

«Конструкции из дерева и пластмасс»

# ЛЕКЦИЯ 2



2. Свойства древесины и пластмасс  
как конструкционных материалов

## 2.1 Физические свойства древесины

---

### **Плотность:**

древесины, защищенной от увлажнения (кг/м<sup>3</sup>)

Хвойные:

лиственница 650

сосна, ель, кедр, пихта 500

Твердые лиственные:

дуб, береза, бук 700

Мягкие лиственные:

осина, тополь, ольха, липа 500

### **Термическое расширение**

увеличение размеров деревянного элемента при нагревании

### **Теплопроводность**

---

Материал	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/м °С
Вакуумированные теплоизоляционные материалы (ТИМ)	0,001...0,003
Эффективные ТИМ (экструзионные пенополистиролы и др.)	~ 0,03
Минераловатные и стекловатные ТИП	~ 0,04
Древесина сосны поперек волокон	0,1
Кирпич глиняный обыкновенный	0,7
Бетон	2
Сталь	70

---

## **Химическая стойкость:**

В зависимости от вида химической агрессии древесину можно использовать без дополнительной защиты или защищая её покраской или поверхностной пропиткой.

Древесина по-разному реагирует на действие химических веществ.

Плавиковая, фосфорная и соляная (низкой концентрации) кислоты не разрушают древесину при обычных температурных режимах эксплуатации.

Серная кислота при концентрации более 5 % и особенно азотная кислота разрушают древесину и при обычных температурах.

Большинство органических кислот (уксусная, муравьиная, лимонная и др.) ослабляют древесину только в горячих растворах.

Газовые среды, например серный или сернистый ангидрид, вредно действуют на древесину при наличии увлажнения и повышенной температуры.

## 2.2 Механические свойства древесины

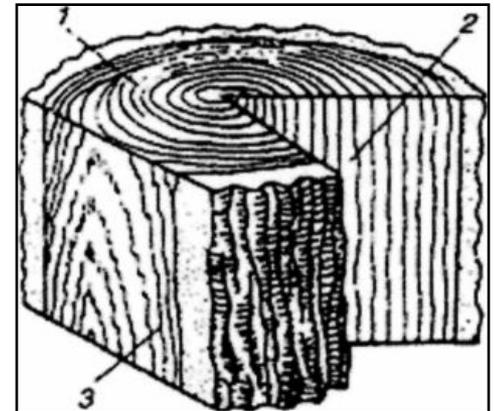
---

### 2.2.1 Анизотропия древесины

Является следствием особенностей строения древесины, представляющей собой совокупность волокон, расположенных в основном лишь в одном направлении. Второй, не менее важной причиной анизотропии является ярко выраженная слоистость по годовым слоям.

Прочность и деформативность зависят от направления действия усилий и деформаций по отношению к волокнам.

Теплопроводность и линейное тепловое расширение, электропроводность, влагопроводность и изменение размеров при увлажнении-высыхании древесины также различны по трем направлениям структурной симметрии



---

## 2.2.2 Прочность

характеризует способность материала сопротивляться воздействию механических нагрузок, сохраняя целостность.

**Нормативное сопротивление  $R_n$**  - по результатам испытаний стандартных образцов на кратковременную нагрузку

сосна вдоль волокон: при растяжении – 100 МПа,  
при изгибе – 80 МПа,  
при сжатии – 44 МПа

**Расчетное сопротивление  $R$**  - максимальное напряжение, которое может выдержать материал, при эксплуатации в конструкции, не разрушаясь при учете всех неблагоприятных факторов, снижающих его прочность

сосна вдоль волокон: при растяжении – 10 МПа,  
при изгибе – 15 МПа,  
при сжатии – 15 МПа

---

## 2.2.3 Жесткость (деформативность)

степень деформативности при действии нагрузки.

Зависит от направления действия усилий по отношению к волокнам, длительности действия нагрузки и влажности древесины.

