

Физические свойства II

Тепловые свойства

К тепловым свойствам древесины относятся *теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность* и *тепловое линейное расширение*.

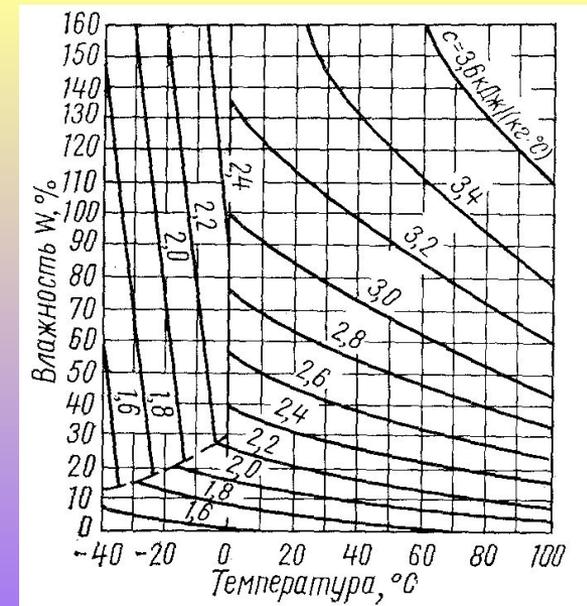
Теплоемкость – способность древесины аккумулировать тепло.

Показатель теплоемкости – удельная теплоемкость C , кДж/кг·град – количество теплоты, необходимое для нагревания 1кг массы материала на 1 К (или на 1°C).

Удельная теплоемкость древесины не зависит от породы.

$C=1,55$ кДж/кг·°С для абсолютно сухой древесины при 0 °С.

Влияние температуры и влажности на теплоемкость древесины отражает диаграмма П.С. Серговского.



Теплопроводность древесины характеризует ее способность проводить тепло.

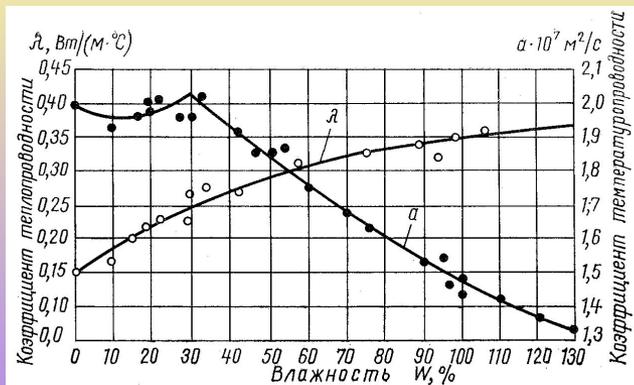
Показателем этого свойства является коэффициент теплопроводности λ , Вт/м·°С, который численно равен количеству теплоты, проходящему в единицу времени через стенку из данного материала площадью 1м² и толщиной 1м при разности температур на противоположных сторонах стенки в 1°С.

Коэффициент теплопроводности древесины λ зависит от ее температуры, влажности, породы, а также направления потока тепла относительно волокон.

$$\lambda =$$

$$\lambda_{\text{НОМ}} \cdot K_{\rho} \cdot K_{\chi}$$

- $\lambda_{\text{НОМ}}$ – номинальное значение коэффициента теплопроводности по диаграмме;
- K_{ρ} – коэффициент, учитывающий влияние базисной плотности древесины;
- K_{χ} – коэффициент, учитывающий влияние направление теплового потока.



Зависимость коэффициентов теплопроводности и температуропроводности древесины от влажности (по Г.С. Шубину и Э.Б. Щедриной). Сосна ($\rho_0 = 360 \text{ кг/м}^3$), тепловой поток в радиальном направлении, температура $t = 25 \text{ °C}$

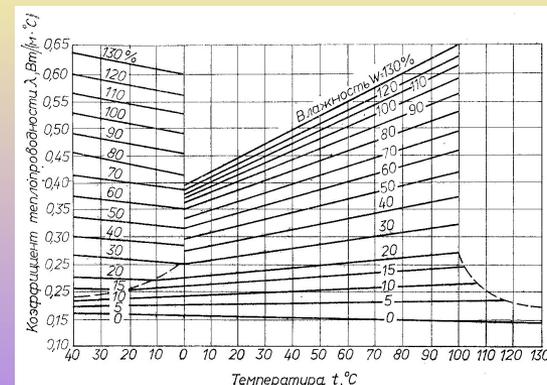


Диаграмма коэффициента теплопроводности древесины березы ($\rho_0 = 500 \text{ кг/м}^3$), тепловой поток в радиальном направлении

Температуропроводность характеризует скорость изменения температуры древесины при нестационарном теплообмене (нагревании или охлаждении).

