

Физика древесины

ЛИД – 21, 23

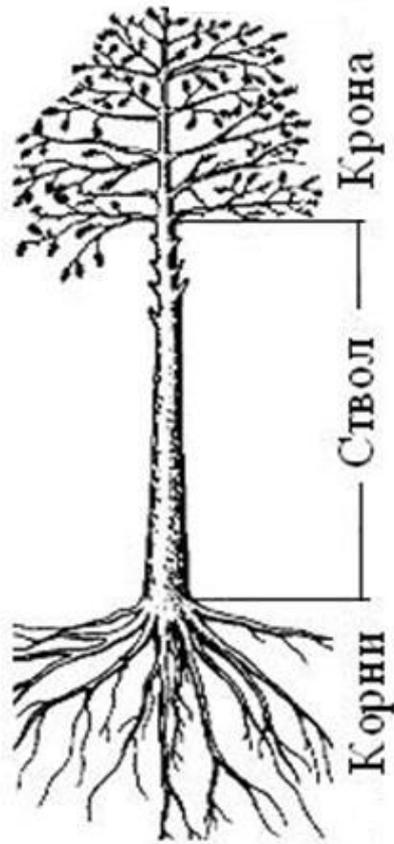
ЛЗ – 2 * 24; ПЗ – 2 * 18

К – 1,8

Зачет – 13,5

Проф. И.Т. Глебов

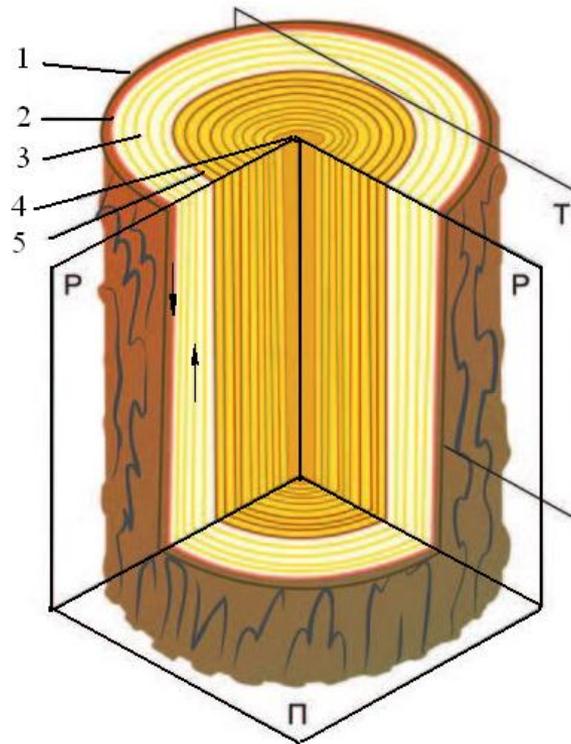
Дерево



Форма кроны зависит от угла прикрепления ветвей к стволу дерева. В среднем угол прикрепления для березы составляет 30° , осины 50° , сосны 90° , ели 120° .

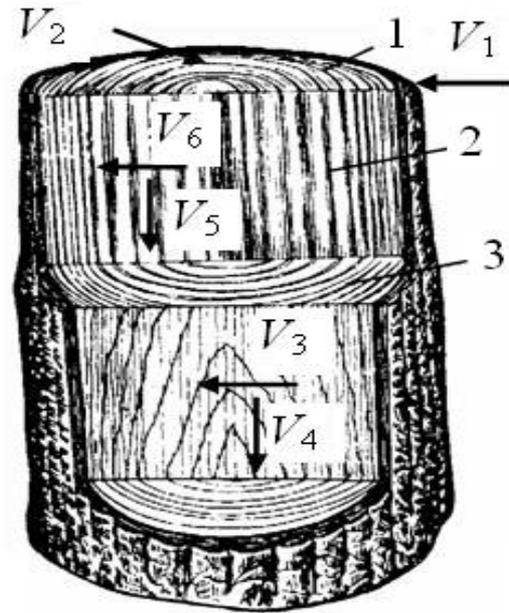
Рис. 1. Дерево

Ствол дерева



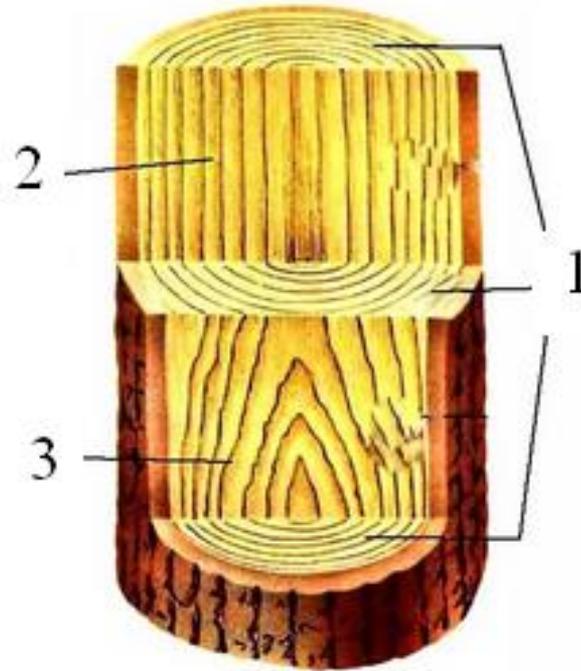
- Рис. 2. Элементы ствола дерева:
- 1 – кора; 2 – камбий; 3 – заболонь; 4 – сердцевина; 5 – ядро;
- плоскости разреза: P – радиальная; T – тангентальная;
 - П – поперечная

Главные направления ствола дерева



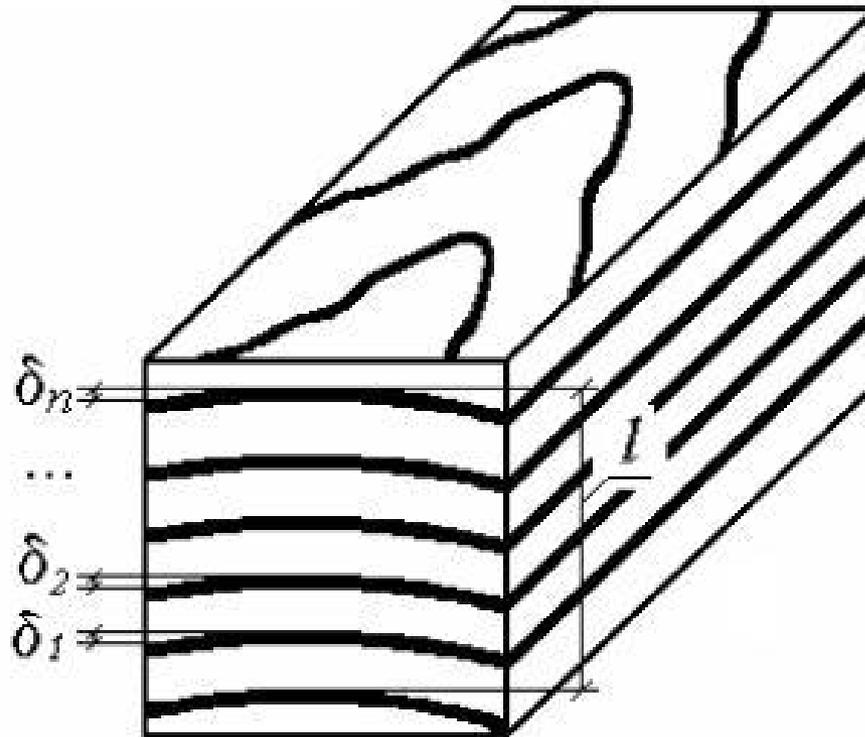
- Рис. 3. Разрезы ствола:
- 1 – поперечный (торцовый); 2 – радиальный; 3 – тангенциальный

Макроструктура древесины



- Рис. 4. Годовые слои на разрезах ствола дерева:
- 1 – поперечный (торцовый); 2 – радиальный; 3 – тангенциальный

