного большую водопроницаемость, чем содержащее экстрактивные вещества ядро, которое у некоторых пород вообще не пропускает воду.

В практике также используют понятие *условной плотности* ($P_{\text{усл}}$), определяемой как отношение минимальной массы образца (при $W=0$) к его максимальному объему (при $W>30\%$):

$$P_{\text{усл}} = \frac{m_0}{V_{\text{max}}} \quad (2.20)$$

Средние значения плотности древесины указаны в таблице 2.6.

Таблица 2.6

Средние значения плотности древесины

Порода	Плотность, кг/м^3		Базисная плотность, кг/м^3 , ρ_6
	ρ_{12}	ρ_0	
Лиственница	660	630	520
Сосна обыкновенная	500	470	400
Ель	445	420	360
Кедр	435	410	350
Пихта сибирская	375	350	300
Граб	800	760	630
Акация белая	800	760	630
Груша	710	670	570
Дуб	690	650	550
Клен	690	650	550
Ясень обыкновенный	680	645	550
Бук	670	640	530
Вяз	650	615	520
Береза	630	600	500
Орех грецкий	590	560	470
Ольха	520	490	420
Осина	495	470	400
Липа	495	470	400
Тополь	455	430	360
Ива	455	430	360

Лабораторная работа №7

Определение плотности древесины

Цель работы: изучить методику определения плотности древесины стереометрическим методом.

Приборы и материалы: весы технические с точностью взвешивания до 0,01 г, сушильный шкаф, обеспечивающий высушивание древесины при температуре $103 \pm 2^\circ\text{C}$, эксикатор с безводным хлористым кальцием или серной кислотой плотностью $1,84 \text{ г/см}^3$, штангенциркуль с точностью измерения до 0,1 мм, образцы древесины размером $20 \times 20 \text{ мм}$ в поперечном сечении или 30 мм вдоль волокон.

Порядок выполнения работы

На образцах древесины замеряют размеры поперечного сечения и длину образца с точностью до 0,1 мм. Затем определяют влажность образцов в момент испытания (лабораторная работа № 5).

Сразу же после высушивания образцов вновь замеряют размеры их поперечного сечения и длину вдоль волокон.

Для определения условной плотности образец помещают в воду, при влажности образца выше предела гигроскопичности ($>30\%$) его вновь измеряют по всем 3 направлениям.

На основании проведенных испытаний рассчитывают плотность при влажности в момент испытания, плотность при нормализованной влажности, плотность в абсолютно сухом состоянии и условную плотность древесины. Результаты испытаний и расчетов заносят в таблицу по форме 3:

Форма 3

Журнал определения плотности древесины

[illegible]

Контрольные вопросы:

1. Как изменяется плотность древесины при увеличении содержания в ней влаги?
2. Как подразделяются отечественные породы по плотности древесины?
3. В каких единицах определяют плотность древесины?
4. Что понимают под условной плотностью древесины?
5. С какой целью данные по плотности древесины пересчитывают на нормализованную влажность?

Литература [6; 7, с. 13-19]

2.2.4. Тепловые свойства (thermal properties)

К тепловым свойствам относятся теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность и тепловое расширение.

Теплоемкость. Показателем способности древесины аккумулировать тепло является удельная теплоемкость (specific heat) C , представляющая собой количество теплоты, необходимое для того, чтобы нагреть 1 кг массы древесины на 1 °С. Удельная теплоемкость для всех пород одинакова и для абсолютно сухой древесины составляет 1,55 кДж/(кг·°С). С увеличением влажности теплоемкость увеличивается.

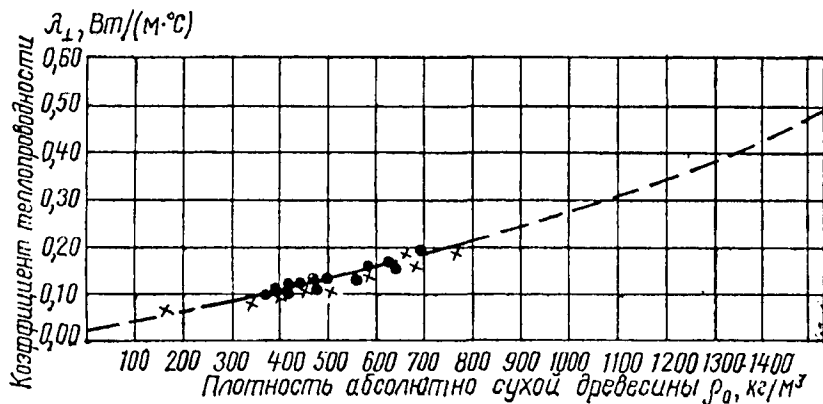
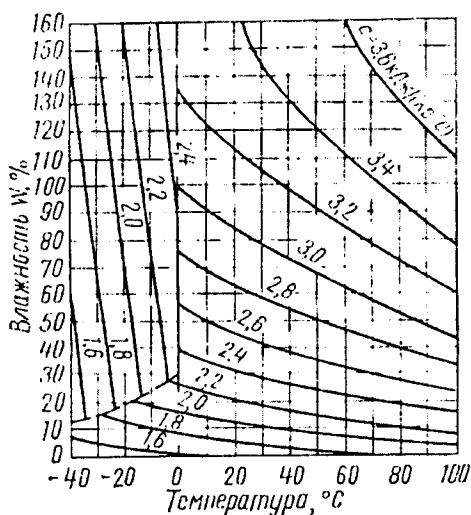


Рис. 2.4. Зависимость теплопроводности древесины поперек волокон от плотности в абсолютно сухом состоянии.

Рис 2.5. Диаграмма
удельной теплоемкости
древесины



Теплопроводность (thermal conductivity) - свойство, характеризующее интенсивность переноса тепла в материале. Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м °C) с увеличением температуры, влажности и плотности увеличивается. Вдоль волокон λ в 2 раза больше, чем поперек.

Температуропроводность (thermal diffusivity) характеризует способность древесины выравнять температуру по объему.

Тепловое расширение (thermal expansion) - способность древесины увеличивать линейные размеры и объем при ее нагревании. Коэффициент теплового расширения древесины в 3-10 раз меньше, чем у металла, бетона, стекла.

Некоторые данные о коэффициентах линейного расширения абсолютно сухой древесины приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.

Коэффициент теплового расширения
сухой древесины

Порода	$10^6 \alpha'_{ }$	$10^6 \alpha'_r$	$10^6 \alpha'_t$	Источник
Сосна	4,2	15,0	29,0	В. Стивенс
Ель	2,6	29,3	50,2	Я.Н. Рудобельская (Станко
Дуб	3,6	29,3	41,0	Медисонская лаборатория
Береза	2,5	27,2	30,0	То же
Бук	5,4	22,0	34,8	В. Стивенс

Коэффициенты теплового расширения сырой или сухой древесины ели указаны в таблице 2.8.

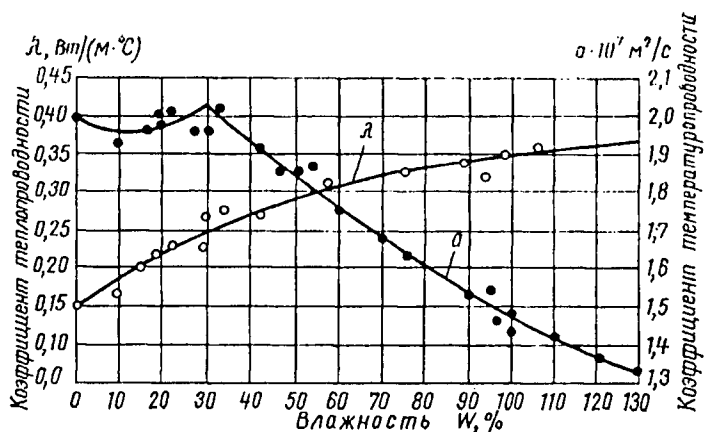


Рис. 2.6. Зависимость коэффициентов теплопроводности и температуропроводности древесины от влажности (по Г.С. Шубину и Э.Б. Щедриной).

Сосна ($\rho_\sigma = 360 \text{ кг}/\text{м}^3$), тепловой поток в радиальном направлении, температура $t = 25^\circ\text{C}$

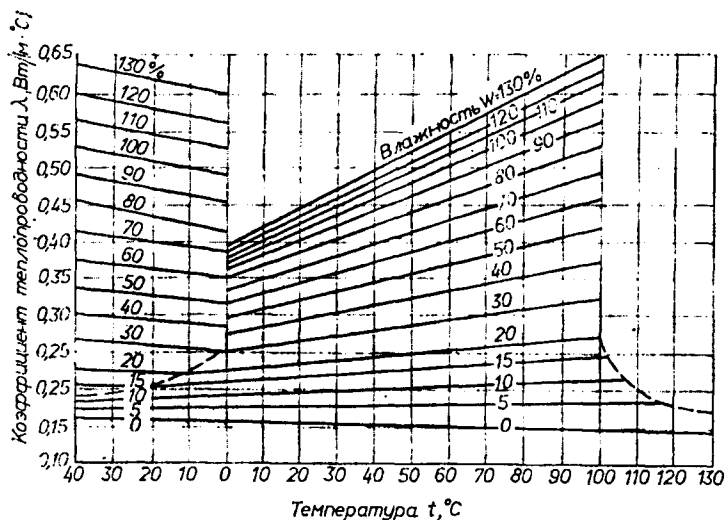


Рис. 2.7. Диаграмма коэффициента теплопроводности древесины березы ($\rho_\sigma = 500 \text{ кг}/\text{м}^3$), тепловой поток в радиальном направлении

Таблица 2.8

**Коэффициенты теплового расширения
сырой или сухой древесины ели**

Структурное направление	Коэффициент теплового расширения $10^6 \alpha'$, $1/1^\circ\text{C}$, древесины		
	Сырой		Сухой
	первый нагрев	последующие нагревы	
Радиальное	-29	-5	+28,5
Тангенциальное	+25	-5	+48,0

2.2.5. Электрические свойства (electrical properties)

В эту группу свойств входит электропроводность (electrical conductivity) - способность древесины проводить электрический ток, которая находится в обратной зависимости от электрического сопротивления (electrical resistance).

Сухая древесина относится к диэлектрикам. С повышением влажности древесины сопротивление уменьшается. Особенно резкое снижение (в десятки миллионов раз) сопротивления наблюдается при увеличении содержания связанной воды. Дальнейшее увеличение влажности вызывает падение сопротивления лишь в десятки или сотни раз. Этим объясняется снижение точности определения влажности электровлагомерами в области, выше $W_{\text{пн}}$.

Под электрической прочностью (electrical strength) понимают способность древесины противостоять пробую, т.е. снижению сопротивления при больших напряжениях.

Диэлектрические свойства (dielectrical properties) характеризуют поведение древесины в переменном электрическом поле. Показатели: диэлектрическая проницаемость и тангенс угла потерь.

Диэлектрическая проницаемость (dielectric constant) равна отношению емкости конденсатора с прокладкой из древесины к емкости конденсатора с воздушным зазором между электродами. Этот показатель для сухой древесины равен 2-3.

Тангенс угла диэлектрических потерь (dissipation factor) - характеризует долю подведенной мощности тока, которая поглощается древесиной и превращается в тепло.

Пьезоэлектрические свойства (piezoelectrical properties) проявляются в том, что под действием механических усилий на поверхности древесины возникают электрические заряды.

2.2.6. Звуковые свойства (sound properties)

Одно из этих свойств - звукопроводность, показателем которой является скорость звука (speed of sound). Скорость звука C , м/с, в древесине можно определить по формуле

$$C = \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \quad (2.21)$$

где E - динамический модуль упругости, Н/м²; ρ - плотность древесины, кг/м.

Другой важный показатель, характеризующий способность древесины отражать звук, - *акустическое сопротивление* (acoustic resistance), Па·с/м

$$R = \rho \cdot C \quad (2.22)$$

Для изготовления дек музыкальных инструментов используют так называемую резонансную древесину. Показателем ее резонансных свойств является *акустическая константа* (acoustic constant), м⁴/(кг·с)

$$K = \sqrt{\frac{E}{\rho^3}}. \quad (2.23)$$

Наибольшая величина акустической константы характерна для древесины ели, пихты и кедра.

2.2.7. Свойства древесины, проявляющиеся под воздействием электромагнитных излучений

Поверхностные зоны древесины могут эффективно прогреваться с помощью невидимых инфракрасных лучей (infra-red radiation). Значительно глубже - до 10-15 см - проникают в древесину лучи видимого света (luminous radiation). По характеру отражения световых лучей можно оценивать наличие видимых пороков древесины.

Световое лазерное излучение (laser radiation) прожигает древесину и в последнее время успешно используется для вырезания деталей сложной конфигурации.

Ультрафиолетовые лучи (ultra-violet radiation) проникают гораздо хуже в древесину, но вызывают свечение-люминесценцию, которое может быть использовано для определения качества древесины.

Рентгеновские лучи (x-radiation) используются для определения особенностей тонкого строения древесины, выявления скрытых пороков и в других случаях.

Из ядерных излучений (nuclear radiation) можно отметить β -излучения, которые используются при измерении плотности древесины растущего дерева. Гораздо шире могут применяться γ -излучения, которые глубже проникают в древесину и используются при определении ее плотности, обнаружении гнилей в рудничной стойке, конструкциях и т. д.

2.3. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА (mechanical properties)

Применение древесины в качестве конструкционного материала обусловлено способностью сопротивляться действию усилий, т.е. механическими свойствами.

Различают следующие свойства древесины, проявляющиеся под воздействием механических нагрузок: **прочность** (strength) - способность сопротивляться разрушению; **деформативность** (deformability) - способность сопротивляться изменению размеров и формы; **технологические** (workability) и **эксплуатационные свойства** (serviceability properties).

Показатели механических свойств древесины определяют обычно при следующих видах испытаний: растяжении, сжатии, изгибе и сдвиге. Поскольку древесина - анизотропный материал, т.е. материал с различными свойствами в разных направлениях, указывают направление действия нагрузок: вдоль или поперек волокон (в радиальном или тангенциальном направлении).

Из-за сопротивления древесины внешним нагрузкам в ней возникают внутренние силы. Эти силы, отнесенные к единице площади сечения (1 см^2), называются **напряжениями** (stresses) и выражаются в Н/мм^2 или МПа. Максимальное напряжение, предшествующее разрушению тела, называют **пределом прочности**.

Предел прочности определяют на малых (small), чистых (clear and straight grained), т.е. не имеющих пороков, образцах (specimens) в лабораториях на испытательных машинах. Эти образцы имеют базисное сечение с размерами $20 \times 20 \text{ мм}$ и должны включать не менее 4-5 годичных слоев. Некоторые виды испытаний производят на образцах, сечение которых отличается от указанного.

Показатели механических свойств сильно зависят от влажности. Влияние оказывает только связанная вода. Для того чтобы можно было сравнивать эти показатели, их значения приводят к нормализованной влажности равной 12 %, используя формулу

$$\sigma_{12} = \sigma_w [1 + \lambda (W - 12)], \quad (2.24)$$

где σ_{12} - показатель данного свойства при влажности 12 %; σ_w - показатель свойства при влажности W ; W - влажность древесины в момент испытаний; λ - поправочный коэффициент на влажность.

Прочность при сжатии (compressive) определяется на образцах призматической формы. Схема испытания на прочность при сжатии вдоль волокон (compressive parallel to grain) и размер образца показаны на рис.2.8а. Образец постепенно нагружают до разрушения. Затем по силоизмерителю испытательной машины отсчитывают максимальную нагрузку $P_{\max}$, Н. Предел прочности (maximum crushing strength) σ , МПа, вычисляют по формуле

$$\sigma_w = \frac{P_{\max}}{a \times b}, \quad (2.25)$$

где $a \times b$ - площадь сечения образца, мм^2 .

Вычисления проводят с округлением до 5 кгс/см^2 .

Предел прочности при $W > 30\%$ рассчитывают по формуле (2.24), λ – поправочный коэффициент на влажность, равный 0,04, для всех пород, а также по формуле

$$\sigma_{12} = \frac{\sigma_w}{K_{30}}, \quad (2.26)$$

где K_{30} – коэффициент пересчета на влажность 30%, равный для сосны – 0,450; ели, пихты, осины – 0,445; для березы и лиственницы – 0,440.

В среднем для всех отечественных пород при влажности древесины 12% предел прочности на сжатие вдоль волокон составляет около 50 МПа. Прочность при сжатии поперек волокон (compressive perpendicular to grain) определяется по схеме на рис. 2.8б. Здесь указана равнодействующая сил, которые либо равномерно распределены по всей поверхности образца, либо – по всей ширине, но на части его длины (местное смятие).

