

Физика древесины



Свойства древесины

```
graph TD; A[Свойства древесины] --> B[Достоинства]; A --> C[Недостатки]; B --> B1[Красивый внешний вид]; B --> B2[Легче, чем металл]; B --> B3[Легко режется]; B --> B4[Хорошо клеивается и соединяется гвоздями]; C --> C1[Портится от влаги]; C --> C2[Коробится после высыхания]; C --> C3[Легко возгорается]; C --> C4[Имеет пороки – сучки, трещины, червоточины, гниль];
```

Достоинства

- Красивый внешний вид
- Легче, чем металл
- Легко режется
- Хорошо клеивается и соединяется гвоздями

Недостатки

- Портится от влаги
- Коробится после высыхания
- Легко возгорается
- Имеет пороки – сучки, трещины, червоточины, гниль

СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ

ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ

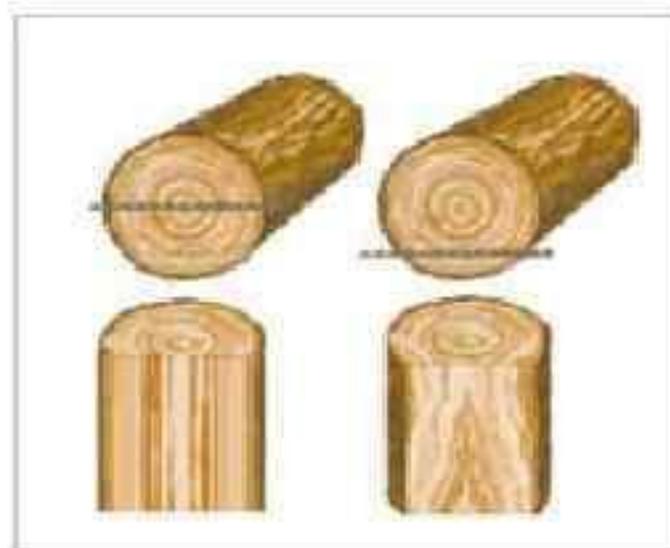
- Возможность образования пороков
- Высокие гигроскопичность и водопоглощение
- Возможность загнивания
- Горючесть
- Анизотропность

$$\lambda_{\text{вдоль волокон}} > \lambda_{\text{поперек волокон}}$$

НО..... !

Физические свойства древесины

- При **поперечном** разрезе распил проходит перпендикулярно оси ствола, а годовичные кольца имеют форму кругов.
- При **радиальном** разрезе распил проходит через сердцевину ствола; годовичные кольца на таком распиле образуют прямые линии.



- **Тангенциальный** разрез дает извилистые линии.
- Лиственные породы дают красивый рисунок на радиальном и тангенциальном разрезах, хвойные породы - на тангенциальном разрезе.

Свойства древесины

Физические свойства

- Плотность
- Влажность
- Запах
- Теплопроводность
- Звукопроводность
- Электропроводность
- Текстура
- Блеск
- Цвет

Механические и технологические свойства

- Твёрдость
- Упругость
- Прочность
- Износостойкость
- Сопротивление раскалыванию

Физические свойства:

Свойства древесины, обнаруживаемые при испытаниях, не приводящих к изменению химического состава, называются **физическими**.

1. внешний вид древесины;
2. Влажность древесины и свойства, связанные с её изменением;
3. Тепловые свойства;
4. Электрические свойства;
5. Звуковые свойства;
6. Свойства древесины, проявляющиеся под воздействием электромагнитных излучений;



Свойства древесины

Свойства, определяющие внешний вид древесины

- **Цвет** зависит от породы, возраста, района и условий произрастания
- **Блеск** зависит от плотности, количества и размеров сердцевинных лучей
- **Запах** зависит от содержания в древесине смолистого эфирного масла, дубильных и ароматических веществ
- **Текстура**- рисунок поверхности древесины

СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ

Физические свойства древесины цвет, бл

Цвет древесины зависит от породы, возраста дерева, климата района произрастания. Древесина может изменять цвет при выдержке под влиянием воздуха и света, при поражении грибами, а так же при длительном нахождении под водой

Блеск - это способность древесины направленно отражать световой поток.

Наибольшим блеском из отечественных пород деревьев отличается древесина дуба, бука, белой акации, бархатного дерева

Текстурой называется рисунок, образующийся на поверхности древесины вследствие перерезания анатомических элементов (годичных слоев, сердцевинных лучей,).

Серцевинные
лучи



Годичные слои

Физические свойства древесины

- К ним относятся: внешний вид, запах, показатели макроструктуры, влажность и связанные с ней изменения (усушка, разбухание, растрескивание, коробление), плотность, электро-, звуко- и теплопроводность.

Физические свойства древесины

- Рисунок (ТЕКСТУРА) - одно из наиболее ценных свойств дерева.
- Существует даже понятие - "декоративная ценность дерева", и определяется она, прежде всего по рисунку.
- Текстура зависит от ширины годичных колец, разницы в цвете сердцевины (ядра) и более молодых наружных слоев (заболони), наличия или отсутствия крупных сосудов и сердцевинных лучей, а также расположения волокон.
- Характер текстуры зависит от направления распила дерева.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ

ЗАПАХ также является
признаком породы
древесины.

Смолистый запах
имеет древесина
хвойных пород,

специфичный едкий
запах — древесина
осины.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ

ВЛАЖНОСТЬЮ (%) древесины называют количество влаги, содержащейся в массе древесины.

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100\%$$

Например, если масса образца древесины до высушивания была равна 60 г, а после высушивания — 40 г, то влажность древесины до высушивания составляла:

$$[(60-40): 40] \cdot 100\% = 50\%.$$

Влажная древесина быстрее загнивает, покрывается темными пятнами, труднее обрабатывается. При высушивании древесины часть влаги испаряется.

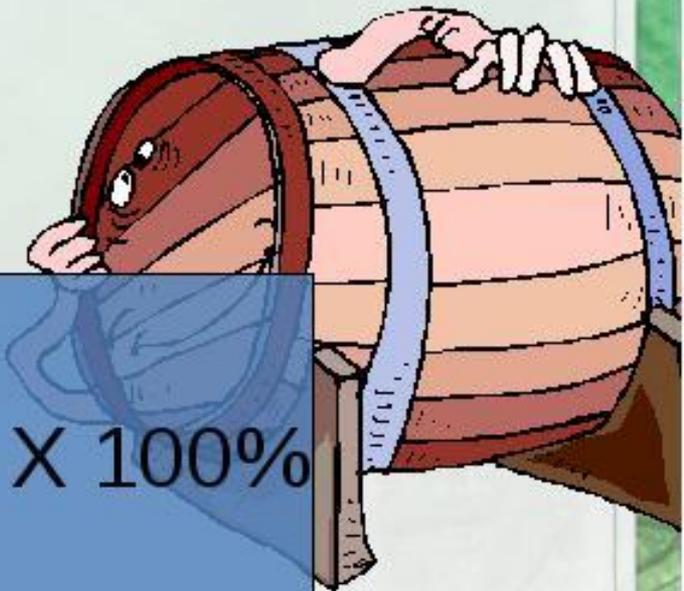
Многие изделия изготавливают из сухой древесины, влажность которой составляет 8-15 %.

Детали из сухой древесины не коробятся, хорошо обрабатываются, не гниют, хорошо красятся, долго служат.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

**ВЛАЖНОСТЬ - ЭТО КОЛИЧЕСТВО ВЛАГИ,
СОДЕРЖАЩЕЙСЯ В МАССЕ
ДРЕВЕСИНЫ.**

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100\%$$



Физические свойства древесины.

- **Плотность.** Это физическая величина, определяемая отношением массы образца к его объему.

Плотность древесины зависит от ее породы и влажности. С уменьшением влажности древесины снижается ее плотность, и она становится легче почти в 2 раза. Плотность поздней древесины годичного слоя в 2-3 раза больше, чем ранней.

