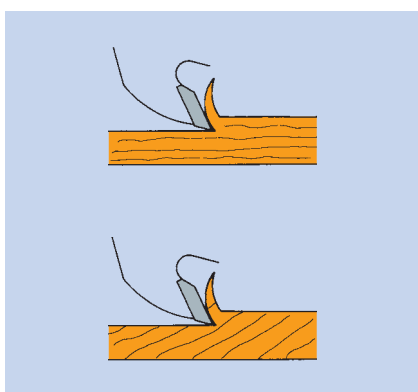
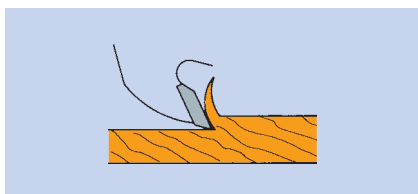


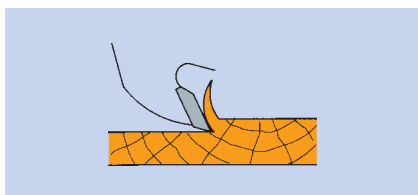
Диаметр	d	
Передний угол	$\gamma$	Гамма
Угол заострения	$\beta$	Бета
Задний угол	$\alpha$	Альфа
Осевой угол	$\lambda$	Лямбда
Угол наклона режущей кромки к плоскости перпендикулярной оси вращения	$\kappa_r$	Каппа
Передний угол вспомогательной поверхности	$\gamma_N$	
Угол заострения вспомогательной поверхности	$\beta_N$	
Задний угол вспомогательной поверхности	$\alpha_N$	
Рабочая ширина	SB	



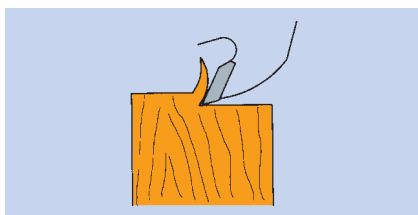
Продольное резание по направлению волокон



Продольное резание против направления волокон



Поперечное резание



Торцевое резание

## 2. Виды резания при обработке древесины

### а) продольное резание

1. По направлению волокон.

Легко обрабатывается. – Возможно при большой скорости подачи очень хорошее качество обрабатываемой поверхности.

2. Против направления волокон.

Сложно обрабатывается из-за опережающего образования трещин. По возможности надо избегать подобной обработки, заменяя ее, например, сменой направления вращения (встречное/попутное).

### б) поперечное резание

Легко обрабатывается, но поверхность слегка шероховатая.

### в) торцевое резание (с торцевой стороны)

Волокна разделяются вертикально. – Высокая сила резания. Сложная обработка. Сравнительно грубая поверхность вследствие вырыва волокон. – Возможна только небольшая скорость подачи.

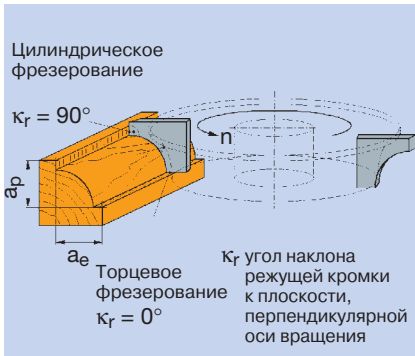
## 3. Фрезерование

### а) цилиндрическое фрезерование

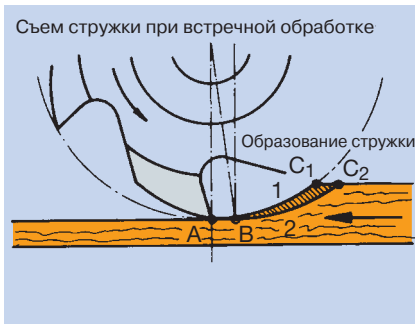
Поверхность заготовки обрабатывается инструментом, режущие кромки которого работают по окружности. Окружность резания инструмента определяет обрабатываемая поверхность. Плоскость вращения инструмента и получаемая в результате обработки поверхность заготовки находятся под углом друг к другу. Угол между ними  $\tau = 90^\circ$  и обозначается как угол наклона режущей кромки к плоскости перпендикулярной оси вращения. Например, фрезерование плоских поверхностей, фугование.

