

## **2 Основные понятия о резании древесины**

### **2.1 Виды резания древесины и элементы простого резца**

- Механическая обработка древесины широко применяется при выполнении таких технологических операций, как валка деревьев, очистка их от сучьев, раскряжевка, продольная распиловка (получение пилопродукции), рубка в щепу и др. В основе большинства способов механической обработки древесины лежит процесс ее резания.
- *Резанием древесины* называется такой технологический процесс, при котором от обрабатываемого материала отделяется его часть посредством воздействия на него режущим инструментом в целях получения изделия заданной формы и размеров. Резание древесины клиновидными резцами известно с давних пор

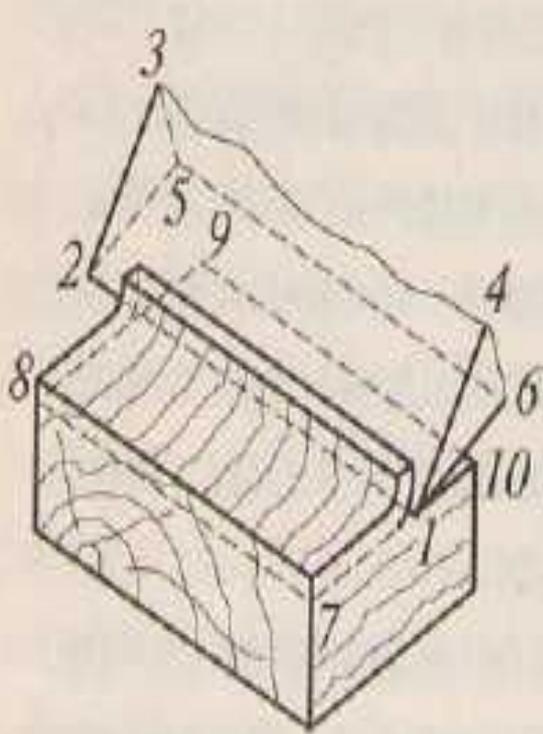
Основы теории резания древесины и металлов впервые были разработаны русским ученым профессором И.А. Тиме в 1870 г. Над дальнейшим развитием теории резания древесины работали профессора П.А. Афанасьев, М.А. Дешевой, инженер П.В. Денфер, профессора А.Л. Бершадский, С.А. Воскресенский и Е. Г. Ивановский, а также целый ряд научных работников специальных кафедр лесотехнических и технологических вузов.

**Задачами теории резания являются:**

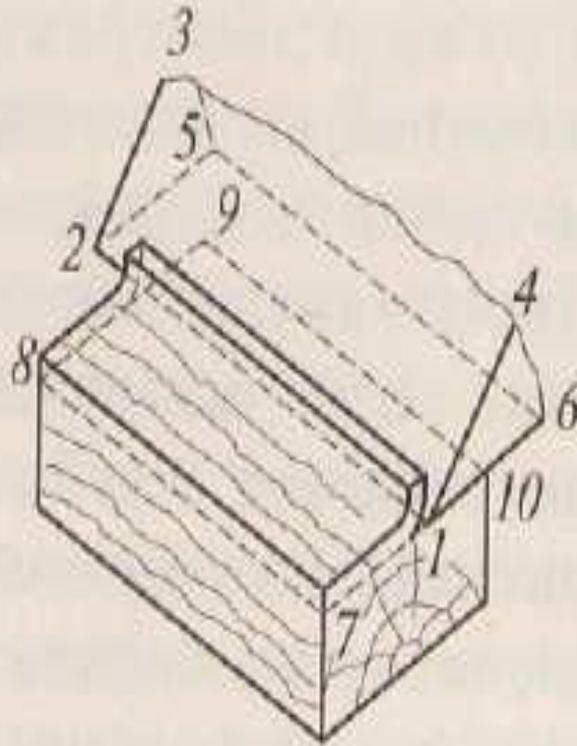
- определение усилий, возникающих при резании (для обеспечения необходимой прочности режущего инструмента);**
- нахождение потребной мощности на резание (для выбора двигателя);**
- определение оптимальных параметров режущего инструмента.**

**Древесина в своей основе имеет волокнистую структуру, волокна в которой направлены вдоль ствола. Поэтому модуль упругости и предел прочности при приложении усилий в разных направлениях относительно волокон различны.**

