

# Оборудование отрасли

Разделы:

- резание древесины;
- дереворежущий инструмент;
- конструкции деревообрабатывающих станков

Проф. И.Т. Глебов

Кафедра автоматизации и  
инновационных технологий

# Литература

- 1. Глебов, И.Т. Резание древесины/И.Т. Глебов. – СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 256 с.
- 2. Глебов, И.Т. Решение задач по резанию древесины/ И.Т. Глебов. – СПб.: Издательство «Лань», 2012. – 288 с.
- 3. Глебов И.Т., Неустроев Д.В. Справочник по дереворежущему инструменту. Екатеринбург: УГЛТА, 2000. – 253 с.
- 4. Глебов И.Т. Оборудование отрасли. Тестовые задания. Учебное пособие. Екатеринбург: УГЛТУ, 2006. – 71 с.
- 5. Глебов И.Т. Оборудование отрасли. Справочник по резанию древесины. Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. – 314 с.
- 6. Глебов И.Т. Конструкции и испытания деревообрабатывающих машин. Учебное пособие. – СПб: Издательство «Лань», 2012. – 352 с.
- 7. Глебов И.Т. Оборудование отрасли: конструкция и эксплуатация деревообрабатывающих машин. Учебное пособие. Екатеринбург: УГЛТУ, 2004. – 286 с.

# Понятия и определения

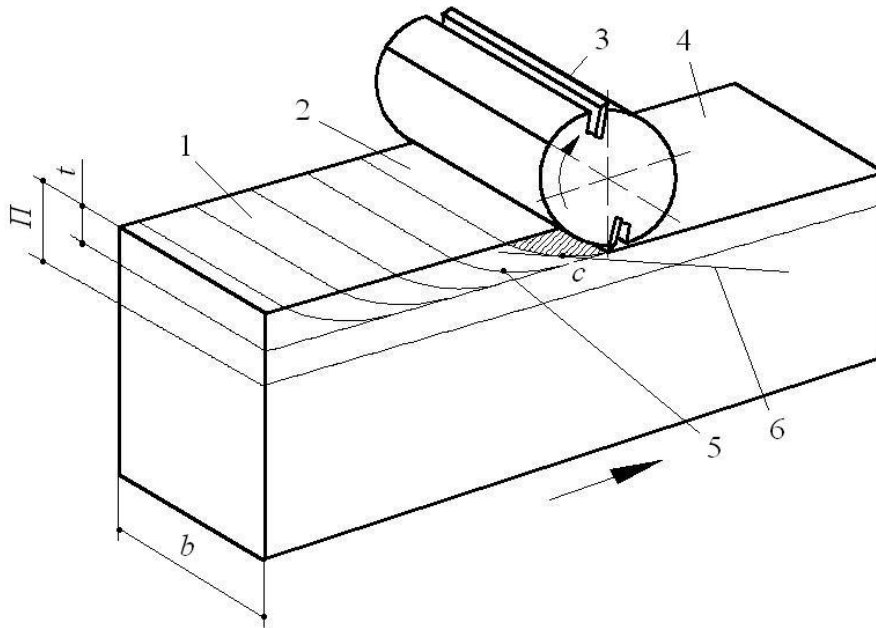
- **1.1. Станок** – рабочая машина, на которой изменяется форма и размеры заготовки методом резания.
- **1.2. Заготовка**
- *Заготовка* – это предмет, подвергаемый изменению формы, размеров и шероховатости [1, 2].
- После завершения механической обработки из заготовки получается изделие (обработанная деталь), т.е. предмет труда.

# Резание древесины

## 1.1. Понятие о резании

*Резанием называют технологический процесс разрушения связей между частицами материала обрабатываемой заготовки по проектной поверхности лезвием режущего инструмента с целью получения детали требуемой формы, размеров и шероховатости.*

**Лезвие** – клиновидный элемент режущего инструмента. Оно предназначено для проникновения в материал заготовки и отделения срезаемого слоя.



# 1.2. Движения при резании

При резании лезвие и заготовка одновременно перемещаются относительно друг друга. Эти движения называют рабочими. К ним относят движения главное, подачи, касательное и результирующее.

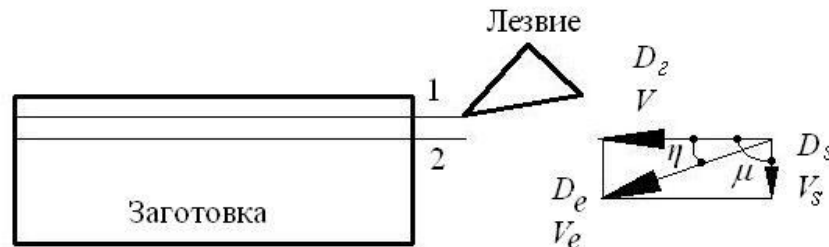
*Главным движением резания  $D_g$  называется движение режущего инструмента или заготовки, предназначенное для удаления одного срезаемого слоя.*

Скорость главного движения  $V$  – это скорость главного движения резания.

*Движением подачи  $D_s$  называется прямолинейное поступательное или вращательное движение режущего инструмента или заготовки, предназначенное для подведения к лезвию нового срезаемого слоя.*

*Касательное движение  $D_k$  – это прямолинейное или вращательное движение режущего инструмента или заготовки, скорость которого направлена вдоль режущей кромки*

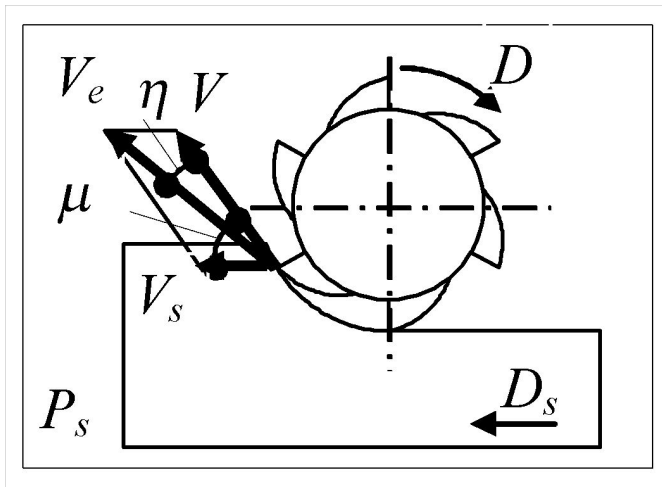
*Результирующее (суммарное) движение резания  $D_e$  является следствием нескольких одновременно осуществляемых движений и включает главное движение, движение подачи и касательное движение*



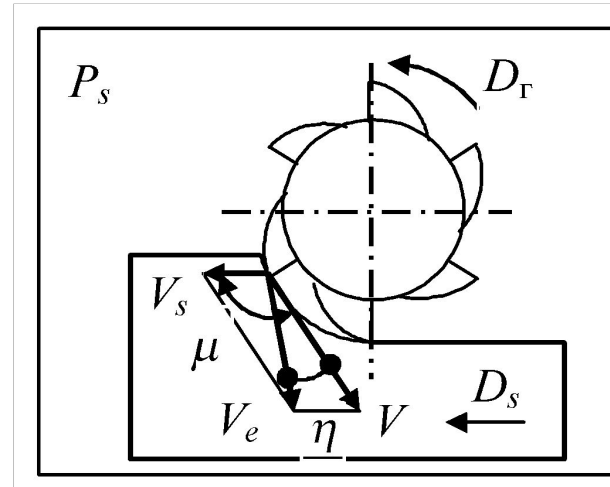
# 1.3. Углы скоростей

*Углом подачи  $\mu$  называется угол в рабочей плоскости между направлениями скоростей движения подачи и главного движения резания.*