Физические свойства древесины

- **плотность** - отношение массы древесины к ее объему.
- **Зависит** от породы, влажности, условий произрастания дерева и не бывает постоянной даже на различных участках одного и того же ствола.
- По плотности древесные породы условно делятся на **три группы**.
- **Малой плотностью** (до 540 кг/м³) отличаются сосна, ель, пихта, кедр, тополь, липа, ива, ольха.
- **Средней плотностью** (550-740 кг/м³) - лиственница, тис, береза, бук, вяз, груша, дуб, клен, яблоня, ясень.
- И **высокой плотностью** (750 кг/м³ и выше) - акация белая, граб, самшит, кизил, рябина.
- От плотности древесины зависит ее прочность, которая меняется в пределах годовичных слоев: более поздний слой в 2-3 раза прочнее раннего.
- Плотность повышается с увеличением влажности.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

**ПЛОТНОСТЬ - ЭТО КОЛИЧЕСТВО
МАССЫ ДРЕВЕСИНЫ,
СОДЕРЖАЩЕЙСЯ
В ЕДИНИЦЕ ОБЪЕМА.**

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{КГ/М}^3)$$

Физические свойства древесины

- Благодаря низкой теплопроводности древесина получила широкое распространение в строительстве.
- Плотная древесина проводит теплоту несколько лучше рыхлой.
- Влажность древесины повышает ее теплопроводность, так как вода по сравнению с воздухом является лучшим проводником теплоты.
- Теплопроводность древесины зависит от направления ее волокон и породы. Например, теплопроводность древесины вдоль волокон примерно вдвое больше, чем поперек.

Физические свойства древесины

- **ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ** древесины называется ее способность проводить теплоту через свою толщу от одной поверхности к другой.
- Теплопроводность **сухой древесины незначительна**, что объясняется пористостью ее строения. Полости, межклеточные и внутриклеточные пространства в сухой древесине заполнены воздухом, который является плохим проводником теплоты.
- Коэффициент теплопроводности древесины равен 0,12-0,39 Вт/(м-град).

Физические свойства древесины.

Звукопроводность древесины.

Звукопроводность воздуха равна 330,7 м/сек, звукопроводность древесины в продольном направлении в 16 раз, а в поперечном направлении в 4 раза больше, чем воздуха. Мелкослойная сухая древесина ели и сосны (без сучков) способна резонировать (т.е. усиливать) звук, не искажая его. Сырая и загнившая древесина хуже проводит звук и не усиливает его. Если доска или бревно звенит при ударе, то древесина сухая и здоровая. Деки всех музыкальных инструментов делают из древесины ели и пихты.



Физические свойства древесины

- Это отрицательное свойство древесины требует при устройстве деревянных перегородок, полов и потолков применения звукоизолирующих материалов.
- Звукопроводность древесины и ее способность резонировать (усиливать звук без искажения тона) широко используются при изготовлении музыкальных инструментов.
- Повышенная влажность древесины понижает ее звукопроводность.

Физические свойства древесины

- ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬЮ древесины характеризуется ее сопротивлением прохождению электрического тока.
- Электропроводность древесины **зависит от** породы, температуры, направления волокон и ее влажности.
- Электропроводность **сухой древесины незначительна**. Это позволяет применять ее в качестве изоляционного материала.

Древесина. Физические свойства

- Газопроницаемость. Этой способностью пользуются при антисептировании для борьбы с вредителями, а также для протравного глубокого крашения парами аммиака и азотной кислоты.

Физические свойства древесины

- **Плотность.** Это физическая величина, определяемая отношением массы образца к его объему. Плотность древесины зависит от ее породы и влажности. С уменьшением влажности древесины снижается ее плотность, и она становится легче почти в 2 раза. Плотность поздней древесины годовичного слоя в 2-3 раза больше, чем ранней.
- **Теплопроводность.** Это способность древесины проводить тепло через свою толщину от одного слоя к другому. Она зависит от ряда факторов, основными из которых являются температура, влажность и плотность древесины, а также направление теплового потока относительно волокон. Вследствие пористого строения древесина плохо проводит тепло. Теплопроводность древесины вдоль волокон в 1,5-2,0 раза выше, чем поперек волокон.
- **Звукопроводность.** Это свойство древесины проводить звук. Звукопроводность древесины несколько выше, чем у других материалов, что следует учитывать в жилищном строительстве, где необходима звукоизоляция перегородок, дверей и стен.
- **Электропроводность.** Это способность древесины проводить ток. Электропроводность древесины в основном зависит от ее влажности, породы, направления волокон и температуры. Древесина в сухом состоянии не проводит электрический ток, т. е. является диэлектриком, что позволяет применять ее в качестве изоляционного материала.

Механические свойства

твёрдость

Способность древесины сопротивляться внедрению в нее других тел.
(трудно или легко вбить гвоздь)

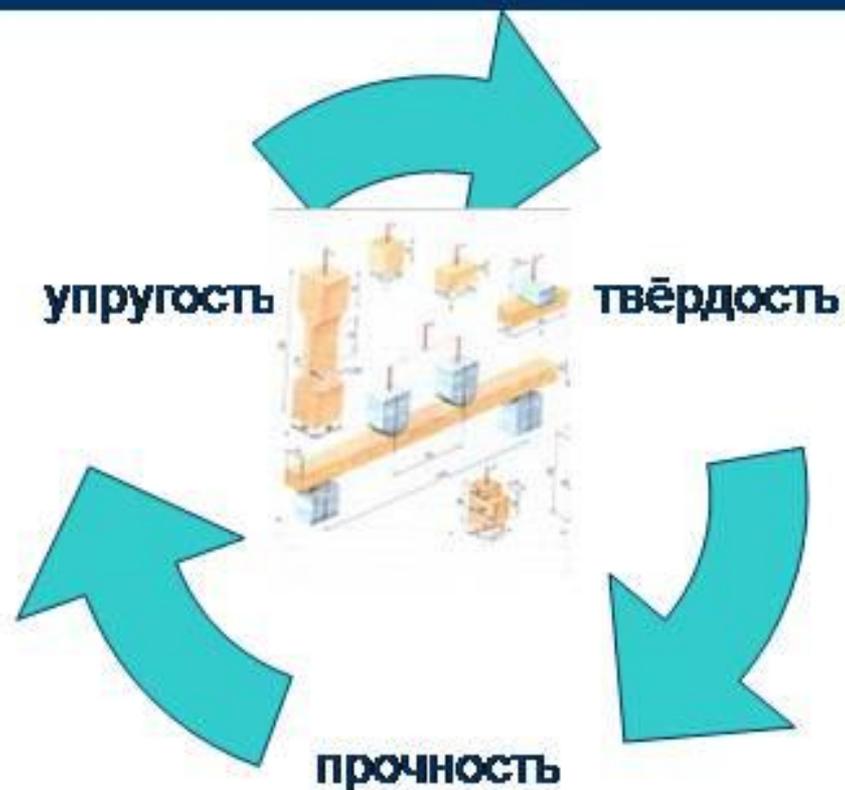
упругость

Способность древесины восстанавливать первоначальную форму, после снятия нагрузки.
(деревянная линейка не ломается после изгиба)

прочность

Способность древесины выдерживать определенные нагрузки не разрушаясь.
(стул не разрушается под большим весом)

Механические свойства древесины



Механические свойства древесины

Твёрдость – это свойство древесины сопротивляться проникновению в неё другого тела.

Породы древесины разделяют на:

- Мягкие (ольха, тополь, липа, осина, ель, сосна)
- Твёрдые (клён, ясень, лиственница, дуб, бук)
- Очень твёрдые (самшит, граб, акация, груша)

Твёрдость древесины зависит от её влажности: чем суше древесина, тем больше её твёрдость.

Прочность – это свойство материала сопротивляться разрушению под действием внешних нагрузок.

Наибольшие нагрузки выдерживает древесина дуба, бука, березы, лиственницы, менее прочная древесина липы, ольхи, ели.

Упругость – это свойство древесины восстанавливать свою первоначальную форму после прекращения действия нагрузки.

