



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Технология вяжущих веществ, бетонов и
строительной керамики»

Практикум
по дисциплине
«Строительные материалы и изделия из
древесины»

«Структура древесины»

Авторы
Явруян Х.С.,
Лотошникова Е.О.

Ростов-на-Дону, 2017

Аннотация

Методические указания предназначены для бакалавров направления подготовки 27.03.01 «Стандартизация и метрология», профиль «Метрология, стандартизация и сертификация».

Методические указания к лабораторной работе №1 «Структура древесины» предназначены для студентов, изучающих дисциплину «Строительные материалы и изделия из древесины» для выполнения лабораторной работы.

Методические указания знакомят студентов с физическими, механическими и физико-химическими свойствами древесины.

Авторы

К.т.н., проф., руководитель испытательного центра «Академстройматериалы» Явруян Хунгианос Степанович

К.т.н., доц. Лотошникова Елизавета Ованесовна





Оглавление

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 «СТРУКТУРА ДРЕВЕСИНЫ» ..4

1. Изучение макроструктуры древесины 4
2. Изучение микроструктуры древесины 9

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

«СТРУКТУРА ДРЕВЕСИНЫ»

Цель работы: Изучить главные разрезы и части ствола. Научиться распознавать основные элементы макро- и микростроения древесины: годовичные слои (ранняя и поздняя зоны), сердцевинные лучи, сосуды и смоляные ходы.

Древесину исследуют на разных уровнях, различая ее макростроение, наблюдаемое невооруженным глазом при небольшом увеличении, и при более детальном изучении микростроения анатомических элементов древесины с помощью микроскопа.

1. Изучение макроструктуры древесины

Ствол дерева изучается по трем направлениям (рис. 1): *тангенциальному* разрезу, проходящему по хорде поперечного сечения на некотором расстоянии от оси ствола; *радиальному* разрезу, проходящему через ось ствола; торцевому (рис. 2), или *поперечному* разрезу, проходящему перпендикулярно оси ствола.

Древесина занимает большую часть объема ствола и располагается между сердцевинной и корой. *Серцевина 4* (рис. 1) имеет вид темного пятнышка диаметром 3...5 мм и расположена в центре поперечного сечения ствола. *Кора 3* покрывает снаружи древесину и защищает живые ткани ствола от резких колебаний температуры, испарения влаги, проникания грибов и механических повреждений. Внутренний слой коры – *луб* – проводит вниз по стволу образующиеся в листьях органические питательные вещества. У молодых деревьев кора гладкая, иногда покрыта тонкими чешуйками; при утолщении ствола в коре появляются трещины, которые с возрастом дерева углубляются. По характеру поверхности кора может быть гладкая, бороздчатая (дуб), чешуйчатая (сосна), волокнистая (можжевельник) и бородавчатая (бересклет).

Структура древесины

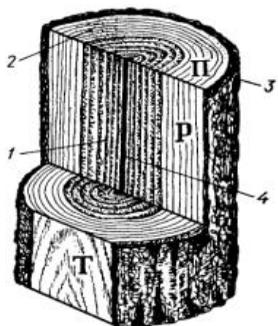


Рис. 1. Главные разрезы и основные части ствола:
 П – поперечный,
 Р – радиальный,
 Т – тангенциальный,
 1 – ядро, 2 – заболонь,
 3 – кора, 4 – сердцевина

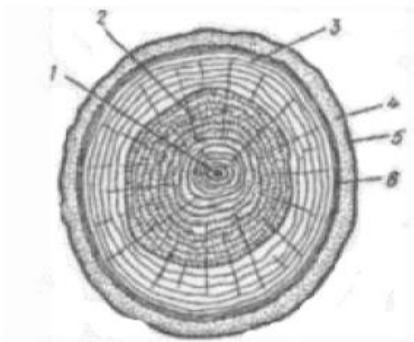


Рис. 2 Торцевой разрез ствола
 1 – Сердцевина; 2 – ядро;
 3 – заболонь; 4 – луб;
 5 – кора; 6 – камбий