*Углом скорости резания  $\eta$  называется угол в рабочей плоскости между направлениями скоростей результирующего движения резания и главного движения резания.*

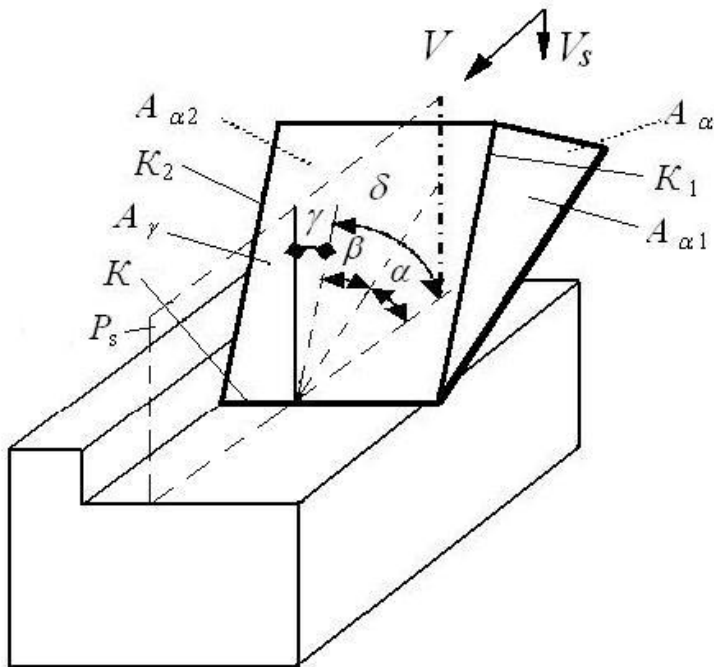


*a*



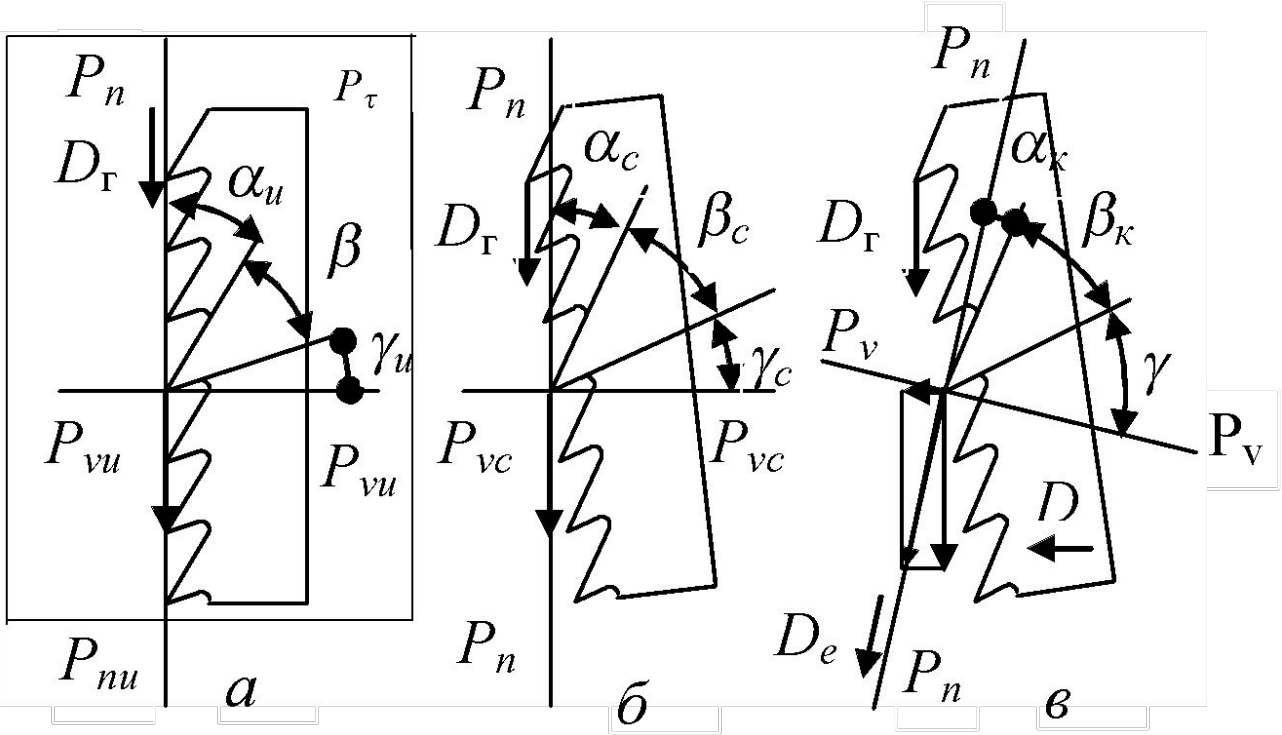
*б*

# Элементы лезвия



- **Передней поверхностью лезвия  $A_{\gamma}$**  называется поверхность лезвия, контактирующая в процессе резания со срезаемым слоем и стружкой (рис. 7). По ней сходит стружка.
- **Задней поверхностью лезвия  $A_{\alpha}$**  называется поверхность лезвия, контактирующая в процессе резания с поверхностью резания (она обращена к обработанной поверхности). Если у лезвия имеется несколько задних поверхностей, то одна из них называется главной задней поверхностью  $A_{\alpha}$ , а остальные – вспомогательными задними поверхностями  $A_{\alpha 1}$ ,  $A_{\alpha 2}$ .
- **Режущими кромками лезвия** инструмента называют линии пересечения передней поверхности с задними. Часть режущей кромки, формирующая большую сторону сечения срезаемого слоя, называется главной режущей кромкой  $K$ , остальные – вспомогательными режущими кромками  $K_1$ ,  $K_2$ .