Чем древесина суше и плотнее, тем она более упругая. Большой упругостью обладает древесина клёна, ясеня, березы.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ

ТВЕРДОСТЬЮ древесины называют ее способность сопротивляться внедрению в нее других тел, например, вдавливанию в ее поверхность стального шарика.

По величине отпечатка (лунки) на поверхности древесины судят о ее твердости. Чем меньше лунка, тем тверже древесина.

ТВЕРДЫЕ ПОРОДЫ:

груша, ясень, бук, дуб,
клен

МЯГКИЕ ПОРОДЫ:

сосна, ольха, тополь,
липа.

Твердостью древесины

называют способность древесины сопротивляться внедрению в нее более твердых тел.

Прочностью древесины называют

ее способность выдерживать определенные нагрузки на разрушаясь.

Упругостью древесины называют ее

способность восстанавливать первоначальную форму после прекращения действия непродолжительной нагрузки

Механические свойства древесины

- **Твердость** – характеризует способность древесины сопротивляться внедрению в него более твердого тела.
- Твердость древесины в торцевом направлении выше твердости в тангенциальном и радиальном направлении в среднем на 30-40%.
- Твердость древесины, высушенной до влажности 12%, в 1,502,0 раза выше твердости 30% влажности.
- Чем выше твердость древесины. Тем труднее ее обрабатывать.

Свойства древесины

Твердостью называется способность древесины сопротивляться внедрению в нее более твердых тел. Твердость торцовой поверхности выше тангенциальной и радиальной на 30% у лиственных породы на 40 % - у хвойных. На величину твердости оказывает влияние влажность древесины. При изменении влажности на 1% торцовая твердость изменяется на 3%, а тангенциальная и радиальная - на 2%.

По степени твердости все древесные породы при 12% - ной влажности можно разделить на три группы:

- **А) мягкие** (торцовая твердость 38,6 МПа и менее) - сосна, ель, кедр, пихта, тополь, липа, осина,
 - **Б) твердые** (торцовая твердость от 338,6 до 82,5 МПа) - лиственница сибирская, береза, бук, вяз, ильм, карагач, клен, яблоня, ясень,
 - **В) очень твердые** (торцовая твердость более 82,5 МПа) - акация белая, береза железная, граб, кизил, самшит.
- Твердость древесины имеет существенное значение при обработке ее режущими инструментами: фрезеровании, пилении, лущении, а также в тех случаях, когда она подвергается истиранию при устройстве полов, лестниц перил.

Механические свойства древесины.

В расчетах используют расчетные сопротивления, установленные нормами и правилами, с запасом в 3 – 10 раз. На растяжение вдоль волокон для пихты напряжение 71,6 МПа, для сосны 100 МПа, для ясеня 165,6 МПа. На сжатие вдоль волокон напряжение для пихты 31,7 МПа, для сосны 40 МПа, для ясеня 51 МПа, для лиственницы 61,5 МПа. Растяжение поперек волокон невелико около 3% от растяжения вдоль волокон (2 – 5 МПа). Сжатие поперек волокон в 5 – 10 раз меньше. Сжатие вдоль волокон. Прочность на скалывание невелика, вдоль волокон для пихты 5 МПа, для граба до 21 МПа. Поперек волокон прочность поперек волокон в два раза меньше, чем вдоль. При изгибе наружные волокна элемента растягиваются, внутренние – сжимаются. При статическом изгибе прочность пихты 57 МПа, сосны 100 МПа, ясеня 115 МПа.



Показатели механических свойств древесины определяют обычно при **растяжении, сжатии, изгибе и сдвиге** (реже при кручении).

Древесина – анизотропный материал, испытания проводят в разных направлениях: **вдоль или поперек волокон** (в **радиальном** или **тангенциальном** направлении).

Главным показателем механических свойств древесины является ее прочность, способность противостоять расщеплению при воздействии внешних сил. Для определения технологичности очень важным показателем будет твердость, т.е. сопротивляемость обработке различным инструментом.



Свойства древесины, проявляющиеся под действием механических нагрузок:

- **прочность** – способность сопротивляться разрушению, показатель – предел прочности σ_w ;
- деформативность** – способность сопротивляться изменению размеров и формы; показатели – модули упругости E , модули сдвига G и коэффициенты поперечной деформации μ ;
- **технологические и эксплуатационные свойства** – ударная вязкость, твердость, износостойкость, способность удерживать крепления и т.д.

Механические и технологические свойства древесины

Механические свойства древесины характеризуют ее способность сопротивляться воздействию внешних сил (*прочность, твердость, упругость*).

Прочность древесины - её способность выдерживать нагрузки, не разрушаясь. Она зависит от породы древесины, ее плотности, влажности. Высокая прочность древесины у дуба, клена и др., меньшая - у липы, тополя и др.

Твердость древесины – её способность сопротивляться проникновению в нее других, более твердых тел. Попробуйте, например, забить гвоздь в дубовую доску. Скорее всего гвоздь согнется. А в заготовку из осины или липы он входит легко, потому что испытывает меньшее сопротивление. Поэтому и различают породы *мягкие* (сосна, ель, тополь, липа, осина, ольха, каштан), *твердые* (береза, дуб, бук, вяз, рябина, клен, лещина, яблоня, ясень), *очень твердые* (граб, кизил, самшит, тис). Более твердая древесина меньше истирается, дольше служит человеку. Из такой древесины изготовлены, например, колодка рубанка, крышка верстака.

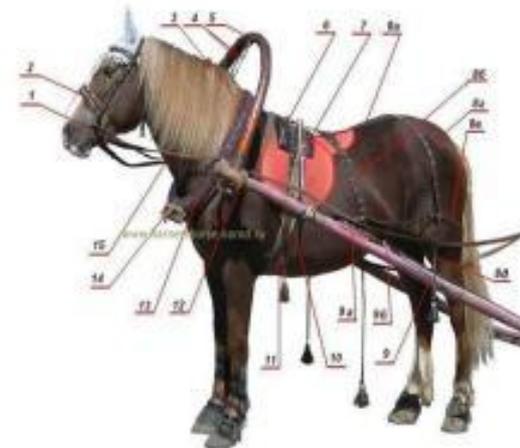
Упругость древесины - её способность восстанавливать первоначальную форму после непродолжительного действия внешних сил. Это свойство имеет важное значение для практического использования древесины. Вы, наверное, видели, как прогибаются лыжи, когда лыжник едет по неровной поверхности. Но вот неровное место пройдено, и лыжи снова принимают прежнюю форму.

Упругостью обладает измерительная линейка

Механические свойства древесины связаны с *технологическими* – способностью удерживать металлические крепления (гвозди, шурупы и т.д.), сопротивляться раскалыванию, противостоять износу при трении, способностью гнуться.

Свойства древесины

- Если древесину намочить или распарить, то упругость ее резко понизится. Согнутая полоска древесины после высыхания сохраняет полученную форму. Чем влажнее дерево, тем выше его пластичность и ниже упругость.
- **Пластичность** противоположна упругости. Большое значение пластичность имеет в производстве гнутой и плетеной мебели, спортивного инвентаря, в корзиноплетении, обозном и бондарном деле.
- Высокую пластичность после вываривания в воде или пропарки приобретают вяз, ясень, дуб, клен, черемуха, рябина, липа, ива, осина и береза. На изготовление гнутой мебели идут заготовки из клена, ясеня, вяза и дуба и плетеной — из ивы и орешника. Из березы, вяза, черемухи, клена и рябины гнут упряжные дуги.



МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ

УПРУГОСТЬЮ древесины называют ее способность восстанавливать первоначальную форму после прекращения действия непродолжительной нагрузки

Чем большие нагрузки выдерживает древесина, тем она прочнее.

Из упругой древесины делают лыжи, линейки, спортивные луки.

На территории России, наибольшей упругостью обладают береза и граб.

Механические свойства древесины

- **Прочность.** Древесина относится к материалам средней прочности.

При действии усилий вдоль волокон, оболочки клеток работают в самых благоприятных условиях и древесина показывает наибольшую прочность.

Средний предел прочности древесины сосны без пороков вдоль волокон :
При растяжении – 100 МПа. При изгибе – 80 МПа. При сжатии – 44 МПа.

