



*"Видимо, пустыня для того, и существует,
чтобы люди радовались деревьям"*
(Пауло Козльо, бразильский прозаик и поэт, 1947 г)

Лекция №3

ОСНОВЫ ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЯ

1. Общие сведения
2. Состав древесины
3. Анатомическое строение древесины
4. Физико-механические свойства
5. Пороки и дефекты древесины
6. Формирование защитно-декоративных функций древесины

1. Общие сведения

Древесина – один из древнейших природных материалов, применяемых человеком. Она является также одним из наиболее экологически чистых, доступных, распространенных и востребованных материалов и единственным природным возобновляемым конструкционным материалом.

При этом древесина хорошо сопротивляется статическим и динамическим нагрузкам, весьма лёгкая и в то же время прочная. Она в 4,5 раза легче бетона и в 14 раз легче стали. По прочности на сжатие вдоль волокон древесина не уступает бетону, а при изгибе – значительно превосходит его. Сочетание высокой прочности и низкой плотности обеспечивают древесине высокий коэффициент конструктивного качества ($K_{\text{кк}}$ – отношение предела прочности к его средней плотности). У древесины $K_{\text{кк}}$ составляет в среднем 0,07, в то время как у кирпича 0,006...0,015, стали – 0,05...0,1.

Примечание – По прочностным свойствам древесина в несколько раз уступает стали, но приведенная прочность (на единицу массы) у древесины выше. Предел прочности древесинного волокна тоже в 10 раз выше, чем стали.

Благодаря высокой пористости (30...80%) древесина имеет хорошие акустические свойства и низкую теплопроводность (0,16...0,31 Вт/м·К), что в 6 раз ниже, чем у кирпича и эквивалентно ячеистому бетону плотностью 300 кг/м³. Она легко поддаётся механической обработке (простыми ручными и электрическими инструментами), хорошо склеивается, удерживает металлические крепления (гвозди, шурупы, скобы).

В отличие от других строительных материалов древесина «дышит». В ее клеточном строении происходит постоянный обмен воздуха, а относительная влажность внутри деревянных зданий поддерживается, как правило, на уровне 45...57%, что соответствует оптимальному диапазону влажности (40...60%), при котором суммарное влияние вредных факторов на организм человека оказывается наименьшим. При этом бытует мнение, и не без основания, что древесина сосны и лиственницы обладает целительным действием.

Древесина обладает низким температурным коэффициентом линейного расширения, высокой химической стойкостью к кислотам и щелочам, морозостойкостью, декоративностью и постоянно восполняемой сырьевой базой. Древесина легко поддается модификации, а современные передовые технологии в сочетании с ее уникальными природными свойствами позволяют создавать достаточно долговечные деревянные изделия и конструкции, восхищающие своей красотой и совершенством.

Нашли применение и побочные продукты лесозаготовок, деревообработки и лесопиления (стружка, дроблёнка, опилки и др.), что значительно повышает эффективность ее применения. Из них получают древесностружечные и древесноволокнистые плиты, древесно-слоистый пластик, арболит, ксилолит, фибролит и другие изделия. Древесина легко поддается биологическому разрушению и не загрязняет окружающую среду.

Вместе с тем древесина обладает и некоторыми *недостатками*, ограничивающими область её применения: неоднородностью, анизотропностью и ортотропностью (различными характеристиками в трех взаимно перпендикулярных направлениях – продольном, радиальном и тангенциальном), повышенной гигроскопичностью, что приводит к набуханию, короблению, растрескиванию, изменению плотности и прочности.

Неоднородность и анизотропность древесины проявляется в различии строения и свойств годовых слоев, образующихся в процессе роста дерева в зависимости от условий внешней среды (климатических условий, различных районов произрастания, экологии), продолжительности зимнего и летнего периодов.

Примечание – Слово «анизотропия» происходит от греческих слов «анизос» – неравный и «тропос» – направление и означает неодинаковость свойств материала в различных структурных направлениях.

К недостаткам древесины относят также лёгкую возгораемость, загниваемость в переменно-влажностных условиях, наличие разнообразных пороков, снижающих ее сортность и др.

Однако большинство этих недостатков можно преодолеть технологическими защитными мероприятиями, созданием благоприятных условий эксплуатации и др. Например, путём изготовления клееных деревянных изделий и конструкций. В клееных конструкциях, где при их изготовлении убираются все дефекты и пороки, прочность древесины увеличивается в несколько раз, а в древеснослоистых пластиках прочность достигает 150...250 МПа. Возможно создание композиционных материалов на основе древесины в сочетании с полимерами, минеральными вяжущими, волокнами и металлами.

Древесина широко используется для изготовления строительных изделий и конструкций, в столярных, плотницких и паркетных работах, при изготовлении мебели и разнообразных бытовых изделий, оборудовании интерьеров, зон отдыха и др.

Примечание – 1. Считается, что из древесины изготавливается около 20 тыс. различных видов продукции.

2. В мировой практике за последние несколько лет построено достаточно много уникальных зданий и сооружений с применением деревянных конструкций (в основном арочных), в т. ч. в г. Минске. Например, олимпийский тренировочный манеж перекрыт трехшарнирными клееными деревянными арками пролетом 49 м с шагом арок 6 м и сечением 220x1100 мм. Распор воспринимается железобетонными контрфорсами.

2. Состав древесины

Древесиной называют внутреннюю часть дерева, лежащую под корой (СТБ ЕН 844-1) и на 99% состоящую из органических веществ, в состав которых входит углерод (49...50%), кислород (43...44%), водород (6%), незначительная часть азота (0,1...0,5%) и минеральные соединения, которые поступают в древесину из почвы через корневую систему и проводящие ткани.

Минеральные соединения состоят преимущественно из солей кальция, калия, натрия, магния, в небольших количествах содержат фосфор и другие элементы. При сгорании древесины они превращаются в золу (1,0...1,5%). Наибольшее количество золы приходится на кору и листья.

Входящие в состав древесины основные химические элементы образуют сложные органические вещества (древесинное вещество) входящие в состав клеток или клеточных тканей. Каждая клетка имеет свою оболочку (стенку). Стенки клеток состоят преимущественно из углеводов (70...80%) и около 30% составляет лигнин

(20...30% у лиственных пород и до 50% – у хвойных). В углеводную часть древесины входят целлюлоза, глюкоза, сахар, гемицеллюлоза. Углеводы и лигнин являются природными высокомолекулярными соединениями (полимерами).

Целлюлоза (от фр. *cellulose* – клетка, клетушка) представляет собой линейный кристаллический полимер – полисахарид $(C_6H_{10}O_5)_n$, где n – степень полимеризации, равная 6000...14000. Она является скелетным материалом оболочек клеток, имеет волокнистое строение, длинные нити (микрофибриллы) которого соединены между собой множеством водородных связей, что придаёт ей высокую механическую прочность при сохранении эластичности.

Лигнин (от лат. *lignum* – дерево, древесина) – тоже высокомолекулярное соединение, располагается в клеточных стенках и межклеточном пространстве и скрепляет (цементирует) целлюлозные волокна между собой. Лигнин придаёт клеточной оболочке прочность, жёсткость и твёрдость. Пропитывая оболочки клеток, лигнин и целлюлоза вызывают одревеснение растений. Одревеснение оболочек клеток происходит с ростом дерева и заключается в увеличении содержания лигнина. Одревесневшие клеточные оболочки обладают структурой, которую можно сравнить со структурой железобетона: волокна целлюлозы (микрофибриллы) по своим свойствам соответствуют арматуре (образуют каркас древесины), а лигнин, обладающий высокой прочностью на сжатие, – бетону (рис. 3.1).

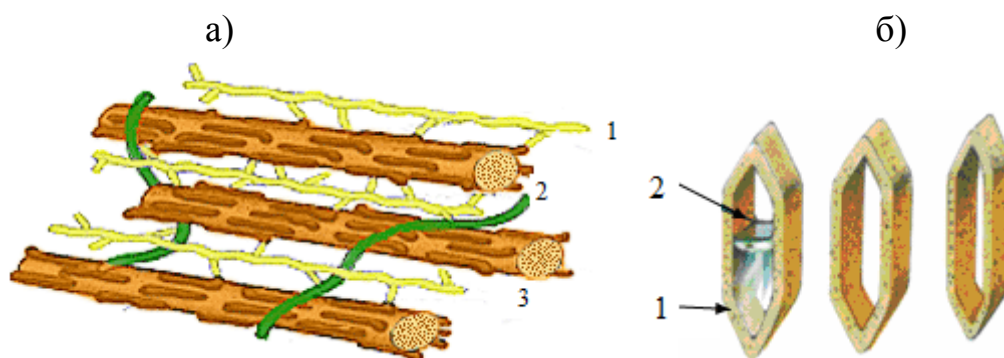


Рис. 3.1. Состав и строение древесины:

а – состав древесины: 1 – лигнин (желтые волокна); 2 – гемицеллюлоза (более темные «червячки» на волокнах); 3 – целлюлоза (длинные оранжевые волокна);

б – схема строения сосудов и капилляров: 1 – связанная (гигроскопическая) влага; 2 – свободная (капиллярная) влага

Небольшую часть древесины (2...4%) составляют *экстрактивные вещества*. Они не входят в состав клеточных стенок, а содержатся в полостях клеток или межклеточных каналах (например, в смоляных ходах в древесине хвойных пород), но могут иногда пропитывать клеточную стенку. В отличие от углеводов и лигнина они являются низкомолекулярными соединениями. В их состав входят смолы, смоляные кислоты, эфирные масла, красители, белки, дубильные вещества и др. Несмотря на их незначительное содержание, они придают древесине цвет, запах, вкус, определяют токсичность, способствуют сопротивлению гниению, поражению грибами и т.д.

Химический состав древесины может колебаться в определенных пределах, как для разных пород, так и в пределах одной и той же породы. Например, хвойные породы содержат больше лигнина (28...32%), но меньше гемицеллюлозы (21...26%), чем лиственные – соответственно 17...23% и 22...33%. Для одной и той же породы химический состав незначительно изменяется в зависимости от района и условий произрастания, возраста дерева и даже времени рубки. Некоторые различия могут наблюдаться даже по высоте ствола и его диаметру.

3. Анатомическое строение древесины

По форме и назначению растущее дерево состоит из трёх частей: корневой системы, ствола и кроны (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Части растущего дерева

Кроной считается верхняя часть дерева с сучьями, ветвями и листвой, в которой из углерода, поглощаемого из воздуха в виде углекислоты, и подсасываемой из почвы воды под действием солнечного света вырабатываются сложные органические вещества и кислород, необходимые для питания и роста дерева. Такой процесс называется фотосинтезом. Крона занимает 5...20% объема дерева и у разных пород начинается на различном расстоянии от земли. Для отдельных видов деревьев крона может включать часть ствола (СТБ ЕН 844-2).

Корни – это, как правило, подземная часть дерева, состоят из мелких корешков для всасывания водных растворов минеральных питательных веществ и толстых корней, хранящих запасы питательных веществ, проводящих воду и удерживающих дерево в вертикальном положении. На их долю приходится 5...25% от всего объема

растущего дерева. У одних деревьев корни уходят глубоко в землю (например, у дуба), у других – расположены горизонтально у поверхности земли (ель).

Ствол – надземная часть дерева, кроме сучьев, связывающая корневую систему с кроной. При жизни дерева ствол служит для проведения из корней в крону влаги и питательных веществ, а из кроны в ствол органических веществ, выработанных листьями, для хранения запаса питательных веществ и для размещения и поддержания кроны.

Все составляющие дерева в большей или меньшей степени имеют практическое значение. Однако ствол является основным источником деловой древесины, к которой относят лигноцеллюлозное вещество между сердцевинной и корой дерева, т. е. внутренняя составляющая, лежащая под корой (СТБ ЕН 844-1). На долю ствола в зависимости от породы дерева приходится от 55 до 90% всего объема дерева.

В зависимости от породы и климатических условий произрастания стволы деревьев имеют различную форму, длину (от 7 до 100 м) и толщину (диаметр) – от 6 до 100 см. В отдельных случаях длина ствола может превышать 100 м (секвойя), диаметр – 3 м (дуб, тополь), а масса достигать 10 т и более. Ствол деревьев, выросших в лесу, как правило, более прямой и длинный, а выросших на открытом месте – короткий, более толстый и с кривизной.

По высоте ствол тоже имеет неодинаковую толщину: верхняя тонкая часть ствола называется *вершиной*, нижняя толстая часть – *комлем*. Уменьшение диаметра ствола от комля к вершине называется *сбежистостью* (сбегом). Стандарты допускают сбежистость в пределах 1%. У деревьев хвойных пород сбежистость, как правило, меньше, чем у лиственных. Комлевая древесина имеет обычно неправильное строение, обуславливающее у некоторых пород (береза, орех) сравнительно красивую текстуру. Из такой древесины можно изготавливать элементы отделки, художественные и бытовые изделия.

Древесина, как продукт растительного происхождения, по своему строению является слоисто-волокнистым пористым материалом и состоит из многочисленных сросшихся между собой элементарных клеток (прозенхимных и паренхимных), разнообразных по форме, размерам и вытянутых преимущественно вдоль ствола. Каждая клетка имеет тончайшую прозрачную оболочку, внутри которой находится протопласт – живое содержимое клеточной оболочки вместе со всеми включениями. У подавляющего большинства древесных клеток протопласт отмирает еще при жизни дерева.

Примечание – Паренхимные клетки имеют округлую или многогранную форму и примерно одинаковые размеры (0,01...0,1 мм) во всех трех направлениях. Они входят в состав сердцевинных лучей, имеют тонкие оболочки (стенки) и выполняют в основном запасную функцию. В отличие от трахеид, паренхимные клетки живые. Количество их в общем объеме древесины незначительно: у хвойных пород – 1...2%, у лиственных – 2...15%.

Проzenхимные клетки имеют сильно вытянутую, напоминающую волокно форму диаметром 0,01...0,05 мм и длиной 0,5...8 мм и утолщенные оболочки. Они ориентированы вдоль ствола,

придают древесине волокнистое строение и выполняют в основном механическую функцию. Они быстро отмирают в процессе роста дерева и в основной массе являются мертвыми образованиями. У хвойных пород их называют трахеидами, у лиственных – либриформом.

Древесина растущего дерева состоит в основном из мертвых клеток (трахеиды составляют 90% общего объема древесины и в 1 см³ их размещается ≈ 420 000 шт.) и лишь часть клеток (паренхимных) сохраняют живой протопласт. Совокупность клеток с одинаковым строением и функциями образуют ткани – покровные, механические, проводящие, запасающие, образовательные, ассимиляционные.

Все растительные клетки прочно связаны между собой. Полости клеток могут быть заполнены смолами, камедями (смолистые выделения), тилами (от греч. *tylos* – вздутия, утолщения), водой. Из клеток образуются сосуды, сердцевинные лучи, древесная масса. Клетки древесины определённым образом группируются и вместе с другими структурными элементами (сосуды, сердцевинные лучи, смоляные ходы) формируют её микро- и макроструктуру (рис. 3.3; 3.4 и 3.5).

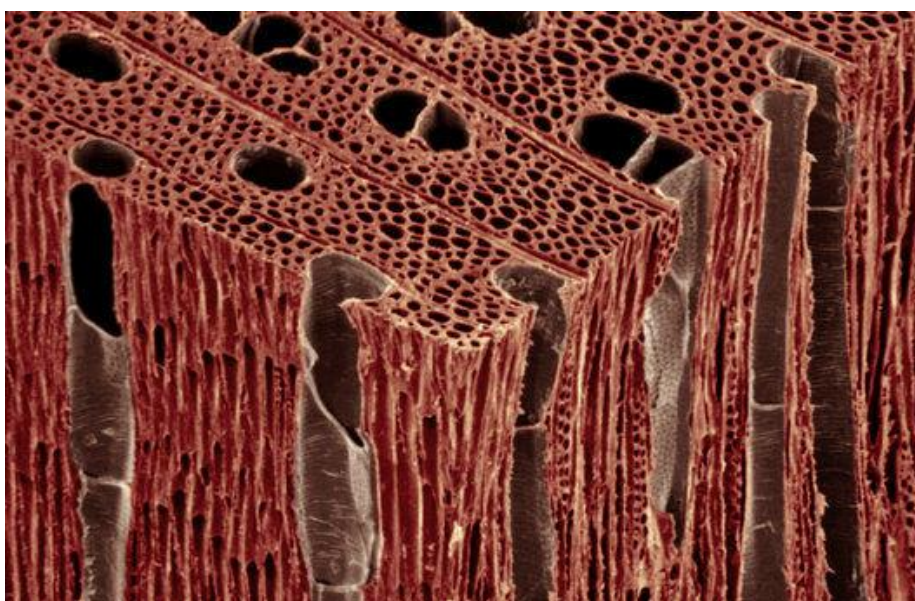


Рис. 3.3. Электронная микрофотография древесины клена

Изучение строения ствола и тканей древесины осуществляется, как правило, по трём основным разрезам (срезам) ствола (рис. 3.4 и 3.5):

- *поперечный* или *торцевой* (лобовой) – по плоскости, перпендикулярной оси ствола и направлению волокон;
- *радиальный* (зеркальный) – продольный, проходящий вдоль ствола через сердцевину по радиусу (вдоль сердцевинных лучей);
- *тангенциальный* (хордовый) – проходящий вдоль ствола по хорде, т.е. на некотором расстоянии от сердцевины касательно к годичным слоям (перпендикулярно сердцевинным лучам и радиусу ствола).