Годичные слои

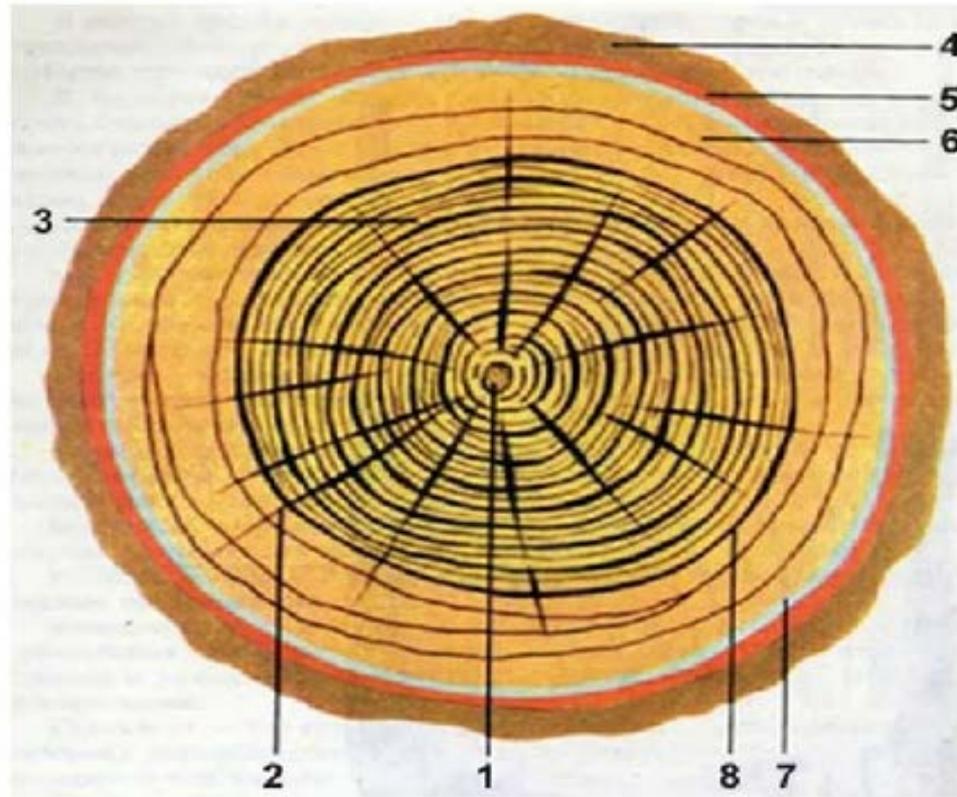


$$m = \frac{\sum \delta}{l} 100$$

Рис. 5. Схема измерения размеров:

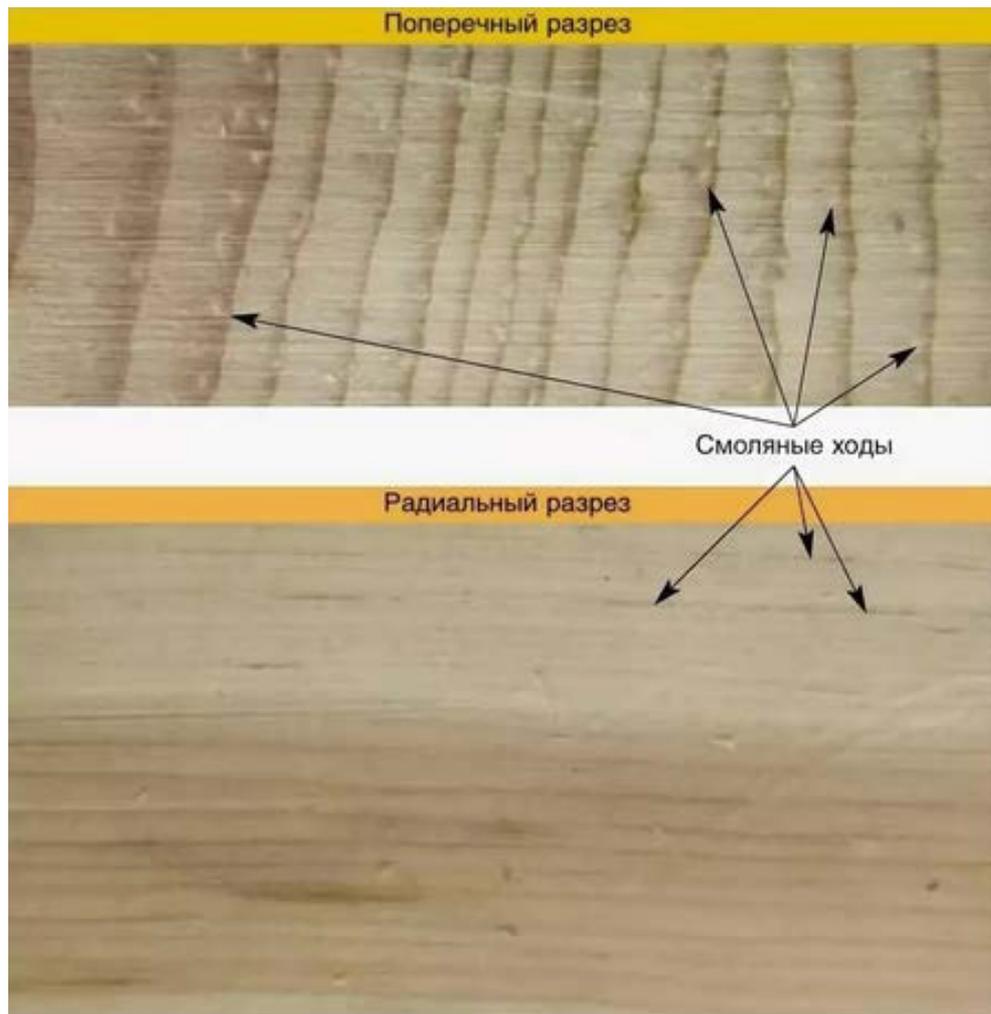
l – расстояния между крайними годовыми слоями, мм;
– ширины зоны поздней древесины годового слоя

Сердцевинные лучи



- 1 Сердцевина, 2. сердцевинные лучи, 3. Древесина,
- 4 Пробка, 5 луб, 6. заболонь(молодая древесина),
7. Камбий