При растяжении, сжатии и скалывании поперек волокон эта величина не превосходит 6,5 МПа. Наличие пороков значительно (~ на 30%) снижает прочность древесины при сжатии и изгибе, а особенно (~ на 70%) при растяжении. Длительность действия нагрузки существенно влияет на прочность древесины. Наибольшую прочность, в 1,5 раза превышающую кратковременную, древесина показывает при кратчайших ударных и взрывных нагрузках. Вибрационные нагрузки, вызывающие переменные по знаку напряжения, снижают ее прочность.

- **Жесткость древесины** (ее степень деформативности под действием нагрузки) существенно зависит от направления действия нагрузок по отношению к волокнам, их длительности и влажности древесины. Жесткость определяется модулем упругости E .

Для хвойных пород вдоль волокон $E = 15000$ МПа.

В СНиП II-25-80 модуль упругости для любой породы древесины $E_0 = 10000$ МПа. $E_{90} = 400$ МПа.

При повышенной влажности, температура, а также при совместном действии постоянных и временных нагрузок значение E снижается коэффициентами условия работы $m_B, m_T, m_D < 1$.

Механические свойства древесины - Влияние температуры.

- При повышении температуры предел прочности и модуль упругости снижаются, а хрупкость древесины повышается.
- Предел прочности древесины G_t при температуре t в пределах от 10 до 30 °С можно определять исходя из ее начальной прочности - G_{20} при температуре 20 °С с учетом поправочного коэффициента $\beta = 3,5$ МПа.
- $G_t = G_{20} - \beta(t-20)$.

Особенности механических испытаний древесины

1. Методики испытаний стандартизованы (разработаны ГОСТы на методы определения показателей физико-механических свойств древесины).
2. Используются малые чистые (без пороков) образцы древесины. Образцы должны содержать 4-5 годичных слоев, базисное сечение примерно 20x20мм.
3. Древесина – анизотропный материал. Испытания проводятся в направлениях вдоль или поперек волокон (в радиальном или тангенциальном направлении).
4. Древесина – очень изменчивый материал. Испытывается партия образцов, результаты обрабатываются статистическими методами.
5. Показатели механических свойств древесины сильно зависят от ее влажности. При увлажнении древесины до предела насыщения клеточных стенок, показатели всех механических свойств резко уменьшаются. Дальнейшее повышение влажности древесины (свыше 30 %) практически не отражается на показателях механических свойств. Испытания проводят при нормализованной влажности 12%.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ

Прочность древесины

Древесина анизотропна, ее прочность зависит от характера направления в конструкциях и строения. Хорошо работает на растяжение и сжатие вдоль волокон, плохо – поперек волокон.

- Предел прочности на сжатие вдоль волокон - 40-60 МПа,
- Предел прочности на растяжение вдоль волокон - 60-180 МПа,
- Предел прочности на сжатие поперек волокон - 5-15 МПа,
- Предел прочности на растяжение поперек волокон - 1,5-10 МПа.

Очень плохо работает на скалывание и на сдвиг вдоль волокон. Прочность древесины зависит от ее влажности (с повышением влажности прочность уменьшается). Древесина – природный полимер, свойства полимеров со временем изменяются – древесина стареет (понижается прочность).

Технологические свойства древесины:

- ✓ Способность удерживать металлические крепления;
- ✓ Способность к гнучью;
- ✓ Износостойкость;
- ✓ Сопротивление раскалыванию.

Механические свойства древесины.

Сопротивление трению прямо пропорционально ее твердости. Детали и изделия, подвергающиеся трению (полы, ступени, лыжи, крышки кухонных столов и т. п.) целесообразно делать из твердых пород древесины. А корпусную фанерованную мебель (шкафы, комоды, письменные столы и т. п.) из мягких пород древесины, которые легче обрабатываются.

Сопротивление выдергиванию гвоздей и шурупов.

Чем тверже древесина, тем она лучше удерживает гвозди и шурупы. Чтобы в твердую древесину вбить гвоздь или ввернуть шуруп предварительно высверливают отверстие не менее 0,7 диаметра гвоздя и шурупа и половины их длины, с тем, чтобы гвоздь не согнулся при забивке, а шуруп не расколол древесину. Вбитые поперек волокон гвозди, и ввернутые шурупы удерживаются лучше, чем гвозди вбитые в торец.



Проверь свои знания

1. Какими физическими и механическими свойствами обладает древесина?
2. Что называют плотностью древесины? Как, в условиях мастерских, можно определить плотность образца древесины?
3. Что называют влажностью древесины? Как можно определить влажность древесины?
4. Для чего сушат древесину? Какие виды сушки древесины вы знаете?
5. Что называют прочностью, твёрдостью, упругостью древесины?
6. Из древесины каких пород – твёрдых или мягких - лучше всего изготовить колодку рубанка? Почему?
7. Какие доски одинаковой длины и толщины быстрее высохнут: берёзовые или сосновые?
8. Где используется звукопроводимость древесины?
9. Какие свойства нужно учитывать при выборе заготовок?
10. Что показывает текстура древесины?
11. Куда легче вбить гвоздь: вдоль или поперёк волокон?
12. Назовите положительные и отрицательные свойства древесины?. 13. Из каких пород древесины изготавливают ручки молотков, напильников, киянку,

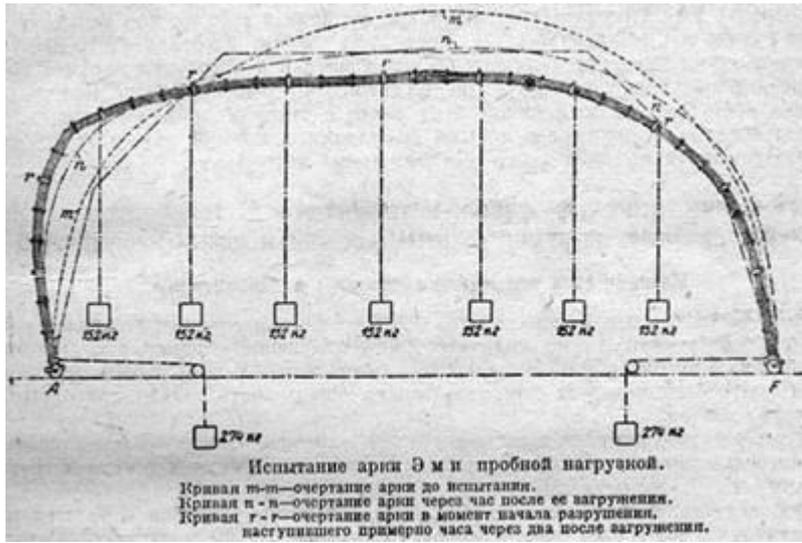
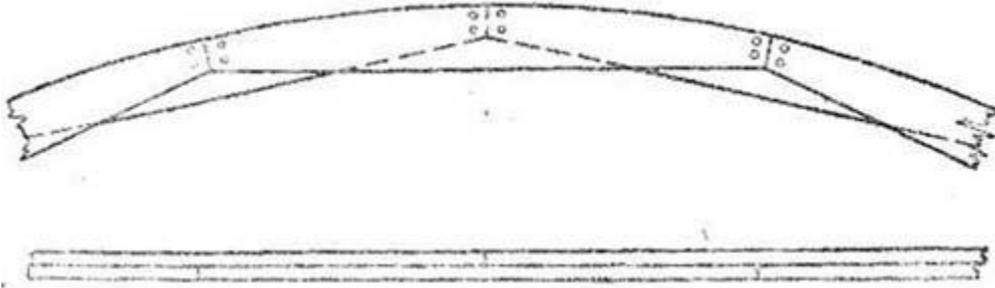
Реологические свойства древесины

Реология - наука, изучающая деформационные свойства древесины.

Реология рассматривает действующие на древесину механические напряжения и вызываемые ими деформации, как обратимые, так и необратимые (остаточные).



