

**И.Т. Глебов**

**ЛЕСНОЕ ТОВАРОВЕДЕНИЕ  
С ОСНОВАМИ ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЯ**

**Учебное пособие**

**МИНОБРНАУКИ РФ**  
**ФГБОУ ВО «Уральский государственный**  
**лесотехнический университет»**  
**Кафедра инновационных технологий и оборудования**  
**деревообработки**

**И.Т. Глебов**

**ЛЕСНОЕ ТОВАРОВЕДЕНИЕ**  
**С ОСНОВАМИ ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЯ**

Учебное пособие

Екатеринбург 2017

УДК 674.038.3(075.8)

**Глебов И.Т.**

Лесное товароведение с основами древесиноведения: Учебное пособие. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2017. – 95 с.

Учебное пособие предназначено для студентов лесотехнических вузов, бакалавров, магистров, аспирантов

Ил.12. Библиогр.: 5 назв.

УДК 674.05.(075.8)

ISBN

© И.Т. Глебов, 2017

©

## Введение

Россия – страна лесов с огромными запасами деловой древесины, которые достигают 1/4 всех мировых запасов. Земли лесного фонда Российской Федерации занимают 825,6 млн. га, что составляет примерно 45 % всей площади страны. При этом запас древесины равен 82 млрд. м<sup>3</sup>. Основную долю лесообразующих пород составляют сосна, ель, лиственница, кедр, береза, осина [1, 2, 3].

Основным потребителем деловой древесины является деревообрабатывающая промышленность, которая занимается производством пиломатериалов, деревянных домов, шпал, мебели, тары, плитных материалов, спортивного инвентаря и др. Лесопильное производство перерабатывает около 2/3 всей производимой деловой древесины.

Сейчас в России работают более 25000 лесопильных предприятий. Из них половина – малые предприятия с объемом производства до 5000 м<sup>3</sup> в год. Однако, как показывает зарубежный опыт, более рентабельны большие и средние предприятия.

Главным оборудованием лесопильных предприятий являются лесопильные рамы (около 80%), ленточнопильные бревнопильные станки (6%), фрезернопильные и фрезерно-брусующие станки (7%), круглопильные бревнопильные станки (7%).

**Основы стандартизации.** В области стандартизации в России действует два основных закона. Федеральный закон № 184-ФЗ от 27.12.2002 г. «О техническом регулировании» и Федеральный закон № 162-ФЗ от 29.07.2015 г. «О стандартизации в Российской Федерации».

**Закон «О техническом регулировании»** принят для создания условий для развития производства и предпринимательства в изменившихся современных условиях. Закон ввел новые понятия.

*Техническое регулирование* – правовое регулирование отношений в области установления, применения и использования обязательных требований к продукции.

*Технический регламент* – документ, принятый международным договором, федеральным законом, указом президента, постановлением правительства.

*Стандарт иностранного государства* – стандарт, принятый национальным органом по стандартизации иностранного государства.

*Региональный стандарт* – стандарт, принятый региональной организацией по стандартизации.

*Закон «О стандартизации в Российской Федерации»* устанавливает новые термины.

*Стандартизация* – деятельность по установлению правил и характеристик для добровольного многократного использования в сфере производства и обращения продукции, повышения конкурентоспособности товаров и услуг.

*Стандарт* – документ, в котором в целях добровольного многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления.

*Сертификация* – форма осуществления органом по сертификации подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов, стандартов, договоров.

*Сертификат соответствия* – документ, устанавливающий соответствие объекта требованиям технических регламентов, стандартов, договоров.

Закон «О стандартизации в Российской Федерации» устанавливает следующие виды нормативных документов:

- национальный стандарт – документ, разработанный техническим комитетом по стандартизации;
- технические условия – вид стандарта организации, утвержденный изготовителем продукции.

Учебная дисциплина предназначена для студентов бакалавриата с направлением подготовки 35.03.01 «Лесное дело» и профилем подготовки 35.03.01-01 «Лесное хозяйство», 35.03.01-03 «Лесоустройство и лесоправление», 35.03.01-05 «Лесомелиорация и инженерная биология».

## Часть 1

### Лесное товароведение

#### 1.1. Термины и определения

##### 1.1.1. Классификация лесных товаров

**Лесоматериалы** – товары, получаемые путем механической обработки ствола дерева [4, 5].

**Сырье для лесохимических производств** – товары, получаемые механической переработкой ствола, корней и кроны дерева.

**Композиционные древесные материалы** – Листовые и плитные материалы, образованные при помощи связующих веществ из предварительно разделенной на части древесины

**Модифицированная древесина** – цельная древесина с направленно-измененными свойствами (прессованная).

**Целлюлоза и бумага** – целлюлоза всех видов и назначений, древесная масса, бумага и картон.

**Продукция гидролизного и дрожжевого производств** – товары, получаемые из низкокачественной древесины и отходов

**Продукция лесохимических производств** – продукты, получаемые из сырья для лесохимических производств (древесный уголь, скипидар, канифоль и др.).

##### 1.1.2. Классификация лесоматериалов

**Круглые лесоматериалы** – материалы, получаемые путем поперечного деления хлыстов на отрезки округлой формы поперечного сечения.

**Пиломатериалы** – материалы, получаемые продольным пилением или фрезерованием круглых лесоматериалов с последующим поперечным раскроем.

**Лущеные лесоматериалы** – материалы, получаемые резанием древесины по спирали.

**Строганные лесоматериалы** – материалы, получаемые резанием древесины ножами, формирующими плоскую поверхность раздела.

**Колотые лесоматериалы** – материалы, получаемые разделением древесины вдоль волокон клиновидным инструментом.

**Измельченная древесина** – древесина, получаемая специальной переработкой с использованием рубильных машин, фрезерно-пильных агрегатов, дробилок, молотковых мельниц, а также в процессах обычного пиления и фрезерования.

### 1.1.3. Круглые лесоматериалы

**Хлыст** – часть ствола поваленного дерева, отделенная от сучков, вершины и корней.

**Бревно** – круглый сортимент, предназначенный для использования в круглом виде (домостроении или опор линий связи и электропередачи, например) или для получения пиломатериалов общего назначения.

**Кряж** – круглый сортимент, по качеству древесины пригодный для получения конкретного вида продукции. Известно около 30 видов кряжей: шпальный, тарный, лыжный, колодочный, фанерный, акустический, ружейный, карандашный, катушечный кряж и др.

**Долготье** – отрезок хлыста, имеющий длину, кратную длине получаемого сортимента с припуском на разделку.

**Балансы** – круглые или колотые сортименты, предназначенные для переработки на целлюлозу и древесную массу.

**Чурак** – круглый сортимент, длина которого соответствует размерам, необходимым для закрепления на деревообрабатывающих станках. Чурак выпиливается из бревна или хлыста диаметром свыше 16 см и длиной 0,6...2,5 м.

**Жердь** – тонкомерный круглый сортимент, используемый в строительстве и сельском хозяйстве

#### 1.1.4. Пиломатериалы

Продукцией лесопильного производства являются пиломатериалы, обапол, технологическая щепа и опилки. Различают следующие виды пиломатериалов (рис. 1).

**Брус** – пиломатериал толщиной и шириной 100 мм и более. Брус может быть однокантный, двух-, трех- и четырехкантный.

**Брусок** – пиломатериал толщиной до 100 мм и шириной не более двойной толщины.

**Доска** – пиломатериал толщиной до 100 мм и шириной более двойной толщины. Доски бывают обрезные и необрезные.

**Необрезной пиломатериал** – пиломатериал (заготовка) с неопиленными или частично опиленными кромками, с обзолом более допустимого в обрезном пиломатериале.

**Обапол** – пилопродукция, имеющая внутреннюю пропиленную и наружную непропиленную или частично пропиленную пласт, применяемая для крепления горных выработок. Обапол получается из боковой части бревна. Различают обапол горбыльный и дощатый. Обапол имеет толщину 16...35 мм и ширину 90...200 мм.

**Обрезная шпала** – шпала в виде четырехкантного бруса.

**Обрезной пиломатериал** – пиломатериал с кромками, опиленными перпендикулярно пласти и с обзолом не более допустимого по соответствующей нормативно-технической документации.



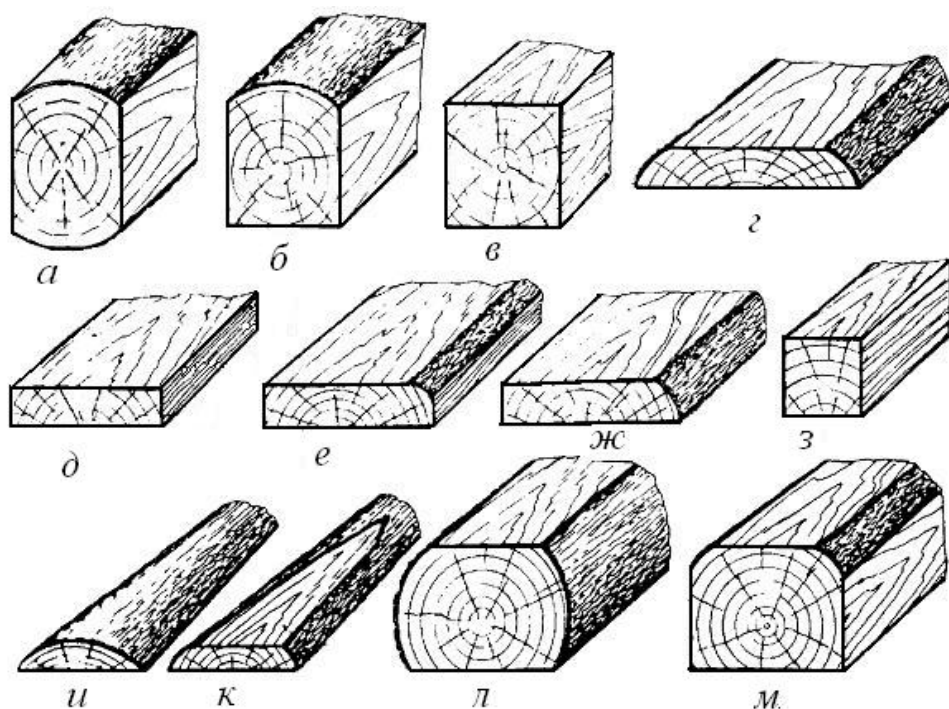


Рис. 1. Виды пилопродукции:

*а, б, в* – брусья двух-, трех- и четырехкантные; *г* – доска необрезная;  
*д* – доска чистообрезная; *е, ж* – доска обрезная с тупым и острым обзолом;  
*з* – брусок; *и, к* – обапол горбыльный и дощатый; *л, м* – шпалы необрезная  
 и обрезная

**Толщина пиломатериала** – толщина по ГОСТ 24454 – 80 имеет следующие значения, мм: 16; 19; 22; 25; 32; 40; 44; 50; 60; 75; 100; 125; 150; 175; 200; 250.

**Ширина пиломатериала** – ширина по ГОСТ 24454 – 80 имеет следующие значения, мм: 75; 100; 125; 150; 175; 200; 225; 250; 275.

Шпала – пиломатериал установленной формы и размеров, применяемая в качестве опор для рельсов железнодорожных путей.

### 1.1.5. Клееная древесина

**Шпон строганный** – тонкие листы древесины толщиной 0,2...5,0 мм, отличающиеся красивой текстурой и цветом, получаемые путем строгания брусьев на шпоно-строгальном станке. Шпон получают путем строгания гидротермически обработанной древесины ценных пород дуба, бука, ясеня, а также березы, сосны.

В зависимости от текстуры древесины шпон подразделяют на радиальный, полурадиальный и тангенциальный.

Размеры шпона:

- длина от 0,4 до 2,6 м;
- ширина от 80 до 240 мм;
- толщина от 0,4 до 2,5 мм.

Применяется для облицовывания мебельных щитов, панелей (рис. 2).



Рис. 2. Текстура строганого шпона

**Шпон лущеный** – непрерывная стружка-продукт в виде тонкой ленты толщиной 0,1...10,0 мм, получаемая путем лущения чурака на лущильном станке. Используется в производстве фанеры, пластиков, иногда для облицовывания не лицевых поверхностей щитовых деталей.

Лущеный шпон получают из дешевых, широко распространенных пород: березы, ольхи, бука, дуба, ясеня, ильма, липы, лиственницы, кедра. При этом способе получается шпон, имеющий текстуру, близкую к тангентальной, но с большими промежутками между ранней и поздней древесиной. Обычно же лущеный шпон имеет малую ценность в декоративном отношении.

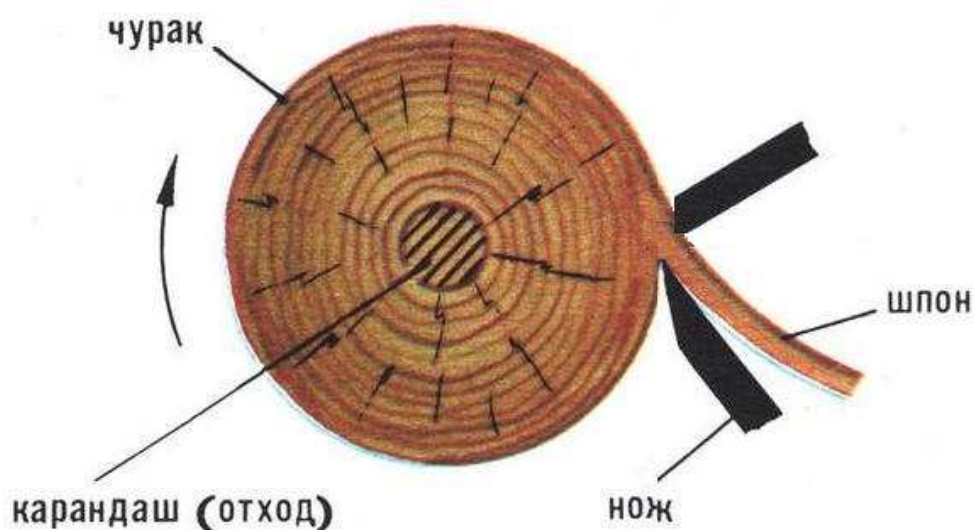


Рис. 3. Схема лущения чурака



Рис. 4. Текстура лущеного шпона

**Фанера** – слоистый древесный материал, который представляет собой три и более склеенных между собой листов лущеного шпона с взаимно-перпендикулярным расположением волокон в смежных слоях.

**Фанера, облицованная строганым шпоном** – фанера, один или оба наружных слоя которой изготовлены из строганого шпона древесины ценных древесных пород.

**Ламинированная фанера** – фанера, облицованная пленками ПВХ или на основе пропитанных бумаг.

**Фанера бакелизированная** – конструкционный материал, отличающийся повышенной водостойкостью, атмосферостойкостью и прочностью.

**Фанерные плиты** – клееные материалы, включающие не менее семи слоев лущеного шпона.

**Древесные слоистые пластики** – композиционный материал, изготовленный в процессе термической обработки под большим давлением из листов березового лущеного шпона, склеенных синтетическими клеями.

**Столярные плиты** – реечные шиты, оклеенные с обеих сторон двумя слоями лущеного шпона.

**Древесностружечные плиты** – композиционный материал, полученный путем горячего прессования древесных частиц, смешанных со связующим веществом.

### 1.1.6. Марки фанеры

Фанера общего назначения:

- ФСФ – фанера повышенной водостойкости на фенолформальдегидных клеях;

- ФК – водостойкая фанера на карбамидных клеях.

Фанера, облицованная строганым шпоном:

- ФОФ – облицованная фанера на фенолформальдегидных клеях;

- ФОК – облицованная фанера на карбамидных клеях.

Фанера декоративная:

- ДФ-1 – декоративная фанера с прозрачным бесцветным или окрашенным пленочным покрытием;

- ДФ-2 – декоративная фанера с покрытием из пленки и декоративной бумаги;

- ДФ-3 – декоративная фанера с прозрачным покрытием повышенной водостойкости;

- ДФ-4 – декоративная фанера с непрозрачным покрытием повышенной водостойкости.

**Фанера ФК** водостойкая (рис. 5), используется для внутренних работ: обшивки стен, настила полов, производства мягкой мебели, производства бытовок.



Рис. 5. Фанера марки ФК

**Фанера марки ФСФ водостойкая** (рис. 6), применяется для производства наружных работ: обшивки внешних стен, настила полов и кровли, для строительства спортивных сооружений и детских площадок.



Рис. 6. Фанера марки ФСФ

**Ламинированная фанера** (рис. 7) суперводостойкая, используется для выполнения монолитных работ, изготовления опалубки, производства прицепов, рекламных щитов.





Рис. 7. Ламинированная фанера

#### 1.1.7. Марки фанерных плит

ПФ-А – смежные листы шпона, имеют взаимно-перпендикулярное направление волокон древесины.

ПФ-Б – каждые пять листов шпона с параллельным направлением волокон древесины чередуются с одним сдоем с перпендикулярным направлением волокон.

ПФ-В – все слои шпона имеют параллельное направление волокон древесины, кроме центрального с перпендикулярным направлением

ПФ-Х; ПФО-Х; ПФД-Х; ПФ-Л – все слои шпона имеют параллельное направление волокон древесины.

#### 1.1.8. Измельченная древесина

**Щепа** – измельченная древесина, получаемая путем измельчения древесного сырья рубильными машинами.

**Стружка** – тонкие, длинные, узкие пластинки древесины, получаемые из круглых лесоматериалов и кусковых отходов лесопиления и деревообработки, фанерного и спичечного производства.

**Опилки** – получают при распиловке лесоматериалов.

**Древесная мука** – продукт сухого механического измельчения отходов лесопиления и деревообработки на дробилках и молотковых мельницах.

**Характеристика технологической щепы.** Для производства ДСтП используется технологическая щепа марки ПС по ГОСТ 15815-83 с длиной волокон 10...60 мм и толщиной не более 30 мм. Щепа может быть получена из древесины любых хвойных, любых лиственных пород, допускается также по договоренности щепа из смешанных хвойных и лиственных пород древесины. Качество щепы оценивается следующими показателями:

- массовая доля коры, не более 15,0 %;
- массовая доля гнили, не более 5,0 %;
- массовая доля минеральных примесей, не более 0,5 %;
- массовая доля остатков на ситах с отверстиями стороной ячейки:
  - 30 мм, не более 5,0 %;
  - 20, 10 и 5 мм, не более 85 %;
  - на поддоне, не более 10 %;
  - обугленные частицы и металлические включения не допускаются.

Качество кромок и угол среза щепы не учитывается (рис. 8).

Учет технологической щепы производят в кубических метрах плотной массы с округлением до 0,1 м<sup>3</sup>. Для перевода насыпного объема щепы в плотный используют коэффициент полнодревесности  $K_v = 0,36...0,43$ , величину которого принимают в зависимости от пути транспортирования щепы автомобильным и железнодорожным транспортом. Чем больше расстояние транспортирования, тем большее значение принимают  $K_v$ .

**Характеристика технологической стружки.** Стружку, используемую для изготовления ДСтП, характеризуют фракционным составом, т.е. делением массы стружки по группам размеров по длине, ширине, толщине с указанием номера фракции. Номер фракции, например 10/7, означает, что ее частицы прошли через сито с размером сторон ячейки сита в свету 10 мм и задержались на сите с размером ячейки 7 мм.



Рис. 8. Щепа

По фракционному составу стружку условно делят на 4 фракции:

- пылевая – толщина 0,01...0,1; ширина 0,01...0,5; длина 0,1...1,0 мм;
- мелкая – толщина 0,10...0,15; ширина 0,3...3,0; длина 1...10 мм;
- средняя – толщина 0,15...0,25; ширина 1...3; длина 10...20 мм;
- крупная – толщина 0,25...0,50; ширина 3...10; длина 20...40 мм.

### 1.1.9. Рубительные машины

**Дисковые рубительные машины.** Рубительные машины предназначены для рубки круглых и колотых лесоматериалов, отходов лесозаготовок, лесопиления, фанерного производства и деревообработки в технологическую щепу.

Машины бывают дисковые и барабанные, передвижные и стационарные, с загрузочным патроном горизонтальным, наклонным или комбинированным, удаление щепы происходит вверх, вниз или примерно в направлении подачи.

Диаметр ножевого диска в зависимости от производительности машины и сечения измельчаемых лесоматериалов составляет



$D_0 = 1000 \dots 3000$  мм, угловая скорость его  $\omega = 16 \dots 52$  с<sup>-1</sup>, количество ножей на диске  $z = 8 \dots 16$  штук, угол их заточки  $\beta = 30 \dots 45^\circ$ .

Для подачи материала к механизму резания (рис. 9) в корпусе станины имеется загрузочный патрон горизонтальный с подачей лесоматериала транспортером, или наклонный сверху вниз, в котором лесоматериал перемещается под действием сил гравитации. Загрузочный патрон располагается справа или слева от вертикальной оси диска. Полученная щепка удаляется из станка вверх под действием воздушного потока или вниз на транспортер.