Смоляные ходы



Заболонь

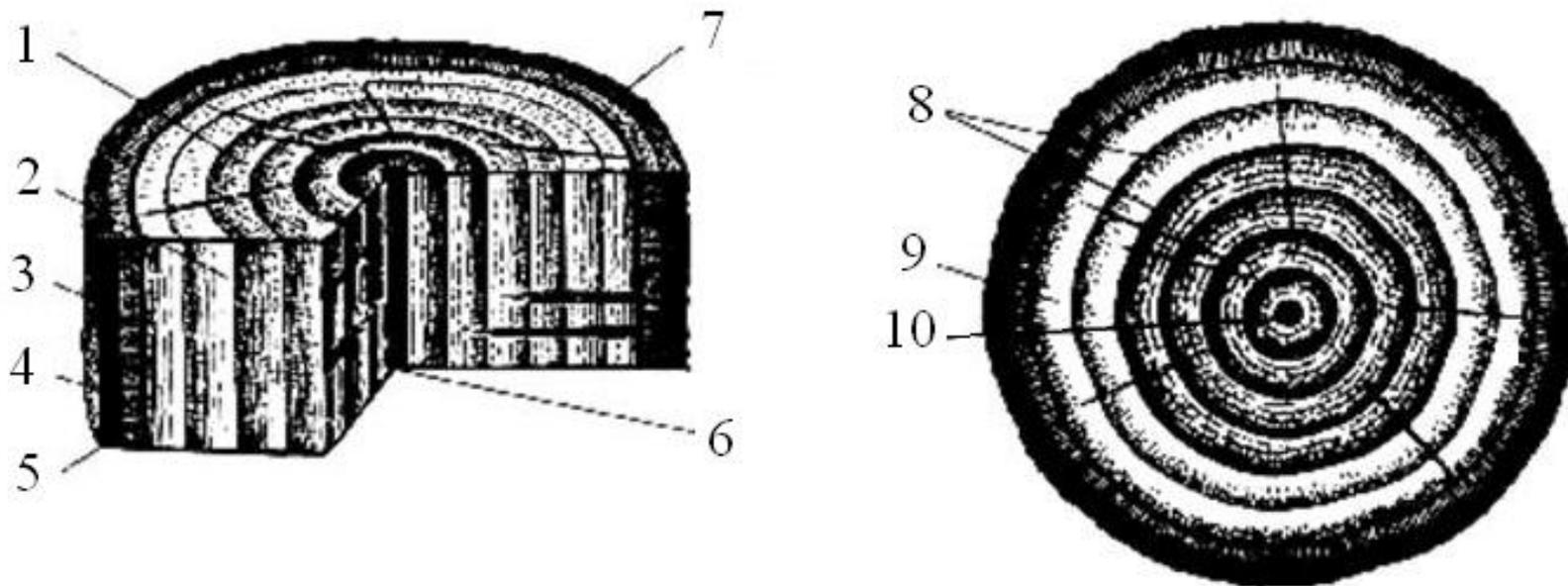
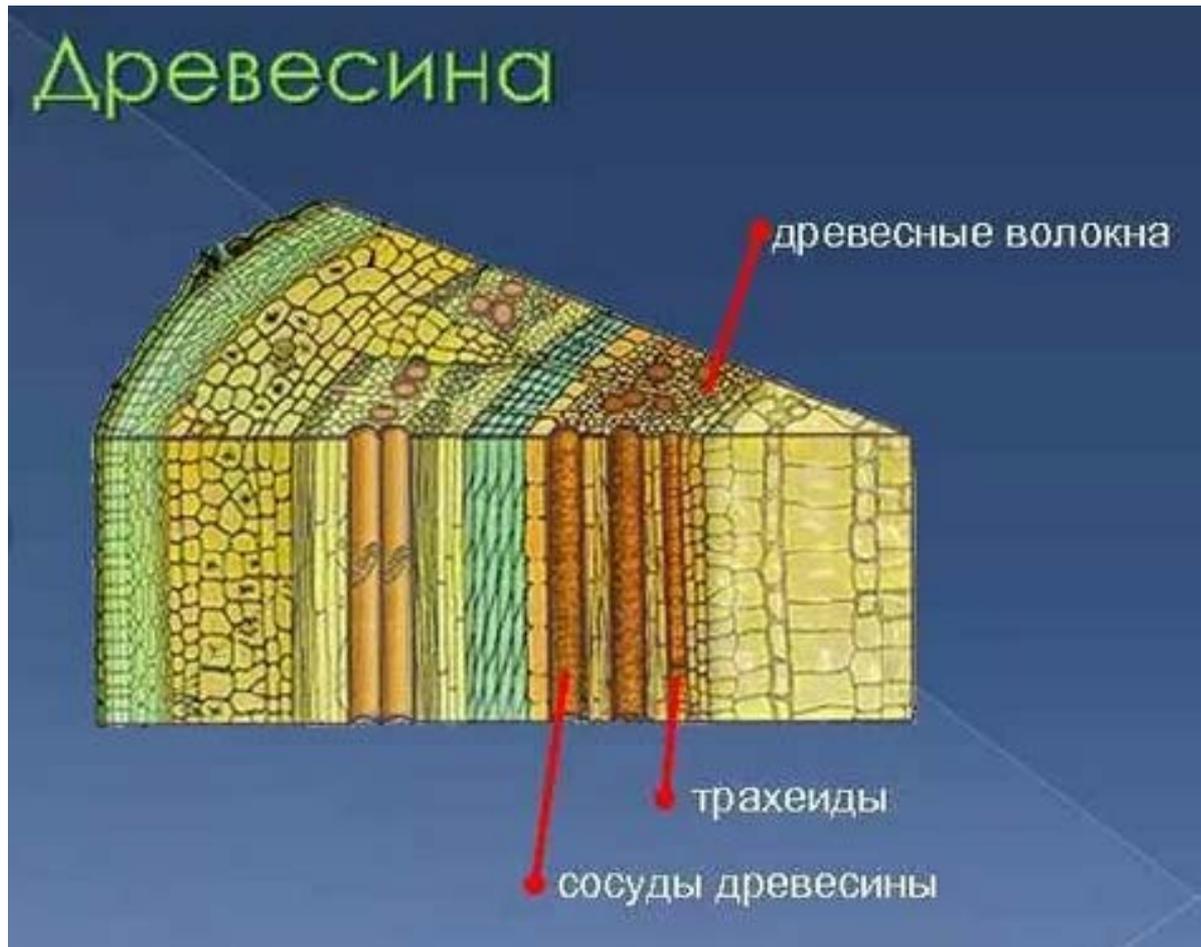


Рис. 6. Разрезы ствола дерева с элементами макроструктуры:
1 – торцовый разрез; 2 – тангенциальный разрез; 3 – пробковый слой;
4 – лубяной слой; 5 – камбий; 6 – сердцевина; 7 – радиальный разрез;
8 – годовые кольца; 9 – заболонь; 10 – ядро

Сосуды



Механические свойства древесины

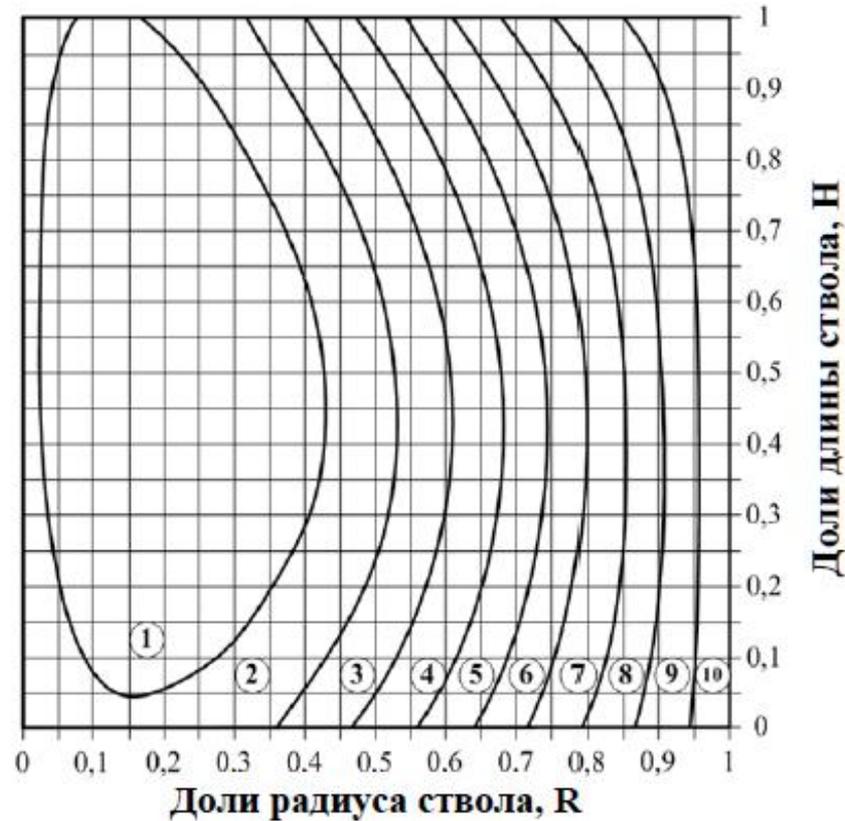
К механическим свойствам древесины относятся: плотность, прочность, твёрдость, жёсткость, ударная вязкость и другие.

$$\sigma_{12} = \sigma_w (1 + \alpha(W - 12))$$

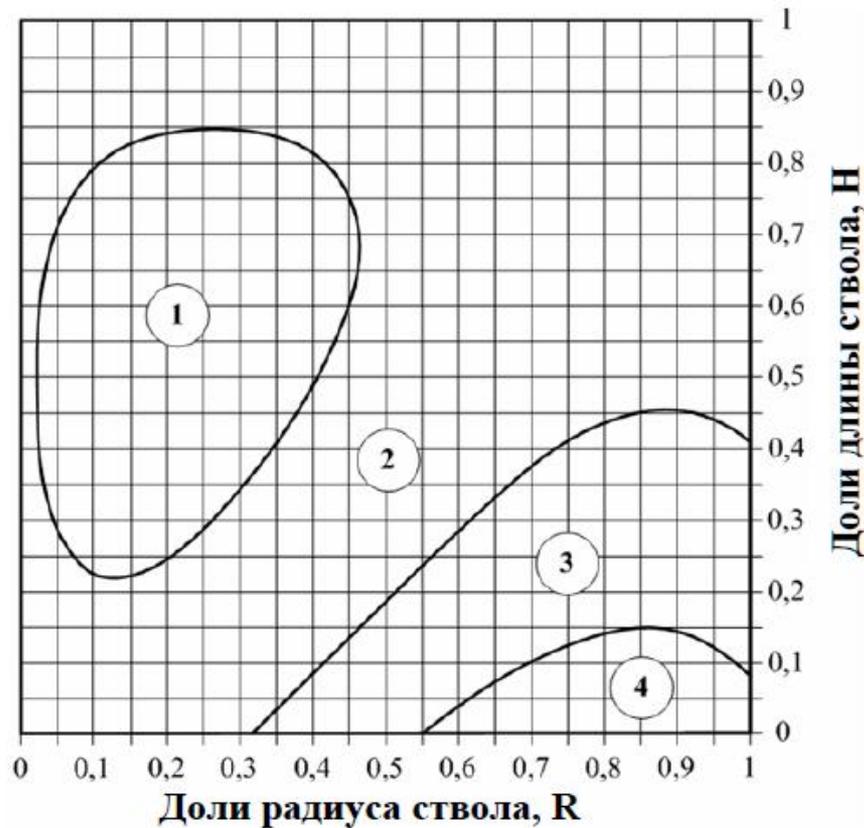
Деформативность древесины – при кратковременных нагрузках в древесине возникают преимущественно упругие деформации, которые после разгрузки исчезают.

