

Лекция 1

Введение. Элементный состав древесины

- 1 Особенности строения древесины
- 2 Особенности свойств древесины
- 3 Особенности стойкости древесины к воздействиям
- 4 Анизотропия древесины. Основные разрезы и направления в древесине
- 5 Элементный состав древесины

Особенности древесины как материала

1 Особенности строения древесины

Древесина — сложно структурированный специфичный биологический материал.

- Одной из основных особенностей древесины является *необычайно широкий и разнообразный спектр использования.*

Древесина может использоваться в различных областях в

- неизменном виде (цельная древесина),
- после доработки
 - механическими,
 - физическими или
 - химическими методами

в виде каких-либо изделий с измененными свойствами;

- в виде отдельных веществ, извлеченных из древесины;
- как источник для получения энергии;
- как объект художественного творчества и т. д.

Именно эта особенность не позволяет говорить о каких-либо достоинствах или недостатках древесины:

- ❖ одно и то же свойство при одном использовании будет выступать недостатком, при другом — являться положительным качеством, определяющим возможность использования.

Важной особенностью древесины является

то,

что это *анизотропный материал*.

□ Волокнистая структура древесины,

□ строго определенная ориентация клеток и структур в стволе дерева,

предопределяют различие свойств в зависимости от разреза или направления в древесине.

С точки зрения собственно *неоднородности свойств* материала

анизотропия может вызывать определенные неудобства при практическом использовании древесины.

- Однако использование древесины с учетом ее анизотропности позволяет существенно повысить технические свойства и качество продукции.

Благодаря анизотропии мы имеем, например, прочностные показатели на порядок более высокие в одном направлении, чем в другом. то же самое можно сказать и обо всех остальных свойствах древесины.

- Например, знание о том, что теплопроводность древесины в поперечном направлении примерно в два раза ниже, чем в продольном, на протяжении столетий использовалось при строительстве деревянных домов.
 - При осознанном использовании различий анизотропных свойств они дают положительный эффект. Достаточно сказать, что во многие современные материалы, например бетоны, вводятся специальные добавки, приводящие к появлению анизотропии и увеличению прочности в нужном направлении.

Древесина является материалом,

характеризующимся очень *высокой изменчивостью* практически всех *свойств*.

Помимо анизотропии изменчивость свойств древесины определяется

- большим видовым разнообразием древесных пород, а также
- условий произрастания и
- формирования древесины даже в пределах одной породы,
- зависимостью многих свойств древесины от количества воды в клеточных оболочках.

В результате неизбежного влияния множества различных факторов на деревья в процессе их роста, свойства образующейся древесины неоднородны по высоте или радиусу ствола, изменяются между деревьями в насаждении, или в зависимости от условий произрастания, в течение всей жизни дерева или даже отдельного сезона.

- При осознанном отборе высокая изменчивость свойств позволяет подбирать необходимую древесину с нужными свойствами в зависимости от конкретных назначений.

Одним из проявлений высокой изменчивости свойств является значительная неоднородность строения древесины.

- *Неоднородность строения* и закономерное появление целого ряда *пороков* в древесине являются серьезным недостатком данного материала при использовании его в несущих конструкциях, особенно для пилопродукции относительно небольшого сечения.
- В материалах большого сечения (бревна, брус) влияние пороков и неоднородности строения древесины снижается.

В других случаях, в частности **при использовании древесины в качестве отделочного материала,**

ее ценность чаще наоборот повышается с увеличением неоднородности строения древесины, обогащающей ее текстуру.

- Наросты,
- свилеватая древесина,
- глазки и даже такие пороки, как
- сучки, могут становиться элементом декора.

Осознанное использование

анизотропии элементов строения древесины и

- некоторых отклонений в строении, определяющих ее текстуру, —
 - сердцевинных лучей,
 - годовичных слоев и т. д.,
 - анизотропии цвета и блеска,

позволяет получить из древесины уникальный отделочный материал.