Арка Делорма



Арка Эми

Реология – наука, устанавливающая наиболее общие законы развития во времени деформаций и течения любых веществ. Различают **феноменологическую** (характеризует внешние проявления механических свойств материала под действием нагрузки во времени) и **молекулярную** (изучает молекулярный механизм деформаций) реологию.

Реологические свойства

- **Ползучесть** – изменение деформаций во времени под действием постоянной нагрузки
- **Релаксация напряжений** – падение напряжений во времени при сохранении постоянной деформации

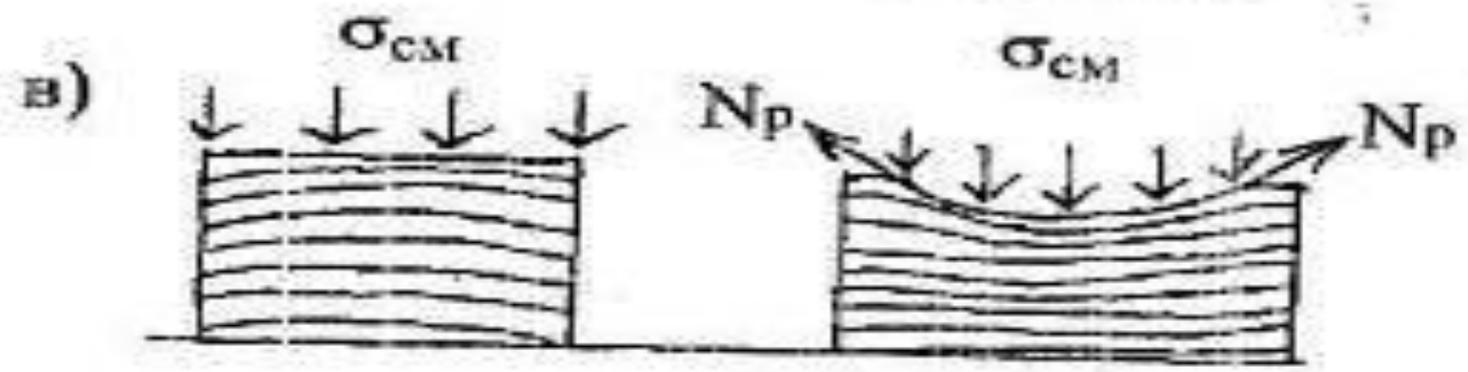
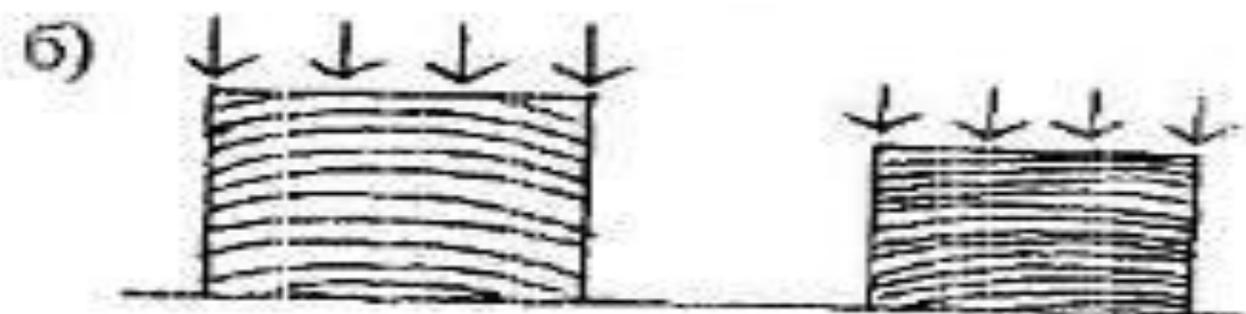
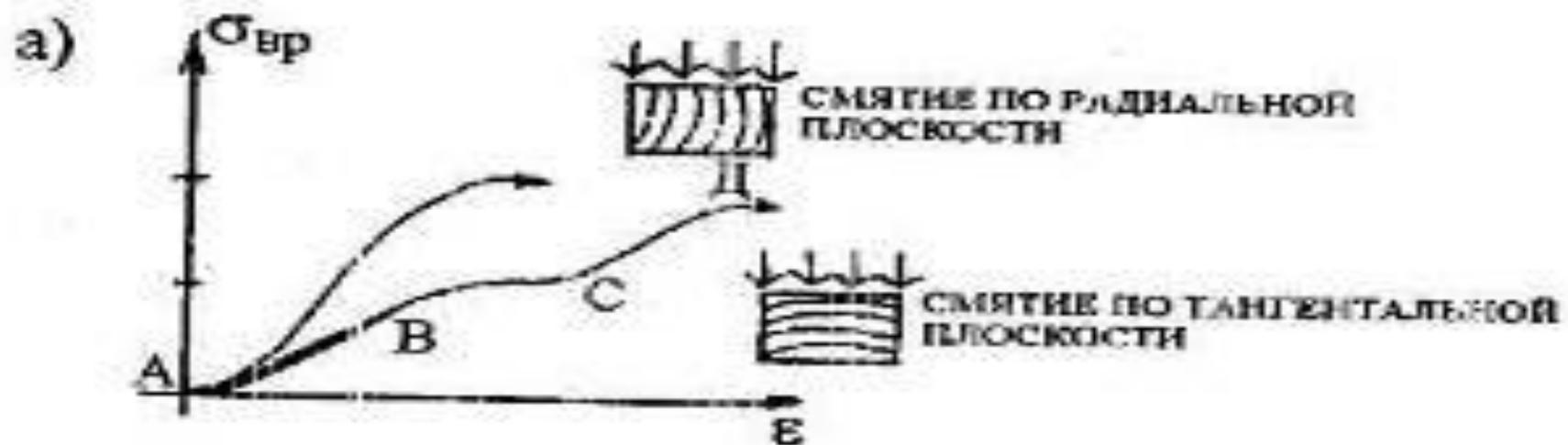
Реологические свойства

Пластичность – способность легко деформироваться под действием небольших нагрузок и сохранять придаваемую форму. Пластичные ВВ имеют высокую вязкость за счет пластификаторов. В динамитах содержится динамитный желатин (раствор нитроглицерина в нитроклетчатке).

Водосодержащие ВВ содержат водный гель.

П определяют по усадке столбика ВВ при заданной нагрузке, температуре и времени. В полевых условиях **П** можно оценить разминанием патрона в руке или по способности сплющиваться в шпуре при нажатии забойником.

Текучесть – способность вытекать из емкости по действием тяжести. Это свойство характерно для жидких ВВ и низковязких суспензий (жидкость + твердые частицы). Текучие ВВ могут перекачиваться по шлангам и трубам с помощью насосов. Сравнительную **Т** измеряют в лабораторных условиях по скорости истечения ВВ из пробирки, наклоненной под заданным углом при заданной температуре.



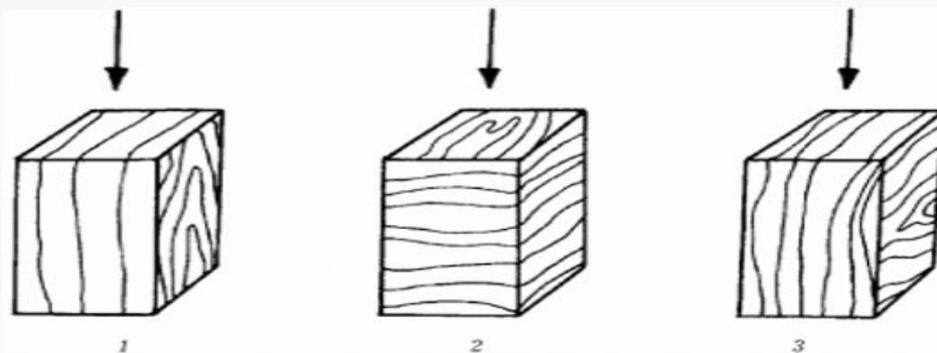
Деформационные

(реологические свойства)

- *Упругость* – свойство восстанавливать свою форму и объем после прекращения действия внешних сил.
- *Пластичность* – свойство необратимо деформироваться под действием внешней нагрузки.
- *Вязкость* (внутреннее трение) – характеризует сопротивление действию

внешних тел

ВНЕШНИХ



1 – вдоль волокон; 2 – поперек волокон радиально; 3 – поперек волокон тангентально.