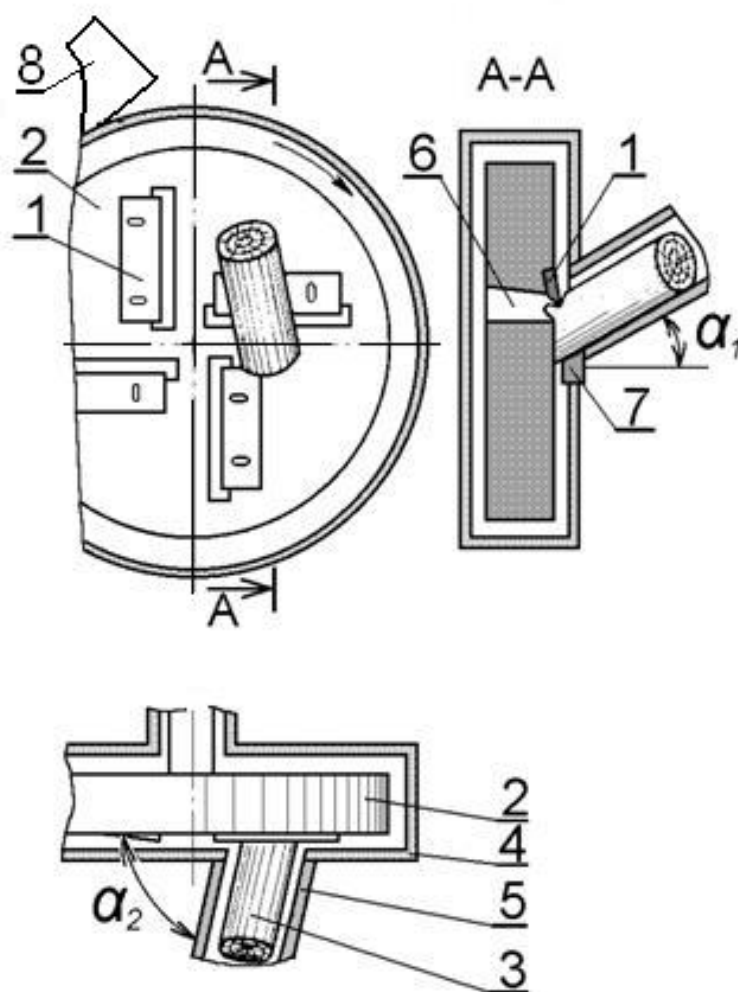


Рис. 9. Схема дисковой рубительной машины:

- 1 – нож; 2 – диск; 3 – лесоматериал; 4 – корпус; 5 – патрон загрузочный;  
6 – окно диска для выхода щепы; 7 – контр-нож;  
8 – патрубок для удаления щепы вверх

Таблица 1

Технические характеристики рубительных машин

	МРЗ-40Н	МРЗ-50Н	МР2-20	МРГ-20Б-1
Производительность, пл. м <sup>3</sup> /ч	40	50	20	20...25
Длина щепы, мм .....	15...25	15-25	15...25	17...22
Размеры поперечного сечения загрузочного патрона, мм .....	430 × 550	430 × 550	250×400	220×220
Размеры перерабатываемого сырья, мм:				
диаметр .....	50...315	50...315	50...220	200
макс. размеры горбыля ...	100 × 420	100 × 420	90 × 350	50 × 400
Длина материала, мм .....	700...6000	700...6000	700...6000	6000
Приводной электродвигатель:				
мощность, кВт .....	132	160	75	75
частота вращения, мин <sup>-1</sup> .....	600	600	600	750
Масса машины, кг .....	8710	8930	6060	6200
Габаритные размеры машины, мм	-	-	-	2520×1720 × 1490

### 1.1.10. Стружечные станки

**Классификация стружек.** В зависимости от размеров древесные частицы делят на четыре фракции: пылевая, мелкая, средняя и крупная. Размеры стружек приведены выше. Древесные частицы пылевой и мелкой фракции применяют преимущественно для наружных слоев плит ДСП. Стружки средней и крупной фракций применяют для формирования внутреннего слоя плит.

Стружки делят также по форме (табл. 2).

Стружку получают на стружечных станках, дробилках и мельницах. Исходным сырьем для получения стружки служит низкосортная древесина в виде дров по ГОСТ 13-200-85, технологическая щепа по ГОСТ 15815-83 и другие древесные отходы.

**Станок стружечный ДС-8.** Станок ДС-8 предназначен для переработки дровяного сырья в стружку для наружных слоев плит и применяется в цехах по производству древесно-стружечных плит.

Таблица 2

## Типы стружек

Форма стружки	Толщина, мм	Ширина, мм	Длина, мм
Плоская .....	0,15...0,45	До 12	До 40
Игольчатая .....	0,15...0,45	До 5	До 40
Мелкая .....	0,01...0,25	До 2	До 5
Волокно древесное технологи- ческое .....	0,01...0,30	До 1	До 40
Частицы волокнистые .....	0,01...0,25	До 0,25	До 6
Стружка станочная .....	0,10...1,45	До 35	До 12
Опилки .....	0,10...2,05	До 2,3	До 5
Пыль древесная технологиче- ская .....	0,01...0,50	До 1	До 1
Пыль шлифовальная .....	0,01...0,10	До 1	До 1

Станок (рис. 10) состоит из загрузочного транспортера 1, питателя 2 и ножевого вала 5. Питатель 2 состоит из двух цепных конвейеров, расположенных внутри верхней части станины. Каждый конвейер имеет по четыре ветви трехрядных тяговых цепей, между которыми установлены стальные направляющие для опоры заготовок при передвижении их в полости питателя.

Привод питателя расположен в нижней части станины и состоит из электродвигателя, тиристорного преобразователя частоты электрического тока и редуктора.

Ножевой вал станка представляет собой стальной цилиндр с пазами для плоских тонких ножей и ножедержателей. Ножи имеют ступенчатую режущую кромку. Расстояние между ступеньками равно длине стружки. Вал установлен на шариковых двухрядных сферических подшипниках. Привод ножевого вала осуществляется от электродвигателя с короткозамкнутым ротором, который вместе с подмоторной плитой установлен на общем фундаменте.

На задней стенке в нижней части станины имеется открытая полость 4 для отвода стружки. В нижней части станины имеется проем 3, соединенный через специальный канал в фундаменте с воздухозаборной трубой, выходящей из цеха.

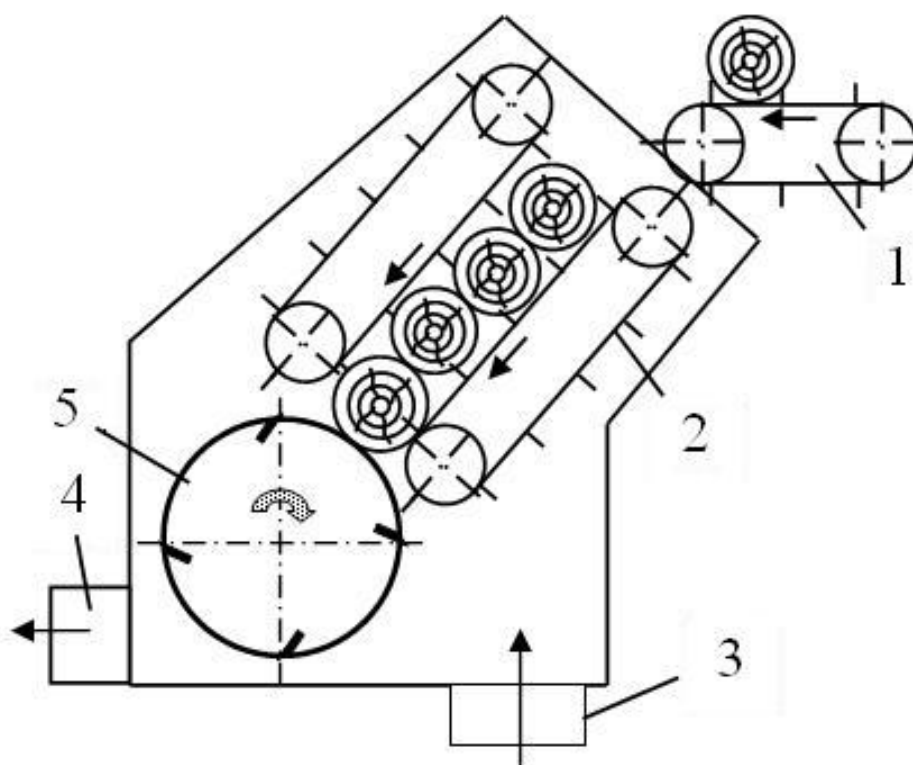


Рис. 10. Схема стружечного станка ДС-8:

1 – загрузочный транспортер; 2 – питатель; 3 – проем для забора воздуха; 4 – полость для удаления стружки воздушным потоком; 5 – ножевой вал

### 1.1.11. Дробилки и мельницы

**Общие положения.** Стружка, получаемая на стружечных станках, часто имеет значительную ширину и требует дополнительного измельчения. Для получения мелкой стружки, используемой для наружных слоев древесно-стружечных плит, применяются дробилки и мельницы. Стружка в дробилках и мельницах дробится, измельчается по ширине методом дробления, а не резания. Размер стружки по ширине при дроблении определяется формой ячеек ситовых вкладышей, окружной скоростью дробильного органа и величиной зазора между дробильным органом и ситом.

Древесные частицы, полученные при измельчении древесины на дробилках и молотковых мельницах, называют дробленкой.

**Молотковые дробилки.** Для измельчения стружки по длине и ширине часто используют молотковые дробилки, работающие по принципу ударного механизма. Отечественная промышленность выпускает молотковые дробилки модели ДМ-7 (рис. 11). Дробилка оборудована ротором 1, собранным из 14 дисков, на которых шарнирно на осях установлено 150 пластин-молотков 2. Ротор может вращаться с частотой  $850 \text{ мин}^{-1}$ . В корпусе 3 дробилки смонтировано сито 4 цилиндрической формы. Ячейки сита имеют прямоугольную форму с размерами сторон  $10 \times 25 \text{ мм}$  или  $12 \times 30 \text{ мм}$ , соответствующими размерам стружки. Ячейки расположены в шахматном порядке.

Поступающие через загрузочное отверстие стружки молотками ротора отбрасываются к стенке корпуса и сита. При этом вращающиеся молотки ударяют и раскалывают стружки в плоскости волокон. Измельченные частицы проходят через отверстия сита и воздушным потоком, создаваемым вращающимся ротором, выбрасываются из дробилки.

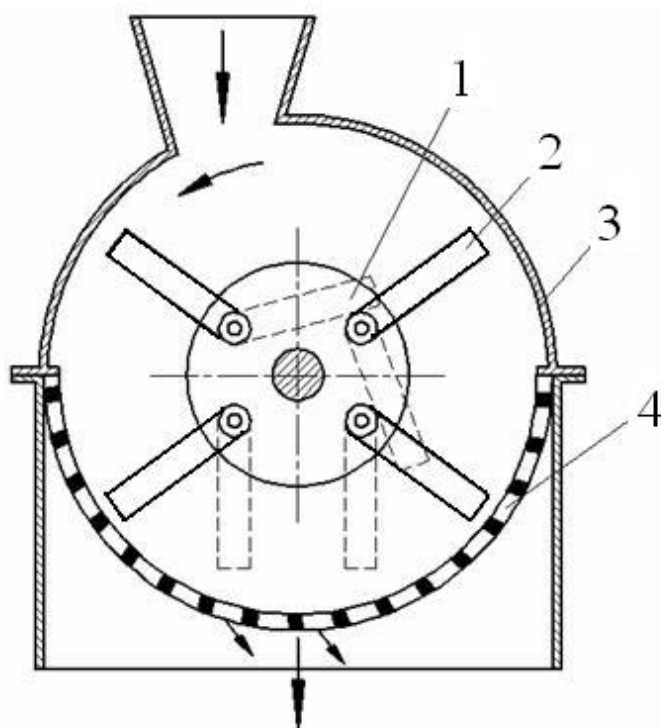


Рис. 11. Схема молотковой дробилки ДМ-7:  
1 – ротор; 2 – молотки; 3 – корпус; 4 – сита

### 1.1.12. Древесностружечные плиты

Древесностружечными плитами называют плиты, изготовленные методом горячего прессования древесных частиц, предварительно смешанных со связующим. Древесностружечные плиты используют для производства мебели, в строительстве (кроме жилищного строительства, строительства зданий для детских, школьных и лечебных учреждений), в машиностроении, радиоприборостроении и в производстве тары. В России ДСтП выпускаются по ГОСТ 10632-2007 [6].

Плиты подразделяют:

- по физико-механическим показателям – на марки П-А и П-Б;
- по качеству поверхности – на I и II сорта;
- по виду поверхности – с обычной и мелкоструктурной (М) поверхностью;
- по степени обработки поверхности – на шлифованные (Ш) и нешлифованные;
- по гидрофобным свойствам – с обычной и повышенной (В) водостойкостью;
- по содержанию формальдегида – на классы эмиссии Е1, Е2.

Размеры плит должны соответствовать следующим значениям:

- длина, мм: 1830, 2040, 2440, 2500, 2600, 2700, 2750, 2840, 3220, 3500, 3600, 3660, 3990, 3750, 4100, 5200, 5500, 5680;
- ширина: 1220, 1250, 1500, 1750, 1800, 1830, 2135, 2440, 2500;
- толщина от 3 мм и более с градацией 1 мм.

В зависимости от содержания формальдегида плиты изготовляют двух классов эмиссии: Е1 с содержанием формальдегида, до 8 мг на 100 г абсолютно сухой плиты; Е2 с содержанием формальдегида 8...30 мг на 100 г абсолютно сухой плиты.

Проверка плит на содержание формальдегида обязательна. В последнее время его содержание определяют камерным методом, при котором образец ДСтП площадью поверхности 1 м<sup>2</sup> помещают в камеру объемом 1 м<sup>3</sup> и через определенное время берут из камеры пробу воздуха для определения в нем формальдегида.

Эту пробу сравнивают с нормами и дают гигиеническое заключение о содержании формальдегида в плите.

В соответствии с ГОСТ 10632-2007, предельно допустимой концентрацией (ПДК) формальдегида для атмосферного воздуха считается  $0,035 \text{ мг/м}^3$ .

**Пример** условного обозначения плиты: плита марки П-А первого сорта с мелкоструктурной поверхностью, нешлифованная, класса эмиссии Е1 с размерами  $3500 \times 1750 \times 15 \text{ мм}$ :

П-А, I, М, Ш, Е1,  $3500 \times 1750 \times 15$ , ГОСТ 10632-2007.

Для плиты марки П-Б 2-го сорта с обычной поверхностью, нешлифованной, обычной гидрофобности, класса эмиссии Е-2 с размерами  $1220 \times 2440 \times 16 \text{ мм}$  обозначение записывают так:

П-Б, II, Е-2,  $1220 \times 2440 \times 16$ , ГОСТ 10632-2007.

### 1.1.13. Плиты с ориентированной стружкой

Плита древесная с ориентированной стружкой (ОСП) – многослойная плита, изготовленная из склеенной между собой древесной стружки специальной формы. Стружки в наружных слоях плиты (лицевом и оборотном) расположены в направлении вдоль ее длины или ширины, а во внутреннем слое ориентированы под прямым углом к ее направлению в наружных слоях или имеют случайное расположение (ГОСТ 56309-2014) (рис. 12).

Древесная стружка специальной формы (strand) – древесные частицы длиной более 50 мм и толщиной менее 2 мм, полученные в результате измельчения древесного сырья на специальном оборудовании и предназначенные для дальнейшей промышленной переработки.



Рис. 12. Ориентированно-стружечная плита

В зависимости от физико-механических показателей различают четыре типа плит:

- ОСП-1 – плиты, не несущие нагрузку, предназначенные для применения внутри помещения в сухих условиях;
- ОСП-2 – плиты, несущие нагрузку, предназначенные для использования в сухих условиях;
- ОСП-3 – плиты, несущие нагрузку, предназначенные для использования во влажных условиях;
- ОСП-4 – плиты, несущие повышенную нагрузку, предназначенные для использования во влажных условиях.

По степени обработки поверхностей разделяют плиты нешлифованные (НШ) и шлифованные (Ш).

Плиты выпускаются толщиной 6...40 мм с градацией 1 мм и длиной (шириной) 1200 мм и более с градацией 10 мм.

В зависимости от содержания формальдегида плиты выпускают трех классов эмиссии – E0.5, E1 и E2. Содержание формальдегида в воздухе определяют при испытаниях плит различными экспресс-методами. Выделение формальдегида, установленное методом определения в климатической камере воздуха должно находиться в следующих пределах, мг/м<sup>3</sup>:

- для E0.5 – до 0,08;
- для E1 – свыше 0,08 до 0,124;
- для E2 – свыше 0,124 до 1,25.

Примеры условных обозначений:

Плита типа ОСП-3, шлифованная, класса эмиссии E1, размеры 2500×1250×12 мм:

*ОСП-3, Ш, E1, 2500×1250×12, ГОСТ32567-2013.*

Плита типа ОСП-1, нешлифованная, класса эмиссии E2, размеры 2800×1500×16 мм:

*ОСП-1, НШ, E2, 2800×1500×16, ГОСТ32567-2013.*

Специалисты отмечают следующие преимущества ОСП.

1. Для производства ОСП можно использовать тонкомерные круглые лесоматериалы, заготавливаемые при выполнении рубок ухода, что невозможно при производстве фанеры.

2. Готовые плиты более однородны, в них не наблюдаются отслоение, воздушные карманы, выпавшие сучки, плиты легко обрабатываются.



3. Для производства ОСП может быть использована древесина различных пород: сосны, осины, тополя, клена, ольхи и др.

4. Обе поверхности плиты ОСП имеют одинаковое качество.

5. Плиты ОСП сочетают в себе хорошие прочностные и декоративные свойства.

6. Стружечные плиты имеют более выгодное соотношение веса и прочностных характеристик. Они легко обрабатываются на станках с использованием твердосплавного режущего инструмента.

С учетом отмеченных преимуществ плиты ОСП быстро завоевали репутацию прекрасного строительного материала, особенно в деревянном домостроении.

#### 1.1.14. Плиты цементно-стружечные

Цементно-стружечные материалы широко применяются в строительстве. К ним относят арболит, фибролит, стружкобетон, опилкобетон, цементно-стружечные плиты.

Цементно-стружечный материал – композиционный строительный материал, изготавливаемый из измельченной древесины, портландцемента и химических добавок, снижающих вредное воздействие экстрактов древесины на цемент. Выпускается в виде плит, блоков.

Плотность материала 1100...1400 кг/м<sup>3</sup>; удельная теплоемкость – 1,15 кДж/кг·°С, материал паропроницаемый «дышащий», огнестойкий, пламя по поверхности не распространяется, предел огнестойкости – 50 мин.

Материал водостойкий, устойчивый к гниению, обладает хорошей звукоизоляцией.

Гарантийный срок эксплуатации в строительных конструкциях – 50...100 лет.

**Арболит** – это бетон на цементном вяжущем, органических заполнителях и химических добавках, в том числе регулирующих пористость, и изделия из него (ГОСТ 19222-84).

Арболит предназначается для изготовления теплоизоляционных и конструкционных материалов и изделий, применяемых в зданиях различного назначения с относительной влажностью

воздуха помещений не более 60% и при отсутствии агрессивных газов.

В зависимости от средней плотности в высушенном до постоянной массы состоянии арболит подразделяют на:

- теплоизоляционный – со средней плотностью до  $500 \text{ кг/м}^3$ ;
- конструкционный – со средней плотностью  $500 \dots 850 \text{ кг/м}^3$ .

В зависимости от прочности на сжатие подразделяют на классы:

- B0,35; B0,75; B1 – для теплоизоляционного арболита;
- B1,5; B2; B2,5; B3,5 – для конструкционного арболита.

В качестве вяжущих материалов для изготовления арболитовой смеси применяется портландцемент, портландцемент с минеральными добавками, сульфатостойкий цемент марок не ниже:

- 300 – для теплоизоляционного арболита;
- 400 – для конструкционного арболита.

В качестве органических заполнителей применяется: измельченная древесина из отходов лесозаготовок, лесопиления и деревообработки хвойных пород (ель, сосна, пихта) и лиственных пород (береза, осина, бук, тополь).

Частицы измельченной древесины должны иметь размеры не более 40 мм по длине, 10 мм по ширине, 5 мм по толщине. Содержание коры в измельченной древесине должно быть более 10%, а хвои и листьев не более 5% по массе к сухой смеси заполнителей.

Приготовление арболитовой смеси выполняют перемешиванием цемента, измельченных древесных частиц с начальной влажностью 23%, химических добавок и воды. При перемешивании происходит набухание древесных частиц, их размер увеличивается. Набухание древесины длится до 12 часов, а схватывание цементного камня происходило намного быстрее, в течение нескольких часов.

Арболитовая смесь выкладывается в поддоны, которые размещаются на виброплощадке. Номинальные размеры по длине поддонов и бортов равны, мм: до 2500; 2500...4500; 4500...9000; 9000...15000; 15000...21000.

**Фибролитовые плиты**, строительный материал, изготавливаемый из смеси длинной и узкой древесной стружки, портландцемента, химических добавок.

Плиты применяют в качестве теплоизоляционного, конструкционно-теплоизоляционного и акустического материала в строительных конструкциях зданий и сооружений с относительной влажностью воздуха в помещении не выше 75%. Фибролитовые плиты относятся к трудносгораемым и биостойким материалам.

Плиты марки Ф-300 используются в качестве теплоизоляционного материала, марок Ф-400 и Ф-500 – тепло- и звукоизоляционного и конструкционного материала (рис. 13).

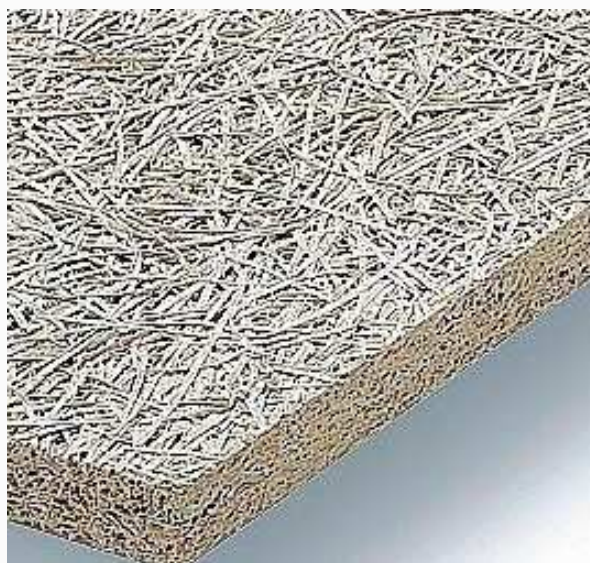


Рис. 3 Плита фибролитовая

Размеры плит, мм:

- длина - 2400, 3000;
- ширина - 600, 1200;
- толщина - 30, 50, 75, 100, 150.

Плотность плит, кг/м<sup>3</sup>: Ф-300 – 250...350; Ф-400 – 351...450; Ф-500 – 451...500.

**Цементно-стружечные плиты (ЦСП)** – строительный материал, получаемый путем прессования древесных частиц с цементным вяжущим и химическими добавками (ГОСТ 26816-86). Плиты относятся к группе трудносгораемых материалов повышенной биостойкости и предназначены для применения в строительных конструкциях: в стеновых панелях, плитах покрытий, в элементах подвесных потолков, вентиляционных коробах, при устройстве полов, а также в качестве подоконных досок, обшивок, облицовочных деталей и других строительных изделий.

Плиты выпускаются длиной 3200, 3600 мм, шириной 1200 мм и толщиной 8...10; 12...16; 18...28 и 30...40 мм (рис. 14).



Рис. 14. Плиты цементно-стружечные

Плотность плит 1100...1400 кг/м<sup>3</sup>.

Выпускается две марки плит ЦСП-1, ЦСП-2. Прочность при изгибе для ЦСП-1 9...12 МПа; для ЦСП-2 – 9...7 МПа.

В качестве сырья для производства плит используется тонкомерная древесина хвойных пород по ГОСТ 9463-72 и древесины лиственных пород по ГОСТ 9462-71 не ниже 3-го сорта. Смешение пород не допускается.

Структурно плита ЦСП включает 58% цемента, 30% древесной стружки, 9% воды, 1,5% жидкого стекла и 1,5% сульфата аммония.

Для производства ЦСП используется стружка толщиной 0,3 мм, длиной 25...31 мм и шириной 1,6...4,8 мм. Стружку получают на стружечных станках ДС-8, ДС-7А и молотковой мельнице ДМ-8А.