2 Особенности свойств древесины

Очень важная особенность древесины заключается в том,

что она является практически *готовым к использованию универсальным природным материалом* с хорошими

- эстетическими,
- гигиеническими и
- экологическими свойствами.

Достаточно срубить дерево, и его уже можно использовать для строительства домов или получения тепловой энергии.

- Несложная механическая обработка многократно расширяет возможности использования древесины.

Уникальное неоспоримое преимущество древесины в том,

что она является *самовосстанавливающимся природным ресурсом*.

- Более того, древесина является результатом процесса фотосинтеза, при котором происходит поглощение углекислого газа из атмосферы и выделение в нее кислорода.
- Таким образом, сам процесс создания древесины в природе является
- не только полезным, но и в прямом смысле
- жизненно необходимым для человека.

Следует, однако, подчеркнуть,

что самовозобновление этого ресурса не гарантирует его неисчерпаемость.

Запасы древесины велики, но не беспредельны.

- Интенсивная заготовка и переработка древесины без адекватных и действительно эффективных мероприятий по возобновлению вырубленных лесов может привести к губительным последствиям.
- Кроме того, для получения древесины нужных пород, нужных параметров и свойств человек должен активно участвовать в процессах лесовосстановления.

еще одна **важная особенность древесины,**

которую часто несправедливо относят к недостаткам, —
зависимость многих физических и механических свойств

❖ *от изменения влажности* древесины.

При снижении влажности древесины

от сырого состояния до стандартной (нормализованной) влажности

- прочностные показатели возрастают примерно в два раза.

При высушивании до меньших значений влажности прочность увеличивается еще больше.

- Поэтому сушку древесины до комнатно- или воздушно-сухого состояния можно рассматривать как самый древний, простой и крайне эффективный способ модификации древесины (т. е. целенаправленного изменения ее свойств).

С другой стороны, **НЕВЫСОКИЕ прочностные**

показатели

сырой древесины весьма удобны при ее механической переработке

- (производство пилопродукции,
 - шпона,
 - щепы,
 - плитных материалов,
 - гнутых деталей).
-
- Зависимость электрических свойств древесины от содержания в ней связанной воды используется в экспресс методах определения влажности.

Усушка и разбухание древесины

чаще выступают как неудобные, отрицательные свойства древесины при ее практическом использовании.

- Изменение размеров пилопродукции после распиловки и высыхания до комнатно-сухого состояния,
- связанная с усушкой усадка стен деревянных строений,
- разбухание сухих древесных материалов при повышении эксплуатационной влажности воздуха —

обычные явления, которые приходится учитывать при использовании древесины.

Камерная сушка пилопродукции

до определенной влажности и

- использование древесных материалов с влажностью, соответствующей условиям эксплуатации,

частично снижают отрицательное действие усушки или разбухания.

- Однако постоянные изменения температурно-влажностного режима окружающего древесину воздушного пространства неизбежно вызовут и определенную усушку или разбухание.

Анизотропия усушки и разбухания

усиливает негативность этих явлений.

Обусловленная природным происхождением, часто значительная неоднородность древесины усложняет анизотропию усушки и разбухания и приводит не только к поперечному,

- но и к продольному короблению древесины.

С неоднородностью высыхания древесины и с подчас значительным различием

- ❖ радиальной и тангенциальной усушки связано растрескивание древесины при сушке.

Наличие целого ряда мер

по снижению разбухания древесины,

- начиная от нанесения пленочных влагонепроницаемых покрытий (красок, лаков и т. д.)
- до пропитки древесины соответствующими веществами или ее пропарки,

отчасти устраняет этот недостаток

- и говорит о принципиальной возможности технологического решения данной проблемы.

разбухание древесины

Кроме того, находит и позитивное практическое использование, например

при создании из древесины водоизолирующих ограждений,

- в производстве лодок,
- заливных бочек и
- т. д.