### б) торцевое фрезерование

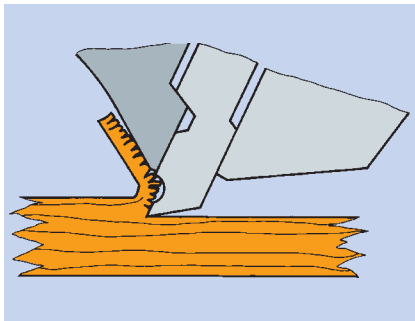
Поверхность заготовки обрабатывается инструментом, режущие кромки которого работают с торцевой стороны. Торцевая сторона заготовки определяет поверхность. Плоскость вращения инструмента и получаемая в результате обработки поверхность заготовки находятся параллельно друг к другу. Угол между ними  $\kappa_f = 0^\circ$ . Например, дробление (при обработке узких поверхностей), обработка дисковой пилой, профилирование фигурейного профиля (при обработке широких поверхностей).



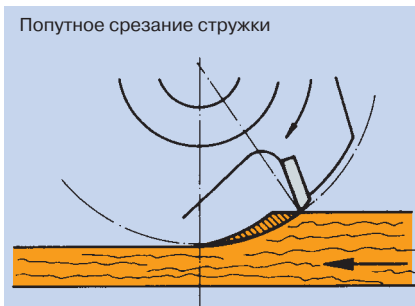
Фрезерование



Образование стружки при встречной обработке



Действие стружколомателя



Образование стружки при попутном срезании

**в) профильное фрезерование**  
 профильное фрезерование представляет собой комбинацию из цилиндрического и торцевого фрезерования, не зависимо от того, идет ли речь о концевом инструменте или об инструменте с посадочным отверстием. Вообще при профильном фрезеровании переход от цилиндрического фрезерования к торцевому происходит плавно. Может получиться любой угол наклона режущей кромки к плоскости ( $\leq 0^\circ \leq 90^\circ$ )  
 Простые примеры: выборка фальца, прорезание пазов или шлиц.  
 Общие примеры: фрезерование закругленных профилей, профилей с шипами или любых других багетных профилей.

**4. Кинематика резания**

**а) встречное фрезерование**  
 В целях обеспечения безопасности при ручной подаче рекомендуется производить только встречное срезание стружки.  
 Движение резания инструмента и относительное направление подачи заготовки должны быть противоположны друг к другу. Врезание должно происходить с толщиной срезаемой стружки равной нулю. Режущая кромка инструмента надавит на заготовку в начале дуги резания, прежде чем сможет образоваться стружка и стечь по передней грани инструмента. Во время этой фазы врезания происходит обработка поверхности заготовки. С увеличением врезания режущей кромки стружка становится более стабильной, так как увеличивается ее толщина. На образование стружки влияют теперь процессы разрыва и расщепления стружки, так называемое опережающее образование трещин.  
 АВ: место съема  
 В, С1, С2: сливная стружка

**Преимущества:**  
 Благодаря использованию процесса опережающего образования стружки уменьшается сила резания и мощность привода, а также увеличивается стойкость инструмента. Кроме того, имеется возможность выполнения фрезерования по шаблону ручным инструментом.

**Недостатки:**  
 Если направление волокон и, соответственно, направление расщепления идет от режущей кромки по направлению к лицевой стороне заготовки, то предварительное образование трещин является причиной получения шероховатой, с вырывами поверхности.