Примечание – Слово «тангенциальный» (от лат. *тангенс* – касающийся) означает «касательный», в данном случае плоскость разреза касается одной из окружностей годовых слоев древесины.

Древесина, распиленная в разных направлениях, имеет различную текстуру (рисунок) и отличается качественными характеристиками. На поперечном разрезе по сечению от периферии к центру (снаружи внутрь) в составе ствола дерева различают кору, луб (волокнистая ткань), камбий и собственно древесину, состоящую из заболони, ядра и сердцевины. Кроме того, на макроскопическом уровне можно выделить годовичные слои, сердцевинные лучи, сосуды, смоляные ходы, сучки, наросты и неразвившиеся побеги.

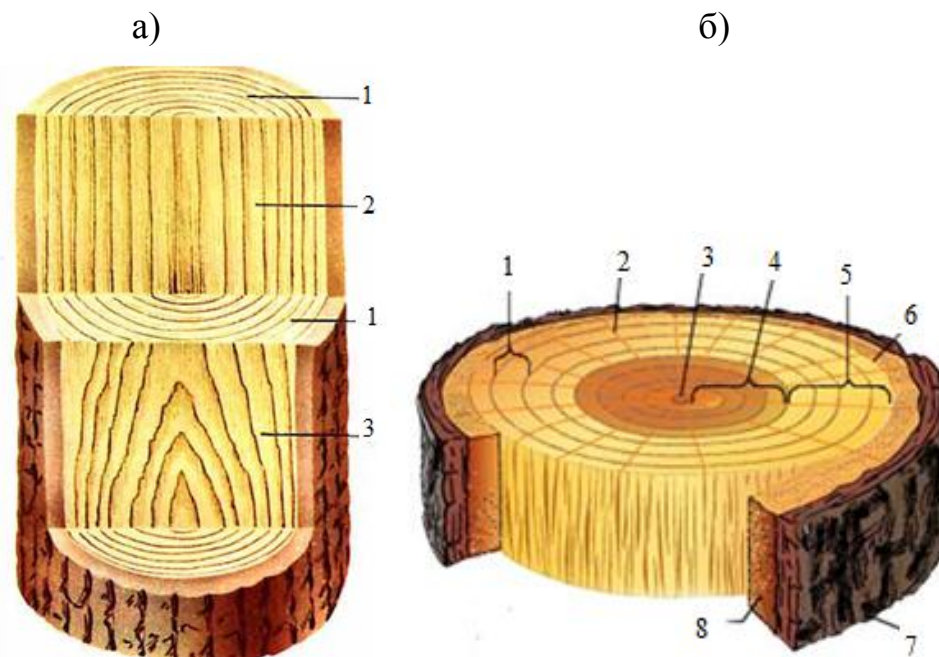


Рис. 3.4. Макроскопическое строение древесины:

а – основные разрезы ствола дерева: 1 – поперечный, 2 – радиальный, 3 – тангенциальный;
б – поперечный разрез ствола: 1 – годовичное кольцо, 2 – сердцевинные лучи, 3 – сердцевина, 4 – ядро, 5 – заболонь, 6 – камбий, 7 – кора (пробковый слой), 8 – кора (лубяной слой)

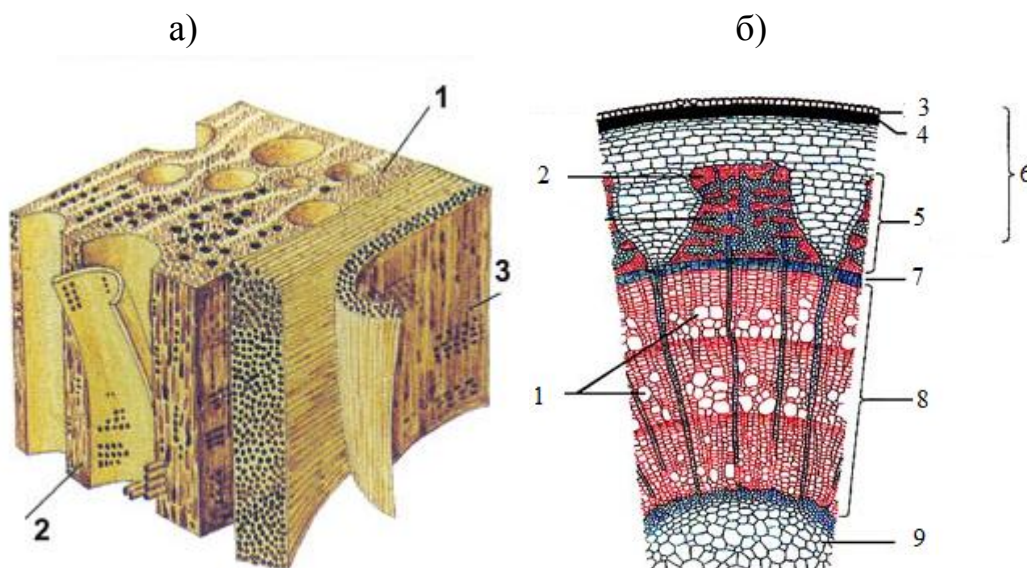


Рис. 3.5. Микроскопическое строение древесины:

а – основные разрезы ствола: 1 – поперечный; 2 – тангенциальный; 3 – радиальный;
б – поперечный разрез ствола: 1 – сосуды; 2 – волокна; 3 – кожа; 4 – пробка; 5 – луб; 6 – кора; 7 – камбий; 8 – древесина; 9 – сердцевина

Кора (наружное покрытие ствола и ветвей) по отношению к объёму ствола в зависимости от породы, возраста дерева и условий произрастания составляет от 6 до 25%. Различают наружный пробковый слой коры (является отмершим) и внутренний лубяной – служит проводником соков, питающих дерево (рис. 3.5). С каждым годом толщина коры увеличивается. Однако вследствие малой величины годового прироста и постепенного отпада наружных слоев в виде чешуи кора никогда не достигает толщины древесины ствола. Кора может быть разной по цвету (белая, серая, коричневая, зеленая, черная, красная) и фактуре (гладкая, пластинчатая, трещиноватая и др.).

Луб и *камбий* расположены под корой и представляют собой очень тонкие (невидимые невооружённым глазом) слизистые слои. *Луб* проводит воду с питательными органическими веществами (т. н. строительными веществами), выработанными в листьях, вниз по стволу в зоны роста. Снаружи лубяной слой образует корку, отмершие части которой называются древесной корой.

Камбий (от лат. *cambium* – обмен, смена) является образовательной тканью и состоит из живых клеток, за счёт деления которых и происходит рост дерева. Деление клеток камбиального слоя начинается весной и заканчивается осенью. Весной камбий образует широкие клетки с тонкой оболочкой, так называемую весеннюю древесину. Во второй половине вегетационного периода камбий образует толстостенные сплюснутые клетки, которые выполняют механические функции. Зимой камбий бездействует. Этим и обусловлено слоистое строение ствола дерева.

Примечание – *Слой древесины в поперечном направлении, образовавшийся в течение года, называется годовым кольцом.*

Следовательно, нарастание древесины происходит концентрическими слоями относительно сердцевины (рис. 3.6). На поперечном разрезе ствола этот процесс отражается в виде колец, называемых годовыми слоями, т. е. каждый год на стволе откладывается новый слой древесины (ежегодный прирост). По числу годовых слоёв на срезе у корневой шейки можно установить возраст дерева. При этом ширина годовых слоёв разная и зависит от породы, возраста, условий произрастания дерева (рис. 3.7) и колеблется от 1 мм (самшит) до 10 мм и более (липа, тополь).

В благоприятных условиях произрастания, у молодых деревьев, с освещённой стороны ширина годовых слоёв всегда больше. У деревьев влажных тропических лесов в отличие от территорий умеренного и континентального климата годовые кольца практически отсутствуют, поскольку они растут не в годовом ритме (рис. 3.7).

Дерево растёт в основном весной, летом и осенью при температуре не ниже 2°C. При росте дерева клетки откладываются как в сторону сердцевины, так и коры, но в сторону сердцевины в 5...10 раз больше. Более интенсивно дерево растёт весной, когда в стволе появляется много сока и камбий откладывает во внутреннюю часть ствола

значительное количество крупных клеток. Поэтому весенние клетки более крупные, рыхлые и светлые. Затем по мере уменьшения поступления питательных соков активность камбия и рост дерева замедляются, летние и осенние клетки формируются более мелкими, плотными и темными. В зимнее время рост дерева прекращается.



Рис. 3.6. Годовые слои



Рис. 3.7. Годовые слои древесины, произрастающей в разных климатических условиях

По этой причине, так называемое годовое кольцо (вегетационный период образования) состоит, как правило, из двух слоёв древесины по времени их образования – ранней (светлой) и поздней (темной). По ранней древесине внутреннего годичного слоя, обращённого в сторону сердцевины, происходит передвижение воды в растущем дереве вверх по стволу, а поздняя древесина, обращённая в сторону коры,

выполняет механическую функцию. Она состоит из клеток с узкими полостями и толстыми стенками, образующими прочную и плотную позднюю древесину.

Поздняя древесина примерно в 2,5 раза плотнее и в 2...3 раза прочнее ранней древесины. Например, у дуба она равна соответственно 180 и 70 МПа. Поэтому от соотношения содержания поздней и ранней древесины в годовых слоях зависит ее прочность и другие технические характеристики, которые учитываются при проектировании и изготовлении деревянных конструкций. Например, для несущих элементов деревянных конструкций используется древесина, ширина годовичных слоёв в которой должна быть не более 5 мм, а содержание в них поздней древесины – не менее 20%.

На поперечном срезе (спиле) годовичные слои имеют вид концентрических кольцевых полос разной ширины, на радиальном – продольных полос и тангенциальном – извилистых полос, часто гиперболической U-образной формы. Содержание поздней древесины определяется соотношением между суммарной шириной зон поздней древесины и общей протяженностью (в радиальном направлении) участка измерения, включающего целое число слоев (в %)

Примечание – 1. Если в распилах видны широкие годовые кольца, получившиеся в результате интенсивного роста, то такую древесину называют грубогодовой (ель). Тонкие годовые кольца образуют тонкогодовичную древесину. Тонкогодовичная древесина считается более ценной, так как она мало деформируется при усушке.

2. Что бы узнать возраст дерева нужно пересчитать все кольца (темные и светлые), разделить это число на 2 и прибавить еще 3 или 4 года (годовичные кольца которых еще не сформировались и видны только под микроскопом).

Сердцевина находится внутри первого годовичного слоя и обычно более или менее смещена от геометрического центра. Она состоит из слабосвязанных между собой клеток, которые образуют с древесиной первых лет роста дерева *сердцевинную трубку* диаметром от 1 до 6 мм. У хвойных пород сердцевинная трубка меньше, чем у лиственных. В комлевой (нижней) части ствола диаметр ее тоже наименьший, к кроне он постепенно увеличивается.

На поперечном разрезе ствола дерева сердцевина имеет вид пятнышка коричневого или бурого цвета, на радиальном разрезе – вид узкой полоски. В жизнедеятельности дерева она участвует только в молодом возрасте. Во взрослом дереве она является мёртвым образованием – рыхлая, мягкая, непрочная, легко подвергается загниванию и образованию трещин. Поэтому в пиломатериалах сердцевина рассматривается как порок и при изготовлении изделий ее, как правило, предварительно удаляют.

Примечание – В круглых сортиментах наличие сердцевины неизбежно и пороком, как правило, не считается. В пиломатериалах сердцевина и примыкающая к ней ювенильная древесина существенно снижают их прочность, особенно в пиломатериалах малого сечения. Кроме того, такие пиломатериалы более склонны к загниванию и растрескиванию.

В процессе роста дерева стенки клеток древесины внутренней части ствола, примыкающей к сердцевине (т.н. ювенильной древесины), в результате биохимических и структурных изменений постепенно изменяют свой состав (одревесневают) и пропитываются у хвойных пород смолой, а у лиственных – дубильными веществами. Движение влаги и питательных веществ в древесине этой части ствола практически прекращается, и живые клетки отмирают. Древесина становится более плотной, твёрдой, прочной, менее способной к загниванию и у некоторых пород темнее наружной. Эту часть ствола с темной окраской называют **ядром**, а породы – **ядровыми**. У других пород, если центральная часть не отличается по цвету от наружной, ее называют *спелой древесиной*, а породы – *заболонными*.

Считается, что ядро образуется практически у всех пород, только у одних ядро темнее наружной части, у других – древесина по сечению окрашена равномерно (рис. 3.7 и 3.8). Ядро, как правило, начинает формироваться в возрасте около 20 лет: у сосны – в возрасте примерно 30...35 лет, акации – 3...5 лет. К ядровым породам относятся – сосна, лиственница, дуб, ясень, тополь, яблоня и др. Чем больше древесины содержится в ядровой части, тем более прочной и биостойкой будет древесина в целом.

Часть более молодой древесины ствола, которая располагается между камбием и ядром (спелой древесиной) называют **заболонью**. Заболонь содержит преимущественно живые клетки, по которым от корней к кроне перемещается влага с растворенными в ней питательными веществами. Объём заболони зависит от объёма дерева, его возраста и физиологического состояния. На поперечном разрезе ствола дерева ширина заболони у одних пород (например, белая акация) может составлять всего несколько миллиметров и включать 3...5 годичных слоев, у других (сосна) – несколько сантиметров, занимая до 60 и более годичных слоев. С возрастом ее объём уменьшается. У некоторых пород, например дуба, она почти не изменяется.



Рис. 3.8. Ядровая и заболонная древесина

Заболонь в отличие от ядровой древесины более влажная, рыхлая, мягкая, менее прочная и стойкая к гниению. В ней содержится меньше дубильных, красящих (в лиственных породах) и смолистых (в хвойных) веществ, что и определяет ее свойства и внешний вид. Соотношение в стволе содержания ядровой и заболонной древесины определяет свойства (технические характеристики) как самой древесины, так и готовых изделий из неё.

К заболонным породам относятся берёза, ольха, осина, клён, липа и др. Поэтому заболонь имеет практическое значение только в тех случаях, если она составляет значительную часть древесины ствола. Однако при этом следует учитывать, что плотность заболони, как правило, на 5...6% ниже, а соответственно ниже и прочность при сжатии вдоль и поперек волокон. В тоже время прочность при статическом изгибе оказывается практически одинаковой, а прочность при растяжении вдоль волокон даже выше на 5...10%. В случае незначительного содержания заболони в древесине (например, у лиственницы, дуба) она, как правило, идет в отходы.

В древесине всех пород в поперечном к стволу направлении от сердцевины к коре по радиусу располагаются *сердцевинные лучи* – группа клеток в виде тонкой полосы. В растущем дереве они служат для перемещения воды и питательных веществ в горизонтальном направлении и для хранения запаса питательных веществ на зимнее время. Ширина сердцевинных лучей составляет от 0,05 до 1 мм в зависимости от породы дерева. У хвойных пород они видны только под микроскопом и занимают 5...6% объёма древесины, у лиственных – до 15%, и по ним древесина легко раскалывается и растрескивается при высыхании. На радиальном срезе древесины сердцевидные лучи видны в виде поперечных блестящих узких или широких (в зависимости от размера), коротких или длинных (в зависимости от степени совпадения разреза с направлением луча) полосок или пятен, на тангенциальном – в виде точек или полосок веретенообразной или чечевицеобразной формы. По цвету сердцевинные лучи могут быть окрашены светлее или темнее окружающей древесины и поэтому для многих пород играют важную роль в создании текстуры древесины. Особенно ценятся породы с ярко выраженными сердцевинными лучами (дуб, бук) в мозаичных работах.