$$C_{12} = \frac{C_w}{(1 - \alpha(W - 12))},$$

Плотность древесины



- Рис. 7. Распределение плотности по стволу сосны
- в свежесрубленном состоянии, кг/м³:
- 1 – 450-500; 2 – 500-550; 3 – 550-600; 4 – 600-650; 5 – 650-700; 6 – 700-750; 7 – 750- 800; 8 – 800-850; 9 – 850-900; 10 – 900-950



$$\rho_w = \frac{m_w}{a_w b_w l_w} = \frac{m_w}{V_w}$$

$$\rho_{12} = \rho_w \left(1 - \frac{(1-K)(W-12)}{100}\right)$$

$$K=0,85.$$

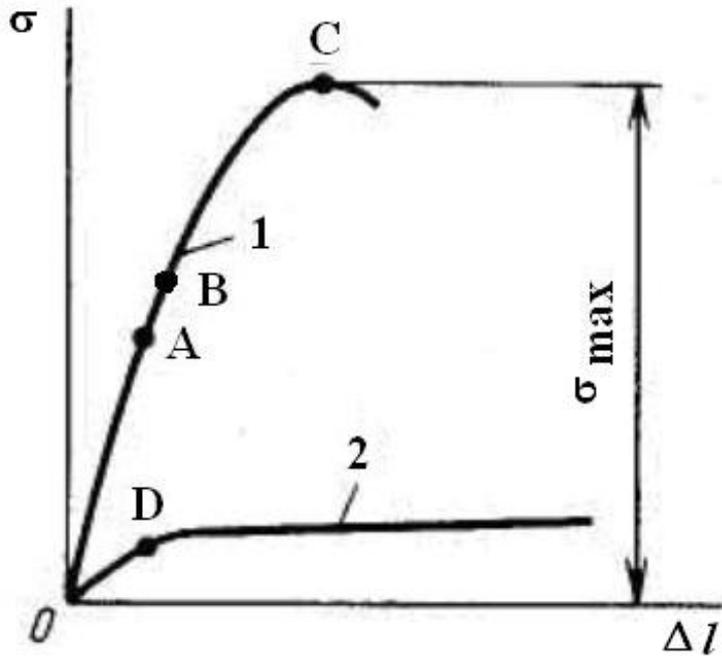
- Рис. 8. Распределение плотности по стволу сосны
- в абсолютно сухом состоянии, кг/м³:
- 1 – 350-400; 2 – 400-450; 3 – 450-500; 4 – 500-550.

Плотность древесных пород

	сухом состоянии W_0	влажности W_{12}	$W_{\text{усл}}$
Лиственница	630	660	520
Сосна обыкновенная	470	500	400
Ель	420	445	360
Кедр	410	435	350
Пихта сибирская	350	375	300
Граб	760	800	630
Дуб	650	690	550
Клен	650	690	550
Ясень обыкновенный	640	680	550
Бук	640	670	530
Береза	600	650	520
Орех грецкий	-	590	470
Ольха	490	520	420

Прочность и деформативность древесины

Прочность — способность древесины сопротивляться разрушению от механических усилий, характеризующихся пределом прочности.



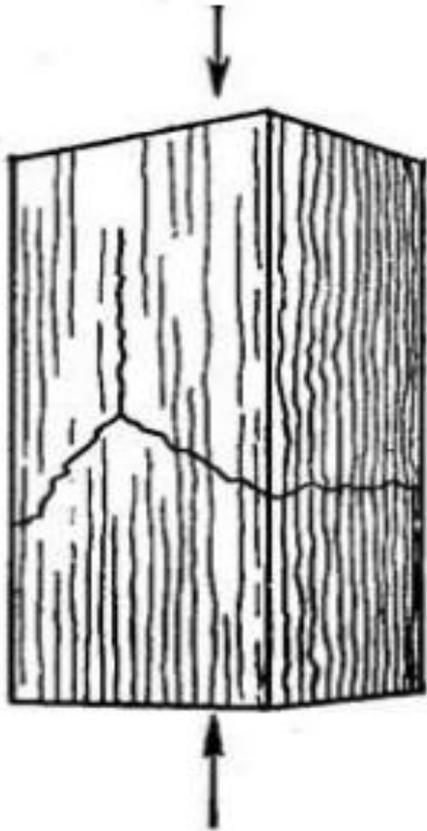
$$\sigma = \frac{F_y}{S} \quad \sigma = K \frac{\Delta x}{x}$$

$$\Delta l = \frac{Fl}{ES}$$

$$E = \frac{F}{S} = \sigma$$

Рис. 9. Зависимость напряжений от относительной деформации при:
 1 – растяжении древесины вдоль волокон;
 2 – при сжатии поперек волокон