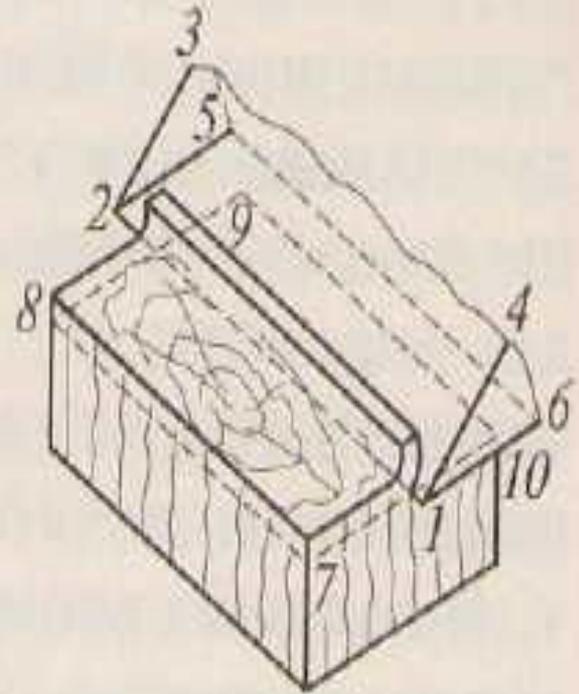
- различают три основных направления резания древесины: продольное (вдоль волокон – рис. 2.1, а), поперечное (поперек волокон – рис. 2.1, б) и в торец – рис. 2.1, в.



