



Лекція 10

Механічні властивості деревини.
Класифікація механічних властивостей
деревини. Особливості механічних
випробувань, галузі застосування методів
випробувань та їх стандартизація.

- До **механічних властивостей** відносять здатність деревини протистояти дії зовнішніх сил, які спричиняють тимчасові або постійні деформації та руйнування деревини.
- Розрізняють такі механічні властивості, що виявляються під дією механічних навантажень:
- **міцність** - здатність протистояти руйнуванню;
- **деформативність** - здатність протистояти зміні розмірів та форми;
- **технологічні та експлуатаційні** механічні властивості.

- Механічні властивості можуть проявлятися під час дії
- - **статичних** - (плавно зростаючих),
- - **ударних або динамічних** - (діючих раптово на всю величину);
- - **вібраційних** - (мінливо змінюючих величину і напрям)
- - **довготривалих** – (діючих досить тривалий час) навантажень.
- Показники механічних властивостей деревини визначають на:
 - - розтяг,
 - -СТИСК,
 - - ВИГИН,
 - - ЗСУВ .

- Оскільки деревина анізотропний матеріал її випробовують в різних напрямках: уздовж та поперек (рад.і танг.напр.) волокон.
- В деревині, як в будь-якому матеріалі, під дією зовнішніх навантажень виникають сили опору. Ці сили, діючі на одиницю площі перетину тіла, наз. **напруженнями**
- (Па або Н/мм²).
 $1\text{МПа}=10^6\text{Па}=10^6\text{Н/м}^2=1\text{Н/мм}^2$

- Зміна розмірів та форми тіла під дією навантажень називається **деформацією**. Напруження і деформації можуть виникати без зовнішніх навантажень (сушіння, нагрівання, зволоження тощо).
- Напруження, що діють перпендикулярно до перетину (по нормалі) наз. **нормальними σ** , а по дотичній - **дотичними τ** .
- Максимальне напруження, що передуює руйнуванню тіла наз. **границею міцності**.

- У деревини близька до лінійної залежність між напруженнями та деформаціями спостерігається під час короткочасних навантажень до величини напружень, що відповідають границі пропорційності. З певним наближенням можна сказати, що деревина при невеликих навантаженнях підпорядковується закону Гука. Зв'язок між $\underline{\sigma}$, та $\underline{\tau}$ відбувається за допомогою пружних постійних.

- Реологія - це наука, що вивчає закони розвитку деформацій у часі. Реологічні властивості деревини проявляються в її здатності деформуватися під навантаженням і у часі.

- На молекулярному рівні напруження в полімері-деревині (матеріал клітинних стінок являє собою комплекс природних полімерів, що мають довгі гнучкі ланцюгові молекули) виникають три види деформацій:
 - - пружні - в результаті зворотної зміни проміжків між частинами (ланками) макромолекул у структурних елементах клітинних оболонки);
 - - високоеластичні - пов'язані із зворотним перегрупуванням ланцюгових макромолекул (об'єм тіла також не змінюється);
 - - в'язкотекучі - пов'язані із необоротним зміщенням молекулярних ланцюгів (об'єм тіла також не змінюється).
- В'язкотекучі деформації деревини зростають при підвищенні температури і збільшенні вологості.
- Пластичність - властивість матеріалів зберігати задану форму тривалий час після усунення зовнішньої сили.

- До експлуатаційних і технологічних властивостей деревини відносять:
- - твердість,
- - ударну в'язкість,
- - здатність деревини утримувати металеві кріплення, а також не піддаватися стиранню в підлозі.

- Дослідження проводять в приміщенні лабораторії з параметрами повітря : $t = 20 \pm 2^\circ\text{C}$ і $\varphi = 65 \pm 5\%$. Після випробувань визначають фактичну вологість зразків і показник механічної якості, перевівши його до 12%-ї вологості:

$$B_{12} = B_w [1 + \alpha(W - 12)]$$

- де B_{12} - показник механічної якості при вологості 12%;
- W - вологість деревини в момент випробування;
- α - поправочний коефіцієнт на вологість, який вказує, наскільки змінюється показник даної властивості при зміні вологості на 1%.