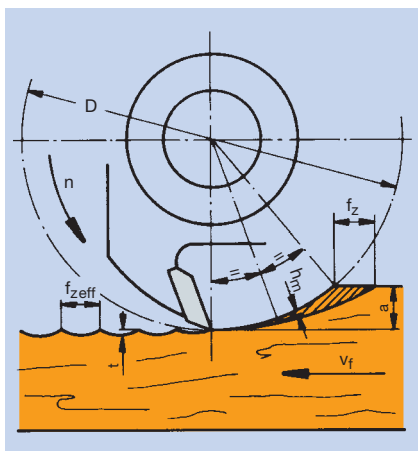
При стационарном изготовлении изделий на обрабатывающих центрах, где направление волокон и подачи всегда меняется, особенно необходимы специальные приемы при фрезеровании, чтобы избежать неудобных углов резания волокон. Стружколоматель перед режущей кромкой обеспечивает слом стружки и предотвращает опережающее образование трещин.

**б) попутное фрезерование**  
 Только для механической подачи.  
 Движение резания инструмента относительно направление подачи заготовки должны быть в одном направлении. Врезание происходит с максимальной толщиной стружки, к выходу режущей кромки из заготовки толщина стружки постепенно сходит на ноль. С увеличением врезания режущей кромки стружка становится более тонкой и мягкой. Опасность опережающего образования трещин снижается.

**Преимущества:**  
 При не очень благоприятном расположении волокон получаются сравнительно хорошие обработанные поверхности. Небольшая сила подачи дает возможность выбирать более высокие скорости подачи.

**Недостатки:**

Так как опережающее образование трещин незначительно, то идет большая нагрузка на режущие кромки и быстрее происходит затупление.



Образование поверхности и размеры стружки при цилиндрическом фрезеровании

**5. Образование поверхности при цилиндрическом фрезеровании**

Поверхность заготовки производится вращающимися режущими кромками. В результате с совмещением вращательного и поступательного движения инструмента на поверхности образуются идущие друг за другом кинематические волны. Расстояние, глубина и равномерность этих волн зависит в основном от качества обрабатываемой поверхности. Они зависят также от диаметра режущей кромки, активного числа зубьев, количества оборотов и скорости подачи.

Обозначение и формулы расчета:

$v_c = \pi \cdot D \cdot n / (1000 \cdot 60)$	Скорость резания [м/с <sup>-1</sup> ]
$n = v_c / (\pi \cdot D) \cdot (1000 \cdot 60)$	Число оборотов [мин <sup>-1</sup> ]
$v_f = f_z \cdot n \cdot z / 1000$	Скорость подачи [м/мин <sup>-1</sup> ]
$f_z = v_f / (n \cdot z) \cdot 1000$	Подача на зуб [мм]
$f = f_z \cdot z = v_f / n \cdot 1000$	Подача на 1 вращение [мм]
$f_{z\text{eff}} = f_z \cdot 1 = v_f / n \cdot 1000$	Длина волны [мм]
$t = f_z^2 / (4 \cdot D)$	Глубина волны [мм]
$h_m = f_z \sqrt{a_e / D}$	
$a_e =$	

Эти формулы – числовые уравнения. Все значения необходимо заменить стоящими в квадратных скобках величинами.

На поверхностях высокого качества волна должна быть всегда с одним и тем же шагом 1,3-1,7 мм. С увеличением длины волны падает качество поверхности, но стойкость инструмента возрастает. С уменьшением длины волны уменьшается средняя толщина срезаемой стружки. В результате увеличивается трение и износ инструмента, его стойкость уменьшается.