*а*

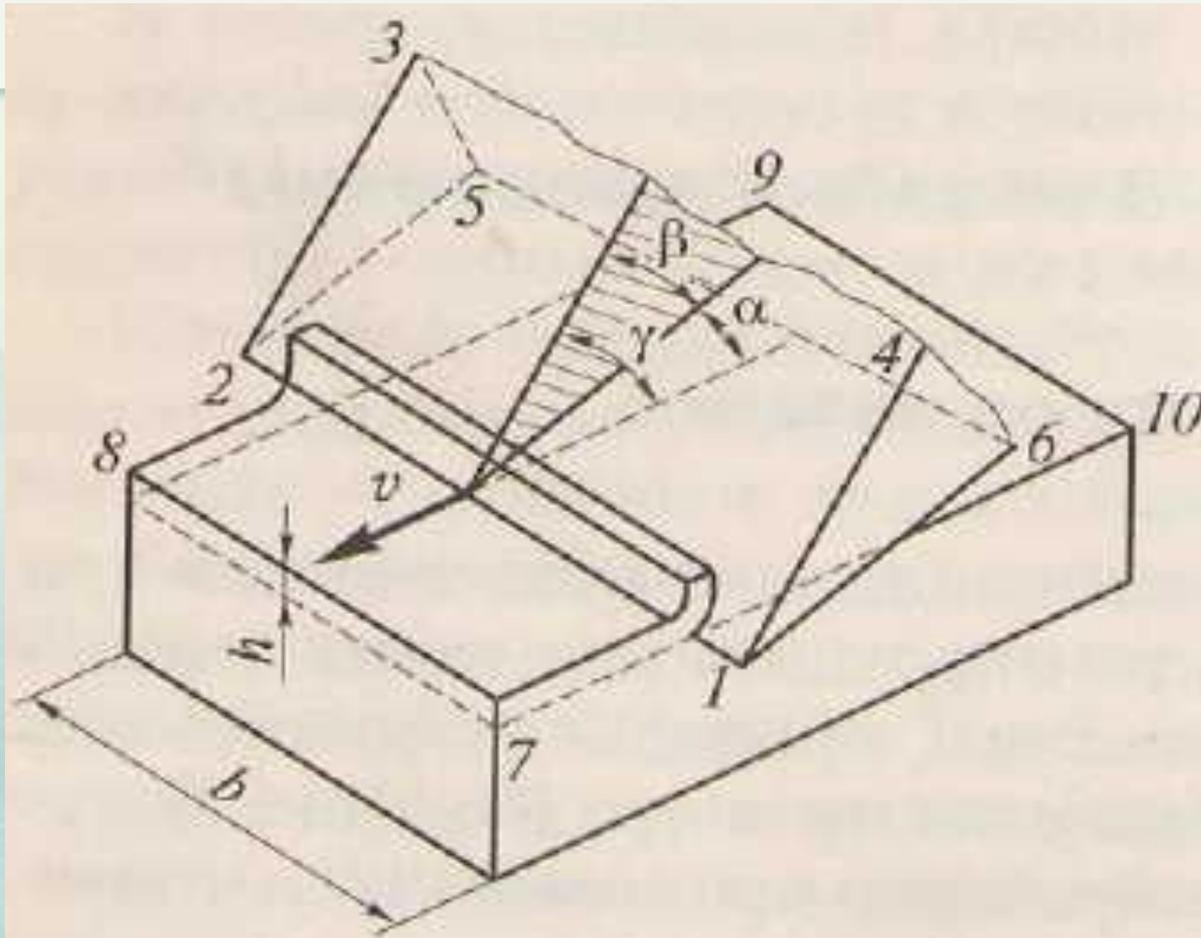


*б*



*в*

**Элементарный резец является составной частью режущих инструментов и представляет собой клин**



**линия 1-2 режущая кромка; плоскость 1-2-3-4 передняя грань резца; плоскость 1-2-5-6 задняя грань резца; плоскость 7-8-9-10 резания (обрабатываемая поверхность)**

При **продольном резании** резец движется в плоскости волокон параллельно их длине; стружка имеет форму тонкой ленты.

При **поперечном резании** резец движется в плоскости волокон перпендикулярно их длине; стружка получается непрочной, ее элементы слабо связаны между собой.

При **резании в торец** резец движется в плоскости, перпендикулярной направлению волокон, перерезая их; стружка в этом случае чаще всего рассыпается на отдельные не связанные между собой элементы.

■ Угол между передней и задней гранями называется углом заострения (заточки) резца  $\beta$ . Угол между задней гранью и плоскостью резания (плоскость обработки) 7-8-9-10 называется задним углом  $\alpha$ , или углом наклона задней грани, а угол между передней гранью и плоскостью резания называется углом резания  $\delta$ . Между указанными углами, характеризующими процесс резания, существует зависимость:

$$\delta = \alpha + \beta$$

**Основные постулаты теории резания древесины выводятся из рассмотрения задачи резания элементарным резцом. Срезание стружки одним клинообразным резцом, производящееся только одной его режущей кромкой, при прямолинейном равномерном движении резца и постоянной толщине стружки и ширине, меньшей, чем длина лезвия, называется *элементарным резанием*.**

- **2.2 Определение усилия резания и мощности.**
- **Факторы, влияющие на усилие и мощность при элементарном резании**

Для перемещения резца при резании к нему необходимо приложить усилие, называемое *усилием резания*. Одна часть данного усилия затрачивается собственно на резание, другая – на преодоление трения стружки о резец и резца о плоскость резания, а также на деформацию стружки. Разделить эти составляющие весьма трудно, поэтому в инженерной практике рассматривают суммарное усилие.

Отношение силы резания к площади поперечного сечения снимаемой стружки принято называть

*удельным сопротивлением резанию древесины*

$$k = \frac{P_p}{b \cdot h}$$

- Удельное сопротивление резанию является переменной величиной, зависящей от толщины снимаемой стружки, угла резания и затупления резца, породы и влажности древесины, направления резания, скорости перемещения резца. Удельное сопротивление резанию определяют опытным путем, измеряя усилие резания  $P_p$  и площадь поперечного сечения стружки  $bh$ . Полученное значение корректируют с учетом реальных условий резания, т.е. при элементарном резании удельное сопротивление резанию определяют по формуле:

$$k = k_0 \cdot k_w \cdot k_\delta \cdot k_n \cdot k_\rho \cdot k_t \cdot k_v \cdot k_h$$

- где  $k_0$  – основное удельное сопротивление резанию, равное удельному сопротивлению резания воздушносухой сосны (влажность  $W=15\%$ ) острым резцом при угле резания  $\delta=45^\circ$ , толщине стружки  $h=1$  мм и скорости резания  $V=50\dots60$  м/с;  $k_n$  – коэффициент, учитывающий породу древесины (для сосны  $k_n=1$ , для осины  $k_n=0,85$ , для дуба  $k_n=1,6$ );  $k_w$  – коэффициент, учитывающий влажность древесины;  $k$  – коэффициент, учитывающий угол резания (чем больше  $\delta$ , тем больше  $k$ );  $k_h$  – коэффициент, учитывающий толщину снимаемой стружки;
- $k_p$  – коэффициент, учитывающий затупление зубьев;
- $k_v$  – коэффициент, учитывающий скорость резания;
- $k_t$  – коэффициент, учитывающий температуру древесины (для талой древесины  $k_t=1$ , для мерзлой  $k_t=1,4$ ).