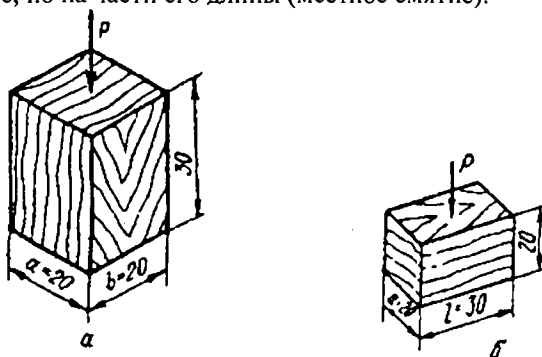


Рис. 2.8. Схема испытания древесины на сжатие:
а – вдоль волокон; б – поперек волокон

В том и в другом случаях определяют условный предел прочности. В качестве этого показателя используют предел пропорциональности (stress at the proportional limit), т.е. величину напряжений, до которых наблюдают линейную зависимость между напряжениями и деформациями. В среднем для всех пород он составляет 1/10 предела прочности при сжатии вдоль волокон.

Можно выделить наиболее типичные виды разрушения при сжатии вдоль волокон.

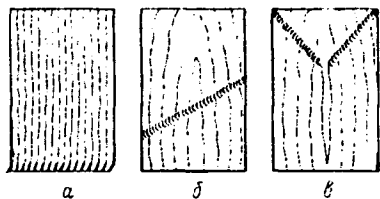


Рис 2.9. Типичные виды разрушения образца при сжатии вдоль волокон:
а – смятие торцов; б – косая складка;
в – встречные косые складки с продольным раскладом

Прочность древесины при сжатии вдоль волокон указана в таблице 2.9.

Таблица 2.9

Прочность древесины при сжатии вдоль

Порода	Предел прочности МПа при влажности, %	
	12	30 и более
Лиственница	64,5	25,5
Сосна	48,5	21,0
Ель	44,5	19,5
Кедр	42,0	18,5
Пихта сибирская	39,0	17,5
Акация белая	75,5	41,5
Граб	60,0	26,5
Клен	59,5	28,0
Ясень	59,0	32,5
Дуб	57,5	31,0
Бук	55,5	26,0
Орех грецкий	55,0	24,0
Береза	55,0	22,5
Вяз	48,0	25,0
Липа	45,5	24,0
Ольха	44,0	23,5
Осина	42,5	19,0
Тополь	39,0	18,0

Испытания на прочность при растяжении (tension) проводятся на образцах иного вида (рис. 2.10).

Такая форма образцов обусловлена стремлением обеспечить разрушение в тонкой рабочей части, а не в месте закрепления, под воздействием именно растягивающих напряжений.

В среднем для всех пород предел прочности при растяжении (maximum tensile) вдоль волокон равен 130 МПа, а предел прочности при растяжении поперек волокон в 20 раз ниже. Поэтому при конструировании изделий из древесины избегают растягивающих нагрузок, направленных поперек волокон.

Для испытания древесины на статический изгиб (static bending) применяют образцы в форме бруска размерами 20 x 20 x 300 мм (рис. 2.11). Предел прочности при статическом изгибе (modulus of rupture), МПа, вычисляют по формуле

$$\sigma_w = \frac{3}{2} \cdot \frac{P_{\max} \cdot l}{b \cdot h^2}, \quad (2.27)$$

где $P_{\max}$ - максимальная нагрузка, Н; l - пролет, т.е. расстояние между центрами опор, равный 240 мм; b и h - ширина (в радиальном) и высота (в тангенциальном) направлениях, мм.

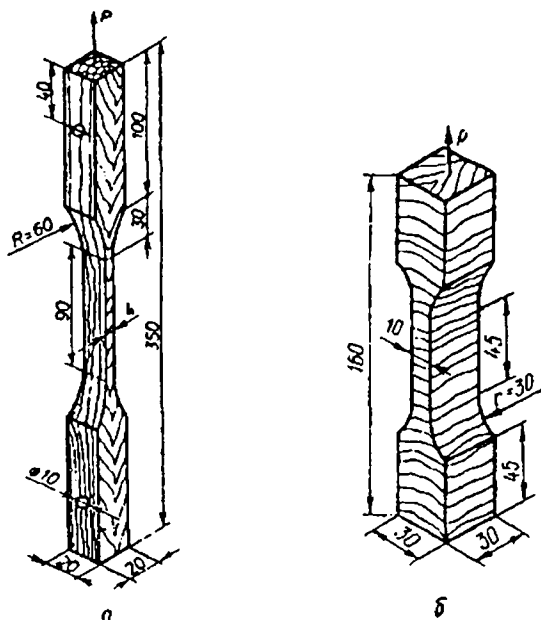


Рис. 2.10. Схема испытания древесины на растяжение:
а - вдоль волокон; б - поперек волокон

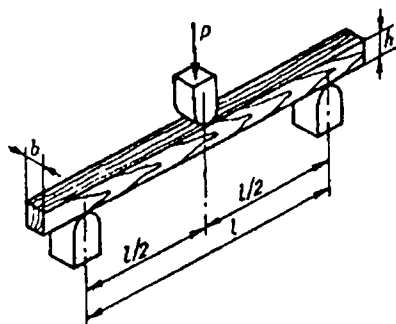


Рис. 2.11. Схема испытания древесины
на статический изгиб

В среднем предел прочности при статическом изгибе составляет 100 МПа.

При испытаниях к образцу прикладывают две равные и противоположно направленные силы, вызывающие разрушение в параллельной им плоскости, происходит сдвиг (shear). Различают три вида испытаний на сдвиг: скалывание вдоль волокон (shear parallel to grain), скалывание поперек волокон (shear perpendicular to grain) и перерезание древесины поперек волокон (cutting perpendicular to grain). Схемы действия сил при этих испытаниях показаны на рис. 2.12. Нагрузки могут быть приложены не только в радиальном, как показано на схемах, но и в тангенциальном направлении.

Для испытания на скалывание вдоль волокон применяют образец, форма и размеры которого показаны на рис. 2.13.

Предел прочности при скалывании вдоль волокон определяют по формуле

$$\tau_w = \frac{P_{\max}}{b \cdot l}, \quad (2.28)$$

где $b \cdot l$ - площадка скалывания, мм².

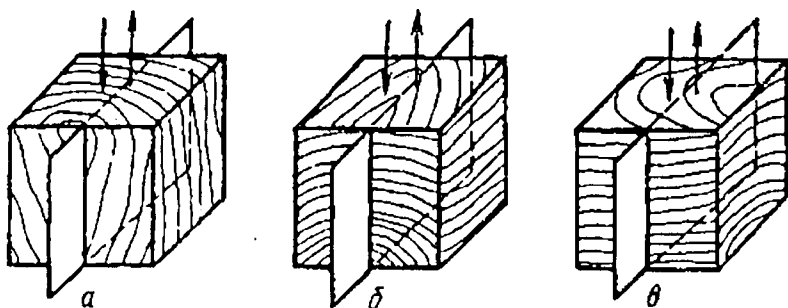


Рис. 2.12. Схемы действия сил при разных видах испытаний древесины на сдвиг: а - скалывание вдоль волокон; б - скалывание поперек волокон; в - перерезание древесины поперек волокон

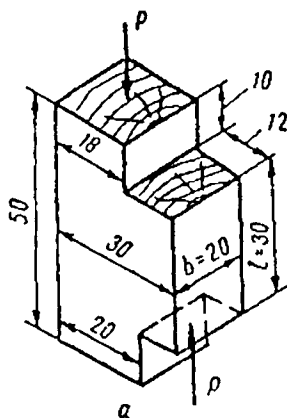


Рис. 2.13. Образец для испытания древесины на скалывание вдоль волокон

Величина предела прочности - максимальных касательных напряжений при скалывании вдоль волокон в среднем для всех пород составляет примерно 1/5 от предела прочности при сжатии вдоль волокон. Предел прочно-

сти при скалывании поперек волокон в 2 раза меньше, а предел прочности при перерезании поперек волокон в 4 раза больше, чем предел прочности при скалывании вдоль волокон.

Условный предел прочности при сжатии поперек волокон ($\sigma_{y.w.}$, кгс/см²) вычисляют с точностью 1 кгс/см² по формуле:

$$\sigma_{y.w.} = \frac{P_{y.n.}}{a \times c}, \quad (2.29)$$

где $P_{y.n.}$ – нагрузка, соответствующая условному пределу прочности, кгс;
 a и c – ширина и длина образца, см.

Полученные результаты пересчитывают на влажность 12%. Для образцов с влажностью меньше предела гигроскопичности используют формулу:

$$\sigma_{y.12} = \sigma_{y.w.} [1 + \lambda(W - 12)], \quad (2.30)$$

где λ – поправочный коэффициент на влажность, равный 0,035 для всех пород;
 $\sigma_{y.w.}$ – условный предел прочности при влажности в момент испытания, кгс/см²;

W – влажность древесины в момент испытания, %.

Для образцов с влажностью 30% и более:

$$\sigma_{y.12} = \sigma_{y.w.} \times K_{30}, \quad (2.31)$$

где K_{30} – пересчетный коэффициент при влажности 30%, равный 1,67 – для лиственных пород при радиальном и тангенциальном направлениях сжатия и для хвойных пород при радиальном сжатии; 2,45 – для хвойных пород при тангентальном сжатии.

Деформативность (deformability). При кратковременных нагрузках в древесине возникают преимущественно упругие деформации, которые после разгрузки исчезают. До определенного предела зависимость между напряжениями и деформациями близка к линейной (закон Гука). Основным показателем деформативности служит коэффициент пропорциональности – модуль упругости (modulus of elasticity). Модуль упругости вдоль волокон $E = 12-16$ ГПа, что в 20 раз больше, чем поперек волокон. Чем больше модуль упругости, тем более жесткая древесина.

Кроме этого, показателями деформативности служат модуль сдвига (modulus of rigidity) и коэффициент поперечной деформации (Poisson's ratio).

С увеличением содержания связанной воды и температуры древесины жесткость ее снижается. В нагруженной древесине при высыхании или охлаждении часть упругих деформаций преобразуется в "замороженные" (frozen) квази-остаточные деформации. Они исчезают при нагревании или увлажнении.

Поскольку древесина состоит в основном из полимеров с длинными гибкими цепными молекулами, ее деформативность зависит от продолжительности воздействия нагрузок. Механические свойства древесины, как и других полимеров, изучаются на базе общей науки – реологии (rheology). Для науки

рассматривает общие законы деформирования материалов под действием нагрузки с учетом фактора времени. С увеличением длительности действия нагрузки деформации возрастают. При этом значительная часть образующихся деформаций сохраняется после разгрузки (остаточные деформации).

Эксплуатационные и технологические свойства (serviceability and workability properties). Прочность древесины при длительных постоянных нагрузках важно знать в связи с ее применением в строительных конструкциях. Показателем этого свойства является предел длительного сопротивления (long time strength или durability) $\sigma_{дс}$, который в среднем для всех видов нагрузки составляет примерно 0,5-0,6 величины предела прочности при кратковременных статических испытаниях.

Показателем прочности при переменных (вибрационных) нагрузках является предел выносливости (limit of endurance), средняя величина которого составляет примерно 0,2 от статического предела прочности.

При проектировании деревянных конструкций в расчетах используют не пределы прочности малых образцов древесины, а в несколько раз меньшие показатели - расчетные сопротивления. Они учитывают большие размеры элементов конструкции, наличие пороков древесины, длительность действия нагрузки, влажность, температуру и другие факторы.

Ударная вязкость (impact bending) характеризует способность древесины поглощать работу при ударе без разрушения и определяется при испытаниях на изгиб. Ударная вязкость у древесины лиственных пород в среднем в 2 раза больше, чем у древесины хвойных пород.

Твердость (hardness) характеризует способность древесины сопротивляться вдавливанию более твердого тела. Испытания на статическую твердость проводят по схеме, показанной на рис. 2.14.

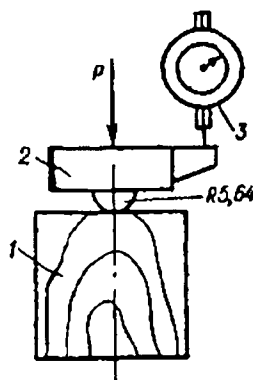


Рис. 2.14. Схема испытания древесины на статическую твердость:

1 - образец; 2 - пуансон с полусферическим наконечником;

3 - индикатор часового типа

Для испытания на твердость используют приспособление, которое имеет пуансон с полусферическим наконечником, радиус которого $R = 5.64$ мм. Его вдавливают на глубину радиуса. После испытания в древесине остается отпечаток, площадь проекции которого при указанном радиусе полусферы составляет 100 мм^2 . Показателем статической твердости образца, Н/мм^2 , является усилие, отнесенное к этой площади. Статическая твердость торцевой поверхности выше, чем боковых поверхностей.

Все отечественные породы по твердости торцевой поверхности при влажности 12 % делят на 3 группы: мягкие (твердость 40 Н/мм^2 и менее): сосна, ель, пихта, кедр; ольха, осина, липа, тополь и др.; твердые (41-80): лиственница, береза, вяз, ильм, бук, клен, груша и др. и очень твердые (более 80 Н/мм^2): тис, акация, граб, береза железная, кизил, самшит, фисташка.

Ударную твердость определяют, сбрасывая стальной шарик диаметром 25 мм с высоты 0,5 м на поверхность образца. От удара шарика на поверхности образца остается отпечаток, величина которого тем больше, чем меньше твердость древесины. Ударную твердость образца, Дж/см^2 , вычисляют по формуле

$$H_w^y = \frac{4G \cdot h}{\pi \cdot d_1 \cdot d_2}, \quad (2.32)$$

где G - вес шарика; h - высота падения, м; d_1 и d_2 - диаметры отпечатка, см.

Износостойкость (wear resistance) - способность древесины сопротивляться износу, т.е. постепенному разрушению ее поверхностных зон при трении. Испытания на износостойкость древесины показали, что износ с боковых поверхностей значительно больше, чем с поверхности торцового разреза. С повышением плотности и твердости древесины износ уменьшается. У влажной древесины износ больше, чем у сухой.

Уникальным свойством древесины является способность **удерживать крепление** (ability to hold fastenings): гвозди, шурупы, скобы, костыли и др. При забивании гвоздя в древесину возникают упругие деформации, которые обеспечивают достаточную силу трения, препятствующую выдергиванию гвоздя. Усилие, необходимое для выдергивания гвоздя, забитого в торец образца, меньше усилия, прилагаемого к гвоздю, забитому поперек волокон. С повышением плотности сопротивление древесины выдергиванию гвоздя или шурупа увеличивается. Усилия, необходимые для выдергивания шурупов (при прочих равных условиях), больше, чем для выдергивания гвоздей, так как в этом случае к трению присоединяется сопротивление волокон перерезанию и разрыву.

Технологическая операция гнутья древесины основана на ее способности сравнительно легко деформироваться при действии изгибающих усилий. Способность гнуться (bending quality) выше у кольцесосудистых пород - дуба, ясеня и др., а из рассеянно-сосудистых - бука; хвойные породы обладают меньшей способностью к загибу. Гнутью подвергают древесину, находящуюся в нагретом и влажном состоянии. Это увеличивает податливость

древесины и позволяет вследствие образования замороженных деформаций при последующем охлаждении и сушке под нагрузкой зафиксировать новую форму детали.

Для сравнительной оценки качества древесины используют так называемые **удельные характеристики механических свойств**, т.е. показатели ее механических свойств, отнесенные к единице плотности.

Удельная прочность (specific strength) при сжатии и статическом изгибе у хвойных пород выше, чем у лиственных. Значительно выше у хвойных пород и удельная жесткость (specific stiffness). По остальным свойствам удельные характеристики у древесины лиственных пород выше, чем у хвойных.

Удельные характеристики древесины имеют особое значение, когда от изделия или конструкции требуется высокая прочность при малом весе. Это важно для транспортного машиностроения, авиастроения, судостроения и в других случаях.

Лабораторная работа № 8

Определение предела прочности древесины при сжатии вдоль и поперек

Цель работы: изучить методику предела прочности древесины при сжатии вдоль и поперек.

Приборы и материалы: испытательная машина, штангенциркуль с точностью измерения не менее 0,1 мм, весы аналитические с погрешностью взвешивания не более 0,001 г или весы технические с точностью взвешивания до 0,01 г, боксы с притертыми крышками, сушильный шкаф, обеспечивающий высушивание древесины при температуре $103 \pm 2^\circ\text{C}$, эксикатор с безводным хлористым кальцием или серной кислотой плотностью $1,84 \text{ г/см}^3$, образцы древесины размером 20x20x30 мм.

Порядок выполнения работы:

При испытании на сжатие вдоль волокон измеряются размеры поперечного сечения образца (а и в) с точностью до 0,1 мм. Образец помещают на опорную платформу испытательной машины и равномерно нагружают со скоростью $2500 \pm 500 \text{ кгс/мин}$. Нагружение продолжают до разрушения образца, что обнаруживается по движению стрелки силоизмерителя в обратном направлении. По шкале силоизмерителя отсчитывают максимальную нагрузку (P_{max}).