Фазовое состояние вещества определяется степенью упорядоченности частиц, из которого оно состоит.

- Газообразное состояние самое неупорядоченное;
- Кристаллическое имеет наиболее упорядоченную структуру.
- Жидкое состояние занимает среднее положение, в нем отсутствует дальний порядок, но наблюдается ближний порядок расположения частиц.

Для отверждённых полимеров, твёрдое состояние вещества, имеющее структуру жидкости, называется аморфным состоянием.

- Аморфные полимеры с линейными молекулами в зависимости от условий могут находиться в трех реологических состояниях:
 - стеклообразном;
 - высокоэластичном;
 - вязкотекучем.

Эти состояния определяются способностью всей макромолекулы или ее отдельных участков менять свою конформацию.

Стеклообразное состояние существует при низких температурах, когда энергия теплового движения молекул ниже энергии межмолекулярного взаимодействия. Скорость перемещения молекул мала; молекулярные цепи не могут менять ни своей конформации, ни взаимного расположения. Это твердое состояние.

Высокоэластичное состояние существует в области промежуточных температур. При таком состоянии вещества возможно изменение взаимного расположения отдельных частей молекул, но не макромолекул в целом. Вещество проявляет эластичные свойства.

Вязкотекучее состояние существует при высоких температурах. Молекулы могут перемещаться относительно друга. Вещество обладает текучестью только его вязкость в 10 в 10 степени раз больше вязкости низкомолекулярных жидких соедине



- Переход из одного реологического состояния в другое происходит не при определенной температуре, а в интервале температур. Средняя температура перехода из высокоэластичного состояния в стеклообразное называется температурой **стеклования**, а из высокоэластичного в вязкотекучее – температурой **текучести**. Значения этих температур зависят от способа их определения. Стеклообразное состояние возможно для всех аморфных полимеров, высокоэластичное и вязкотекучее состояние не всегда достигается из-за термической неустойчивости некоторых

Известно, что прочность вещества возрастает с увеличением его плотности.

Характер связи между плотностью древесины и ее прочностью установлен проф. П.Н.Хухрянским

$$\sigma = A + B\rho$$

где σ - прочность древесины, МПа, А, В - постоянные, ρ - плотность древесины, кг/м³.

- Повышение прочности древесины при её уплотнении в процессе склеивания широко используется в технологии изготовления клееных слоистых материалов, таких как бакелизированная фанера и древеснослоистые пластики.
- При незначительных усилиях прессования, когда плотность изменяется несущественно, например в производстве фанеры и фанерных плит, деформация пакета шпона безусловно вредна, т.к. ухудшает условия формирования клеевого соединения вследствие уменьшения парогазопроводности древесины и приводит к перерасходу сырья.

Носителем механических свойств древесины является высокоориентированный ***полимер-целлюлоза***.

Аморфные полимеры состоят из длинных гибких цепных молекул. Такая особенность строения полимеров определяет особый характер их поведения под нагрузкой.

Состав древесины по содержанию основных компонентов (%).

Различные породы древесины по своему элементному составу весьма схожи и в абсолютно сухом состоянии содержат около 49,5% углерода, 44,2% кислорода и 6,3% водорода

Порода	Целлюлоза	Лигнин	Пентозаны
ель	53-58	28	3
сосна	54-57	27	10,5
береза	43	21	23

При приложении усилий к полимеру могут возникнуть следующие три вида деформаций:

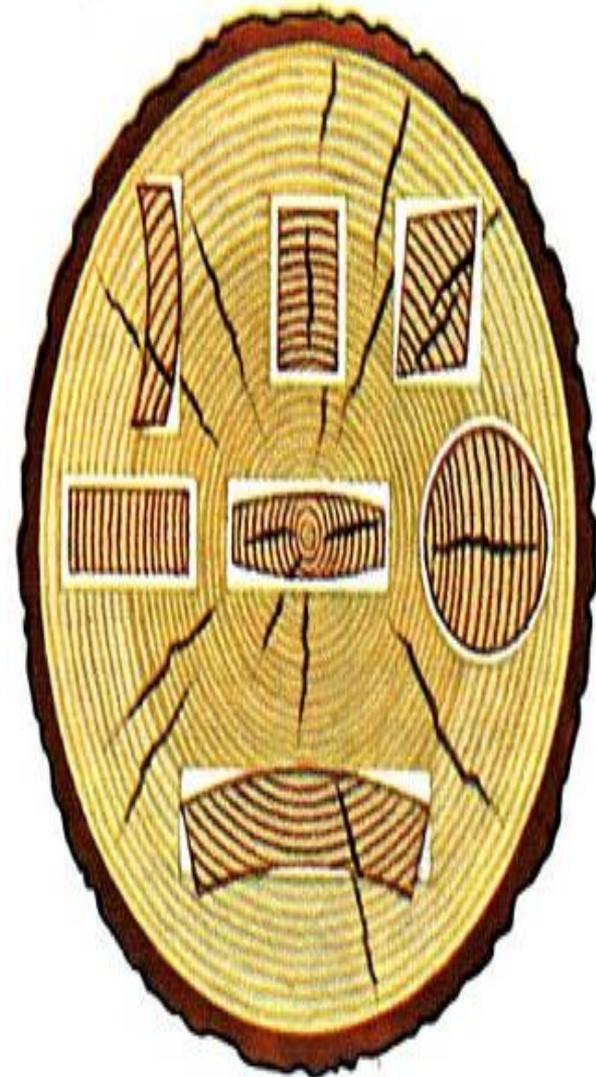
- упругие деформации вследствие обратимого изменения средних междучастичных расстояний;
- высокоэластические деформации, связанные с обратимой перегруппировкой частиц (звеньев цепных молекул);
- вязко-текучие деформации, обусловленные необратимым смещением молекулярных цепей.

При возрастающем напряжении от сжатия поперек волокон древесины проходит две различные области деформирования

- область неполной упругости, которая характеризуется упругими деформациями и упругим последствием, сравнительно быстро достигающим постоянной величины,

- область пластического течения, в которой имеет место интенсивная деформация последствием, растущая под действием постоянного напряжения

Деформации пиломатериалов



Простое коробление



Изгиб по пласти
(лыжа)

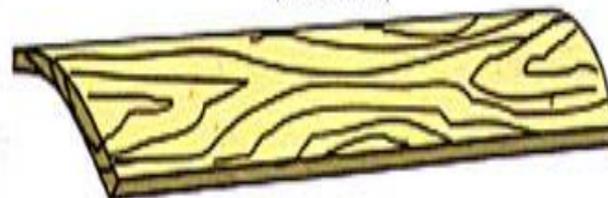
Сложное коробление



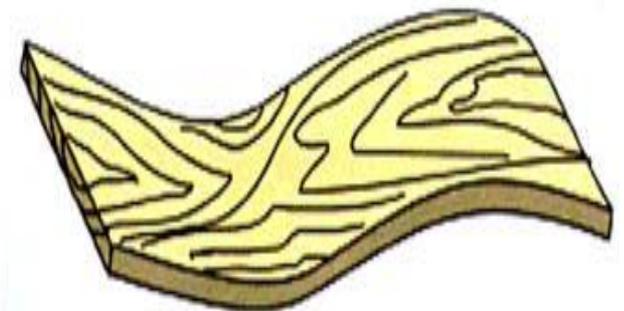
Крыловатость (скручивание)



