

Гаранин В. Н. (БГТУ, г. Минск, РБ) dosy@bstu.unibel.by

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ УГЛОВ РЕЗАНИЯ И ЗАОСТРЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ

THE DEFINITION OF OPTIMAL CUTTING AND SHARPENED ANGLES FOR TIMBER PROCESSING

Весь фрезерный инструмент, который поступает на рынок Республики Беларусь для обработки древесины, имеет углы заострения от $\beta=30^{\circ}$ и выше. Этот параметр угла установлен фирмами-изготовителями на основании их многолетних опытов работы [1]. В данной работе найдём аналитические доказательства применяемых углов заострения.

Проанализируем влияние угла β на касательную силу резания для трех пород древесины (сосна, береза, дуб) с помощью теории А. Л. Бершадского [2]. Угловые характеристики процесса открытого фрезерования учитываются в теории при определении сил, действующих на резец. В зависимость для определения средней условной силы резания по передней поверхности резца входит угол резания δ , т. е.

$$P_{\Pi} = e \cdot k \cdot b, \text{ Н} \quad (1)$$

где $k = A(\psi) \cdot \delta + B(\psi) \cdot v - V(\psi)$ - фиктивное условное давление по передней грани резца, Н/мм²;

$A(\psi)$, $B(\psi)$ и $V(\psi)$ - коэффициенты, зависящие от угла перерезания волокон и обрабатываемой породы.

Как видим, угол резания влияет на составляющую силы резания P_{Π} - действующей по передней грани резца, которая с увеличением δ возрастает, поскольку k пропорционально влияет на касательную силу резания [2].

С увеличением угла резания δ мощность и сила резания возрастают, поэтому выбирается всегда оптимальный наименьший угол резания. Применение меньших углов резания ограничивается углом заострения резца. Однако, минимально возможный угол заострения β ограничен физико-механическими свойствами резца, который в зависимости от условий резания и материала резца на практике принимают в пределах $\beta=15 - 70^{\circ}$.

Для определения средней касательной силы резания, действующей на резец при его взаимодействии с материалом, воспользуемся зависимостью:

$$F_z = F_{\Pi} + F_3 = (a_p \cdot p \cdot b + e \cdot k \cdot b). \quad (2)$$

Для этого в зависимостях (1) и (2) необходимо рассмотреть коэффициенты A , B , V и p .

Из опытных данных А. Л. Бершадского:

Для сосны

$$A_c = 0,2 + 0,004 \cdot \psi$$

$$B_C = 0,07 + 0,0015 \cdot \psi$$

$$V_C = 5,5 + 0,17 \cdot \psi$$

$$r_C = 1,6 + 0,036 \cdot \psi$$

Для березы

$$A_B = 0,25 + 0,005 \cdot \psi$$

$$B_B = 0,08 + 0,0018 \cdot \psi$$

$$V_B = 7,0 + 0,18 \cdot \psi$$

$$r_B = 1,9 + 0,04 \cdot \psi$$

Для дуба

$$A_D = 0,28 + 0,006 \cdot \psi$$

$$B_D = 0,09 + 0,002 \cdot \psi$$

$$V_D = 7,6 + 0,2 \cdot \psi$$

$$r_D = 1,6 + 0,036 \cdot \psi$$

где ψ - угол перерезания волокон

Примем условия:

Резец острый, т.е. $\alpha_\rho = 1,0$, ширина фрезерования $b = 20$ мм, скорость фрезерования $v = 35$ м/с, подача на резец $U_z = 1$ мм, высота припуска $h = 2$ мм, диаметр фрезерования $D = 145$ мм.

Изобразим схему процесса фрезерования (рис. 1).