- При всех направлениях резания удельное сопротивление тем больше, чем тоньше стружка. Это объясняется тем, что, несмотря на уменьшение сил деформации тонкой стружки общее усилие, затрачиваемое на резание, снижается медленнее, чем уменьшается толщина стружки.
- Угол резания оказывает наибольшее влияние на сопротивление резанию при резании в торец, наименьшее – при резании поперек волокон.
- Используя эмпирические данные о величине удельного сопротивления резанию, можно определить силу и мощность, требующиеся для резания.
- Усилие резания находят по формуле:

$$P_p = k \cdot b \cdot h$$

**Из нее следует, что усилие резания прямо пропорционально площади поперечного сечения стружки.**

**Работу, затрачиваемую на срезание стружки, определяют по формуле:**

$$A = P_p \cdot l = kbhl \quad (2.2)$$

**Из формулы (2.2) следует, что работа, затрачиваемая на резание древесины, прямо пропорциональна объему древесины, превращенной в стружку.**

**Мощность, требующуюся для резания древесины, определяют как произведение силы резания на скорость резания:**

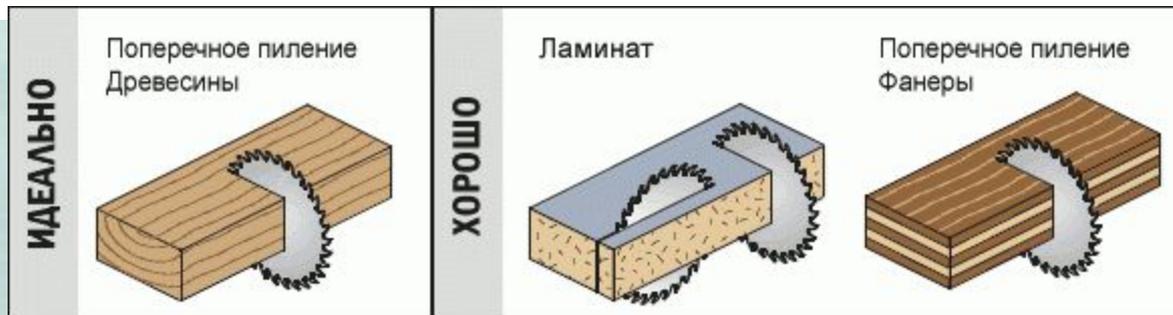
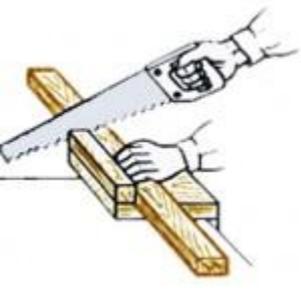
$$N_p = P_p v = kbhv = kbhl / t$$

где  $v$  – скорость резания, м/с;

$t$  – время снятия стружки, с.

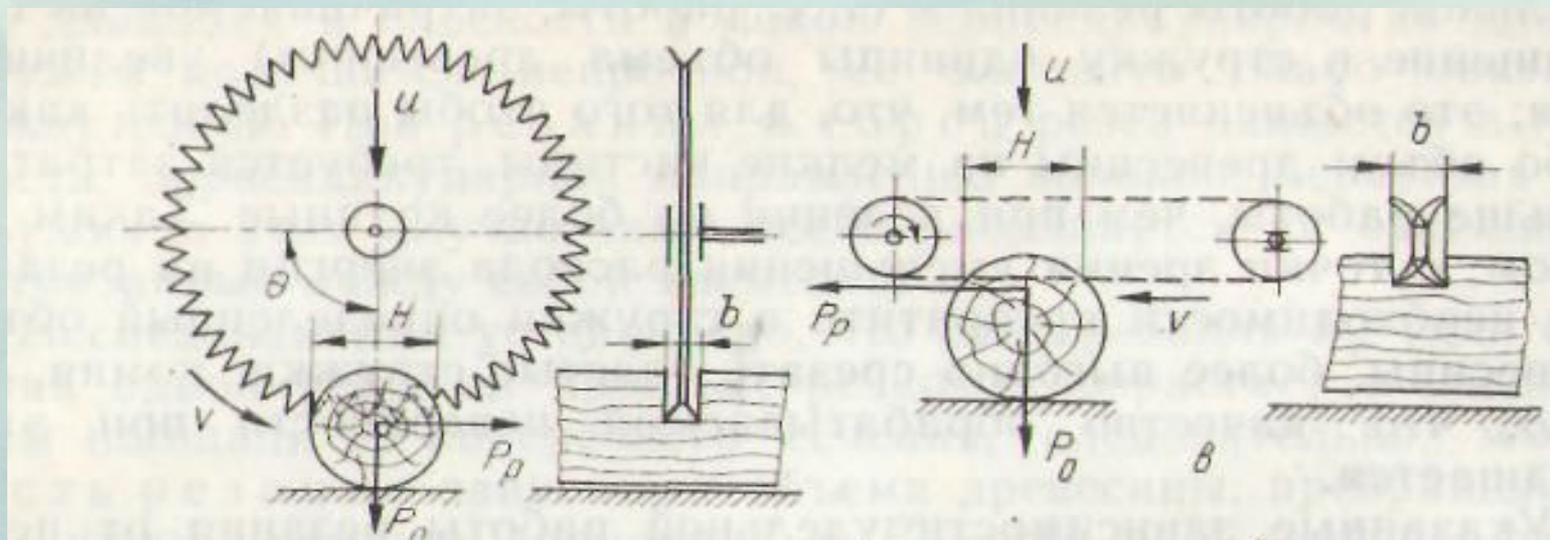
## 2.3 Пиление, строгание, резерование, раскалывание