- Для перерахунку модулів пружності, зсуву і коефіцієнтів поперечної деформації використовують формулу:

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

- де C_{12} - показник даної властивості при вологості відповідно 12% і W

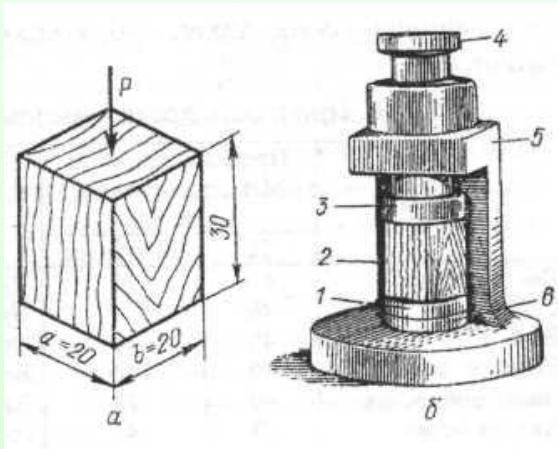
- Допускається випробування деревини з вологістю $W > W_{\text{мн}}$. Для таких зразків не потрібно визначати вологість, перерахунок показників для них до нормалізованої вологості здійснюється за формулою:

$$B_{12} = B_{30} K$$

- де B_{12} - показник даної властивості при вологості 12% і більше;
- K - перерахунковий коефіцієнт на вологість.

Стиск уздовж волокон

- Зразки 20x20x30 мм. Зразок навантажують з такою постійною швидкістю, щоб він зруйнувався через 0,5...1,5 хв. від початку навантаження. Момент руйнування фіксується контрольною стрілкою, що фіксує на шкалі **силовимірювача** P_{\max} . Границя міцності σ_w , МПа, розраховується за формулою:



$$\sigma_w = \frac{P_{\max}}{a \cdot b}$$

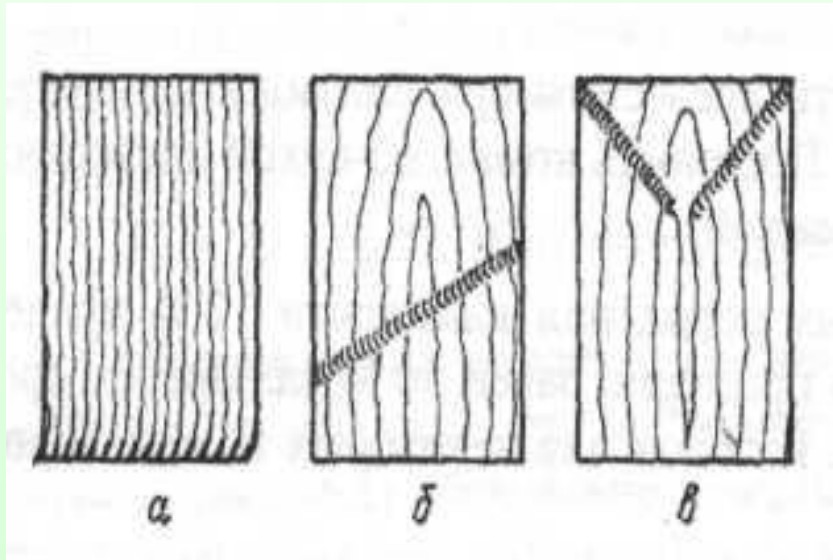
$$\sigma_{12} = \sigma_w [1 + \alpha(W - 12)]$$