$$\mu = \frac{\Delta d}{d} = \frac{\Delta l}{l}$$

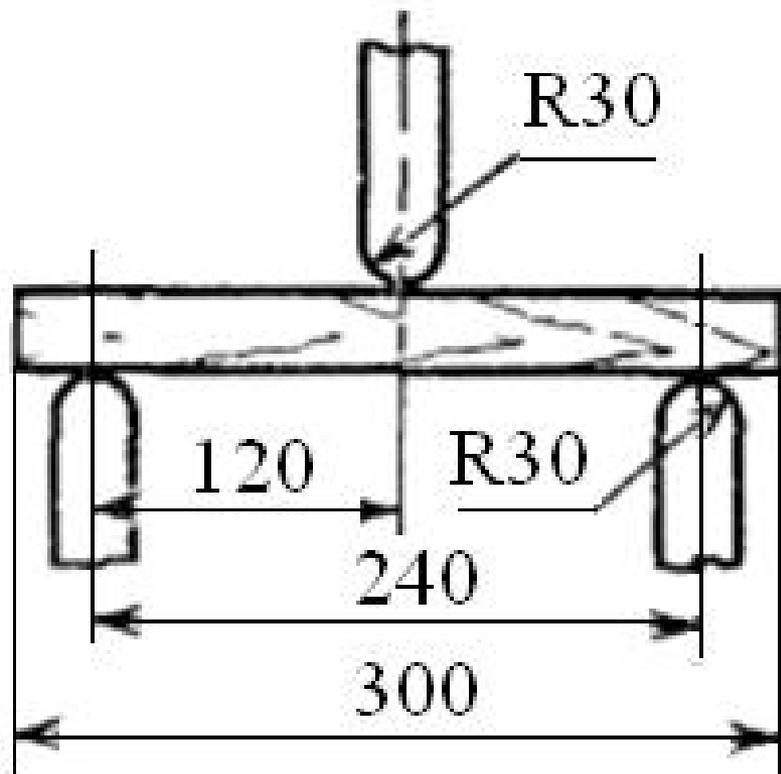


$$\sigma_w = \frac{F_{\max}}{ab}$$

$$\sigma_{12} = \sigma_w (1 + \alpha(W - 12))$$

Рис. 10. Схема разрушения образца при сжатии вдоль волокон

Прочность древесины при изгибе



$$\sigma_w = \frac{3F_{\max}l}{2bh^2}$$

Рис. 11. Схема испытаний на изгиб

Прочность древесины при скалывании

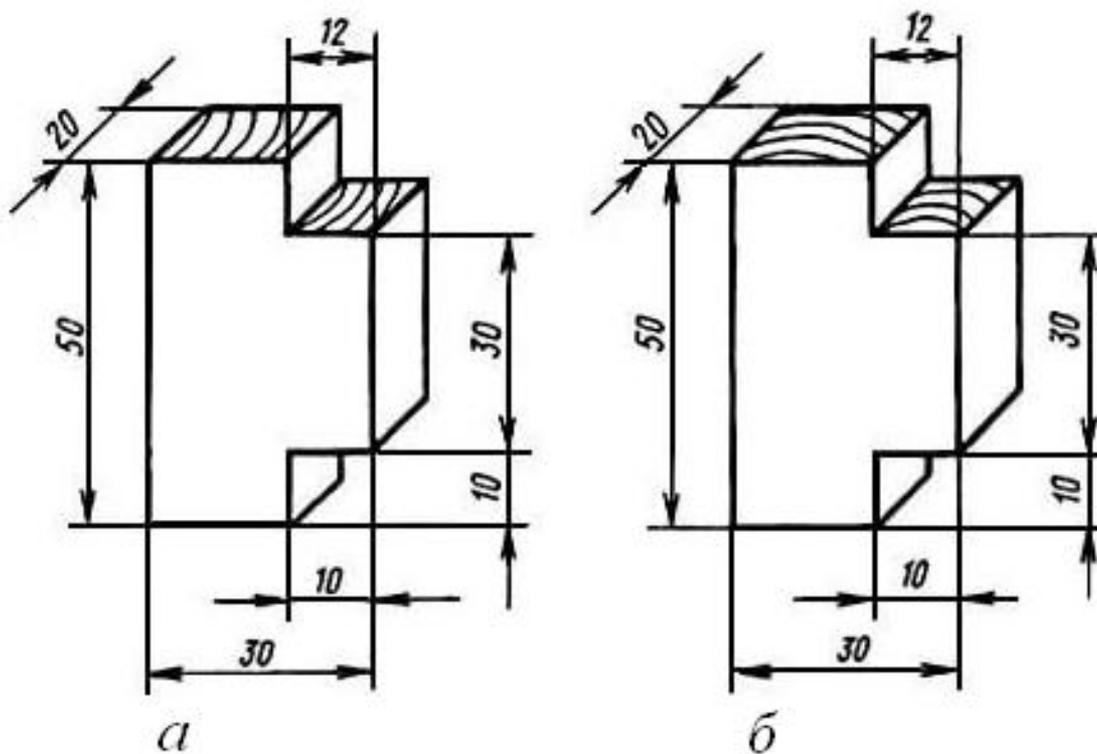
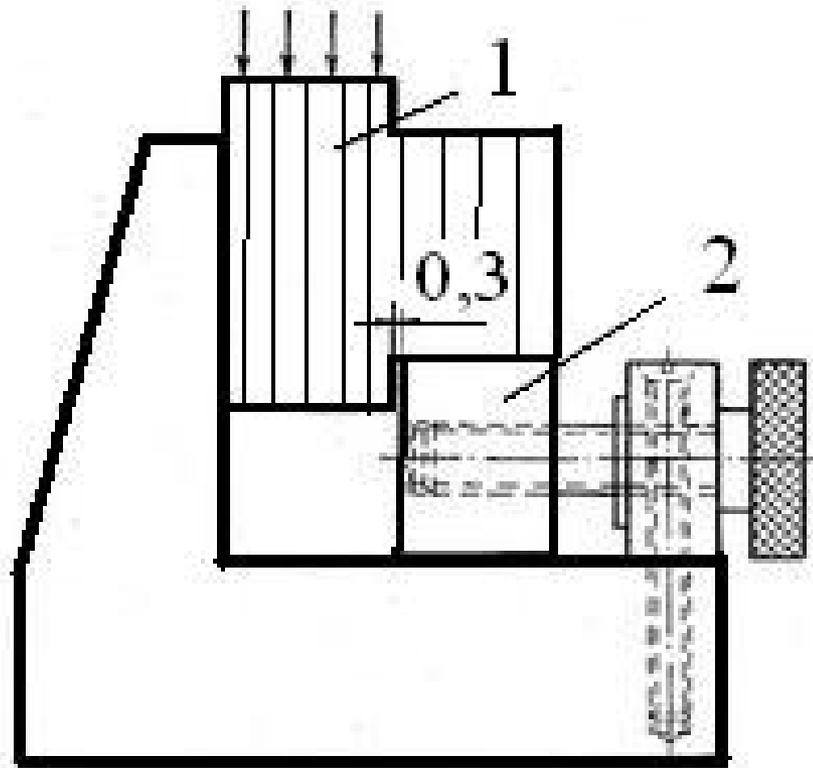


Рис. 12. Образцы для испытания на скалывание древесины в плоскостях:
a – тангентальной; *б* – радиальной



$$\tau_w = \frac{F_{\max}}{bl}$$

Рис. 13. Схема испытания образцов древесины на скалывание вдоль волокон:

1 – образец для испытаний; 2 – опора подвижная

Твердость древесины

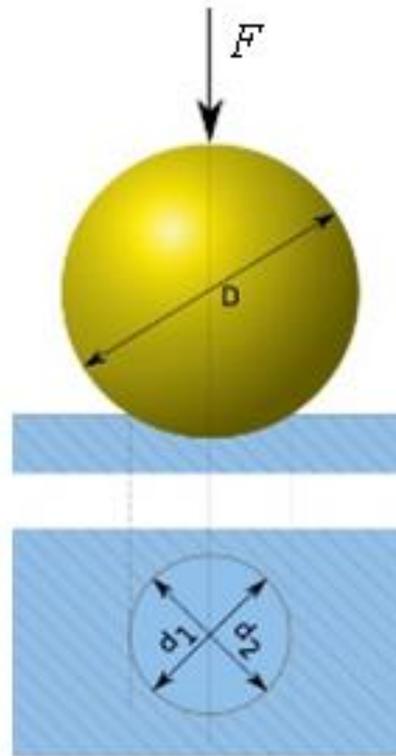
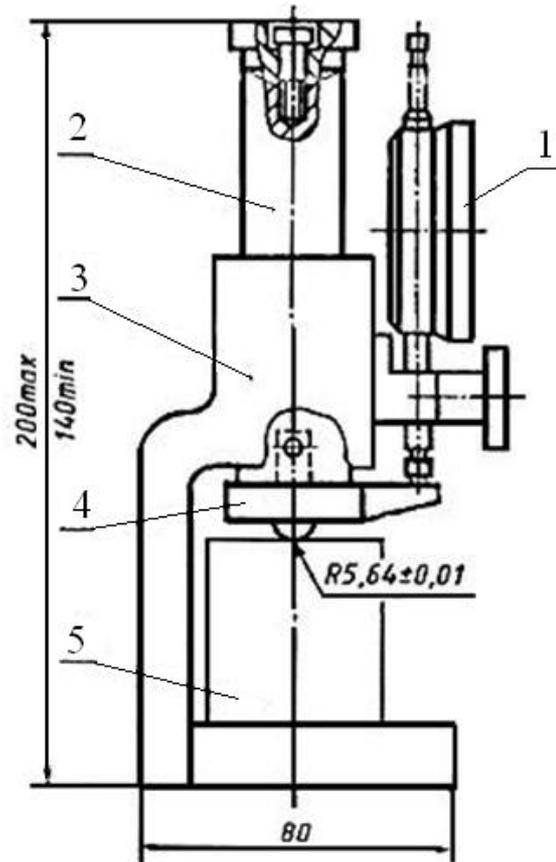


Рис. 14. Измерение твердости по Бринеллю

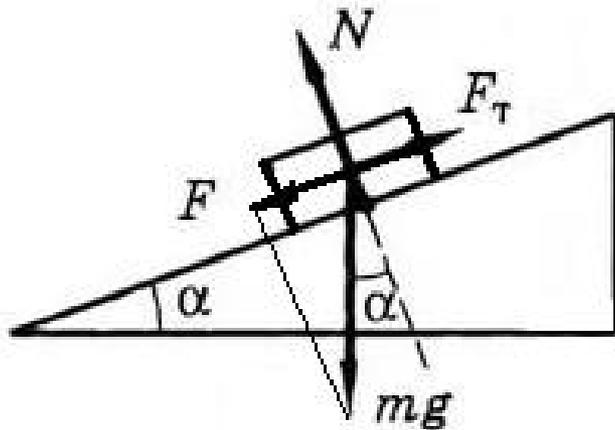


$$H_{w'} = \frac{F}{\pi r^2}$$

$$H_{w'} = \frac{4F}{3\pi r^2}$$

- Рис. 15. Устройство для измерения твердости древесины:
- 1 – индикатор; 2 – шток; 3 – корпус устройства;
- 4 – пуансон съемный; 5 – образец испытываемый