Цвет коры, как правило, темнее цвета древесины и изменяется в широких пределах: от белого (береза), светло-серого (пихта), зеленовато-серого (осина) до серого (ясень), серовато-коричневого (дуб) и темно-бурого (ель). У некоторых древесных пород центральная часть ствола окрашена темнее периферической. Темно окрашенная часть ствола называется *ядром* 1, а более светлая периферическая – *заболонью* 2. Такие породы называются ядровыми. Из хвойных к ядровым относятся сосна, лиственница, кедр, тис, можжевельник, из лиственных - дуб, ясень, ильм, вяз, карагач, белая акация, орех грецкий, бархатное дерево, рябина и др. Ядро и заболонь отличаются не только по цвету. Так, древесина заболони свежесрубленном состоянии содержит большее количество влаги, чем древесина ядра. Граница между ядром и заболонью может быть резкой или плохо заметной. Ширина заболони также является хорошим диагностическим признаком. 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*, а породы – спелыми древесными. Остальные породы, у которых нет различия между внутренней и наружной зонами ни по цвету, ни по содержанию влаги, называются *заболонными*. К ним относятся береза,

Структура древесины

клен, граб, липа, самшит, груша и др. На поперечном разрезе видны концентрические слои, окружающие сердцевину. Эти слои представляют собой ежегодный прирост древесины и называются *годовыми слоями*. На радиальном разрезе годовые слои имеют вид продольных, полос, на тангенциальном – извилистых линий параболического вида. Годовые слои хорошо видны у хвойных и кольцесосудистых лиственных пород, слабо заметны у отдельных рассеянно-сосудистых лиственных пород.

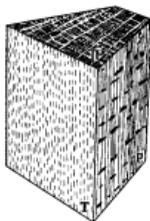


Рис. 3. Вид годовых слоев на главных разрезах: ранняя (светлая) и поздняя (темная) древесина годовых слоев

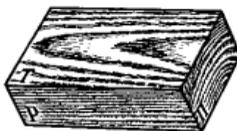


Рис. 4. Сердцевинные лучи на поперечном, тангенциальном и радиальном разрезах

Некоторые породы имеют волнистые годовые слои на поперечном разрезе (граб, тис, можжевельник). Каждый годичный слой состоит из двух зон: внутренней светлой и рыхлой – *ранней древесины* и наружной более темной и плотной – *поздней древесины* (рис. 3). Резкое различие между ранней и поздней древесиной характерно для хвойных пород и кольцесосудистых лиственных. Благодаря этому различию хорошо видны годовые слои у таких пород, как сосна, лиственница, ель, пихта, тис, дуб, ясень, ильм, карагач и др. Очень слабо или совсем не видны годовые слои у березы, ольхи, осины, граба и др. На поперечном разрезе некоторых лиственных пород хорошо заметны светлые, блестящие или матовые линии, направленные от сердцевины к коре по радиусам, называемые *сердцевинными лучами* (рис. 4). На ради-