### Модуль упругости $E$

В СП «Деревянные конструкции» даются значения модуля упругости для любой породы древесины:

вдоль волокон  $E = 10\,000$  МПа

поперек волокон  $E_{90} = 400$  МПа

## 2.2.4. Влияние длительности действия нагрузки

---

При неограниченно длительном нагружении прочность древесины характеризуется пределом длительного сопротивления, который составляет ~50 % предела прочности при стандартном нагружении.

Наибольшую прочность, в 1,5...2 раза превышающую кратковременную, древесина показывает при кратчайших ударных и взрывных нагрузках.

Это обстоятельство учитывается введением коэффициентов к расчетному сопротивлению ( $R$ ) и модулю упругости ( $E$ ):

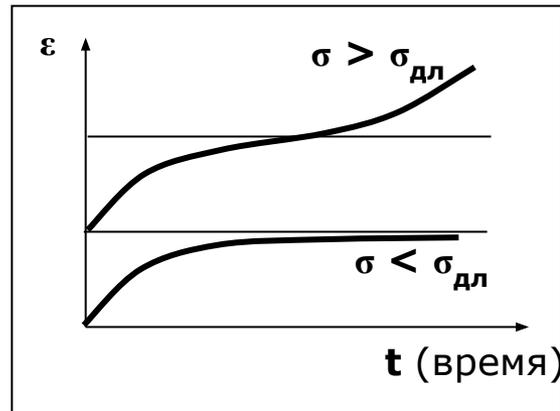
$m_d < 1$  – когда длительно действующие нагрузки составляют более 80 % суммарных.

$m_n > 1$  – при учете кратковременных воздействий.

---

Другая характерная особенность древесины – свойство **ползучести** (увеличение деформаций с течением времени) под действием неизменной нагрузки.

При уровне напряжений  $\sigma < \sigma_{\text{дл}}$  рост деформаций будет с течением времени затухать, а при  $\sigma > \sigma_{\text{дл}}$  деформации будут нелинейно возрастать вплоть до разрушения.



При этом нужно отметить, что деформации ползучести – это пластические деформации, то есть необратимые

## 2.2.5 Влияние влажности

---

Увеличение влажности древесины приводит к снижению её прочности и увеличению деформативности.

Количественно влажность древесины определяется процентным отношением содержания влаги к массе древесины:

$$W = \frac{G_{\text{âë}} - G_{\text{ñóõ}}}{G_{\text{ñóõ}}} \cdot 100\%$$

При условиях эксплуатации с повышенной влажностью к расчетному сопротивлению и модулю упругости древесины вводится понижающий коэффициент  $m_B < 1$ .

Различают два вида влаги, содержащейся в древесине – связанную (гигроскопическую) и свободную (капиллярную).

Связанная влага находится в толще клеточных оболочек, а свободная в полостях клеток и в межклеточных пространствах.

$W=12\%$  – равновесная влажность древесины в сухом помещении.

$W=30\%$  – предел гигроскопической влажности (влага в стенках клеток).

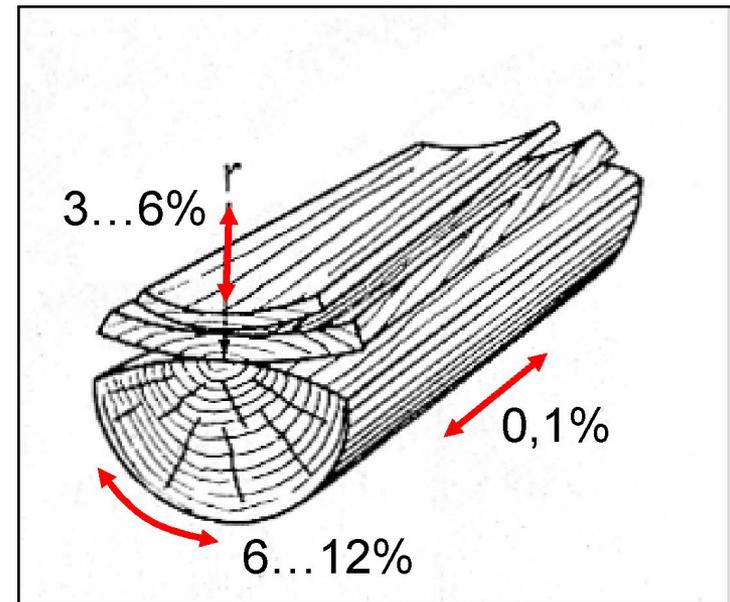
$W>30\%$  – влага заполняет пустоты.