Пилением называют процесс разделения обрабатываемого образца древесины на две или несколько частей при помощи повторного движения резцов в данном сечении. Для этой цели применяют инструменты, имеющие несколько резцов и называемые пилами. Процесс пиления значительно более сложен, чем процесс резания элементарным резцом. Каждый зуб пилы имеет несколько режущих кромок (по существу несколько резцов), производящих резание в разных направлениях по отношению к волокнам древесины. Кроме того, при резании зубья пилы работают в закрытом пространстве, называемом **пропил**, что создает специфические условия по сравнению с работой элементарного резца.

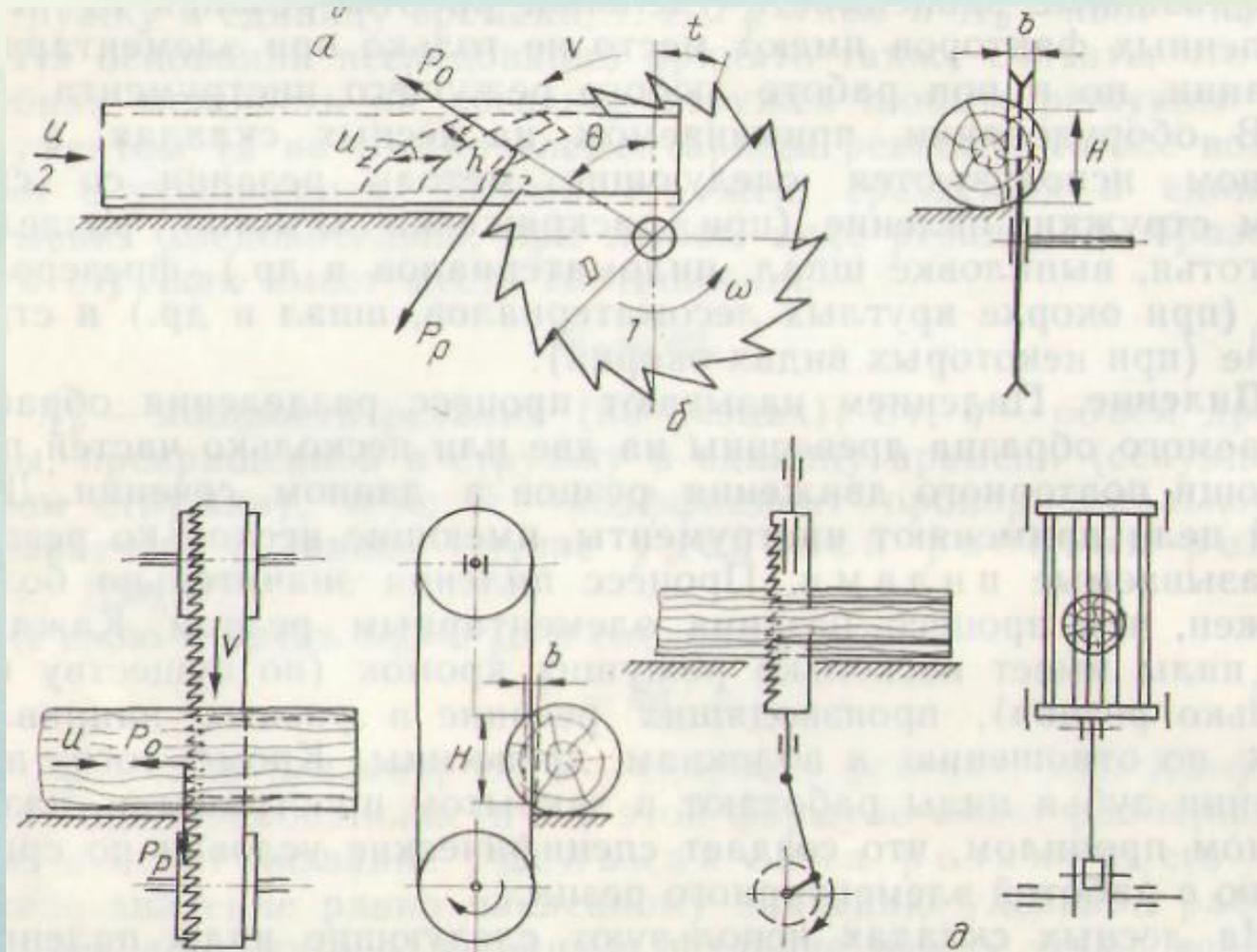


В зависимости от направления плоскости пропила по отношению к волокнам древесины различают три вида пиления:

**поперечное** – плоскость пропила перпендикулярна направлению волокон (рис. 2.2, а); этот вид пиления применяют на валке деревьев, при раскряжевке хлыстов, разделке долготья, торцовке шпал и пиломатериалов и т. п. При этом используют так называемые поперечные пилы;



**продольное** – плоскость пропила параллельна направлению волокон (рис. 2.2, б); этот вид пиления применяют при выпилке шпал, брусьев, досок, обрезке кромок у досок и т. п.;



- **смешанное** – плоскость пропила расположена под углом к направлению волокон; применяют при подпиле дерева на валке, при обрезке сучьев, при столярных работах, в таропилении и т.д.
- Поперечные пилы отличаются от продольных в основном формой зубьев. Кроме того, пилы, применяемые на лесоработках и лесных складах, делятся на различные типы по форме полотна и направлению пиления.
- **По форме полотна** существуют круглые, цепные, прямые, ленточные пилы, а также пилы специальной формы.
- **Круглые пилы** – пилы для продольного и поперечного пиления имеют непрерывное вращательное движение. Они представляют собой стальной диск с нарезанными по окружности зубьями и отверстием в центре для крепления на пильном валу.