Коэффициент трения



$$F = mg \sin \alpha$$

$$F_T = mgf \cos \alpha$$

$$f = \operatorname{tg} \alpha$$

Рис. 16. Схема движения бруска по наклонной плоскости

Взаимодействующие тела	Коэффициент трения	
	покоя	скольжения
Дерево по дереву	0,4...0,7	0,2...0,5
Дерево по металлу	0,4...0,6	0,3...0,5
Дуб вдоль волокон по дубу вдоль волокон	-0,62	
Дуб поперек волокон по дубу поперек волокон	-	0,54

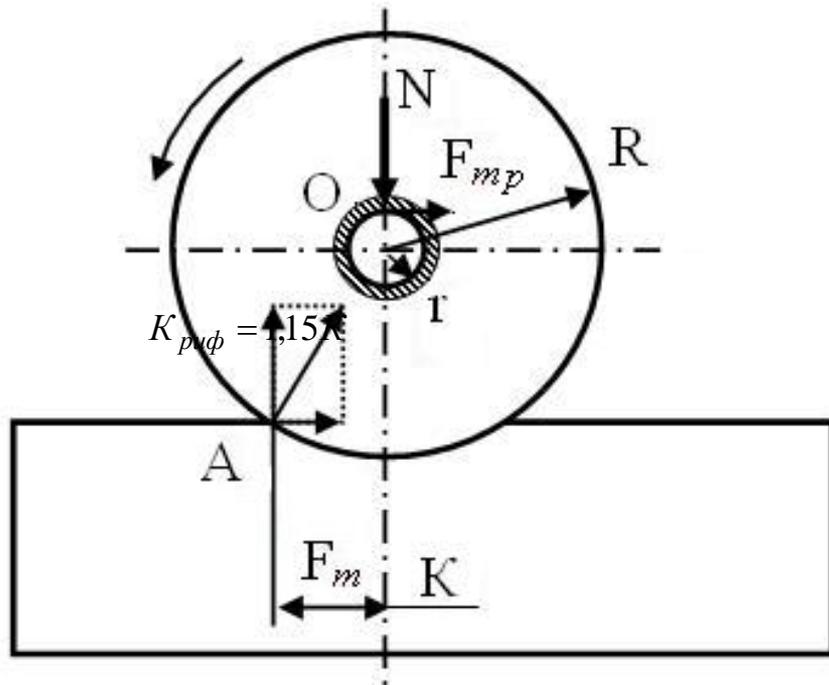


Рис. 17. Схема к расчету сил трения

$$\sum M_o = 0$$

$$F_T R - NK - F_{TC} r = 0$$

$$F_T R - NK - Nfr = 0$$

$$F_T = N \frac{2K + fd}{D}$$

$$f_{np} = \frac{2K + fd}{D},$$

Порода древесины	Влажность, %	
	12	65
Сосна	$K = 0,36 + 0,00165D$	$K = 0,45 + 0,0022D$
Береза	$K = 0,5 + 0,00135D$	$K = 0,54 + 0,0018D$
Дуб	$K = 0,168 + 0,00096D$	$K = 0,25 + 0,0014D$

Влажность древесины

Абсолютная влажность

$$W = \frac{M_w - M_c}{M_c} = \frac{300 - 200}{200} 100 = 50 \%$$

Относительная влажность

$$W = \frac{M_w - M_c}{M_w} = \frac{300 - 200}{300} 100 = 33 \%$$

Гигроскопичность

Таким образом, *гигроскопичность* – это способность древесины изменять количество связанной влаги в зависимости от изменения температурно-влажностного состояния окружающего воздуха. Предел насыщения клеточных стенок $W_{п.н.}$ в среднем равен 30% при 20°C от массы сухого древесного вещества. С увеличением в древесине количества связанной влаги происходит разбухание древесины, то есть увеличение размеров и объема древесины. Среднее разбухание древесины при повышении содержания связанной влаги на 1% влажности называют коэффициентом разбухания.

$$K_y = \frac{Y_{\max}}{30} \quad \beta_{r \max} = \frac{L_{r \max} - L_{r \min}}{L_{r \max}} \cdot 100$$

$$\beta_{v \max} = \frac{L_{r \max} L_{t \max} L_{a \max} - L_{r \min} L_{t \min} L_{a \min}}{L_{r \max} L_{t \max} L_{a \max}} \cdot 100$$

Усушка при уменьшении влажности

Усушку при уменьшении влажности до нормализованной (β) в процентах вычисляют по формулам:

для радиального направления

$$\beta_r = \frac{L_r \text{ max} - L_r}{L_r \text{ max}} \cdot 100$$

L_r, L_t, L_a – размеры образца при нормализованной влажности в направлениях соответственно радиальном, тангентальном и вдоль волокон, мм.

Нормализованная влажность древесины – равновесная влажность, приобретаемая при

$$t = 20 \pm 2^\circ\text{C} \text{ и влажности среды} \quad W = 65 \pm 5 \quad \%$$

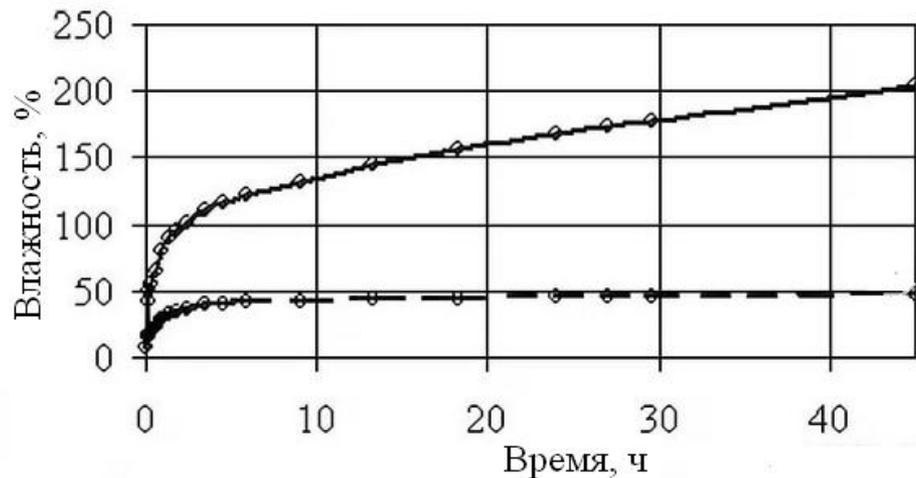
Водопоглощение

- Водопоглощением называется способность древесины впитывать воду в полости клеток при непосредственном контакте с водой

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

ρ_o – плотность в абсолютно сухом состоянии, г/см³;
 1,54 – плотность древесинного вещества, г/см³;
 30 – влажность при пределе гигроскопичности, %.

$$W = \frac{m_w - m_o}{m_w} 100$$



Паропроницаемость древесины

Паропроницаемость – это способность древесины пропускать водяной пар в результате разности парциального давления водяного пара (давление пара при отсутствии других газов в системе) с учетом одинакового атмосферного давления с обеих сторон.