У древесины большинства хвойных пород имеются ещё вертикальные и горизонтальные *смоляные ходы*, по которым движется смола (живица). Больше всего смоляных ходов содержится у сосны, а более крупных размеров они достигают у кедра (0,14 мм). Их длина составляет 100...800 мм. Однако общий объём смоляных ходов сравнительно невелик (до 0,7% общего объёма древесины), и они не оказывают существенного влияния на ее свойства, но заполняющая их смола защищает древесину от повреждения, загнивания и понижает влагопоглощение.

4. Физико-механические свойства

Свойства древесины определяются, прежде всего, структурой и составом её пород. Причём в пределах одной и той же породы свойства древесины могут различаться в зависимости от возраста дерева, места и условий произрастания, влажности, способов переработки и многих других факторов. С возрастом дерева физико-механические свойства древесины повышаются до некоторого предела, а затем начинают снижаться. Например, древесина сосны достигает максимума по физико-механическим свойствам в возрасте 150...200 лет, а в возрасте 260...280 лет плотность снижается на 8...10%, содержание поздней древесины – на 16...18%, прочность при сжатии вдоль волокон – на 8...9%. Свойства древесины изменяются также и в пределах одного и того же ствола – по высоте и радиусу. Лучшая древесина находится в комлевой части ствола, а по мере поднятия по стволу (до начала живой кроны) физико-механические свойства древесины понижаются. С возрастом дерева претерпевают изменения и другие характеристики древесины.

Важнейшими декоративными и эстетическими свойствами древесины являются её цвет, текстура и блеск.

Под *цветом* древесины понимают определенное зрительное ощущение, которое зависит в основном от спектрального состава отраженного ею светового потока. Характеризуется, как правило, словесными описаниями, либо колориметрическими показателями, определяемыми с помощью фотоэлектрических приборов или атласов цветов. Оценивается тремя показателями:

- *цветовой тональностью* – определяется длиной волны чистого спектрального цвета;
- *насыщенностью* – характеризуется степенью разбавления спектрального цвета белым и изменяется от 100% до нуля;
- *светлотой* – определяется коэффициентом отражения, который для белых поверхностей близок к единице, а для черных – приближается к нулю.

Цвет древесины изменяется в довольно широких пределах – от белого до чёрного через желтый, розовый, красный, коричневый со всеми промежуточными оттенками. Каждой породе дерева свойственен свой особый цвет. Целлюлоза имеет почти белый цвет, но всё многообразие цветов и оттенков, которые имеет древесина, придают ей в основном красящие, дубильные и смолистые вещества, которые находятся в полостях клеток. Но его яркость и колорит могут изменяться под воздействием многих факторов – в зависимости от породы, возраста, климата и условий произрастания, времени после срубki и др.

Древесина большинства пород окрашена в желтовато-бурые и красно-коричневые цвета различных оттенков. Почти белый цвет встречается у осины, ели, липы, берёзы, граба, пихты и чёрный – у эбенового дерева. Широкий диапазон оттенков имеет грецкий орех. Древесина деревьев умеренного климата всегда светлее

или бледнее тех же пород тропической зоны. С возрастом дерева интенсивность окраски усиливается. Изменение цвета древесины может быть вызвано также разрушающими и окрашивающими грибами, в результате технологических операций. Например, в речной воде древесина дуба темнеет от соединения дубильных веществ с солями железа, заболонь сосны после сплава приобретает желтую окраску, а древесина березы – оранжевую. При пропаривании древесина бука довольно равномерно окрашивается в красноватый цвет, у древесины хвойных пород после высокотемпературной обработки появляется буроватая окраска. Вместе с тем более устойчивый цвет имеют такие породы как дуб, груша, клен, береза.

Цвет древесины является важнейшим диагностическим признаком, служит для распознавания породы дерева, при выборе древесины для мебели и внутренней отделки помещений. При производстве мебели и столярных изделий цвет древесины можно изменить путём отбеливания или окрашивания в более тёмные и яркие цвета.

Текстура древесины – это естественный рисунок на её поверхности, образующийся при распиливании (перерезании) слагающих древесину анатомических элементов (волокон, годичных слоёв, сердцевинных лучей, крупных сосудов), и зависит, прежде всего, от особенностей строения и направления разреза (рис. 3.9). Торцовый срез даёт концентрические окружности, радиальный – продольные полосы, тангенциальный – извилистые линии (рис. 3.9 и 3.10). Чем сложнее строение древесины и разнообразнее сочетание отдельных элементов, тем разнообразнее и богаче ее текстура. Особенно выразительна текстура древесины у лиственных пород: дуба, бука, ореха, клёна и др.

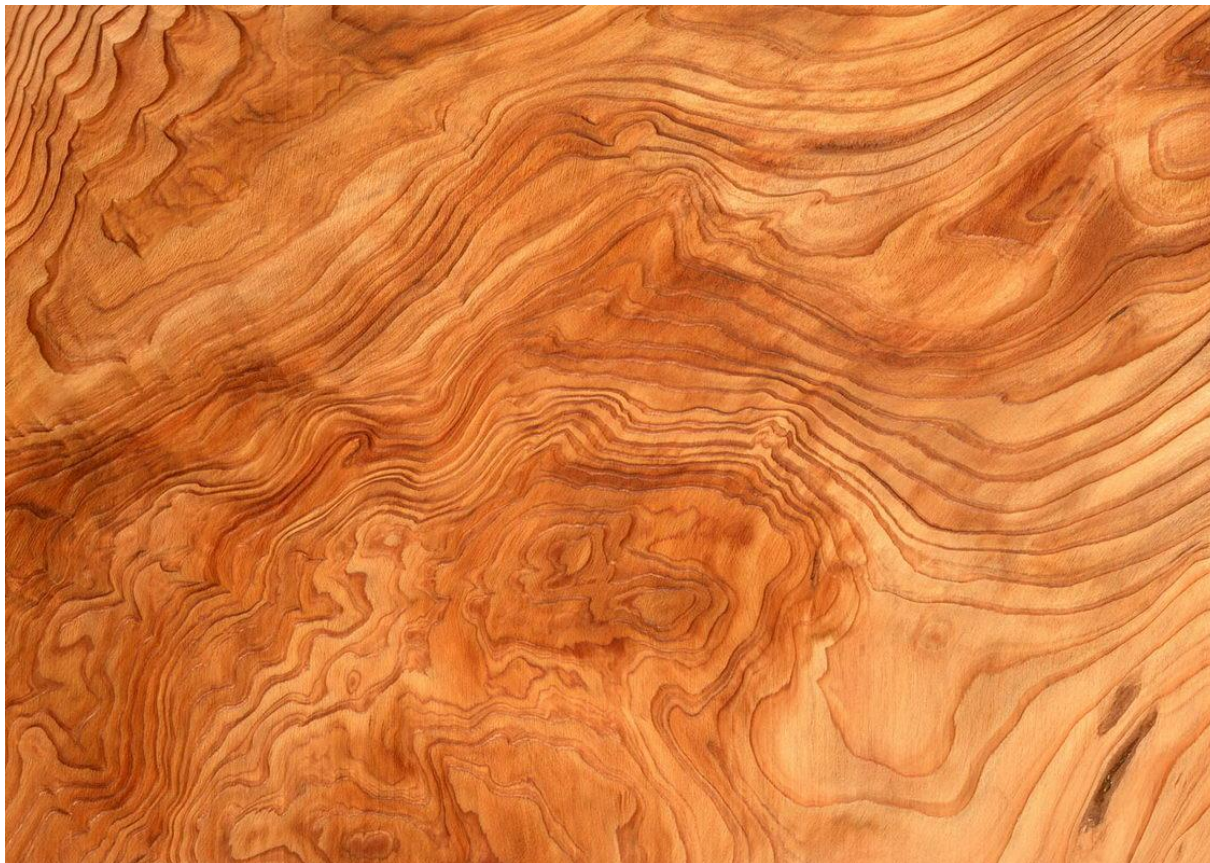


Рис. 3.9. Текстура древесины



Рис. 3.10. Текстура древесины в изделиях в зависимости от разрезов ствола

Хвойные породы, как правило, обладают более однообразной текстурой. Извилистые очертания годичных слоев и неправильное расположение волокон создают

более богатую текстуру и своеобразный рисунок. Например, путаное и волокнистое расположение волокон (свилеватость) создает декоративная древесина капов (наростов на листовенных деревьях), узорчатая древесина карельской березы, клена (от неразвившихся в побег почек – птичий глаз) и др.

Текстура определяет декоративную ценность древесины, что особенно важно при изготовлении паркета, отделочных материалов, мебели. Прозрачные лаковые покрытия на поверхности древесины проявляют текстуру, придают ей глубину, усиливают контраст и выразительность. Различают следующие основные виды текстуры древесины:

- *безтекстурная* – без четко выраженного рисунка, с поверхностью ровного спокойного цвета (липа, груша, черное дерево);
- *бесшовная* – с отсутствием видимого шва при соединении элементов изделий больших размеров;
- *полосатая* – образуется при радиальном разрезе с хорошо выявленными темными полосами годовых слоев (орех, красное дерево);
- *волнистая*, образующаяся у деревьев, произрастающих в специфических условиях или при строгании древесины (ясень, березы) с полосатой структурой специальными ножами, лущением;
- *криволинейная*, образованная при тангенциальном разрезе древесины деревьев (ясень, орех, карагач) с ненормальными условиями произрастания (искривлении ствола, образовании наростов);
- *листообразная*, получаемая при тангенциальном распиле дерева вблизи разветвления, характеризуется линиями неправильной формы;
- *V-образная* – видимая на тангенциальном разрезе с расходящимися от основания полосами у дуба, ясеня, ореха и хвойных пород. Используется при выполнении мозаичных работ и изготовлении мебели;
- *сучковатая* – характерна для пород с большим количеством сучков (ель, сосна) и др.

Блеск – это способность древесины направленно отражать световой поток и является качественной характеристикой ее поверхности. Блеск придает древесине красивый вид и подчеркивает ее текстуру. Определяется плотностью породы, направлением разреза, наличием, размерами и характером размещения сердцевинных лучей. Чем крупнее сердцевинные лучи (например, у дуба) и чем плотнее древесина, т. е. чем кучнее расположены сердцевинные лучи (например, у клёна), тем значительнее будет блеск древесины. В радиальной плоскости блеск тоже усиливается под влиянием сердцевинных лучей. Наибольшим блеском отличается древесина осины, дуба, клена, бука, красного дерева и др. Блеск может быть усилен за счет полирования, лакирования, вождения или оклеивания прозрачными пленками из полимерных

материалов. Матовую поверхность имеют такие породы как липа, осина, груша, тополь.

Плотность древесины характеризуется отношением массы к объему и выражается в кг/м^3 или г/см^3 . Различают истинную и среднюю плотность древесины.

Истинная плотность (плотность древесинного вещества) – это плотность материала клеточных стенок и у древесины всех пород примерно одинаковая ($1,53...1,55 \text{ г/см}^3$), поскольку древесина состоит в основном из одного вещества – целлюлозы.

Средняя плотность (плотность древесины) разных пород изменяется в довольно широких пределах: от 150 кг/м^3 (бальза, или бальзовое дерево) до 1280 кг/м^3 (бакаут, или железное дерево). Для наиболее широко применяемых в быту и строительстве пород она составляет от 450 кг/м^3 (у ели) до 700 кг/м^3 (у дуба). Однако плотность, как и другие физико-механические характеристики, могут изменяться в значительных пределах не только у различных пород, но и у деревьев одной и той же породы. Определяется это местом произрастания (климатическими и почвенными условиями), плотностью насаждения деревьев и другими факторами. Кроме того, плотность древесины убывает от комля к вершине, от коры к центру ствола.

Поскольку плотность древесины существенно зависит от влажности, а влага в древесине составляет значительную часть ее массы, то среднюю плотность древесины принято устанавливать при определенной влажности, принимаемой равной 12% и именуемой «стандартной». По величине средней плотности древесины при стандартной влажности породы подразделяются на три группы:

- малой плотности (менее 540 кг/м^3) – сосна, ель, тополь, липа, осина;
- средней плотности ($540...740 \text{ кг/м}^3$) – лиственница, береза, дуб;
- высокой плотности (более 740 кг/м^3) – граб, акация, железное дерево, самшит.

Различают также **плотность абсолютно сухой древесины** (при влажности равной нулю) и **базисную плотность** – отношение массы абсолютно сухой древесины к объему древесины при влажности равной ($W = 30\%$) или выше предела насыщения клеточных стенок. Численное значение базисной плотности не зависит от влажности древесины. Но от плотности древесины значительно зависят ее свойства и, особенно, пористость, влажность, прочность и др. (табл. 3.1).

Таблица 3.1. Физико-механические характеристики основных пород древесины

Порода	Средняя плотность, кг/м^3		Влажность свежесрубленной, %		Прочность (вдоль волокон) при $W=12\%$, МПа			
	$W=12\%$	свежесрубленной	среднее значение	max	$R_{сж}$	$R_{раст}$	$R_{изг}$	$R_{ск}$
Сосна	520	800	80...90	180	48	109	86	7,4
Ель	450	760...790	80...100	203	45	103	79	6,8
Лиственница	660	830...940	50...70	123	62	124	111	9,8

Кедр	490	760...880	90	208	42	89	69	6,4
Пихта	390	720...830	100	250	40	66	68	5,9
Дуб	690	950...1025	60...80	117	57	123	107	9,9
Берёза	640	880	70...90	131	55	137	110	9,5
Осина	500	700...760	70...100	180	42	125	78	6,3
Ольха	520	830	80...110	175	45	101	80	8,2
Липа	490	710...790	65	180	46	117	86	8,0
Клён	690	860...870	40	119	59	123	115	12,0
Ясень	680	920	35...40	119	56	140	118	13,0

Пористость (отношение объема пор к общему объему древесины в абсолютно сухом состоянии) измеряется в % и обусловлена наличием в ее структуре полостей клеток, межклеточных пространств и участков клеточных стенок, пронизанных мельчайшими отверстиями. Пористость древесины в зависимости от породы дерева изменяется в довольно широких пределах (от 46 до 81% у хвойных пород и от 32 до 80% – у лиственных) и напрямую связана с ее плотностью. Например, с увеличением плотности от 300 до 800 кг/м³ пористость древесины снижается от 81 до 55%. Следовательно, большую часть объема древесины занимают поры. С пористостью связано большинство физико-механических и технологических характеристик древесины.

Влажность древесины определяется как отношение содержащейся в ней массы воды к массе абсолютно сухой древесины (СТБ ЕН 844-4). В растущем дереве содержится большое количество влаги, необходимой для нормального роста и развития. Влажность древесины растущего дерева может составлять от 35 до 115 % и более, причем минимальная влажность приходится на зимний период, а максимальная – на раннюю весну. В срубленной древесине наличие влаги нежелательно, так как приводит к ряду отрицательных явлений.

Различают несколько форм влаги содержащейся в древесине: *гигроскопическую* (связанную, адсорбционную, микрокапиллярную) – связанную в стенках клеток, *капиллярную* или свободную – заполняющую полости клеток, сосуды и межклеточное пространство, и *полную* – арифметическую сумму гигроскопической и капиллярной влаги. Влагу, входящую в химический состав веществ образующих древесину, называют *химически связанной*. Она составляет 5...6% и может быть удалена из древесины только при ее глубокой (химической) переработке.

Гигроскопическая влажность (может достигать 30...35%), покрывая поверхность мельчайших элементов в стенках клеток водными оболочками, увеличивает и раздвигает их, прочно удерживается физико-химическими связями и не может быть выдавлена при распиле древесины. Состояние древесины, при котором объем гигроскопической влаги максимально возможен, а свободной влаги нет (пограничное состояние), называется *пределом насыщения* клеточных стенок (пределом гигроскопичности). При этом клеточная стенка имеет максимальную влажность в

воздушной среде. Предел гигроскопичности величина не постоянная и зависит не только от породы древесины, но и от температуры окружающей среды. Для большинства пород предел насыщения находится в пределах 25...35% (в расчетах принимается 30%). Изменение гигроскопической влажности приводит к изменению массы, объема, усушке, разбуханию, короблению и изменению прочностных характеристик древесины.