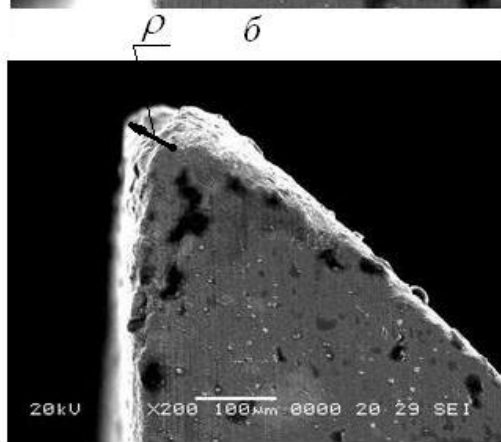
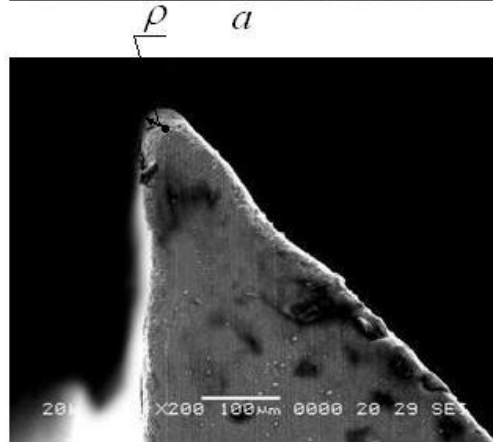
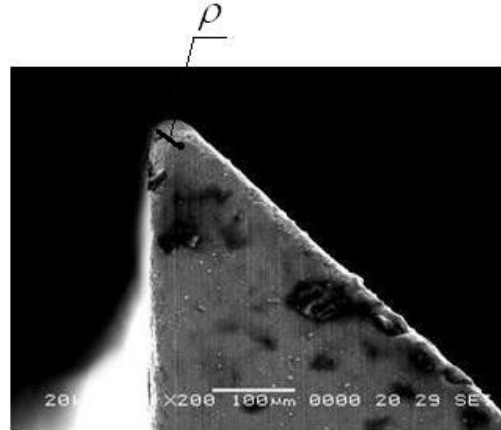
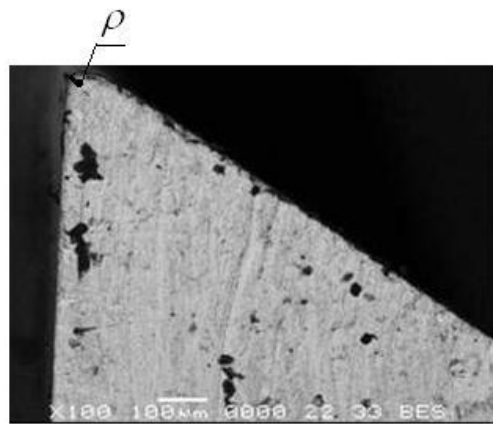
# Угловые параметры лезвия, системы координат





# Износ и затупление лезвий

- *а* – вновь заточенное лезвие;
- *б* – затупленное лезвие;
- *в* – изношенное лезвие с лунками на его поверхностях; *г* – очень тупое лезвие
- Заточенное, острое лезвие имеет плоские переднюю и заднюю поверхности. При этом режущая кромка представляет собой кривую поверхность, соединяющую переднюю и заднюю поверхности лезвия. Для сравнения лезвий по остроте условно в поверхность режущей кромки вписывают окружность радиуса  $\rho$ . Для острого лезвия принимают значение  $\rho = 5 \dots 6$  мкм (для фрез) и  $\rho = 10$  мкм (для пил). Для очень тупых лезвий  $\rho = 60$  мкм. Такое деление лезвий по остроте – весьма условное.



# Микрогеометрия режущей кромки

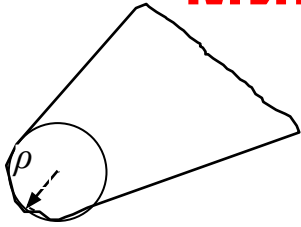


Рис. 1. Схема реального лезвия

Для лезвия любой остроты величину радиуса округления можно описать следующим выражением:

$$\rho = \rho_0 + \Delta\rho, \quad (2)$$

где  $\rho$  – радиус округления режущей кромки произвольной остроты, мкм;

$\rho_0$  – радиус округления режущей кромки после заточки, мкм ;

$\Delta\rho$  – величина прироста затупления за время работы, мкм.

Для лезвий из сталей ХВГ и 85ХФ принимают следующие значения  $\rho_0$ : у фрез  $\rho_0 = 4 \dots 6$  мкм; у пил  $\rho_0 = 10$  мкм.

Прирост затупления

$$\Delta\rho = \gamma_{\Delta} L, \quad (3)$$

где  $\gamma_{\Delta}$  – величина затупления режущей кромки на 1 м пути,

мкм/м;  $L$  – путь резца в заготовке, м.

При фрезеровании сосны инструментом из легированной стали принимают  $\gamma_{\Delta} = 0,0008$  мкм/м, при пилении  $\gamma_{\Delta} = 0,001$  мкм/м.

# Влияние строения и свойств древесины на процесс резания

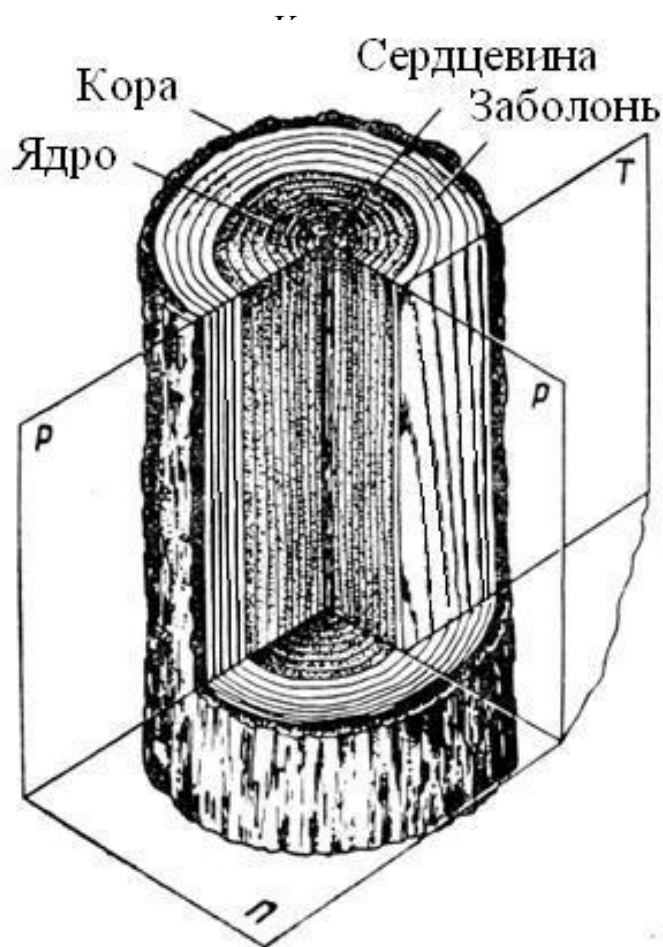


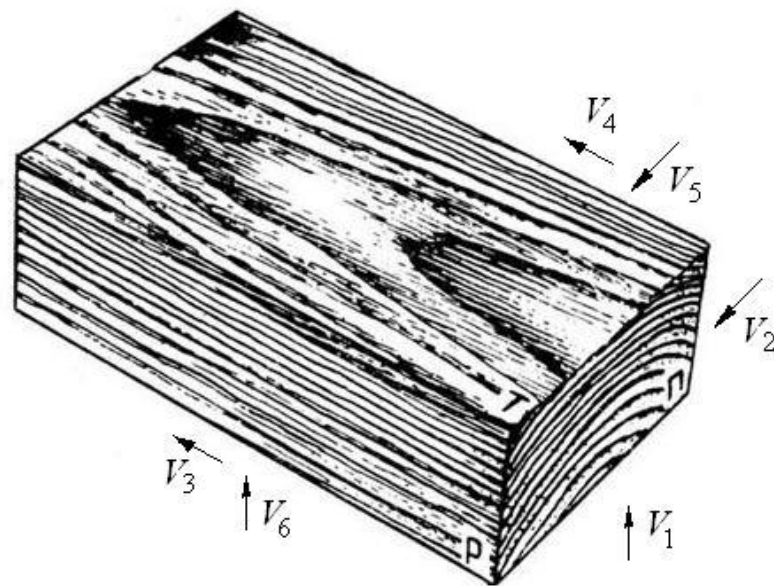
Рис. 23. Разрезы ствола:

П – поперечный

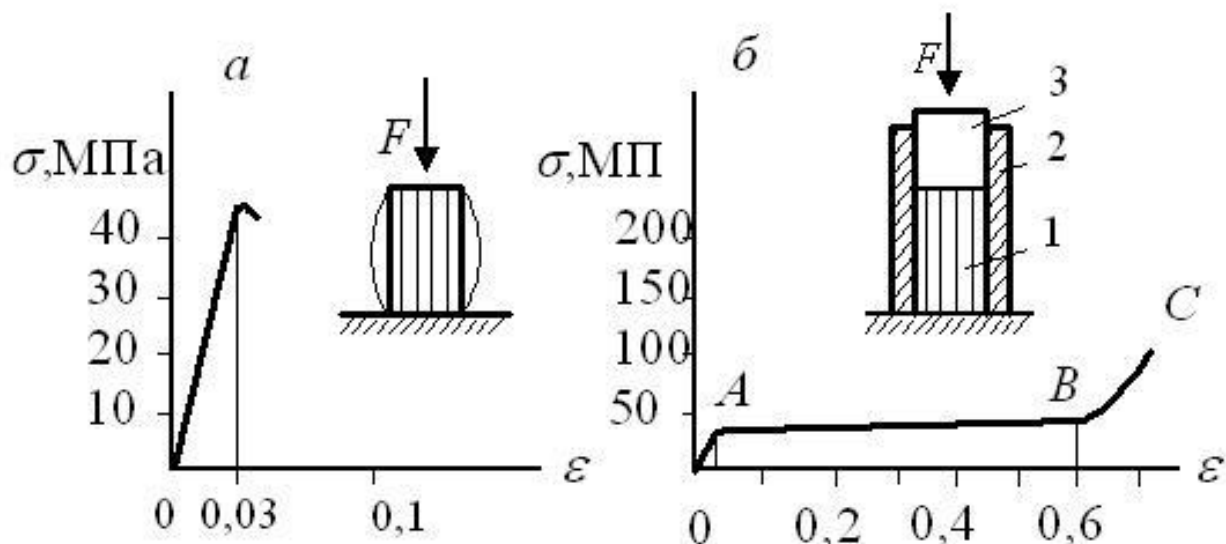
(торцовый);

Р – радиальный;

Т – тангенциальный

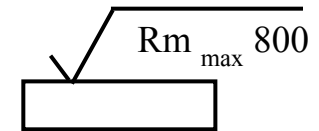


# Сжатие древесины



- Древесинное вещество представляет собой материал клеточных стенок древесины. Плотность древесинного вещества не зависит от породы древесины и равна 1530 кг/м<sup>3</sup>

# Шероховатость



## *Шероховатость деревянной поверхности по ГОСТ 7016-82*

*характеризуется параметрами, их числовыми значениями и наличием или отсутствием ворсистости и мшистости. Анатомические неровности древесины при этом не учитываются.*

ГОСТ устанавливает пять параметров. Числовые значения параметров в мкм принимаются из следующих предпочтительных рядов чисел:

$R_{t\ max}$ ,  $R_t$  и  $R_z$  - 1600, 800, 400, 200, 100, 50, 25, 12,5, 6,3, 3,2;

$R_a$ ,  $S_z$  - 100; 50; 25; 12,5; 6,3; 3,2; 1,6; 0,8.

**Пример** обозначения шероховатости на чертеже  $R_{t\ max} 800$  :

# Составляющие силы резания

При резании древесина оказывает сопротивление перемещению лезвия. Эту силу, действующую со стороны лезвия на заготовку, называют силой резания  $F$ .

В расчетах и исследованиях обычно пользуются составляющими силы резания – проекциями на координатные оси (рис. 28). Причем ось  $x$  проводят параллельно направлению  $Ve$ , а координатную плоскость  $XOY$  совмещают с плоскостью резания.

**Проекциям силы резания присвоены следующие названия: главная составляющая силы резания (касательная)  $F_x$ , радиальная (нормальная) составляющая силы резания  $F_z$  и осевая составляющая силы резания  $F_y$ .**

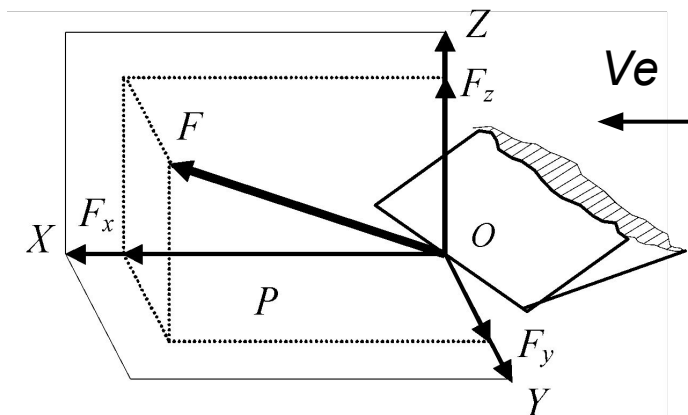


Рис. 28. Составляющие силы резания

# Удельная сила, удельная работа, единичная сила резания

**Удельная сила резания**  $F_{уд}$  есть отношение главной составляющей силы резания к площади поперечного сечения срезаемого слоя и имеет размерность МПа (Н/мм<sup>2</sup>):

$$F_{уд} = \frac{F_x}{ab}$$

где  $a$ ,  $b$  – соответственно толщина и ширина срезаемого слоя, мм.

**Удельная работа резания**  $K$  есть работа главной составляющей силы резания, необходимая для срезания 1 см<sup>3</sup> древесины, Дж/ см<sup>3</sup>. Согласно определению

$$K = \frac{A}{v} = \frac{F_x l}{abl} = \frac{F_x}{ab} = F_{уд}$$

где  $A$  – работа резания, Дж;  $v$  – объем срезаемого слоя, см<sup>3</sup>;

$l$  – длина срезаемого слоя, м.

Таким образом количественно  $K = F_{уд}$ , но физический смысл их разный.