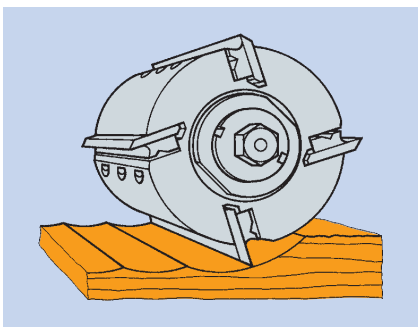
**Формирование поверхности одной режущей кромкой**

В связи с фактическими отклонениями размеров от номинальных значений при изготовлении не все режущие кромки многолезцового инструмента расположены точно на одной цилиндрической поверхности. При традиционном креплении инструмента (посадочное отверстие на валу + осевая гайка), как правило, только одна режущая кромка оставляет след на поверхности заготовки. Здесь говорят об окончательной обработке одним ножом. Остальные ножи также участвуют в процессе резания, но не оставляют следов на обработанной поверхности заготовки. Их следы входа (шероховатость поверхности) удаляются следующими ножами, режущие кромки которых расположены дальше от оси вращения.

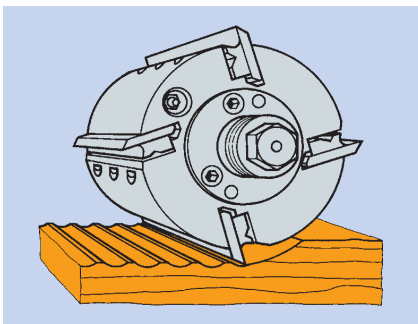
Видимая на заготовке волна  $f_{z\text{eff}}$  соответствует такой же волне, как если бы обработка проводилась инструментом с одной режущей кромкой ( $z = 1$ ). Если при заданном радиусе описываемой инструментом поверхности за критерий качества берется кинематическая длина волны, то скорость подачи на зуб ограничивается отношением  $z = 1$ .

$$\rightarrow f_{z\text{eff}} = v_f / (n \cdot 1) \cdot 1000 = f$$

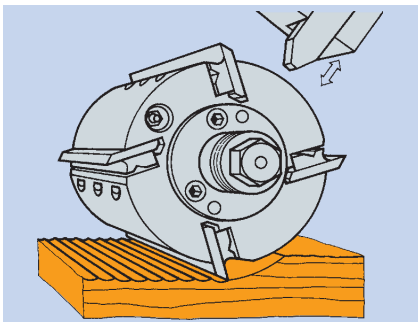
( $f$  = подача на 1 оборот инструмента)



Поверхность при традиционном креплении инструмента



Поверхности при гидравлическом закреплении инструмента



Поверхность при гидравлическом закреплении инструмента и при обработке его джойнтером (прифуговка).

#### Формирование поверхности несколькими режущими кромками

Благодаря центрирующей зажимной системе, такой как гидравлический зажим, можно снизить радиальное биение инструмента. При этом на поверхности заготовки видны следы входа ножа с несколькими режущими кромками. Их количество и длину не возможно определить (не одинаковые), так как все еще сохраняется радиальное биение.