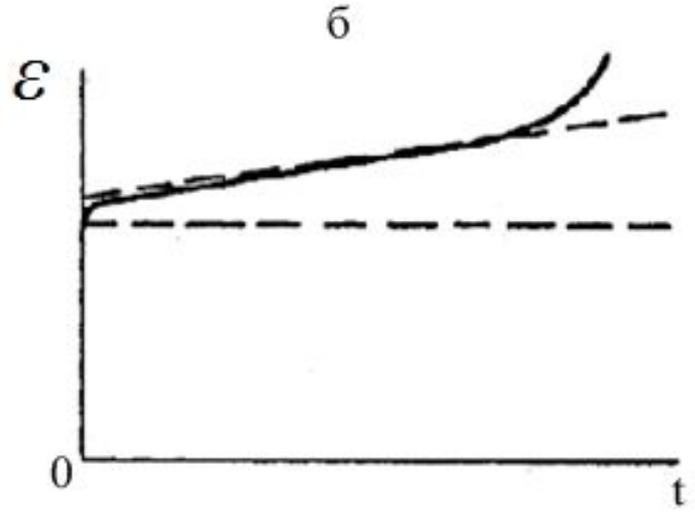
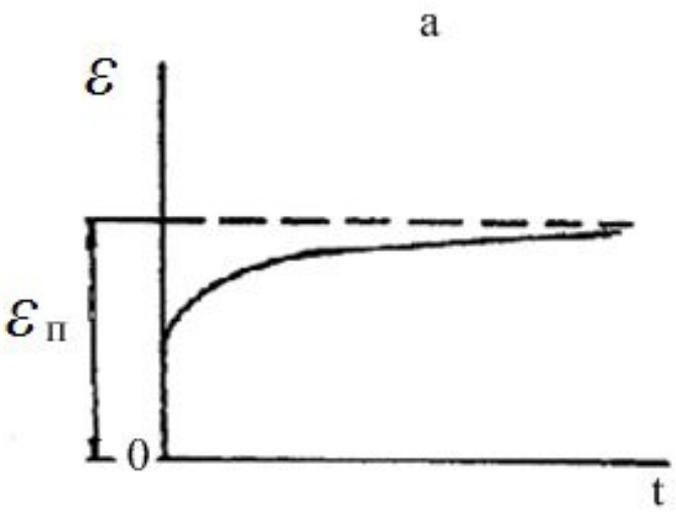
Изгиб по кромке
(клюшка)



Поперечный изгиб (ложка, чашка)



Волна



Изменение деформации древесины во времени при сжатии (по Ю. М. Иванову)

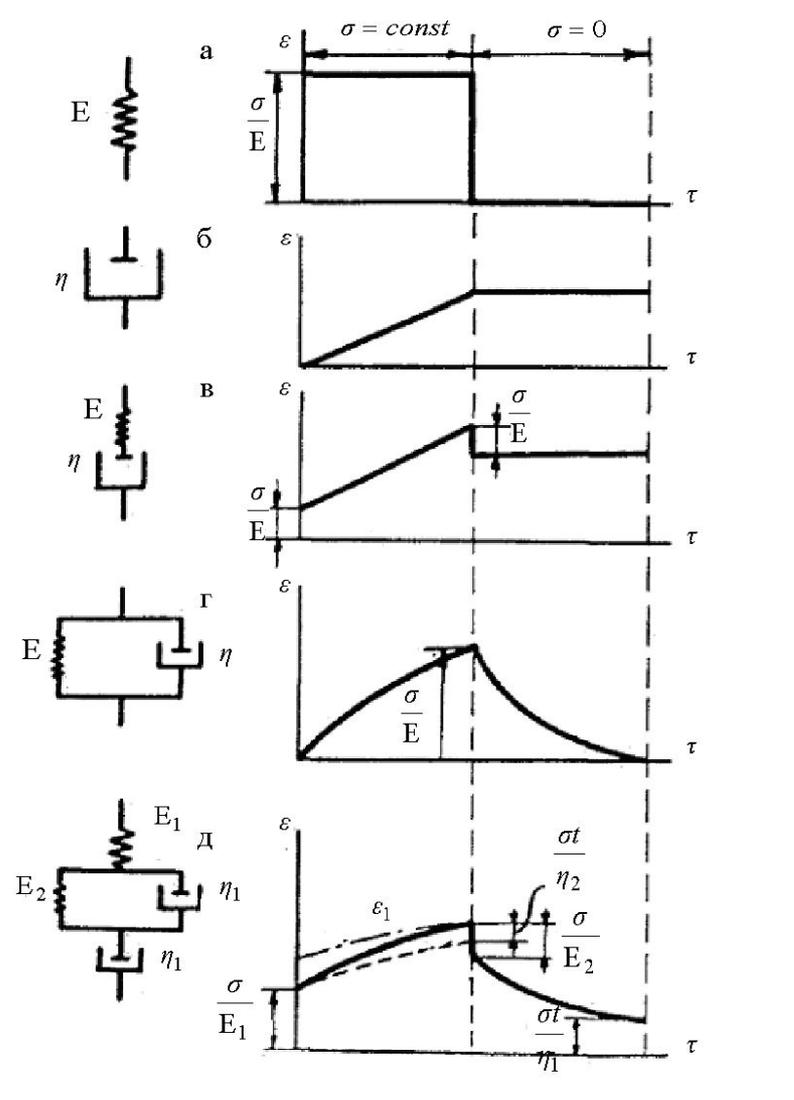
а – в области неполной упругости; б – в области пластического течения.

Наличие в древесине гибких цепных волокон природной целлюлозы определяет релаксационный характер процессов деформирования древесины и вызывает необходимость учета фактора времени.

Два физических состояния древесины - стеклообразное и высокоэластическое. В первом - деформации в основном упругие и подобны деформациям твердого кристаллического тела.

Модуль упругости при деформации в 1-ом состоянии остается постоянным. Во втором - кроме





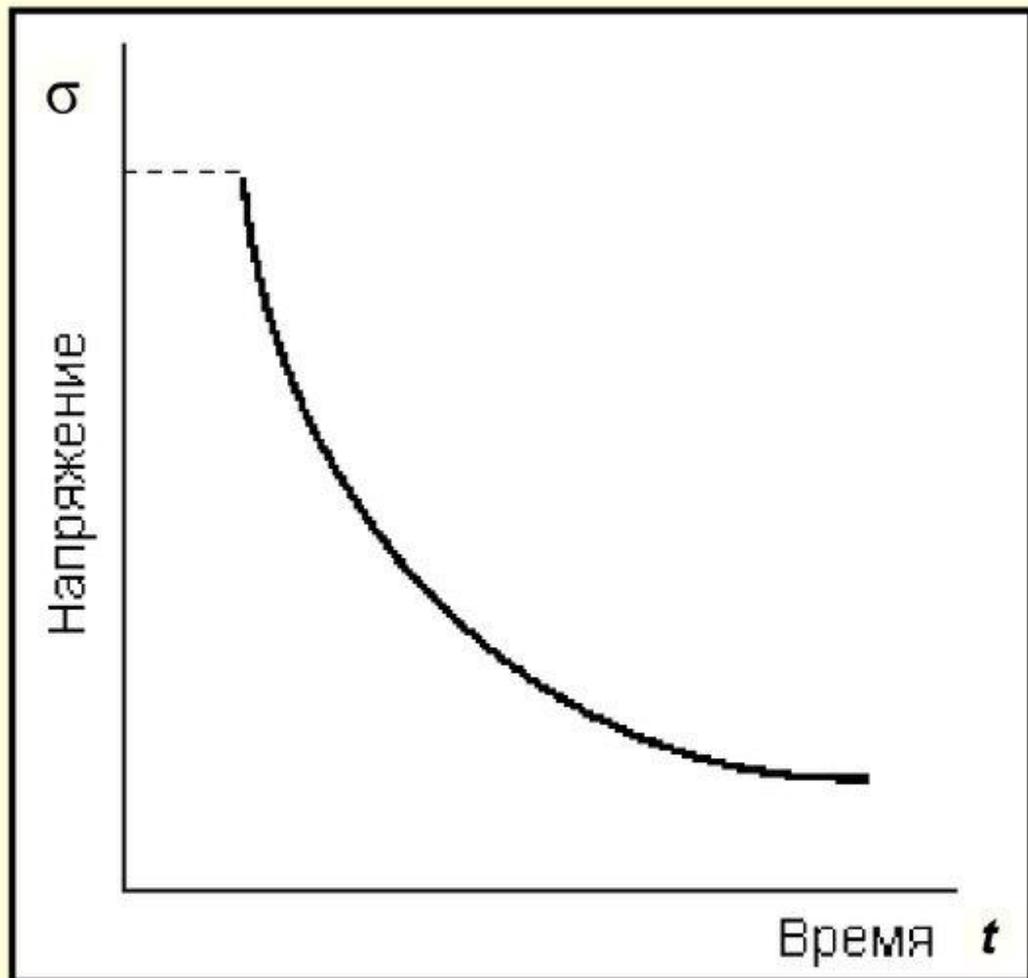
Реологические модели и закономерности их деформирования /37/:
 а – Гуково тело; б – Ньютонова жидкость; в – Тело Максвелла;
 г – Тело Фойгта; д – Тело Бюргера (шпон).