## **1.2. Обмер, учет и маркировка лесоматериалов**

### **1.2.1. Учет сырья**

Сырье лесопильное предприятие покупает и поэтому, принимая сырье от продавца, стремится понять, за что платит деньги.

Под учетом понимают совокупность технологических операций, связанных с определением породы, сорта, размеров и объема бревен.

При сортировке по породам хвойные лесоматериалы, предназначенные для выработки пиломатериалов на экспорт, укладываются так: ель и пихта укладываются – вместе, сосна – отдельно, кедр – отдельно, лиственница – отдельно.

Для получения пиломатериалов и заготовок из лиственных пород древесины используют все породы кроме дуба, бука, ясеня, ильма, клена, граба. Чаще всего используют древесину березы.

По качеству древесины, определяемой совокупностью различных пороков, круглые лесоматериалы делят на 3 сорта, обозначаемых арабскими или римскими цифрами:

- 1 или I – первый сорт;
- 2 или II – второй сорт;
- 3 или III – третий сорт.

По толщине (диаметрам) круглые лесоматериалы делят на 5 групп (0, 2, 4, 6, 8), см:

- 20, 30, 40 и т.д. - 0;
- 22, 32, 42 и т.д. - 2;
- 14, 24, 34 и т.д. - 4;
- 16, 26, 36 и т.д. - 6;
- 18, 28, 38 и т.д. - 8.

Для правильного учета пиловочного сырья современные предприятия используют специальные программные продукты, например, «1С: Лесозавод 8» (1С – название фирмы разработчика).

С помощью программного продукта производится грамотное управление закупками пиловочника, управление поштучной приемкой пиловочника, приемкой пиловочника по геометрическому обмеру, по контрольному замеру. Кроме того, производится обоснованный возврат товаров поставщику, выполняется управление складом пиловочника, осуществляется перемещение пиловочника, полуфабрикатов, готовой продукции и отходов между местами хранения, выполняется списание сырья в производство. Программой отражается сортировка пиловочника, его окорка, пиление и др.

Специалисты считают, что использование программного продукта не вызывает больших трудностей и позволяет получить полную информацию о положении дел на складе сырья в любой момент времени.

### 1.2.2. Общие сведения об измерении диаметра круглых лесоматериалов

Диаметры круглых лесоматериалов определяют с помощью специальных измерительных инструментов (табл. 3).

Если измеряемый диаметр бревна не превышает 20 см, то проводят одно измерение диаметра на середине длины бревна. Для овальных бревен проводят два измерения диаметра, одно перпендикулярно к другому, и вычисляют среднеарифметическое значение.

Таблица 1

Инструмент для измерений диаметров круглых лесоматериалов

Наименование	Предел измерений	Допускаемая погрешность
Рулетка измерительная металлическая со шкалой 0 – 2 м 3-го класса точности: Р2НЗК, Р2НЗД, Р2НЗП, Р2УЗК, Р2УЗД, Р2УЗП	0 - 2 м	$\pm 0,6$ мм
Линейка измерительная металлическая 0 - 500 мм с одной или двумя шкалами	0 - 500 мм	$\pm 0,15$ мм
Лесная скоба 0 - 50 см	0 - 50 см	$\pm 2,0$ мм
Измерительная лесная вилка 0 - 75 см	0 - 20 см	$\pm 2,0$ мм
	0 - 40 см	$\pm 4,0$ мм
	0 - 60 см	$\pm 6,0$ мм
	0 - 75 см	$\pm 7,5$ мм

Если измеряемый диаметр бревна превышает 20 см, а число таких бревен в партии менее 100 шт., то проводят два измерения диаметра, одно перпендикулярно к другому, и вычисляют среднеарифметическое значение.

Для определения объема бревна диаметры измеряют без коры. Измеряют следующие диаметры:

- верхний диаметр  $d$ ;
- нижний диаметр  $D$ ;

– срединный диаметр (диаметр на середине длины бревна)  $d_c$ .

### 1.2.3. Поштучные методы измерений и определения объема круглых лесоматериалов

#### Метод срединного сечения

Метод срединного сечения предусматривает вычисление объема бревна как цилиндра, основанием которого служит площадь поперечного сечения, взятого на середине бревна без коры. Вычисление объема бревна  $V$  проводят по формуле  $\text{м}^3$ :

$$V = 3,1416 d_c^2 \frac{L}{40000}, \quad (1)$$

где  $d_c$  – срединный диаметр бревна, см;

$L$  – длина бревна, м.

#### Метод концевых сечений

Для определения объема бревна измеряются верхний и нижний диаметры, а также длина бревна. Объем бревна находят по формуле,  $\text{м}^3$ :

$$V = 3,1416 (d^2 + D^2) \frac{L}{80000}. \quad (2)$$

#### Секционный метод

Согласно методу бревно условно делят на несколько секций, которые принимают цилиндрическими по форме. Объем бревна принимают равным сумме объемов всех секций.

Для вычислений измеряют верхние диаметры секций  $d_i$  по всей длине бревна, расположенных через равные отрезки длиной  $l$  от одного измерения до другого. Объем бревна вычисляют по формуле,  $\text{м}^3$ :

$$V = \frac{3,1416}{40000} l \sum_{i=1}^n d_i^2. \quad (3)$$

## Метод верхнего диаметра и среднего сбega

Объем бревна находят как объем цилиндра, диаметр которого равен срединному диаметру бревна. Для удобства расчетов срединный диаметр выражают через верхний диаметр, см:

$$d_c = d + 0,5sL,$$

где  $s$  – сбег бревна, то есть постепенное увеличение диаметра бревна от  $d$  до  $D$  по всей длине, см/м.

$$V = \frac{3,1416 \ L(d + 0,5sL)^2}{40000}. \quad (4)$$

$$s = (D - d) / L .$$

### 1.2.4. Групповые методы измерений и определения объема круглых лесоматериалов

#### Геометрический метод определения объема бревен в штабеле

Геометрический метод предполагает измерение объема круглых лесоматериалов, уложенных в штабель. Штабель может находиться на автомобиле, в вагоне железнодорожного транспорта, в трюме или на палубе судна, в лесонакопителе или на земле.

Для измерения объема сначала измеряют *складочный объем* штабеля (рис. 15), то есть объем, вычисленный по результатам измерения его высоты  $H$ , ширины  $B$  и длины  $L$  в м. Высоту штабеля  $H$  измеряют по секциям. Для этого штабель по длине делят на  $n$  равных секций длиной не более 3 м, измеряют высоту каждой секции на середине ее длины. Высоту всего штабеля находят как среднюю арифметическую величину высот секций.

Складочный объем штабеля  $V_c$  вычисляют по формуле, м<sup>3</sup>:

$$V_c = HBL. \quad (5)$$



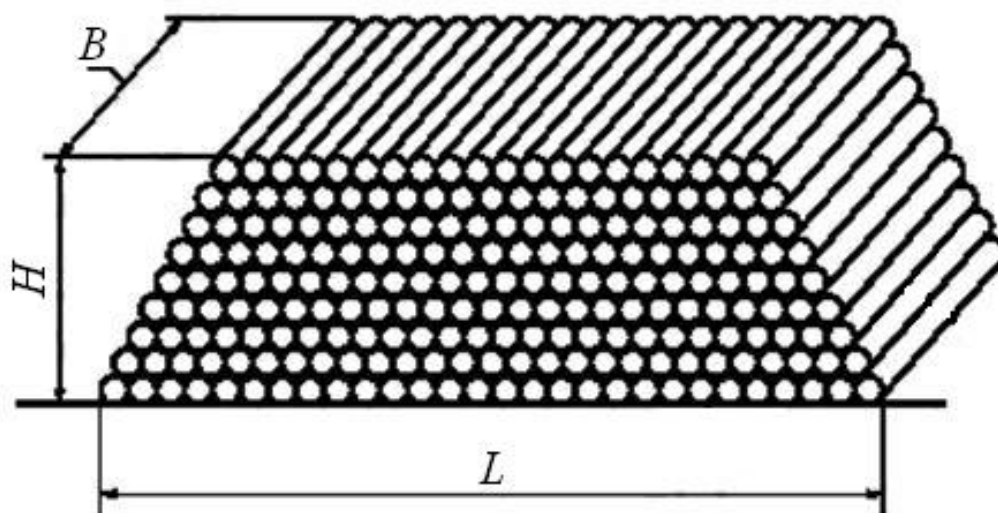


Рис. 15. Штабель круглых лесоматериалов

Объем древесины в штабеле находят с учетом коэффициента полндревесности  $K_v$  (табл. 4) по формуле,  $\text{м}^3$ :

$$V = V_c K_v. \quad (6)$$

Таблица 4

Коэффициент полндревесности штабеля  
круглых лесоматериалов

Порода	Значения $K_v$ в зависимости от длины сортиментов, м				
	3	4	5	6	7
Ель, пихта	0,673	0,665	0,660	0,665	0,651
Сосна	0,660	0,655	0,652	0,65	0,648
Лиственница	0,645	0,640	0,637	0,635	0,633
Береза, осина	0,670	0,663	0,660	0,656	0,652

### Весовой метод определения объема партии

Весовой метод применяют для определения объема штабелей бревен, составляющих вагонную, судовую или автомобильную партию.

Массу бревен в партии  $M$ , т, определяют как разницу между массой брутто и массой тары (вагона, автомобиля). Объем бревен в партии вычисляют по формуле,  $\text{м}^3$ :

$$V = \frac{M}{K_{\rho}}, \quad (7)$$

где  $K_{\rho}$  – коэффициент плотности, т/м<sup>3</sup>.

### 1.2.5. Сортировка круглых лесоматериалов

На лесопильном предприятии всегда создается оперативный (предварительный) запас бревен или кряжей, который подлежит сортировке и учету. Такой запас предназначен для обеспечения синхронной работы деревообрабатывающего цеха и сглаживает неравномерность поступления круглых лесоматериалов на склад сырья.

Обычно на лесопильное предприятие поступают круглые лесоматериалы без деления на размерные и качественные группы. На складе сырья их сортируют по породам, размеру и качеству, определяют объем, то есть раскладывают по сортировочным категориям. Количество сортировочных категорий определяет дробность сортировки сортиментов.

Круглые лесоматериалы по ГОСТ 9462-88 и ГОСТ 9463-88 лиственных и хвойных пород делятся на три группы:

- мелкие толщиной (верхним диаметром) 6...13 см с градацией 1 см;
- средние толщиной 14...24 см с градацией 2 см;
- крупные толщиной 26 см и более с градацией 2 см.

В лесопильном производстве используют средние и крупные лесоматериалы. Пиловочник сортирую на 1 сорт, 2 сорт и 3 сорт с указанием толщины (диаметра) в верхнем отрубе, см, (ГОСТ 2292).

Хвойные лесоматериалы, предназначенные для получения экспортных пиломатериалов, сортируют по породам так: ель и пихту – складывают вместе, сосну – отдельно, кедр – отдельно, лиственницу – отдельно.

Для получения пиломатериалов общего назначения используют бревна хвойных пород (сосну, ель, пихту, лиственницу, кедр) сортов 1, 2, 3 толщиной 14 см и более длиной 3,0...6,5 м с градацией по длине 0,25 м (ГОСТ 9463-88). Для пиления на рамных потоках хвойный пиловочник сортируют на группы диамет-

ров: 1 – (14...16 см); 2 – (18...20 см); 3 – (22...24 см); 4 – (26...30 см); 5 – (32...38 см); 6 – (40 см и выше).

Для получения пиломатериалов общего назначения из древесины лиственных пород используют бревна всех пород, кроме дуба, бука, ясеня, ильма, клена, граба сортов 1, 2, 3 толщиной 14 см и более длиной 2,0...6,0 м с градацией по длине 0,25 м (ГОСТ 9462-88).

На большинстве деревообрабатывающих предприятий круглые лесоматериалы сортируют на продольных механических или автоматических сортировочных конвейерах. На них кроме транспортных операций выполняются операции поштучной загрузки лесоматериалов, измерения их параметров, задание адреса сброса и сброс лесоматериала в карман накопитель.

При механическом способе сортировки загрузка и разгрузка лесоматериалов может выполняться вручную или механическим способом, а транспортная операция к месту сброски сортимента, механизирована. Здесь используется тяжелый ручной труд.

При ручной сортировке оператор находится на конвейере и лесной вилкой (рис. 16) измеряет вершинный диаметр каждого бревна. Результат измерения в виде клейма наносит на торец бревна и записывает в журнале. Оператор конвейера по клейму определяет адрес сброски бревна в карман-накопитель. В конце рабочей смены оператор по таблицам определял объем измеренных бревен.



Рис. 16. Вилка мерная

Мерные вилки давали большую погрешность при измерении диаметров и объемов бревен. Появившиеся электронные вилки

позволили повысить точность измерения диаметров, но ручной труд сохранился.

При автоматической сортировке лесоматериалов все технологические операции на сортировочном конвейере выполняются в автоматическом режиме.

Продольный сортировочный конвейер имеет тяговую круглозвенную цепь с траверсами, которая перемещается со скоростью 0,8 м/с. Длина конвейера – около 100...130 м. Сбрасыватели сортиментов могут быть рычажные или гравитационные. Управление работой бревносбрасывателей осуществляется при помощи наносимой записи на тяговой цепи под сортиментом магнитной метки и считывания ее датчиками, расположенными на конвейере у каждого накопителя.

Начиная с 1980 г. в российских лабораториях разрабатываются и внедряются на деревообрабатывающих предприятиях инновационные технологии автоматического измерения и учета пиловочного сырья. Зарождается технология сканирования.

Технология 3D-сканирования заключается в получении математической модели объекта, то есть его трехмерного образа в электронном виде. Для этого поверхность объекта тем или иным способом «ощупывается» и результат передается в компьютерную программу для обработки.

Ощупывать объект можно механическим щупом. Щуп, снабженный датчиком касания, перемещается и измеряет высоту или глубину поверхности объекта в каждой точке.

Ясно, что модель будет тем точнее соответствовать исходному объекту, чем меньше будет шаг измеряемых точек.

С такой задачей проще справится бесконтактный сканер, в котором будут регистрироваться не механические соприкосновения, а отражения какого-либо рода излучений от объекта.

Большинство бесконтактных сканеров имеют свой источник излучения, например инфракрасный излучатель, лазерный излучатель. Скорость света излучателя огромна, и в единицу времени можно делать многие десятки и даже сотни тысяч замеров, а длина волны полупроводникового лазера обычно не превышает микрометра.

В сканере излучатель и регистрирующая камера на корпусе разнесены, и луч посылается под определенным углом относительно камеры. Таким образом, получается треугольник, основа-

ние которого образуют излучатель и камера, а вершиной является точка на поверхности объекта. По смещению формируемого объективом на сенсоре камеры отражения от этой точки можно вычислить угол между падающим и отраженным лучами, а зная угол и длину основания, можно очень точно вычислить расстояние до точки объекта.

Таким образом, 3D-сканер для бревен – это инновационное устройство, предназначенное для быстрого анализа физического бревна и создания его точной компьютерной 3D-модели (объемной модели). Как правило, 3D-сканер для бревен представляет собой небольшое электронное устройство, установленное стационарно.

На выходе сканера пользователь получает высокоточную цифровую модель бревна, которая позволяет на основе этих данных управлять технологическим режимом производства.

В качестве примера на рис. 17 приведена схема 3D-сканера для бревен компании Уральский Робототехнический Центр «Альфа-Интех» (г. Челябинск).

Сканер используется компанией «Камский Берег-Станкострой» (г. Ижевск) в линиях сортировки бревен.

При работе 3D-сканера на поверхности бревна с помощью 3-х лазерных указателей формируется след лазерного луча, который фиксируется видеокамерами. Все 3 лазерные указателя расположены так, что дают развертку своих лучей в одной рабочей плоскости, перпендикулярной направлению движения бревна через сканер. Камеры откалиброваны так же относительно данной плоскости, что позволяет с помощью специального программного обеспечения выделить след лазера из видеопотока и определить положение точек следа в рабочей плоскости. Сигнал о начале и конце оцифровки вырабатывается фотодатчиком, который фиксирует момент пересечения светового луча торцом бревна. Для этого поступающие на продольный конвейер бревна проходят через рамку измерительного устройства.

Все данные об измерениях, а так же снимки переходят в портативный компьютер, данные и поверхность сканируемой детали запоминаются, анализируются и выводятся на экран в виде трехмерного изображения. С помощью компьютера можно управлять процессом сканирования, выбирать разрешение и необходимые области для уточнения детализации, сохранять и из-

менять полученные с помощью трехмерного лазерного сканера данные.

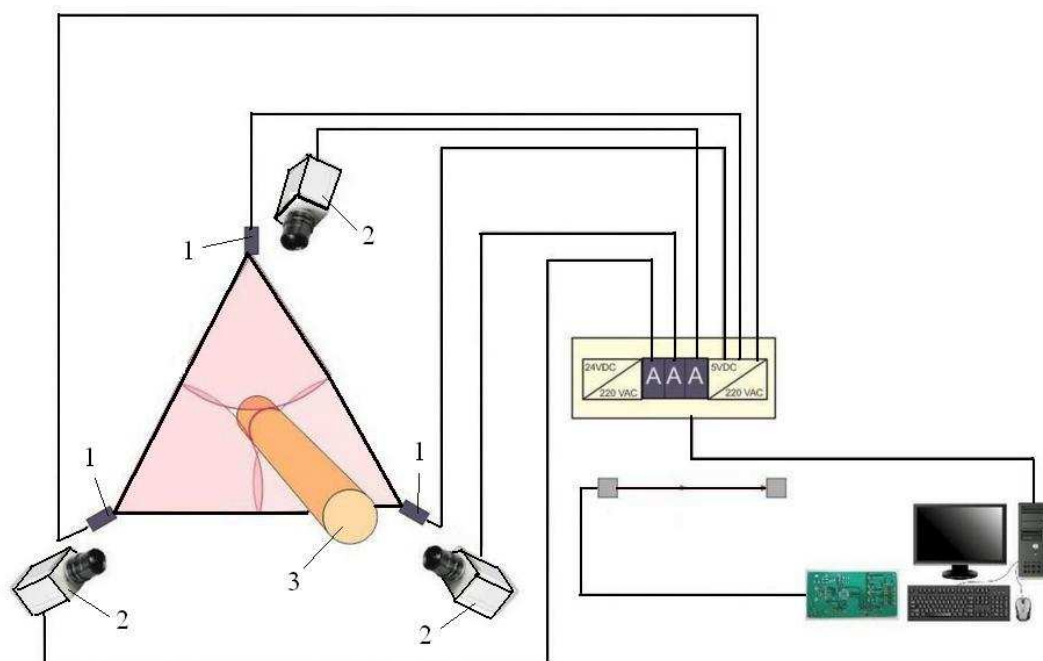


Рис. 17. 3D-сканер для обмера бревен компании УРЦ «Альфа-Интех»:

1 – лазерные указатели; 2 – видеокамеры; 3 бревно

В 2014 г. компания «Автоматика-вектор» начала выпуск модернизированных моделей сканеров под новым названием Вектор-1D (измерение в одной плоскости) и Вектор-2D с измерением в двух плоскостях. У сканера Вектор-1D имеется две стойки, в одной из них смонтирован ИК-излучатель, в другой – приемник. При измерении (рис. 18, 19) бревно проходит между стойками, происходит его сканирование.



Рис. 18. Линия сортировки бревен с одноплоскостным сканером

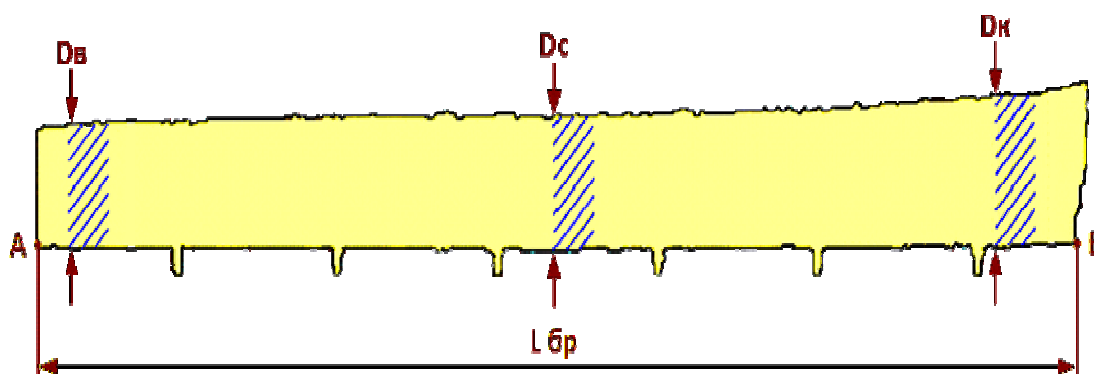


Рис. 19. Измерение параметров бревна сканером Вектор

### 1.2.6. Маркировка круглых лесоматериалов

Согласно ГОСТ 2292-88 круглые лесоматериалы толщиной 14 см и более маркируют поштучно в пунктах их производства.

Круглые лесоматериалы длиной до 2 м включительно независимо от толщины поштучно не маркируют, за исключением лесоматериалов, предназначенных для лущения и строгания, выработки авиационных пиломатериалов, лыжных и ложевых заготовок, а также лесоматериалов ценных пород: ореховых, буковых, дубовых, ясеневых, каштановых, кленовых, яблоневых и грушевых.

Балансы, рудничная стойка и дрова поштучной маркировке не подлежат.

Лесоматериалы, объем которых определяется групповыми методами, а также поставляемые плотовым и молевым сплавом, допускается поштучно не маркировать.

Поставка сплавом лесоматериалов для выработки авиационных, резонансных пиломатериалов, ложевых и лыжных заготовок, строганого шпона, а также фанерного сырья в комбинированном виде и лесоматериалов ценных пород без поштучной маркировки не допускается.

Маркировка должна содержать обозначение сорта и толщины лесоматериалов.

На лесоматериалы для лущения в долготье или в комбинированном виде по длине наносят обозначения сорта каждого чурака и толщины бревна. На вершинные бревна наносят обозначение в виде черты, пересекающей весь верхний торец бревна.

Реквизиты маркировки наносят на верхние торцы лесоматериалов водостойкими красками (при поставке сплавом) или красками и мелками, стойкими к атмосферным воздействиям.

Условные обозначения реквизитов маркировки:

сорт - арабскими или римскими цифрами;

1 или I - первый сорт;

2 или II - второй сорт;

3 или III - третий сорт;

толщина, см, - арабскими цифрами:

20, 30, 40 и т.д. - 0;

22, 32, 42 и т.д. - 2;

14, 24, 34 и т.д. - 4;

16, 26, 36 и т.д. - 6;

18, 28, 38 и т.д. - 8.

Условные обозначения должны иметь высоту 30-50 мм.