Границі міцності за стиском уздовж волокон деревини

30. Прочность древесины при сжатии вдоль волокон

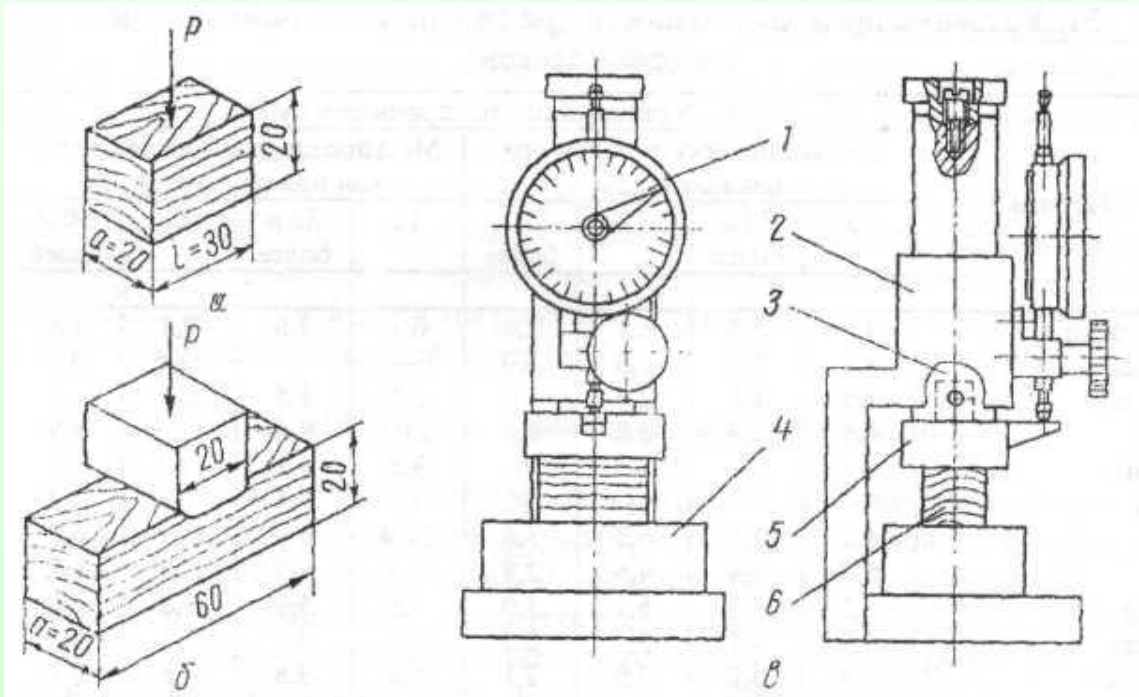
Порода	Предел прочности, МПа, при влажност и, %		Порода	Предел прочности, МПа, при влажност и, %	
	12	30 и более		12	30 и более
Лиственница	62	25	Дуб	57	31
Сосна	46	21	Бук	53	27
Ель	45	19	Орех грецкий	55	23
Кедр	40	16	Береза	54	26
Пихта сибирская	40	17	Вяз	47	25
Акация белая	73	41	Липа	46	24
Граб	61	36	Ольха	45	23
Клен	59	28	Осина	43	19
Ясень	56	32	Тополь	40	17
Груша	58	26			

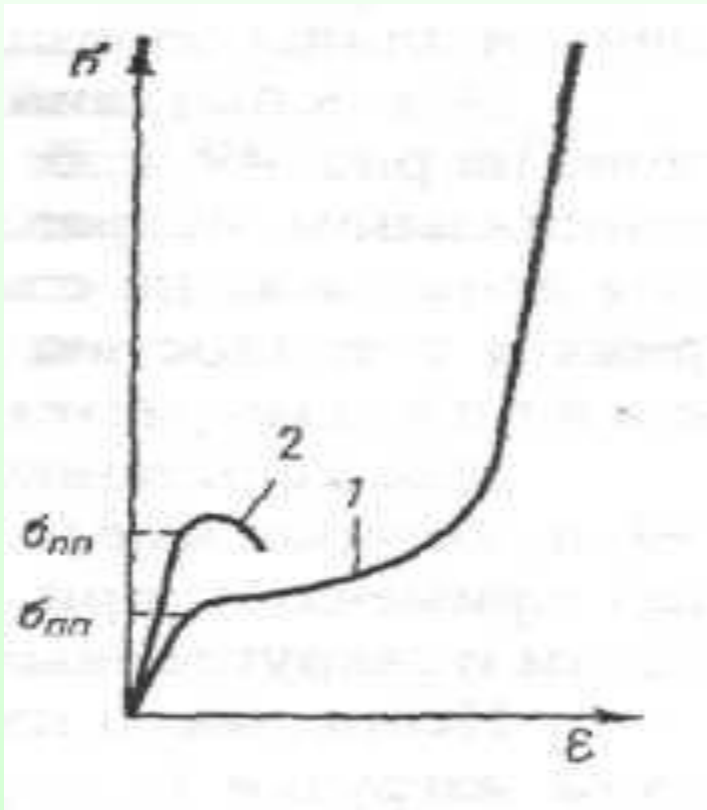
Видимі сліди руйнування деревини за СТИСКОМ