Капиллярная (свободная) влага начинает появляться в древесине при влажности более 30% (выше предела гигроскопичности), удерживается менее прочными силами капиллярного взаимодействия и практически не оказывает влияния на линейные параметры древесины, но изменяет плотность, тепло- и электропроводность.

Примечание – Способность древесины поглощать (сорбировать) влагу из окружающего ее воздуха называют гигроскопичностью, а при непосредственном контакте с водой – водопоглощением. Свободная влага не находится в физико-химических связях с веществом клеточных стенок, довольно легко удаляется при высушивании и не оказывает влияния на физико-механические свойства древесины, за исключением ее массы. Гигроскопическая влага, пропитывающая клеточные оболочки, имеет разные связи с веществом древесины и оказывает существенное влияние на ее физико-механические характеристики. Следовательно, предел гигроскопичности – это состояние лесоматериалов, при котором стенки клеток насыщены водой, а полости клеток не содержат воды. В зонах умеренного климата влажность лесоматериалов в точке насыщения волокон составляет около 30%.

Полная влажность может значительно превышать 35% и достигать у свежесрубленного дерева 120% (30...50% в ядровой части и до 180% в заболонной части), а при выдерживании в воде (мокрая древесина, топляк) – 200% и более (максимально 250...270%).

Древесину, которая содержит только связанную влагу, принято называть *влажной*. Древесину, содержащую связанную и свободную влагу, называют *сырой*. К категории сырой относится свежесрубленная древесина с содержанием влаги 35...100%. *Свежесрубленной* считается древесина после окорки, от которой прошло не более 12 часов, и сохранившая влагу растущего дерева.

При длительном нахождении влажной древесины на воздухе она постепенно высыхает и достигает *равновесного состояния* (влажность, при которой лесоматериал не увеличивает и не уменьшает содержание влаги при нахождении в определенных условиях). Однако равновесная влажность не является величиной постоянной. Каждому сочетанию температуры и влажности воздуха соответствует своя равновесная влажность. Такую древесину называют *воздушно-сухой*. Влажность воздушно-сухой древесины составляет 15...18%. Влажность величиной 20...22% принято называть *транспортной*, а влажность, которую древесина имеет в период эксплуатации – *эксплуатационной*.

Равновесная влажность *комнатно-сухой* древесины составляет 8...12%. Именно до такой влажности необходимо сушить паркетную клепку, древесину, идущую на

изготовление столярных изделий и т.п. Равновесная (устойчивая) влажность может быть получена либо в результате высыхания древесины (десорбция), либо поглощения сухой древесиной влаги из воздуха (сорбция). Например, при устойчивой влажности 60% и температуре 20°C равновесная влажность древесины составляет порядка 11...12%.

Примечание – 1. В деревообрабатывающей промышленности по степени влажностного состояния древесину принято делить на 5 групп:

- мокрая – влажность более 100% (длительное нахождение в воде);
- свежесрубленная – более 40% (соответствует влажности растущего дерева);
- воздушно-сухая – 15...20% (после сушки или выдержки на открытом воздухе);
- комнатно-сухая – 8...12% (после сушки или выдержки в отапливаемом помещении);
- абсолютно-сухая – 0% (после сушки при температуре $103 \pm 2^\circ\text{C}$). Удаление химически связанной воды может привести к нарушению целостности древесины на микроуровне (разрушению элементарных структурных элементов древесины).

По содержанию связанной влаги древесину сушат до влажности:

- транспортной, характеризуемой полным отсутствием свободной влаги – не более 25%;
- эксплуатационной, соответствующей условиям эксплуатации, т.е. окружающей среды конечного применения;
- технологической, при которой достигается требуемое физико-химическое взаимодействие между адгезивом и древесиной;
- влажности, соответствующей содержанию химически связанной (водородными связями) влаги (5...6%).

2. В строительстве различают также сырую древесину (с влажностью более 25%), полусухую – 12...25% и сухую – 6...12%.

Для сопоставления свойств древесины, определяемых при различной влажности, их приводят затем к условной *стандартной влажности* – равной 12%. Древесину с влажностью 0% называют *абсолютно сухой*. Абсолютно сухую древесину получают при сушке до постоянной массы в вентилируемой камере при температуре $103 \pm 2^\circ\text{C}$ (ГОСТ 23431). В строительных целях разрешается применять древесину с влажностью не более 20%.

При высыхании сырой древесины (с влажностью более 30%) сначала испаряется капиллярная влага. В естественных условиях (атмосферной сушки) для этого потребуется около одного месяца. После полного удаления капиллярной влаги начинает удаляться гигроскопическая влага – на что потребуется около одного года, поскольку удаление такой воды затруднено. Изменение гигроскопической влажности древесины влечёт за собой изменение линейных размеров пиломатериалов.

Примечание – 1. Способность древесины уменьшать или увеличивать свои размеры при удалении или поглощении гигроскопической влаги обуславливает растрескивание и коробление лесоматериалов, перекосы дверных и оконных коробок, рассыхание полов и многие другие нежелательные последствия. Поэтому столярные изделия важно изготавливать из древесины, имеющей влажность близкую к эксплуатационной. Необходимо также защищать древесину от возможного поглощения водяных паров путем ее грунтовки, окраски или пропитки.

2. Измерение влажности древесины осуществляется прямыми и косвенными методами. Опытные мастера по обработке древесины могут с определенной точностью установить влажность древесных изделий по стружке. Если стружку средней толщины скомкать в руке, и она раскрошится, значит, древесина пересушена, если стружка только ломается – древесина достаточно сухая, если стружка не ломается, а мнется – древесина сырая.

Усушка (деформация) древесины – это уменьшение линейных размеров и объема древесины при удалении из нее гигроскопической влаги, т. е. усушка, начинается после полного удаления свободной влаги и с началом удаления связанной влаги в среднем от 30% до абсолютно сухого состояния. Снижение содержания свободной воды не приводит к усушке древесины.

Полная усушка древесины наступает при высушивании до абсолютно сухого состояния и выражается в процентах от размеров при влажности равной или выше предела насыщения клеточных стенок. Следовательно, чем больше клеточных стенок в единице объема древесины, тем больше в ней связанной воды и выше усушка. По этой причине более плотные породы усыхают больше.

В различных направлениях срезов ствола полная усушка древесины тоже неодинакова и в зависимости от породы дерева составляет:

- *линейная усушка* – 0,1...0,3% (1...3 мм на длине 1 м);
- в *радиальном направлении* (перпендикулярно годичным кольцам или параллельно сердцевинным лучам) – 3...6%;
- в *тангенциальном направлении* (касательно к годичным кольцам или перпендикулярно сердцевинным лучам) – 7...12%, т.е. в 1,5...2 раза больше радиальной.

Однако не все породы древесины в одинаковой мере подвержены усушке. Мало изменяют размеры при усушке только ель и лиственница. К сильно усыхающим породам относят дуб, липу, вяз, ольху, клён. К слабо усыхающим – осину, сосну, тополь. Усушка древесины учитывается при заготовке и сушке пиломатериалов, чтобы после высыхания они имели требуемые размеры.

Деформации **разбухания** аналогичны деформациям усушки, но противоположны по знаку. Разбухание древесины происходит при поглощении влаги до предела гигроскопичности. При этом изменение линейных размеров составляет 6...13%. При увеличении содержания свободной влаги (выше предела гигроскопичности – 30%), когда влага занимает все полости клеток, дальнейшего разбухания не происходит. Однако увлажнение и высушивание древесины процесс не вполне обратимый. Древесина искусственной сушки поглощает из воздуха влаги, как правило, на 2% меньше, чем при естественной сушке. Объясняется такое явление процессами конденсации компонентов древесины при интенсивном нагреве с их гидрофобизацией.

Примечание – Под разбуханием понимают увеличение линейных размеров и объема древесины при повышении содержания связанной воды.

Усушка и разбухание являются отрицательными свойствами древесины. Неравномерность деформаций усушки и разбухания в разных направлениях сопровождается возникновением внутренних напряжений и является основной причиной растрескивания и коробления лесо- и пиломатериалов. Когда неравномерная усушка вызывает напряжение, превышающее прочность древесины в направлении, перпендикулярном волокну, вдоль волокна происходит разделение клеток, т.е. появляются трещины. Наиболее часто они проявляют себя на поверхности, а также на торцах пиломатериалов, но могут образовываться и внутри пиломатериала.

Примечание – Неравномерная усушка древесины в радиальном и тангенциальном направлениях приводит, как правило, к возникновению сжимающих напряжений во внутренних годовых слоях и растягивающих – в поверхностных и сопровождается возникновением радиальных трещин, которые располагаются преимущественно по сердцевинным лучам. Если возможно свободное развитие деформаций и возникающие напряжения не превышают соответствующих пределов прочности, то трещины не появляются, а возникает явление «коробления».

Поглощение влаги и ее испарение происходит в основном через торцевые поверхности и поэтому бревна растрескиваются чаще всего по торцам. При этом усушка, как, правило, опаснее разбухания, так как при усушке древесина растрескивается, появляются щели в местах соединения деревянных конструкций. Разбухание в ряде случаев играет положительную роль, обеспечивая плотность соединения. Усушка и разбухание учитываются при продольной распиловке бревен на пиломатериалы (припуски на усушку), изготовлении элементов деревянных конструкций и сушке пиломатериалов, шпона и т.п.

Коробление – это изменение заданной формы древесины при сушке, распиловке и хранении вследствие неравномерного высыхания и анизотропии усушки, т.е. вследствие большей усушки в тангенциальном направлении, чем в радиальном. Структурное коробление сортиментов может быть поперечным и продольным (рис. 3.11). Поперечное коробление выражается в изменении формы сечения пиломатериалов. Например, сердцевинные доски уменьшают свои размеры к кромкам, т. е. наибольшая усушка по толщине возникает у сердцевинной и несколько меньше у двух центральных досок. Наименьшие значения усушки по толщине будут у крайних боковых досок. Доски, у которых внешняя часть расположена ближе к тангенциальному направлению, усыхают больше, чем внутренние, имеющие радиальное направление, т. е. при сушке древесины всегда в большей степени усыхает периферийная (заболонная) сторона пиломатериала. Соответственно в эту сторону происходит и изгиб материала, доски приобретают желобчатую форму (рис. 3.11 и 3.12).

Изгиб пиломатериалов при сушке, например, досок можно образно представить как стремление годовичных колец к распрямлению. Тогда будет понятно, что чем ближе

доска к середине ствола, тем больше ее коробление. А сердцевинная доска совершенно не коробится. Она усыхает по краям и подвержена растрескиванию. Но доски, расположенные по обе стороны от сердцевины (центральные) меньше трескаются при сушке, так как у них перерезаны все годовичные слои.

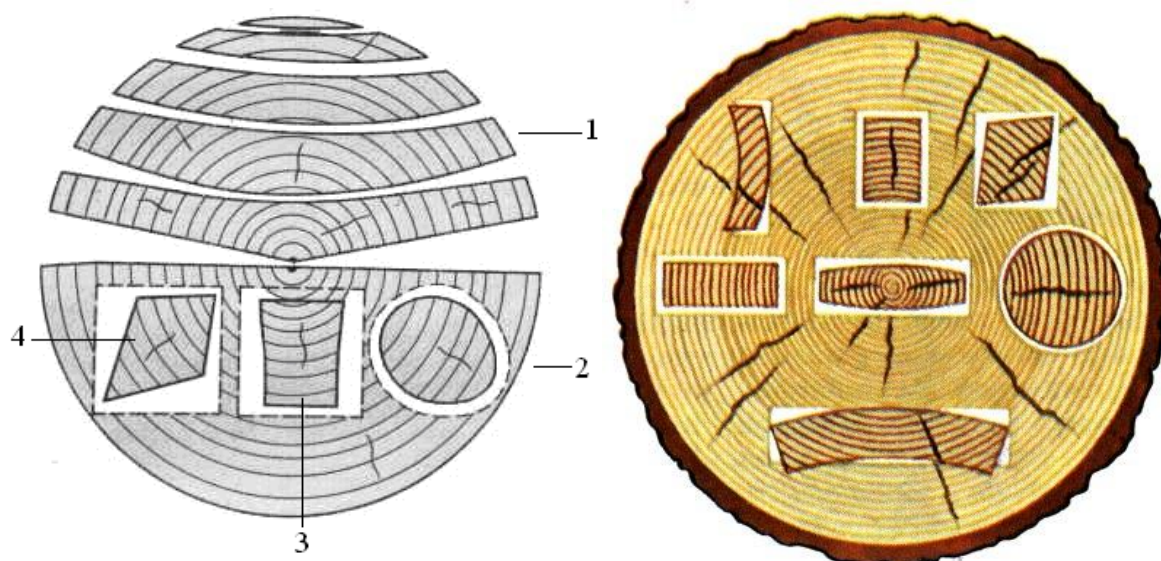


Рис. 3.11. Возможные деформации пиломатериалов при сушке:

1 – досок, 2 – круглого сечения, 3 – квадратного сечения. 4 – квадратного сечения с диагоналями, распложенными по радиальному и тангенциальному сечению

Продольное коробление возникает из-за различия в усушке по длине волокон. Следствием коробления древесины является также *покоробленность*. Покоробленность может быть продольная по пласти, продольная по кромке, сложная, поперечная, наподобие крыла (крыловатость). *Крыловатость* (спиральное коробление) возникает чаще всего у досок с косослоем, т. е. с отклонением направления волокон от прямолинейного, и у пиломатериалов, полученных при обработке берёзы. Для предотвращения коробления пиломатериалов необходима правильная их укладка, хранение и сушка до равновесной влажности, которую она будет иметь в условиях эксплуатации.

а)

б)

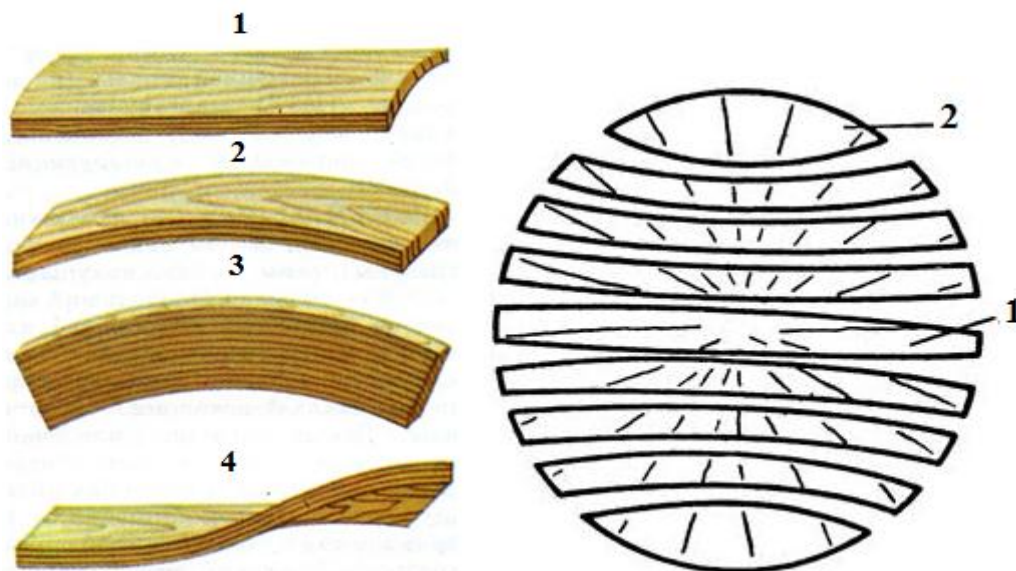


Рис. 3.12. Наиболее распространенные виды коробления:

а – виды покособленности: 1 – поперечная; 2 – продольная по пласти; 3 – продольная по кромке; 4 – крыловатость; б – коробление: 1 – центральной и 2 – боковых досок.