Переход древесины из одного состояния в другое возможен под действием одного из факторов:

- напряжения, превышающего предел вынужденной эластичности
- температуры
- влажности.

Модуль упругости при деформации древесины во второй области непрерывно снижается. Высокоэластическая деформация не исчезает после снятия, т.е. является остаточной, но она термовлагообратима, так как в значительной степени уменьшается при нагревании и увлажнении образца.

Релаксация напряжений



• **Релаксация** [лат. relaxatio — ослабление, уменьшение] — самопроизвольное падение напряжений в теле, длительное время находящимся под нагрузкой. Процесс релаксации можно представить как ползучесть, протекающую при уменьшении напряжений. Релаксация приводит к закреплению деформации, к постепенному превращению упругой деформации в остаточную пластическую.

Кривая релаксации напряжений

При сжатии влажной и нагретой древесины, после прекращения действия внешней силы (равной усилию прессования фанеры и фанерных плит) конечный размер почти полностью восстанавливается



Склеивание шпона

В начальный период прессования, имеющаяся в пакете влага и подведенная теплота, способствуют значительному уплотнению пакета шпона. В процессе его выдержки под давлением в формируемом материале благодаря упругости древесины накапливается потенциальная энергия, которая при снятии внешнего усилия будет способствовать восстановлению деформации, однако, по мере уменьшения влажности древесины и отверждения клея внутреннее трение в древесине возрастает, что препятствует возвращению ее в исходное состояние

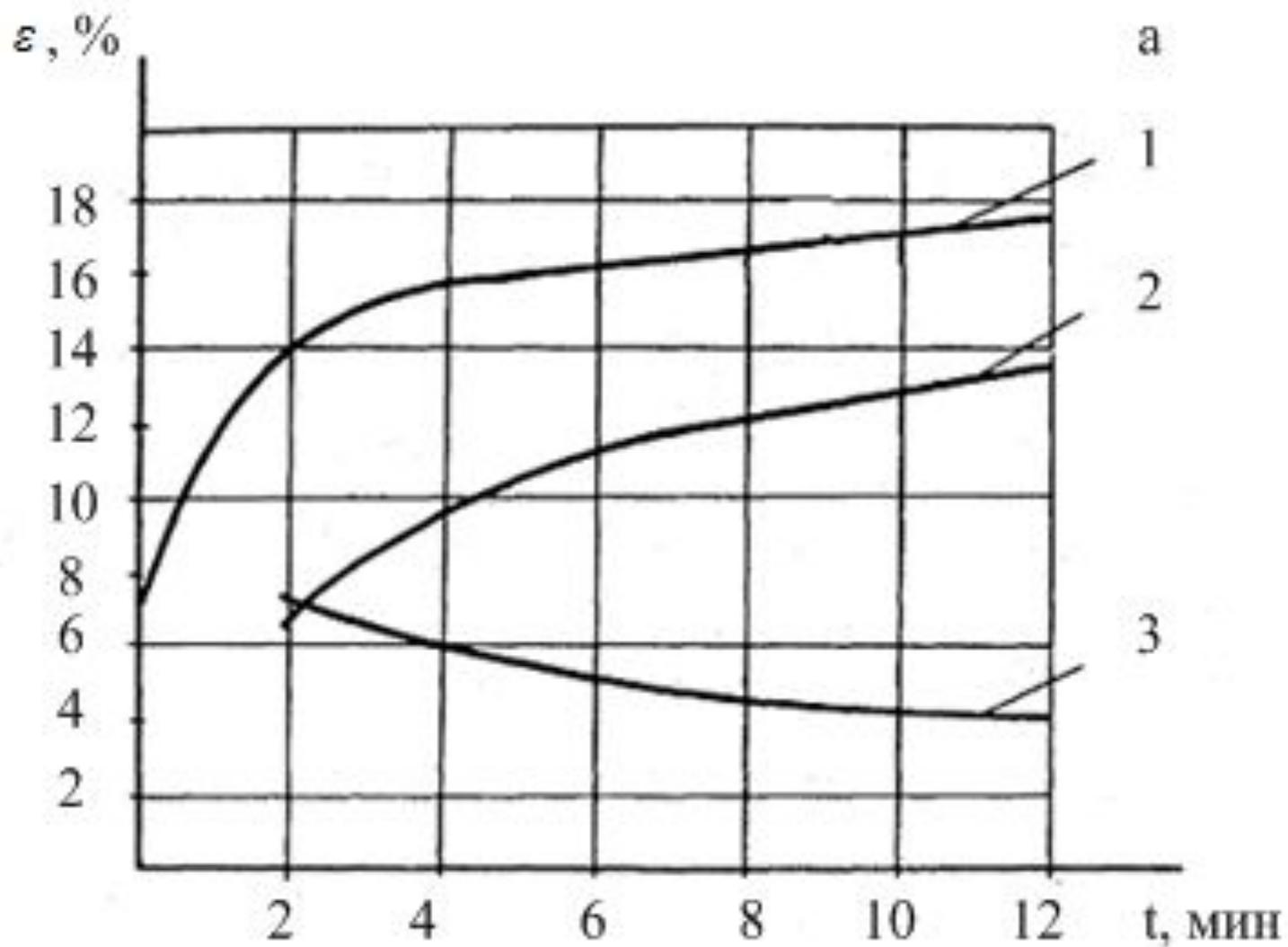


Уплотнение древесины в процессе склеивания приводит к увеличению её прочности, изменяет условия тепло- и массопереноса, является причиной возникновения в склеиваемом материале парогазовой смеси, разрушающей клеевое соединение, внутренних напряжений, способных не только нарушить целостность материала, но и деформировать его. Кроме того, чрезмерное уплотнение увеличивает расход древесины на изготовление единицы продукции.

Экспериментально установлено, что при склеивании шпона в производстве фанеры полная деформация может достигать 40 %, а остаточная - 16% в зависимости от породы древесины и условий склеивания.

В начале процесса деформирования происходит быстрый рост полной деформации, зависящей от давления плит пресса и влажности пакета шпона, равной суммарной влажности шпона и связующего. В этот период времени, когда пакет еще не нагрет, его деформация зависит от модуля упругости E (при $T = 20$ °С) и практически вся является упругой.

По мере нагрева пакета шпона его податливость увеличивается и при постоянном давлении продолжается рост полной и остаточной деформации, восстанавливаемая деформация уменьшается. Основными факторами, ускоряющими (замедляющими) этот процесс, являются температура и влажность пакета шпона



Деформация пакета шпона при склеивании.

а – изменение ε , ε_0 , ε_B : 1 – полная деформация, 2 – остаточная деформация,

3 – восстановившаяся деформация.

После снятия нагрузки наблюдается некоторое “распрессовывание” пакета, уменьшается полная деформация за счет вязко-упругой составляющей. Вязкопластическая деформация не исчезает после снятия нагрузки, т.е. является остаточной. Основная же часть вязко-упругой деформации исчезает сразу же после снятия нагрузки. Однако, меньшая ее доля (термовлагообратимая деформация) восстанавливается по мере повышения модуля упругости при охлаждении пакета. Можно предположить, что часть упруго-вязкой деформации задерживается как следствие отверждения связующего, проникшего в поры древесины, что и является одной из причин возникновения внутренних напряжений в клееной слоистой древесине.