## Зависимость главной составляющей силы резания от толщины срезаемого слоя

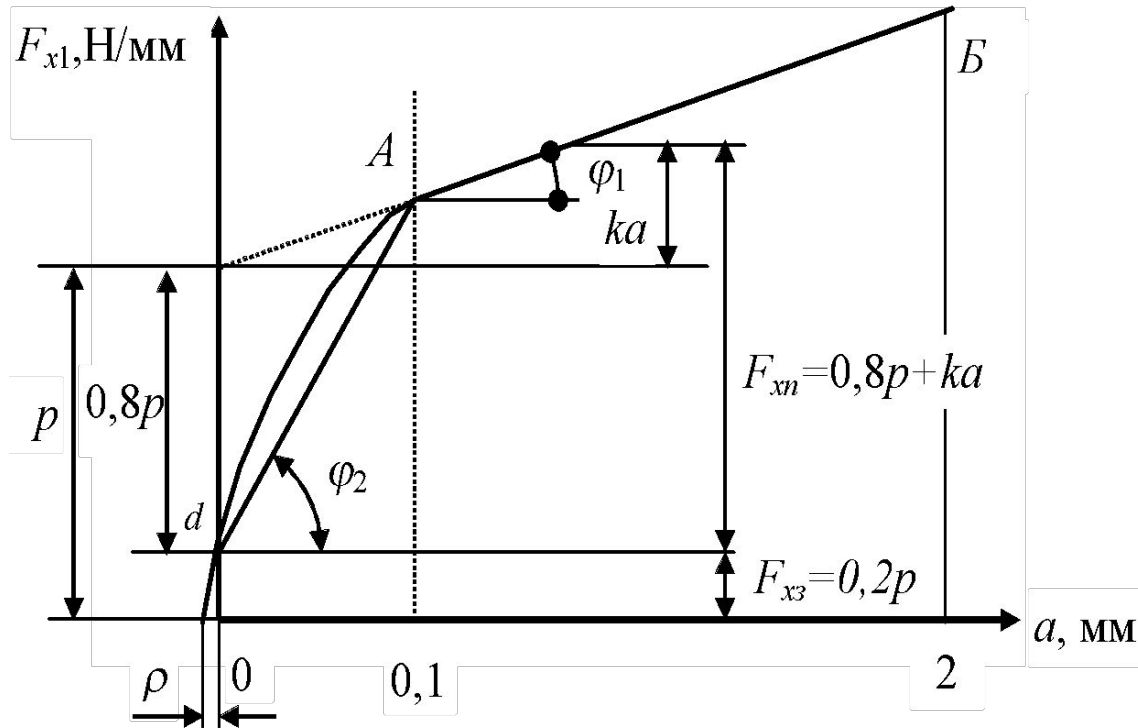


Рис. 32. Зависимость касательной силы от толщины срезаемого слоя





# Расчетные уравнения для касательной силы резания

Уравнение единичной касательной силы резания для

– для макрослоев

$$F_x = (\alpha_p p + ka)b,$$

– для микрослоев

$$F_{x1} = (p + 0,1k) \left( 1 - \frac{1}{\lambda} a^2 + \frac{0,2}{\lambda} a - \frac{0,01}{\lambda} \right)$$

где  $\lambda$  – коэффициент:

$$\lambda = \rho_o^2 + 0,2\rho_o + 0,01$$

где  $\rho_o$  – начальный радиус закругления режущей кромки, мм.

Коэффициент затупления лезвий

$$\alpha_p = 1 + \left( 1 + 0,1 \frac{k}{p} \right) \frac{\Delta_p}{\rho_o + 50}$$

# Влияние породы, влажности, температуры

$$F_x = F_{xc} a_{п},$$

Поправочные коэффициенты на породу древесины  $a_{п}$  других пород имеют следующие значения:

Порода	Липа	Осина	Ель	Сосна	Ольха
$a_{п}$	0,8	0,85	0,95	1,0	1,05
Порода	Лиственница	Береза	Бук	Дуб	Ясень
$a_{п}$	1,1	1,25	1,4	1,55	1,75

Влажность, %	5...8	10...15	20...30	50...60	Более 70
$a_w$	1,1	1	0,93	0,89	0,87

Касательная сила резания при любой влажности:

$$F_{xw} = a_w F_{x,z}$$

где  $F_{x,z}$  – касательная сила резания при влажности  $W = 10...15\%$ .

# Влияние угла встречи с волокнами древесины

*Расчетные формулы, рекомендуемые для определения значений параметров  $p$  и  $k$ , при переходных видах резания массивной древесины сосны:*

- для продольно-торцового резания*
- для поперечно-торцового резания*
- для поперечно-продольного резания*
- для продольно-торцово-поперечного резания*

$$p_{//-\perp} = 1,57 + 3,23 \sin^{1,25} \varphi_c$$

$$k_{//-\perp} = 0,196\delta + 0,069V' - 5,4 + (0,354\delta + 0,127V' - 14,22) \sin^{1,25} \varphi_c$$

$$p_{\#-\perp} = 0,98 + 3,82 \sin^{1,25} \varphi_n$$

$$k_{\#-\perp} = 0,029\delta + CV' - 0,59 + (0,521\delta + (0,196 - C)V' - 19,03) \sin^{1,25} \varphi_n$$

$$p_{\#-//} = 0,98 + 0,59 \cos^2 \varphi_c$$

$$k_{\#-//} = 0,029\delta + CV' - 0,59 + (0,167\delta + (0,069 - C)V' - 4,81) \cos^2 \varphi_c$$

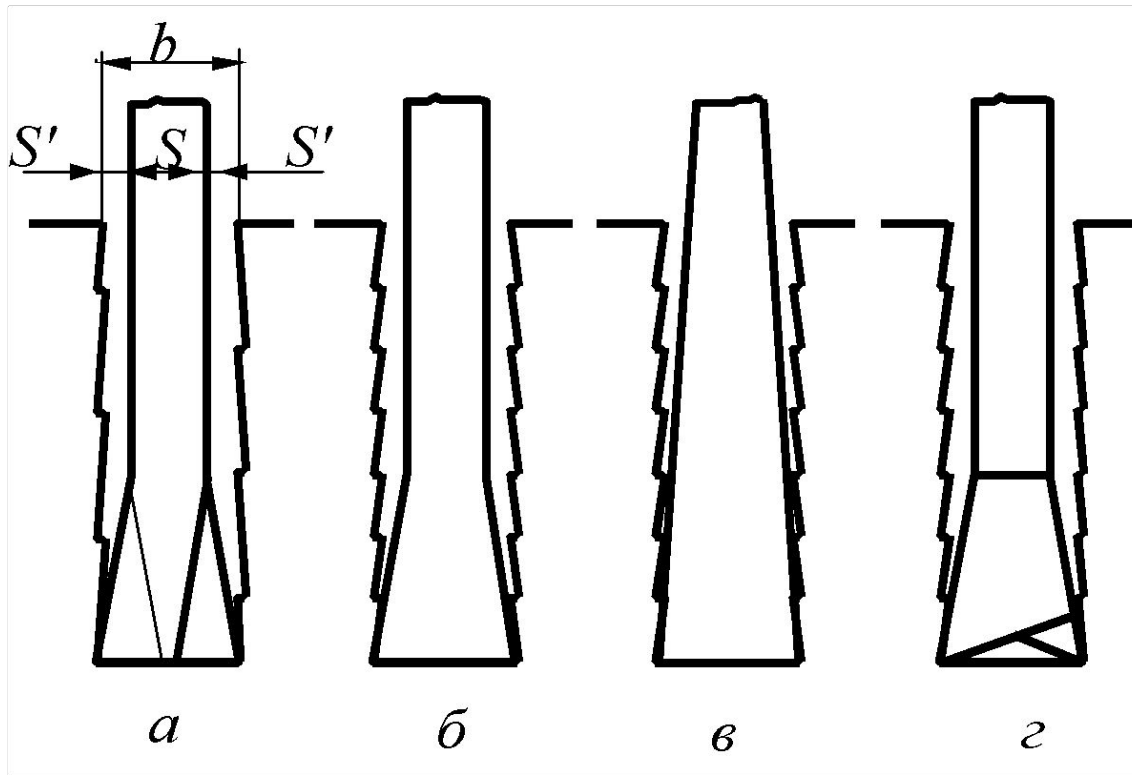
Здесь  $\delta$  подставляют в град.,  $V'$  – в м/с. Кроме того, если  $V \leq 50$  м/с, то  $V' = (90 - V)$ , иначе  $V' = V$ ; если  $\delta \leq 55^\circ$ , то  $C = 0,059$ , иначе  $C = 0,069$ .