- У порід з деревиною, що легко деформується та у вологої деревини спостерігається зминання торців. У порід з підвищеною жорсткістю при руйнуванні з'являється складка під кутом $60...70^{\circ}$ до осі зразка на тангенц. площині. В деяких порід сліди руйнування нагадують клин - зустрічні складки з поздовжнім розколом. У хвойних порід зразки можуть розпадатися на радіальні шари, а в зразках з вузькими приростами деревина руйнується шарами в танг. площині.

Стиск поперек волокон





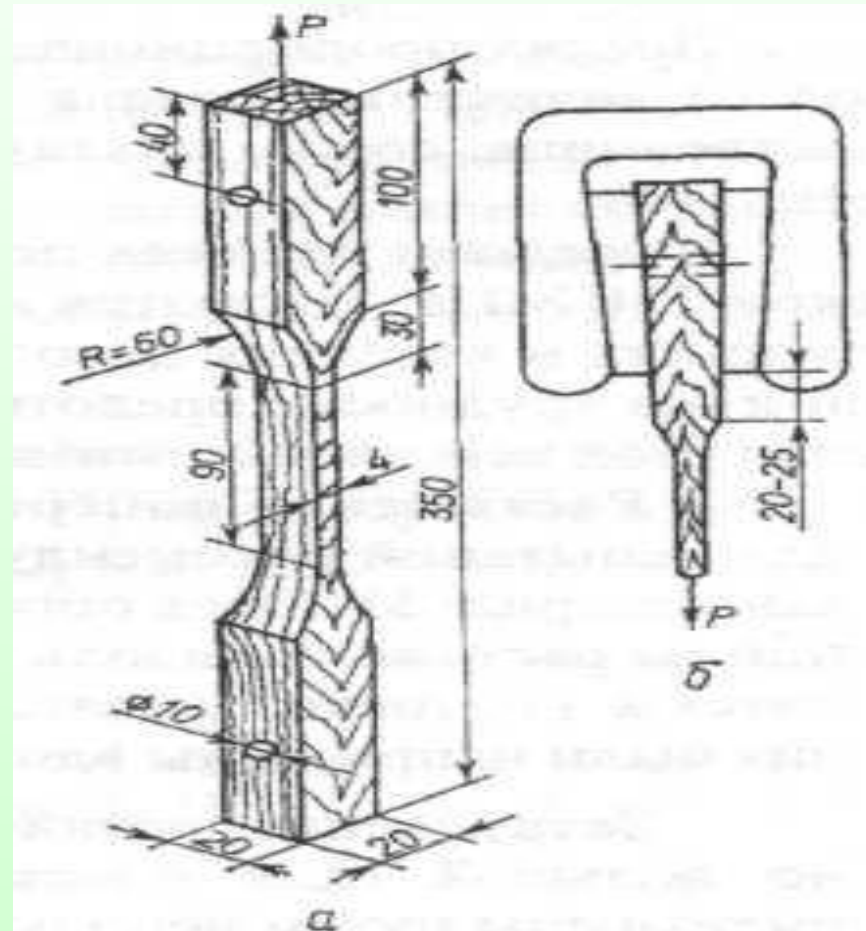
Трифазна деформація характерна при стиску в радіальному напрямку деревини хвойних порід. Перша фаза діаграми (прямолінійна ділянка) відповідає опоріві ранньої зони річних шарів. Після втрати стійкості анатомічних елементів ранньої зони з'являється друга фаза, що нахилена до осі абсцис. Після стиску ранньої зони починає чинити опір більш щільна пізня зона, що відображено третьою фазою діаграми. Остання фаза деформування приводить до ущільнення деревини, і незалежно від значень напруг явних слідів руйнування деревини не спостерігається.