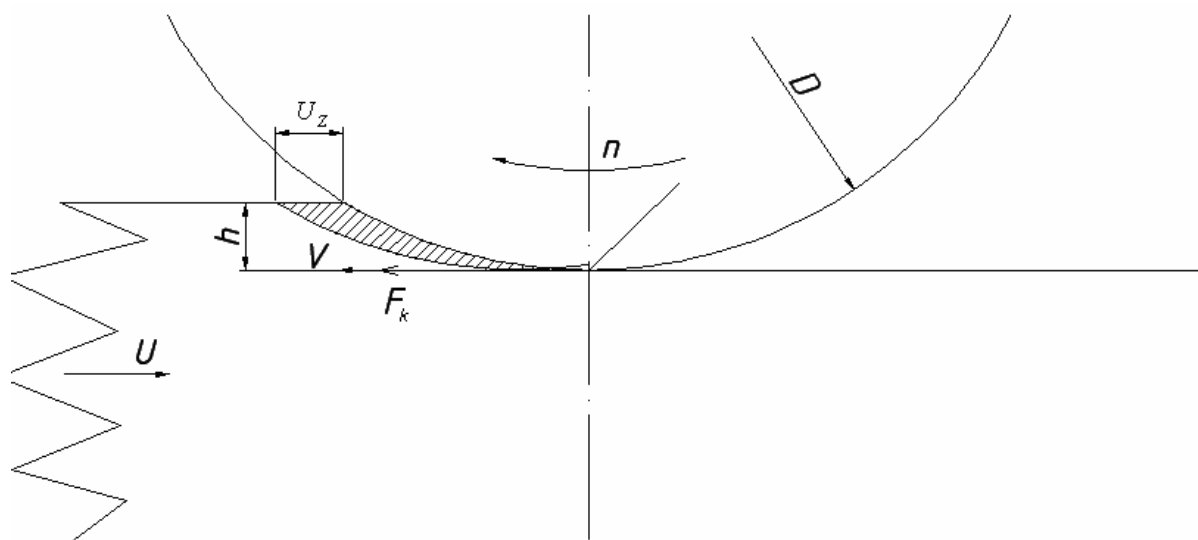


Рисунок 1 – Схема процесса фрезерования

Силы, действующие на резец в радиальном и тангенциальном направлениях согласно [2] можно изобразить следующими кривыми (рис. 2).

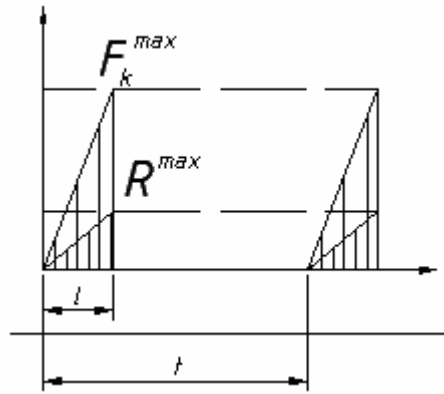


Рисунок 2 – Радиальная и тангенциальная силы

Находим максимальную касательную и нормальную силы резания для трех пород древесины по [2].

$$\text{Кинематический угол встречи } \theta = \arcsin \sqrt{\frac{h}{D}} = \arcsin \sqrt{\frac{2}{145}} = 6,74 \text{ град}$$

$$\text{Толщина стружки: } e = U_z \cdot \sin \theta = l \cdot \sin 6,74 = 0,117 \text{ мм}$$

Удельная фиктивная сила резания по задней поверхности резца

Для сосны:

$$p = 1,6 + 0,036 \cdot \psi, \text{ Н/мм}^2$$

Для березы:

$$p = 1,9 + 0,04 \cdot \psi, \text{ Н/мм}^2$$

Для дуба:

$$p = 2,1 + 0,046 \cdot \psi, \text{ Н/мм}^2$$

Фиктивное среднее давление по передней поверхности резца

Для сосны:

$$k = (0,2 + 0,004 \cdot \psi) \delta + (0,07 + 0,0015 \cdot \psi) \cdot V - (5,5 + 0,17 \cdot \psi), \text{ Н/мм}^2$$

Для березы:

$$k = (0,25 + 0,005 \cdot \psi) \delta + (0,08 + 0,0018 \cdot \psi) \cdot V - (7,0 + 0,18 \cdot \psi), \text{ Н/мм}^2$$

Для дуба:

$$k = (0,28 + 0,006 \cdot \psi) \delta + (0,09 + 0,002 \cdot \psi) \cdot V - (7,6 + 0,2 \cdot \psi), \text{ Н/мм}^2$$

Максимальную касательную силу резания, действующую на резец, находим по зависимости (2) с учетом того, что максимальная сила в 2 раза больше средней за время взаимодействия резца с обрабатываемым материалом:

$$F_Z^{max} = F_Z \cdot 2 = 2 \cdot (a_p \cdot p \cdot b + e \cdot k \cdot b), \text{ Н} \quad (3)$$

Максимальная сила резания по задней поверхности резца:

$$F_3^{max} = (a_p - 0,8) \cdot p \cdot b \cdot 2 \text{ Н}$$

Максимальная сила резания по передней поверхности резца:

$$F_{II}^{max} = F_Z^{max} - F_3^{max} \text{ Н}$$

Максимальная радиальная сила:

$$R^{max} = 0,5 \cdot a_p^2 \cdot F_3^{max} - F_{II}^{max} \cdot \text{tg}(90 - \delta - \varphi_{mp}), \text{ Н} \quad (4)$$

где φ_{mp} - угол трения между обрабатываемым материалом и резцом, град. (находиться в пределах 15 градусов)

Строим графики сил (рис. 3).