$W=70\%$  – полное водонасыщение в воздушной среде.

Древесина погруженная в воду может иметь влажность до 200%.

При изменении влажности от 0 до 30% происходит изменение объема древесины.

При этом изменение линейных размеров вдоль волокон, в радиальном и тангенциальном направлениях существенно различаются



## 2.2.6 Влияние температуры эксплуатации

---

При повышении температуры от 30 до 50 °С прочность древесины снижается, а деформативность увеличивается.

При повышенной температуре эксплуатации к расчетному сопротивлению и модулю упругости древесины вводится понижающий коэффициент  $m_T < 1$ .

При температуре эксплуатации до +35 °С коэффициент  $m_T = 1$ .

При температуре эксплуатации 50 °С коэффициент  $m_T = 0,8$ .

При промежуточных значениях температуры коэффициент  $m_T$  определяется по интерполяции.

При температуре окружающей среды выше 50 °С эксплуатация деревянных конструкций не допускается.

## 2.3. Конструкционные пластмассы

---

**Пластмассы** – это материалы на основе природных или синтетических полимеров, способные приобретать заданную форму при нагревании под давлением и устойчиво сохранять ее после охлаждения.

Помимо полимера пластмассы могут содержать наполнители, пластификаторы, стабилизаторы, пигменты и другие компоненты.

---

Пластмассы различаются:

**по эксплуатационным свойствам**

например атмосферо-, термо- или огнестойкие,

**природе наполнителя**

стеклопластики, углепласты,

**способу расположения наполнителя в материале**

слоистые, волокнистые, с хаотичным расположением,

**по типу полимера**

например акрилопласты.

Конструкционные пластмассы сгораемы, имеют невысокую огнестойкость, их жесткость невелика (за исключением стеклопластиков), подвержены старению.

## 2.3.1 Стеклопластики

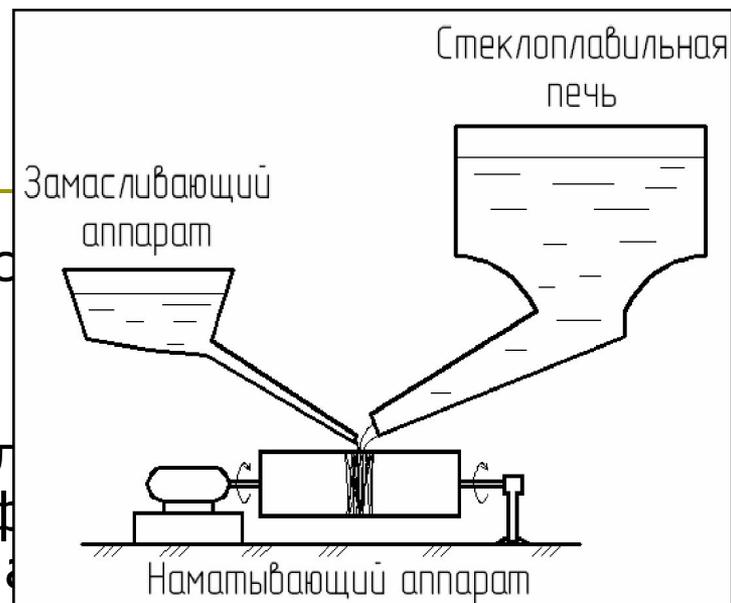
из-за своей высокой прочности представляет интерес для конструктора.

Это химически стойкий материал, получаемый прессованием эпоксидных, фенолформальдегидных, полиэфирных и других смол, смешанных с наполнителем.

Стекловолоконное волокно выполняет роль арматуры, оно защищено от влияния внешней среды связующим.

Стекловолоконные нити получают из расплавленной стеклянной массы, протягиваемой через мельчайшие отверстия — фильеры.