Процессы неравномерного высыхания и усушки древесины по направлениям могут вызывать ее **растрескивание**. Трещины могут быть наружные, внутренние, торцовые и радиальные. *Наружные* трещины образуются в начальный период высыхания древесины из-за сравнительно быстрого удаления влаги (жесткого режима сушки), что приводит к возникновению растягивающих напряжений в поверхностных слоях сортимента. *Внутренние* трещины образуются, как правило, при последующем высыхании древесины, когда растягивающие напряжения, возникающие в центре сортимента, превысят предел прочности древесины. Чтобы избежать образования наружных и внутренних трещин необходимо строго соблюдать правила складирования, хранения и режимы сушки древесины. *Торцовые* трещины появляются при быстром удалении влаги с торцов сортимента по сравнению с серединой. Для предотвращения образования таких трещин необходимо покрывать торцы сортимента при хранении и сушке влагонепроницаемыми составами. *Радиальные* трещины возникают в лесо- и пиломатериалах содержащих, как правило, сердцевинную трубку, из-за анизотропии древесины. С целью предупреждения таких трещин необходимо высушивать материалы с минимальными перепадами влажности по толщине и создавать условия для минимальной усушки по периметру древесины.

Теплопроводность древесины относительно низкая и зависит от пористости, плотности, породы дерева, направления волокон, влажности и температуры. В среднем теплопроводность древесины составляет 0,16...0,31 Вт/(м·К). Однако вследствие анизотропности строения теплопроводность древесины вдоль волокон почти в два раза выше, чем поперёк. Например, для сосны соответственно 0,35 и 0,17 Вт/(м·К). Она также выше в радиальном направлении по отношению к тангенциальному.

Примечание – 1. Деревянный брус толщиной 15 см по теплопроводности эквивалентен ограждающей конструкции толщиной в 2,5 кирпича (64 см).

2. Древесина – горючий материал с температурой воспламенения 238...255°С.

Теплоемкость сухой древесины практически не зависит от породы дерева и составляет 1,55 кДж/(кг·К). С увеличением влажности древесины теплоемкость ее возрастает. Например, с увеличением влажности до 130% теплоемкость древесины повышается примерно в два раза. Замораживание сырой древесины приводит к уменьшению теплоемкости, так как лед имеет вдвое меньшую теплоемкость, чем вода.

Качественными показателями **прочности** древесины являются пределы прочности при сжатии, растяжении, статическом изгибе, скалывании, перерезании (поперек и вдоль волокон), кручении. За предел прочности принимается максимальное напряжение, которое выдерживает древесина без разрушения.

Зависит прочность древесины, прежде всего, от ее породы, строения, плотности, пористости, содержания поздней древесины, наличия пороков, влажности, направления приложения механических сил и других факторов. Ввиду анизотропности и волокнистого строения прочностные показатели древесины в разных направлениях значительно отличаются друг от друга. Максимального значения прочность древесины достигает в случае совпадения направления усилия и волокон. Так, например, средний предел прочности древесины сосны составляет при растяжении 100 МПа, при изгибе – 50 МПа, при сжатии – 40 МПа и скалывании – 7 МПа. При действии усилий поперек волокон они легко сплющиваются или расслаиваются, поэтому прочность древесины при растяжении, сжатии и скалывании поперек волокон не превосходит 6...7 МПа.

Неоднородность строения и наличие пороков снижают прочность древесины при сжатии и изгибе примерно на 30%, а при растяжении – на 70%. Длительность действия нагрузки тоже существенно влияет на прочность древесины. При неограниченно длительном действии нагрузки, ее прочность, характеризуемая пределом длительного сопротивления, составляет примерно 0,5 от предела прочности при стандартном кратковременном нагружении.

Испытание древесины на прочность проводят на образцах, вырезанных из участков древесины, лишенных пороков, по методике, изложенной в стандартах СТБ ЕН 384, ГОСТы 16483 и 21554 (рис. 3.13). Повысить прочностные характеристики древесины можно путем направленного изменения структуры и свойств (модифицирования).

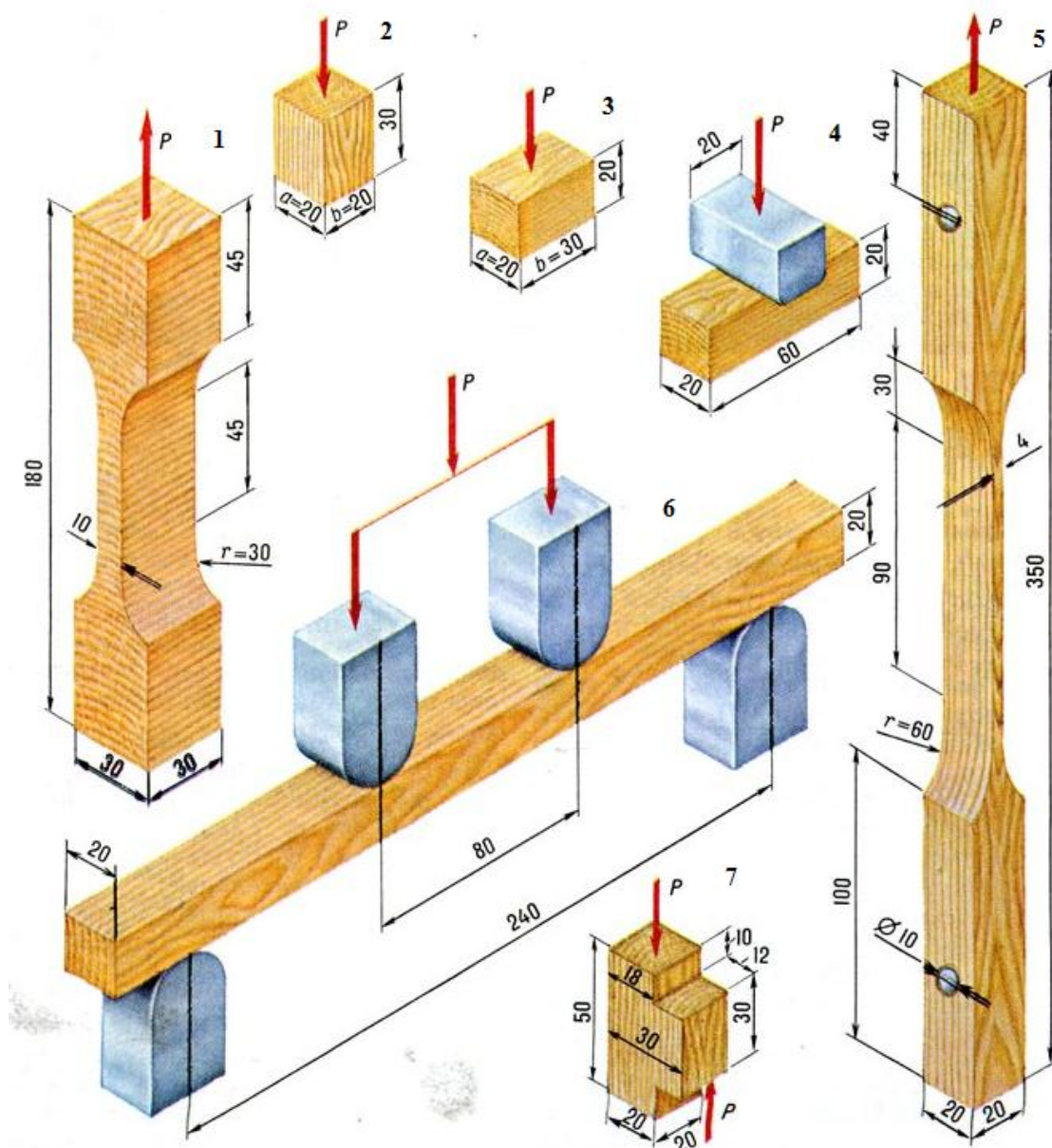


Рис. 3.13. Вид образцов и схемы испытания древесины на прочность:

1 – растяжение поперек волокон; 2 – сжатие вдоль волокон; 3 – сжатие поперек волокон; 4 – местное смятие поперек волокон; 5 – растяжение вдоль волокон; 6 – статический изгиб; 7 – скалывание

Примечание – 1. По прочности древесина относится к конструкционным материалам средней прочности, однако ее относительная прочность с учетом низкой плотности (коэффициента конструктивного качества) позволяет сравнивать ее несущую способность со сталью, дюралюминием и другими конструкционными материалами.

2 Известно, что древесина представляет собой материал с тремя осями анизотропии по главным структурным направлениям – вдоль и поперек волокон в тангенциальном и радиальном направлениях. Однако прочностные характеристики в тангенциальном и радиальном направлениях мало различимы, поэтому на практике используют в основном характеристики по двум направлениям вдоль и поперек волокон с нелинейной интерполяцией под углом к волокнам. В то же время значительные расхождения прочности древесины вдоль и поперек волокон значительно усложняют конструирование деревянных конструкций, и в первую очередь узловых соединений, а это ведет к увеличению сечений соединительных элементов.

3. Прочность древесины при сжатии вдоль волокон в среднем составляет $\approx 40 \dots 60$ МПа, что практически сопоставимо с прочностью бетона и других конструкционных материалов. Прочность при сжатии поперек волокон составляет всего $\approx 0,1 \dots 0,3$ от предела прочности вдоль волокон. Это

объясняется тем, что при сжатии поперек волокон происходит не разрыв, а смятие волокон, т. е. без явного разрушения стенок клетки. Поэтому за прочность в этом случае принимается условный предел прочности, равный наибольшему напряжению, при котором еще сохраняется линейная зависимость между напряжением и деформацией. Прочность при растяжении вдоль волокон приблизительно в 2...3 раза больше прочности при сжатии в этом направлении и составляет 100...120 МПа. Прочность при изгибе в 1,5...2 раза выше прочности при сжатии вдоль волокон, но меньше прочности при растяжении, и составляет ≈60...110 МПа. Следует заметить, что прочность при изгибе у древесины выше, чем у большинства строительных материалов (бетон, керамика и др.) и сопоставима практически с прочностью металлов.

В зависимости от прочности, жёсткости и плотности древесина несущего назначения подразделяется на классы: тополь и древесина хвойных пород на классы: C14; C16; C18; C20; C22; C24; C27; C30; C35; C40; C45; C50, лиственных пород – D30; D35; D40; D50; D60; D70 (СТБ ЕН 338 и ГОСТ 33080). Номер класса указывает на значение прочности при изгибе в МПа (табл. 3.2).

Таблица 3.2. Классы прочности древесины и их нормативные значения по СТБ ЕН 338

Классы прочности	Наименование свойств и их показатели				
	Характеристическое значение прочности при изгибе, Н/мм ²	Среднее значение модуля упругости вдоль волокон, кН/мм ²	5-% квантиль модуля упругости вдоль волокон, кН/мм ²	Характеристическое значение плотности, кг/м ³ (нормативное значение плотности, 5%-ный квантиль по ГОСТ 33080)	Среднее значение плотности, кг/м ³
Тополь и древесина хвойных пород					
C14	14	7,0	4,7	290	350
C16	16	8,0	5,4	310	370
C18	18	9,0	6,0	320	380
C20	20	9,5	6,4	330	390
C22	22	10,0	6,7	340	410
C24	24	11,0	7,4	350	420
C27	27	11,5	8,0	370	450
C30	30	12,0	8,4	380	460
C35	35	13,0	8,7	400	480
C40	40	14,0	9,4	420	500
C45	45	15,0	10,0	440	520
C50	50	16,0	10,7	460	550
Древесина лиственных пород					
D30	30	10,0	8,0	530	640
D35	35	10,0	8,7	560	670
D40	40	11,0	9,4	590	700
D50	50	14,0	11,8	650	780
D60	60	17,0	14,3	700	840
D70	70	20,0	16,8	900	1080

Примечание – Нормативные значения показателей классов устанавливают как минимальные вероятностные их значения с обеспеченностью 0.95, а также средние значения при обеспеченности 0.5 по результатам испытания выборки образцов. Минимальный объем выборки – 30 шт.

Нормативную величину свойств, например, прочности пиломатериалов при изгибе $R_{изг, н}$, МПа, определяют из условия

$$R_{изг, н} = R_{изг, ср} (1 - t_{0,05} \cdot c_v),$$

где c_v – коэффициент вариации показателей прочности по данным испытаний;

$R_{изг, ср}$ – среднее значение прочности по результатам испытания;

$t_{0,05}$ – квантиль в предполагаемой статистической функции распределения с обеспеченностью 0.95, для которой определяется нормативное значение прочности (при объеме выборки 30 шт. $t_{0,05}=1,7$).

Характеристические значения, приведенные в таблице 3.2, соответствуют 5%-ному квантилю статистического распределения свойств древесины для каждой выборки (ряда образцов одного размера, принадлежащих одной совокупности). При этом следует учитывать, что прочность пиломатериалов всегда ниже прочности малых чистых образцов, испытываемых по стандарту. Например, прочность пиломатериалов при продольном растяжении в 2...4 раза ниже, чем прочность малых чистых образцов, а прочность при сжатии отрезков пиломатериалов с допускаемым для данного сорта пороком примерно вдвое меньше, чем у малых чистых образцов и на 15...50% меньше, чем у такого же образца без пороков.

Следовательно, пороки древесины (сучки) в гораздо меньшей степени снижают прочность при сжатии, чем при растяжении. Прочность при скалывании вдоль волокон хвойных пиломатериалов тоже примерно в два раза ниже, чем у малых образцов. Прочность хвойных пиломатериалов при изгибе колеблется в пределах от 20 до 60 МПа, что тоже примерно вдвое ниже, чем для малых чистых образцов.

Классы прочности устанавливаются путем сплошного контроля качества пиломатериалов методами:

- визуальной сортировки по нормированным ограничениям видимых пороков и строения древесины;
- прогнозирования прочности по одному или нескольким измеряемым параметрам физико-механических свойств;
- комбинированное сочетание указанных методов;
- машинной сортировки.

Примечание – Визуальным методом (путем осмотра) можно выявить, например, количество сучков, их расположение и качество, наличие трещин, изгибов, кривизны и прочих дефектов, а также толщину годовичных колец.

Машинная сортировка по прочности – это процесс, в котором пиломатериалы разделяются сортирующей машиной на классы прочности, которым подчинены нормативные значения прочности, жесткости и плотности. При этом одно или несколько свойств пиломатериалов могут определяться визуальным контролем. В основу работы машинного способа сортировки пиломатериалов (в т. ч. прочностной) положен принцип оценки свойств (плотности, влажности, пороков древесины и др.) в результате сканирования досок разными типами датчиков – рентгеновского излучения, лазерными, вибрационными, создающими электрическое поле и другими – по экспериментально установленным зависимостям между показателями датчиков и разными свойствами пиломатериалов. В памяти машины установлена программа, которая учитывает эти показатели и прогнозирует прочность, модуль упругости пиломатериалов, плотность и влажность

древесины, т. е. все необходимые параметры для отнесения пиломатериалов к заданному классу прочности.

Твёрдость характеризует способность древесины сопротивляться вдавливанию более твердых тел (ножек мебели, каблучков обуви) и определяет ее износостойкость и способность к механической обработке (пилении, строгании, лущении). Чем выше твёрдость древесины, тем лучше изделия противостоят износу, и тем труднее она обрабатывается. Твёрдость зависит от многих факторов: породы дерева, места произрастания, времени заготовки, плотности, влажности, содержания в годичных слоях поздней древесины и неодинакова по всем направлениям. Например, твёрдость торцевой поверхности у лиственных пород выше радиальной и тангенциальной примерно на 30%, у хвойных – на 40%. Твердость древесины при стандартной влажности 12% примерно вдвое выше, чем при влажности, превышающей предел насыщения клеточных стенок (30%).

Твердость древесины чаще всего устанавливается по методу Бринелля (ЕН 1534). В поверхность древесины с определенной силой (100 кгс) вдавливается стальной шарик диаметром 10 мм, измеряется диаметр отпечатка и рассчитывается величина коэффициента твердости НВ (Hardness Brinell) в МПа или Н/мм². Однако в справочной литературе величина коэффициента твердости НВ чаще всего приводится без единиц измерения (1 НВ равен 10 МПа или 10 Н/мм²).