Определение условного предела прочности древесины при сжатии поперек волокон проводят как в радиальном, так и в тангенциальном направлениях. Перед испытанием замеряют длину образца (с) и ширину (а) посередине радиальной поверхности (для тангенциального направления) или посередине тангенциальной поверхности (в) для радиального направления с точностью до 0,1 мм. Образец помещают в испытательную машину и нагружают со скоростью $100 \pm 20 \text{ кгс/мин}$. Нагрузку, соответствующую условному преде-

лу прочности ($P_{y.w}$), определяют по диаграмме как ординату в месте перехода прямолинейного участка в криволинейный.

Одновременно с проведением испытаний определяют влажность древесины по методике, изложенной в лабораторной работе №5. Результаты, характеризующие предел прочности, переводят на 12 % влажность по приведенным формулам. Работа оформляется в виде таблицы по форме 4:

Форма 4

Журнал определения предела прочности древесины при сжатии вдоль и поперек волокон

№ образца	Направление приложения нагрузки	Масса образца, г		Влажность $W_{\%}$, %	Размеры образца до высушивания, мм			Максимальная нагрузка	Предел прочности при сжатии вдоль волокон, кгс/см ²		Нагрузка, соответствующая условному пределу прочности, P_y , кгс	Условный предел прочности при сжатии поперек волокон, кгс/см ²	
		До высушивания	После высушивания		В радиальном направлении, а	В тангенциальном направлении, в	Вдоль волокон, с		$\sigma_{\parallel}$	$\sigma_{\perp}$		$\sigma_{y\parallel}$	$\sigma_{y\perp}$

Контрольные вопросы:

1. Какие механические показатели древесины вы знаете?
2. С какой целью определяют предел прочности при сжатии вдоль или поперек волокон?
3. Как изменяется прочность древесины при увеличении ее влажности?
4. Какие образцы древесины необходимы для определения предела прочности при сжатии вдоль и поперек волокон?
5. Какая взаимосвязь существует между плотностью и прочностью древесины?

Литература: [7, с. 4-9; 8, с. 64-68; 9; 10]

3. ПОРОКИ ДРЕВЕСИНЫ (defects of wood)

Изменение внешнего вида, нарушение правильности строения, целостности тканей и другие недостатки, снижающие качество древесины и ограничивающие возможность ее практического использования, называются пораками древесины.

В ГОСТе 2140-81 все пороки разделены на 9 групп. Номера групп отражают в определенной мере распространенность пороков. В каждую группу входят несколько видов пороков; некоторые из них подразделяются на разновидности.

Все круглые лесоматериалы можно разделить на 3 сорта, используя ГОСТ 9463-88, ГОСТ 9462-88. *Сорт* – это показатель качества, определяемый наличием и специфичностью выраженности пороков в древесине.

3.1. СУЧКИ (knots)

Основания ветвей, заключенные в древесине, называются сучками. По форме разреза сучки делятся на круглые, овальные и продолговатые (рис. 3.1).

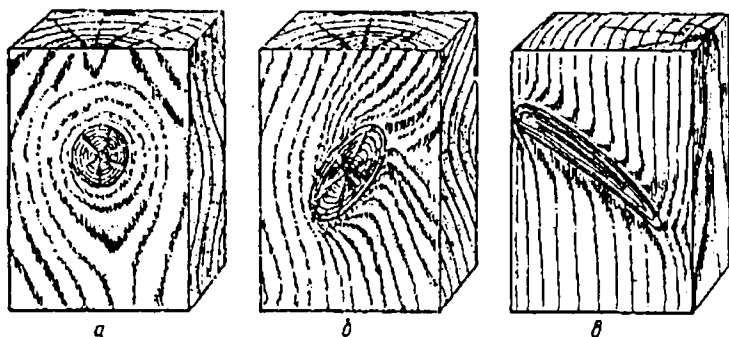


Рис. 3.1. Сучки: а - круглый; б - овальный; в - продолговатый

Круглым (round) сучок называется, если отношение его большего диаметра к меньшему не превышает 2; овальным (oval), если это отношение равно 2-4 и продолговатым (splay) - более 4.

По положению в пиленном сорimente различают сучки пластовые (face), выходящие на широкую сторону (пласть); кромочные (edge) - на узкую сторону (кромку); ребровые (arris) - одновременно на смежные пласть и кромку; торцовые (end) - на короткую сторону (торец) соримента. Если сучок пронизывает всю пласть или кромку и выходит на два ребра, его называют шивным (рис. 3.2, а).

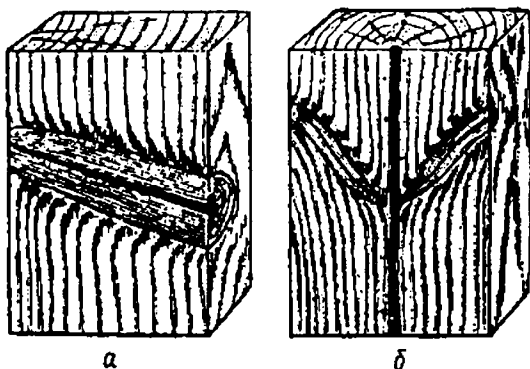


Рис. 3.2. Сучки: а - шивной; б - разветвленный

По взаимному расположению в пиленном сорimente различают сучки разбросанные (scattered), отстоящие друг от друга по длине на расстоянии, большем, чем его ширина, и групповые (group), расположенные на отрезке длины, равном его ширине.

При мутовчатом расположении ветвей, особенно характерном для сосны и лиственницы, образуются разветвленные (branched) сучки (рис. 3.2,б).

По степени срастания с окружающей древесиной различают сучки сросшиеся (intergrown), частично-сросшиеся (partially intergrown) и несросшиеся (dead), у которых годовичные слои не срослись с окружающей древесиной на протяжении соответственно: менее $1/4$; более $1/4$, но менее $3/4$; более $3/4$ периметра разреза сучка.

По состоянию древесины сучка они делятся на здоровые, загнившие, гнилые и табачные. Здоровые сучки (sound) не имеют признаков гнили и бывают светлыми, темными и с трещинами. Загнившими (unsound) и гнилыми (rotten) называются сучки, у которых зона гнили занимает соответственно менее или более $1/3$ площади разреза.

У табачных сучков древесина полностью или частично сгнила и превратилась в рыхлую массу ржаво-бурого (табачного) цвета, легко растирающуюся в порошок.

При использовании древесины сучки в большинстве случаев оказывают отрицательное влияние - ухудшают внешний вид древесины, нарушают ее однородность, вызывают искривление волокон, что приводит к снижению прочности. Вследствие большей твердости по сравнению с окружающей древесиной сучки затрудняют обработку режущими инструментами.

Влияние сучков на прочность древесины сосны указано в таблице 3.1.

Влияние сучков на прочность древесины сосны

Размер сучка в долях ширины или толщины детали	Прочность, % от прочности чистой древесины	
	при статическом изгибе	при сжатии вдоль волокон
0,05	90	93
0,10	86	88
0,15	82	83
0,20	77	78
0,25	72	73
0,30	67	68
0,35	63	63
0,40	58	58
0,45	54	53
0,50	49	48

Влияние сучков на прочность древесины лиственных пород указано в таблице 3.2.

Таблица 3.2

Влияние сучков на прочность древесины лиственных пород

Размер сучка в долях ширины детали	Прочность при статическом изгибе, % от прочности чистой древесины		
	березы	бука	дуба
0,10	84	92	88
0,20	76	72	85
0,30	70	62	85
0,40	-	56	77
0,50	-	47	-

Степень влияния сучков на величину модуля упругости древесины сосны при сжатии вдоль волокон и статическом изгибе можно проследить по данным Н.Л. Леонтьева, представленным в таблице 3.3.

Таблица 3.3

Влияние сучков на величину модуля упругости древесины сосны

Размер сучка в долях толщины или высоты образца	Модуль упругости, % от модуля упругости чистой древесины	
	при сжатии вдоль волокон	при статическом изгибе
0,20	67	82
0,40	58	74
0,64	-	55
0,85	50	-

3.2. ТРЕЩИНЫ (shakes)

Трещины - это продольные разрывы древесины, которые образуются под действием внутренних напряжений, достигающих предела прочности древесины на растяжение поперек волокон.

По типу трещины делятся на метиковые, отлупные и морозные, появляющиеся в растущем дереве, и трещины усушки, возникающие в срубленной древесине.

Метиковые трещины (heart shakes) представляют собой одну или несколько внутренних радиальных трещин протяженностью вдоль ствола до 10 и более метров. Их делят на простые (рис. 3.3, а) и сложные (рис. 3.3, б и 3.3, в). Метиковые трещины образуются в процессе роста дерева и, возможно, при валке дерева - от удара о землю.

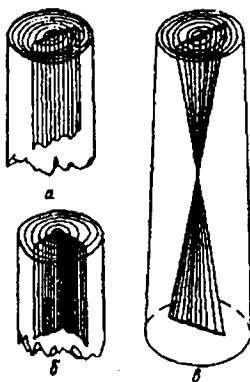


Рис. 3.3. Метиковые трещины: а - простая; б, в - сложные

Отлупные трещины (ring shakes) - это отслоения (по годичному слою) древесины внутри ядра или спелой древесины. Отлуп можно обнаружить в круглых лесоматериалах только на торцах в виде дугообразных или кольцевых трещин (рис. 3.4 а, б), в пиломатериалах - на торцах в виде трещин-луночек, а на боковых поверхностях в виде продольных трещин или желобчатых углублений (рис. 3.4, в).

Морозные трещины (frost cracks) представляют собой наружные продольные разрывы древесины стволов, распространяющиеся вглубь ствола по радиальным направлениям (рис. 3.5). Они образуются при резком снижении температуры зимой.

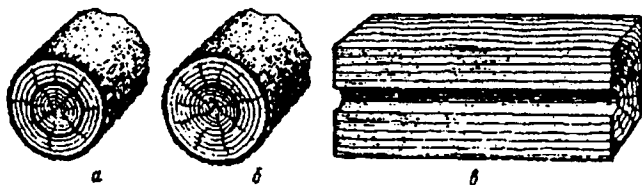


Рис. 3.4. Отлупные трещины: а, б - в круглых сортиментах; в - в пиломатериалах

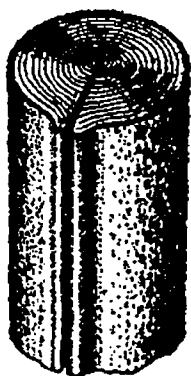


Рис. 3.5. Морозная трещина

Трещины усушки (seasoning checks) возникают в лесоматериалах под действием внутренних напряжений при сушке. Трещины распространяются от боковой поверхности вглубь сортимента по радиальным направлениям (рис. 3.6). От метиковых и морозных трещин отличаются тем, что они короче (не более 1 м) и меньшей глубины. В зависимости от того, на какой стороне пилопродукции их обнаруживают, различают торцовые (end shakes) и боковые трещины (side shakes), которые, в свою очередь, подразделяются на пластевые и кромочные.



Рис. 3.6. Трещины: а - торцовые; б - пластевые; в - кромочные

Если трещины распространяются на глубину менее $1/10$ толщины сортимента (но не более 7 см для круглых лесоматериалов и 5 мм для пилопродукции), они называются *неглубокими* (shallow shakes), если на большую глубину - *глубокими* (deep shakes). *Сквозными* (through shakes; split) называются трещины, выходящие на две боковые стороны или два торца сортимента.

Трещины снижают прочность древесины и способствуют проникновению воды и спор грибов вглубь сортимента.

3.3. ПОРОКИ ФОРМЫ СТВОЛА

Сбежистость (taperingness). Для всех стволов деревьев характерно постепенное уменьшение диаметра в направлении от комля к вершине (сбег). Если на каждый метр высоты ствола (длины сортимента) диаметр уменьшается более чем на 1 см, то такое явление считается пороком - сбежистостью. Стволы лиственных пород более сбежисты, чем хвойных. Сбежистость увеличивает количество отходов при распиловке сортиментов и их лущении, а также становится причиной появления в пиломатериалах порока - радиального наклона волокон.

Закомелистость (buttress). Это частный случай сбежистости, когда наблюдается резкое увеличение диаметра в нижней части ствола (рис. 3.7); диаметр круглых лесоматериалов у комлевого торца более чем в 1,2 раза превышает диаметр сортимента на расстоянии 1 м от этого торца. По форме поперечного сечения комлевой части различают закомелистость округлую и ребристую.

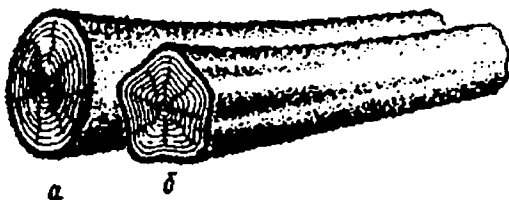


Рис. 3.7. Закомелистость: а - округлая; б - ребристая

Овальность (ovalness) характеризуется эллипсовидной формой торца круглых лесоматериалов, при которой наибольший диаметр не менее чем в 1,5 раза превышает меньший. Овальность сопровождается кренью или тяговую древесину.

Наросты (burl). Это разной формы местные утолщения ствола. Они могут быть с гладкой или бугристой окоренной поверхностью и свилеватым строением древесины (капы). Наросты затрудняют использование круглых лесоматериалов и осложняют их переработку, однако древесина капов ценится как материал для художественных поделок и сырье для облицовочного строганого шпона.

Кривизна (curvature). Искривление ствола по длине может происходить по разным причинам: вследствие потери верхушечного побега и замены его боковой ветвью, из-за наклона дерева в сторону лучшего освещения, при росте на горных склонах и по другим причинам. Различают кривизну простую и сложную, характеризующуюся соответственно одним или несколькими изгибами сортимента.

3.4. ПОРОКИ СТРОЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Все пороки этой группы можно разделить на 7 подгрупп.

3.4.1. Неправильное расположение волокон и годичных слоев

Наклон волокон (slope of grain) - это отклонение волокон от продольной оси сортимента. Различают две разновидности этого порока - тангенциальный и радиальный.

Тангенциальный наклон волокон (spiral grain) характеризуется спиральным расположением волокон. В круглых лесоматериалах он обнаруживается на боковой поверхности по направлению бороздок коры или в окоренных сортиментах по винтовым трещинам (рис. 3.8 а, б).

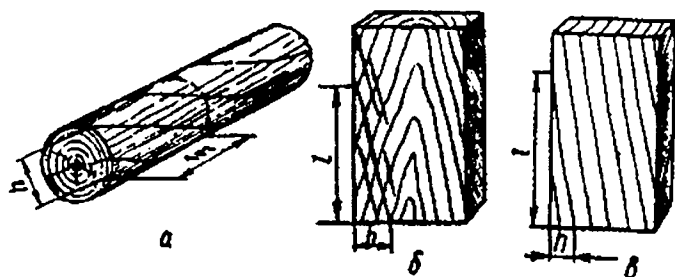


Рис. 3.8. Наклон волокон и способы его измерения:

а - тангенциальный наклон в круглых лесоматериалах;

б, в - тангенциальный и радиальный наклон волокон в пилопродукции

В пилопродукции на тангенциальном разрезе - по отклонению направления смоляных ходов, сосудов, сердцевинных лучей, трещин от продольной оси сортимента.

Радиальный наклон волокон получается при распиловке сильно сбежистых, закомелистых и кривых бревен. Если резы пилы проходят параллельно продольной оси бревна, то годичные слои и, следовательно, волокна на радиальной поверхности пиломатериала оказываются расположенными под углом к ребру сортимента (рис. 3.8, в).

Наклон волокон снижает прочность древесины, увеличивает усушку сортиментов в продольном направлении и служит причиной образования винтовой покоробленности (крыловатости) пиломатериалов.

Свилеватость (curly-grain) - это извилистое или беспорядочное расположение волокон, которое чаще встречается у лиственных пород.

Волнистая свилеватость (wavy-grain) выражается в более или менее упорядоченном расположении волнообразно изогнутых волокон, создает характерную струйчатую текстуру (рис. 3.9).



Рис. 3.9. Волнистая свилеватость у березы

Путаная свилеватость (interlocked grain) характеризуется беспорядочным расположением волокон; встречается главным образом в древесине наростов (капов). Свилеватость снижает прочность древесины и затрудняет ее механическую обработку. Вместе с тем свилеватость (особенно путаная) создает красивую текстуру, которая высоко ценится при использовании древесины в качестве декоративного материала. Поэтому свилеватость следует считать условным пороком.

Завиток (curl) - это местное искривление годовичных слоев у сучков и проростей (рис. 3.10).

Завитки снижают прочность древесины. Наибольшее снижение прочности наблюдается при наличии сквозных завитков, выходящих на две противоположные стороны сортамента.