Структура древесины

альном разрезе сердцевинные лучи имеют вид блестящих широких или узких, темных или светлых полосок. На тангенциальном разрезе сердцевинные лучи видны как короткие продольные линии, штрихи или чечевицеобразные черточки. Серцевинные лучи бывают широкие или узкие (ширина лучей определяется на поперечном разрезе). Широкие сердцевинные лучи хорошо видны невооруженным глазом дуба, бука, платана. Узкие лучи трудно обнаружить, а очень узкие совсем не видны невооруженным глазом. Узкие лучи имеются у древесины липы, клена; очень узкие – у хвойных пород и некоторых лиственных. У ольхи, граба лучи иногда сближаются между собой и образуют так называемые ложно-широкие сердцевинные лучи. Такие лучи хорошо видны на поперечном разрезе, но они более матовые, чем настоящие, границы их как бы размыты и ширина их уменьшается от центра ствола к периферии. В древесине лиственных пород на поперечном разрезе видны отверстия, представляющие собой сечения *сосудов* – трубок, каналов, служащих для проведения воды. По величине сосуды делят на крупные, хорошо видимые невооруженным глазом, и мелкие, не различимые невооруженным глазом. Крупные сосуды у некоторых пород расположены в ранней зоне годичного слоя и на поперечном разрезе образуют сплошное пористое кольцо. Такие лиственные породы называются *кольцесосудистыми*. У этих пород мелкие сосуды сосредоточены в поздней зоне и своим скоплением образуют своеобразный рисунок. Различают три вида группировок мелких сосудов: радиальная – в виде светлых радиальных полос, напоминающих язычки пламени (дуб, рис. 5 а), тангенциальная – в виде светлых волнистых линий, расположенных параллельно границе годичного слоя (ильм, вяз, бархатное дерево, рис. 5, б) мелкие сосуды в поздней древесине расположены в виде светлых точек или черточек (ясень, рис. 5, в). Породы, у которых крупные и мелкие сосуды равномерно распределены по годичному слою, называются *рассеянно-сосудистыми*. На тангенциальном и радиальном разрезах сосуды имеют вид продольных бороздок (рис. 5, г).

Структура древесины

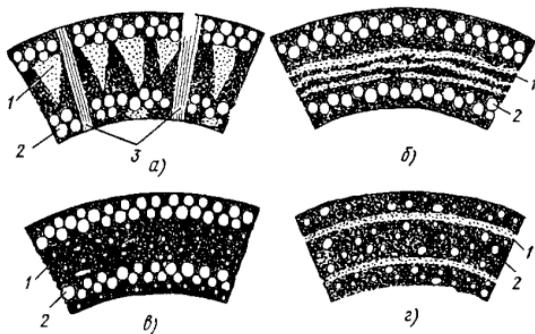


Рис. 5. Расположение сосудов в древесине лиственных пород: а – радиальное, б – тангенциальное, в – рассеянное расположение группировок мелких сосудов у кольцесосудистых пород, г – у рассеянно-сосудистых пород; 1 – мелкие сосуды в поздней зоне, 2 – крупные сосуды в ранней зоне, 3 – сердцевинные лучи

В древесине некоторых хвойных пород (сосна, кедр, лиственница, ель) имеются *смоляные ходы*. На поперечном разрезе вертикальные смоляные ходы заметны в виде светлых точек, расположенных в поздней зоне годичного слоя, на продольных разрезах – в виде темных штрихов, направленных вдоль оси ствола. Количество и размер смоляных ходов зависят от породы древесины. У сосны и кедра смоляные ходы крупные и многочисленные, у лиственницы – мелкие и малочисленные. В древесине пихты, тиса и можжевельника смоляных ходов нет. *Сердцевинные повторения* возникают в результате повреждения растущего дерева насекомыми и имеют вид бурых, коричневатых черточек, пятнышек, полос, по виду напоминающих сердцевину. Встречаются в нижней части ствола у березы, груши, ольхи и других пород.

2. Изучение микроструктуры древесины

Древесина представляет собой очень неоднородное по своему составу и пространственной структуре образование. Располагаясь между корой и сердцевинной, древесина прирастает, утолщая ствол, из так называемого камбия — особой образовательной ткани, очень тонкой, не видимой глазом, располагаемой между древесиной и лубом (корой). В камбии путём деления клеток рождаются новые живые, сильно удлинённые вдоль ствола, клетки (прозенхимные, то есть волокноподобные) длиной в среднем 3,5 мм и толщиной 0,05 мм у сосны и длиной 1,2 мм и толщиной 0,02 мм у берёзы. Эти клетки содержат (как и все клетки растений) внутри себя жидкую цитоплазму с ядрами, вакуолями, митохондриями, хлоропластами и т. д. (рис. 6).