Коэффициент температуропроводности a , м²/с, определяет инерционность древесины, т.е. ее способность выравнять температуру.

$$a = \frac{\lambda}{c\rho}$$

ρ – плотность древесины, кг/м³.

Влияние влажности на температуропроводность древесины поперек волокон иллюстрирует график.

Тепловое расширение древесины происходит при ее нагревании.

Тепловое расширение поперек волокон в 10 – 15 раз больше, чем вдоль волокон, в тангенциальном направлении в 1,5 – 1,8 раза выше, чем в радиальном.

Коэффициент теплового линейного расширения древесины α' , 1/°С – изменение единицы длины тела при нагревании его на 1°С.

Коэффициент линейного расширения вдоль волокон древесины составляет 1/3 – 1/10 коэффициентов теплового расширения металлов, бетона и стекла.

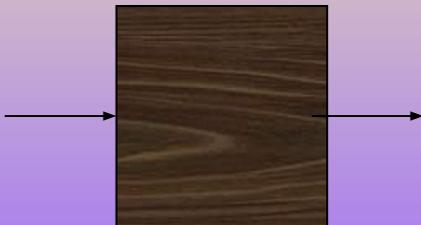
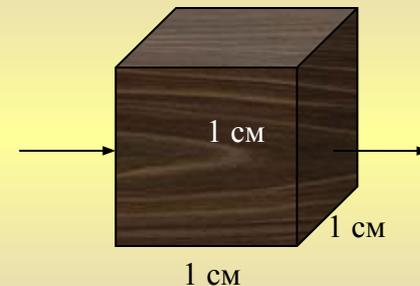
Электрические свойства

К электрическим свойствам относятся электропроводность, электрическая прочность, диэлектрические и пьезоэлектрические свойства древесины.

Электропроводность – способность древесины проводить электрический ток, находится в обратной зависимости от электрического сопротивления.

Полное сопротивление образца, размещенного между двумя электродами, определяется как результирующее двух сопротивлений – объемного и поверхностного.

Объемное сопротивление характеризует препятствие прохождению тока сквозь толщу образца. Показатель – удельное объемное сопротивление (Ом·см); численно равен сопротивлению при прохождении тока через две противоположные грани кубика размером $1 \times 1 \times 1$ см из древесины.



Поверхностное сопротивление характеризует сопротивление прохождению тока по поверхности образца. Показатель измеряется в Омах и численно равен сопротивлению квадрата любого размера на поверхности образца древесины при подведении тока к электродам, ограничивающим две противоположные стороны квадрата.

Электрическая прочность – способность древесины противостоять пробую, т.е. снижению сопротивления при больших напряжениях.

Электрическую прочность E_{np} , кВ/мм, вычисляют по формуле:

$$E_{np} = \frac{U_{np}}{h}$$

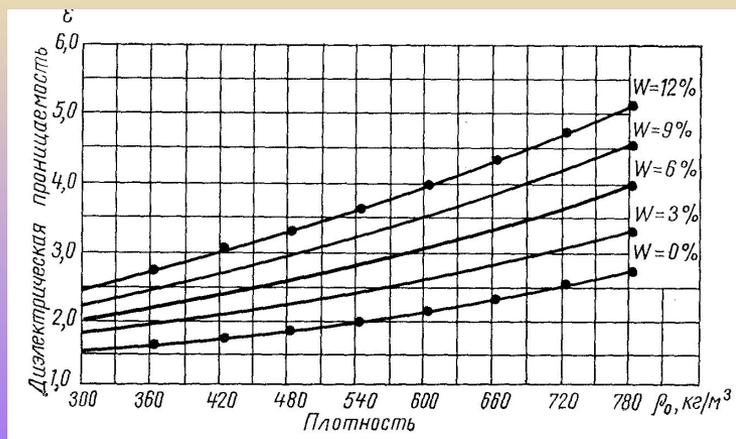
U_{np} – эффективное пробивное напряжение, кВ;

h – толщина образца в рабочей зоне, мм.

Диэлектрические свойства древесины проявляются в переменном электрическом поле.

Показатели диэлектрических свойств – диэлектрическая проницаемость ϵ и тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg } \delta$.