Пакеты или сплоточные единицы лесоматериалов должны иметь прикрепленный к ним ярлык, содержащий следующие реквизиты: номер пакета или пучка, назначение лесоматериалов, количество бревен и их общий объем. Номер пакета или пучка должен дублироваться нанесением на нескольких бревнах или на втором ярлыке. Реквизиты наносят несмываемой краской или другими средствами, обеспечивающими сохранность реквизитов до получения лесоматериалов потребителем.

Для лесоматериалов ценных пород (ореховых, буковых, дубовых, ясеневых, каштановых, берестовых, чинаровых, кленовых, яблоневых и грушевых) допускается поштучная номерная маркировка путем прикрепления на верхний торец каждого бревна (или на оба торца) бирки-ярлыка со штриховым и дублирующим его цифровым визуально читаемым кодом с реквизитами: область заготовки, держатель лесфонда, лесозаготовитель, номер бревна или маркировка цифрового кода с помощью других средств: краски, клеймения, выжигания.

Для бирки (ярлыка) используют гибкие пленочные синтетические или другие материалы. Бирка должна быть размером не менее 30 мм в ширину и 50 мм в длину; 2/3 бирки отводят под штриховой код, 1/3 часть - под цифровой код.

Бирку жестко крепят на торец бревна на расстоянии не менее 50 мм от края торца без коры. Крепление бирки производят специальными скобами с двух противоположных краев средней



части ширины или длины бирки, при этом не должен быть нарушен код.

Реквизиты цифрового кода имеют следующую структуру:

XX - код области (субъекта Федерации);

XX - номер (код) предприятия-держателя лесфонда;

XX - номер (код) лесозаготовителя;

XXXX - номер бревна.

Штриховое кодирование применяют для автоматического считывания сканером в микрокомпьютер данных о бревне при использовании электронных средств учета лесоматериалов.

### 1.2.7. Определение объема пиломатериалов

Определить объем пиломатериалов гораздо легче, чем круглого леса. Пиломатериалы чаще всего имеют геометрически правильную форму, поэтому объем их может быть найден путем умножения длины на толщину и ширину:

$$V = stl, \quad (8)$$

где  $s$  – ширина пиломатериалов, см;

$t$  – толщина, мм;

$l$  – длина, м.

На практике объем пиломатериалов определяют по таблицам, например, табл. 5.

Таблица 5

Объем досок и брусков толщиной 45 мм, шириной от 10 до 15 см и длиной до 9 м (по ОСТ )

Шири- на брус- ков и досок, см	Длина брусков и досок, м								Шири- на брус- ков и досок, см
	1	4	4,5	5	6,5	7	8,5	9	
	Объем, м <sup>3</sup>								
10	0,00450	0,0180	0,0202	0,0225	0,0292	0,0315	0,0382	0,0405	10
11	0,00495	0,0198	0,0223	0,0248	0,0322	0,0346	0,0421	0,0446	11
12	0,00540	0,0216	0,0243	0,0270	0,0351	0,0378	0,0459	0,0486	12
13	0,00585	0,0234	0,0263	0,0292	0,0380	0,0410	0,0497	0,0526	13
14	0,00630	0,0252	0,0284	0,0315	0,0410	0,0441	0,0536	0,0567	14
15	0,00680	0,0270	0,0304	0,0338	0,0439	0,0472	0,0574	0,0608	15

Для пиломатериалов устанавливается припуск на усушку по их ширине и толщине, что необходимо учитывать при приемке. Величина этого припуска колеблется от 2,5 до 7 %, причем с увеличением ширины и толщины пиломатериалов припуск уменьшается.

Величина припуска в расчет кубатуры пиломатериалов не входит. Например, доски, имеющие фактическую ширину 205 мм, считаются шириной 200 мм. Разница 5 мм в данном случае и есть припуск на усушку.

При определении кубатуры не обрезных досок ширину их надо измерять на середине длины. Так как ширина не обрезных досок на правой и левой сторонах может быть неодинаковой, то при обмере их надо брать среднее между шириной обеих сторон. Объем не обрезных досок определяют по их длине, ширине и толщине при помощи тех же таблиц, что и для чистообрезных пиломатериалов.

### 1.2.6. Определение объема измельченной древесины

На деревообрабатывающих предприятиях при работе станков образуются мягкие отходы (опилки, стружка, кора), технологическая стружка и щепа. Мягкие древесные отходы отличаются неоднородностью размеров и плохой сыпучестью. В разрыхленном состоянии они занимают объем больший, чем объем плотной древесины. Плотность разрыхленных мягких отходов определяют так:

$$\rho = K_v \rho_d, \quad (9)$$

где  $\rho$  – масса одного м<sup>3</sup> древесных частиц (плотность), кг/м<sup>3</sup>;

$K_v$  – коэффициент полнодревесности (заполнения);

$\rho_d$  – плотность массивной древесины, кг/м<sup>3</sup>.

Коэффициенты полнодревесности для некоторых типов частиц имеют следующие значения:

Тип частиц:	Щепа всех классов	Щепа-дробленка	Стружка лиственничная	Стружка хвойная	Опилки не слжавшиеся
$K_v$	0,338	0,375	0,110	0,130	0,250

Плотность массивной древесины сухой и влажности для некоторых пород приведена ниже:

– при влажности 15 %

Порода	Береза	Бук	Дуб	Ель	Лиственница
$\gamma_v, \text{кг/м}^3$	640	690	740	450	670
Порода	Липа	Ольха	Осина	Пихта	Сосна
$\gamma_v, \text{кг/м}^3$	490	530	490	380	510

– при влажности 60...80 %

Порода	Береза	Бук	Дуб	Ель	Лиственница
$\gamma_v, \text{кг/м}^3$	870	930	1010	710	1040
Порода	Липа	Ольха	Осина	Пихта	Сосна
$\gamma_v, \text{кг/м}^3$	740	800	730	600	800

**Пример.** Определить плотность опилок, получаемых при пилении древесины ели при влажности 80%.

**Решение.** По приведенным данным находим коэффициент полндревесности опилок  $K_v = 0,25$  и плотность массивной древесины ели

$\rho_d = 710 \text{ кг/м}^3$ . Плотность еловых опилок

$\rho = K_v \rho_d = 0,25 \cdot 710 = 177,5 \text{ кг/м}^3$ .

### 1.3. Пороки древесины

**Пороки древесины.** Пороками древесины называют недостатки, снижающие качество древесины и ограничивающие ее использование. К порокам древесины относят сучки, трещины, пороки формы ствола, пороки строения древесины, химические окраски, грибные поражения, биологические повреждения, инородные включения, покоробленность и др.

**Сучки.** Сучок это часть ветви дерева, заключенная в древесине ствола. Сучки бывают выпадающие, не имеющие срастания с окружающей древесиной и держащийся в ней плохо, сучки с гнилью, занимающие более 1/3 площади разреза сучка, групповые, круглые, овальные и ребровые сучки, сосредоточенные в количестве двух или более штук на расстоянии 150 мм.

*Трещины.* Трещина представляет собой разрыв древесины вдоль волокон. Трещины бывают глубокими и неглубокими, по происхождению морозными и механического повреждения..

*Пороки формы ствола.* К этим порокам относят закомелистость, наросты на стволе, кривизна, сбежистость ствола и др.

Закомелистость представляет собой резкое увеличение диаметра комлевой части круглых лесоматериалов или ширины необрезной пилопродукции, когда диаметр (ширина) комлевого торца не менее чем в 1,2 раза превышает диаметр (ширину) сортамента, измеренный на расстоянии 1 м от этого торца.

Нарост на стволе выражается в резком местном утолщении ствола различной формы и размеров.

Кривизна ствола представляет собой отклонение продольной оси сортамента от прямой линии, обусловленное искривлением ствола.

Сбежистость – постепенное уменьшение диаметра круглых лесоматериалов или ширины необрезной пилопродукции на всем их протяжении, превышающее нормальный сбег, равный 1 см на 1 м длины сортамента.

*Пороки строения древесины.* К порокам этой группы относят около 50 наименований, ниже приведены некоторые из них:

- внутреннюю заболонь, годовичные слои которой расположены в зоне ядра, при этом окраска и свойства их близки к окраске и свойствам заболони;

- водослой – участки ядра ненормальной темной окраски, возникающие в растущем дереве в результате резкого увеличения их влажности;

- глазки, то есть следы неразвившихся в побег «спящих» почек;

- групповые глазки – глазки, сосредоточенные в количестве трех и более и отстоящие друг от друга на расстоянии не более 10 мм;

- завиток – местное искривление годовичных слоев, обусловленное влиянием сучков или проростей;

- засмолок – участок древесины хвойных пород, обильно пропитанный смолой;

- кармашек – полость внутри или между годовичных слоев, заполненная смолой или камедями;

- ложное ядро – темное неравномерно окрашенное ядро, граница которого обычно не совпадает с годовыми слоями, отделенное от заболони темной (реже светлой) каймой и не отличающееся по твердости от окружающей древесины;

- прожилки – пятнистость в виде тонких желтоватых полосок рыхлой ткани, расположенных по границе годовых слоев;

- пятнистость древесины – окраска заболони лиственных пород в виде пятен и полос без понижения твердости древесины, возникающая в растущих деревьях и близка по цвету к окраске ядра;

- радиальная пятнистость – пятнистость, характеризующаяся на поперечных разрезах вытянутостью пятен в радиальном направлении вдоль сердцевинных лучей;

- тангентальная пятнистость – пятнистость, характеризующаяся на поперечных разрезах вытянутостью пятен в тангентальном направлении, по годовым слоям;

- радиальный наклон волокон – наклон волокон в радиальной плоскости, обнаруживаемый в пилопродукции, деталях и шпоне на радиальных поверхностях по непараллельности годовых слоев продольной оси сортимента, а на тангентальных поверхностях – по несимметричному рисунку выклинивания годовых слоев.

*Грибковые поражения.* В эту группу относят более 20 видов пороков. Вот некоторые из них:

- белая волокнистая гниль – гниль, характеризующаяся пониженной твердостью и светло-желтым или почти белым цветом и волокнистой структурой;

- боковое побурение – побурение, начинающееся от боковой поверхности круглого лесоматериала и распространяющееся к его центру;

- бурая трещиноватая гниль – гниль, характеризующаяся пониженной твердостью и бурым (изредка серым) цветом различных оттенков и трещиноватой призматической структурой;

- глубокие заболонные грибные окраски – заболонные грибные окраски, проникающие в древесину на глубину более 2 мм;

- грибные ядровые пятна – ненормально окрашенные участки ядра без понижения твердости древесины, возникающие в рас-

тущем дереве под воздействием деревоокрашивающих и (или) дереворазрушающих грибов;

- дупло – полость, возникающая в растущем дереве в результате полного разрушения древесины дереворазрушающими грибами;

- заболонная гниль – гниль, возникающая в заболони срубленной древесины, с желтовато-бурыми или розовато-бурыми оттенками у хвойных пород; с пестрой окраской, напоминающей рисунок мрамора – у лиственных пород;

- заболонные грибные окраски – ненормально окрашенные участки заболони без понижения твердости древесины, возникающие в срубленной древесине под воздействием деревоокрашивающих грибов, не вызывающих образования гнили;

- пестрая ситовая гниль – гниль, характеризующаяся пониженной твердостью и пестрой окраской, обусловленной присутствием на красновато-буром (буром, серо-фиолетовом) фоне пораженной древесины и желтоватых пятен и полос и ячеистой или волокнистой структурой. Пораженная древесина довольно долго сохраняет целостность, при сильном разрушении становится мягкой и легко расщепляется;

- побурение древесины – ненормально окрашенные участки заболони лиственных пород бурого цвета разных оттенков, различной интенсивности и равномерности, возникающие в срубленной древесине в результате развития биохимических процессов с участием грибов или без них и вызывающие некоторое понижение твердости древесины;

- синева древесины – серая окраска заболони с синеватыми или зеленоватыми оттенками.

*Биологические повреждения.* Пороки этой группы являются результатом жизнедеятельности насекомых, растений и птиц. К ним относят следующие пороки:

- червоточина – ходы и отверстия, сделанные в древесине насекомыми. Червоточина может быть поверхностная, проникающая внутрь до 3 мм, неглубокая, проникающая в древесину круглых лесоматериалов до 15 мм и в древесину пиломатериалов до 5 мм. Если глубина червоточины превышает указанные нормы, то она считается глубокой. Червоточина может быть некрупной (диаметром до 3 мм), крупной (диаметром более 3 мм) и сквозной, пронизывающей материал насквозь;

- повреждение древесины паразитными растениями – отверстия в древесине пилопродукции, возникающие в результате жизнедеятельности паразитных растений (омела, ремнецветник);
- повреждение птицами – полость в круглых лесоматериалах, возникающая в результате жизнедеятельности птиц.

*Инородные включения, механические повреждения и пороки обработки.* Под инородным включением в древесине понимают присутствующее в лесоматериалах постороннее тело недревесного происхождения (камень, проволока, гвоздь, металлический осколок).

### 1.3.1. Сортообразующие пороки круглых лесоматериалов

Растущее дерево – живой организм, который растет, развивается в условиях изменяющейся окружающей среды. В неблагоприятных условиях дерево болеет и в структуре древесины ствола дерева возникают отклонения, пороки, которые накладывают ограничения на применение такой древесины.

Круглые лесоматериалы по качеству древесины делят на три сорта: сорт 1, сорт 2, сорт 3 [8, 9, 10].

Ниже приведены основные пороки древесины, влияющие на сортность лесоматериалов.

**Сучки** представляют собой части (основания) ветвей, заключенные в древесине сортимента. По степени зарастания в круглых лесоматериалах различают два вида [11]:

- **открытые**, т.е. выходящие на боковую поверхность сортимента;
- **заросшие**, обнаруживаемые по вздутиям и другим следам зарастания на боковой поверхности.

По состоянию древесины сучки делятся на здоровые, сухие и гнилые.

*Сросшийся здоровый сучок* – сучок, годовые слои которого срослись с окружающей древесиной на протяжении не менее  $3/4$  периметра разреза сучка (рис. 20).

*Табачный сучок*, загнивший или гнилой сучок, в котором древесина полностью или частично превратилась в рыхлую массу ржаво-бурого (табачного) или белесого цвета

*Пасынок* – отставшая в росте или отмершая вторая вершина, пронизывающая сортимент под острым углом к его продольной

оси на значительном протяжении. На боковой поверхности круглых лесоматериалов наблюдается в виде сильно вытянутого овала, у которого один диаметр превышает другой более чем в 4 раза.

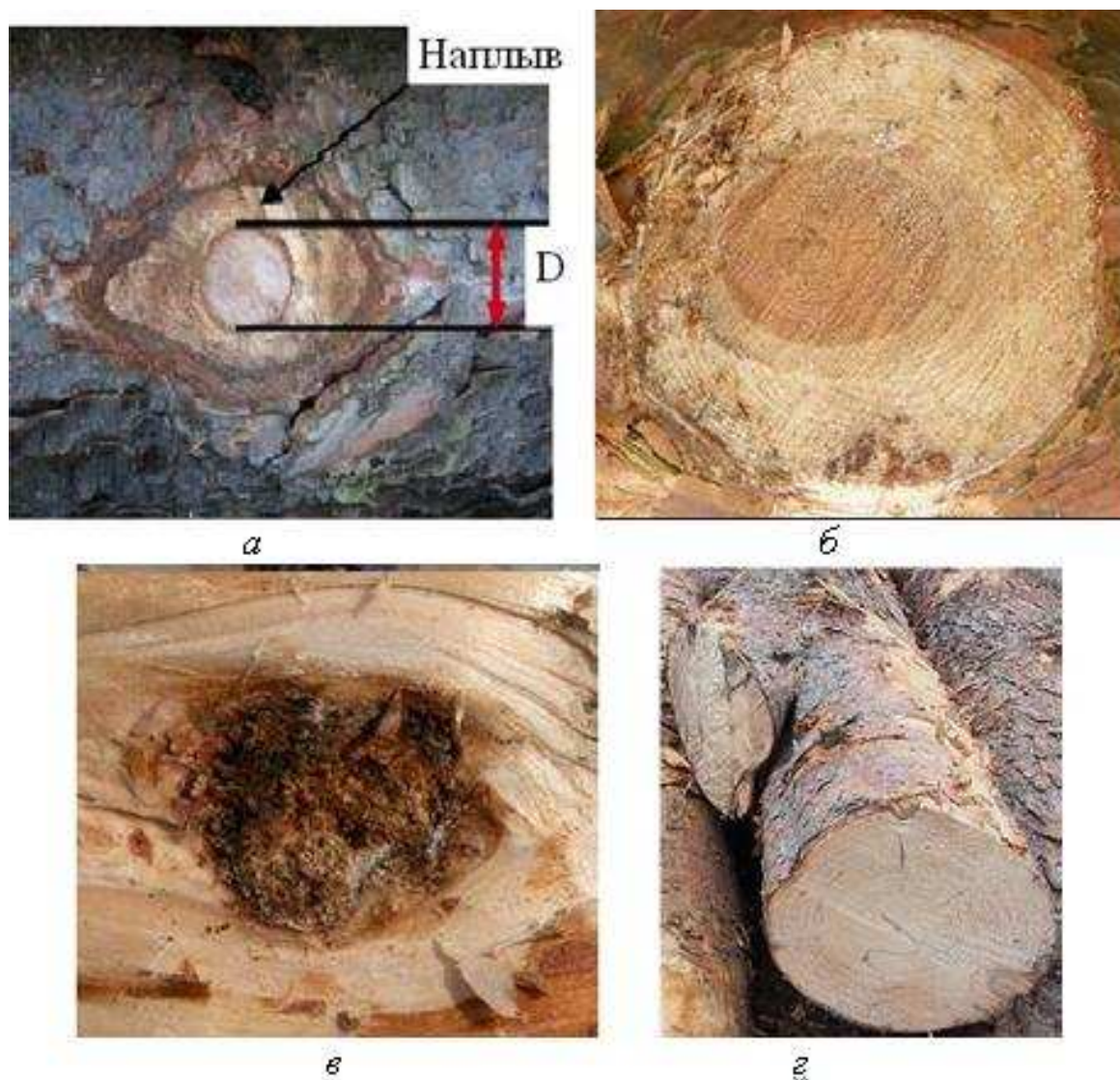


Рис. 20. Сучки:  
а, б – сросшиеся; в – гнилой сучок; г – пасынок

**Грибные поражения.** К этой группе относят пороки, образовавшиеся в древесине в результате поражения ее грибами. Грибки могут быть деревоокрашивающие и дереворазрушающие. На сортность сортиментов влияют следующие гнили (рис.21):



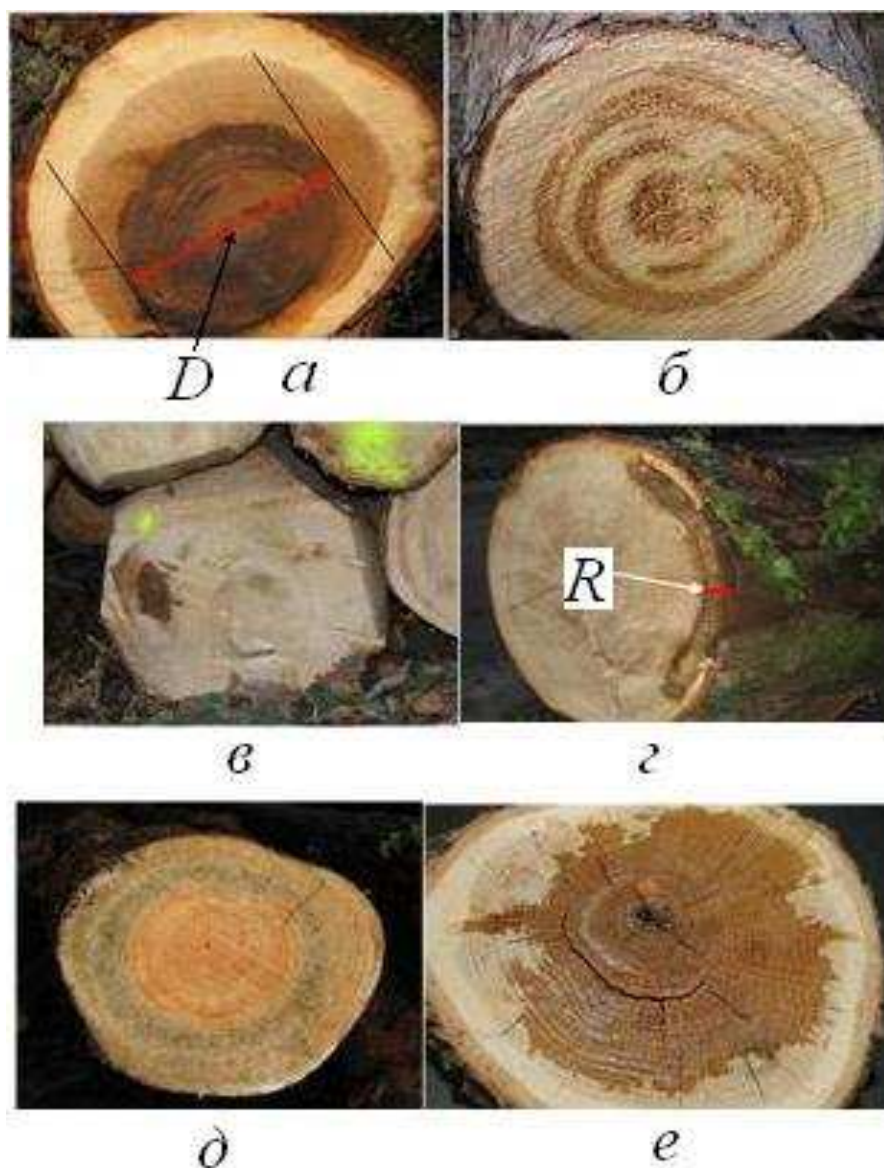


Рис. 21 Грибные поражения:

*а, б* – ядровая гниль; *в* – ситовая гниль; *г* – заболонная гниль;  
*д* – синева; *е* – побурение

– *ядровая гниль* – порок, возникающий в растущем дереве под влиянием дереворазрушающих грибов. Существенно влияет на сортность древесины, вплоть до ее полной непригодности.

– *заболонная гниль* – в виде участков с ненормальной окраской, возникающих в срубленной древесине под воздействием дереворазрушающих грибов. Может сопровождаться уменьшением твердости древесины, поэтому различают *твердую заболонную гниль*, близкую по твердости к окружающей древесине, и *мягкую заболонную гниль* с пониженной твердостью.

– *наружная трухлявая гниль* – трещиноватая гниль бурого цвета, возникающая под воздействием сильных дереворазрушающих грибов. Гниль начинается с поражения наружных частей древесины. Наружная трухлявая гниль – опасный порок, так как пораженная древесина является источником грибной инфекции и для здоровой древесины.