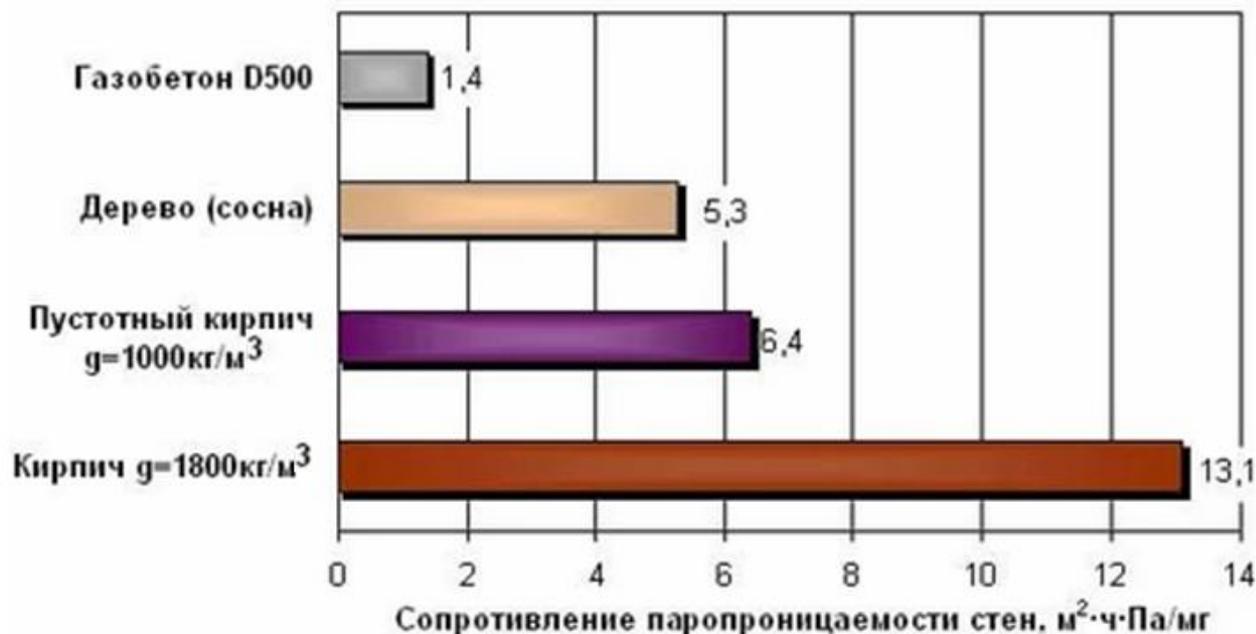


Рис. 19. Сопротивление паропроницаемости стен различных строительных материалов

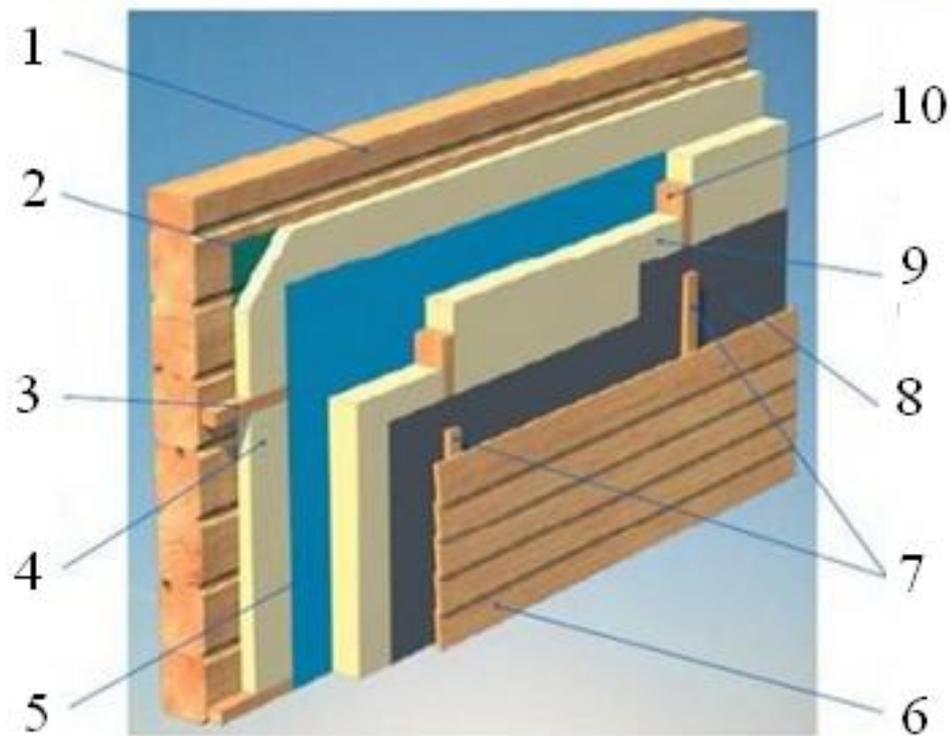


Рис. 20. Схема утепления стены:

- 1 – стена; 2 – слой антисептика; 3 – бруски деревянные; 4 – утеплитель;
5 – пароизоляционная пленка; 6 – облицовка; 7 – рейки;
8 – ветроизоляционная пленка; 9 – утеплитель;
10 – бруски вертикальные

Деформативность древесины

- Деформативность – способность древесины изменять свои размеры и форму при внешних воздействиях нагрузки, влажности, температуры. Поперечное коробление связано с различной усушкой (разбуханием) древесины в радиальном и тангенциальном направлениях

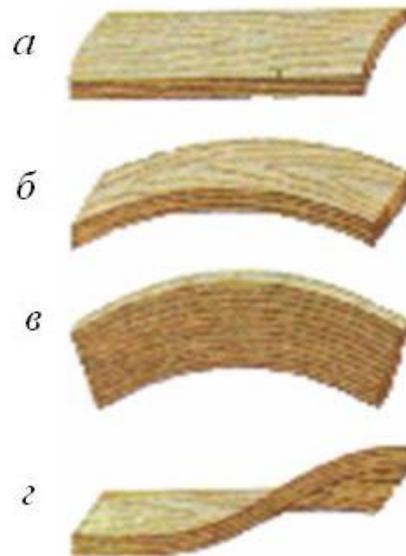
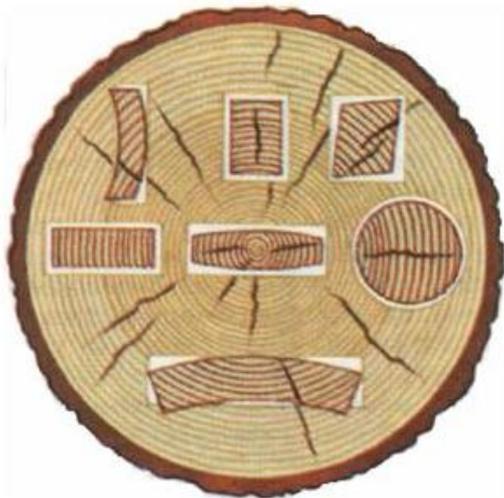
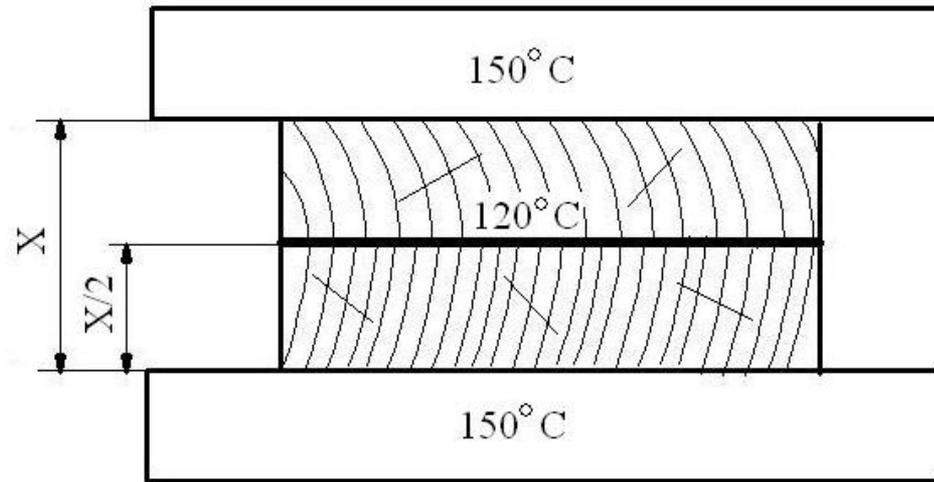


Рис. 19. Место вырезанных образцов и их покоробленность при высыхании:
а – поперечная; *б* – продольная по пласти; *в* – продольная по кромке; *г* – крыловатость

Электронный архив УГЛТУ

Теплопроводность



- Рис. 20. Положение склеиваемого пакета в плитах пресса

Термическое сопротивление

Сопротивление теплопередаче представляет собой способность стены толщиной H препятствовать потерям тепла, $\text{м}^2 \cdot \text{С}/\text{Вт}$:

$$R = \frac{H}{\lambda}$$

где: H – толщина деревянной стены, м;

λ – коэффициент теплопроводности материала $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{С})$ (табл. 11).

Порода древесины	λ	Порода древесины	λ
Береза	0,15	Лиственница	0,13
Дуб (поперек волокон)	0,20	Липа	0,15
Дуб (вдоль волокон)	0,40	Пихта	0,15
Ель	0,11	Сосна (поперек волокон)	0,15
Кедр	0,095	Сосна (вдоль)	0,40

$$ГСОП = (t_{вв} - t_{отоп. пер.}) Z_{отоп. пер.}$$

- Важной величиной является «градусо-сутки отопительного периода» (ГСОП), которая определяется как [13]:
- где $t_{вв}$ – средняя температура воздуха внутри жилого помещения, принимается равной 20°C.

Базовое, нормированное значение сопротивления теплопередаче $R_{норм}$ находится так [13], м²· С/Вт:

$$R_{норм.} = a \cdot ГСОП + b$$

где a, b – коэффициенты [33], $a = 0,00035$, $b = 1,4$.