Большим достоинством древесины

является ее

- *высокая прочность при небольшой плотности,*
- *легкость и простота обработки* древесины большинства пород.

Древесина хорошо склеивается.

- Качественное склеивание древесины позволяет создавать элементы конструкций
 - больших размеров,
 - сложной формы,
 - повышенной прочности.

Это не только повышает надежность древесины и расширяет возможности ее применения, но и увеличивает потенциальную сырьевую базу за счет использования мелкотоварной древесины.

Хорошая сочетаемость

древесины с другими материалами,

- способность хорошо удерживать металлические крепления,
- высокое сопротивление к воздействию
 - газов,
 - кислот,
 - щелочей

расширяют возможности применения древесины.

Высокие теплоизоляционные свойства и небольшое тепловое расширение

являются важными преимуществами древесины при использовании в строительстве.

- Благодаря *уникальным акустическим свойствам* древесины, она незаменима не только
 - для производства многих музыкальных инструментов, но и
 - при строительстве и отделке концертных залов.

Древесина подвержена *модификации*

— целенаправленному улучшению свойств.

- Модификация позволяет, например, в 2-3 раза повышать плотность и прочностные свойства древесины легких и малопрочных пород.

Материалы на основе модифицированной древесины уже находят широкое применение в различных областях промышленности.

- При модификации древесины можно получать и уникальные отделочные материалы.

В то же время **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ** ряда **химических**
веществ

для получения модифицированной древесины наделяет этот материал отрицательными экологическими свойствами.

- Поэтому перспективным является поиск различных путей эффективной модификации древесины без использования токсичных смол или иных химических добавок.

3 Особенности стойкости древесины к воздействиям

Древесина является материалом относительно *не стойким к воздействию огня.*

- Горение может показаться абсолютным недостатком древесины, существенно снижающим ее положительные стороны и надежность как материала.

Однако и здесь есть определенные преимущества древесины даже при сравнении с такими материалами, как сталь, пластик.

- При горении крупных древесных строительных элементов (например, бревен или даже балок из клееной древесины) на их поверхности образуется слой угля, который предохраняет внутренние слои от быстрого сгорания и разрушения конструкции.

Кроме того, **продукты, образующиеся при горении древесины,**

являются в большей степени «натуральными» и, в отличие от синтетических материалов, несут в себе гораздо меньшую экологическую опасность.

- Они практически не вызывают загрязнения окружающей среды и не оказывают такого токсического действия на человека и животных, как продукты горения пластмасс и других синтетических материалов.

Кроме того, **возгораемость древесины**

может быть понижена специальной обработкой антипиренами, которая повысит надежность древесины по данному показателю.

еще одной особенностью древесины является **ее подверженность**

гниению.

В природе накопление значительного запаса надземной фитомассы в виде больших стволов и могучей кроны к определенному возрасту насаждения приводит к постепенному обеднению почвы, затрудняет возобновление и рост молодых растений данного вида в популяции.

- Для решения этой проблемы у древесных растений возникли консортивные связи с дереворазрушающими грибами, которые обеспечивают отмирание перестойных ослабленных деревьев и относительно быстрый возврат законсервированных в древесине веществ в биологический круговорот.
- Поэтому грибные поражения и ксилолиз древесины с биологической точки зрения — нормальное явление.

Гниение древесины

происходит при поражении ее дереворазрушающими грибами.

- Для успешного развития этих грибов необходимы определенные условия, прежде всего по влажности и воздухосодержанию заселяемого грибами субстрата.
- Поэтому поражения гнилями здоровых деревьев (здоровых тканей деревьев) в лесу происходить не будет,
 - несмотря на постоянное фоновое наличие множества грибных спор в насаждении.
 - то же самое можно сказать о высушенной древесине и изделиях из нее.

Более того, **дальнейшего развития гнилей,**

уже возникших в стволах растущих деревьев в лесу, при соблюдении соответствующих правил не происходит ни при хранении, ни при эксплуатации изделий из такой древесины.