- Листяні породи в радіальному і в тангенціальному напрямках зминаються, в результаті чого виявляється слабо виражена трифазна діаграма.
- Однофазна діаграма утворюється в деревині хвойних порід при стиску в тангенц. напрямку. Тут одночасно передаються зусилля на ранню і пізню зони. Пізня зона (більш щільна і жорстка) є визначальною в опорі руйнування всього зразка. Навантаження приводить до руйнування зразків; вони стають опуклими в бік опуклості річних шарів.
- Однофазна діаграма спостерігається при радіальному стиску сухої деревини дуба, що має широкі серцевинні промені.

- Враховуючи те, що при стиску поперек волокон не можливо визначити максимального навантаження, яке руйнує зразок; обмежуються значеннями навантаження, що відповідає границі пропорційності $P_{пр}$ (умовне навантаження). Діленням даного навантаження на площу, до якої прикладена ця сила, визначають умовну межу міцності:

$$\sigma_{wy} = \frac{P_{ум}}{a \cdot l}$$

Розтяг вздовж волокон

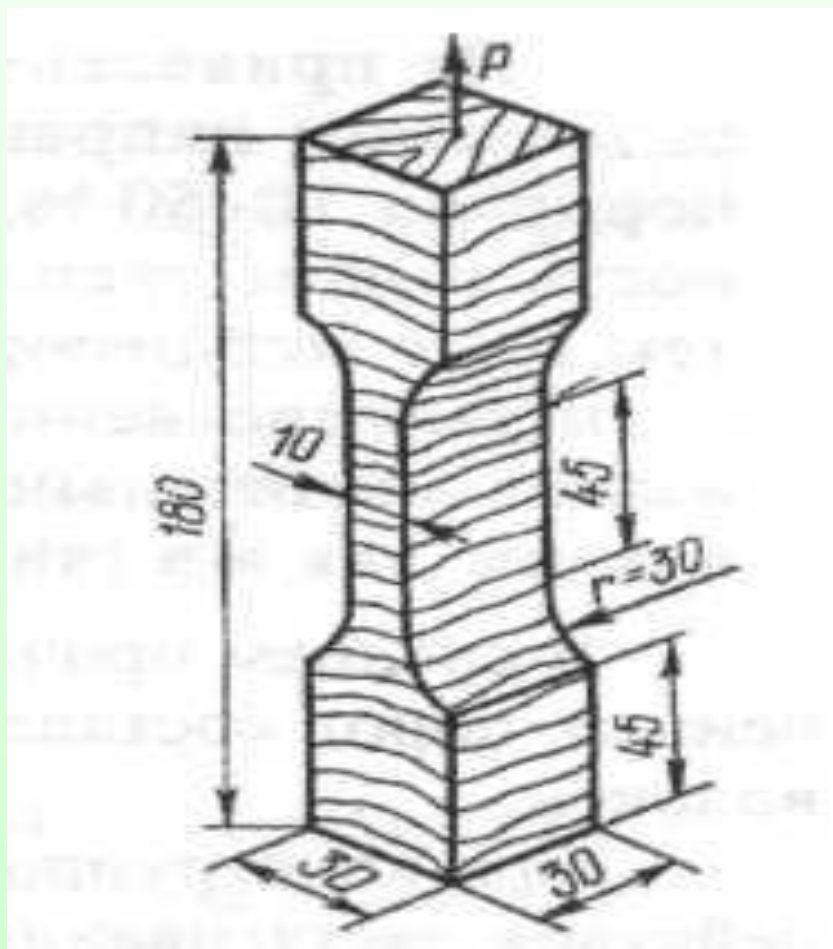


32. Прочность древесины при растяжении вдоль волокон

Порода	Предел прочности, МПа, при влажности, %		Порода	Предел прочности, МПа, при влажности, %	
	12	30 и более		12	30 и более
Лиственница	124	95	Ясень	140	107
Сосна	109	78	Граб	129	96
Ель	101	77	Осина	121	93
Кедр	89	68	Бук	124	93
Пихта сибир- ская	66	51	Липа	117	89
Акация белая	171	107	Ольха	97	74
Береза	137	102	Тополь	88	67

- У середньому границя міцності уздовж волокон для всіх порід наближається до 130 МПа. Границя пропорційності становить 0,82 границі міцності для хвойних порід і 0,7 - для листяних.