– *заболонные грибные окраски* (синева, и цветные заболонные пятна). Заболонные грибные окраски – ненормальные окраски заболонной древесины. Могут быть самых разных цветов – розового, желтого, коричневого и даже черного. Частный случай этого порока – *синева*, характерная серым цветом с синеватым или зеленоватым оттенком. Встречается практически на всех видах древесины.

**Червоточина** – повреждения древесины насекомыми и другими беспозвоночными (морскими древоточцами) (рис. 22). Насекомые и их личинки повреждают древесину сухостойных или ослабленных деревьев и свежесрубленную древесину при хранении.

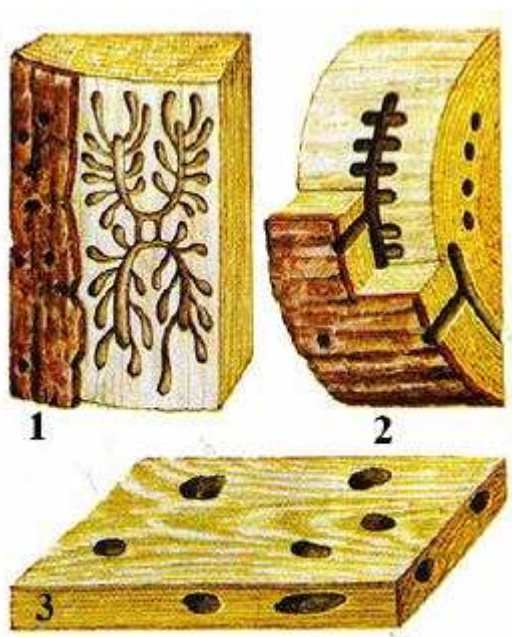


Рис. 22. Червоточина:

1 – поверхностная; 2 – глубокая, в круглых лесоматериалах;  
3 – глубокая, в пиломатериалах

**Трещины** представляют собой разрывы древесины вдоль волокон. Трещины бывают метиковые, морозные, трещины усушки и отлупные (рис. 23).

*Метиковыми трещинами* называют радиально направленные внутренние трещины в ядре или спелой древесине, отходящие от сердцевины и имеющие большую протяженность по длине сортимента. Такие трещины возникают в растущем дереве и увеличиваются в срубленной древесине в процессе ее просыхания. Метиковые трещины в круглых лесоматериалах наблюдаются только на торцах.

*Морозные трещины* – радиально направленные наружные трещины, проходящие из заболони в ядро и имеющие значительную протяженность по длине сортимента. Такие трещины возникают в растущем дереве и сопровождаются образованием на стволе характерных валиков и гребней разросшейся древесины и коры. В круглых лесоматериалах морозные трещины бывают на боковой поверхности в виде длинных и глубоких трещин, окруженных валиками или гребнями, на торцах – в виде глубоких радиальных трещин с уширенными около них годичными слоями.

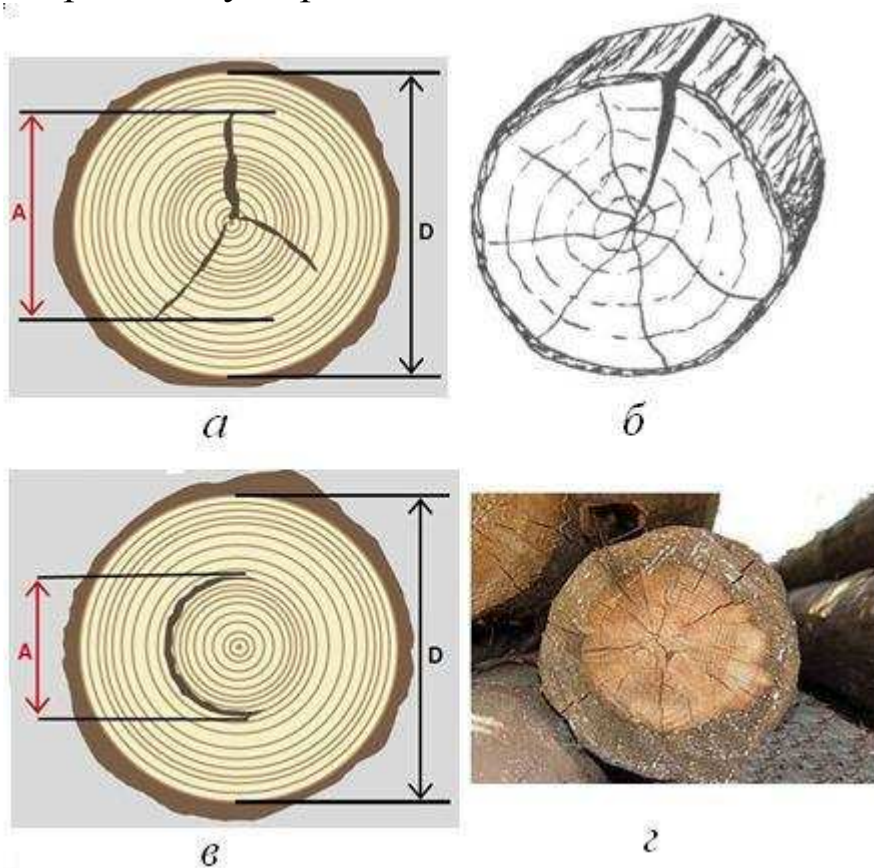


Рис. 23. Трещины:

*а* – метиковая; *б* – морозная; *в* – отлупная; *г* – усушки

*Отлупные трещины* – трещины в ядре или спелой древесине, проходящие между годичными слоями и имеющие значитель-



ную протяженность по длине сортимента. Эти трещины возникают в растущем дереве и увеличиваются в срубленной древесине в процессе ее высыхания.

*Трещины усушки* – это радиально направленные трещины, возникающие в срубленной древесине под действием внутренних напряжений в процессе ее высыхания. От метиковых и морозных трещин они отличаются меньшей протяженностью по длине сортимента (не более 1 м) и меньшей глубиной.

Трещины, выходящие на боковую поверхность сортимента или на боковую поверхность и торец, называют *боковыми*; выходящие только на торцы сортимента – *торцовыми*.

**Кривизна бревен** – представляется искривлением продольной оси бревна по длине (рис. 24). В зависимости от направления изгиба различают кривизну простую и сложную.

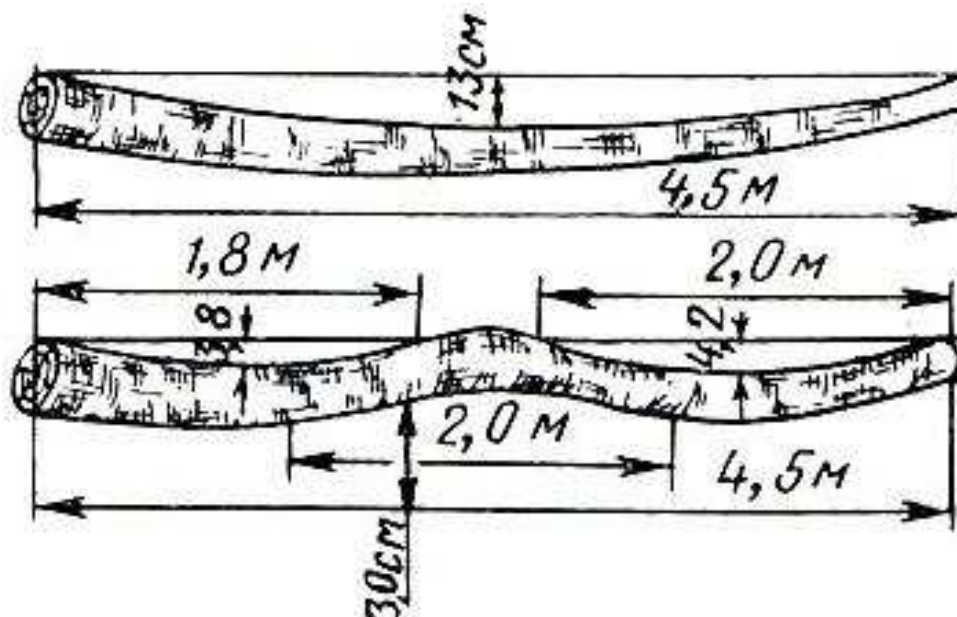


Рис. 24. Кривизна бревен простая и сложная

*Простая кривизна* характеризуется только одним изгибом бревна, сложная – несколькими изгибами.

Простую кривизну измеряют по величине стрелы максимального прогиба и выражают в процентах от протяженности кривизны по длине сортимента. Например, при максимальной стреле прогиба 13 см и протяженности кривизны 4,5 м кривизна составит

$$K = \frac{0,13}{4,5} 100\% = 2,8\%.$$

Сложную кривизну измеряют по величине стрелы прогиба наибольшего из составляющих ее искривлений и выражают в процентах от протяженности этого искривления по длине сортамента. Например, бревно имеет три искривления, стрела прогиба каждого из которых соответственно равна  $3,8 : 1,8 = 2,1\%$ ,  $3,0 : 2,0 = 1,5\%$  и  $4,2 : 2,0 = 2,1\%$ . Наибольшая стрела прогиба для данного бревна принимается равной 2,1%.

**Сухобокость** – участок боковой поверхности бревна с древесиной, омертвевшей в результате повреждения - обдира или ожога коры и камбия. На поврежденном участке прекращается образование новых годовичных слоев (рис. 25). Поэтому глубина сухобокости по отношению к остальной поверхности бревна со временем возрастает, а по краям сухобокости увеличиваются наплывы в виде валиков древесины и коры.



Рис. 25. Сухобокость

**Прорость открытая** – сухобокость, заросшая в такой степени, что наплывы закрыли поврежденный участок древесины (рис. 26). Открытая прорость – прорость, выходящая на боковую поверхность бревна. Закрытая прорость – прорость, не выходящая на боковую поверхность бревна. Проявляется только на тор-

це бревна. Сомкнувшиеся валики над сухобокостью срослись и образовались новые годичные слои древесины над проростью.

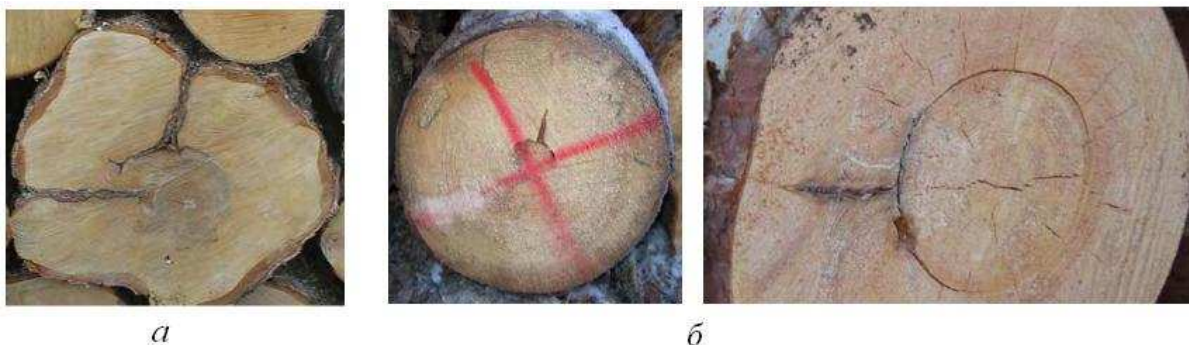


Рис. 26. Прорость:  
а – открытая; б – закрытая

**Рак** – углубление или вздутие, образовавшееся в результате деятельности грибов или бактерий. На поражённом участке древесина не нарастает, но на противоположной стороне ствола ввиду усиленного прироста можно обнаружить характерную опухоль. У хвойных пород сопровождается смолотечением и сильным засмолением древесины. Рак может быть открытым и закрытым, при котором наблюдается вздутие коры и древесины (рис. 27).



Рис. 27. Рак:  
а – открытый; б – закрытый

**Механические повреждения.** При росте деревьев, заготовке и транспортировании лесоматериалов возможны повреждения древесины. Наиболее часто встречающиеся повреждения приведенные ниже.

*Инородные включения*, включения, попавшие в древесину по разным причинам: проволока, гвоздь, пуля, камень и др.

*Обдир коры*. Повреждение возникает в результате жизнедеятельности животных, при падении соседних деревьев.

*Ожог коры*, возникает при пожаре.

*Обугленность* поверхности лесоматериала возникает при пожаре.

*Карра* – повреждение ствола дерева, появляющееся при подсочке живицы из хвойных деревьев.

*Заруб* – местное повреждение ствола дерева топором.

*Запил* – повреждения поверхности ствола пилой или тросом.

*Отщеп* – сквозная боковая трещина на торце круглого сортамента.

*Скол* – повреждение в виде отколовшейся части древесины от торца круглого сортамента.

*Вырыв* – углубление на поверхности круглого сортамента.

*Накол* – повреждение острым узким предметом.

*Облом* – обломленный торец ствола дерева.

### 1.3.2. Сортировка сырья по качеству

Качество древесины бревен (сорт) определяется допустимыми пороками (табл. 6, табл. 7). При сортировке круглые лесоматериалы с одинаковыми пороками накапливают, чтобы в последующем, используя специальные виды раскроя, получить из них пиломатериал. Такие группы пиловочного сырья формируются по гнили, чрезмерной сучковатости, кривизне. Основная масса пиловочника сортируется по сортам.

Толщину круглых лесоматериалов вычисляют как среднее арифметическое значений результатов измерений двух взаимно перпендикулярных диаметров в верхнем торце. У деловых сортиментов диаметры измеряют без учета коры.

Длину круглых лесоматериалов измеряют по наименьшему расстоянию между торцами в метрах с округлением до 1 см.

Таблица 6

# Пороки древесины, определяющие сорт бревен хвойных пород по ГОСТ 9463-88

Порок древесины по ГОСТ 2140	Норма ограничения пороков		
	Сорт 1	Сорт 2	Сорт 3
1. Сучки и пасынок: – все разновидности за исключением табачных сучков;	В мелких лесоматериалах допускаются В средних лесоматериалах допускаются диаметром не более, см 3	Допускаются 8	Допускаются
– табачные	В крупных лесоматериалах допускаются диаметром не более, см 5	Допускаются 10	Допускаются
2. Грибные поражения:	Не допускаются	2	Допускаются диаметром не более, см 5
а) ядровая гниль и дупло	В мелких лесоматериалах не допускаются	Допускаются укладываемые во вписанную в торец полосу (вырезку) размером не более: в средних лесоматериалах 1/5 диаметра соответствующего торца с выходом на один торец в лесоматериалах толщиной от 26 до 38 см 1/4 диаметра соответствующего торца с выходом на один торец в лесоматериалах толщиной 40 см и более 1/3 диаметра соответствующего торца с выходом на один торец	
б) заболонная гниль	Не допускается	1/3	1/3 диаметра соответствующего торца с выходом на один торец; в лесоматериалах длиной до 3 м – 1/2 диаметра соответствующего торца с выходом на второй торец не более 1/4 его диаметра 1/2 диаметра соответствующего торца с выходом на второй торец не более 1/4 его диаметра. Допускается глубиной по радиусу не более 1/10 диаметра соответствующего торца



в) наружная трухлявая гниль	Не допускается		
г) заболонные грибные окраски (синевы, и цветные заболонные пятна)	Допускаются глубиной по радиусу не более 1/20 диаметра соответствующего торца	Допускаются глубиной по радиусу не более 1/20 диаметра соответствующего торца	Допускаются
3. Червоточина	Допускается поверхностная		
	Не допускается неглубокая и глубокая	Допускается неглубокая и глубокая до 5 отверстий в среднем на 1 м длины	10
4. Трещины:	Допускаются укладываемые во вписанные в торец круг или полосу (вырезку) размером не более:		
а) все разновидности кроме боковых и торцовых от усушки	1/3	1/3	Допускаются
	соответствующего торца		
б) боковые от усушки	Допускаются глубиной не более		
	1/20	1/20	1/5
	диаметра соответствующего торца		
в) торцовые от усушки	Допускаются протяжением по длине сортимента не более:		
	установленного припуска		диаметра верхнего торца
5. Кривизна:	Допускается с отношением стрелы прогиба в месте наибольшего искривления к длине сортимента в процентах, не более:		
а) простая	1,0	1,5	2,0
б) сложная	Допускается в размере половины нормы простой кривизны		
6. Механические повреждения: (за-руб, запил, скол, отщеп, вырыв), а также прорость открытая, сухобокость и рак	Допускаются глубиной не более суммы 1/10 диаметра верхнего торца и полуразности диаметров бревна в месте повреждения и верхнего торца		Допускаются

Таблица 7

# Пороки древесины, определяющие сорт бревен лиственных пород по ГОСТ 9462-88

Порок древесины по ГОСТ 2140	Норма ограничения пороков		
	Сорт 1	Сорт 2	Сорт 3
1. Сучки и пасынок:	В мелких лесоматериалах допускаются		
– все разновидности за исключением табачных сучков;	В средних и крупных лесоматериалах допускаются диаметром не более, см	Допускаются	
– табачные	3	7	
	Не допускаются	Допускаются диаметром не более, см	
		4	7
2. Грибные поражения:	В мелких лесоматериалах не допускаются		
а) ядровая гниль и дупло	Допускаются укладываемые во вписанную в торец полосу (вырезку) размером не более:		
	в средних лесоматериалах		
	1/10	1/4	1/3
	диаметра соответствующего торца с выходом на один торец		
	в лесоматериалах толщиной от 26 до 38 см		
	1/4	1/3	1/3
	диаметра соответствующего торца с выходом на один торец		диаметра соответствующего торца с выходом на один торец;
			в лесоматериалах длиной до 3 м – 1/2 диаметра соответствующего торца с выходом на второй торец не более 1/4 его диаметра
	в лесоматериалах толщиной 40 см и более		
	1/3	1/2	1/2
	диаметра соответствующего торца с выходом на один торец		диаметра соответствующего торца с выходом на второй торец не более 1/4 его диаметра.
б) побурение	Не допускается	Допускается без белых пятен и выцветов	Допускается
в) заболонная гниль	Не допускается	Допускается глубиной по радиусу не более 1/10 диаметра соответствующего торца	
г) наружная трухлявая гниль		Не допускается	
3. Червоточина	Не допускается неглубокая и глубокая	Допускается	

4. Трещины:

а) все разновидности кроме боковых и торцовых от усушки Допускаются укладываемые во вписанные в торец круг или полосу (вырезку) размером не более:

$$\frac{1}{3} \qquad \frac{1}{2}$$

диаметра соответствующего торца

б) боковые от усушки

Допускаются глубиной не более

$$\frac{1}{20} \qquad \frac{1}{5} \qquad \frac{1}{5}$$

диаметра соответствующего торца

в) торцовые от усушки

Допускаются глубиной не более:

установленного диаметра верхнего торца припуска

5. Кривизна:

а) простая

Допускается с отношением стрелы прогиба в месте наибольшего искривления к длине сортимента в процентах, не более:

в лесоматериалах толщиной до 24 см

$$1 \qquad 2 \qquad 3$$

в лесоматериалах толщиной до 26 см и более

$$2 \qquad 3 \qquad 5$$

б) сложная

Допускается в размере половины нормы простой кривизны

6. Механические повреждения: (заруб, запил, скол, отщеп, вырыв), а также просторность открытая, сухобокость и рак Допускаются глубиной не более суммы 1/10 диаметра верхнего торца и полуразности диаметров бревна в месте повреждения и верхнего торца

### 1.3.3. Примеры решения задач

**Пример 1.** Дано: сосновое бревно, предназначенное для выработки экспортных пиломатериалов северной сортировки, длиной 5,93 м с максимальным диаметром вершинного торца  $d_{\max} = 24,4$  см и минимальным диаметром  $d_{\min} = 22,4$  см имеет здоровые открытые сучки размером до 2 см и неглубокую червоточину с 3 отверстиями на 1 м длины [4].

*Определить* объем бревна, сорт и показать схему его маркировки.

*Решение.* Определяем средний диаметр бревна как среднее арифметическое результатов измерений двух взаимно перпендикулярных диаметров в вершинном торце:

$$d = \frac{22,4 + 24,4}{2} = 23,4 \text{ см.}$$

Округляем и находим стандартную толщину бревна  $d = 24$  см.

Чтобы определить стандартную длину, вначале от фактической длины отнимаем припуск, равный 0,03 м:  $5,93 - 0,03 = 5,90$  м. По ГОСТ 9462-88 устанавливаем, что длина лесоматериалов для выработки экспортных пиломатериалов северной сортировки изменяется от 4 до 7 м с градацией 0,3 м, то есть стандартные длины: 4,0; 4,3; 4,6; 4,9; 5,2; 5,5; 5,8; 6,1; 6,4; 6,7; 7,0 м. Полученное значение длины 5,9 м округляем в меньшую сторону до ближайшего стандартного значения  $l = 5,8$  м.

По таблицам объемов (ГОСТ 2708-75) находим объем данного бревна:  $V = 0,32 \text{ м}^3$ .

Согласно ГОСТ 9463-88, определяем сорт по каждому пороку в отдельности:

- здоровые сучки в средних лесоматериалах диаметром не более 30 мм допускаются в сортиментах первого сорта;
- неглубокая червоточина допускается в сортиментах второго сорта.

Общий сорт устанавливаем по пороку, характеризующему худший сорт. В целом сортимент относится ко второму сорту.

**Схема маркировки** данного сортимента: 114 или 24. Первая цифра марки означает сорт, вторая – последнюю цифру стандартной толщины бревна.

**Пример 2.** Дано: имеется штабель неокоренных березовых и осиновых балансов длиной 1,3 м. Длина штабеля, включающего 5 клеток, 50 м; замеры высоты: 0,95; 1,00 и 1,05 м; длина диагонали 8 м; сумма отрезков диагонали на торцах балансов 5,3 м. Определить объем штабеля (рис. 28).

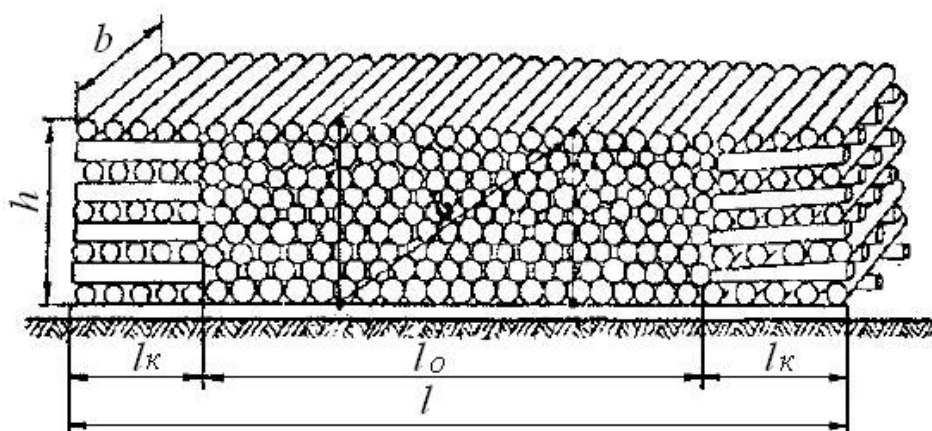


Рис. 28. Штабель складной с клетками  
Объем лесоматериалов определяют по ГОСТ 2292-88.