отдельных шарнирно соединенных звеньев.

**Ленточные** – зубья расположены на стальной ленте, непрерывно движущейся в одном направлении, применяют для продольной распиловки;

**Прямые пилы** – ручные и рамные имеют возвратно-поступательное движение. Они представляют собой стальную полосу с зубьями.

В настоящее время выпускаются универсальные пильные цепи со строгающими и долотообразными зубьями (ПЦУ-10,26; ПЦУ-20; ПЦУ-30 и др.) с направляющими хвостовиками (для бензомоторных пил) или седлающего типа (для ВПМ типа ЛП-19).



Мощность (Вт) и усилие резания (Н) определяется по формулам:

$$N_p = k \cdot b \cdot h \cdot U;$$

$$P_p = k \cdot b \cdot h \cdot \frac{U}{V},$$

где  $U$  – скорость подачи, м/с, это скорость с которой подается пила на древесину или древесины на пилу;

$V$  – скорость резания, м/с, это скорость перемещения зубьев пилы.

**Для круглых пил** – это окружная скорость пильного диска; для цепных, ленточных и рамных – линейная скорость цепи, ленты, рамной пилы.

- При пилении имеют место кинематические соотношения, определяемые параметрами пилы и условиями ее работы. Рассмотрим это на примере круглой пилы, производящей продольную распиловку. Пила диаметром  $D$ , имеющая  $z$  зубьев шагом  $1$ , вращается с постоянной угловой скоростью и по направлению стрелки  $1$ . Таким образом, скорость резания  $v$  постоянна. Распиливаемая заготовка, имеющая высоту пропила  $H$ , подается на пилу по направлению стрелки  $2$  с постоянной скоростью подачи  $u$ . При пилении каждый зуб пилы по отношению к плоскости пропила описывает свою траекторию, представляющую собой циклоиду. Расстояние  $U_z$  между двумя любыми соседними траекториями, измеренное в направлении подачи (называемое подачей на один зуб), при постоянных  $V$  и  $U$  всюду одинаково.