Диэлектрические свойства древесины

Диэлектрическая проницаемость ε количественно равна отношению емкости конденсатора с прокладкой из древесины к емкости конденсатора с воздушным зазором между электродами:

$$\varepsilon = \frac{C_{др}}{C_{вк}} = \frac{\varepsilon_{др}}{\varepsilon_{вк}}$$

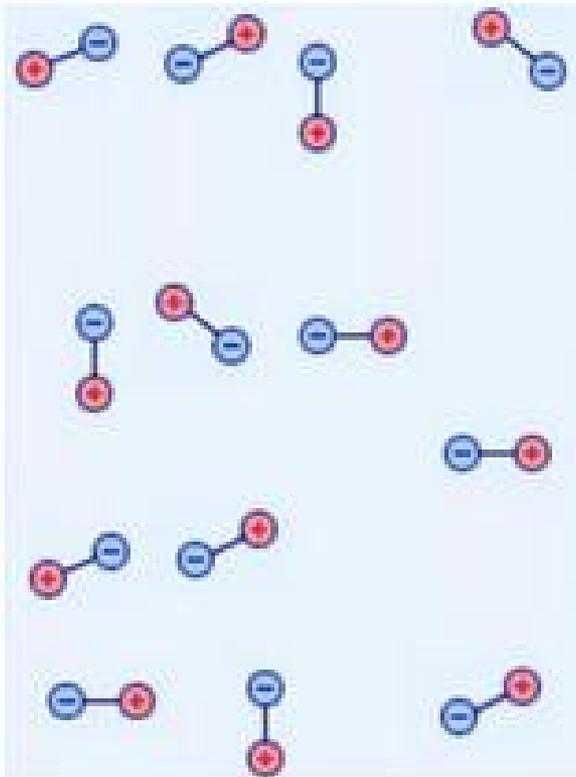
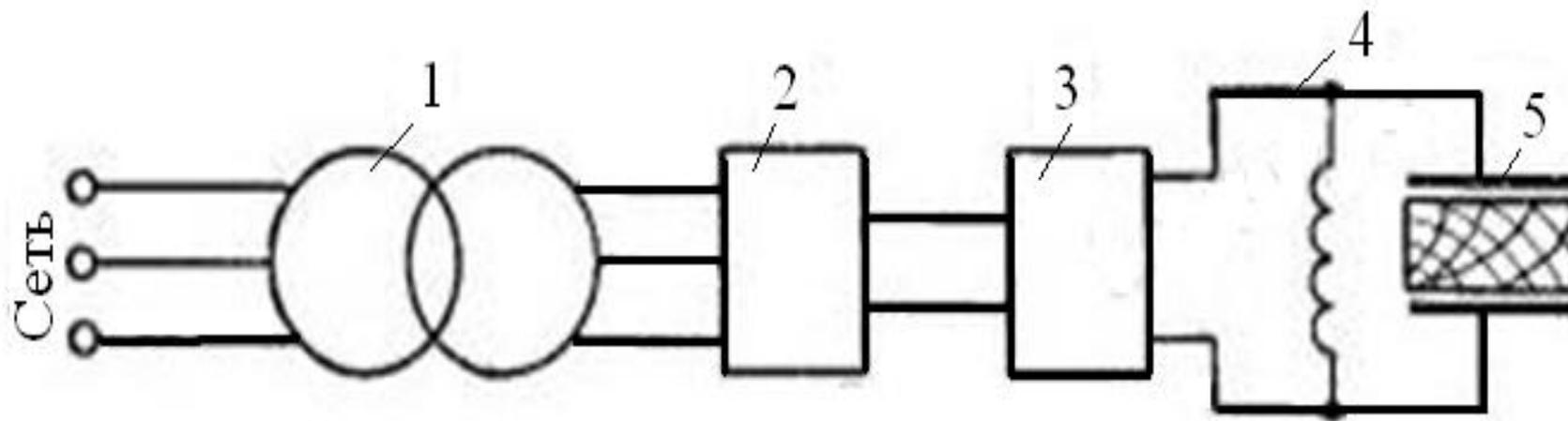


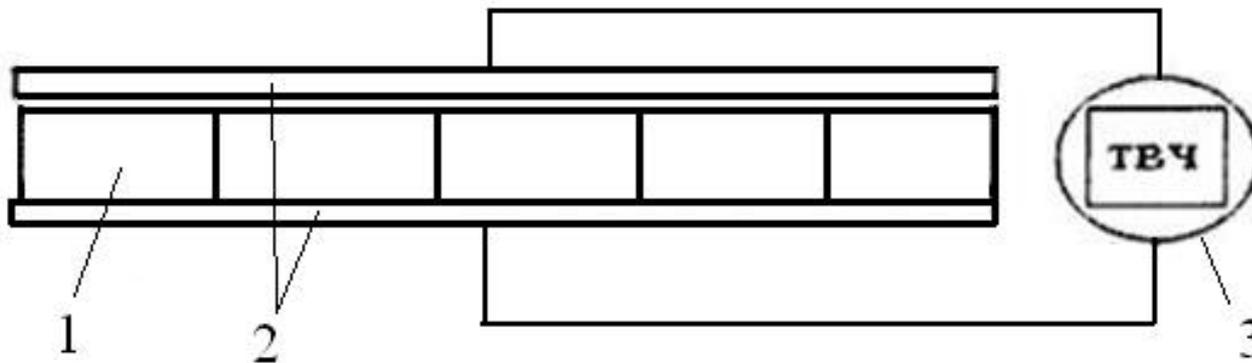
Рис. 21. Молекулы древесины



- Рис. 22. Нагреватель ТВЧ для сушки древесины:
- 1 – трансформатор; 2 – выпрямитель; 3 – генератор;
- 4 – колебательный контур; 5 – конденсатор

Параллельный нагрев

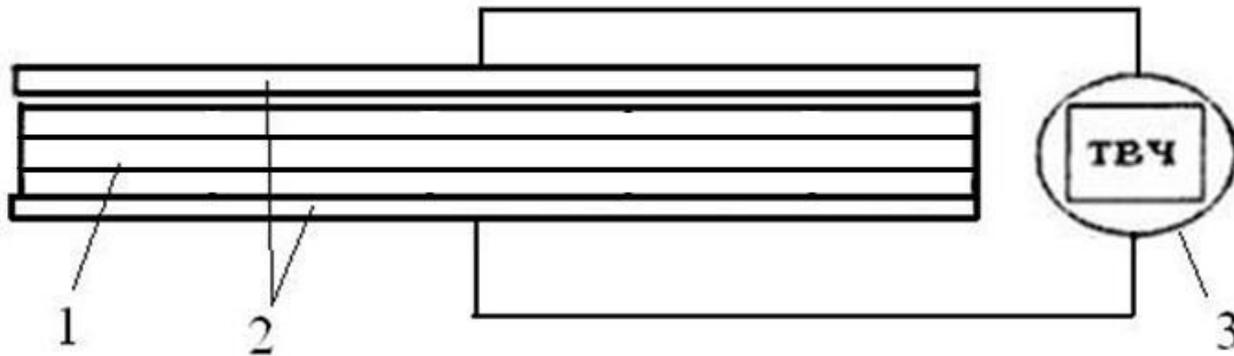
- При **параллельном нагреве** клеевые слои параллельны силовым линиям электрического поля (рис. 23,а) и перпендикулярны электродам. В этом случае в основном разогреваются клеевые слои, примерно в 14 раз быстрее, чем древесина. Однако этот способ нагрева возможен только в случае, если ширина клеевого слоя не превосходит 76 мм, а расстояние между электродами не более 300 мм. В противном случае в средней части клеевого слоя будут дефекты



1 – склеиваемые заготовки; 2 – пластины конденсатора;
3 – генератор

При поперечном нагреве

Клеевые слои располагают параллельно поверхностям электродов и силовые линии электрического поля направлены перпендикулярно слоям. В этом случае прогревается весь склеиваемый материал. Такой нагрев применяется, например, при производстве фанеры.



- 1 – склеиваемые заготовки; 2 – пластины конденсатора;
- 3 – генератор

Звук

- Звук представляет собой механические волновые колебания в упругих средах и характеризуется амплитудой и спектром частот.
- Звуковые колебательные волны вызываются вибрацией любых тел. При возникновении звуковой волны (рис. 24) происходит изменение плотности или давления воздуха, перемещение частиц воздушных масс.



Рис. 24. Характеристика звуковой волны



**СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ =)**