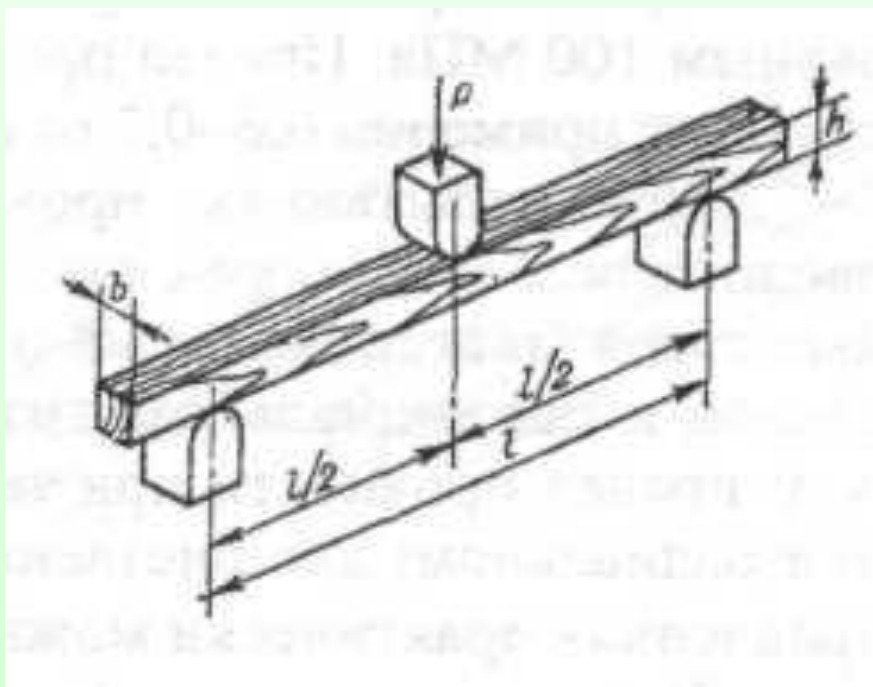
Розтяг поперек волокон

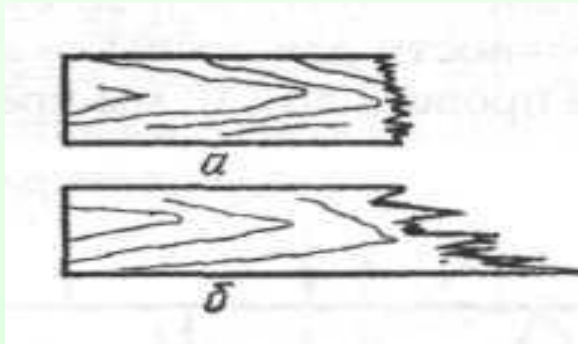


- Для визначення границі міцності при розтягненні поперек волокон в рад. і танг. напрямках зразок виготовляють таким чином, щоб річні шари на плоскому боці були спрямовані відповідно поперек або уздовж довжини його робочої частини.
- Перед випробуванням також вимірюють розміри перетину робочої частини, швидкість навантаження така, щоб руйнування відбулося за 1,5...2 хв. Границю міцності підраховують аналогічно розтягу уздовж волокон.
- В середньому міцність на розтяг поперек волокон для всіх порід складає приблизно $1/20$ частину міцності на розтяг уздовж волокон.
- Міцність в рад. напрямку вища, ніж в танг. (у хв. порід на 10-15%, у листяних на 20-70%). Найбільшу міцність мають тверді розсіяносудинні породи; потім кільцесудинні; потім м'які розсіяносудинні. Хвойні породи порівняно з листяними мають значно меншу міцність.