- Даже гнили, которые появляются и могут развиваться в уже заготовленной древесине и изделиях из нее, например, наружная трухлявая гниль, обязательно требуют для своего развития

сочетания определенных благоприятных условий, прежде всего

- температуры и
- влажности.

Соблюдение простых условий эксплуатации изделий из

древесины позволяет избежать появления или развития в них гнилей.

- *Например, древесину кедра ливанского (Cedrus libani Loud.) использовали для изготовления саркофагов фараонов, и она прекрасно сохранилась до нашего времени (т. е. через 2,5 тыс. лет!).*

Например

- *Деревянная ставкирка в Боргунне в Норвегии была построена в 1150-1180 гг. и сохранилась до наших дней.*
- *Преображенская церковь в Кижях была построена в 1714 г. и сохранилась в отнюдь не идеальных климатических условиях Карелии без обработки древесины смолой до наших дней.*
- *Возраст многих памятников деревянного зодчества на севере России составляет 100 и более лет.*

Избежать появления и развития гнилей

можно и при эксплуатации древесины в благоприятных для развития грибов условиях, проведя соответствующую антисептическую обработку.

- Здесь, как и в случае обработки древесины антипиренами, **вопросы надежности и экологии вступают в очевидное противоречие.**
- Проблемой при этом является подбор или создание надежного и, в то же время, приемлемого с экологической точки зрения антисептического средства.

Пропитанные антисептиками шпалы,

используемые при железнодорожном строительстве, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ даже из такой нестойкой к поражению грибами породы, как береза, могут служить, находясь в земле, до 20-30 лет.

- С другой стороны, благодаря горению древесина широко используется в качестве топлива.
- Гниение же древесины потенциально может позитивно использоваться в различных технологиях по утилизации отработанной древесины и изделий из нее.

Из проведенного краткого анализа видно,

- *что практически все особенности древесины, считающиеся обычно ее недостатками, относительны, и часто их негативность связана с отсутствием или малой эффективностью существующих технологических решений при том или ином использовании древесины.*

4 Анизотропия древесины. Основные разрезы и направления в древесине

Древесина имеет клеточное строение.

- Большинство клеток древесины сильно вытянуты и сориентированы в определенном направлении, большей частью вдоль ствола дерева.
- Неравномерное взаимное расположение различных клеток, других элементов древесины, сложное структурированное строение оболочек клеток, приводит к анизотропии — различному проявлению того или иного свойства древесины в зависимости от направления в древесине или от разреза древесины.

В растущем дереве

древесина выполняет целый ряд функций, в первую очередь проводящие и механические, осуществление которых при отсутствии анизотропного строения было бы просто невозможно.

Анизотропия проявляется

у многих физических и механических свойств:

- цвета и блеска,
- усушки и разбухания,
- тепловых,
- звуковых,
- электрических,
- прочностных,
- деформативных и
- технологических свойств.

Влажность и плотность древесины, наоборот, анизотропией не обладают.

Разное проявление свойств

вынуждает различать разные направления и разрезы в древесине.

- В древесине принято различать три основных направления и три основных разреза, поэтому древесина рассматривается как ортотропное тело.

Три основных разреза древесины (плоскости) — поперечный, радиальный и тангенциальный (рис. 1).

- Поперечный, или торцовый, разрез проходит перпендикулярно продольной оси ствола (или иных частей дерева) и перерезает большую часть волокон поперек.
- Радиальный и тангенциальный разрезы проходят параллельно продольной оси ствола и перерезают волокна вдоль.
- Радиальный разрез проходит «по радиусу», через сердцевину, находящуюся в центре ствола,
- а тангенциальный — на некотором удалении от сердцевины по касательной к годичным слоям или почти параллельно им.