- Толщина  $h$  стружки, срезаемой каждым зубом, измеряется по нормали к траектории движения зубьев; она увеличивается от верхней поверхности распиливаемой заготовки к нижней и в среднем определяется  $h \approx U_z \sin \Theta$ . Для круглой пилы имеются следующие соотношения:

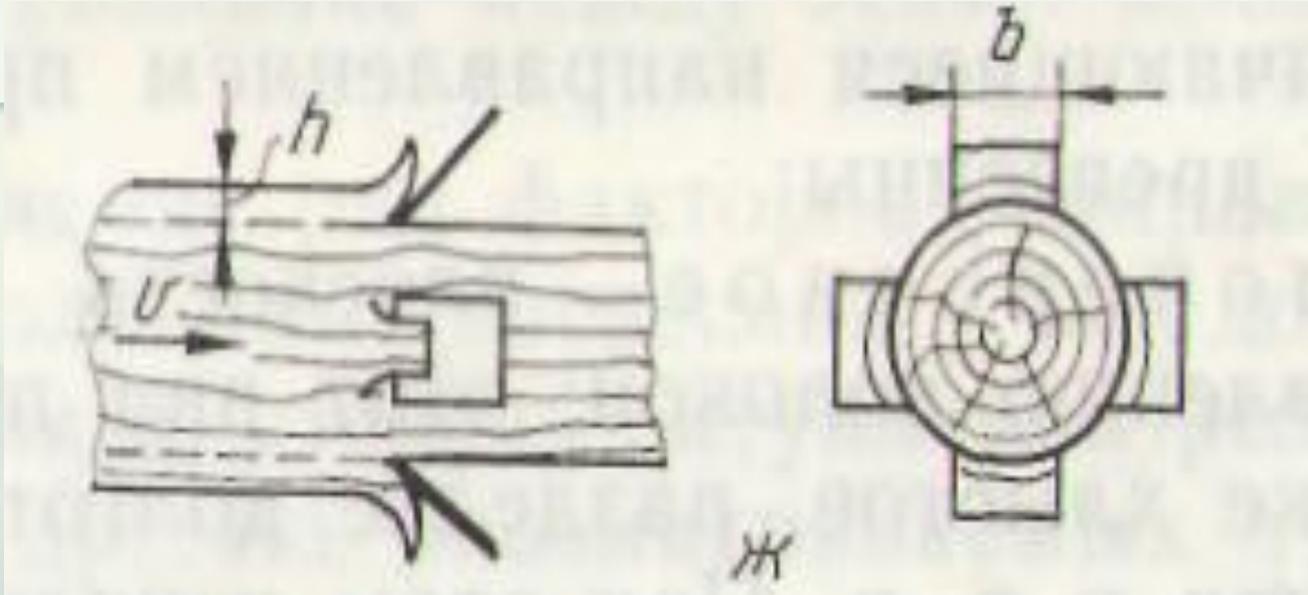
- $U = U_z z w / (2\pi)$ ;  $V = Dw/2$ ,  $D = tz/\pi$ , из которых может быть получена формула, называемая основным уравнением кинематики пиления:

$$U / V = U_z / t. \quad (2.5)$$

- Формула (2.5) действительна не только для продольной распиловки круглыми пилами, но и для других видов пил и способов пиления.

- Числовые значения удельной работы резания  $k$ , коэффициента  $k_o$ , шага зубьев  $t$ , кинематического угла встречи  $\Theta$  и других величин, входящих в приведенные выше формулы, зависят от конкретных условий работы пил и поэтому будут рассмотрены ниже при изучении соответствующего оборудования.
- **Строганием** называется обработка древесины ножами, срезающими стружку прямоугольного сечения постоянной толщины при движении либо резца относительно неподвижной заготовки (кряжа), либо заготовки относительно неподвижного ножа. Различают поперечное и продольное строгание. На лесозаготовительных предприятиях строгание применяют на некоторых типах окорочных станков, при производстве дощечек и древесной стружки.

# Строгание неподвижными ножами



Мощность (Вт) и усилие резания (Н) определяется по формулам:

$$N_p = k \cdot z \cdot b \cdot h \cdot V;$$

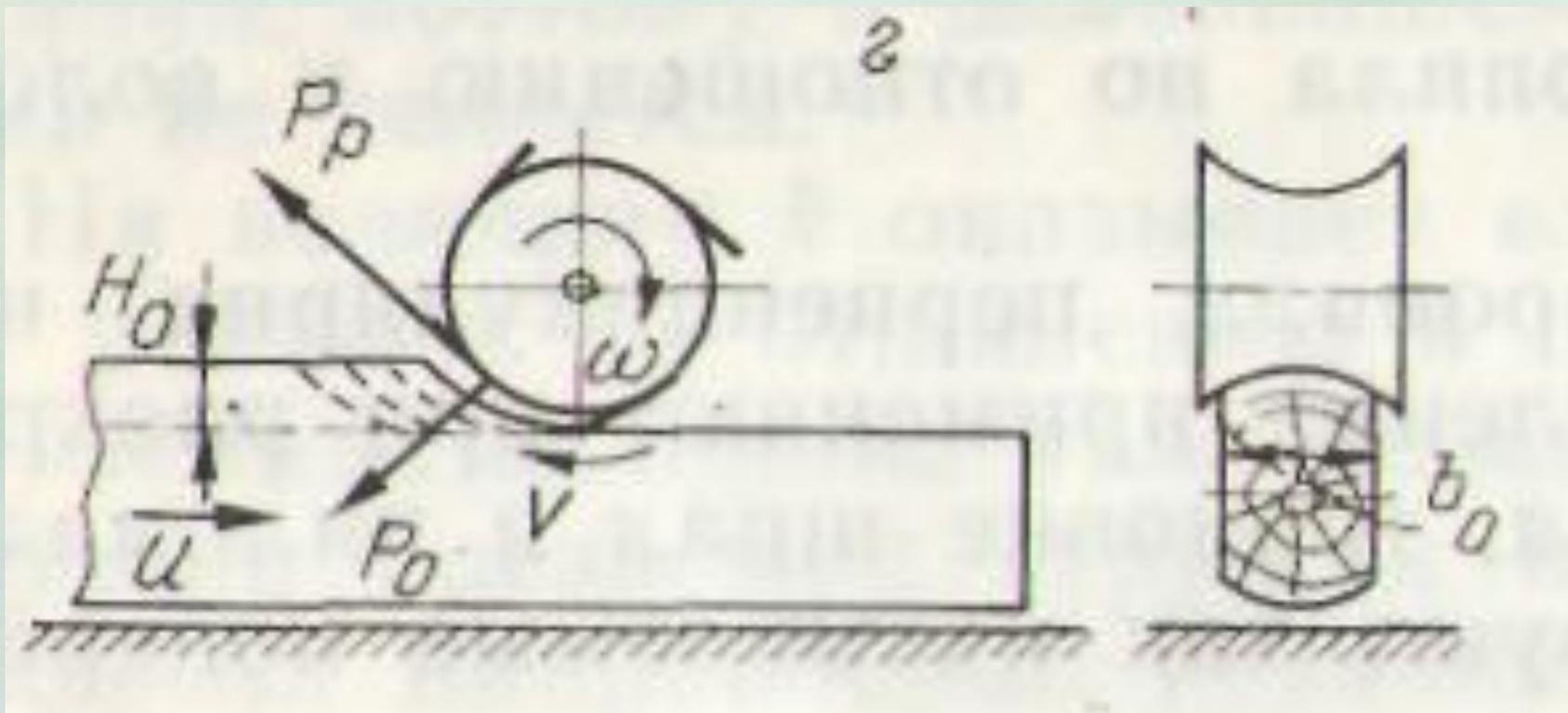
$$P_p = k \cdot z \cdot b \cdot h,$$

где  $z$  – число ножей;  $k$  – удельная работа резания, Дж/м<sup>3</sup>;

$b$  – ширина стружки, м;

$h$  – толщина стружки, срезаемая одним ножом, м.

- **Фрезерованием** называется снятие стружки ножами, укрепленными на вращающемся барабане или ножевом диске. На лесных складах фрезерование применяют при оправке шпал (окорке боковой поверхности шпалы) и окорке круглых и колотых лесоматериалов
- Оправка шпалы методом фрезерования ножами, укрепленными на вращающемся барабане.



- Окружная скорость ножей  $V$  является в данном случае скоростью резания, а скоростью подачи  $U$  – скорость поступательного движения шпалы или фрезы.

$$N_p = k \cdot b_0 \cdot H_0 \cdot U;$$

$$P_p = k \cdot b_0 \cdot H_0 \cdot U / V,$$

где  $b_0$  – ширина окашиваемой поверхности, м;

$H_0$  – толщина срезаемого слоя, м;

$U$  – скорость подачи, м/с;

$V$  – скорость резания, м/с.

- **Раскалывание древесины** – процесс деления древесины вдоль волокон без образования стружки при помощи внедрения клина. Вначале клин своим лезвием сминает древесину и перерезает стенки волокон, при этом усилие возрастает пропорционально глубине его внедрения.