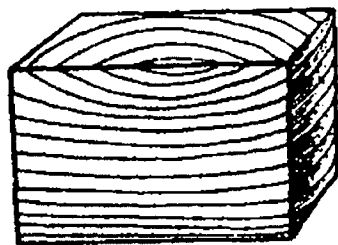


Рис. 3.10. Завиток односторонний

3.4.2. Реактивная древесина

В наклоненных или изогнутых стволах и ветвях под действием силы тяжести, ветровой нагрузки, напряжений роста и других факторов образуется особая древесина, получившая название реактивной. Различают два порока, обусловленные образованием реактивной древесины: крень и тяговая древесина.

Крень (compression wood) выражается в кажущемся увеличении ширины поздней зоны годовичных слоев и встречается у хвойных пород. Кренивая древесина лишь по цвету напоминает позднюю. Крень образуется преимущественно в сжатой зоне изогнутых стволов, т.е. на нижней, обращенной к земле, стороне.

Сплошная (total) крень (рис.3.11,а) обнаруживается на торцах стволов, длительно подвергавшихся изгибу, в виде темноокрашенного участка, занимающего иногда более половины сечения, которое имеет овальную форму. Сердцевина смещена в сторону нормальной древесины.

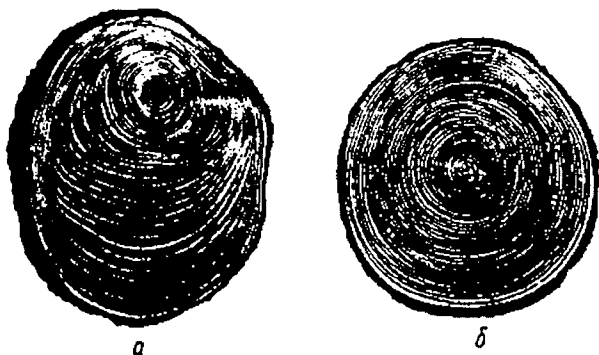


Рис. 3.11. Крень: а - сплошная; б - местная

Местная (local) крень (рис. 3.11, б) возникает при кратковременном изгибе ствола или действии других факторов. На торце ствола заметна в виде дугообразных участков, захватывающих один или несколько годовичных слоев.

Усушка поперек волокон у креновой древесины примерно в 2 раза меньше, чем у нормальной, однако усушка вдоль волокон значительно (в 4-5 раз) больше. Это вызывает продольное коробление и растрескивание пилопродукции.

Тяговая древесина (tension wood)- порок древесины лиственных пород. В отличие от крени он образуется в верхней (растянутой) зоне искривленных или наклоненных стволов и ветвей некоторых пород (бука, тополя и др.). На торцах лесоматериалов тяговая древесина имеет вид дугообразных участков, отличающихся цветом и структурой (пушисто-бархатистой поверхностью) от нормальной древесины.

Тяговая древесина затрудняет механическую обработку пиломатериалов, приводя к образованию ворсистых и мшистых поверхностей. Отличается повышенной усушкой вдоль волокон и меньшей - поперек волокон.

3.4.3. Нерегулярные анатомические образования

Ложное ядро (false heartwood) - так называется темнокрашенная внутренняя зона древесины лиственных пород (березы, бука, ольхи, осины, клена, граба, липы и др.). Граница ложного ядра обычно не совпадает с годовичными слоями. От заболони оно отделено чаще темной каймой.

Различают округлое, звездчатое и лопастное ложное ядро (рис.3.12).

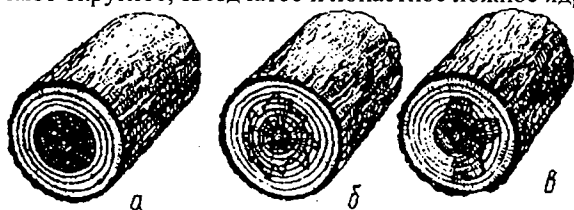


Рис. 3.12. Ложное ядро: а - округлое; б - звездчатое; в - лопастное

Причинами его образования могут быть возрастная дифференциация тканей, раневая реакция дерева, воздействие грибов, влияние сильных морозов. Ложное ядро ухудшает внешний вид древесины, снижает ее способность к загибу.

Внутренняя заболонь (false sap). В древесине дуба, ясеня (иногда и у других лиственных пород) в зоне ядра образуется несколько смежных годичных слоев, похожих на заболонь по цвету и другим свойствам (рис. 3.13).

Внутренняя заболонь образуется вследствие нарушения нормальной деятельности камбия, которое вызвано морозами. Внутренняя заболонь имеет значительно меньшую стойкость против загнивания, чем ядро, легко пропускает жидкости.

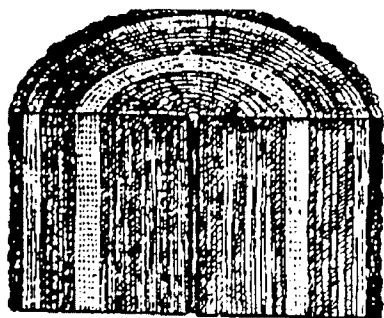


Рис. 3.13. Внутренняя заболонь

Пятнистость (flecks). В древесине растущих деревьев лиственных пород вследствие раневой реакции, воздействия химических факторов, грибов и насекомых образуются сравнительно небольшие по размеру темноокрашенные участки древесины (по цвету напоминающие ядро и сердцевину).

Тангенциальная пятнистость чаще всего встречается у бука и заметна на торцах в виде вытянутых по годичному слою пятен. На тангенциальных разрезах - продольные широкие, на радиальных - узкие полосы коричневого цвета.

Радиальная пятнистость встречается у всех лиственных (чаще у березы) на торцах в виде небольших пятен темно-бурого цвета, вытянутых по радиальному направлению. На продольных разрезах пятнистость наблюдается в виде продольных полос, суживающихся по концам.

Прожилки, или сердцевинные повторения (medullary spots), представляют собой заросшие рыхлой паренхимной тканью следы повреждений камбиального слоя дерева личинками мух. Они постоянно встречаются в древесине березы, ольхи, рябины и др. в виде коричневых черточек, переплетающихся полосок, штрихов, хорошо заметны на продольных разрезах.

3.4.4. Сердцевина, смещенная и двойная сердцевина

Сердцевина (pith), представляющая собой часть ствола, описана ранее. В круглых сортаментах присутствие сердцевины неизбежно и поэтому пороком не считается. Пилопродукция с сердцевиной, как правило, при сушке растрескивается вследствие анизотропии усушки. Кроме того, сердцевина легко загнивает.

Смещенная (removed) сердцевина. Порок выражается в эксцентричном расположении сердцевины (рис. 3.11,а), затрудняющем использование круглых лесоматериалов; указывает на наличие реактивной древесины.



Рис. 3.14. Двойная сердцевина

Двойная (double) сердцевина. В сортиментах, выпиленных из ствола вблизи его разделения на отдельные вершины, могут быть обнаружены две сердцевины, а иногда и более (рис. 3.14).

Пиленые сортименты с двойной сердцевиной сильнее коробятся и растрескиваются. Распиловка и лущение круглых сортиментов затруднены и сопровождаются увеличением количества отходов.

3.4.5. Пасынок и глазки

Пасынок ("step-son") представляет собой отставшую в росте или отмершую вторую вершину ствола, которая пронизывает сортимент под острым углом к его продольной оси на значительном протяжении (рис. 3.15). Пасынок нарушает однородность строения древесины, а в пилопродукции – и целостность, снижает прочность.



Рис. 3.15. Пасынок

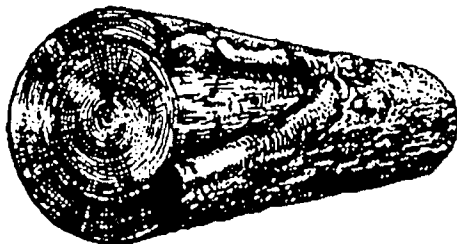


Рис. 3.16. Сухобокость

Глазки (eyes)- это следы неразвившихся в побег спящих почек. Диаметр глазков не более 5 мм. В мелких сортиментах глазки, особенно находящиеся в растянутой зоне опасного сечения, могут снизить прочность.

3.4.6. Раны

Сухобокость (scar)- это наружное одностороннее омертвление ствола (рис. 3.16). Лишенный коры углубленный участок вытянут по длине сортамента, по краям имеет наплывы. Этот порок образуется вследствие обдира, ушиба, ожога коры растущего дерева. Сухобокость изменяет правильную форму круглых сортиментов, вызывает завитки, нарушает целостность древесины у мест наплывов, снижает выход пиломатериалов и шпона.

Прорость (inbark) - это зарастающая или заросшая рана, содержащая кору и омертвелую древесину. Различают прорость открытую (рис. 3.17, а), выходящую только на боковую поверхность любого сортимента или на боковую поверхность и торец, и закрытую, которая обнаруживается только на торцах круглых лесоматериалов (рис.3.17, б).

Прорость нарушает целостность древесины и вызывает искривление годичных слоев. У хвойных пород сопровождается повышенной смолистостью.

Рак (cancer) - это рана, возникающая на поверхности ствола растущего дерева в результате деятельности грибов и бактерий. Рак может быть открытым (в виде незаросшей раны с плоским или неровным дном, ступенчатыми краями и наплывами у периферии) или закрытым (в виде заросшей раны с ненормальными утолщениями тканей коры и древесины возле пораженных мест).

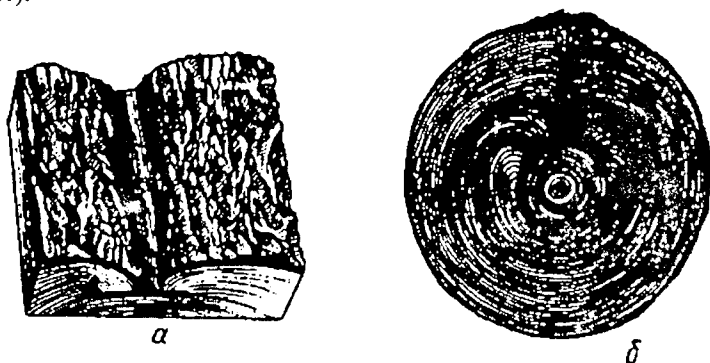


Рис. 3.17. Прорость: а - открытая; б - закрытая

При этом пороке нарушается правильная форма круглых сортиментов. В связи с изменением строения и повышенной смолистостью древесины у хвойных пород затрудняется использование сортиментов по назначению.

3.4.7. Ненормальные отложения в древесине

Засмолок (resin streak; pitch streak) - это обильно пропитанный смолой участок древесины, образующийся вследствие ранения стволов хвойных пород и отличающийся более темным цветом от окружающей древесины. Засмоленая древесина имеет значительно меньшую водопроницаемость, влаго- и водо-

поглощение, но большую плотность и стойкость к загниванию; плохо отделяется и склеивается.

Кармашек (pitch-pocket; resin-pocket; gum-pocket)- это полость внутри или между годичными слоями, заполненная смолой или камедями (рис. 3.18).

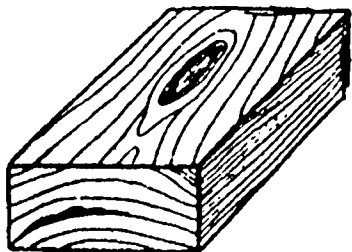


Рис. 3.18. Кармашек

Кармашки возникают в результате подкорового повреждения камбия при нагревании отдельных участков ствола солнечными лучам в морозный период. Вытекающая из кармашков смола препятствует отделке и склеиванию деталей изделий. В мелких деталях кармашки могут существенно снизить прочность древесины.

Водослой (wetwood) - это участки ядра или спелой древесины с повышенной влажностью в свежесрубленном состоянии.

Порок встречается в комлевой части ствола. Влажность сосны и ели в зоне водослоя в 3-4 раза превышает влажность здоровой древесины.

3.5. ХИМИЧЕСКИЕ ОКРАСКИ

Окраски этой группы возникают на свежесрубленной или сплавной древесине в результате химических и биохимических процессов. От окрасок грибного происхождения химические окраски отличаются большей равномерностью и расположением в поверхностных слоях древесины. После просыхания древесины окраски выцветают.

Продубина (tannin coloration) представляет собой красновато-коричневую или синевато-бурую окраску глубиной до 5 мм у сплавной древесины. Окраска появляется в результате окисления дубильных веществ. Желтизна наблюдается на сплавной древесине хвойных пород в виде сплошной поверхностной окраски лимонно-желтого цвета. Окраска возникает вследствие химических изменений в содержимом живых клеток заболони при недостатке кислорода. Химические окраски не влияют на физико-механические свойства древесины, а лишь ухудшают ее внешний вид.

3.6. ГРИБНЫЕ ПОРАЖЕНИЯ (fungal deteriorations)

Под воздействием грибов (fungi), низших споровых растений, в древесине происходят изменения двоякого рода. В одном случае под действием деревоокрашивающих грибов древесина только изменяет цвет, в другом - изменяются физико-механические свойства древесины. Такой процесс называется гниением, а вызывающие его грибы - дереворазрушающими.

Грибные ядровые пятна и полосы встречаются в растущих деревьях всех пород. Этот порок выражается в изменении цвета древесины (от бурого

го, красновато-коричневого до серо-фиолетового и черного) центральной зоны ствола.

В срубленной древесине дальнейшее развитие порока прекращается. Изменение окраски практически не снижает прочности древесины, но повышает водопоглощение, ухудшает биостойкость и внешний вид.

Ядровая гниль (heart rot) образуется в древесине растущего дерева под действием разрушающих грибов.

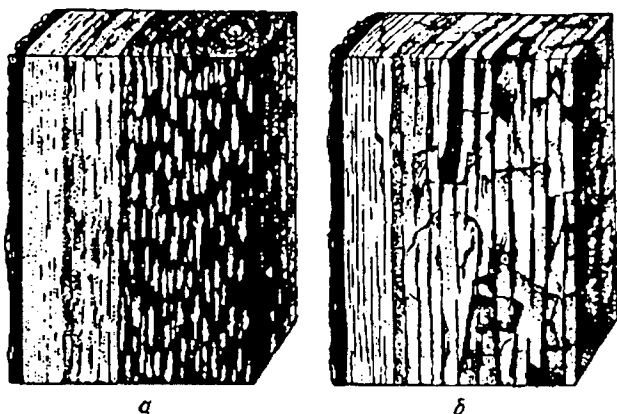


Рис. 3.19. Ядровые гнили: а - пестрая ситовая; б - бурая трещиноватая

Пестрая ситовая (rocket) гниль проявляется в том, что на красновато-буром фоне пораженной древесины появляются многочисленные мелкие белые или желтоватые пятнышки, вытянутые вдоль волокон. Древесина может долгое время сохранять целостность. При более сильном разрушении древесина приобретает ячеистую или волокнистую структуру (рис. 3.19, а), становится мягкой и легко расщепляется. Этот вид гнили встречается в древесине хвойных и лиственных пород.

Бурая трещиноватая (brown) гниль характеризуется бурым с различными оттенками цветом и трещиноватой структурой пораженной древесины (рис. 3.19, б). По трещинам древесина распадается на призматического вида кусочки, легко деформируется и растирается между пальцами в порошок. Встречается у хвойных и лиственных пород.

Белая волокнистая (white) гниль имеет светло-желтый или почти белый цвет, иногда на древесине видны узкие извилистые черные линии. Такая пестрая окраска напоминает рисунок мрамора. Гниль встречается в стволах деревьев лиственных пород.

Качество древесины с гнилью в зависимости от стадии гниения и размеров поражения понижается вплоть до того, что древесина оказывается полностью не пригодной для использования.

Плесень (mould) представляет собой поверхностную окраску в виде отдельных пятен или сплошного налета сине-зеленого, голубого, зеленого,

черного, розового и других цветов в зависимости от окраски спор и грибницы, а также от выделяемого пигмента.

Окраска чаще всего появляется на сырой заболони при хранении лесоматериалов. После просыхания налет легко сметается, иногда оставляя на поверхности цветные пятна.

Заболонные грибные окраски (fungal sapstain). В заболони свежесрубленной или сухостойной древесины под действием деревООкрашивающих грибов часто образуются более или менее глубокие окраски. Среди заболонных грибных окрасок различают широко распространенную синеву (blue stain) - серую окраску с синеватыми или зеленоватыми оттенками и цветные заболонные пятна (colour sapstain) - окраски оранжевого, розового, светло-фиолетового и коричневого цветов. Заболонные окраски, не снижая твердости древесины, ухудшают вид древесины, повышают водопоглощение, что оказывается полезным для облегчения пропитки древесины антисептиками.

Побурение (suffocation). При хранении свежесрубленной древесины лиственных пород (особенно березы, бука, ольхи) в теплое время года заболонь приобретает бурую окраску различной интенсивности и равномерности, иногда со слабо выраженными серыми или белёсыми пятнами и полосами. Этот порок называется побурением и возникает в результате биохимических процессов в древесине с участием грибов и без участия. Побурение портит внешний вид древесины и предшествует заболонной гнили.