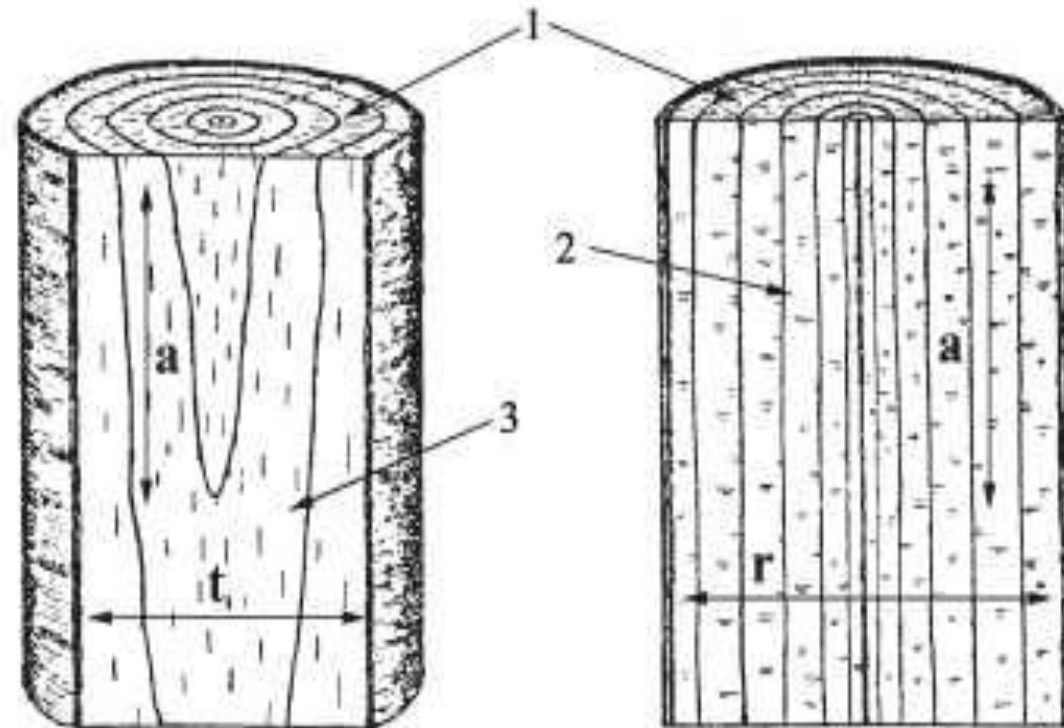
В реальных образцах и изделиях из древесины

часто встречаются различные переходные неправильные разрезы, связанные с отклонением в направлении разрезов или искривлениями и отклонениями в направлении волокон.

- Например, доски тангентальной распиловки в центральной части пласти могут иметь тангенциальный разрез, а ближе к кромкам — почти радиальный.*

Рис. 1 Основные направления и разрезы древесины:

- 1 — поперечный (торцовый) разрез;
- 2 — радиальный разрез;
- 3 — тангенциальный разрез;



t — тангенциальное направление; r — радиальное направление;

a — продольное (аксиальное) направление.

Соответственно трем разрезам в древесине

различают три основных направления (размера):

- продольное,
 - радиальное и
 - тангенциальное (рис. 1).
- Продольное (аксиальное) направление сориентировано параллельно продольной оси ствола, образуется пересечением двух любых продольных плоскостей.
 - Радиальное направление — перпендикулярно продольной оси ствола (проходит по радиусу), образуется пересечением радиальной и поперечной плоскостей.
 - Тангенциальное направление также перпендикулярно продольной оси ствола, но образуется пересечением тангенциальной и поперечной плоскостей.

Отклонения от правильных

направлений или разрезов древесины будут неизбежно приводить к большим или меньшим отклонениям в физических или механических свойствах древесины, в признаках ее строения, что необходимо учитывать при работе с древесиной.

Организация древесины на уровне химических элементов

5 Элементный состав древесины

Атом — наименьшая химически неделимая часть

химического элемента, состоящая из атомного ядра и окружающего его электронного облака.