Объём измеряется методом пересчёта складочной меры в плотную.

*Плотная мера* – основной способ учёта объёма любого древесного материала, в том числе и дров. при котором производится поштучный замер диаметра торца и длины каждого бревна.

*Складочная мера* – промежуточный, вспомогательный способ учёта лесоматериалов по размерам штабеля. Объём плотной древесины в штабеле определяется по коэффициенту полнодревесности (заполнения) штабеля.

В спорных случаях коэффициент полнодревесности можно определить так. На лицевой стороне штабеля намечают мелком или краской прямоугольник шириной, равной высоте штабеля, и длиной не менее 8 м. В прямоугольнике проводят диагональ  $L$ , которая должна пересечь не менее 60 торцов лесоматериалов, уложенных в штабель (рис. 21). Если основание штабеля будет менее 8 м, то проводят две диагонали, которые в сумме должны также пересечь не менее 60 торцов лесоматериалов, и их суммарная длина равна  $2L$ .

Фактический коэффициент полнодревесности

$$K_{\phi} = \frac{\sum l_x}{L_{\phi}},$$

где  $\sum l_x$  – сумма хорд на торцах лесоматериалов, измеренных по диагонали прямоугольника, см;

$L_{\phi}$  – длина диагонали прямоугольника, см.

*Решение.* Объём штабеля в складочной мере рассчитывается по формуле

$$V_c = bhl,$$

где  $b$  – ширина штабеля, равная длине уложенных сортиментов, м;  $b = 1,3$  м;

$h$  – высота штабеля, м,

$l$  – расчетная длина штабеля, м.

Длину клеток, вследствие меньшей плотности их укладки, принимают равной 0,8 их фактической протяженности;  $l_k = 0,8 \cdot 1,3 = 1,04$  м. Объём штабеля

$$V_c = bhl = bh(l - 0,2ml_k),$$

где  $m$  – число клеток в штабеле.

Средняя высота штабеля, м:

$$h_{cp} = \frac{h_1 + h_2 + h_3}{3} = \frac{0,95 + 1,0 + 1,05}{3} = 1,0$$

$$V_c = bh(l - 0,2ml_k) = 1,3 \cdot 1,0(50 - 0,2 \cdot 5 \cdot 1,04) = 63,6 \text{ м}^3.$$

Табличный коэффициент полнодревесности равен  $K_v = 0,68$ .

Плотный объем древесины в штабеле

$$V = K_v V_c = 0,68 \cdot 63,6 = 43,248 \text{ м}^3.$$

Фактический коэффициент полнодревесности

$$K_\phi = \frac{\sum l_x}{L_0} = \frac{5,3}{8} = 0,66.$$

Фактический объем древесины в штабеле

$$V_\phi = K_\phi V_c = 0,66 \cdot 63,6 = 42,0 \text{ м}^3.$$

**Пример 3.** Дано: еловое бревно для линии связи длиной 4,5 м и диаметром 16 см имеет здоровые сучки диаметром 2...5 см и неглубокую червоточину с тремя отверстиями на 1 м длины.

Определить сорт бревна и показать схему его маркировки.

*Решение.*

Сорт круглых лесоматериалов определяется их назначением и наличием пороков древесины (их количеством, размерами). При наличии нескольких пороков сортность устанавливают по пороку, характеризующему худший сорт. После определения сорта и толщины лесоматериалы маркируют. Маркировка – нанесение на верхний торец лесоматериалов знаков, указывающих сорт и толщину сортиментов. Если нормативно-технические документы устанавливают один сорт сортиментов, то маркировка должна содержать только обозначение толщины.

Маркировку производят на месте раскряжевки хлыстов.

Согласно ГОСТ 9463-88, определяем сорт по каждому пороку в отдельности:

- здоровые сучки в средних лесоматериалах диаметром не более 30 мм допускаются в сортиментах первого сорта;  
3 см < 2...5 < 8 см; сорт бревна по сучкам – 2;
- неглубокая червоточина допускается в сортиментах второго сорта.

Общий сорт принимается наихудший из двух. В целом сортимент относится ко второму сорту.

Схема маркировки данного сортимента: 14 или 24. Первая цифра марки означает сорт, вторая – последнюю цифру стандартной толщины бревна.

## Часть 2

### Основы древесиноведения

#### 2.1. Термины и определения

##### 2.1.1. Дерево

Дерево – это многолетнее растение с корнями, одревесневшим стволом, сохраняющимся в течение всей его жизни, и ветвями, образующими крону, высотой от 2 до 100 м, с продолжительностью жизни до 3...5 тыс. лет (рис. 29). При жизни каждая часть дерева выполняет свою определенную функцию, а в срубленном дереве имеет различное промышленное применение.

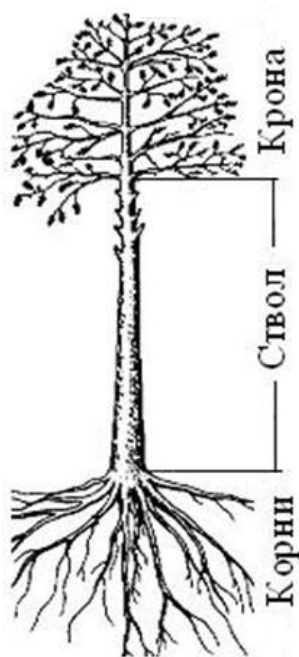


Рис. 29 Дерево

**Крона** состоит из ветвей и листьев или хвои. Из углекислоты, поглощаемой из воздуха, и воды, получаемой из почвы, в листьях образуются сложные органические вещества, необходимые для жизни дерева. Промышленное использование кроны невелико. Из листьев (хвои) получают лекарственные препараты и витаминную муку – ценный продукт для животноводства и птицевод-

ства. Из ветвей делают технологическую щепу для производства тарного картона и древесноволокнистых плит.

**Ствол** – это часть дерева от корней до вершины, несущая на себе ветви. Ствол растущего дерева проводит воду с растворенными минеральными веществами вверх (восходящий поток), а с органическими веществами – вниз по лубу к корням (нисходящий ток). Ствол хранит запас питательных веществ, служит для размещения и поддержания кроны. Он дает основную массу древесины и имеет главное промышленное значение. Верхняя тонкая часть ствола называется вершиной, нижняя толстая часть – комлем.

В процессе роста в дереве происходит нарастание конусообразных слоев древесины. Каждый последующий конус имеет большую высоту и диаметр основания.

**Корни** проводят воду с растворенными в ней минеральными веществами вверх по стволу, хранят запасы питательных веществ и удерживают дерево в вертикальном положении. Корни используются как второсортное топливо. Пни и крупные корни сосны через некоторое время после валки деревьев служат сырьем для получения канифоли и скипидара.

В общем объеме дерева объем ствола составляет 55-90%, кроны – 5-20% и корней – 5-25%.

### 2.1.2. Строение древесины

Все живое на земле состоит из клеток. Растущее дерево – организм, и потому основным его структурным элементом является клетка. Клетка – это полость, окруженная стенками. Полости клеток позволяют накапливать и передавать водные растворы питательных веществ различным частям дерева, а стенки обеспечивают механическую прочность дерева.

В стволе дерева клетки не однородны по форме и размерам. Их группы-ткани специализированы. Различают паранхиму, сосуды, сердцевинные лучи, трахеиды, либриформ, смоляные ходы. Механическое сопротивление воздействию внешних нагрузок оказывают главным образом механические ткани – трахеиды (у хвойных пород) и либриформ (у лиственных пород древесины), составляющие основную массу древесины.



В состав древесины входят отмершие (одревеневшие) клетки, расположенные в центральной части ствола, ветвей, корней растущего дерева, и периферийный луб, состоящий из живых клеток. По центральной части древесины из почвы к листьям поднимается вверх вода с растворёнными в ней веществами, а по лубу спускается вниз образовательный сок, питающий живые клетки луба. Одревенение клеточных оболочек происходит при пропитывании их оболочек лигнином. Одревеневшие оболочки клеток становятся более крепкими, твёрдыми и упругими.

Таким образом, под древесиной понимают совокупность проводящих, механических и запасющих тканей, расположенных в стволах, ветвях и корнях древесных растений между корой и сердцевиной. Древесина – материал биологического происхождения, состоящий на 99% из высокомолекулярных соединений с включением неорганических веществ.

Древесина – материал неоднородного строения. Эта неоднородность является результатом роста дерева. Каждый год происходит нарастание новых слоев клеток ранней (весенней) и поздней (летней) древесины, которые образуют годичные слои.

**Главные направления ствола дерева.** Физико-механические свойства ствола дерева различны в трех взаимно перпендикулярных направлениях: поперечном, радиальном и тангенциальном (рис. 30).

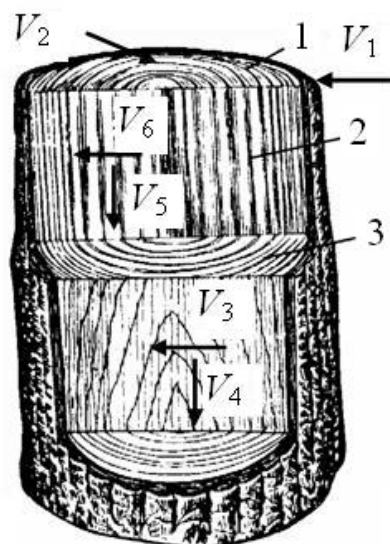


Рис. 30. Разрезы ствола:

- 1 – поперечный (торцовый); 2 – радиальный;  
3 – тангенциальный

*Поперечным* называется разрез, проходящий перпендикулярно оси ствола и направлению волокон. Он образует торцовую плоскость и образуется при перерезании ствола в направлениях  $V_1$  и  $V_2$ .

*Радиальный разрез* – это продольный разрез, проходящий через сердцевину по радиусу ствола, образованный при срезании по направлениям  $V_5$  или  $V_6$ . Серцевина расположена примерно в центре ствола и на радиальном разрезе видна в виде узкой темной полосы.

*Тангенциальный (тангентальный) разрез* – это продольный разрез, проходящий на некотором расстоянии от сердцевины касательно к годичному слою. Образуется при срезании слоя по направлениям  $V_3$  и  $V_4$ .

Древесина в указанных разрезах значительно отличается по своему строению. Поперечный разрез образован перерезанием трахеидов (волокон хвойных пород) и волокон либриформа и сосудов (у лиственных пород) нормально к их длине. Тангенциальный разрез получен перерезанием смоляных ходов и сердцевинных лучей нормально к их длине и частичным перерезанием волокон и сосудов параллельно их оси. Радиальный разрез образован перерезанием волокон и сосудов параллельно их длине.

Механические свойства древесины по главным направлениям различны. Это свойство называют ортотропией. Механические свойства древесины различны и в промежуточных направлениях. Это свойство материала называют анизотропией. Таким образом, древесина – анизотропно-ортотропный материал волокнисто-слоистого, разноклеточного строения с пустотами.

### 2.1.3. Макроструктура древесины

Под макроструктурой понимают строение древесины, которое можно исследовать невооруженным глазом или с помощью лупы. К элементам макроструктуры относят слои прироста (годичные слои), сердцевинные лучи, заболонь, ядро, спелую древесину, сосуды, смоляные ходы.

**Годичные слои** – слои древесины, образовавшиеся в течение одного года. Наблюдаются в виде кольца и состоят из ранней (светлой части кольца), и поздней древесины (темной части кольца).

На поперечном разрезе ствола дерева годовые слои образуют концентрические окружности (рис. 31). На радиальном разрезе, плоскость которого проходит параллельно продольной оси ствола дерева и совпадает с радиусом, годовые слои образуют прямые параллельные полосы. На тангенциальном разрезе, плоскость которого проходит параллельно продольной оси ствола на некотором расстоянии от сердцевинной трубки, годовые слои образуют извилистые и V-образные полосы.

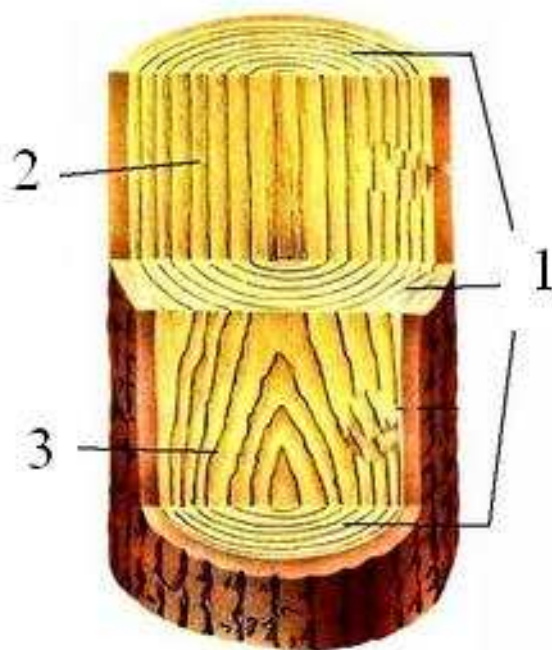


Рис. 31. Годовые слои на разрезах ствола дерева:  
1 – поперечный (торцовый); 2 – радиальный; 3 – тангенциальный

Годичный слой состоит из ранней и поздней зон, нарастающих соответственно в начале и конце вегетационного периода. Ранняя зона древесины светлая, мягкая и рыхлая, поздняя зона древесины – более темная, плотная и твердая.

С увеличением ширины годовых слоев хвойных пород древесины плотность и прочность древесины уменьшаются.

Ширина годовых слоев, в зависимости от условий роста дерева, изменяется от долей миллиметра до 2...3 см. Оптимальная ширина годовых слоев древесины хвойных пород, используемых в строительстве, производстве пиломатериалов (досок, брусьев и др.), мебели должна быть не более 3,5...4,0 мм. Такая

древесина обладает достаточной прочностью, допустимой для указанных отраслей промышленности.

Таким образом, для выбора древесины необходимой прочности надо знать объем поздней древесины в годичном слое.

Содержание поздней древесины вычисляют в процентах с точностью до 1% по формуле

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

где  $\delta$  – толщина отдельного слоя поздней древесины, мм;

$l$  – расстояние между 5...10 годовыми кольцами, мм.

**Сердцевинные лучи.** Тонкие блестящие линии, расходящиеся на торцовом срезе от сердцевины к коре по радиусам, которые служат для проведения воды и питательных веществ в горизонтальном направлении и для хранения запасных питательных веществ. Ширина *сердцевинных лучей* 0,005–1 мм. Широкие лучи имеют дуб и бук. Сердцевинные лучи занимают до 32% объема древесины лиственных пород и до 5-8% – хвойных пород.

**Смоляные ходы.** Узкие, длинные, заполненные смолой межклеточные каналы, пронизывающие древесину в вертикальном и горизонтальном направлениях в древесине хвойных пород. Вертикальные каналы расположены преимущественно в поздней зоне годичных слоев, имеют ширину 0,08-0,14 мм и длину 10-80 см. Горизонтальные смоляные ходы тоньше, но их очень много – до 300 штук на 1 см<sup>2</sup> площади сечения ствола. Максимальное количество смоляных ходов наблюдается в древесине сосны, затем у кедра, лиственницы, ели.

**Ядро.** Темноокрашенная центральная зона ствола, имеющая меньшую влажность, чем периферийная. Различают настоящее ядро древесины, которое представляет собой темно-окрашенное ядро и встречается у древесных пород с регулярным ядрообразованием. Ядровые породы – сосна, лиственница, дуб, ясень, грецкий орех, тополь, рябина и др. Ядро может быть ложным. Ложное ядро древесины – темно-окрашенное ядро у древесных пород с нерегулярным ядрообразованием (ель, береза, бук, клен и др.).

**Заболонь** древесины – наружная, большей частью светлоокрашенная зона древесины стволов и ветвей, физиологически активная в растущем дереве (рис. 32).

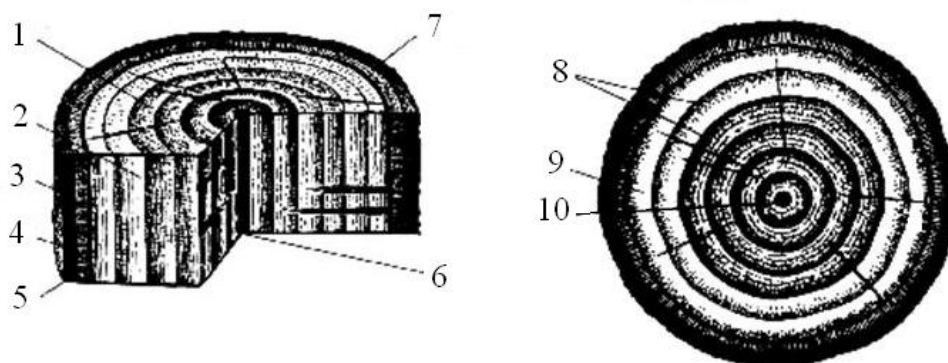


Рис. 32. Разрезы ствола дерева с элементами макроструктуры:

- 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

**Кора** состоит из двух слоев: наружного – пробкового слоя и внутреннего – лубяного слоя. По лубяному слою выработанные в листьях продукты фотосинтеза поступают к корням. Наружный слой служит для защиты дерева от внешних воздействий.

**Спелая древесина.** Центральная зона ствола, имеющая меньшую влажность, чем периферийная, а по цвету не отличающаяся от нее.

**Ядровые породы.** Породы, имеющие темноокрашенную центральную зону меньшей влажности, чем периферийная древесина.

**Безъядровые породы.** Породы с однородной окраской древесины ствола.

**Спелодревесные породы.** Породы, у которых центральная зона ствола имеет меньшую влажность, чем периферийная, а по цвету не отличается от нее.

**Заболонные породы.** Породы, у которых центральная зона ствола не отличается от периферийной ни по цвету, ни по содержанию влаги.

**Сосуды** – элементы структуры, имеющие форму трубок, расположенных в древесине только лиственных пород. По сосудам из корней в крону поднимается вода с питательными веществами. Ширина крупных сосудов изменяется в пределах 0,2-0,4 мм, мелких сосудов – 0,016 - 0,1 мм. Длина сосудов достигает 10 см. По расположению сосудов в годичном слое различают породы кольцесосудистые и рассеянно-сосудистые. У кольцесосудистых пород (дуб, ясень и др.) крупные сосуды расположены в

ранней зоне годичного слоя, а мелкие – в поздней зоне. У рассеянно-сосудистых пород крупные (хурма и др.) или мелкие (береза, осина и др.) сосуды равномерно распределены по годичному слою.

**Крупные сосуды.** Сосуды, видимые невооруженным глазом на торцовом срезе, диаметром более 0,2 мм.

**Мелкие сосуды.** Сосуды, не видимые невооруженным глазом на торцовом срезе, диаметром менее 0,2 мм.

**Кольцесосудистые породы.** Породы, у которых имеются крупные сосуды, располагающиеся в ранних зонах годичных слоев, и мелкие сосуды, располагающиеся в поздних зонах годичных слоев.

**Рассеянно-сосудистые породы.** Породы, у которых мелкие сосуды равномерно разбросаны по всей ширине годичного слоя.

## 2.2. Породы древесины

**Хвойные породы.** Годичные слои хорошо заметны на всех срезах из-за разницы в цвете между ранней и поздней зонами годичных слоев. Ранняя древесина более рыхлая и светлая, а поздняя более темная и плотная. Сердцевинные лучи узкие, почти незаметные на всех срезах. У некоторых пород имеются смоляные ходы, видимые на продольных срезах в виде темных продольных штрихов [4].

**Лиственные кольцесосудистые породы.** Годичные слои хорошо заметны на всех срезах из-за разницы в строении между ранней и поздней зонами годичных слоев. Крупные сосуды группируются в ранней зоне, образуя сплошное пористое кольцо, а мелкие сосуды сосредоточены в поздней зоне и образуют там различные рисунки в виде точек, черточек, волнистых линий или язычков пламени. Крупные сосуды на продольных срезах имеют вид длинных глубоких бороздок, придающих поверхности шероховатость. У некоторых пород хорошо заметны сердцевинные лучи. Все породы ядровые.

**Лиственные рассеянно-сосудистые породы.** Годичные слои едва заметны на всех срезах вследствие однородности строения и окраски ранней и поздней зон годичного слоя. Сосуды равномерно распределены по всей ширине годичного слоя. Пере-

ход от ранней зоны к поздней плавный, незаметный. Сердцевинные лучи очень узкие или узкие. Породы ядровые, спелодревесные и заболонные. Часто встречается ложное ядро.

**Лиственница.** Ядровая порода. Ядро красновато-бурого цвета. Годичные слои отлично видны на всех срезах. Ранняя древесина серо-зеленоватого цвета, а поздняя - темно-бурого. Имеются многочисленные мелкие смоляные ходы. Древесина плотная, темная и тяжелая.

**Сосна.** Ядровая порода. Ядро розоватого цвета. Заболонь широкая желтовато-белого цвета. Ранняя древесина желтовато-белого цвета, а поздняя – светло-коричневого или красновато-бурого. Смоляные ходы крупные, многочисленные, наблюдаются на продольных срезах в виде серых продольных штрихов.

Древесина средней плотности, высокой прочности.

**Ель.** Спелодревесная порода. Древесина белая со слабозеленоватым оттенком. Ранняя древесина желтовато-белого цвета, а поздняя - серо-пепельного. Смоляные ходы малочисленные и мелкие, заметны на продольных срезах в виде серых продольных полосок.

**Пихта.** Спелодревесная порода. Древесина белая со слабозеленоватым оттенком. Ранняя древесина желтовато-белого цвета, а поздняя - серо-пепельного. Ранняя зона значительно шире поздней. Смоляных ходов нет. Древесина очень легкая, малоусыхающая, непрочная, мягкая и хрупкая.

**Дуб.** Ядровая порода. Ядро бурого цвета, а заболонь - желтовато-белого. Мелкие сосуды в поздних зонах образуют светлые треугольнички. Имеются широкие сердцевинные лучи, видимые на торцовом срезе в виде блестящих линий, идущих по радиусам. Древесина твердая, плотная, эластичная.

**Ясень.** Ядровая порода. Ядро светло-бурого цвета. Заболонь широкая, желтовато-серого цвета. Мелкие сосуды образуют в поздней зоне хаотично разбросанные белые точки. Многочисленные сердцевинные лучи узкие и практически не видны. Древесина твердая, тяжелая, упругая, умеренно высыхающая, прочная, вязкая

**Ильм.** Ядровая порода. Ядро красновато-бурого цвета. Мелкие сосуды в поздней зоне имеют вид светлых волнистых линий. Многочисленные сердцевинные лучи на радиальном срезе

образуют рябоватый рисунок в виде блестящих точек, черточек. Древесина твердая, тяжелая.