По мере нарастания новых внешних слоев клеток, клетки во внутренних слоях постепенно умирают из-за образования в их стенках за счёт химического действия ферментов громадного количества пор (перфораций) и тем самым превращаются в так называемые трахеиды — элементы вертикальных сквозных каналов, способных проводить через себя питательные водные растворы по стволу из корней в крону дерева. В процессе эволюции у многих деревьев (в частности, у берёзы) возник новый тип проводящих элементов — трахеи (сосуды), образованные из множества члеников длиной (0,2-0,5) мм, подобных трахеидам, но перфорированных на концах для улучшения водопроведения. Соединяясь между собой, тысячи члеников образуют сквозную, вытянутую вверх, трубку с диаметром обычно много больше диаметра трахеид.

Структура древесины

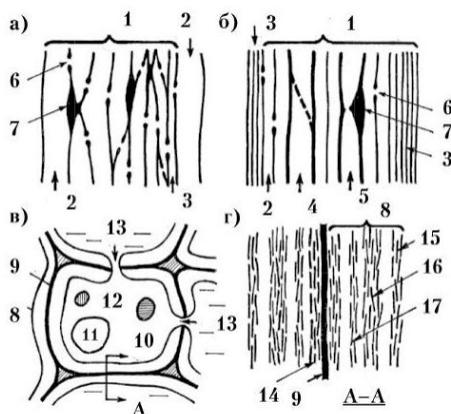


Рис. 6. Принципиальная схема клеточного строения древесины: а — вертикальный срез слоя годичного прироста древесины сосны с трахеидами (количество трахеид в годичном слое на рисунке сокращено); б — вертикальный срез слоя годичного прироста древесины берёзы с мелкими трахеидами и крупными трахеями (сосудами); в — горизонтальный срез растительной клетки (трахеиды); г — поперечный срез стенки клетки.

1 — годичный слой, прирастающий вправо; 2 — ранняя (весенняя) трахеида; 3 — поздняя (осенняя прошлого года) трахеида; 4 — сосуд с лестничной перфорацией; 5 — сосуд с простой перфорацией; 6 — окаймлённая пора; 7 — паренхима (сердцевидные лучи, смоляные ходы и т. п.); 8 — оболочка стенки клетки; 9 — срединная пластинка, общая для двух клеток; 10 — цитоплазма; 11 — вакуоли; 12 — ядро; 13 — сквозные отверстия, поры, перфорации; 14 — первичная оболочка; 15, 16 и 17 — трёхслойная вторичная оболочка с наиболее мощным средним слоем, состоящая из фибрилл.

Хвойные породы состоят только из трахеид, лиственные же породы деревьев состоят из очень многочисленных мелких трахеид и малочисленных, но крупных сосудов (трахей). Помимо прозенхимных (удлиненных и обычно мёртвых) клеток древесина содержит значительное (до 5% в хвойных и до 10% в лиственных породах) количество паренхимных (живых, неудлиненных, обычных) клеток, обладающих свойствами синтеза, накопления и потребления (белков, смол, терпенов, эфирных масел) и образующих сердцевидные лучи, смоляные ходы и т. п.

Максимальная активность камбия наблюдается весной во время сокодвижения. Клетки при этом образуются крупные (иными словами, ранние трахеиды имеют большое поперечное сечение). После образования листь-