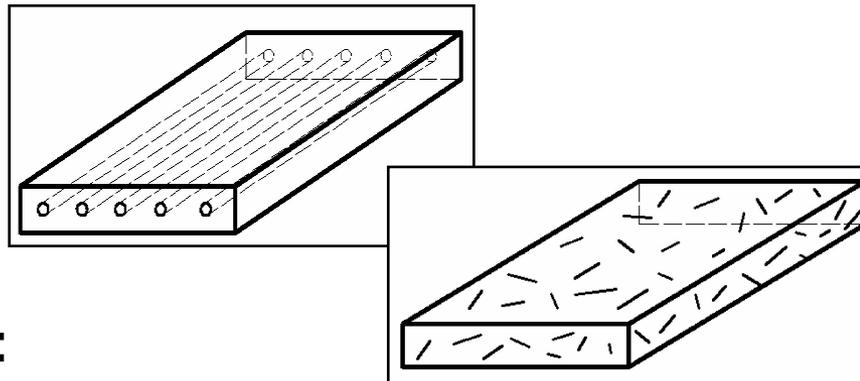
Первичные нити служат исходным сырьем для получения крученых нитей, стекложгутов, стеклохолстов и стеклотканей, вид которых определяет механические свойства стеклопластика.



---

Стеклопластики применяют в элементах несущих конструкций в виде уголков и швеллеров, в обшивках ограждающих светопроницаемых панелей, в узловых соединениях в виде фасонок, болтов и гаек.

Листовой материал применяют в качестве обшивок плит, стенок профильных балок, соединительных элементов немагнитных деревянных и пластмассовых конструкций



Стеклопластики:

с непрерывным однонаправленным волокном и хаотически направленным рубленым волокном

## 2.3.2 Нетканые перекрестные материалы

---

изготавливают различной структуры: от плотных до редких сеток с размером ячейки 20x20 мм.

**Плотные клееные материалы** применяют для армирования конструкционных стеклопластиков, получаемых методом намотки, контактного формования и прессования.

**Клееные сетки** предназначены для армирования пленок, бумаг.

**Нетканые перекрестные сетки** - перспективный армирующий материал при изготовлении строительных конструкций.

## 2.3.3 Тканые стекловолокнистые материалы

---

– стеклоткани, различаются типом переплетения, числом нитей вдоль и поперек ткани.

Для создания высокопрочных конструкционных не расслаивающихся стеклопластиков разработаны многослойные стеклоткани толщиной 1...10 мм. Отдельные слои тканей связывают друг с другом в процессе тканеобразования.

Многослойные ткани могут быть комбинированными, с включением различного количества синтетических волокон.

## 2.3.4 Органическое стекло

---

– это термопластичный стеклопластик, получаемый путем полимеризации метилового эфира метакриловой кислоты.

**Основные достоинства** органического стекла:

- высокая степень прозрачности, светопропускание в среднем составляет 92%;
- относительно малая плотность (1,2 г/см<sup>3</sup>);
- хорошо пропускает ультрафиолетовое излучение, 70...90 %;
- обладает повышенными теплотехническими свойствами, теплопроводность в пять раз ниже чем у силикатного стекла.

**Недостатки** органического стекла:

- низкая поверхностная твердость - при длительном воздействии атмосферы, статической нагрузки на поверхности стекла появляются микротрещины – «серебро»;
-  горючесть.

По своей природе органическое стекло является **термопластом**, при повышении температуры до 90 °С переходит из стеклообразного состояния в эластичное.

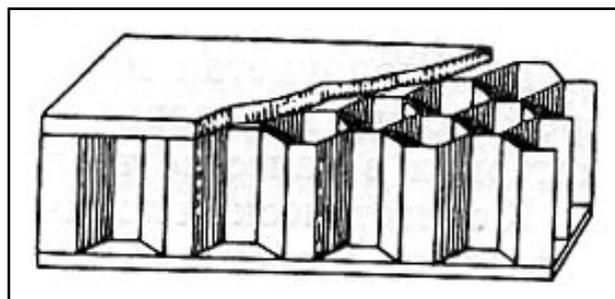
## 2.3.5 Сотовый поликарбонат

---

– широко используется в качестве светопрозрачного ограждения (зимних садов, жилищ, соляриев, навесов, перегородок, навесных потолков).