- Множество одинаковых атомов называется химическим элементом. Характеризуя строение древесины на данном уровне, обычно говорят об элементном составе и зольности древесины.

Элементный состав древесины

— это количественное содержание химических элементов, выраженное в процентах от массы абсолютно сухой древесины.

- Элементный состав органической части древесины хорошо **известен** с первых этапов изучения древесины и мало отличается у различных авторов, проводивших исследования в различное время (**табл. 1**).

Содержание основных элементов в древесине

практически одинаково у различных древесных пород, мало изменяется в разных условиях произрастания одной породы, в разных частях дерева и ствола.

- В среднем относительное количество различных элементов древесины по массе в абсолютно сухом состоянии можно принять следующим (Таблица 1,2).

Таблица 1 – Относительное количество элементов древесины

Углерод	C	49-50 %
Кислород	O	43-44 %
Водород	H	6 %
Азот	N	0,1-0,3 %
Зольные элементы	Ca, K, Mg, P, Na и др.	0,15-1,0 %

Таблица 2 - Элементный состав древесины некоторых пород

порода	Содержание элементов в древесине, %				
	С	О	Н	Н	зола
Лиственница	49,6	44,2	5,8	0,2	0,2
Сосна	50,2	43,3	6,1	0,2	0,2
Дуб	50,2	43,4	6,0	—	0,4
Ясень	49,2	43,9	6,3	—	0,6
Граб	49,0	44,3	6,2	—	0,5
Бук	49,0	44,3	6,1	0,1	0,5
Береза	48,9	44,6	6,1	0,1	0,3
Пихта	50,4	43,35	5,9	0,05	0,3
ель	50,3	43,06	6,2	0,04	0,4

Разновидностей зольных элементов в древесине очень много,

но их количество в целом небольшое.

- Одни зольные элементы встречаются в большем количестве, другие — в меньшем, одни являются обычными, другие — редкими.

Поскольку распределение разных веществ

в клеточной оболочке неравномерно, элементный состав различных зон оболочки клетки также будет существенно различаться (табл. 5).

Таблица 5 – Примерный расчетный элементный состав различных слоев оболочки трахеид древесины хвойных пород

Слои клеточной оболочки	Содержание основных элементов, %		
	С	Н	О
S_3 и S_2	48	6	46
S_1	55	6	39
Р	61	6	33
М	63	6	31

Таблица 4 – Расчетный элементарный состав некоторых веществ древесины

Вещество и его формула	Содержание основных элементов, %		
	С	Н	О
Целлюлоза $C_6H_{10}O_5$	44,5	6	49,5
Пентозаны $C_5H_8O_4$	45,5	6	48,5
Лигнин березы $C_9H_{9,03}O_{2,77}(OCH_3)_{1,58}$	60	7	33
Лигнин ели $C_9H_{7,95}O_{2,41}(OCH_3)_{0,93}$	65	6	29
Смоляные кислоты $C_{20}H_{30}O_2$	79	10	11

За счет разного элементного состава

различных веществ древесины

- элементный состав аномальной древесины (тяговой и креновой древесины, древесины засмолков, и т. д.) также будет отличаться от нормальной древесины.

Поскольку элементный состав рассчитывается для древесины

в абсолютно сухом состоянии,

- атомы кислорода и водорода, образующие молекулы воды, содержащейся в древесине растущего дерева или в различных изделиях из древесины, из элементного состава исключены.

- За счет содержания большого количества воды реальный элементный состав срубленной древесины также будет совсем иным.

Так, при влажности древесины 100% реальный элементный состав, в расчете на массу влажной древесины, будет:

- кислород 66-66,5%, углерод 24,5-25%, водород 8,5%.

Презентация окончена

Спасибо за внимание

¹ Леонтьев, Л. Л. Древесиноведение и лесное товароведение: Учебник. — 2-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2018. — 416 с.: ил. (+ вклейка, 16 с.).