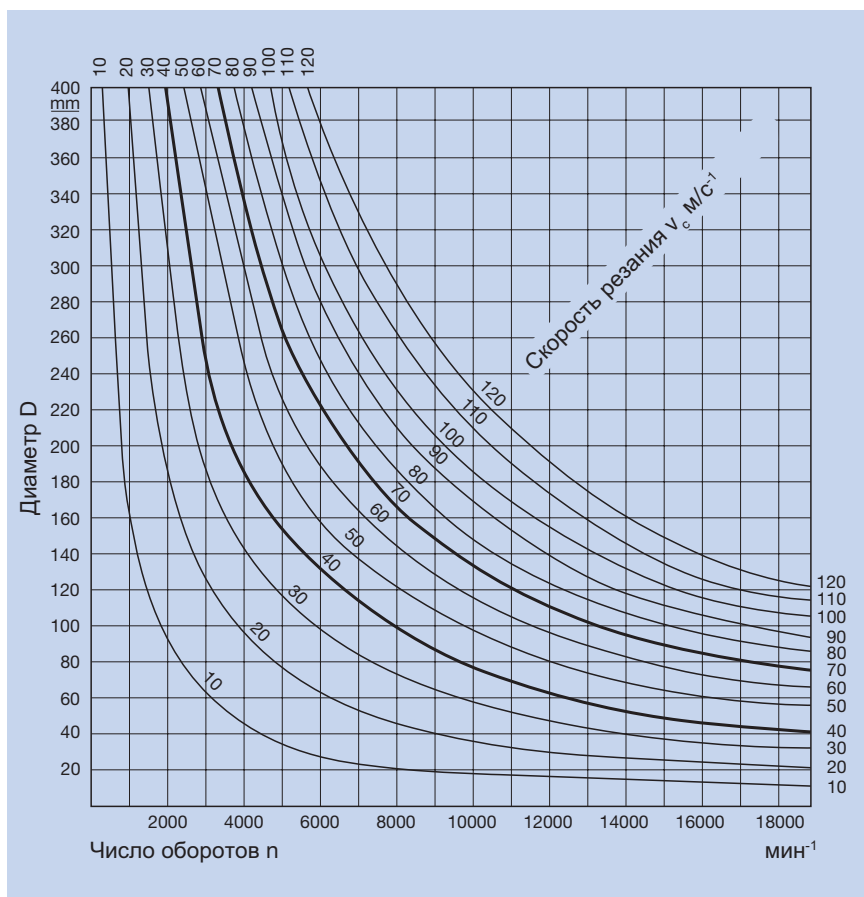
Только после прифуговки режущих кромок инструмента в закрепленном состоянии на шпинделе станка с точностью в области микрометров, с помощью так называемого джойнтера, можно добиться радиального биения близкого к 0. В этом случае все режущие кромки оставляют одинаковый след на поверхности заготовки. Благодаря этой технологии можно увеличить скорость подачи с помощью увеличения количества режущих кромок.

$$\rightarrow f_{z\text{eff}} = v_f / (n \cdot z) \cdot 1000 = f_z$$

( $f_z$  = подача на зуб)

### Расчет скорости резания в зависимости от числа оборотов и диаметра инструмента

Кривые линии показывают скорость резания ( $\text{м/с}^{-1}$ ), зависящую от числа оборотов и диаметра инструмента. Можно найти требуемое число оборотов, если известны диаметр инструмента и скорость резания. Также можно найти диаметр инструмента, если заданы число оборотов и скорость резания. Для протестированного ВГ инструмента министерство деревообрабатывающей промышленности в следствие повышенной опасности обратной отдачи инструмента и эмиссии шума определяет следующие оптимальные скорости резания  $v_c = 40\text{-}70 \text{ м/с}^{-1}$ .



### Допустимые значения скорости резания

Материал	Фреза HS [ $\text{м/с}^{-1}$ ]	Фреза HW [ $\text{м/с}^{-1}$ ]	Пила дисковая HW [ $\text{м/с}^{-1}$ ]
Древесина мягких пород	50-80	60-90	70-100
Древесина твердых пород	40-60	50-80	70-90
ДСП	—	60-80	60-80
Столярные плиты	—	60-80	60-80
Твердоволокнистые плиты	—	40-60	60-80
Плиты, облицованные синтетическими материалами	—	40-60	60-120