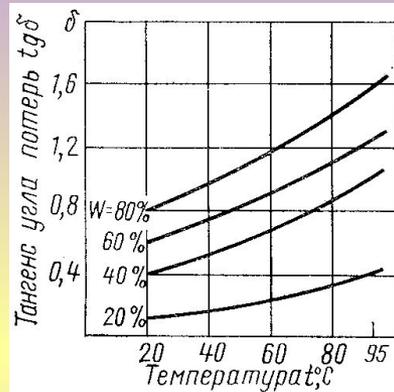
$\epsilon = \frac{\text{емкость конденсатора с прокладкой из древесины}}{\text{емкость конденсатора с воздушным зазором между электродами}}$



Зависимость диэлектрической проницаемости ϵ древесины поперек волокон (частота $f = 5$ МГц) от плотности при разной влажности W (по Р. Петерсону)

Тангенс угла диэлектрических потерь определяет долю подведенной мощности, которая вследствие дипольной поляризации древесины поглощается ею и превращается в тепло.

Показатель $K = \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \delta$, называется *коэффициентом потерь*.



Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь древесины ели поперек волокон от температуры и влажности при частоте $f = 3$ МГц (по А.А. Горяеву)

Пьезоэлектрические свойства

Явление, связанное с поляризацией диэлектрика (появлением электрических зарядов под действием механических напряжений), носит название прямого пьезоэлектрического эффекта.

Носитель пьезоэффекта в древесине – целлюлоза. Наибольший пьезоэлектрический эффект наблюдается при сжимающей и растягивающей нагрузках под углом 45° к волокнам.

Пьезоэлектрический эффект используется при разработке неразрушающих методов контроля качества древесины.

Звуковые свойства

Скорость распространения звука C , м/с, определяется из соотношения:

$$C = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

E – динамический модуль упругости, Н/м²; ρ – плотность древесины, кг/м³.

Скорость распространения звука, м/с, в древесине можно установить по резонансной частоте вынужденных продольных колебаний образца согласно уравнению

$$C = 2l f_0$$

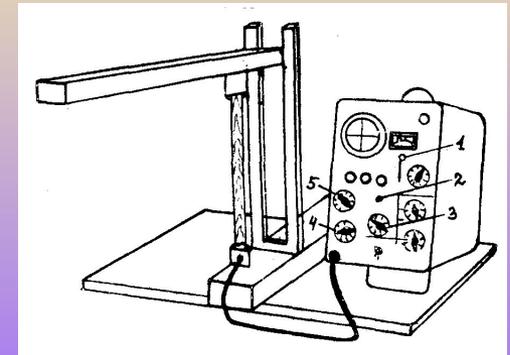
l – длина образца, м;

f_0 – резонансная частота, Гц.

Скорость распространения звука – можно также определить импульсным ультразвуковым методом.

$$C = \frac{l}{\tau}$$

τ – время, с, распространения упругой продольной волны по длине образца l , м.



Акустическое сопротивление древесины R , Па·с/м характеризует ее способность отражать и проводить звук.

$$R = \rho \cdot C$$

ρ – плотность древесины, кг/м³;

C – скорость распространения звука, м/с.

$$R_{\text{комн. сух.}} = (28-33) \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot \text{с/м}$$

Скорость затухания колебаний и величину и величину внутреннего трения характеризует логарифмический декремент колебаний.

$$\delta = \ln \frac{A_1}{A_2}$$

A_1 и A_2 – амплитуды звуковых колебаний, отделенные друг от друга интервалом в один период.

Звукоизолирующая способность оценивается по разнице уровней звукового давления перед и за перегородкой из древесины.

Уровень звукового давления измеряется в децибелах (дБ).

Строительная норма звукоизоляции – 40 дБ. У древесины звукоизоляция не велика, 12 – 20 дБ и зависит от породы и толщины материала.

Резонансная способность – способность усиливать звук без искажения.

Показатель – акустическая константа (константа излучения).

$$K = \sqrt{\frac{E}{\rho^3}} = \frac{C}{\rho}, \quad \text{м}^4 / \text{кг} \cdot \text{с}$$

E – динамический модуль упругости

$$K = 12 \text{ м}^4 / \text{кг} \cdot \text{с} \text{ (ель, пихта, кедр)}$$

Используется при изготовлении излучателей звука (дек) музыкальных инструментов.



Свойства древесины, проявляющиеся при воздействии излучений

Инфракрасное излучение

Поглощение инфракрасных лучей вызывает нагревание материала.

Использование:

- сушка тонких сортиментов (шпон, щепка, стружка);
- нагревание древесины при склеивании;
- стерилизация древесины;
- сушка лакокрасочных покрытий на древесине.

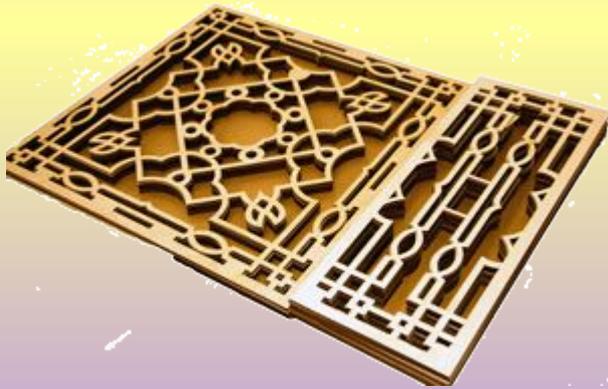


Световое излучение

Световые лучи обладают большей проникающей способностью, чем инфракрасные.