Заболонная гниль (sap rot) возникает при длительном неправильном хранении лесоматериалов. Гниль наблюдается в виде пятен и полос, а иногда захватывает всю заболонь. У хвойных пород зоны поражения имеют желтовато-бурый цвет. У лиственных пород гниль имеет чаще всего пеструю окраску, напоминающую рисунок мрамора (рис. 3.20,а), грязно-белые участки отграничены от бурых тонкими черными линиями. У пораженной древесины заметно ухудшаются механические свойства, увеличиваются водопоглощение и водопроницаемость.

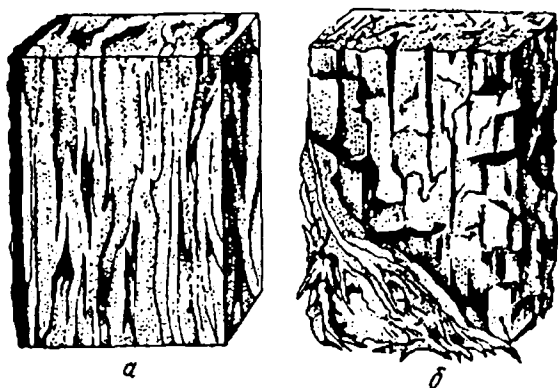


Рис. 3.20. Гниль: а - заболонная мраморная; б - наружная трухлявая

Наружная трухлявая (shallow cubical rot) гниль возникает в заболони и ядре лесоматериалов всех пород вследствие поражения древесины сильными дереворазрушающими грибами при длительном неправильном ее хранении. Древесина вначале окрашивается в светло-бурый цвет разных оттенков, затем темнеет, становится бурой или темно-коричневой (рис. 3.20, б). На древесине появляются продольные и поперечные трещины, она распадается на призматические кусочки, легко крошится и растирается в порошок.

Пораженная древесина имеет резко сниженные механические свойства и является опасным источником грибной инфекции для деревянных сооружений.

3.7. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ (biological deteriorations)

Червоточина (worm-hole)- повреждение древесины насекомыми. Встречается в свежесготовленных, а также в сухостойных и ослабленных деревьях в лесу.

Поверхностной (surface) называется червоточина, распространяющаяся на глубину не более 3 мм (рис. 3.21, а). Неглубокой (shallow) называется червоточина, которая в круглых лесоматериалах распространяется на глубину до 15 мм, а в пиломатериалах до 5 мм. Глубокой (deep) называется червоточина в виде ходов, пронизывающих круглые лесоматериалы на глубину более 15 мм (рис. 3.21, б), а пиломатериалы - на глубину более 5 мм. Глубокая червоточина подразделяется на некрупную (small) и крупную (large) с диаметром отверстий соответственно менее или более 3 мм.

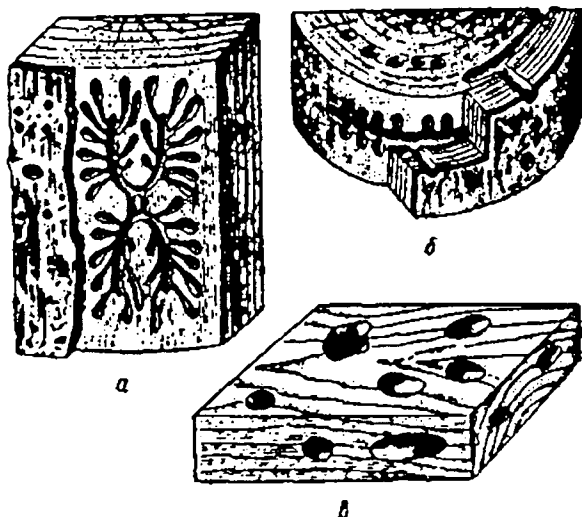


Рис. 3.21. Червоточина: а - поверхностная; б - глубокая в круглых лесоматериалах; в - глубокая в пиломатериалах

При трухлявой червоточине число глубоких ходов настолько велико, что древесина внутри превращается в трухлявую массу с большим содержанием буровой муки, в то время как с поверхности нет других повреждений, кроме входных и летных отверстий.

Повреждения древесины паразитными растениями. Это отверстия в пилопродукции, оставшиеся от жизнедеятельности паразитных растений (омелы, ремнецветника). Эти растения получают от растения-хозяина воду и растворенные в ней минеральные соли через присоски, которые проникают в древесину, нарушая ее целостность.

Повреждения птицами (bird hole) наблюдаются в круглых лесоматериалах в виде ряда отверстий, которые представляют собой наклевыв птиц (например дятла). Порок, нарушая целостность древесины, увеличивает количество отходов при распиловке и лущении.

3.8. МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ И ПОРОКИ ОБРАБОТКИ, ИНОРОДНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ

К механическим повреждениям стволов и лесоматериалов относятся обдир коры, карра - просмоленное повреждение ствола при подсочке; заруб и запил; багорные наколы, а также вырывы. В приторцовой части лесоматериалов можно наблюдать отщеп, скол, скол пропила, козырек (выступающий участок древесины).

В группу пороков обработки входят дефекты, вызванные недостаточной или излишней обработкой: непрофрезеровка и недошлифовка; выхват и шлифовка, а также обзол (wane) - участок боковой поверхности бревна, сохранившийся на обрезном пиломатериале. Различают обзол острый и тупой, занимающий соответственно всю или часть ширины кромки. Встречаются и другие дефекты обработки.

Дефекты обработки ухудшают качество поверхности, снижают прочность и т. д.

Инородные включения - тела недревесного происхождения: камни, проволока, гвозди, металлические осколки, которые встречаются в лесоматериалах.

3.9. ПОКОРОБЛЕННОСТИ (warps)

Изменения формы пиломатериалов, возникающие при выпилке, сушке и хранении называются покوروبленностями. Основные виды покوروبленности - поперечная, продольная по пласти и кромке, крыловатость – рассмотрены в главе 2.2 и показаны на рис. 2.2.

Лабораторная работа № 9

Определение и измерение пороков древесины

Цель работы: изучить основные виды пороков древесины и методику их измерения.

Приборы и материалы: образцы пороков древесины, измерительные линейки, определители пороков древесины.

Порядок выполнения работы

Используя определители, студенты определяют группу, вид, разновидность представленных пороков древесины, изучают способы измерения и учета. Лабораторная работа выполняется в виде таблицы по форме 1:

Форма 1

Признаки и методы определения древесины

Группа пороков Групповой признак	Вид, разновидности порока и его признаки	Метод измерения и учета

Контрольные вопросы:

1. Что называют пороками древесины?
2. С какой целью проводят измерение и учет пороков древесины?
3. Какие пороки наиболее часто встречаются в древесине растущих деревьев?
4. Какие фенотипические признаки указывают на наличие внутренней гнили в стволе?
5. Какой сучок называют табачным, гнилым, загнившим?
6. В каком случае сбежистость ствола считают пороком?
7. Каким образом учитывают кривизну ствола?

Литература: [11; 12; 13]

Лабораторная работа №10

Определение сортности круглых лесоматериалов

Цели работы: изучить методику определения сорта круглых лесоматериалов.

Приборы и материалы: ГОСТ 9463-88, ГОСТ 9462-88.

Порядок выполнения работы

Используя соответствующие ГОСТы, определяют группу лесоматериала по толщине и его сортность согласно указанному преподавателем варианту из таблицы.

Например: Установить сорт, сосновое бревно диаметром 28 см имеет здоровые сучки толщиной до 3 см и боковую трещину от усушки глубиной 4 см.

Решение: Согласно ГОСТ9463-88 сосновое бревно относится к группе крупных материалов. В крупных лесоматериалах 1 сорта допускаются здоровые сучки размером не более 5 см. Следовательно, по этому признаку бревно относится к 1 сорту. Глубина боковой трещины от усушки составляет более 1/7 диаметра торца, что допустимо в лесоматериалах лишь 3 сорта. Поэтому принимаемый в конечном итоге сорт бревна – 3.

Таблица 4

Исходные данные для определения сорта крупных лесоматериалов

Вариант	Диаметр, см	Порода	Вид, разновидность и степень выраженности порока						
			Максимальный диаметр сучков, см		Грибные повреждения	Червоточина	Трещины	Кривизна, %	Механические повреждения
			здоровых	табачных					
1	14,2	Сосна	2,5	-	-	Неглубокая <u>8</u>	-	-	Запил <u>2,0</u>
2	18,2	Сосна	2,3	3,3	Заболонная гниль 1,5	-	Боковая от усушки <u>2,1</u>	-	Скол <u>2,5</u>
3	26,8	Лиственница	3,2	-	-	Глубокая <u>4</u>	-	-	-
4	12,5	Береза	3,4	-	-	Глубокая <u>5</u>	Боковая от усушки <u>1,2</u>	Простая <u>2</u>	-

5	30,3	Осина	3,4	-	-	-	-	<u>Сложная</u> 1,6	-
6	14,9	Береза	3,2	3,4	-	<u>Глубокая</u> 8	-	-	<u>Скол</u> 3,3
7	18,7	Береза	4,8	-	-	-	-	<u>Сложная</u> 1	-
8	28,8	Сосна	2,7	-	-	<u>Неглубокая</u> 6	-	<u>Простая</u> 2	<u>Заруб</u> 2
9	18,8	Сосна	1,2	-	-	<u>Глубокая</u> 3	Боковая от усушки 2,3	-	-
10	15,2	Ель	1,2	1,6	-	-	-	<u>Простая</u> 3	-
11	9,6	Сосна	2,4	2,8	-	<u>Неглубокая</u> 3	Боковая от усушки 1,7	-	<u>Скол</u> 3,2
12	17,4	Береза	2,8	-	-	<u>Глубокая</u> 5	-	<u>Сложная</u> 3	-
13	14,9	Сосна	3,3	2,1	-	<u>Неглубокая</u> 7	Боковая от усушки 1,9	<u>Сложная</u> 2	<u>Заруб</u> 2,4
14	19,6	Береза	3,6	-	-	<u>Глубокая</u> 6	-	-	<u>Заруб</u> 1,3
15	29,9	Осина	2,2	-	Наружная трухлявая гниль 1,2	-	-	<u>Простая</u> 2	-
16	21,8	Дуб	2,8	4,1	Заболонная гниль 1,5	-	-	<u>Сложная</u> 1	<u>Скол</u> 2,1
17	14,2	Ель		2,6	-	<u>Глубокая</u> 5	-	-	<u>Отщеп</u> 1,4

Контрольные вопросы:

1. Перечислите группы пороков, встречающихся в древесине?
2. Какая червоточина считается поверхностной, неглубокой, глубокой?

3. Как подразделяются круглые лесоматериалы по толщине?
4. Каким показателем определяется сорт круглых лесоматериалов?
5. Каким образом маркируются круглые лесоматериалы?

Литература: [14; 15]

4. ОСНОВНЫЕ ЛЕСНЫЕ ПОРОДЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

4.1. ОСНОВНЫЕ ПОРОДЫ РОССИИ И БЛИЖНЕГО ЗАРУБЕЖЬЯ

Ниже рассмотрены наиболее характерные породы: или имеющие большее распространение, или отличающиеся какими-то выдающимися свойствами, например, декоративностью древесины; высокой прочностью и плотностью или, наоборот, крайне малой плотностью; стойкостью против загнивания и другими особенностями. Для каждой породы приводятся ее ботаническое название на русском и латинском языках с указанием рода и вида, а также английское название, которое чаще всего применяется в торговой практике.

Например, в названии: сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) имя существительное (на латинском языке пишется с прописной буквы) указывает род, а имя прилагательное - вид. В научной литературе принято после латинского видового названия ставить начальную букву фамилии автора, впервые описавшего этот вид. В данном пособии эти буквенные символы опущены. Кроме того, дано краткое описание внешнего вида древесины, особенностей ее строения, свойств и области применения.

4.1.1. Хвойные породы (softwood)

Лиственница (*Larix*) - Larch. Самая распространенная порода. На ее долю приходится 2/3 покрытой лесом площади. На территории России и ближнего зарубежья произрастают 14 видов лиственницы, из которых наибольшее хозяйственное значение имеют лиственница даурская (гмелина) (*L. gmelinii*) или (*L. dahurica*) - Dahurian larch; лиственница Сукачева (*L. sukaczewii*); лиственница сибирская (*L. sibirica*) - Siberian larch. Преобладающая порода - лиственница даурская - широко распространена на Дальнем Востоке и в Восточной Сибири. Лиственница сибирская произрастает в основном в Западной и частично в Восточной Сибири. Лиственница Сукачева встречается на севере европейской части России и северо-западе Сибири.

Древесина лиственницы имеет ядро красновато-бурого цвета, резко отграниченную узкую белую или слегка желтоватую заболонь, хорошо видимые годичные слои с четкой внутренней границей между ранней и поздней древесиной, малочисленные и мелкие смоляные ходы. Древесина обладает высокой плотностью (в среднем $\rho_{12} = 660 \text{ кг/м}^3$) и прочностью, малосучкова-

та, стойка против гниения, имеет красивую текстуру. Древесина легко трескается при сушке, раскалывается, труднее других хвойных пород обрабатывается на станках. Сплав лиственницы затруднен из-за ее высокой плотности.

Применяется в гидротехнических сооружениях, домостроении, спортивных сооружениях, в виде шпал, в производстве мебели, паркета, фанеры, в гидролизной, целлюлозно-бумажной и других отраслях промышленности.

Сосна (Pinus) - Pine. Занимает около 1/6 площади всех лесов России и ближнего зарубежья. Наиболее распространена сосна обыкновенная (*P. sylvestris*) - Common pine. Следует отметить сосну крымскую (*P. pallasiana*), древесина которой отличается от сосны обыкновенной высокой смолопродуктивностью. Древесина сосны имеет слегка розоватое ядро, которое со временем становится буровато-красным, широкую заболонь от желтоватого до розоватого цвета, хорошо видимые годичные слои с четкой границей между ранней и поздней древесиной, довольно крупные и многочисленные смоляные ходы. Древесина средней плотности ($\rho_{12} = 500 \text{ кг/м}^3$), достаточно высокой прочности, стойка против гниения, хорошо обрабатывается.

Она используется в строительстве, машиностроении, мебельном производстве, на железнодорожном транспорте, в тарном производстве, для крепления горных выработок и др. Широко используется как сырье для химической переработки с целью получения целлюлозы, кормовых дрожжей; лесоматериалы из сосны в больших количествах экспортируются.

Ель (Picea)- Spruce занимает примерно 1/8 часть покрытой лесом площади. Наиболее распространены ель обыкновенная (*P. abies*) или {*P. excelsa*} - Common spruce и ель сибирская (*P. obovata*) - Siberian spruce. Значительно меньше распространены 3 вида, произрастающие преимущественно в горах: ель аянская (*P. ajanensis*), ель восточная {*P. orientalis*} и ель Шренка (Тянь-шанская) (*P. schrenkiana*) - Schrenk spruce.

Ель - безъядровая, спелодревесная порода. Древесина белая, со слабым желтоватым оттенком. Годичные слои хорошо заметны, смоляные ходы малочисленные и мелкие. По прочности, плотности и биостойкости древесина ели несколько уступает древесине сосны. Средняя плотность $\rho_{12} = 445 \text{ кг/м}^3$. Она труднее обрабатывается из-за обилия сучков и их повышенной твердости. Однако древесина однородного строения, малосмолиста, имеет устойчивый белый цвет, длинные волокна. Применяется в тех же областях, что и древесина сосны, но особенно - в целлюлозно-бумажной промышленности. Кроме того, ее используют в производстве музыкальных инструментов (для дек). Из коры ели получают дубильные вещества. Еловые лесоматериалы экспортируют.

Пихта (Abies)- Fir. Наиболее распространены следующие виды: пихта сибирская - (*A. sibirica*) - Siberian fir; пихта белокорая {*A. nephrolepis*}; пихта сахалинская {*A. sachalinensis*}; пихта кавказская (*A. nordmanniana*); пихта европейская, белая {*A. alba*} - Common silver fir.

Пихта - безъядровая, спелодревесная порода. Древесина по внешнему виду очень похожа на древесину ели, но отличается отсутствием смоляных ходов. Наиболее высокими показателями обладает древесина пихты кавказской и европейской. Древесина обоих видов используется так же, как и ели. Применение других видов пихты для изготовления некоторых изделий не допускается в связи с пониженной прочностью ее древесины.

Кедр (*Pinus*) - *Pine*. В род (*Pinus*) кроме сосны обыкновенной входят и другие виды, в частности, известные под названием кедр. К ним относятся: кедр сибирский или сосна кедровая сибирская (*P. sibirica*)- *Siberian stone pine*; сосна кедровая корейская (*P. koraiensis*)- *Siberian pine*; сосна малорослая или кедровый стланик (*P. pumila*); сосна кедровая европейская (*P. cembra*) - *Sembran pine*.

Древесина сосны кедровой имеет ядро светло- или желтовато-розового цвета, не резко отграничена от широкой желтовато-белой заболони. Годичные слои заметные, переход от ранней древесины к поздней постепенный, растушеванный. Смоляных ходов у кедра меньше, чем у сосны, но они более крупные.