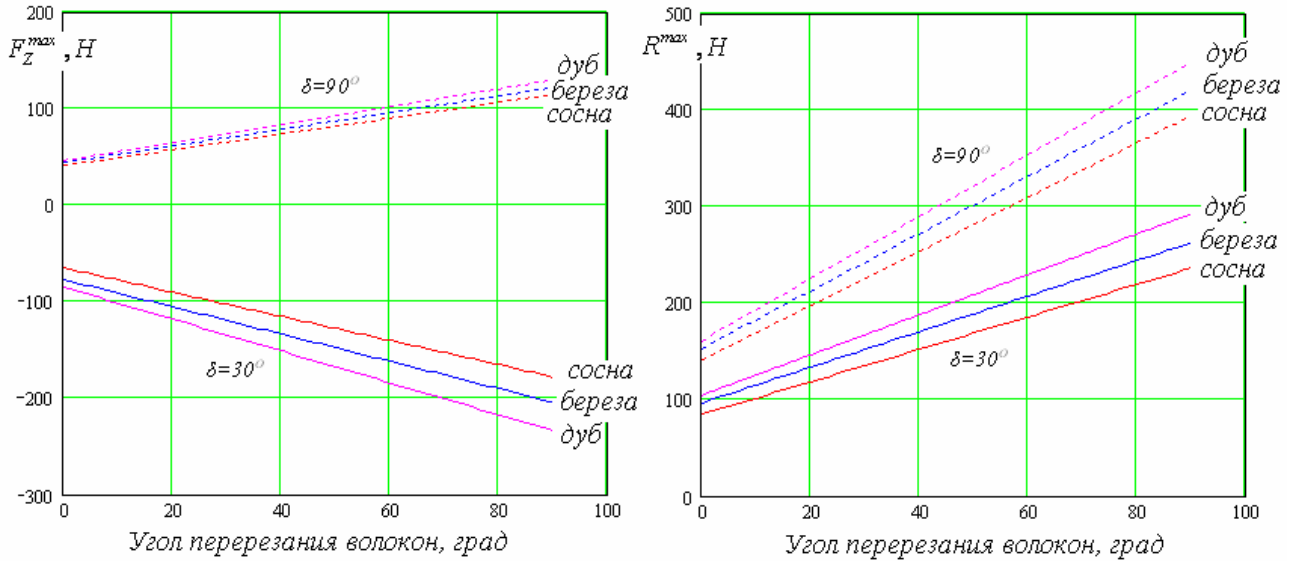


Рисунок 3 – Зависимости максимальных сил резания от параметров обработки

Изобразим схему представленных на графике сил (рис. 4).

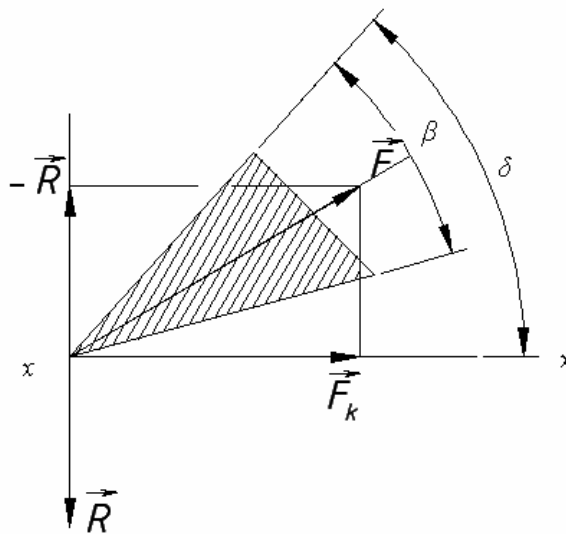


Рисунок 4 – Схема действующих на резец сосредоточенных сил

Наилучшие условия работы резца – когда результирующая сила резания направлена под углом $\delta - \frac{\beta}{2}$ к оси $x - x$. Этому условию удовлетворяет соотношение:

$$\text{arctg} \frac{-R^{max}}{F_z^{max}} = \frac{\pi}{180} \left(\delta - \frac{\beta}{2} \right) \quad (5)$$

Выразим из этого выражения угол заострения резца:

$$\beta = 2 \cdot \left(\delta - \frac{180}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{-R^{\max}}{F_Z^{\max}} \right)$$

При фрезеровании необходимо обеспечить задний угол 10-50 градусов. Приняв $\gamma = 15^\circ$, перепишем (5):

$$\beta = 30 - \frac{360}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{-R^{\max}}{F_Z^{\max}}$$

Построим график зависимости угла заострения от угла резания, породы и угла перерезания волокон при $\gamma = 15^\circ$, $a_p = 1,0$, $b = 20$ мм, $v = 35$ м/с, $U_Z = 1$ мм, $h = 2$ мм, $D = 145$ мм (рис. 5).