# Классификация процессов резания на станках



Рис. 51. Классификация процессов станочного резания

# Пиление. Способы уширения пропила



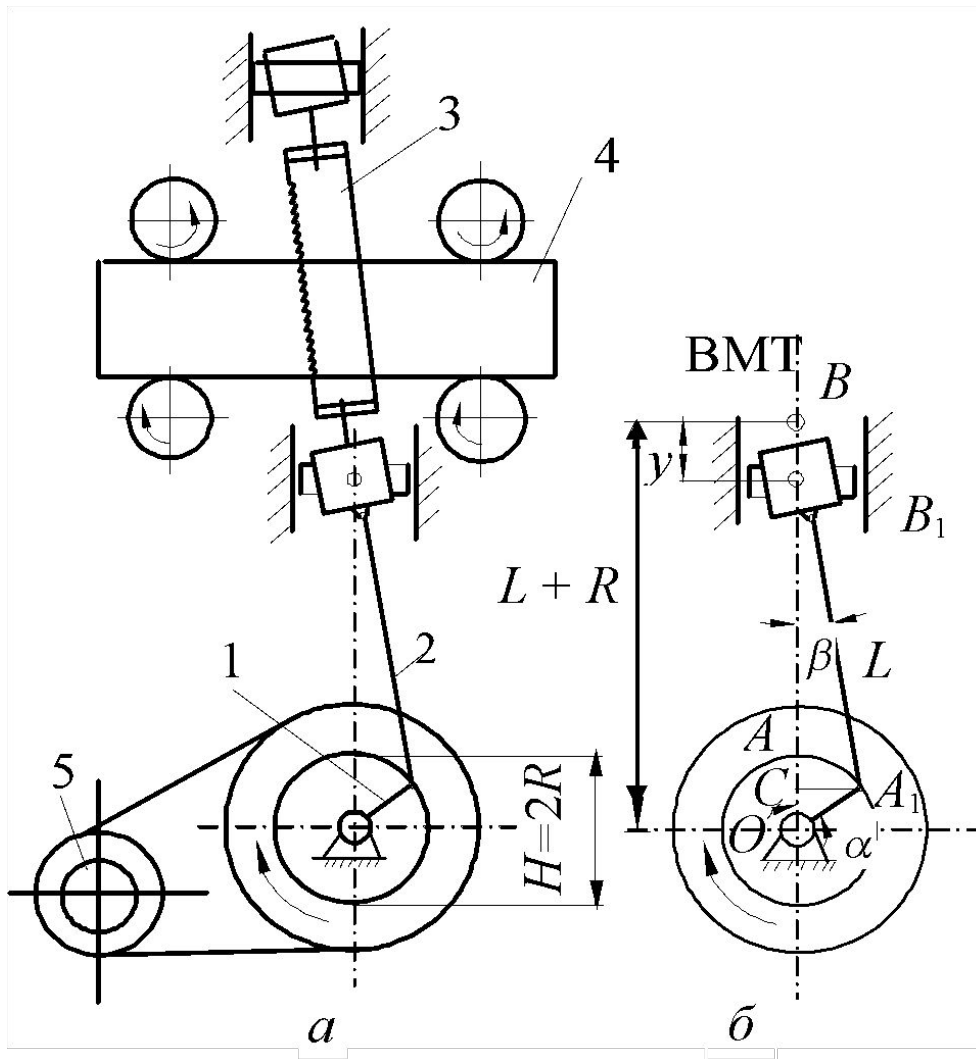
Способы уширения пропила:

*a* – развод зубьев; *б* – плющение зубьев;

*в* – использование строгальных пил;

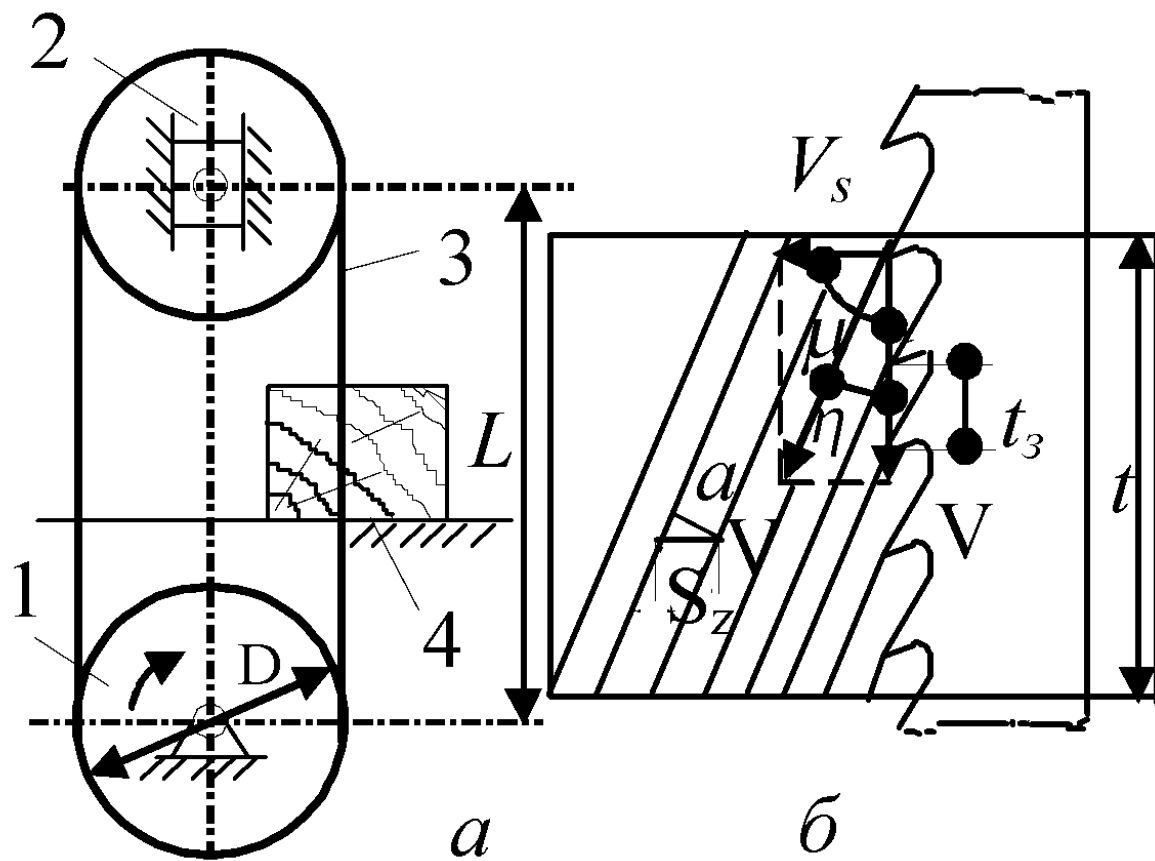
*г* – использование твердосплавных пил

# Пиление рамными пилами



Лесопильная рама:  
*a* – кинематическая  
схема; *б* – кривошипно-  
шатунно-олзунный  
механизм