Использование:

- Обнаружение скрытых дефектов внутри древесины и изделий из нее (сучки, трещины, дефекты склеивания и т.п.);
- Лазерная технология применяется в деревообработке (резьба, граверные работы, фигурный раскрой листовых древесных материалов).



Ультрафиолетовое излучение

Ультрафиолетовое излучение вызывает свечение – люминесценцию некоторых веществ.

Свечение, которое исчезает сразу же после прекращения облучения объекта, называется флуоресценцией.

Цвет и интенсивность свечения зависят от породы и состояния древесины (степени загнивания, влажности и температуры, шероховатости и т.д.).

Используется для обнаружения пороков древесины, контроля качества обработки и т. д.

Пример нанесения люминесцентных меток



Пример установки датчика на оборудовании



Вырезание дефектов по флуоресцентным меткам

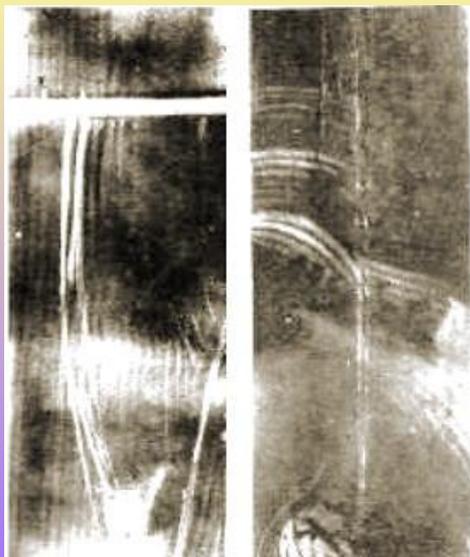


Рентгеновское излучение

Рентгеновские лучи по-разному поглощаются отдельными участками тела. Чем выше плотность участка, тем меньше интенсивность прошедших через него лучей.

Использование:

- обнаружение скрытых пороков (заросшие сучки, ходы насекомых, гнили, пустоты, металлические включения, внутренние трещины);
- изучение плотности древесины;
- изучение тонкого строения клеточной стенки;
- определение величины и характера распределения влажности по сечению сортамента в процессе сушки.



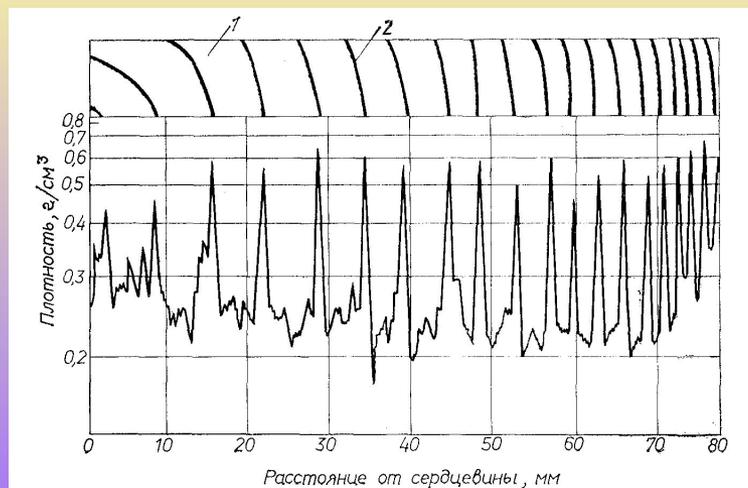
Ионизирующие излучения

Ионизирующие (ядерные) излучения возникают при распаде радиоактивных веществ, делении атомов тяжелых ядер, ядерных реакциях.

Виды ядерных излучений: потоки заряженных частиц (α -, β -, γ -лучи), электромагнитное излучение, потоки незаряженных частиц (нейтронов).

Использование:

- β -лучи для определения влажности древесины в процессе сушки;
- γ -лучи для измерения плотности древесины, ее влажности, для контроля размеров деталей бесконтактным способом в непрерывном производственном потоке; для обнаружения скрытых дефектов древесины;
- нейтронное излучение для неразрушающих испытаний.



Изменение плотности древесины по радиусу ствола сосны смолистой (*Pinus resinosa* Ait). Измерено методом поглощения β -лучей

1 – ранние зоны; 2 – поздние зоны годовичных слоев