Міцність деревини при статичному згині

- Для випробувань стандартом передбачені зразки у формі брусків розміром 20x20x300 мм. Зразок розміщують на двох опорах, відстань між якими 24 см. Навантаження прикладається в одній точці по середині зразка між двома опорами. Швидкість навантаження - щоб зруйнування відбулося за 1...2 хв.





$$\sigma_w = \frac{3P_{\max} l}{2b \cdot h^2}$$

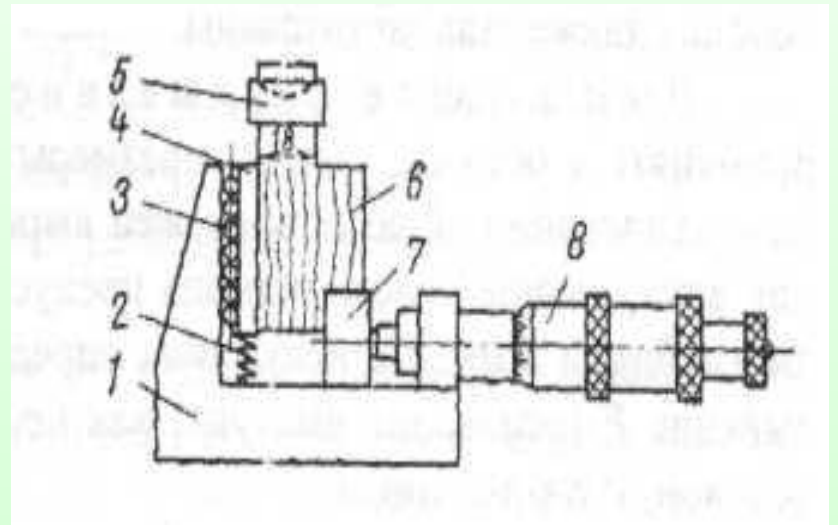
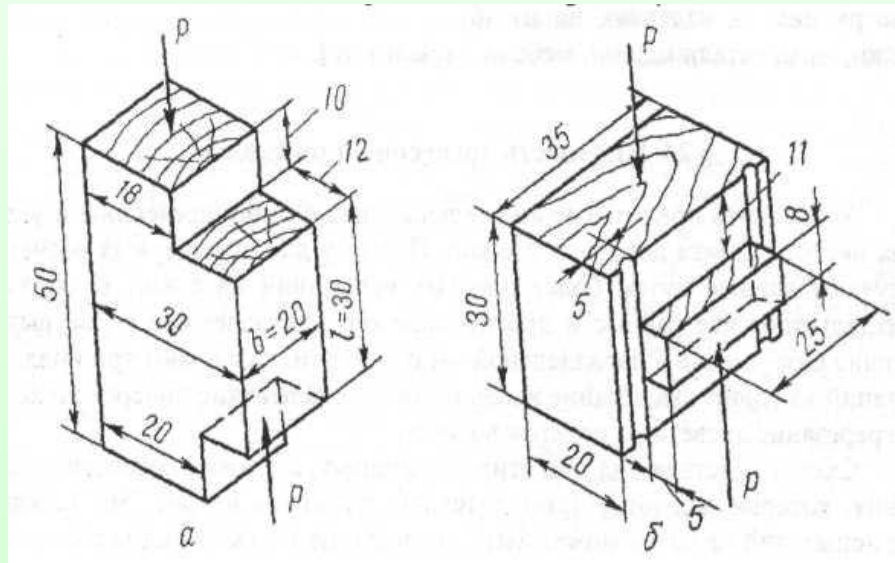
- У зразку при навантаженні виникають стискаючі напруження в верхній частині і розтягуючі - в нижній. Оскільки міцність на стиск уздовж волокон значно менша, ніж міцність на розтяг, руйнування починається з утворення досить рідко помітних складок у стиснутій зоні зразка. Остаточне руйнування відбувається в розтягнутій зоні у вигляді розривів або відшарувань крайніх волокон та повного злому зразка. При низькій міцності спостерігається прямий перелом, а при високій - защепистий (особливо в розтягнутій зоні).