По степени твёрдости (СТБ 1870) породы подразделяются на *мягкие*, статическая торцевая твёрдость которых составляет 49 Н/мм² и менее (сосна, ель, осина, ольха, липа и др.) и *твёрдые*, статическая торцевая твёрдость которых составляет 50 Н/мм² и более (дуб, клён, ясень). Однако для отдельных видов изделий древесину по твердости подразделяют на шесть классов:

- 1 - очень твердые породы (свыше 80 Н/мм² – ятоба, кизил, самшит);
- 2 - твердые (груша, ясень, граб);
- 3 - умеренно твердые (дуб, клен, бук);
- 4 - умеренно мягкие (береза, лиственница);
- 5 - мягкие (сосна, ель, ольха);
- 6 - очень мягкие (осина, липа).

Твёрдость является особенно важной характеристикой качества древесины, применяемой для изготовления напольных покрытий (паркета, паркетной и массивной доски и других видов) и деревянных плинтусов. Например, твердость паркета из дуба составляет 3,7 единиц (37 МПа) и принимается за 100%, твердость ясеня – 4,0, а тропической породы «ятобы» – 5,6 единиц. На практике такой показатель рекомендуется учитывать при выборе паркета для помещений с различным функциональным назначением.

Способность древесины удерживать металлические крепления (гвозди, шурупы, скобы) обусловлена возникновением упругих деформаций, которые обеспечивают достаточную силу трения, и зависит от породы, плотности и влажности.

С повышением плотности сопротивление выдергиванию увеличивается. Например, вдавливание и выдергивание гвоздей из древесины граба (плотность 730 кг/м³) требует примерно в 4 раза больших усилий, чем для древесины сосны (плотность 440 кг/м³). Во влажную древесину забивать и выдергивать гвоздь легче, чем в сухую.

Важными свойствами древесины как строительного материала, являются также *жѐсткость, деформативность, модуль упругости, коэффициент конструктивного качества* и др.

Примечание – Жѐсткость характеризуется модулем упругости (МПа), представляющим собой коэффициент пропорциональности в законе Гука ($E = \sigma/\epsilon$).

Сорт (класс, группа) древесины устанавливается по многим показателям, в том числе в зависимости от вида и назначения материала, наличия/отсутствия пороков (дефектов), физико-механических характеристик и др. По СТБ 1711 и 1712 лесоматериалы по наличию/отсутствию пороков разделяют на три сорта – 1-й, 2-й и 3-й, пиломатериалы по СТБ 1713 и 1714 – на пять сортов. Меньшее численное значение сорта соответствует, как правило, более высокому качеству. Согласно СТБ 2315 и 2316 гармонизированных с ЕН 1927 круглые лесоматериалы в зависимости от наличия/отсутствия пороков (дефектов) делятся на четыре сорта (А, В, С и D), пиломатериалы по DIN 68126 – на три сорта (А, В и С). К наиболее высокому качеству относится древесина сорта «А». В ряде случаев буквенная маркировка может зависеть не только от качества древесины, но и от производителя.

Примечание – 1. По результатам испытаний свойств древесины вычисляют основные статистические характеристики: среднее арифметическое, среднее квадратическое отклонение, среднюю ошибку, коэффициент вариации и показатель точности (ГОСТ 16483.0).

2. Следует отметить, что численные значения физико-механических свойств древесины сильно разнятся в различных литературных источниках ввиду «натуральности» материала и могут отклоняться от стандартизированных величин.

5. Пороки и дефекты древесины

Пороками называют повреждения (видимые недостатки) отдельных участков древесины (изменения внешнего вида, нарушения правильности строения, целостности ее тканей или клеточных оболочек и др.), снижающие ее качество (сортность) и ограничивающие возможность практического использования. При этом нельзя вырастить дерево полностью без пороков. Большинство пороков возникает в растущем дереве при нарушении нормальных условий роста, значительная часть – при хранении лесо- и пилопродукции или в условиях эксплуатации изделий и конструкций. В то же время пороки растущего дерева переходят в срубленную древесину, в которой, в свою очередь, возникают пороки, аналогичные порокам растущего дерева.

Влияние пороков на качество древесины определяется их видом и местом расположения в изделии, размерами поражения, характером и назначением продукции. Одни из них делают лесоматериалы непригодными для использования в строительных целях, другие понижают сортность древесины, ограничивают применение или не имеют существенного значения.

Всего насчитывается около 200 пороков (ГОСТ 2140), которые разделены на несколько групп: сучки, грибные окраски и гнили, трещины, пороки формы ствола и строения древесины, химические окраски, повреждения насекомыми, механические повреждения, инородные включения и дефекты, деформации. При этом одни пороки более характерны для круглых лесоматериалов, другие – для пиломатериалов. Есть пороки, которые встречаются у нескольких категорий сортимента. Основными из них, сортообразующими пороками древесины являются сучки, трещины, гнили, покоробленность и др. Термины и определения их изложены в соответствующих стандартах (СТБ ЕН 844-8, 9, 10, 11 и 12). Степень влияния и пригодность использования древесины при наличии тех или иных пороков тоже регламентированы стандартами (СТБ 1713, 1714, 2315 и 2316).

Самыми распространёнными и неизбежными биологическими пороками являются сучки и глазки. **Сучки** – это основания живых или отмерших ветвей, заключённых в древесине ствола (СТБ ЕН 844-8, 844-9). Они встречаются во всех породах и относятся к порокам растущего дерева. В живой ветви прирост древесины происходит одновременно на стволе и ветви, а при ее отмирании – только на стволе. Поэтому по степени срастания различают сучки сросшиеся, частично сросшиеся, несросшиеся и выпадающие (рис. 3.14).

Сучки классифицируют также по взаимному расположению – разветвлённые (лапчатые), разбросанные, групповые (мутовчатые, характерные для древесины хвойных пород); состоянию древесины – здоровый (светлый, темный, здоровый с трещинами), загнивший, гнилой, табачный; форме разреза на поверхности пиломатериала – круглый, овальный, продолговатый; положению в пиломатериале – пластовой, кромочный, ребровый, торцовый, сшивной; выходу на поверхность – односторонний, сквозной.

Древесина самих сучков имеет, как правило, самостоятельную систему годичных слоёв, более тёмную текстуру и повышенную твёрдость. Все они в большей или меньшей степени нарушают однородность и целостность строения древесины, правильность распределения внутренних напряжений, вызывают искривление волокон и годичных слоёв, затрудняют обработку режущим инструментом, ухудшают внешний вид, снижают прочность и сортность древесины. Наличие сучков может снижать прочность древесины на 40% и более в зависимости от их числа, размеров и расположения. В целом процент снижения прочности дуба, березы, сосны при статическом изгибе и сжатии вдоль волокон примерно равен проценту ширины или

толщины пиломатериала, занимаемых размером сучка. Однако при поперечном сжатии и продольном скалывании сучки, как правило, повышают прочность древесины.

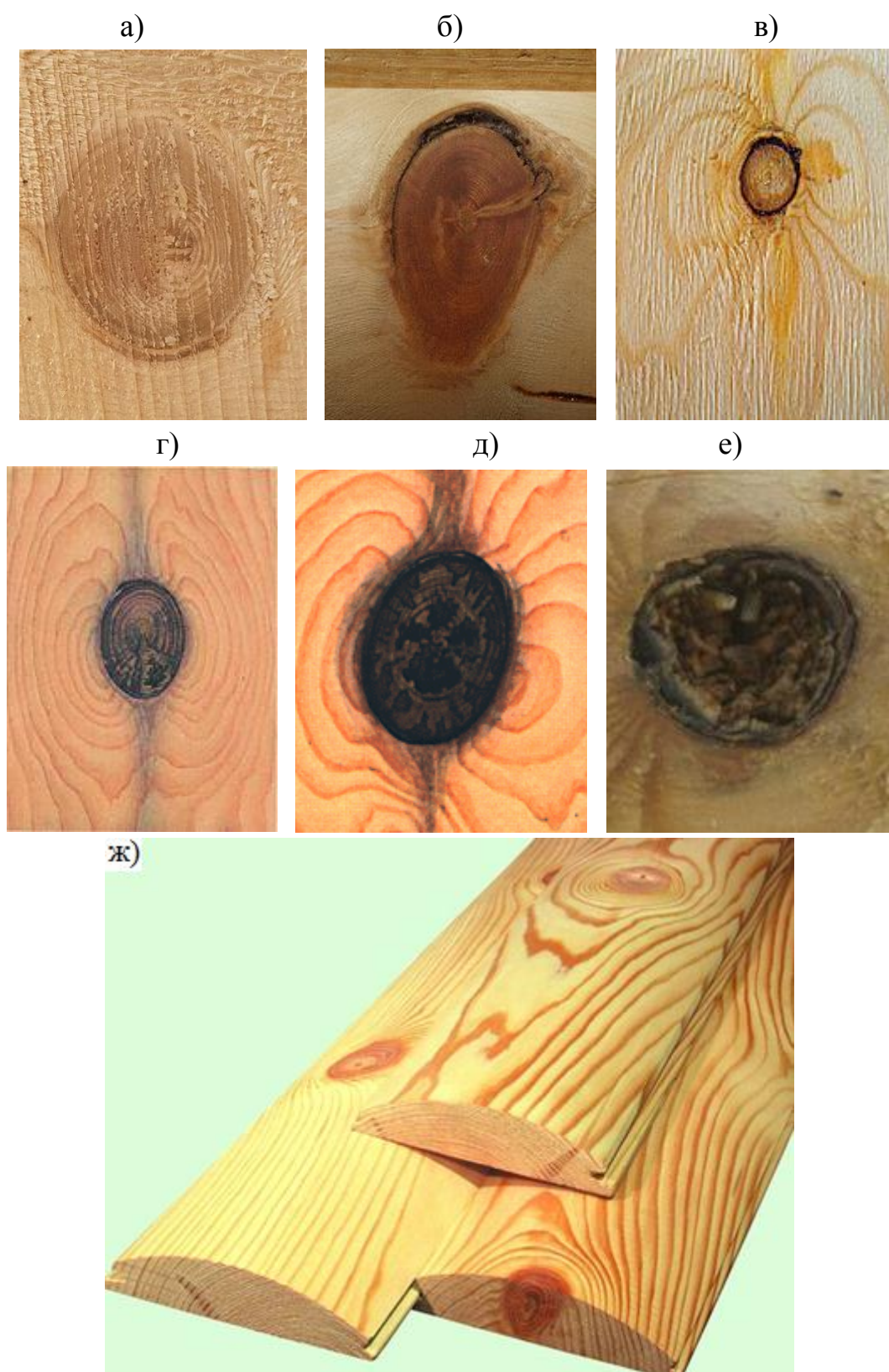


Рис 3.14. Разновидности сучков: а - здоровый сросшийся; б - частично сросшийся; в — не сросшийся; г – загнивающий; д – гнилой; е – табачный; ж – в пиломатериалах.

Характеристика древесины по сучковатости включает указание на вид сучков, размеры и количество их на 1 п. м. или на весь сортимент. Для изготовления несущих деревянных конструкций допускается применять древесину без сучков или со здоровыми сросшимися сучками, количество и размеры которых ограничены для каждого сорта древесины.

Глазки – это следы неразвившихся в побег спящих почек. В малых сортиментах древесины они снижают прочность при изгибе, а на прочности при сжатии практически не сказываются.

Трещины представляют собой разрывы древесной ткани вдоль волокон (СТБ ЕН 844-8 и 9). Они могут быть как в растущем дереве, так и при высыхании срубленного дерева. Различают трещины метиковые (простые и сложные), отлупные (кольцевые и частичные), трещины усушки и морозные (открытые и закрытые), от удара молнии и др. (рис. 3.15 и 3.16).



Рис. 3.15. Трещина в стволе дерева

Метиковые трещины возникают при росте дерева, а затем увеличиваются при сушке древесины. Они имеют радиальную направленность от сердцевины к коре и значительную протяжённость по длине сортимента, но на поверхность ствола, как правило, не выходят. Различают простые и сложные метиковые трещины. Простые метиковые трещины расположены в одной плоскости, сложные (две или несколько) – расположены в разных плоскостях и проходят через сердцевину. Считается, что простой метик не понижает сортность бревна, идущего на распиловку, а при наличии сложного метика, бревна переводят в низший сорт. Установлено также, что метиковые трещины уменьшают прочность балок на 15%.

Отлупные трещины образуются между годичными слоями внутри ядра или спелой древесины при их росте в результате сильного высыхания или под действием мороза. Могут быть неполные и кольцевые, иметь значительную протяженность по длине лесоматериала и увеличиваться в размерах при высыхании срубленного дерева. На прочность древесины такие трещины мало влияют, но уменьшают выход пиломатериалов.

Морозные трещины возникают под действием низких температур в растущем дереве. Они направлены от поверхности ствола вглубь, имея значительную протяжённость по длине сортимента. Их образование сопровождается появлением характерных валиков и гребней разросшейся древесины и коры. Чаще всего такие трещины поражают толстые стволы клёна, дуба, ясеня, осины, бука и других деревьев, реже – хвойных.

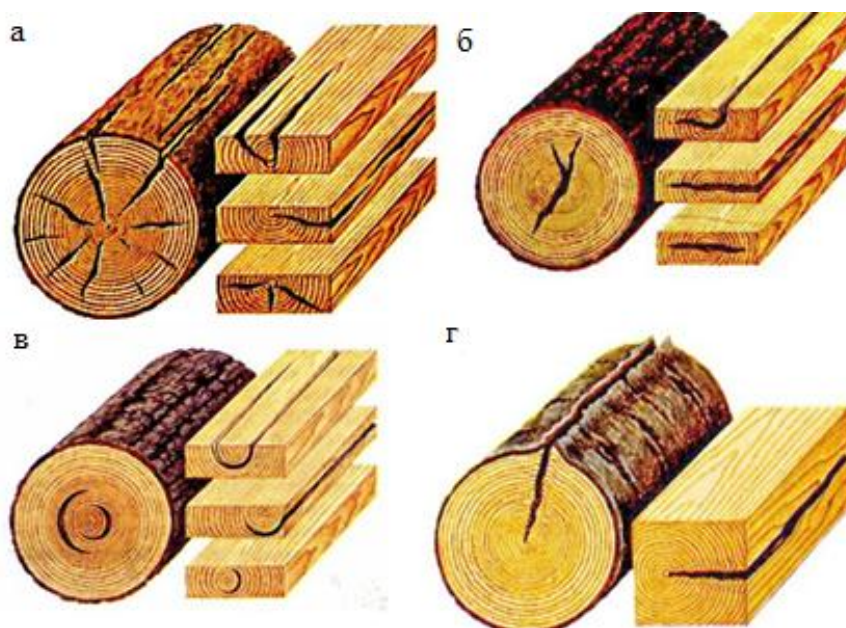


Рис. 3.16. Трещины: а – усушки; б – метиковые; в – отлупные; г – морозные

Трещины усушки возникают в срубленной древесине всех пород в результате напряжений, вызванных неравномерной усадкой при быстрой сушке древесины, как правило, на воздухе. Отличаются от метиковых и морозных трещин меньшей протяжённостью (не более 1 м) и меньшей глубиной. По положению в пиломатериалах их подразделяют на боковые (пластевая и кромочная) и торцовые; по глубине – несквозные (неглубокие – не более 1/10 толщины сортимента и глубокие – более 1/10) и сквозные; по ширине – сомкнутые (шириной не более 0,2 мм) и разошедшиеся (шириной более 0,2 мм).

Все трещины нарушают целостность древесины, в большинстве случаев снижают прочность, ухудшают внешний вид, способствуют проникновению влаги, развитию различных микроорганизмов и загниванию материала, увеличивают отходы при переработке древесины.

К **порокам формы ствола** (СТБ ЕН 844-8 и 12) относят:

- **сбежистость** – постепенное уменьшение диаметра по высоте ствола или длине круглого лесоматериала, превышающее 1 см на 1 м длины ствола (рис. 3.17);
- **закомелистость** (округлая и ребристая) – резкое увеличение комлевой части ствола или ширины необрезных пиломатериалов (сбег более 20%, т. е. не менее чем в 1,2 раза в пределах 1 м);
- **кривизна** – отклонения продольной оси круглого лесоматериала от прямой линии в одном или нескольких местах – простая и сложная;
- **овальность** (эллипсовидная форма торца ствола) – наибольший диаметр в 1,5 раза превышает наименьший);
- **ребристость** (ройка) – продольные углубления или гребни на поверхности круглого лесоматериала;
- **нарост** (вздутие, кап) – резкое местное утолщение ствола различной формы и размеров;
- **наплыв** – выпуклость в форме бугорка вокруг сучков и спящих почек;
- **бровки** – образования в виде двух темных валиков, расходящихся под определенным углом от основания открытого или заросшего сучка.