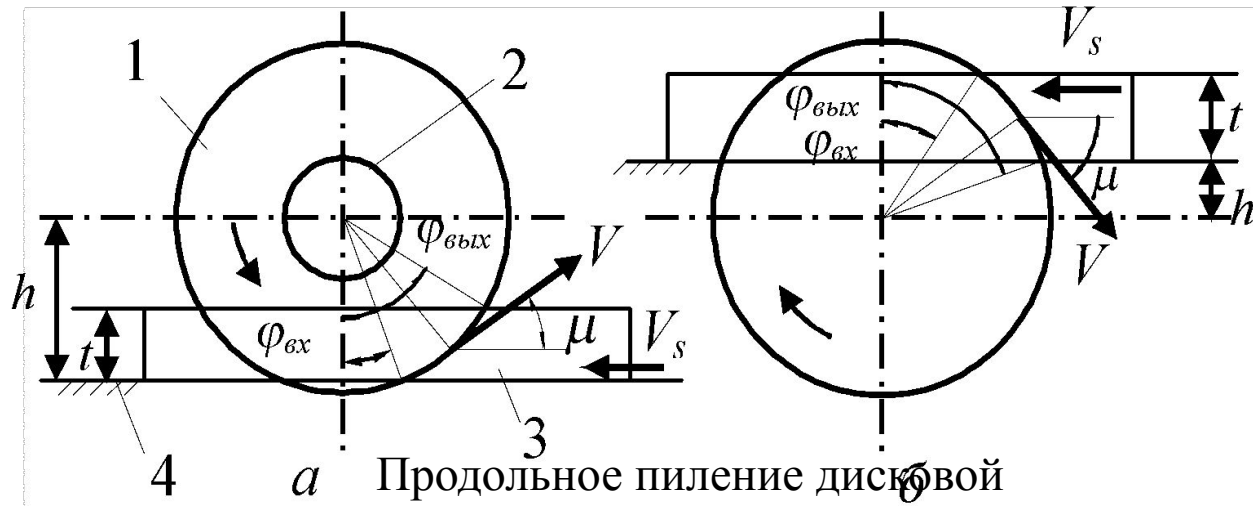
# Пиление ленточной пилой



Пиление  
ленточной  
пилой:  
 $a$  – схема  
ленточнопильного станка;  
 $b$  – геометрия  
срезаемого слоя



# Пиление круглой пилой

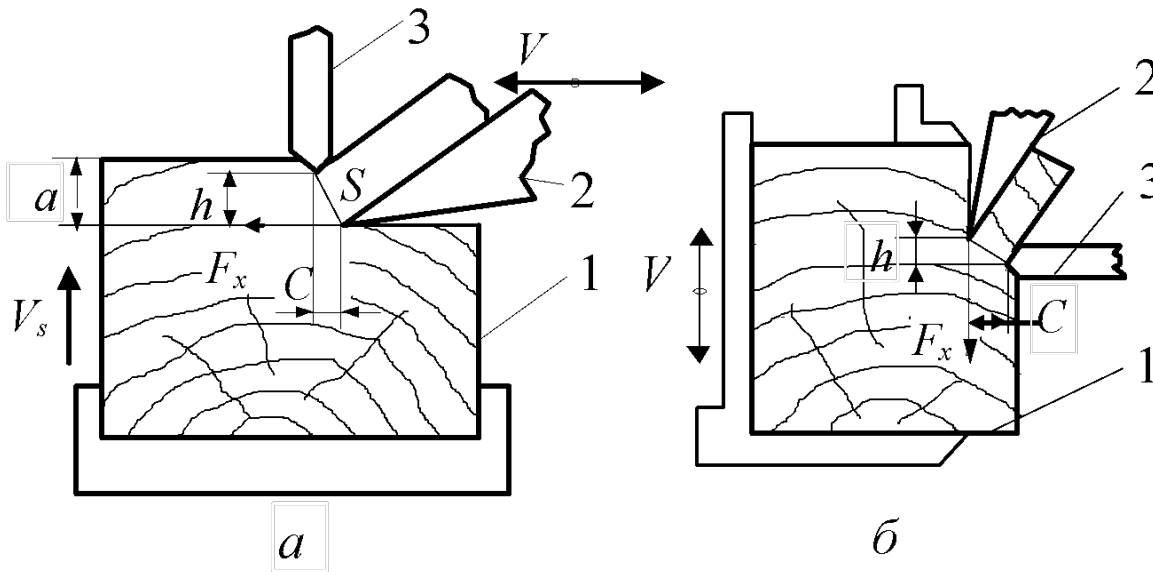


Продольное пиление дисковой пилой:

$a$  – с верхним расположением пилой;

$b$  – с нижним расположением пилой

# Строгание



Строгание древесины на станках:

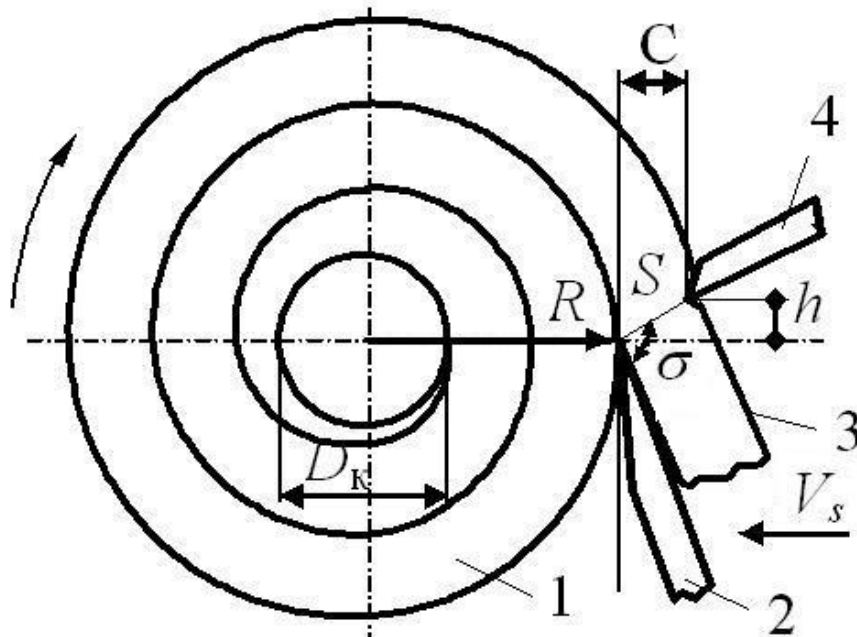
$a$  – горизонтальных;  
 $б$  – вертикальных

**Строгание** – процесс с прямолинейным поступательным движением резания, при котором плоскость резания, поверхности резания и обработанная совпадают.

**Назначение.** Строгание применяют для получения стружки-продукта или для формирования гладких обработанных поверхностей.

# Лушение древесины

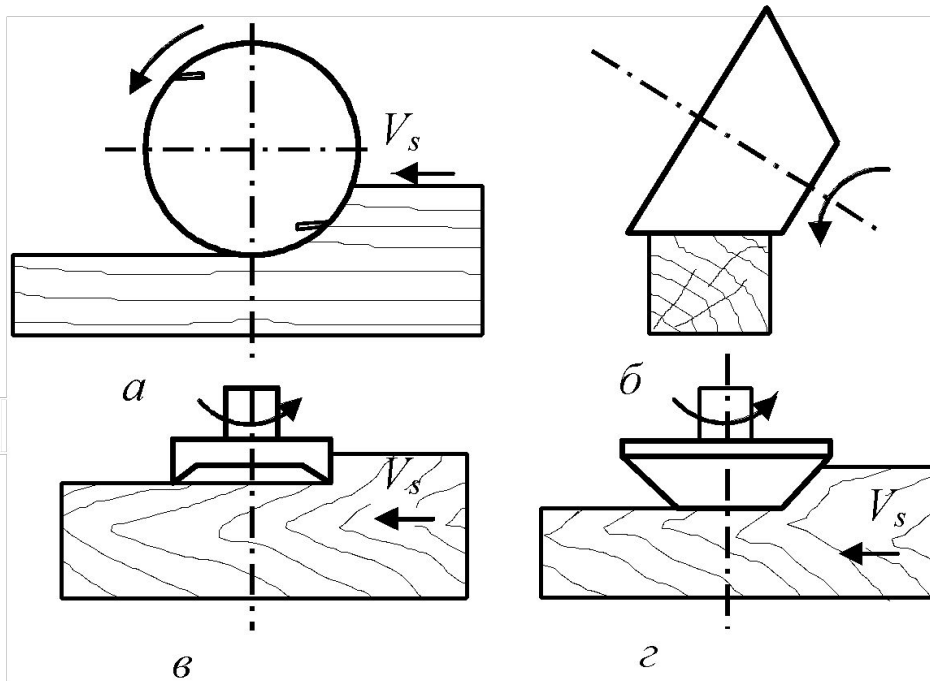
Лушение – это процесс поперечного срезания непрерывной стружки равномерной толщины с вращающегося чурака при подаче режущей кромки ножа в горизонтальной плоскости.