**Берест.** Ядровая порода. Ядро красновато-коричневого цвета. Мелкие сосуды наблюдаются в поздней зоне в виде светлых тангенциальных полосочек. Сердцевинные лучи образуют на продольных срезах рябоватый рисунок.

**Вяз.** Ядровая порода. Ядро светло-бурого цвета, заболонь желтовато-белого. Мелкие сосуды в поздней зоне образуют светлые волнистые линии. Сердцевинные лучи узкие, заметны на радиальном срезе.

**Береза.** Безъядровая порода. Древесина белого цвета с сероватым, желтоватым или красноватым оттенком. Годичные слои едва заметны на всех срезах. Древесина однотонная, однородная, тяжелая, плотная. Иногда образуется ложное ядро розовато-коричневого цвета.

**Клен.** Безъядровая порода. Древесина желтовато-белого или красновато-белого цвета, однородного строения. Сердцевинные лучи образуют на радиальном срезе рябоватый рисунок. Часто формируется ложное ядро, отделяемое по краям тонкой каймой серого цвета с зеленоватым оттенком. Древесина твердая, плотная, гладкая и блестящая.

**Бук.** Безъядровая порода. Древесина белая с желтоватым оттенком. Сердцевинные лучи образуют на тангенциальном срезе штриховой рисунок в виде многочисленных темных продольных штрихов, а на радиальном срезе - рябоватый рисунок. Иногда формируется ложное ядро красновато-бурого цвета. Древесина твердая и тяжелая.

**Осина.** Безъядровая порода. Древесина белая с желтовато-зеленоватым оттенком. Годичные слои различаются плохо. Древесина однотонная, мягкая, легкая.

**Липа.** Безъядровая порода. Древесина белая со слабозеленоватым оттенком. Годичные слои различаются нечетко. Сердцевинные лучи узкие, на радиальном срезе они наблюдаются в виде блестящих масляных пятнышек. Древесина однородная, легкая, очень мягкая.

**Ольха серая.** Безъядровая порода. Древесина розоватого цвета. Годичные слои различаются плохо. Сердцевинные лучи очень узкие, невидимые. Древесина однородная, легкая.



**Ольха черная.** Безъядровая порода. Древесина розоватого цвета, без рисунка. Сердцевинные лучи узкие, невидимые. Годичные слои различаются. Древесина мягкая, однородная, легкая

**Рябина.** Ядровая порода. Ядро красновато-коричневого цвета, заболонь - розовато-белого. Годичные слои хорошо заметны на всех срезах. Древесина твердая, тяжелая, блестящая.

**Черемуха.** Ядровая порода. Ядро рыжевато-коричневого цвета, заболонь - желтовато-белого. Годичные слои заметные, широкие. Древесина мягкая, легкая.

**Граб.** Безъядровая порода. Древесина серого цвета. Годичные слои извилистые. Сердцевинные лучи ложноширокие. Древесина твердая, тяжелая, плотная, гладкая, скользкая, мыльная на ощупь.

**Тополь.** Ядровая порода. Ядро желтовато-бурого цвета неравномерной окраски. Заболонь широкая, серовато-белого цвета. Годичные слои широкие, слабо заметные. Сердцевинные лучи очень узкие. Древесина мягкая.

**Орех.** Ядровая порода. Ядро коричневатой-серой неравномерной окраски. Заболонь широкая сероватого цвета. Сердцевинные лучи на радиальном срезе образуют полосы, направленные поперек годичных слоев.

## 2.3. Физические свойства древесины

К физическим свойствам относят свойства, определяющие внешний вид древесины (текстура, цвет, блеск), гигроскопичность, деформативность, плотность, температуропроводность, электропроводность и др.

### 2.3.1. Внешний вид древесины

**Текстура древесины** – естественный рисунок на тангенциальных и радиальных разрезах древесины, обусловленный характерным расположением годичных колец и анатомических элементов (рис. 33).

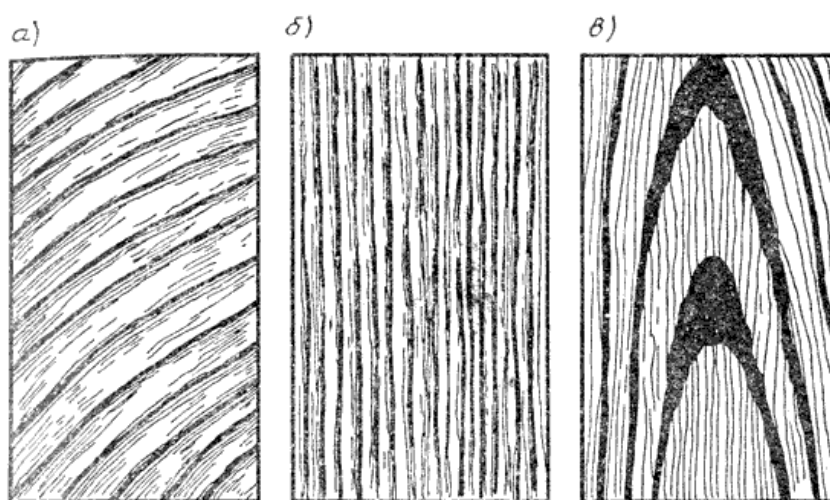


Рис. 33. Текстура древесины сосны на трех разрезах:  
*а* – на поперечном; *б* – радиальном; *в* – тангенциальном

У древесины хвойных пород текстура древесины однообразная, зависит от ширины годичных колец и разницы в окраске ранней и поздней древесины. У древесины лиственных пород текстура разнообразная. Основные анатомические элементы создающие текстуру древесины – крупные сосуды, сердцевинные лучи, паренхима и волокна. Декоративные породы: орех, красное дерево, дуб обладают красивой текстурой и цветом, а также блеском.

Красивую текстуру имеет свилеватая древесина карельской березы. Красивую текстуру получают из дубовых кряжей, распиливая их в радиальном или тангенциальном направлении. У бука, клена, дуба выразительная текстура при радиальном разрезе, у хвойных пород – при тангенциальном разрезе.

По цвету, блеску и текстуре определяют породу древесины.

**Цвет древесины.** Цвет – это зрительное ощущение, соответствующее спектральному составу отраженного древесиной светового потока. Примеры цвета некоторых пород древесины приведены ниже.

Цвет зависит главным образом от содержания в древесине экстрактивных веществ. Длина волны  $\lambda$  отраженного света, называемая цветовым тоном, у древесины разных пород различается мало. Значительно больше различия в чистоте цвета  $P$  (степени разбавления спектрального цвета белым) и светлоте цвета  $p$  (коэффициента отражения).

## Цвет некоторых пород древесины



Древесина белой акации часто бывает желтоватой или зелёноватой, с выделяющимися тёмными жилками. Вне зависимости от обработки, под воздействием воздуха и света древесина значительно темнеет, а текстура её становится выразительнее.



Граб имеет древесину беловато-серого цвета с зеленоватым оттенком, испещрена сероватыми штрихами, а широкие сердцевинные лучи создают крапчатый рисунок на радиальных разрезах. Текстура мелкая и ровная.



Древесина амаранта имеет цвет фиолетово-багровый или густо-лиловый. Со временем багрянистый цвет исчезает, и древесина амаранта приобретает красивую тёмно-коричневую окраску. Эта окраска лишь поверхностная. При удалении тонкого слоя древесины первоначальный цвет восстанавливается и сохраняется до нового окисления. Лаковая окраска сохраняет багряный цвет древесины.



Древесина бука светлая, почти белая, с желтоватым или красноватым оттенком, а продольный разрез отличается характерными штрихами, составляющими очень красивую текстуру.



Грецкий орех относится к очень красивым и ценным породам. Его цвет зависит от места произрастания, в особенности от климата и свойств почвы. Заболонь ореха имеет сероватый цвет, иногда с красноватым оттенком и чётко отделена от тёмного ядра, которое может иметь очень разную окраску, от тёмно-серого до тёмно-коричневого. На продольном срезе древесины ореха заметен декоративный муаровый узор, а на радиальном – узор из полос. Кроме того, цвет ядровой древесины зачастую неравномерен, за счёт чего получают поверхности со сложным узором текстуры, цвета и внутренней игрой света.

Например, для ядровой древесины лиственницы  $\lambda = 583,5$  нм,  $P = 54,0\%$ ,  $\rho = 32,5\%$ , спелой древесины пихты  $\lambda = 579,6$  нм,  $P = 40,1\%$ ,  $\rho = 57,3\%$ . Очень яркую окраску имеет древесина тропических пород. Древесина пород умеренного пояса окрашена

бледнее. Интенсивность окраски увеличивается с возрастом дерева.

**Блеск древесины** – способность поверхности древесины направленно отражать световые лучи. Блеск зависит от древесной породы, степени гладкости поверхности и характера освещения. Блеском отличаются радиальные поверхности древесины клена, платана, бука, ильма, дуба, кизила, белой акации, айланта. У этих пород значительную часть поверхности занимают сердцевинные лучи, состоящие из мелких клеток. Блеск древесины – декоративное свойство, учитывается при определении пород.

### 2.3.2. Гигроскопичность

Древесинное вещество, образующее стенки клеток, гигроскопично. Оно способно поглощать, сорбировать влагу из воздуха. Гигроскопическая влага удерживается в стенках клеток физико-химическими связями и не может быть выдавлена. Максимальное количество связанной воды в древесине равно 30% от массы сухого древесинного вещества.

В полостях клеток может находиться свободная влага. Зимой свободная влага может замерзнуть, и лед, образующийся в полостях клеток, влияет на прочность древесины.

Удаление из древесины свободной влаги не изменяет механических свойств древесинного вещества. Удаление гигроскопической (связанной) влаги повышает плотность клеточных стенок. Так, плотность древесинного вещества при влажности  $W=30\%$  равна  $1,2 \text{ г/см}^3$ , а для абсолютно сухого древесинного вещества всех пород равна  $1,53 \text{ г/см}^3$ .

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  $20^\circ\text{C}$  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.

Уменьшение содержания связанной влаги вызывает *усушку древесины*, то есть уменьшение линейных размеров. Среднюю усушку древесины при снижении содержания связанной влаги на 1% влажности называют коэффициентом усушки древесины. Коэффициент усушки

$$K_y = \frac{Y_{\max}}{30},$$

где 30 – среднее значение предела насыщения клеточных стенок в %.

$Y_{\max}$  – максимальная, или полная, усушка, мм.

Определяют максимальную усушку ( $\beta_{\max}$ ) в процентах по формулам:

– для радиального направления

$$\beta_{r \max} = \frac{L_{r \max} - L_{r \min}}{L_{r \max}} \cdot 100; \quad (10)$$

– для тангентального направления

$$\beta_{t \max} = \frac{L_{t \max} - L_{t \min}}{L_{t \max}} \cdot 100; \quad (11)$$

– для направления вдоль волокон

$$\beta_{a \max} = \frac{L_{a \max} - L_{a \min}}{L_{a \max}} \cdot 100; \quad (12)$$

– по объему

$$\beta_v \max = \frac{L_{r \max} L_{t \max} L_{a \max} - L_{r \min} L_{t \min} L_{a \min}}{L_{r \max} L_{t \max} L_{a \max}} \cdot 100, \quad (13)$$

где  $L_{r \max}$ ,  $L_{t \max}$ ,  $L_{a \max}$  – размеры образца при влажности, равной или выше предела насыщения клеточных стенок в направлениях соответственно радиальном, тангентальном и вдоль волокон, мм;

$L_{r \min}$ ,  $L_{t \min}$ ,  $L_{a \min}$  – размеры образца в абсолютно сухом состоянии в направлениях соответственно радиальном, тангентальном и вдоль волокон, мм.

Результат округляют с точностью до десятичного знака.

Усушку при уменьшении влажности до нормализованной ( $\beta$ ) в процентах вычисляют по формулам:

для радиального направления

$$\beta_r = \frac{L_{r \max} - L_r}{L_{r \max}} \cdot 100; \quad (14)$$

для тангентального направления

$$\beta_t = \frac{L_{t \max} - L_t}{L_{t \max}} \cdot 100; \quad (15)$$

для направления вдоль волокон

$$\beta_a = \frac{L_{a \max} - L_a}{L_{a \max}} \cdot 100; \quad (16)$$

по объему

$$\beta_v = \frac{L_{r \max} L_{t \max} L_{a \max} - L_r L_t L_a}{L_{r \max} L_{t \max} L_{a \max}} \cdot 100, \quad (17)$$

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

Нормализованная влажность древесины – равновесная влажность, приобретаемая при  $t = 20 \pm 2^\circ \text{C}$  и влажности среды  $W = 65 \pm 5\%$  (ГОСТ 23431-79).

Результат округляют с точностью до десятичного знака.

Коэффициент усушки ( $K_\beta$ ) в процентах на 1 % влажности вычисляют по формулам:

– для радиального направления

$$K_{\beta r} = \frac{\beta_{r \max}}{W_n}; \quad (18)$$

– для тангентального направления

$$K_{\beta t} = \frac{\beta_{t \max}}{W_n}; \quad (19)$$

– для направления вдоль волокон

$$K_{\beta a} = \frac{\beta_{a \max}}{W_n}; \quad (20)$$

– по объему

$$K_{\beta v} = \frac{\beta_{v \max}}{W_n}, \quad (21)$$

где  $W_n$  – предел насыщения клеточных стенок древесины, %, принимаемый равным 30 %.

Результат округляют с точностью до второго десятичного знака на 1 % влажности.

### 2.3.3. 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. 34). Его характер зависит от расположения годовичных слоев, обусловленных формой поперечного сечения сортамента, а также местом выпилки его из бревна. Продольное коробление связано с некоторыми пороками древесины, например крупные сучки, кренью, наклоном волокон. Следствием коробления является порок древесины – покоробленность (поперечная, продольная по пласти и по кромке, крыловатость).

Поперечная и продольная покоробленности возникают также из-за нарушения равновесия остаточных напряжений в высушенных пиломатериалах при механической обработке: одностороннем фрезеровании, ребровом делении толстых досок на тонкие.

Продольная покоробленность досок наблюдается при распиловке бревен вследствие остаточных внутренних напряжений роста.

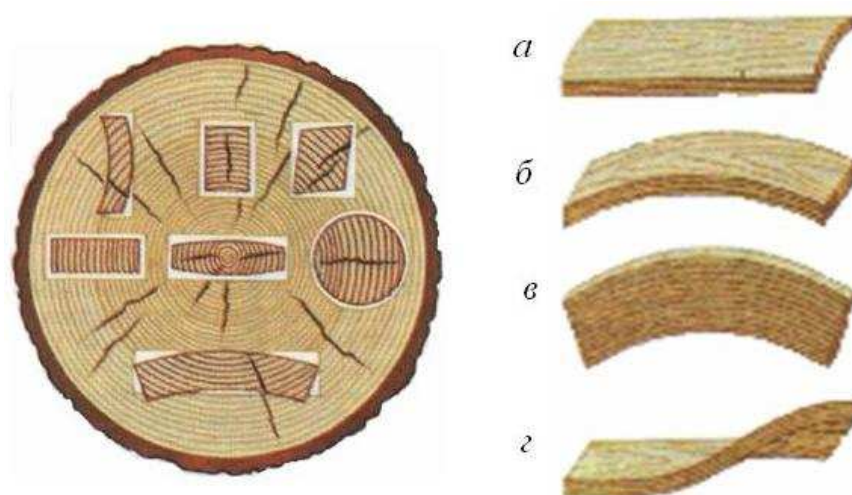


Рис. 34. Место вырезанных образцов и их покособленность при высыхании:

*а* – поперечная; *б* – продольная по пласти; *в* – продольная по кромке; *г* – крыловатость

#### 2.3.4. Тепловые свойства древесины

Тепловыми называют такие свойства древесины как теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность, тепловое расширение.

**Теплоемкость** – это способность древесины поглощать (выделять) теплоту при нагревании (охлаждении). Это способность древесины аккумулировать тепло и отдавать его.

Показателем теплоемкости служит *удельная теплоемкость*  $C$ , Дж/кг·град:

$$C = \frac{Q}{m\Delta_t}, \quad (22)$$

где  $Q$  – количество тепла, полученное деревянным образцом при нагреве, Дж;

$m$  – масса нагреваемого образца, кг;

$\Delta_t$  – разность конечной и начальной температуры образца, град.

Поскольку состав древесинного вещества у всех пород одинаков, удельная теплоемкость древесины не зависит от породы. При температуре 0 °С для абсолютно сухой древесины удельная теплоемкость равна 1550 Дж/(кг·°С). С повышением температуры



удельная теплоемкость несколько возрастает по линейному закону. С увеличением влажности древесины от 0 до 130 % удельная теплоемкость увеличивается в 2 раза.

Для сухой и свежесрубленной древесины при температуре 20°C удельная теплоёмкость равняется 1700...2000 и 2600...3000 Дж/(кг·°C) соответственно. От породы древесины удельная теплоёмкость не зависит.

**Теплопроводность древесины** оценивается коэффициентом теплопроводности, выражающим количество тепла в калориях, проходящее в течение 1 часа через пластину площадью 1 м<sup>2</sup>, толщиной 1 м при разности температур с обеих сторон пластин в 1°C (табл. 14).

Древесина обладает слабой теплопроводностью, особенно в сухом состоянии. С повышением плотности и влажности теплопроводность повышается. Так, например, при увеличении влажности древесины с 5 до 15% коэффициент теплопроводности увеличивается на 10%. В направлении волокон теплопроводность древесины обычно больше, чем в направлении поперек волокон.

Таблица 14

Теплопроводность различных древесных материалов  
(в воздушносухом состоянии)

Порода древесины, древесный материал	Коэффициент теплопроводности, ккал/м <sup>2</sup> час °C м	
	поперек волокон	вдоль волокон
Балинит	0,15	0,20
Дельта-древесина	0,13	0,17
Дуб	0,20	0,35
Ель	0,13	0,31
Клен	0,15	0,37
Сосна	0,13	0,31
Уплотненная древесина	—	0,32

**Температуропроводность  $\alpha$**  характеризует нестационарный перенос теплоты в древесине, т.е. ее тепловую инерцию при изменении температуры, и выражается в м<sup>2</sup>/с:

$$a = \frac{\lambda}{C\rho}, \quad (23)$$

где  $\rho$  – плотность древесины, кг/м<sup>3</sup>.

Значение температуропроводности древесины поперек волокон, например сосны с условной плотностью 400 кг/м<sup>3</sup> при температуре 20°C, составляет (1,8-1,9)10<sup>-7</sup> и (1,5-1,8)10<sup>-7</sup> м<sup>2</sup>/с соответственно для сухой с свежесрубленной древесины. При нагреве древесина увеличивается в объеме. Температурный коэффициент линейного расширения  $\alpha$  – характеризует тепловое расширение древесины и выражается в 1/°C. Диапазон изменения  $\alpha$  вдоль волокон равен (2,5- 5,4)10<sup>-6</sup> 1/°C, а поперек волокон – на порядок выше, причем в тангенциальном направлении в 1,5-1,8 раза больше, чем в радиальном.

Теплопроводность  $\lambda$  древесины характеризует стационарный перенос теплоты в древесине, т.е. ее теплоизоляционную способность, и выражается в Вт/(м · °C). Она возрастает с повышением влажности, температуры и плотности, а также зависит от ее строения (породы) и направления теплового потока. Вдоль волокон теплопроводность примерно в 2 раза выше, чем поперек. Значение  $\lambda$  древесины поперек волокон, например сосны с условной плотностью 400 кг/м<sup>3</sup> при температуре 20°C, составляет 0,15-0,19 и 0,28-0,33 Вт/ (м · °C) соответственно для сухой с свежесрубленной древесины.

**Тепловое расширение** древесины характеризуется коэффициентом линейного расширения. Коэффициент линейного расширения у древесины в различных направлениях различен (табл 15), наименьшее его значение вдоль волокон. (11 · 10<sup>-7</sup> ... 65 · 10<sup>-7</sup>) град<sup>-1</sup>, наибольшее в тангентальном направлении (27 · 10<sup>-6</sup> ... 61 · 10<sup>-6</sup>) град<sup>-1</sup>.

Вдоль волокон коэффициент линейного расширения древесины значительно меньше, а поперек волокон значительно больше, чем у железа и меди.

Изменением размеров древесины от нагревания практически можно пренебречь, так как ввиду незначительности коэффициента линейного расширения оно намного меньше изменений ее размеров от усушки или разбухания.

Таблица 15

Коэффициенты линейного расширения древесины

Порода дерева	Коэффициенты линейного расширения в направлении, $\alpha \cdot 10^{-7}$ град <sup>-1</sup>			
	продольном $\alpha$	поперечном $\alpha$	радиальном $\alpha$	тангентальном $\alpha$
Береза желтая	25	—	272	300
Граб	60	—	—	—
Дуб	36	—	293	419
Ель	54	341	—	—
Каштан	65	325	—	—
Красное дерево	36	405	—	—
Липа	54	444	—	—
Пихта	37	584	—	—
Сосна	51	—	514	—
Тюльпанное дерево	17	—	242	267
Ясень	11	—	—	—

### 2.3.5. Плотность древесины

**Плотность древесины** – отношение массы древесины к ее объему. В зависимости от влажности древесины различают следующие способы выражения плотности: стандартная (нормализованная), или табличная,  $\rho_{12}$  (при стандартной влажности 12%); во влажном состоянии  $\rho_w$ ; в абсолютно сухом состоянии  $\rho_0$ ; условная  $\rho_{усл.}$  (отношение массы абсолютно сухой древесины к объему максимально разбухшей или свежесрубленной). Значение плотности зависит от строения древесины и содержания в ней экстрактивных веществ (смол). Значения плотности изменяются в

пределах древесной породы, внутри одного ствола дерева. Средние значения плотности древесины приведены ниже (табл. 16).

Таблица 16

Плотность пород древесины

Порода	Плотность, кг/м <sup>3</sup>			Порода	Плотность, кг/м <sup>3</sup>		
	$\rho_{12}$	$\rho_o$	$\rho_{усл.}$		$\rho_{12}$	$\rho_o$	$\rho_{усл.}$
Лиственница	660	630	520	Дуб	690	650	550
Сосна	500	470	400	Береза	630	600	500
Ель	445	420	360	Бук	670	640	530
Кедровая сосна	435	410	350	Осина	495	470	400
Пихта	375	350	300	Ольха	520	490	420

**Плотность древесинного вещества** представляет собой отношение массы вещества, образующего клеточные стенки древесины к ее объему. Древесинное вещество представляет собой материал клеточных стенок древесины. Плотность древесинного вещества не зависит от породы древесины и равна 1530 кг/м<sup>3</sup>. Плотность древесины из-за наличия в ней пустот, заполненных воздухом, колеблется в пределах от 100 кг/м<sup>3</sup> до 1300 кг/м<sup>3</sup>.