Все пороки формы ствола носят, как правило, природный характер и легко устанавливаются на растущем дереве. Поэтому стволы деревьев с такими дефектами заранее могут быть отбракованы или переведены в низший сорт.



Рис. 3.17. Пороки формы ствола - сбежистость, закомелистость и ребристость

К **порокам строения древесины** относят (СТБ ЕН 844-7, 8 и 12):

- **наклон волокон** (косослой) – отклонение направления волокон от продольной оси ствола (рис. 3.18а). В пиломатериалах различают радиальный и тангенциальный. Косослой (особенно при больших углах наклона волокон) вызывает резкое снижение прочности древесины и затрудняет ее обработку. Пиломатериалы с такой древесиной обладают повышенной склонностью к короблению при изменении влажности;
- **свилеватость** (волнистая и путаная) – крайнее проявление косослоя, когда волокна древесины имеют извилистое или беспорядочное расположение (рис. 3.18б). В

некоторых породах (карельская береза, орех) свилеватость придает древесине красивую текстуру, и они используются в отделочных работах;

- *завиток* (односторонний и сквозной) – местное искривление и уплотнение годовичных слоёв возле сучков или проростей (рис. 3.14ж). Степень влияния завитков на прочность древесины зависит от их разновидности, относительных размеров, положения в сорimente и характера механических усилий;

- *крень* (сплошная и местная) – древесина с особыми анатомическими характеристиками, формирующаяся обычно в частях наклоненных стволов и изогнутых веток и стремящаяся вернуть дерево или его части в нормальное положение. Для древесины лиственных пород крень называется тяговой древесиной, а для древесины хвойных пород – компрессионной древесиной. В том и другом случае крень нарушает однородность древесины;

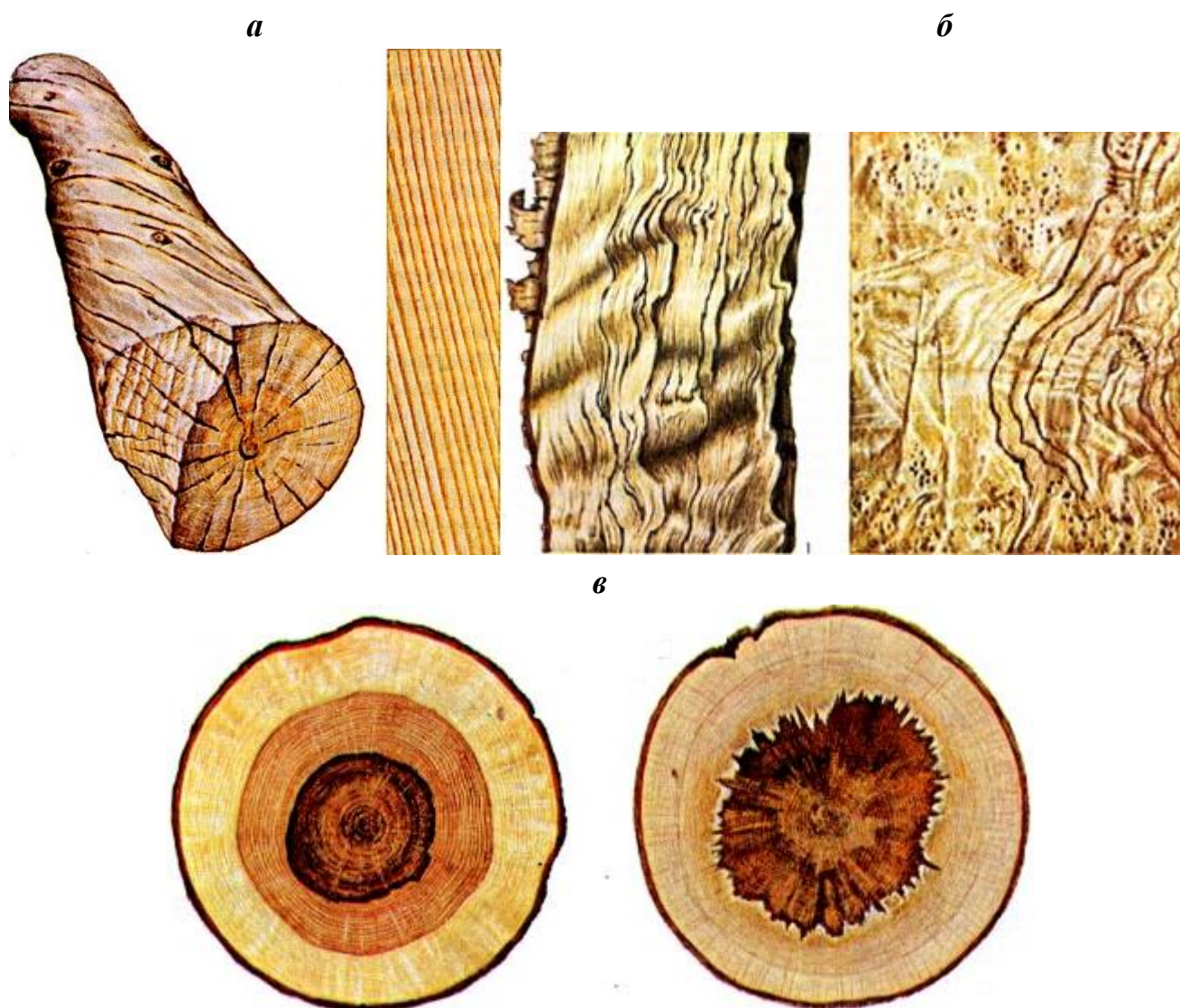


Рис. 3.18. Пороки строения древесины:

а - - наклон волокон, б - - свилеватость, в - разновидности ложного ядра

- *ложное ядро* – внутренняя часть древесины с неестественной окраской у древесных пород, не имеющих четкого различия окраски волокон ядра и заболони

(рис. 3.18в). Вызывается экологическими факторами (биотическим и абиотическими). Граница ложного ядра обычно не совпадает с годовыми кольцами. Однако для мозаичных работ такая древесина считается ценной;

- *внутренняя заболонь* – полное или неполное кольцо, расположенное в зоне ядровой древесины, окраска и свойства которого близки к окраске и свойствам заболони;

- *прорость* – зарастающая или заросшая рана в виде полости, заполненной остатками коры;

- *сердцевина смещённая* (расположенная на существенном расстоянии от геометрического центра поперечного сечения круглого лесоматериала) и *двойная* (наличие на торце круглого лесоматериала двух сердцевин с самостоятельной системой годовых колец, окруженных общей периферийной системой).

Примечание – Все экологические факторы, влияющие на жизнь растений, подразделяются на биотические и абиотические. Биотические факторы жизни леса определяются окружающими растениями, животными и микроорганизмами. К абиотическим относят факторы неживой природы: климатические (тепло, свет, влагу, воздух, ветер) и эдафо-орографические – почву (ее состав, влажность, температуру, содержание кислорода и углекислого газа), рельеф местности, состояние горной материнской породы и уровень грунтовых вод.

Биологические (грибные) **повреждения** (СТБ ЕН 844-10) вызываются простейшими растительными организмами – грибами, которые развиваются из спор, заносимых в древесину ветром, водой, насекомыми и т. п. (рис. 3.19 и 3.20). Одни грибы изменяют только окраску древесины, не влияя на ее физико-механические свойства (деревоокрашивающие), другие разрушают древесину, образуя гниль (дереворазрушающие). К грибным поражениям относят грибные ядровые пятна (полосы), заболонные грибные окраски, побурение (торцовое и боковое), плесень (грибницу), гниль, дупло (полость, образующуюся в растущем дереве в результате жизнедеятельности дереворазрушающих грибов).



Рис. 3.19. Классификация биологических повреждений древесины

Гниль (СТБ ЕН 844-10) относится к группе биологических повреждений и представляет собой разрушение клеточных оболочек, проявляющееся в разложении древесины, изменении ее цвета, текстуры, и приводящее к снижению плотности, твердости и прочности. Гнили классифицируют:

- по цвету и структуре пораженной древесины (пестрая ситовая (ситовина), бурая трещиноватая, белая волокнистая и мраморная);
- типам (заболонная (твердая и мягкая), ядровая, комлевая, наружная трухлявая).

Сортность пораженной гнилью древесины может снижаться до ее полной непригодности, а древесина с гнилью, возникшей в период роста дерева, к распиловке, как правило, не годится.



Рис. 3.20 Биологические повреждения в древесине

Повреждения насекомыми (СТБ ЕН 844-11 и 12) ухудшают внешний вид и физико-механические характеристики древесины. К ним относят червоточину, повреждения паразитными растениями, птицами и др.

Дефектами (СТБ ЕН 844-3) принято считать пороки искусственного (механического) происхождения, возникающие при обработке древесины (заготовке, пилении, сортировке, транспортировании). Они могут возникать как в результате сознательного воздействия на дерево человеком (карра – разрез на стволе для получения смолы), так и в результате неисправности или неправильной наладки деревообрабатывающего инструмента (риски, волнистость, ожог), а также как следствие естественных пороков (кривизна ствола, косослой) и покоробленности – изменение формы сортимента при выпиловке, сушке или хранении. К ним относят также присутствующие в лесоматериалах посторонние предметы недревесного происхождения (камни, гвозди, проволока, металлические осколки), обдир коры, обугленность, скос пропила, обзол, закорина, волнистость, ворсистость, мшистость, заруб, запил, отщеп, скол, вырыв, задир, царапины и др.

6. Формирование защитно-декоративных функций древесины

Древесина, несмотря на все положительные характеристики, в условиях эксплуатации подвергается постоянному вредному воздействию различных факторов (климатических, биологических, механических, химических и др.), которые постепенно снижают ее декоративные качества и приводят к старению и разрушению изделий и конструкций (рис. 3.21).



Рис. 3.21. Факторы разрушения древесины

Для улучшения и сохранения декоративных качеств древесины и повышения долговечности изделий и конструкций применяют различные способы профилактического воздействия и защиты (ГОСТ 20022). Производить их следует многократно на всех стадиях жизненного цикла древесных изделий – от производства пиломатериалов до финишной отделки. При этом на каждой стадии должна проводиться целевая защитная обработка, решая конкретные задачи, и требующая специальных химических средств. По характеру действия их подразделяют на антисептические средства защиты (антисептики), антипирены и защитные средства комбинированного действия.

Наиболее широко применяемыми способами улучшения свойств древесины являются ее декорирование, антисептирование и антипирирование.

Формирование декоративных характеристик древесных материалов и изделий связано, прежде всего, с характером отделки их лицевой поверхности. Древесина, как материал, сравнительно легко поддается различного рода отделке – крашению, морению, полированию, колорированию, лакированию, тонированию, брашированию, старению и др. Однако возможности такой отделки для разных пород различны.

Все защитно-декоративные покрытия можно условно подразделить на твердые облицовочно-отделочные, жидкие лакокрасочные и порошковые. Кроме того, отделка лицевой поверхности древесины может быть прозрачная, непрозрачная, имитационная и специальная (рис. 3.22).



Рис. 3.22. Виды отделки изделий из древесины

Прозрачная отделка древесины осуществляется бесцветными или окрашенными прозрачными отделочными материалами, которые создают на лицевой поверхности покрытие, сохраняющее или ещё более проявляющее текстуру древесины. Такими материалами служат составы на основе воска, различные лаки (нитроцеллюлозные, полиэфирные, мочевиноформальдегидные), морилки и пленки. Достигается такая отделка путём полирования, вождения, лакирования, лессирования, глазурирования, морения, браширования (состаривания) и др. (рис. 3.23) В результате на поверхности древесины образуется тончайшая плёнка, которая не только выявляет текстуру древесины, но и предохраняет её от разрушения и загрязнения. Применяется прозрачная отделка преимущественно для изделий с красивой текстурой древесины твердых и ценных лиственных пород, изделий, облицованных строганым или синтетическим шпоном, из массивной древесины, древесностружечных и древесноволокнистых плит, изделий с резьбой по дереву и эксплуатируемых, как правило, в отапливаемых помещениях.



Рис. 3.23. Брашированная древесина

Непрозрачной отделке подвергают изделия из малоценных и низкосортных пород древесины, текстура которых не отличается особой выразительностью, при изготовлении встроенного оборудования, окон, дверей и других изделий, либо с целью придать поверхности высокую устойчивость к воздействию внешних факторов. Она предусматривает также заделку дефектов древесины, обессмоливание, грунтовку, шпатлевание и шлифование поверхности. Для непрозрачной отделки используют масляные, эмалевые и клеевые краски, нитроэмали и масляные эмали. В результате на поверхности древесины образуется тонкая непрозрачная пленка, полностью скрывающая текстуру древесины.

Для создания непрозрачных защитно-декоративных покрытий применяют также различные пленочные и листовые материалы на основе бумаги, полимеров, тканей, металлов и комбинированных материалов, которые наклеивают на подготовленную поверхность изделий. Одним из видов такой отделки является ламинирование, представляющее собой напрессовывание шпона или пленочных материалов на основе бумаг, пропитанных смолами. Например, покрытие поверхности изделий (окон, дверей, мебели) из менее ценной древесины (сосна, ель) шпоном из ценных пород (дуба, бука, вишни).

Имитационная отделка лицевой поверхности древесных изделий заключается в улучшении их внешнего вида или придания поверхности имитации древесины более ценных и редких пород, а также других эстетически выразительных материалов. Основными методами имитационной отделки являются глубокое окрашивание, нанесение рисунка текстуры непосредственно на обрабатываемую поверхность (искусственное старение, аэрография, декалькомания и акваграфия), оклеивание древесины бумагой с напечатанной на ней текстурой древесины или другого рисунка, напрессовывание специальных плёнок, облицовка листовым пластиком и др. Такой отделке подвергаются, как правило, тоже изделия из малоценных пород древесины, не отличающиеся выразительной текстурой – мебель, дверные блоки, элементы отделки из древесноволокнистых и древесностружечных плит, фанера, шпон и др.

Специальная (декоративная) отделка – это украшение элементов интерьера, мебели и других изделий путем металлизации, золочения, созданием различных декоров (наборного, орнаментного, рельефного), накладок и вставок, а также резьба (углубленная, плоскорельефная, прорезная, скульптурная или объемная), тиснение, выжигание, инкрустация и др.

Защита древесины от гниения. Растущее дерево практически без труда сопротивляется биологическому и другим видам разрушения. Однако когда дерево спилено, природные защитные механизмы практически не действуют. Поэтому срок эксплуатации деревянных конструкций и изделий ограничивается способностью древесины сопротивляться воздействию внешних факторов.

Примечание – Способность древесины сопротивляться в условиях эксплуатации изделий и конструкций разрушению от действия физических, химических и биологических факторов называется стойкостью древесины.

Разрушение древесины вследствие жизнедеятельности грибов называется гниением. Гниение древесины может происходить лишь при определенных условиях внешней среды. Параметрами внешней среды, способствующими разрушению древесины в процессе эксплуатации, являются влажность, температура и кислород. Наиболее благоприятными условиями для развития биологических поражений древесины являются: положительная температура от +1 до 40°C, повышенная влажность – 18...100%, неподвижный сырой воздух влажностью 80...95%, затенение (отсутствие воздействия УФ лучей) и кислотность среды – $\text{pH} = 3...5$. Однако существуют грибы, которые способны поражать древесину и при отрицательной температуре. Дополнительными причинами гниения могут быть промерзание материала, застой воздуха, контакт с почвой и др.

Особенно велико разрушительное действие от биологических факторов (грибов, насекомых, бактерий, вирусов) в условиях попеременной влажности и температуры. При этом грибы являются самыми безжалостными истребителями древесины и отличаются большим разнообразием – от плесени, окрашивающих древесину поверхностно, до дереворазрушающих грибов, проникающих в толщу древесины и разрушающих ее практически полностью. В результате физико-механические характеристики древесины заметно снижаются. Например, при 15%-ой влажности плотность гнилой древесины в 2...3 раза меньше, а ее твердость в 20...30 раз ниже, чем здоровой (рис. 3.24).