. Схема лушения древесины

# Фрезерование

Фрезерование – процесс обработки материала вращающимися лезвиями, в результате которого припуск снимается путем последовательного срезания отдельных серповидных стружек.



Виды фрезерования  
древесины:

*а* – цилиндрическое;

*б* – коническое;

*в* – торцовое;

*г* – торцово-коническое

# Точение

*Точение – это процесс резания древесины, при котором из заготовки получается тело вращения заданной формы, размеров и гладкости.*

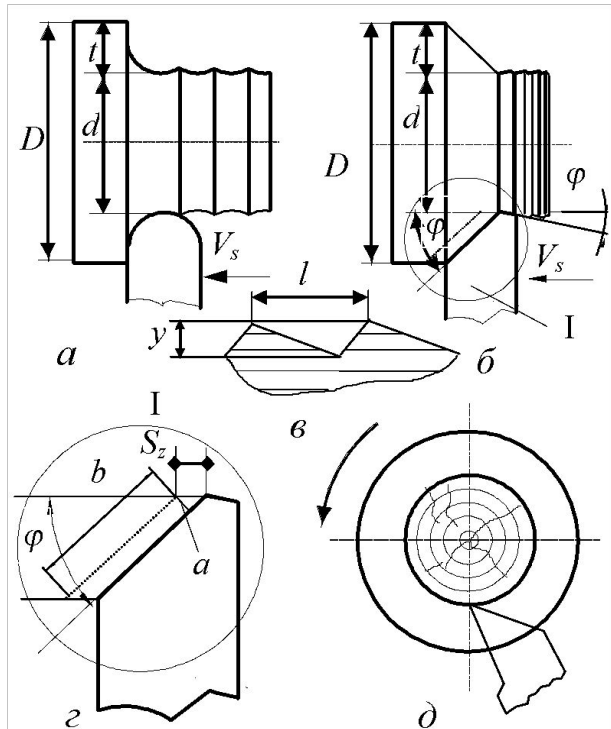


Рис. 84. Радиальное точение:  
 $a$  – черновое;  $б, д$  – чистовое;  
 $в$  – шероховатость поверхности;  
 $г$  – поперечные размеры среза

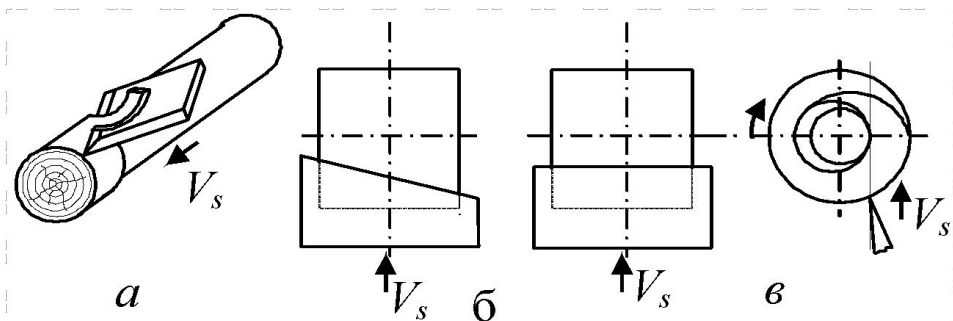


Рис. 65. Тангентальное точение:  
 $a$  – с продольной подачей;  
 $б, в$  – с поперечной подачей

# Шлифование

- **Шлифование – это процесс зачистки обрабатываемой поверхности абразивным режущим инструментом.**
- Различают шлифование ленточное плоское (лента – шлифовальная шкурка), ленточное барабанное, ленточное цилиндрическое, дисковое, шлифование кругами.

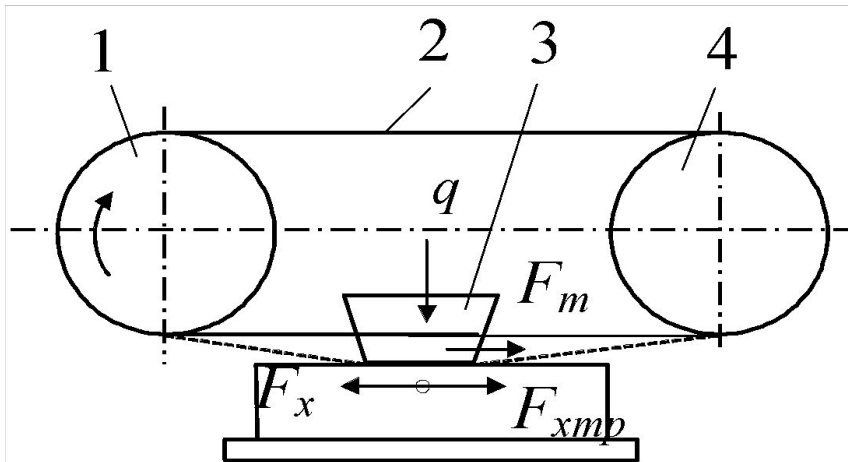


Рис. 88. Схема шлифования древесины



# Долбление гнездовой фрезой

Долблением получают гнезда шириной от 3 мм и более. Гнездовая фреза – мерный инструмент в виде пластины с зубьями на торцовой и боковой кромках (рис. 91).

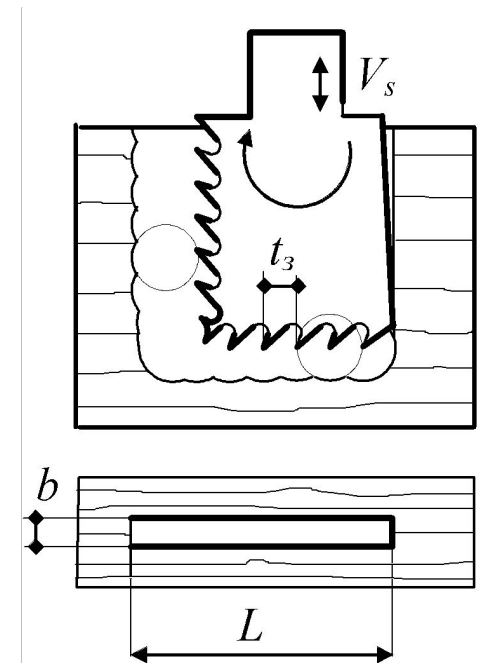


Рис. 91. Долбление гнездовой фрезой





СПАСИБО ЗА  
ВНИМАНИЕ =)