Представляет собой полые прозрачные панели, которые состоят из разнесенных между собой листов, соединенных продольными ребрами жесткости.

Количество листов в панели может быть от двух до четырех при общей толщине панели от 4 до 25 мм



Сотовый поликарбонат более ударопрочный чем оргстекло. За счет воздушных прослоек имеет более высокие теплотехнические характеристики. Трудновоспламеним.

Недостатком этого материала является неустойчивость к солнечной радиации (устраняется нанесением прозрачного ультрафиолетового стабилизирующего слоя)

## 2.3.6 Винипласт

---

- как и оргстекло, состоит полностью из термопластичной смолы без наполнителей.

Изготавливают в виде плоских или волнистых листов толщиной до 2 мм и шириной до 1200 мм.

Может быть прозрачным.

Свойства винипласта близки к свойствам оргстекла.

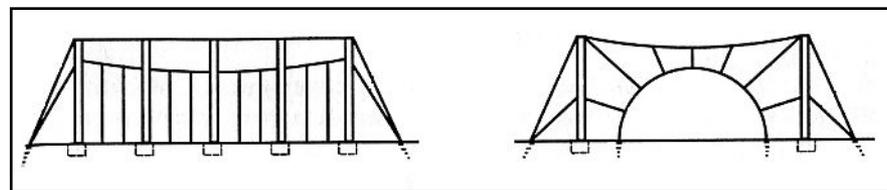
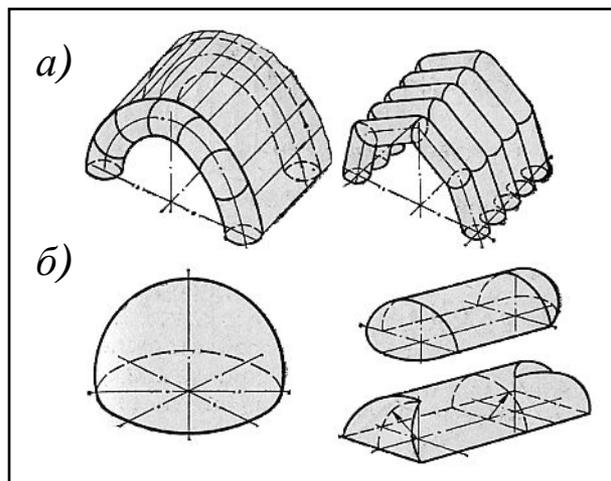
Основными достоинствами являются самозатухаемость, высокая стойкость в химически агрессивных средах

## 2.3.7 Воздухонепроницаемые ткани

применяют для пневматических конструкций.

Состоят из текстиля и эластичных покрытий.

Свойства воздухонепроницаемых тканей определяются свойствами составляющих их текстилей и покрытий.



Тентовое вантово-стоечное покрытие

Пневматические строительные конструкции:

а – пневмокаркасное покрытие; б – воздухоопорное

## 2.3.8 Теплоизоляционные пенопласты

---

### Феноформальдегидный пенопласт марки ФРП-1

мелкопористый материал от светло-серого до темно-коричневого цвета.

### Полиуретановый пенопласт

имеет высокие механические характеристики, особенно при сдвиге, что важно для трехслойных ограждающих конструкций без ребер. С целью экономии полиуретановой композиции при изготовлении используют наполнители в виде минеральных гранул, полученных на основе обожженных глин, стекла, перлита.

### Пенополистирольный пенопласт

получают вспениванием гранул что обеспечивает высокое содержание воздуха, до 98%, а следовательно легкость и низкую теплопроводность материала. Экструзионный пенополистирол имеет исключительно низкий процент водопоглощения, менее 1 %, не является питательной средой для грибов плесени, не растворяется в воде, а также устойчив к воздействию большинства химических веществ.