Древесина кедра мягкая, хорошо обрабатывается в разных направлениях, прочность, как у ели сибирской и пихты сибирской, однако более стойка к гниению, чем древесина обеих этих пород. Характерная область применения кедра - карандашное производство. Кроме того, кедр применяется в тех же областях, что сосна и ель. Из кедровых орехов добывают масло для пищевых и технических целей.

Можжевельник (*Juniperus*) - *Juniper*. Его разновидности: кара-арча (*J. polycarpus*) - *Indian juniper* и саур-арча (*J. semiglobosa*) произрастают в горах Туркмении, Киргизии в виде крупных кустарников или небольших деревьев.

Арча, так же как и другие можжевельники, относится к ядровым породам с узкой заболонью. Ядро коричневое, годичные слои волнистые, смоляных ходов нет, сердцевинные лучи не видны. Древесина арчи имеет плотность 500-700 кг/м³, хорошо обрабатывается режущими инструментами. Древесину можно использовать для получения карандашной дощечки, однако она сильно коробится; в горах применяется для строительства. Арчовое масло используют в медицине для лечения кожных и других заболеваний.

Тис (*Taxus*) - *Yew* - очень древняя порода. В настоящее время встречаются два вида: тис ягодный европейский (*T. baccata*) - *Common yew* (в горных лесах Кавказа и Крыма) и тис остроконечный, дальневосточный (*T. cuspidata*) - *Japanese yew*.

Древесина тиса имеет красно-бурое ядро и резко отграниченную узкую желтовато-белую заболонь. Годичные слои извилистые, смоляных ходов нет. Древесина имеет красивую текстуру и ценится как отделочный материал, из нее изготавливают высококачественную мебель. Древесину капов применяют для изготовления поделок, строганного шпона.

4.1.2. Лиственные породы (hardwood)

Согласно СТ СЭВ 1263-78 все лиственные породы по твердости их древесины делятся на мягкие и твердые

А. Кольцесосудистые породы.

Дуб (*Quercus*) - Oak. Наиболее распространен дуб черешчатый, или летний (*Q. robur*) - Common oak, который занимает 95 % площади дубовых лесов.

Древесина дуба имеет ядро темно-бурого или желтовато-коричневого цвета и узкую желтовато-белую заболонь, на поперечном разрезе в ранней зоне годичного слоя видны крупные сосуды, а в темной поздней древесине - светлые радиальные пламевидные полосы, образованные мелкими сосудами. Годичные слои и широкие (настоящие) сердцевинные лучи хорошо заметны на всех разрезах. Древесина прочная, стойкая против гниения, хорошо гнется, имеет красивую текстуру и находит многообразное применение: в виде паркета, строганого шпона для отделки изделий, в мебельной промышленности, машиностроении, в тарном (бочки для вина и пива) и дубильно-экстрактном производствах.

Ясень (*Fraxinus*) - Ash. Наибольшее распространение в средней и южной полосе европейской части СНГ имеет ясень обыкновенный (*F. excelsior*) - European ash; ясень маньчжурский (*F. mandshurica*) - Japanese ash (на Дальнем Востоке).

Ясень - ядровая порода с белой, слегка желтоватой или розоватой заболонью и светло-бурым ядром. На поперечном разрезе в поздней древесине скопления мелких сосудов образуют беспорядочно расположенные белые точки или черточки. Годичные слои хорошо видны. Серцевинные лучи не заметны. Древесина ясеня по свойствам близка к древесине дуба, поэтому и область применения примерно одинакова. Древесина ясеня обладает высокой ударной вязкостью, хорошо гнется, не дает отщепов, используется преимущественно в производстве спортивного инвентаря (теннисных ракеток, хоккейных клюшек и др.).

Вяз, ильм, берест (*Ulmus*) - Elm. Наибольшее значение имеют три вида: вяз гладкий (*U. laevis*) ~ European white elm. Произрастает только в европейской части СНГ. Вяз шершавый, или ильм горный (*U. glabra*) - Wych elm—распространен там же, где вяз, а также на Дальнем Востоке. Берест (карагач), или вяз полевой (*U. carpinifolia*), или (*U. folicea*)- Common elm, smooth-leaved elm растет на юге европейской части СНГ и в Средней Азии.

Ильмовые - ядровые породы. Годичные слои хорошо различимы, на поперечном разрезе в поздней древесине видны светлые волнистые непрерывные линии, направленные вдоль годичных слоев (у вяза, ильма) или под углом к ним (у береста). Древесина вяза имеет сравнительно широкую желтовато-белую заболонь, постепенно переходящую в светло-бурое ядро. Серцевинные лучи у вяза заметны только на радиальном разрезе в виде коротких штрихов, они имеют одинаковый цвет с окружающей древесиной. Серцевинные лучи можно обнаружить лишь по блеску.

У древесины ильма ядро темно-бурое, заболонь узкая. Сердцевинные лучи видны на поперечном разрезе, а на радиальном разрезе, выделяясь более темным цветом и блеском, они создают характерную рябоватость. Берест по внешнему виду очень похож на ильм.

Древесина вяза, ильма и береста примерно одинакова по свойствам и применяется в одних и тех же областях: для производства мебели, строганого шпона, в машиностроении, обозном производстве. Древесина ильма и береста, обладающая красивой текстурой, используется преимущественно как отделочный материал, а также для художественных поделок (капы береста).

Каштан посевной, съедобный (*Castanea sativa*)- Sweet chestnut, произрастает на Кавказе. Каштан - ядровая порода с узкой серовато-белой заболонью и серовато-бурым ядром. Мелкие сосуды в поздней зоне годовичных слоев образуют радиальные группы в виде язычков пламени. Сердцевинные лучи узкие, незаметные. Древесина каштана по строению и внешнему виду очень похожа на древесину дуба, но не имеет, как последняя, широких сердцевинных лучей. Однако по физико-механическим свойствам древесина каштана значительно уступает древесине дуба. Малые запасы древесины каштана ограничивают ее применение, она идет на изготовление клепки для бочек под вино, применяется в производстве строганого шпона и мебели. Древесина и кора каштана богаты дубильными веществами, вследствие чего все отходы используются для дубильно-экстрактного производства.

Бархатное дерево, или бархат амурский (*Phellodendron amurense*) - Cork wood, произрастает на Дальнем Востоке и в южной части Сахалина. Бархатное дерево - ядровая порода с узкой заболонью желтого цвета, резко отграниченной от коричневатого-бурого ядра. В поздней зоне годовичных слоев мелкие сосуды образуют группы в виде коротких черточек и дугообразных линий, направленных параллельно границе слоя. Сердцевинные лучи узкие, малозаметные. Древесина бархатного дерева по строению и внешнему виду очень похожа на древесину ясеня (отличается от последней узкой желтой заболонью и более темным цветом ядра). Физико-механические свойства древесины бархатного дерева заметно ниже, чем у ясеня обыкновенного. Благодаря легкости обработки и красивому внешнему виду древесина бархатного дерева применяется в производстве мебели и строганого шпона. Кора отличается сильно развитым слоем и идет на изготовление укупорочной пробки мелких размеров.

Фисташка (*Pistacia*) - Pistachio tree. В пределах СНГ произрастают два вида: фисташка туполистная, или кековое дерево, (*P. mutica*) - *Amblyophyllos pistachio* (в Закавказье и в Крыму) и фисташка настоящая (*P. vera*) - в Средней Азии. Фисташка относится к ядровым породам с широкой желтовато-белой заболонью, резко отграниченной от ядра, которое в свежесрубленном состоянии имеет зеленовато-бурый цвет. При камерной сушке или длительном хранении ядро становится красновато-бурым. Крупные сосуды закупорены тиллами. Мелкие сосуды в поздней зоне годовичных слоев образуют косорадиальные линии. Сердцевинные лучи очень узкие, незаметные. В

древесине по сердцевинным лучам проходят камедно-смоляные ходы, а в коре имеются вертикальные ходы. Древесина очень плотная, твердая, износостойкая, трудно раскалывается, маслянистая на ощупь. Применяется в машиностроении.

Акация белая (*Robinia pseudoacacia*) - Locust. Эта порода завезена в Европу из Северной Америки. Произрастает на Украине, Кавказе, Крыму и в Средней Азии.

Белая акация - ядровая порода с очень узкой заболонью желтоватого цвета, резко отграниченной от зеленовато-серого или желтовато-серого ядра. Ранняя зона годовичных слоев занята кольцом крупных сосудов. Мелкие сосуды в поздней зоне образуют группы в виде точек, черточек или коротких извилистых линий; сосуды закупорены тиллами. Годичные слои хорошо видны на всех разрезах. Серцевинные лучи узкие, но заметные. Древесина белой акации обладает красивым цветом и текстурой, высокой твердостью, прочностью и стойкостью против гниения. По физико-механическим свойствам она стоит значительно выше дуба и ясеня. У себя на родине древесина белой акации имеет большое применение; у нас в стране она используется в машиностроении (деревянные винты), для изготовления паркета, мебели.

Б. Рассеяннососудистые породы

Береза (*Betula*)- Birch. Наибольшее распространение и значение имеют два вида: береза повислая (*B. pendula*) или бородавчатая* (*B. verrucosa*) - European silver birch, называемая так из-за бородавок на молодых побегах, и береза пушистая (*B. pubescens*) - Pubescent birch, получившая свое название из-за опушенных побегов и листьев. Область распространения обоих видов широка (1/2 площади всех лиственных лесов России и ближнего зарубежья). Из дальневосточных видов можно отметить березу желтую, или ребристую (*B. costata*); березу каменную (*B. ermanii*) - Erman birch; березу черную, или даурскую (*B. dahurica*) - Red birch; березу железную (*B. schmidtii*). Береза - безъядровая порода. Древесина белая с желтоватым или красноватым оттенком. Годичные слои заметны плохо. Серцевинные лучи видны лишь на строго радиальных разрезах (расколах). Для древесины березы повислой характерны сравнительно высокая прочность, твердость, ударная вязкость, но малая стойкость к гниению.

Древесина березы железной по плотности и прочности в 1,5 раза, а по твердости в 2,5 раза превосходит древесину березы повислой и пушистой. Древесина березы желтой, черной и каменной также имеет более высокие показатели физико-механических свойств.

Древесина березы повислой и пушистой находит многообразное применение (лущеный шпон для фанеры, ружейные ложа, лыжи, строительные детали, плиты, целлюлоза, паркет, фурфурол, сырье для сухой перегонки и углежжения и др.). Древесина карельской березы и капов используется как декоративный материал. Древесина березы железной применяется в машиностроении.

Осина обыкновенная (*Populus tremula*) - **Aspen** находится на втором месте по занимаемой площади среди лиственных пород (1/10 этой площади), произрастает почти повсеместно. Осина - безъядровая порода. Древесина белого цвета, с зеленоватым оттенком; годичные слои заметны слабо, сердцевинные лучи не видны. Древесина осины имеет однородное строение, легко лущится, пропитывается и не дает сильно коптящего пламени (сырье для спичечной промышленности). Используется в сельском строительстве (колодцы, погреба, кровельная дрань и т.д.), а также для производства древесноволокнистых плит, целлюлозы, картона, фанеры, в лесохимии и других отраслях. Применение ограничивается из-за часто встречающейся в растущих деревьях ядровой гнили.

Бук (*Fagus*) - **Beech**. Произрастает преимущественно бук восточный (*F. orientalis*) - **Oriental beech** (на Кавказе и в Крыму), а также бук лесной, или европейский, (*F. sylvatica*) - **European beech**. Бук - безъядровая порода. Древесина белая, с желтоватым или красноватым оттенками, годичные слои хорошо видны. Сердцевинные лучи широкие, на радиальном разрезе они имеют вид блестящих полосок, а на тангенциальном - коричневатых чечевичек, создающих характерный крапчатый рисунок. Древесина бука имеет высокую прочность, красивую текстуру (особенно на радиальном разрезе), хорошо гнется. Находит многообразное применение (строганный шпон, паркет, гнутая мебель, детали машин и др.). Используется в лесохимии.

Липа (*Tilid*) - **Lime**. Распространены следующие виды: липа сердцевидная, или мелколистная (*T. cordata*) - **Small leaved lime** (произрастает в средней и южной полосе европейской части страны, Западной Сибири, в Крыму и на Кавказе); липа крупнолистная (*T. platyphyllos*) (растет только на Кавказе); липа амурская (*T. amurensis*) - на Дальнем Востоке. Липа - безъядровая порода. Древесина белая с легким розоватым оттенком; годичные слои слабо заметны лишь на поперечном и тангенциальном разрезах, узкие сердцевинные лучи видны на поперечном и на радиальном разрезах. Древесина липы имеет однородное строение, мягкая, легко режется, мало трескается и слабо коробится, используется для изготовления чертежных принадлежностей, моделей для литья, карандашей, резных изделий, игрушек, тары. Ольха (*Alnus*) - **Alder**. Наибольшее значение имеют ольха клейкая, или черная, (*A. glutinosa*) - **Black alder**; ольха серая, или белая, (*A. incana*) - **Speckled alder**, произрастающие в европейской части территории стран СНГ и в Западной Сибири; ольха сибирская.

Ольха - безъядровая порода. Древесина ольхи в свежесрубленном состоянии белого цвета, но на воздухе она приобретает красновато-бурую окраску. Годичные слои заметны слабо, сосуды не видны. Редкие ложно-широкие сердцевинные лучи можно увидеть на всех разрезах. Часто встречаются сердцевинные повторения. Древесина ольхи мягкая, однородная по строению. Применяется в фанерном, столярно-мебельном производстве и для изготовления ящичной тары.

Тополь (Populus) - Poplar. Этот род объединяет 30 видов, в том числе и рассмотренную отдельно осину. Наиболее широко распространены тополь черный, или осокорь, (*P. nigra*) - Black poplar и тополь белый (*P. alba*) - White poplar, произрастающие на обширной территории стран СНГ. Тополь - быстрорастущая ядровая порода с широкой заболонью, нерезко отграниченной от ядра светло-бурого или желтовато-бурого цвета. Годичные слои широкие, слабо заметные. Сосуды мелкие, сердцевинные лучи очень узкие. Древесина у тополя мягкая, мало стойкая против гниения. Применяется в производстве целлюлозы и бытовых изделий. Кора осокоря (балбера) идет на изготовление рыболовецких поплавков.

Граб обыкновенный (Carpinus betulus) - European hornbeam произрастает на Кавказе, в Карпатах, в Крыму, юго-западных и западных районах СНГ. Граб - безъядровая порода. Древесина серовато-белая. На поперечном разрезе заметны волнистые годичные слои и хорошо видны светлые, слегка изогнутые ложно-широкие сердцевинные лучи. Древесина граба отличается высокой твердостью, износостойкостью, но часто коробится и растрескивается. Применяется в основном для изготовления деталей машин.

Клен (Acer) - Maple. Наиболее распространены: клен платановидный, или остролистный, (*A. platanoides*) - Norway maple; клен полевой (*A. campestre*) - Field maple; клен ложноплатановый, или явор, (*A. pseudo-platanus*) - Sycamore maple; клен маньчжурский- (*A. mandshuricum*) - Manchurian maple. Клены произрастают в средней полосе европейской части России, на Кавказе и Дальнем Востоке. Клен - безъядровая порода. Древесина у явора блестящая, белая, а у остальных видов клена - с красноватым или буроватым оттенком. Годичные слои заметны на всех разрезах. Серцевинные лучи особенно хорошо видны на радиальном разрезе, создают характерную рябоватость. Клен имеет твердую, плотную древесину с красивой текстурой; прочность древесины несколько больше, чем у древесины дуба. Применяется в мебельном производстве, для изготовления деталей машин, корпусов музыкальных инструментов и т.п. Особенно ценится строганый шпон со свилеватой текстурой из древесины ствола и капов.

Ива (Salix) - Willow. Род, в котором древовидными являются ива белая, или ветла, (*S. alba*) - White willow, произрастающая в средней и южной полосе европейской части России и в Западной Сибири; ива ломкая, или верба (*S. fragilis*) - Britte willow, заходящая несколько дальше на север, чем ветла, и некоторые другие виды. Ива - быстрорастущая порода, ядровая, с широкой белой заболонью, нерезко отграниченной от буровато-розового ядра. Годичные слои и сердцевинные лучи заметны слабо. Сосуды мелкие. По свойствам древесина ивы близка к древесине липы и используется для изготовления долбленых лодок, посуды и т. д.; ветки применяются для изготовления плетеных изделий. Кора ивы дает дубильные вещества.

Орех (Juglans) - Walnut. Наиболее распространены два вида: орех грецкий (*J. regia*) - European walnut (произрастает на Кавказе и в Средней Азии) и орех маньчжурский (*J. mandshurica*) - Manchurian walnut (на Дальнем

Востоке). По механическим свойствам древесина ореха маньчжурского значительно уступает древесине грецкого ореха.