Структура древесины

ет, а к осени прекращается. Поэтому осенние (поздние) трахеиды мелкие, имеют на срез более тёмный вид и поэтому часто отчётливо видимы глазом как концентрические окружности — годовые кольца (слои прироста). По количеству годовых колец определяют возраст дерева. В тропических регионах, где зима и лето не отличаются по температуре, годовые кольца на деревьях отсутствуют. Наличие годовых колец, их извилистость, отличие на южной и северной сторонах ствола являются ценнейшим декоративным свойством древесины. На топливные же свойства годовая структура не влияет, важен лишь диаметр трахеид и сосудов. Если трахеиды мелкие — древесина плотная, тяжёлая, легко колется (берёза, дуб, лиственница, бук, ясень, граб). Если трахеиды крупные — древесина рыхлая, лёгкая, вязкая при распиле и расколе (сосна, ель, осина, пихта, липа). Высушенная древесина состоит преимущественно из стенок прозенхимных клеток трахеид и сосудов (составляющих по массе 93% у сосны и 65% у берёзы) и некоторой доли паренхимы в виде смол и пахучих веществ. Именно стенки клеток трахеид (как конструкционный скелет) представляют собой дрова как топливо. Напомним, что стенки прозенхимных клеток состоят из срединной пластинки и примыкающих к ней с обеих сторон первичных оболочек, состоящих из микрофибрилл (мицелл) — пучков из 30–40 полимерных молекул целлюлозы, каждая из которых состоит по длине из тысяч звеньев (колец) мономера. Микрофибрилла представляет собой набухающее в воде лентоподобное образование длиной несколько микрометров (тысячных долей миллиметра) и длиной несколько нанометров (миллионных долей миллиметра). Вторичная оболочка состоит из трёх слоев, образованных фибриллами — пучками микрофибрилл. Фибриллы имеют поперечные размеры около 400 нанометров. Зазоры между фибриллами и между микрофибриллами очень маленькие (менее 1 нм), что и обуславливает гигроскопичность древесины.

По мере взросления клетки её стенки пропитываются лигнином, и наступает её одревеснение — повышение плотности, твёрдости, снижение пластичности. Лигнин — природный полимер с плотностью 1250–1450 кг/м³, аморфное вещество жёлто-коричневого цвета, образующееся в результате полимеризации различных ароматических спиртов, нерастворимое в воде и органических растворителях, но переводимое в растворимое состояние в растворах гидросульфита (технология получения целлюлозы сульфитным методом). Лигнин осаждается между микрофибриллами целлюлозы и схватывает их в каркас. Аналогичную роль

Структура древесины

играют гемицеллюлозные, легко гидролизуемые полисахариды, также цементирующие клеточную стенку. Так что, если живой ветке (или стволу) дерева придать принудительно какую-либо фиксированную форму изгибом (например, круга или зигзага), то по мере роста этой ветки в деформированном состоянии, она одеревенеет (то есть стенки клеток пропитаются лигнином и гемицеллюлозами) и сохранит эту заданную форму навсегда, что может быть положено в основу технологии деревообработки (изготовление фигурных изделий).

В реальной древесине всегда содержится вода — так называемая свободная внутри полостей клеток (трахеид, сосудов) и так называемая связанная в стенках клеток (в набухших микрофибриллах). Количество связанной воды составляет обычно 30% от массы абсолютно сухой древесины. При удалении влаги из стенок клеток (при влажности древесины менее 30%) стенки клеток начинают усыхать — сжиматься и деформируются. В результате древесина даёт усушку (усадку) с уменьшением линейных размеров в основном поперёк волокон (трахеид).

Результаты работы занести в журнал наблюдений в той последовательности, в которой она выполнялась.

Форма 1

Группа пород	Диагностические признаки		Название породы
	Название породы	Основные вспомогательные	
Хвойные породы	Ядро есть. Поздняя древесина годичных слоев слегка отличается более темным цветом. Переход от ранней к поздней древесине постепенный. Заболонь широкая. Переход от заболони к ядру плавный. Смоляные ходы крупные и многочисленные	Древесина ядра светло-розовая, заболонь желтовато-белая. Древесина легкая и мягкая	Сосна кедровая (кедр сибирский)

Форма 2

Порода	Зарисовка микросреза древесины		
	поперечного	радиального	тангенциального

Структура древесины

Форма 3

Номер образца, порода	Протяженность участка измерения I, см	Число годовичных слоев		Номер по порядку годовичных слоев	Ширина зоны поздней древесины в слое, δ	Суммарная ширина зон поздней древесины $\Sigma\delta$, мм	Процент поздней древесины
		На участке измерения N	В 1 см п				