Примечание – 1. Первые признаки гниения древесины – появление плесени и грибка. Под воздействием грибов в древесине происходят двоякого рода изменения:

- в одних случаях физико-механические свойства древесины практически не изменяются, но на поверхности, в основном заболонной древесины, появляются плесень и грибные окраски (синевы). Такие грибы относят к деревеоокрашивающим;
- грибы, вызывающие изменения физико-механические свойства древесины и разрушающие ее, называются дереворазрушающими, а процесс, вызываемый жизнедеятельностью этих грибов – гниением. При этом дереворазрушающие грибы различают лесные (поражающие растущие деревья), складские – поражающие складированную древесину в штабелях и домовые – наиболее опасные для деревянных конструкций в условиях эксплуатации.

2. Повреждение древесины насекомыми называется червоточинной – на поверхности древесины (лесо- и пиломатериалов) образуются круглые или овальные отверстия, бороздки или канавки. Эти разрушения производят личинки насекомых, использующих древесину для своего питания. Насекомые интенсивно развиваются и разрушают древесину при температуре 18...24°C и относительной влажности воздуха 60...80%. В зависимости от жизнедеятельности таких насекомых подразделяют на две группы: повреждающие неокоренную древесину в лесу, на лесосеках, складах и разрушающие окоренную древесину в процессе ее переработки и эксплуатации в конструкциях. Например, жуки точильщики могут развиваться и в сухой древесине, даже мебели.



Рис. 3.24. Структура (а) и образец (б) гнилой древесины в конструкции

В зависимости от условий среды, в которой эксплуатируются изделия из древесины, различают несколько классов условий их использования:

- *класс 1* – изделия, как правило, находятся во внутренних помещениях и при низкой влажности (не выше 18%). Основной угрозой повреждения древесины являются насекомые;
- *класс 2* – изделия находятся выше уровня земли, укрыты от атмосферного воздействия, однако возможно повышение влажности сверх 20%. Основной угрозой повреждения древесины являются насекомые и грибок;
- *класс 3.1* – изделия расположены выше уровня земли, находятся под укрытием, однако с возможным риском периодического увлажнения выше 20%. Основной угрозой повреждения древесины является грибок;
- *класс 3.2* – наружное применение изделий, расположенных выше уровня земли, но в условиях постоянного атмосферного воздействия. Основной угрозой повреждения древесины является грибок;
- *класс 4* – изделия находятся в постоянном контакте с землей, либо грунтовой или пресной водой, испытывают постоянное атмосферное воздействие. Основной угрозой повреждения древесины является грибок и насекомые.

Однако древесина разных пород по разному сопротивляется разрушающему действию внешней среды (СТБ ЕН 350.2 и ГОСТ 20022.2). Наибольшей естественной биологической стойкостью обладает плотная древесина и с большим содержанием смолистых (хвойные породы) и дубильных (лиственные породы) веществ.

В пределах одной и той же породы стойкость зависит от возраста (молодая древесина менее стойкая) и положения в стволе (заболонь обладает меньшей стойкостью по сравнению с ядром). Классификация пород древесины по стойкости к гниению приведена по ГОСТ 20022.2 в таблице 3.3.

Таблица 3.3. Классификация пород древесины по стойкости к гниению

Класс	Порода древесины	
	Заболонь	Ядро
Стойкие	Сосна, ясень	Сосна, ясень, кедр, лиственница, дуб
Среднестойкие	Ель, пихта, лиственница, кедр	Ель, пихта, бук
Малостойкие	Вяз, клен, береза, бук, граб, дуб	Вяз, клен
Нестойкие	Липа, ольха, осина	Липа, ольха, осина, береза

По СТБ ЕН 350.1 все древесные породы по стойкости к биологическим факторам подразделяется на пять классов: I – очень стойкая (больше 20 лет), II – стойкая (12...20 лет), III – умеренно стойкая (8...12 лет), IV – нестойкая (4...8 лет) и V – скоропортящаяся (менее 4 лет). Например, для некоторых пород древесины естественная биологическая стойкость составляет: ели – 6,5 лет; лиственницы – 10,9 года; березы – 3,6 года; ясени – 4,0 года, а гринхарта (породы весьма твердой и прочной плотностью 980 кг/м³, произрастающей в Гвинее) – 51 год.

Одним из условий сохранения древесины в условиях эксплуатации является поддержание благоприятных параметров внешней среды. Отсутствие одного из факторов, способствующих разрушению (влажность, температура и кислород), приводит к торможению процесса разрушения. Например, древесина хорошо сохраняется в сухом проветриваемом помещении и на открытом воздухе. Также хорошо сохраняется древесина при отсутствии доступа воздуха, или постоянно находясь в воде. При отрицательных температурах, как и при высоких процесс жизнедеятельности грибов тоже останавливается.

Для поддержания благоприятных параметров внешней среды применяют ряд конструктивных мер, целью которых является предохранение древесины от увлажнения, доступа кислорода и др. Кроме того, для защиты от биоразрушителей применяют кратковременную стерилизацию сырых лиственных материалов, охлаждение (замораживание) их для сезонной стерилизации, сушку и увлажнение (дождевание или затопление круглого леса), наружное антисептирование (ГОСТ 10950), глубокое консервирование и др.

При *антисептировании* (от греч. *septikos* – вызывающий гниение), т. е. древесину, подверженную действию влаги, пропитывают веществами (ядами), которые убивают грибы или создают среду, не способствующую их жизнедеятельности (ГОСТ 9014.3 и 20022.6). Такие вещества (антисептики) должны обладать биоцидными (противомикробными), фунгицидными (противогрибковыми) и инсектицидными (против насекомых) свойствами. Антисептик следует выбирать с учетом класса службы, в условиях которого планируется использовать такие изделия.

Примечание – К антисептикам сегодня предъявляется достаточно большое количество требований. Они должны обладать хорошим проникновением в древесину и высокой токсичностью

по отношению к дереворазрушающим и деревоокрашивающим грибам, бактериям, насекомым. Сохранять свои свойства при длительном хранении и после введения их в древесину. Не вымываться из обработанных конструкций и изделий, не разрушаться под действием солнечных лучей, не вызывать коррозии, изменение цвета, текстуры и снижения прочностных характеристик. Обладать комплексным воздействием и быть относительно безопасным для теплокровных животных и человека.

По составу антисептики подразделяются на минеральные и органические, растворимые и нерастворимые в воде, органорастворимые, масляные и комбинированные. Наиболее распространёнными являются антисептики на основе фтористого и кремнефтористого натрия, магния и цинка, медного и железного купороса, хлористого цинка, поваренной соли, хлорной извести, масел (каменноугольного, антраценового, сланцевого) и др. Однако следует помнить, что антисептики в слое древесины распределяются неравномерно. Зависит это от особенностей строения древесины, технологии обработки и других факторов. В поверхностной зоне антисептика, как правило, содержится больше, чем во внутренней. Комбинированные антисептики состоят из двух и более ядовитых веществ.

Кроме того, на рынке имеется большой спектр антисептических препаратов отечественного и импортного производства, которые позволяют не только защитить древесину от гниения, но и придать ей цветовой оттенок по выбору. Например, прозрачные составы (лессирующие) оставляют видимой текстуру или усиливают ее, образуя на деревянной поверхности защитный полупрозрачный полуматовый слой увеличенной толщины с УФ-фильтром, предохраняя древесину от воздействия солнечных лучей, атмосферных осадков, препятствуют выцветанию и растрескиванию. Существуют также глубоко проникающие антисептики, которые изменяют оттенок поверхности или окрашивают древесину в новый цвет (красящие). Цветовая палитра их весьма разнообразна (дуб, тик, махагони, орех). Однако каждый антисептический состав предназначен, как правило, для борьбы с конкретными вредителями или заболеваниями древесины, но при этом оказывает и общее антисептическое действие, хотя и не совсем полное.

Защита древесины от возгорания. Древесина в воздушно-сухом состоянии традиционно считается одним из самых пожароопасных строительных материалов. Она способна не только гореть, но и при соответствующих условиях самовозгораться. Горение является процессом окисления углерода, водорода и их соединений, протекающим с выделением большого количества тепла и поддержанием температуры, необходимой для продолжения горения (рис. 3.25). Возгорание возможно при наличии горючей среды (например, той же древесины и других воспламеняющихся материалов) и окислителя (чаще всего кислорода, содержащегося в воздухе). Источником возгорания может стать открытый огонь, искра от неисправной электропроводки или бытового прибора, химическая реакция с выделением тепла и др.



Рис. 3.25. Горение древесины

Примечание – Вместе с тем общеизвестный факт, что при горении на поверхности древесины образуется уголь, горящий медленнее и с теплопроводностью в 4 раза ниже, чем у древесины. В этом случае скорость потери рабочего сечения деревянной конструкции не превышает 0,8 мм в минуту. Кроме того древесина при нагревании деформируется в 3...4 раза меньше. Поэтому деревянные конструкции противостоят обрушению при пожаре в течение более длительного времени, чем стальные, которые не могут выдержать нагрузок из-за снижения прочности при нагревании.

Чтобы исключить процесс горения, необходимо либо устранить контакт древесины с кислородом воздуха и предотвратить нагревание древесины теоретически до температуры воспламенения 250...300°C (практически в естественных условиях 450...620°C) либо использовать для обработки древесины огнезащитные составы (пропитки, краски, лаки и др.). Такие вещества плавятся при нагревании и покрывают поверхность древесины огнезащитной теплоизоляционной пленкой, прекращающей доступ кислорода и не дающей возможности древесине достигнуть температуры воспламенения, или разлагаются с выделением большого количества негорючих газов, оттесняющих воздух.

В результате увеличивается время возгорания и образуется защитный слой из древесного угля, препятствующий горению, прогреванию и распространению пламени. По этой причине деревянные конструкции массивного сечения, как правило, имеют большую огнестойкость по сравнению даже с металлическими конструкциями.

Качественным и количественным показателем огнезащитной обработки древесины и материалов на ее основе является *огнезащитная эффективность*, характеризующая способность огнезащитного состава снижать горючесть, и выражается потерей массы защищенного образца древесины в стандартных условиях испытания. В зависимости от эффективности огнезащитные составы для древесины

делятся на три группы: первая обеспечивает получение трудногорючей древесины (потеря массы не более 9%), вторая – трудновоспламеняемой (потеря массы от 9 до 25%) и третья не обеспечивает огнезащиты (потеря массы более 25%). Чем меньше номер группы, тем выше степень огнезащиты. Основными видами огнезащитной обработки древесины являются:

- поверхностная пропитка *антипиренами* (от греч. *anti* – противодействие и *pyr* – огонь), т.е. веществами, снижающими горючесть древесины;
- глубокая пропитка в автоклавах;
- нанесение защитных покрытий (обмазки и т.п.);
- нанесение защитных вспучивающихся покрытий (краски, лаки и др.).

Примечание – *Антипирены замедляют или сдерживают процесс возгорания. Они представляют собой специальные составы, которые при нагревании образуют на поверхности огнезащитную пленку или выделяют большое количество негорючих газов, блокирующих доступ необходимого для горения кислорода. Чтобы надежно защитить поверхность древесины от возгорания, антипирены должны обладать высокими огнезащитными свойствами, сохранять стойкость в течение длительного периода эксплуатации деревянных конструкций, обладать малой гигроскопичностью и не вступать во взаимодействие с древесиной и металлическими креплениями.*

В настоящее время на рынке имеется большое количество отечественных и зарубежных средств огнезащиты. В зависимости от состава и свойств они подразделяются на следующие виды (ГОСТ Р 53292):

- *лаки огнезащитные* – растворы (эмульсии) пленкообразующих веществ на органической или водной основе, содержащие растворимые антипирены и образующие на поверхности древесины тонкую прозрачную пленку, позволяющую сохранять текстуру древесины;
- *краски огнезащитные* – суспензия пигментов и антипиренов в пленкообразующих веществах, образующих на поверхности древесины тонкую непрозрачную пленку;
- *пасты, обмазки огнезащитные* – составы пастообразной консистенции по содержанию аналогичные краскам, но с более крупной дисперсностью наполнителей и антипиренов, образующие на защищаемой поверхности древесины слой покрытия большей толщины, не обладающий декоративными свойствами;
- *составы пропиточные огнезащитные* (огнебиозащитные) – растворы антипиренов (антипиренов и антисептиков) в органических и неорганических жидкостях, не образующих пленку, но образующих поверхностный огнезащитный слой (поверхностная пропитка) или огнезащиту в объеме (глубокая пропитка);
- *составы комбинированные огнезащитные* – комплекс из двух или более видов огнезащитных средств с последовательным нанесением.

Огнезащитные составы могут быть также атмосфероустойчивыми, неатмосфероустойчивыми (эксплуатируемые в условиях закрытых отапливаемых

помещений с относительной влажностью воздуха не более 70%) и стойкими в агрессивных средах (паров и газов).

Химическую основу антипиренов в большинстве случаев составляют хлорированные парафины, фосфорорганические соединения, хлориды и фосфаты аммония, карбонаты калия, бура, синтетические полимеры (кремнийорганические, фурановые, фенольные, карбамидные) и др. Однако считается, что лаки, краски и эмали являются более совершенными составами по сравнению с антипиренами, поскольку позволяют получать декоративную поверхность при более высокой огнезащитной эффективности. Кроме того обработка древесины антипиренами в ряде случаев оказывает негативное влияние на механические свойства деревянных изделий. Характер и степень этого влияния зависят от рода и количества вводимого антипирена, режима пропитки и вида механических свойств. Комбинированные способы защиты древесины заключается в использовании химических растворов, обеспечивающих комплексную защиту от возгорания и воздействия различных микроорганизмов и гниения.

Применяются также и конструктивные меры защиты, такие как увеличение сечений (массивности) нагруженных деревянных элементов преимущественно с гладкой поверхностью и без острых выступов, щелей и трещин, удаление конструкций от источников огня, создание несгораемых облицовок и др.

Примерная тематика учебно-исследовательских работ

1. *Влияние анизотропности древесины на ее физико-механические свойства.*
2. *Исследование средств защиты древесины от влияния разрушающих факторов.*
3. *Влияние влажности древесины на ее технические характеристики.*
4. *Формирование декоративных характеристик древесных материалов и изделий.*
5. *Влияние пороков на качество древесины.*
6. *Установление сортности древесины.*
7. *Качественная оценка средств защиты древесины от возгорания.*

Вопросы и задания для самоконтроля

1. *Перечислите положительные и отрицательные свойства древесины как строительного материала.*
2. *Опишите состав и структуру древесины. Перечислите структурные элементы древесины, видимые невооруженным глазом и под микроскопом.*
3. *Что такое поздняя и ранняя древесина? Как содержание поздней древесины влияет на свойства древесины?*
4. *По каким направлениям разрезов ствола дерева изучается микроструктура древесины? Как выглядят годовые слои на трех основных разрезах?*

5. *Перечислите основные физические свойства древесины. Какими процессами сопровождается изменение влажности древесины?*
6. *Какие виды влаги различают в древесине, и как она влияет на ее физико-механические свойства? Что такое стандартная влажность?*
7. *Каков (в среднем) предел гигроскопической влажности древесины?*
8. *Какое влияние оказывает влажность древесины на ее плотность, теплопроводность и прочность?*
9. *Какие лесоматериалы относят к сырым, влажным, воздушно-сухим и комнатно-сухим? Что такое равновесная влажность древесины?*
10. *Что такое усушка древесины? С чем она связана? В чем причины коробления и растрескивания древесины? Можно ли избежать коробления и как?*
11. *В каком интервале влажности происходит усушка и набухание древесины?*
12. *В каких пределах изменяется линейная усушка и усушка в радиальном и тангенциальном направлениях?*
13. *Почему древесина коробится при изменении влажности?*
14. *Зарисуйте и объясните схему коробления досок, выпиленных из середины бревна и ближе к его поверхности.*
15. *Почему древесина считается анизотропным материалом?*
16. *От чего зависит теплопроводность древесины?*
17. *Перечислите механические свойства древесины. При каком направлении усилий древесина имеет наибольшие показатели прочности?*
18. *Перечислите основные пороки древесины. Какие пороки древесины снижают качество лесо- и пиломатериалов?*
19. *Разновидности сучков в древесине и их влияние на качество древесины.*
20. *Какие виды трещин бывают у дерева (лесоматериалов), и как предотвратить их появление при сушке и хранении?*
21. *По каким свойствам устанавливается сорт древесины?*
22. *Какие причины загнивания древесины?*
23. *Как защитить древесину от гниения, возгорания и поражения насекомыми?*