Ядро коричневато-серой неравномерной окраски, нерезко отграниченное от широкой сероватой заболони; видны крупные сосуды. Годичные слои и сердцевинные лучи заметны слабо. Древесина отличается высокими декоративными свойствами, хорошо обрабатывается, используется в виде строганого шпона (особенно ценится шпон из капов), идет на ложки охотничьих ружей и другие изделия.

Платан восточный, чинар, (*Platanus orientalis*) - European plane, - наиболее распространенный вид платана, произрастает в Средней Азии, встречается на Кавказе. Ядровая порода с широкой заболонью сероватого цвета, нерезко отграниченной от красновато-бурого ядра. Годичные слои заметны слабо, сосуды мелкие, незаметные, сердцевинные лучи широкие, хорошо видны на всех разрезах, на радиальном разрезе они образуют характерную текстуру. Древесина платана используется в мебельном производстве как отделочный материал, а также для изготовления художественных и бытовых изделий.

Груша обыкновенная (*Pyrus communis*) - Common pear. Произрастает в диком состоянии в средней и южной полосах европейской части России, в Крыму и на Кавказе. Безъядровая порода с древесиной розовато-желтовато-белого или буровато-красного цвета. Сосуды очень мелкие, годичные слои и сердцевинные лучи едва видны. Древесина плотная, твердая, хорошо обрабатывается, мало коробится и растрескивается. Используется для изготовления мебели, музыкальных инструментов, чертежных принадлежностей и других целей.

Самшит вечнозеленый (*Buxus sempervirens*) - European box. Произрастает на черноморском побережье Кавказа и в Крыму. Безъядровая порода со светло-желтой, матовой, очень плотной и твердой древесиной; годичные слои узкие, слегка волнистые, сосуды и сердцевинные лучи незаметные. По физико-механическим свойствам древесина самшита близка к древесине граба. Используется для духовых музыкальных инструментов, резных и токарных художественных изделий.

Рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia*) - Roman tree. Распространена в лесной зоне России. Ядровая порода, с широкой красновато-белой заболонью и красновато-коричневым ядром. Годичные слои хорошо заметны, сосуды мелкие. Сердцевинные лучи едва видны на радиальном разрезе. Обладает характерным блеском. По механическим свойствам древесина рябины несколько уступает древесине бука. Используется для изготовления рукояток к ударным инструментам, токарных изделий.

Лещина обыкновенная, орешник (*Corylus avellana*)- Common hazel. Древоидный кустарник, произрастает в тех же областях, что и дуб летний.

Безъядровая порода с древесиной белого цвета со слабым блеском. Годичные слои заметны плохо, сосуды мелкие, невидимые. Сердцевинные лучи узкие и ложноширокие, иногда изогнутые на поперечном разрезе. Древесина лещины по физико-механическим свойствам несколько превосходит

березу; из лещины изготавливают деревянные обручи, охотничий порох, рисовальные угли.

Железное дерево, или парротия персидская, (*Parrotia persica*) - Iron wood. Произрастает около Ленкорани (южное побережье Каспийского моря). Безъядровая порода с древесиной бледно-розового цвета, со временем приобретает коричневатые оттенки. Годичные слои плохо заметны. Сердцевинные лучи можно различить только на радиальном разрезе. Древесина очень прочная и твердая, по свойствам напоминает самшит. Используется в местных условиях как конструкционный и поделочный материал.

4.2. ИНОЗЕМНЫЕ ПОРОДЫ

Секвойядендрон (*Sequoiadendron*) и **секвойя** (*Sequoia*). Каждый род имеет по одному виду. Оба произрастают в Калифорнии (США), главным образом в заповедниках. Секвойядендрон гигантский, или мамонтово дерево (*S. giganteum*) - *Gigant sequoia*, достигает огромных размеров. Известны деревья высотой до 120 м при диаметре в комле 15 м и возрасте 6 000 лет. Не уступает по размерам и секвойя вечнозеленая (*S. sempervirens*), которая разводится и хорошо растет на черноморском побережье Кавказа. Секвойя и секвойядендрон - хвойные ядровые породы с узкой белой заболонью. Ядро от светло-вишневого до красновато-коричневого цвета. Годичные слои хорошо видны благодаря более темной и плотной поздней древесине. Ранняя древесина рыхлая, мягкая. Смоляных ходов не имеет, но содержит многочисленные смоляные клетки, собранные в вертикальные ряды. Сердцевинные лучи однорядные. По физико-механическим свойствам секвойя довольно близка к ели, но превосходит ее по стойкости против гниения. У себя на родине применяется в мебельном производстве, для внутренней отделки вагонов, кают, в градириях, силосных башнях, в строительстве мостов, эстакад.

Лжетсуга тисолистная, или дугласия, (*Pseudotsuga taxifolia*), или лжетсуга Мензиеза (*P.menziesii*) - Douglas fir. Произрастает на западе Северной Америки, достигает высоты 115 м и 5 м в диаметре; быстрорастущая порода, доживает до 1000 лет. Культивируется на Украине, в Белоруссии, Прибалтике и на черноморском побережье Кавказа. Лжетсуга - хвойная порода с узкой желтоватой заболонью, ядро розовато-красного или желтовато-бурого цвета, обладает запахом резины. Годичные слои хорошо видны, переход от ранней зоны к поздней резкий. Смоляные ходы мелкие. Сердцевинные лучи многочисленные, однорядные и многорядные (включают до 5 рядов клеток по ширине и содержат узкий смоляной ход). По физико-механическим свойствам древесина лжетсуги приближается к древесине сосны. У себя на родине используется для заготовки шпал, столбов, строительных сортиментов. Применяется в судостроении, для изготовления баков, цистерн, чанов, в производстве фанеры и т. д.

Эвкалипт (*Eucaliptus* - *Eucaliptus*). Родина эвкалиптов - Австралия и Океания. Насчитывается более 500 видов. Среди них эвкалипт гигантский (*E. gigantea*) - Alpine ash (высотой до 150 м) и шариковидный (*E. pilularis*) - Black-

буш. Эвкалипты отличаются большой скоростью роста. На черноморском побережье Кавказа выращивалось более 150 видов. Наиболее морозоустойчивым оказался эвкалипт Дальримпля (*E. dalrympleana*). Эвкалипт - ядровая рассеяннососудистая лиственная порода. Заболонь светлая, ядро бурого цвета разных оттенков (коричневого, красновато-коричневого). Годичные слои заметны только на поперечном разрезе. Сосуды мелкие, образуют группы в виде коротких линий под углом к границе слоя. Полости сосудов заполнены тиллами и скоплениями ядровых веществ желто-бурого цвета. Волокна либриформа толстостенные, их полости заполнены содержимым темного цвета. Сердцевинные лучи узкие и многочисленные, не различимы простым глазом. Физико-механические свойства древесины эвкалипта зависят от ботанического вида. В большинстве случаев плотность сухой древесины 700-900 кг/м³; древесина обладает высокой прочностью и биостойкостью. Древесина эвкалиптов у себя на родине имеет широкое применение: употребляется в вагоностроении, строительстве (столбы, шпалы, торцовые мостовые, подводные сооружения); из листьев получают эфирные масла.

Тик, тектона великая (*Tectona grandis*) - Teak. Произрастает в Индии, Вьетнаме и других странах Южной и Юго-Восточной Азии. Тик - ядровая лиственная порода со светло-бурой узкой заболонью и ядром от желто- до темно-бурого цвета. Годичные слои довольно хорошо заметны, на поперечном разрезе их границы часто бывают волнисты. Сердцевинные лучи узкие, слабо заметные. Годичный слой начинается крупными сосудами, расположенными по одному, реже по два в ряд; диаметр сосудов уменьшается по направлению к внешней границе годичного слоя.

Древесина маслянистая на ощупь и обладает запахом старой кожи, плотная, довольно твердая и прочная. Хорошо сопротивляется истиранию, обладает высокой стойкостью против гниения, кислот и щелочей, не корродирует металлы. По физико-механическим свойствам древесина тика близка к древесине березы повислой, но уступает древесине дуба и лиственницы. Широко применяется в судостроении и для портовых сооружений, а также для изготовления химической аппаратуры.

Красное дерево. Так называют в международной торговле ряд древесных пород, имеющих древесину красного цвета с различными оттенками. Наибольшей известностью пользуется свietenия красноедеревная, махагони (*Swietenia mahagony*) - Central american mahagony, произрастающая в Центральной Америке. Махагони - ядровая рассеяннососудистая лиственная порода с узкой белой заболонью. Ядро буровато- или коричневатокрасное, с окраской разной интенсивности. На поперечном разрезе заметны светлые границы годичных слоев. Сердцевинные лучи узкие, слабо заметные, на тангенциальном разрезе расположены горизонтальными рядами или ярусами. Сосуды довольно крупные, собраны в небольшие радиальные группы по 2-3 вместе. По физико-механическим свойствам древесина махагони близка к древесине каштана съедобного. Под названием махагони часто продают древесину свietenии крупнолистной (*S. macrophylla*) (местное название каоба), произрастающую в

Латинской Америке. Широко используются африканские породы: кайя (Khaya) - African mahogany; сапели (Entandrofragma cylindricum) - Sapele; сипо (E. utile) - Sipo; косипо (E. candollei) - Gedy nohor и др. Красное дерево применяется для изготовления высококачественной мебели, музыкальных инструментов, отделки кают судов и т.д.

Палисандр - название разных пород, имеющих сходную по цвету и строению древесину. Наиболее часто это название применяется для древесины дальбергии черной (Dallbergia nigra) - Rio rosewood, произрастающей в Бразилии и розового дерева (D. latifolia) - Indian rosewood (в Юго-Восточной Азии). Это ядровая рассеянно-сосудистая лиственная порода с крупными сосудами. Заболонь узкая, светло-желтая, с сероватым оттенком, ядро пурпурно-коричневого или шоколадно-бурого цвета иногда с фиолетовым оттенком, часто неравномерной окраски (с черными и темно-коричневыми полосами). Годичные слои слабо заметны. Сердцевинные лучи очень узкие, многочисленные, плохо видны. Древесина очень тяжелая (плотность 800-900 кг/м³), мало усыхает, трудно раскалывается, хорошо полируется. Применяется для изготовления ценных музыкальных инструментов (пианино), художественной мебели, наборного паркета, токарных изделий и т.п.

Черное дерево. Это торговое название объединяет разные породы, имеющие древесину черного цвета. Наиболее известны цейлонское эбеновое дерево (Diospyros ebenum) - Ebony, произрастающее в Индии, Шри-Ланке, и африканское эбеновое дерево (D. crassiflora), произрастающее в Нигерии, Гане, Камеруне, Заире. Черное дерево - ядровая рассеянно-сосудистая лиственная порода с узкой белой заболонью. Ядро глянцевато-черного цвета. Годичные слои незаметны. Сердцевинные лучи узкие, не видны ни на одном разрезе. Сосуды мелкие, собраны в радиальные группы по 2 - 3 вместе; полости сосудов и волокон либриформа часто заполнены скоплениями ядровых веществ черного цвета. Плотность сухой древесины первого ботанического вида 1190 кг/м³; второго - 1030 кг/м³. Применяется для изготовления духовых и других инструментов, художественно-декоративных изделий, рукояток и т. п.

Бакаут, гваяковое дерево. В торговле обращаются два вида: гваякум лечебный (Guajacum officinale) - Lignum vitae и в последнее время преимущественно гваякум священный (G. sanctum) - Iron wood. Вечнозеленые медленно растущие деревья высотой 6-9 м, диаметром 0,3 м (иногда до 0,7 м) произрастают в Центральной и Южной Америке. Бакаут - ядровая кольцесосудистая порода, с узкой (у первого вида) или широкой (у второго вида) заболонью желтоватого или кремового цвета, которая резко отличается от зеленовато-черного ядра. Кольца прироста (не годичные слои) почти незаметны. Сердцевинные лучи очень узкие, незаметные, на тангенциальном разрезе расположены горизонтальными рядами или ярусами. Сосуды мелкие, полости их заполнены бурым содержимым. Волокна либриформа толстостенные, с узкими полостями. Древесина бакаута одна из самых тяжелых: ее плотность при 15 % влажности составляет 1300 кг/м³. Древесина износостойкая, но трудно обрабатывается, содержит много (около 1/4 массы) гваяковой смолы, используе-

мой для лечебных целей, обладает самосмазывающими свойствами (особенно в воде). Применяется в качестве материала для подшипников, блоков, шаблонов в машиностроении; судостроении, для токарных изделий.

Бальза, охрома заячья (*Ochroma lagopus*) - Balsa. Из семейства баобабовых, произрастает в тропической зоне Центральной Америки, главным образом в Эквадоре. Одна из самых быстрорастущих пород, в возрасте 7 лет дает стволы диаметром 0,5 м и высотой до 21 м. Возраст технической спелости 4-5 лет, предельный возраст 12-15 лет. Через 12-15 лет деревья быстро деградируют, медленно растут, ядро становится водянистым и гниет, а внем ядра прирастающая часть твердая и тяжелая. Очень трудно высушивается (коробится, растрескивается). Бальза - ядровая рассеяннососудистая лиственная порода с неясно отграниченной заболонью почти белого цвета; ядровая древесина белая, с легким красновато-бурым оттенком и шелковистым блеском. Сосуды на поперечном разрезе хорошо заметны невооруженным глазом; они немногочисленные, расположены по одному, реже по два вместе. Сердцевинные лучи заметны на всех разрезах. Древесина бальзы самая легкая (легче пробки), мягкая пористая (плотность - в среднем 120 кг/м³). Находит многообразное применение как тепло-, звукоизоляционный, достаточно прочный и легкий материал в машиностроении, судостроении, для изготовления спортивного инвентаря, поплавков и т.д. Кроме перечисленных, коммерческих пород в последнее время в Россию импортируется древесина ряда других пород, используемых в основном в паркетном производстве, а также для изготовления мебели и строганого шпона.

Лимонное (атласное или сатиновое) дерево - *Chloroxylon swietenia* - East Indian satinwood. Произрастает в центральной и южной части Индии и Шри-Ланка. Древесина лимонного дерева золотисто-желтого цвета с характерным атласным блеском и полосатым рисунком на радиальных разрезах, очень прочная, твердая и стойкая. Используется в мебельном, паркетном производстве; для изготовления шпона, токарных и художественных изделий.

Ироко - *Chlorophora excelsa* - Iroco; kambala, произрастает в Африке. Древесина ядра золотисто-коричневого цвета заметно отличается от узкой, более светлой, заболони. По механическим свойствам древесина ироко сравнима с древесиной тика, хотя несколько уступает ему; при резании затупляет инструмент. Очень стойкая древесина. Применяется в столярно-мебельном производстве, для покрытия пола, для гидротехнических сооружений.

Макоге - *Tieghemella hechelii* - Макоге - африканская порода с древесиной, схожей с красным деревом. Плотная, твердая с глянцевой поверхностью; прочная и долговечная. Используется в производстве мебели, строганого шпона, для покрытия пола и для токарных изделий.

Окуме - *Aucomea klaineana* - Gaboon; okume. Эта древесная порода распространена на территории западной Африки (Гвинея, Габон, Конго). Она по внешнему виду древесины близка к африканскому красному дереву и ее иногда ошибочно называют "gaboon mahogany". Древесина розовато-коричневая, однотонная, мягкая. По механическим свойствам аналогична топо-

лю. Применяется в производстве шпона, фанеры, столярных плит, а также для художественных изделий.

Падук - *Pterocarpus sojauxii* - African padauk. Это африканская порода с древесиной ядра от светло-желтоватого до кирпично-красного цвета с более темными линиями и узкой серой заболонью. С возрастом ее окраска тускнеет до золотисто-красно-коричневой. Древесина очень плотная, твердая, прочная и стойкая. Используется в производстве ценной мебели, строганого шпона, паркета, столярных изделий, спортивного инвентаря, а также в строительстве, судостроении, для резных и токарных работ.

Мутения - *Guiburtia arnoldiana* - Mutenye. Это африканская порода с древесиной ядра светлого красно-коричневого цвета с красивыми розовыми или красными прожилками и светлой заболонью. Древесина твердая, плотная с мелкой фактурой.

Используется в основном для производства декоративного, строганого шпона, называемого в торговле «бубинга». Лущеный шпон, имеющий другую текстуру, называется «кевазинго».

Венге - *Milletia laurentii* - Wenge и панга-панга - *M. stuhmannii* - Pangapanga - африканские породы. Древесина ядра у них темно-коричневого цвета с тонкими черными прожилками, заболонь - беловатая; очень твердая, плотная. Древесина панга-панга несколько легче. В древесине этих пород содержится много минеральных и маслянистых веществ, затрудняющих обработку и отделку лаком. Используется для покрытия пола, изготовления шпона и в мебельном производстве.