### 2.3.6. Электрические свойства древесины

**Удельное электрическое сопротивление  $\rho$**  (объемное и поверхностное) зависит от породы, направления волокон (вдоль волокон оно меньше, чем поперек), влажности и температуры. Сухая древесина по значению  $\rho$  не уступает лучшим электроизоляционным материалам. С ростом влажности от нуля до точки насыщения клеточных стенок значение  $\rho$  резко снижается. С дальнейшим ростом влажности снижение  $\rho$  продолжается, но в меньшей мере.

Удельное электрическое сопротивление древесины некоторых пород при 20°C, Ом·см, приведено в табл. 17.

Таблица 17

Удельное электрическое сопротивление при 20°C, Ом·см

Порода	Влажность, %			
	0		7	20
	поперек волокон	вдоль волокон	поперек волокон	поперек волокон
Сосна	$2,3 \cdot 10^{15}$	$1,8 \cdot 10^{15}$	$5 \cdot 10^{11}$	$3 \cdot 10^8$
Ель	$7,6 \cdot 10^{16}$	$3,8 \cdot 10^{16}$	$1 \cdot 10^{12}$	$3 \cdot 10^8$
Ясень	$3,3 \cdot 10^{16}$	$3,8 \cdot 10^{15}$	-	-
Граб	$8,0 \cdot 10^{15}$	$1,3 \cdot 10^{15}$	-	-
Клен	$6,6 \cdot 10^{17}$	$3,3 \cdot 10^{17}$	-	-
Береза	$5,1 \cdot 10^{16}$	$2,3 \cdot 10^{16}$	$9 \cdot 10^{11}$	$1 \cdot 10^8$
Ольха	$1,0 \cdot 10^{17}$	$9,6 \cdot 10^{15}$	$9 \cdot 10^{11}$	$6 \cdot 10^8$
Липа	$1,5 \cdot 10^{16}$	$6,4 \cdot 10^{15}$	-	-
Осина	$1,7 \cdot 10^{16}$	$8,0 \cdot 10^{15}$	-	-
Дуб	$1,5 \cdot 10^{16}$	-	$2 \cdot 10^{11}$	$7 \cdot 10^8$

**Электрическая прочность древесины** – напряженность однородного электрического поля, при которой происходит электрический пробой древесины (табл. 18). Ее определяют отношением пробивного напряжения к толщине образца и измеряют в кВ/мм. Электрическая прочность древесины сравнительно низка. Вдоль волокон она меньше, чем поперек них. С увеличением влажности и температуры электрическая прочность уменьшается.

Таблица 18

Электрическая прочность древесины некоторых пород, кВ/мм

Порода	Направление		
	радиальное	тангенциальное	вдоль волокон
Сосна	5,9(1,4)	7,2(1,5)	1,45(0,76)
Ель	6,0(1,4)	7,2(1,3)	1,35(1,3)
Береза	9,1(1,4)	7,6(1,2)	1,26(0,5)
Примечание. Значения даны для абсолютно сухой древесины (в скобках – при влажности 33%)			

**Диэлектрические свойства древесины.** Древесина, находящаяся в переменном электрическом поле, проявляет свои диэлектрические свойства, которые характеризуются двумя показателями. Первый из них – **диэлектрическая проницаемость  $\epsilon$** .

**Диэлектрическая проницаемость  $\epsilon$**  количественно равна отношению емкости конденсатора с прокладкой из древесины к емкости конденсатора с воздушным зазором между электродами.

Второй показатель – **тангенс угла диэлектрических потерь  $\operatorname{tg}\delta$** . Он определяет долю подведенной мощности, которая вследствие дипольной поляризации древесины поглощается ею и превращается в теплоту.

Угол  $\delta$  называется углом диэлектрических потерь. Чем больше угол  $\delta$ , тем больше рассеиваемая мощность.

Древесина по своей природе является диэлектриком, не проводящим электрического тока. В ней отсутствуют свободные электрические заряды. По своим электрическим свойствам молекулы древесины эквивалентны электрическим диполям, которые в свободном состоянии расположены хаотично. В молекулах древесины центры распределения положительных и отрицательных зарядов не совпадают (рис. 35).

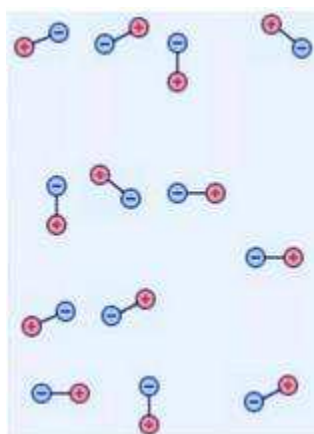


Рис. 35. Молекулы древесины

При помещении диэлектрика во внешнее электрическое поле происходит деформация молекул и возникает индуцированный дипольный электрический момент молекул, пропорциональный напряженности поля. Происходит поляризация молекул. Если внешнее электрическое поле создать переменным током высокой частоты, то направление деформации молекул будет следовать за

направлением магнитного поля. При этом процесс ориентации сопровождается трением и соударением молекул, затраченная на это работа превращается в тепло.

Чем больше напряжение поля, тем больше угол поворота диполей; чем больше частота тока, тем чаще меняется направление поля, тем чаще молекулы меняют свое положение и тем интенсивнее нагревается диэлектрик. Диэлектрическая проницаемость абсолютно сухой древесины сравнительно мало зависит от ее плотности.

Диэлектрическая проницаемость поперек волокон абсолютно сухой древесины средней плотности составляет примерно 1,8...2,2. Вдоль волокон диэлектрическая проницаемость в 1,5...2 раза больше, чем поперек.

С повышением влажности древесины диэлектрическая проницаемость увеличивается, так как  $\varepsilon$  воды равняется 81.

**Тангенс угла диэлектрических потерь** древесины зависит от ее плотности. Поскольку потери в древесинном веществе значительно выше, чем в воздухе, с увеличением плотности древесины  $\operatorname{tg}\delta$  возрастает. Так же, как и диэлектрическая проницаемость,  $\operatorname{tg}\delta$  вдоль волокон примерно в 2 раза больше, чем поперек (разницы между тангенциальным и радиальным направлением практически не наблюдается). Повышение частоты влияет на величину  $\operatorname{tg}\delta$ .

При исследовании диэлектрических свойств в широком диапазоне частот от  $3 \cdot 10^2$  до  $10^9$  Гц, были обнаружены весьма сложные зависимости  $\operatorname{tg}\delta$  от частоты при разной влажности древесины. Так, например, для древесины бука вдоль волокон при влажности 12 % с повышением частоты  $\operatorname{tg}\delta$  вначале резко падает, достигает минимума при частоте  $10^5$  Гц и затем также резко возрастает.

Диэлектрическая проницаемость некоторых пород древесины приведена ниже в табл. 19

Выделение тепла диэлектриком, помещенным в поле токов высокой частоты (ТВЧ) используется на практике, например, при сушке древесины (рис. 36), при склеивании деталей и др.

Диэлектрическая проницаемость

Порода	Ель	Бук	Дуб
вдоль волокон	3,06	3,18	2,86
в радиальном направлении	1,98	2,20	2,30
в тангенциальном направлении	1,91	2,40	2,46

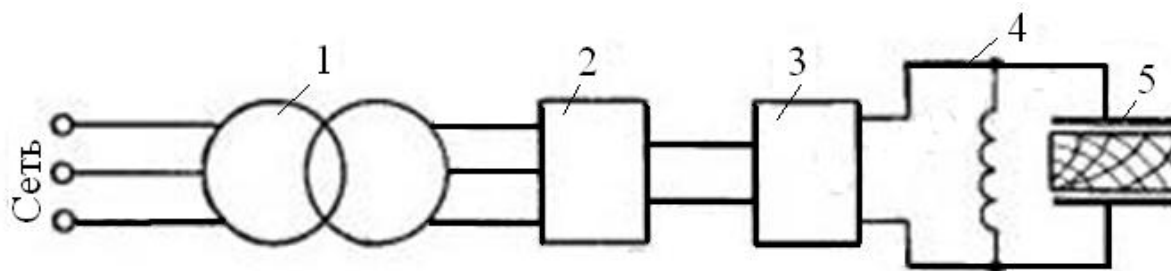


Рис. 36. Нагреватель ТВЧ для сушки древесины:

1 – трансформатор; 2 – выпрямитель; 3 – генератор;  
4 – колебательный контур; 5 – конденсатор

### 2.3.7. Влажность древесины

Различают абсолютную и относительную влажность древесины.

**Абсолютная влажность** древесины есть отношение массы содержащейся в древесине влаги к массе абсолютно сухой древесины, выраженная в процентах (табл. 20).

*Пример.* Образец сырой древесины имеет массу 300 г. После сушки масса образца стала 200 г.

Абсолютная влажность древесины

$$W = \frac{M_w - M_c}{M_c} = \frac{300 - 200}{200} 100 = 50 \%. \quad (24)$$

**Относительная влажность** древесины есть отношение массы содержащейся в древесине влаги к массе сырой древесины, выраженное в процентах.

Для предыдущего примера

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



Таблица 20

**Средние значения абсолютной влажности  
свежесрубленной древесины**

Порода	Абсолютная влажность, %		
	спелой древеси- ны или ядра	заболони	средняя
Сосна, ель	30...40	100...120	60...100
Кедр	35...65	140...200	80...110
Лиственница	40...50	100...120	50...70
Береза	—	70...90	70...90
Осина	—	80...100	80...100
Ясень	35...40	35...40	35...40
Дуб	50...80	70...80	60...80

На практике чаще всего пользуются параметром относительной влажности древесины.

Вода в древесине может быть свободной и связанной. Свободная вода находится в полостях клеток и удерживается в них механически.

Связанная или гигроскопическая вода находится в стенках клеток. В связи с этим принято называть древесину *влажной*, если она содержит только связанную воду, и *сырой*, если она содержит связанную и свободную воду.

Предел насыщения клеточных стенок влагой (предел гигроскопичности) принято считать  $W_{н.н.} = 30\%$ .

Максимальное абсолютное содержание свободной воды зависит от размеров полостей клеток и изменяется  $60...70 \leq W_a \leq 200...250\%$ .

В растущем и свежесрубленном дереве древесина всегда сырая. Влажность ее изменяется в широком диапазоне.

### **2.3.8. Механические свойства древесины**

Механическими свойствами древесины называют ее способность сопротивляться воздействию внешних сил. К ним относятся:

– прочность, характеризуемая пределом прочности, предшествующим разрушению;

- жесткость – способность сопротивляться деформации;
- ударная вязкость – способность при ударе поглощать работу без разрушения;
- твердость – способность сопротивляться проникновению другого твердого тела;
- плотность – количество древесного вещества в 1 м<sup>3</sup>.

Прочность древесины характеризует способность древесины сопротивляться разрушению под действием механических нагрузок.

Различают прочность древесины при сжатии и растяжении вдоль волокон, сжатии, местном смятии и растяжении поперек волокон в радиальном и тангенциальном направлениях, статическом изгибе, скалывании вдоль и поперек волокон в радиальной и тангенциальной плоскостях. Испытания древесины на прочность проводят стандартными методами на чистых без пороков малых (базисное сечение 20 × 20 мм) образцах при статических нагрузках. Показатели прочности приводят к единой влажности 12%.

Показатели пределов прочности приведены в табл. 21

Таблица 21

Пределы прочности древесины некоторых древесных пород, МПа

Параметры	Лист- венница	Сосна	Ель	Дуб	Береза	Осина
При сжатии вдоль волокон	64,5	48,5	44,5	57,5	55,0	42,5
При растяжении:						
– вдоль волокон	125,0	103,5	103,0	-	168,0	125,5
– поперек волокон в направлении радиальном	5,6	5,4	5,0	8,0	11,1	7,1
– тангенциальном	5,2	3,5	3,2	6,5	6,5	4,6
При статическом изгибе	111,5	86,0	79,5	107,5	109,5	78,0
При скалывании вдоль волокон:						
– радиальном	9,9	7,5	6,9	10,2	9,3	6,3
– тангенциальном	9,4	7,3	6,8	12,2	11,2	8,6

Показатели твердости древесины характеризуют способность древесины сопротивляться внедрению в нее более твердых тел. Статическая твердость древесины численно равна усилию

для внедрения на глубину 5,64 мм пуансона с полусферическим наконечником диаметром 11,28 мм, отнесенному к площади проекции отпечатка, которая в этом случае равна  $1 \text{ см}^2$ . Единица статической твердости древесины –  $\text{кН/см}^2$ .

Твердость тангенциальной и радиальной поверхностей различных пород практически одинакова (у дуба, бука и ильма радиальная поверхность тверже тангенциальной на 5-10%) и меньше твердости торцевой поверхности в среднем на 30% у лиственных пород и на 40% у хвойных. При повышении влажности ее твердость понижается. Породы с твердостью  $4 \text{ кН/см}^2$  и меньше считаются мягкими (сосна, ель, кедровая сосна, пихта, осина), с твердостью  $4-8 \text{ кН/см}^2$  – твердыми (лиственница, береза, бук, дуб, ясень) и с твердостью более  $8 \text{ кН/см}^2$  – очень твердыми (граб).

Ударную твердость древесины определяют по площади проекции отпечатка от удара стальным шариком диаметром 25 мм при свободном падении его с высоты 500 мм. Значение ударной твердости равно отношению потенциальной энергии шарика к площади проекции отпечатка. Единица измерения ударной твердости –  $\text{кДж/см}^2$ .

### 2.3.9. Акустические свойства древесины

Звук представляет собой механические колебания в упругих средах и характеризуется амплитудой и спектром частот.

Частота колебаний измеряется в герцах:  $1 \text{ Гц} = 1$  колебанию в секунду.

Для человеческого уха звук частотой:

–  $0,001...17 \text{ Гц}$  – инфразвук – не слышен;

–  $17...20 \text{ Гц}$  (с длиной волны от 20 м до 17 мм) – слышимый звук; частота обычного человеческого голоса  $100...300 \text{ Гц}$ ;

– от  $20 \text{ кГц}$  до  $100 \text{ кГц}$  – ультразвук, неслышен.

В среднем скорость звука в древесине вдоль волокон составляет  $5000 \text{ м/с}$ .

Древесину по проводимости звука характеризуют звукопроводностью, звукоизолирующей и звукопоглощающей способностью, резонансными свойствами.

**Скорость распространения звука  $C$**  определяется по времени распространения упругой волны по длине образца,  $\text{м/с}$ :

$$C = \frac{l}{\tau}, \quad (25)$$

где  $l$  – расстояние между датчиками, установленными по длине образца, м;

$\tau$  – время распространения упругой волны, с.

Скорость звука можно определить так, м/с:

$$C = \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \quad (26)$$

где  $E$  – динамический модуль упругости древесины, Н/м<sup>2</sup> = Па;

$\rho$  – плотность древесины, кг/м<sup>3</sup>.

Скорость звука можно определить так, м/с:

$$C = 2lf_o, \quad (27)$$

где  $l$  – длина образца (расстояние между датчиками), м;

$f_o$  – резонансная частота, Гц.

Значения скорости звука и плотности древесины приведены в табл. 22.

Таблица 22

Модули упругости и скорости звука  
для некоторых пород древесины

Порода	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Модули упругости, кПа/см <sup>2</sup>		$C_{//}$	$C_{\perp}$	Отноше- ние $C_{//} / C_{\perp}$
		$E_{//}$	$E_{\perp}$			
Ель	0,47-483	110000	5500	4790	1072	4,47
Сосна	0,52	120000	4600	4760	932	5,11
Пихта	0,45	110000	4900	4890	1033	4,73
Бук	0,73	160000	150000	4638	1420	3,27
Дуб	0,69	130000	100000	4304	1193	3,61

Скорость звука в сухой древесине значительно больше скорости звука в сырой древесине. С увеличением температуры древесины скорость звука убывает.

**Звукоизолирующая способность древесины.** Характеризуется ослаблением прошедшего через древесину звука. Оценивается разницей звукового давления (в децибелах) до и после перегородки из древесины и по коэффициенту звукопроницаемо-

сти. Коэффициент звукопроницаемости показывает во сколько раз уменьшается звук за перегородкой (табл. 23).

Таблица 23

Характеристики звукоизолирующей способности древесины

Порода	Толщина перегородки, см	Звуко- изоляция, дБ	Коэффи- циент звуко- проницаемости
Сосна	3	12	0,065
Дуб	4,5	27	0,002

По строительным нормам звукоизоляция стен должна быть не ниже 40 дБ, а межэтажных перекрытий – 48 дБ. Отсюда видно, что звукоизолирующая способность массивной древесины сравнительно невысока.

Способность древесины поглощать звук вызвана рассеянием звуковой энергии в структурных полостях и необратимыми тепловыми потерями вследствие внутреннего трения. Для оценки этой способности используют **коэффициент звукопоглощения**. Коэффициент звукопоглощения сосновой перегородки толщиной 19 мм в диапазоне частот 100-4000 Гц находится в пределах 0,081-0,110.

**Резонансная способность древесины.** Это способность древесины резонировать, т.е. усиливать звук без искажения его высоты (тона). Эта способность древесины широко используется при строительстве акустических залов и изготовлении музыкальных инструментов, точнее основной их звукоизлучающей детали – деки. Хотя в природе немало других материалов, обладающих акустическими свойствами, даже превосходящими древесину по силе излучаемого звука, однако по нежности и тембровой окраске звучания, пока не найдено достойного заменителя древесины.

Энергия, передаваемая деке струной, расходуется на трение внутри деки и излучается в виде звуковой энергии в окружающее пространство. Известно, что в окружающий воздух передается только 3...5% энергии, передаваемой деке.

Комплекс акустических свойств древесины, определяющих возможность ее использования в качестве материала для изготовления дек музыкальных инструментов, характеризуется скоростью звука, определяемой по формуле:

$$K = C = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (28)$$

Этот показатель характеризует главным образом способность материала к звуковому излучению, поэтому его называют константой излучения, или акустической константой  $K$ . Те породы древесины, для которых значения константы  $K$  максимальны, наилучшим образом подходят для изготовления музыкальных инструментов и для отделки акустических залов.

Наибольшей величиной акустической константы обладает древесина ели, пихты и кедра. Резонансные заготовки согласно ГОСТ 6900-83 должны изготавливаться из древесины с мелкими и равными годичными слоями, без сучков, крени, наклона волокон и других пороков древесины.

Наилучшими резонансными свойствами обладает древесина длительной (50 лет и более) выдержки.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Прешкин, Г.А.** Нормативы оценки лесных благ: проблемы, решения/ Г.Е. Прешкин. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. – 319 с.
2. **Уласовец, В.Г.** Организация и технология лесопильного производства/В.Г. Уласовец. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2001. – 294 с.
3. **Азаренок, В.А.** Основы технологии лесопиления на предприятиях лесного комплекса/ В.А. Азаренок, Г.Н. Левинская, Б.Е. Меньшиков. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2002. – 279 с.
4. **Потыкалова, М.В.** Лесное товароведение с основами древесиноведения/ М.В. Потыкалова. – Архангельск: Арханг. гос. техн. ун-т, 2009.– 129 с.
5. **Глебов, И.Т.** Технология деревообработки. Тнрмины и определения. Учебное пособие/ И.Т. Глебов, В.Е. Рысев – Екатеринбург: УГЛТУ, 2005. – 220 с.
6. ГОСТ 10632-2007. Плиты древесностружечные. Технические условия. – М.: Издательство стандартов, 2007. – 10 с.
7. ГОСТ 2292-88 Лесоматериалы круглые. Маркировка, сортировка, транспортирование, методы измерения и приемка – М.: Стандартиформ, 2005.

8. ГОСТ 9462-88. Лесоматериалы круглые лиственных пород. Технические условия. – М.: Издательство стандартов, 2010. – 10 с.

9. ГОСТ Р 52117-2003 Лесоматериалы круглые. Методы измерений – Издат-во стандартов, 2003. – 51 с.

10. ГОСТ 9463-88. Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия. – М.: Издательство стандартов, 2004. – 10 с.

**11. Подкорытов В.И.** Проект правил сортиментации и оценки качества древесины в круглом виде/ В.И. Подкорытов. – Киев, 2013. – 44 с.

**12. Леонтьев, Л.Л.** Древесиноведение и лесное товароведение / Л.Л. Леонтьев. – СПб.: Издательство «Лань», 2017. – 416 с.

## Оглавление

Введение .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Часть 1 .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Лесное товароведение.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.1. Термины и определения	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.1.1. Классификация лесных товаров ...	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.1.2. Классификация лесоматериалов...	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.1.3. Круглые лесоматериалы .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.1.4. Пиломатериалы .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.1.5. Клееная древесина ...	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.1.6. Марки фанеры .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.1.7. Марки фанерных плит .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.1.8. Измельченная древесина .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.1.9. Рубительные машины .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.1.10. Стружечные станки	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.1.11. Дробилки и мельницы.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

1.1.12. Древесностружечные плиты.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.1.13. Плиты с ориентированной стружкой.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.1.14. Плиты цементно-стружечные.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.2. Обмер, учет и маркировка лесоматериалов.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.2.1. Учет сырья .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.2.2. Общие сведения об измерении диаметра круглых .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
лесоматериалов .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.2.3. Поштучные методы измерений и определения ..	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
объема круглых лесоматериалов.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.2.4. Групповые методы измерений и определения ..	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
объема круглых лесоматериалов.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.2.5. Сортировка круглых лесоматериалов	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.2.6. Маркировка круглых лесоматериалов.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.2.7. Определение объема пиломатериалов.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.2.6. Определение объема измельченной древесины .	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.3. Пороки древесины .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.3.1. Сортообразующие пороки круглых лесоматериалов ....	46
1.3.2. Сортировка сырья по качеству .....	54
1.3.3. Примеры решения задач .....	58
Часть 2 .....	62
Основы древесиноведения.....	62
2.1. Термины и определения.....	62
2.1.1. Дерево.....	62



2.1.2. Строение древесины .....	63
2.1.3. Макроструктура древесины .....	65
2.2. Породы древесины .....	69
2.3. Физические свойства древесины .....	72
2.3.1. Внешний вид древесины.....	72
2.3.2. Гигроскопичность.....	75
2.3.3. Деформативность древесины .....	78
2.3.4. Тепловые свойства древесины .....	79
2.3.5. Плотность древесины .....	82
2.3.6. Электрические свойства древесины .....	83
2.3.7. Влажность древесины .....	87
2.3.8. Механические свойства древесины .....	88
2.3.9. Акустические свойства древесины .....	90
Библиографический список .....	93

Учебное издание

Иван Тихонович Глебов

**Лесное товароведение с основами  
древесиноведения**

Учебное пособие