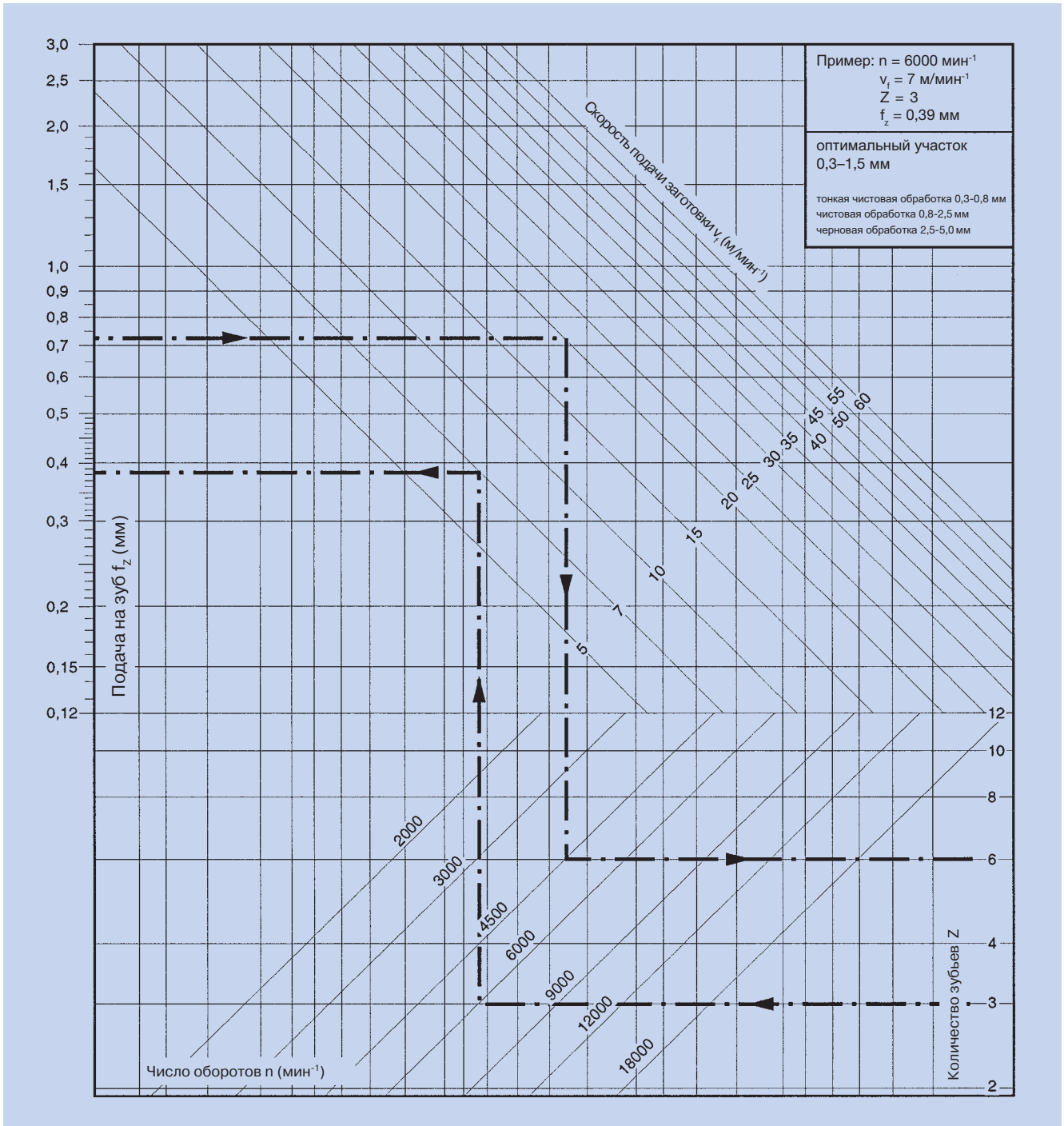
### Примеры

Ножевая головка: 120 мм диаметр,  $n = 12.000 \text{ мин}^{-1}$  ->  $v_c = 76 \text{ м/с}^{-1}$

фреза: 160 мм диаметр,  $v_c = 76 \text{ м/с}^{-1}$  ->  $n = 9.000 \text{ мин}^{-1}$

фреза концевая для фугования:  $n = 18.000$ ,  $v_c = 50 \text{ м/с}^{-1}$  ->  $D = 52 \text{ мм}$

Расчет параметров эксплуатации фрезерного инструмента  
 Подача на зуб, скорость подачи, число оборотов, количество зубьев



Расчет параметров эксплуатации фрезерного инструмента  
 Подача на зуб, скорость подачи, число оборотов, количество зубьев