Оливковое дерево, (маслина) - *Olea* - Olive tree произрастает в восточной Африке. Древесина желтовато-коричневая с красивыми и неравномерными коричневыми, сероватыми, черноватыми крапинами, линиями, создающими рисунок мрамора. Очень твердая, плотная и прочная древесина. Применяется в столярно-мебельном производстве, для токарных работ, для покрытия пола.

Гевея бразильская - *Hevea brasiliensis* - Para rubber - дерево каучуконос. Древесина ядра светло-коричневого цвета с розовым оттенком мало отличается от заболони; средней плотности, не стойкая. Используется в виде балансов в фанерном и столярно-мебельном производстве.

Жатоба (ятоба), бразильский копал, - *Humanaea courbaril* - Courbaril, jatoba. Древесина ядра красноватого или желто-коричневого цвета резко отличается от светлой заболони. Очень плотная, твердая, износостойкая древесина. Применяется в столярно-мебельном производстве, для изготовления токарных, спортивных изделий, для покрытия пола.

Лапачо (лапахо) - *Tabebuia serratifolia* - Lapacho, Ipe - произрастает в Бразилии. Древесина ядра от желто-зеленоватого в свежесрубленном состоянии до оливково-бурого с более темными штрихами. Заболонь светлая, хорошо отличается от ядра. Сосуды в ядровой зоне наполнены желтоватым порошком (лапахолом). На поперечном разрезе они выглядят как мелкие желтые точки, а на продольном - желтые линии. Древесина очень твердая, проч-

ная и стойкая. Используется при возведении мостов, в морском строительстве, в гидротехнических сооружениях; в производстве паркета, строганного шпона, для палубных настилов, рукояток инструментов, тростей, луков для стрельбы.

Петереби - *Cordia*, spp. - *Louro pardo*, *Peterebi* - южноамериканская порода с древесиной красивого розового цвета, довольно плотная с легким блеском. Применяется в столярно-мебельном производстве, для покрытия пола, для изготовления планок жалюзи.

Амаранте - *Peltogine*, spp. - *Amarante* - распространена по всей тропической зоне Америки. Древесина заболони от кремоватого до светло-розового цвета со светло-коричневыми штрихами резко отличается от ядра. Ядро - фиолетово-багровое или густо лиловое постепенно приобретает красивую темно-коричневую окраску. На радиальном разрезе - полосатый рисунок. Древесина очень твердая, плотная и прочная, похожа на древесину палисандра. Применяется в производстве мебели, шпона, фанеры, для резных работ, для изготовления паркета, детских музыкальных инструментов, а также в судо-, вагоностроении.

Сукупира - *Bowdichia nitida* - *Sucupira* (*supupira*, *tatabu*) произрастает в южной Америке. Древесина ядра красно-коричневого цвета резко отличается от узкой светлой заболони. Древесина тусклая, твердая, прочная и вязкая. Применяется в мебельном производстве, для токарных работ; в строительстве, а также для покрытия пола.

Мерабао - *Instia bijuga*, (*I. palembanica*) - *Merbau* (*Merabaw*). Произрастает в юго-западном регионе тихоокеанских островов (Малайзии, Индонезии). Заболонь беловатая резко отличается от ядра ярко желтого цвета в свежесрубленном состоянии, которое под действием цвета темнеет и становится темно-коричневым. Для этой породы характерны серно-желтые и темные отложения в полостях сосудов. Древесина имеет запах эфирного масла, которое выделяется на строганных поверхностях в виде тускло-черных точек. Древесина плотная ($\rho=830-900 \text{ кг/м}^3$), прочная и стойкая. Применяется для строительства, настила полов и в портовых гидротехнических сооружениях.

Лабораторная работа № 11

Группы лесных пород и их признаки

Цель работы: изучить групповые признаки древесных пород.

Приборы и материалы: коллекция образцов древесины различных пород, лупы, справочная литература.

Порядок выполнения работы

В ходе занятия студенты, используя справочную литературу, изучают признаки хвойных, лиственных кольцесосудистых, лиственных рассеяннососудистых пород и выделяют в представленной коллекции эти группы.

Из коллекции отбирают образцы пород с хорошо выраженными годичными слоями, без сосудов и невидимыми невооруженным глазом сердцевинными лучами. Это группа хвойных пород. Оставшиеся лиственные породы разделяют на кольцесосудистые и рассеяннососудистые.

К числу кольцесосудистых пород относят образцы, у которых крупные сосуды сосредоточены в крайней зоне годичного слоя и образуют сплошное пористое кольцо. К группе рассеяннососудистых пород относятся образцы, крупные и мелкие сосуды которых распределены равномерно по годичному слою.

В журнале делают зарисовки поперечного разреза одного из образцов хвойной, лиственной кольцесосудистой и лиственной рассеяннососудистой породы и дают краткую характеристику каждой из рассмотренных групп.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите лиственные кольцесосудистые породы, представленные в вашей коллекции.
2. Назовите признаки, характерные только для групп хвойных пород.
3. К какой группе древесных пород относится береза повислая, ольха серая, осина, рябина обыкновенная, липа мелколистная, клен остролистный?
4. Какие породы относятся к группе спелодревесных?
5. Перечислите ядровые древесные породы?

Литература: [1, с. 10-11]

5. Таксация лесной продукции

1) Определение объема партии деловых круглых лесоматериалов путем поштучного их обмера

Для определения объема партии деловых круглых сортиментов необходимо измерить их диаметр в верхнем отрубе и их длину. Диаметр деловых сортиментов определяют без коры как среднее арифметическое значений результатов измерений двух взаимно перпендикулярных диаметров. Место измерения не должно совпадать с местным утолщением, вызванным расположением сучьев и другими порокам древесины.

При определении объема партии лесоматериалов, состоящей из 100 и более единиц, разрешается определить толщину измерений одного диаметра, но у всех сортиментов в одном направлении. У лесоматериалов толщиной до 13 см независимо от числа единиц лесоматериалов в партии также допускается измерение одного диаметра, но в горизонтальном направлении. При измерении диаметров заполняют специальную поперечную ведомость (табл.5.1)

Таблица 5.1

Данные пересчета сортиментов при поштучном их обмере

Диаметр в верхнем отрубе, см	Длина сортимента, м									
	3		4		5		6		7	
	Число, шт	Объем, м ³	Число, шт	Объем, м ³	Число, шт	Объем, м ³	Число, шт	Объем, м ³	Число, шт	Объем, м ³
8	5		14		82		36		49	
10	20		26		120		49		11	
12	8		16		36		12		39	
14	16		44		33		18		46	
16	14		8		15		45		19	
18	15		7		86		13		24	
20	29		14		19		20		26	
22	28		25		28		24		115	
24	42		21		14		9		36	
26	46		41		18		16		19	
28	13		17		43		10		58	
30	18		33		81		26		64	
Всего, м ³	-		-		-		-		-	

При таксации мелких круглых лесоматериалов значение толщины округляют до четного, при этом доли менее 0,5 см не учитываются, а доли 0,5 и более приравниваются к большему целому числу.

Значения толщины средних и крупных (более 14 см) лесоматериалов округляются до четного числа, при этом доли менее целого нечетного числа не учитываются, целое нечетное число и доли более целого нечетного числа, округляются до большего целого числа. Длину лесоматериалов измеряют по наименьшему расстоянию между торцами в метрах с округлением до 1 см без учета припусков. При камеральной обработке данных по таблицам объемов определяют объем для одного сортимента соответствующей длины в каждой ступени толщины. Объем всех сортиментов в каждой ступени толщины находят как произведение объема одного сортимента на количество сортиментов в ступени. Сумма этих произведений дает объем всей партии лесоматериалов.

2) Определение партии дровяных лесоматериалов геометрическим способом

Объем партии дров определяют в складочной мере с последующим переводом в плотную.

Складочной мерой называют объем непосредственно самой древесины и пустот между поленьями. *Плотный кубический метр* включает в себя объем только древесины без пустот. Объем поленицы в складочной мере ($V_{\text{скл.}}$) определяют умножением ширины (b) на высоту (c) и длину (a). Изменение высоты, длины и ширины поленицы производят в метрах с округлением до 1 см. Высоту определяют как среднее арифметическое измерений высот через каждый метр длины.

$$V_{\text{скл.}} = a \times b \times c. \quad (5.1)$$

Определение объема в плотной мере ($V_{\text{пл.}}$) производят по формуле:

$$V_{\text{пл.}} = V_{\text{скл.}} \times K_n, \quad (5.2)$$

где K_n – коэффициент полндревесности, принимаемый из ГОСТ 3243-46.

Лабораторная работа №12

Таксация лесной продукции

Цели работы: изучить методику определения объема партии деловых круглых лесоматериалов путем поштучного их обмера и дров геометрическим способом.

Приборы и материалы: калькулятор, таблицы объемов круглых лесоматериалов, ГОСТ 3243-46.

Порядок выполнения работы

Исходными данными для проведения расчетов служат указанные преподавателем номера (вариантов) из таблиц 5.1 и 5.2.

Таблица 5.2

Данные для определения объема поленицы дров в складочной и плотной мерах

Вариант	Порода	Размеры поленицы, м			Форма поленьев	Толщина поленьев	Объем в складочной мере, м ³	Объем в плотной мере, м ³
		длина, а	ширина, в	высота, с				
1	Сосна	22	0,25	1,5	Круглые	8		
2	Ель	20	0,5	1,0	Колотые	13		
3	Береза	11	0,33	1,2	Круглые	14		
4	Береза	18	1,0	0,8	Колотые	17		
5	Сосна	14	0,33	1,4	Колотые	16		
6	Сосна	13	0,75	0,9	Круглые	8		
7	Осина	25	1,25	2,2	Круглые	4		
8	Осина	21	0,5	2,0	Колотые	4		
9	Береза	8	0,33	1,9	Круглые	14		
10	Ель	10	0,75	0,9	Колотые	17		
11	Сосна	11	0,5	1,1	Колотые	13		
12	Ель	28	1,25	0,7	Круглые	12		
13	Ель	30	1,0	0,9	Круглые	5		
14	Осина	24	1,25	1,7	Круглые	7		
15	Береза	26	0,75	0,9	Колотые	14		
16	Осина	28	0,5	1,3	Колотые	15		
17	сосна	16	0,33	1,8	Колотые	16		

Контрольные вопросы:

1. Как правильно замерять диаметры стволов при поштучном отпуске сортиментов?
2. Как правильно замерять длину отпускаемых сортиментов?
3. В каких случаях разрешается замерять один диаметр при поштучном отпуске сортиментов?
4. Что понимают под складочным, плотным кубометром?
5. Как изменяется коэффициент полнодревесности при увеличении толщины поленьев?
6. От чего зависит коэффициент полнодревесности поленицы?
7. В коре или без коры учитываются деловые лесоматериалы?

Литература: [16; 17]

Библиографический список

1. Полубояринов В.И. Строение древесины: Методические указания для лабораторных работ по древесиноведению / В.И. Полубояринов, В.И. Щедрова. - Л.: ЛТА, 1984.
2. Станко Я.Н. Макроскопическое строение древесины: Методическое руководство к выполнению лабораторной работы по древесиноведению для студентов всех специальностей. - М.: МГУЛ, 2002. - 8 с.
3. Вихров В.Е. Диагностические признаки древесины главных лесохозяйственных и лесопромышленных пород СССР. - М.: Изд-во АЛ СССР, 1959.-132 с.
4. Полубояринов О.И. Плотность древесины. - М.: Изд-во Лесная промышленность, 1976. - 160 с.
5. ГОСТ 16483.18-85. Древесина. Метод определения числа годичных слоев в 1 см и содержания поздней древесины в годичном слое. - М.: Изд-во стандартов, 1985. - 4 с.
6. ГОСТ 16483.7-85. Древесина. Методы определения влажности. М.: Изд-во стандартов, 1985. - 4 с.
7. Мелехов В.И. Физические свойства древесины: Методические указания к проведению лабораторных работ по древесиноведению / В.И. Мелехов, Н.П. Федышин, В.В. Малыгин, Л.Г. Малыгина. - РИО АЛТИ, 1979.
8. Мелехов В.И., Подольская В.Л. К вопросу об испытании древесины на сжатие поперек волокон: Сб. научных трудов «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов». - Вып. VI. - Архангельск, АГТУ, 1999. - С.64-68.
9. ГОСТ 16483.10-85. Древесина. Методы определения предела прочности при сжатии вдоль волокон. - М.: Изд-во стандартов, 1985. - 6с.
10. ГОСТ 16483.11-85. Древесина. Методы определения условного предела прочности при сжатии поперек волокон. М.: Изд-во стандартов, 1985. - 5с.
11. Вакин А.Т., Полубояринов О.И., Соловьев В.А. Пороки древесины. М.: Лесная промышленность, 1980. - 112 с.
12. ГОСТ 2140-81. Пороки древесины. Классификация, термины и определения.- Изд-во стандартов, 1982. - 111 с.
13. Уголев Б.Н., Станко Я.Н., Дюжина И.А. Определение пороков древесины. Руководство к лабораторным работам по курсу «Древесиноведение». - М.: МГУЛ, 1998. - 28 с.
14. ГОСТ 9463-88. Лесоматериалы круглые хвойных пород. - М.: Изд-во стандартов, 1998. - 13 с.
15. ГОСТ 9462-88. Лесоматериалы круглые лиственных пород. - М. Изд-во стандартов, 1988. - 11 с.

16. ГОСТ 2292-88. Лесоматериалы круглые. Маркировка, сортировка, транспортирование методы измерения и приемка. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 11с.
17. Поляков А.Н. Практикум по лесной таксации и лесоустройству. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. – М.: ВНИИЦлесресурс, 1998. – 240с.

Содержание

Введение	3
1. СТРОЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ (STRUCTURE OF WOOD)	4
1.1. МАКРОСКОПИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ	4
Лабораторная работа № 1	
Макроскопическое строение древесины	9
Лабораторная работа № 2	
Определение древесных пород по макроскопическим признакам древесины	10
Лабораторная работа № 3	
Определение процентного содержания поздней древесины и средней ширины годовичных слоев	11
1.2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О МИКРОСКОПИЧЕСКОМ СТРОЕНИИ ДРЕВЕСИНЫ	12
Лабораторная работа № 4	
Микроскопическое строение древесины	21
2. СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ (PROPERTIES OF WOOD)	21
2.1. ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА (chemical properties)	21
2.2. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА (physical properties)	26
2.2.1. Внешний вид древесины	26
2.2.2. Влажность древесины и свойства, связанные с ее изменением	28
Лабораторная работа № 5	
Определение влажности древесины	34
Лабораторная работа № 6	
Определение усушки древесины	35
2.2.3. Плотность (density)	37
Лабораторная работа № 7	
Определение плотности древесины	40
2.2.4. Тепловые свойства (thermal properties)	41
2.2.5. Электрические свойства (electrical properties)	44
2.2.6. Звуковые свойства (sound properties)	45
2.2.7. Свойства древесины, проявляющиеся под воздействием электромагнитных излучений	45
2.3. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА (mechanical properties)	46
Лабораторная работа № 8	
Определение предела прочности древесины при сжатии вдоль и поперек	54
3. ПОРОКИ ДРЕВЕСИНЫ (defects of wood)	56
3.1. СУЧКИ (knots)	56
3.2. ТРЕЩИНЫ (shakes)	59

3.3. ПОРОКИ ФОРМЫ СТВОЛА	61
3.4. ПОРОКИ СТРОЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ	62
3.4.1. Неправильное расположение волокон и годичных слоев	62
3.4.2. Реактивная древесина	63
3.4.3. Нерегулярные анатомические образования	64
3.4.4. Сердцевина, смещенная и двойная сердцевина	65
3.4.5. Пасынок и глазки	66
3.4.6. Раны	67
3.4.7. Ненормальные отложения в древесине	67
3.5. ХИМИЧЕСКИЕ ОКРАСКИ	68
3.6. ГРИБНЫЕ ПОРАЖЕНИЯ (fungal deteriorations)	68
3.7. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ (biological deteriorat)	71
3.8. МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ И ПОРОКИ ОБРАБОТКИ, ИНОРОДНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ	72
3.9. ПОКОРОБЛЕННОСТИ (warps)	72
Лабораторная работа № 9	
<i>Определение и измерение пороков древесины</i>	73
Лабораторная работа № 10	
<i>Определение сортности круглых лесоматериалов</i>	74
4. ОСНОВНЫЕ ЛЕСНЫЕ ПОРОДЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ	76
4.1. ОСНОВНЫЕ ПОРОДЫ РОССИИ И БЛИЖНЕГО ЗАРУБЕЖЬЯ	76
4.1.1. Хвойные породы (softwood)	76
4.1.2. Лиственные породы (hardwood)	79
4.2. ИНОЗЕМНЫЕ ПОРОДЫ	85
Лабораторная работа № 11	
<i>Группы лесных пород и их признаки</i>	91
5. Таксация лесной продукции	92
Лабораторная работа № 12	
<i>Таксация лесной продукции</i>	94
Содержание	98