34. Прочность древесины при статическом изгибе

Порода	Предел прочности, МПа, при влажности, %		Порода	Предел прочности, МПа, при влажности, %	
	12	30 и более		12	30 и более
Лиственница	109	61	Орех грецкий	108	60
Сосна	85	49	Береза	110	65
Ель	79	43	Бук	104	63
Кедр	69	36	Дуб	103	66
Пихта сибирская	68	40	Вяз	92	58
Акация белая	148	96	Липа	86	53
Граб	128	74	Ольха	79	48
Ясень	118	73	Осина	77	45
Клен	115	66	Тополь	68	40
Груша	106	62			

Міцність деревини при зсуві

- Розрізняють три види випробувань на зсув:
- сколювання уздовж волокон;
- поперек волокон
- перерізання деревини поперек волокон.



- Термін навантаження 0,5-1.5 хв. Визначають максимальне навантаження P_{\max} , та розраховують границю міцності :

$$\tau_w = \frac{P_{\max}}{b \cdot h}$$

35. Прочность древесины при скалывании вдоль волокон

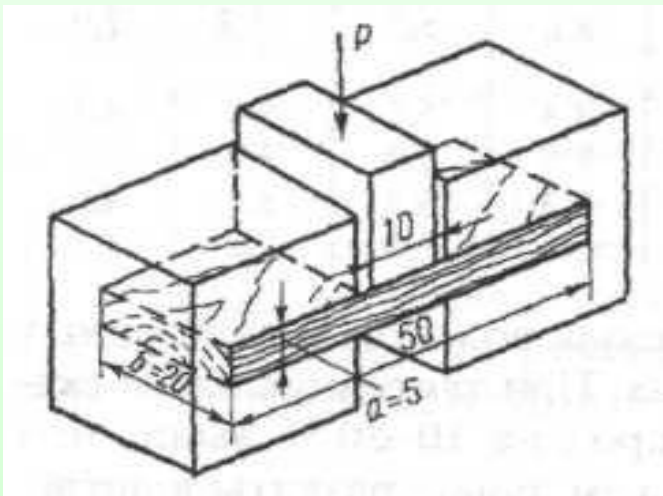
Порода	Предел прочности, МПа, при скалывании в плоскости				Порода	Предел прочности, МПа, при скалывании в плоскости			
	радиальной при влажности, %		тангенциальной при влажности, %			радиальной при влажности, %		тангенциальной при влажности, %	
	12	30 и более	12	30 и более		12	30 и более	12	30 и более
Лиственница	9,8	6,2	9,1	5,7	Орех грецкий	10,7	5,8	11,4	6,0
Сосна	7,4	4,2	7,2	4,4	Дуб	9,9	7,4	11,8	8,8
Ель	6,8	4,0	6,7	4,3	Береза	9,0	5,8	10,9	7,0
Кедр	6,4	3,8	6,4	4,0	Вяз	8,9	6,4	9,9	7,2
Пихта сибирская	5,9	3,7	5,7	3,6	Груша	8,6	5,5	13,3	7,9
Граб	14,7	8,5	18,5	10,7	Липа	8,4	5,5	8,0	4,9
Ясень	13,4	9,2	13,0	8,6	Ольха	8,0	5,1	9,8	6,2
Клен	12,0	7,7	13,7	8,5	Осина	6,2	3,5	8,4	4,9
Бук	12,1	7,3	14,0	8,7	Тополь	6,0	3,3	7,2	4,1

- У листяних порід міцність на сколювання уздовж волокон вище у 1,6 разів за хвойні. В танг. напр. у листяних, порід на 10-30% міцність більша за рад. Це яскравіше видно у порід з розвиненими серцевими променями (граб, бук). Для деревини хвойних порід значної різниці немає.

- Перерізання деревини поперек волокон проводять на зразках у формі пластинки.

Навантаження передають через рухомий ніж.

Границя міцності :



$$\tau_w = \frac{P_{\max}}{20a \cdot h}$$

- Границя міцності при сколюванні поперек волокон у 2 рази менша, а границя міцності при перерізанні поперек волокон у 4 рази більша за границю міцності при сколюванні уздовж волокон.