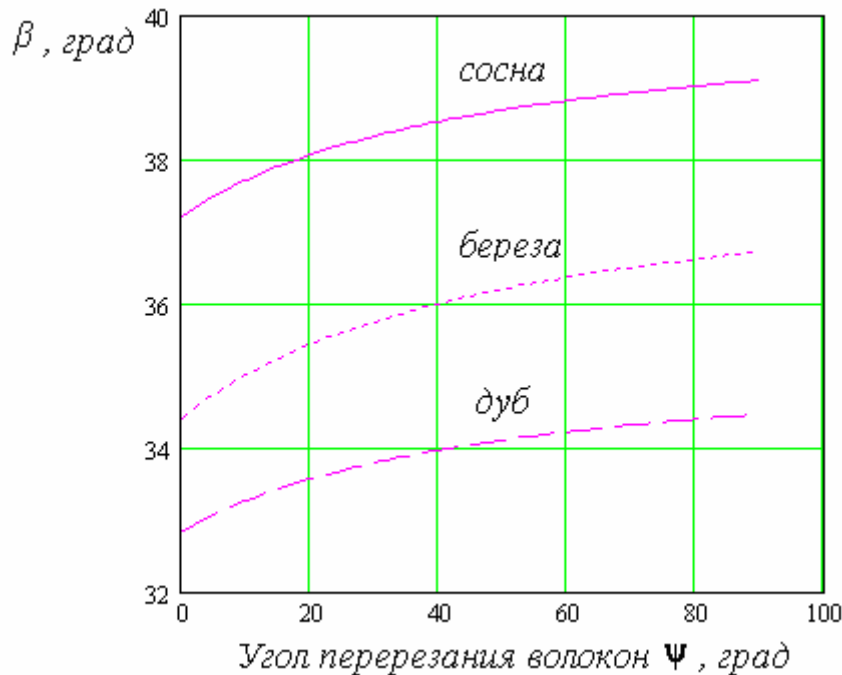


Рисунок 5 – Зависимости угла заострения от угла резания, породы и угла перерезания волокон

Следует отметить следующие полученные данные:

1. Для обеспечения наиболее благоприятных условий для резца при обработке различных пород древесины для выбранного режима ($h = 2$ мм и $U_Z = 1$ мм) следует придерживаться угла заострения $\beta \approx 33 \div 39^\circ$.

2. Направление волокон практически не влияет на выбор оптимального для резца угла (отличие составляет 6%);

3. На основании анализа зависимости (5) установлено, что с увеличением подачи на резец и высоты снимаемого слоя ($h > 2$ мм и $U_Z > 1$ мм), угол заострения и угол атаки следует увеличить.

4. Увеличение затупления резца отрицательно сказывается на распределении сил резания. Выше $\rho = 15$ мкм резец не из-за увеличения сил трения по задней грани будет испытывать большие изгибающие нагрузки, что приведёт к потере его режу-

щей способности. Этот вывод говорит в пользу того, что необходимо использовать износостойкие материалы в качестве резцов и своевременно производить заточку инструмента.

Представленный вывод подтверждает использование углов заострения для обработки древесины $\beta=30^{\circ}$. Условия работы с указанными углами «вынуждают» работать резец на сжатие, что благоприятно сказывается на применение материалов в качестве резцов, способных воспринимать большие сжимающие нагрузки при слабой устойчивости к изгибающим нагрузкам. К таким материалам следует отнести композиционные материалы (ВК, ТК, ТТК и др), применение которых для фрезерования древесины весьма перспективное направление, поскольку их стойкость к износу на порядок выше лучших стальных сплавов, используемых в деревообработке для изготовления ножей и пластин к фрезерному, строгальному и фуговальному инструменту.

Библиографический список

1. Дереворежущий инструмент отечественного и импортного производства. Выпуск №7. Камі Станкоогрегат.
2. А. Л. Бершадский, Н. И. Цветкова «Резание древесины», 1976 г.

Гришкевич А.А., Клубков А.П. (БГТУ, г. Минск, РБ) dosy@bstu.unibel.by

ФРЕЗЕРОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ НЕПЕРЕТАЧИВАЕМЫМИ ПЛАСТИНАМИ

WOOD MILLING AND WOOD MATERIALS BY DISPOSABLE HARD ALLOY PLATES

Фрезерование – один из распространенных и производительных процессов механической обработки древесины и древесных материалов.

Всякий режущий инструмент, а фрезерный не исключение, имеет форму клина, который под воздействием внешнего усилия внедряется в обрабатываемый материал и удаляет слой материала в виде стружки.

Высокопроизводительная и качественная механическая обработка древесины и древесных материалов во многом зависит от рациональной эксплуатации инструмента. Под рациональной эксплуатацией инструмента понимается создание таких условий его использования, которые обеспечивают производительную и качественную обработку заготовок при достаточно высокой стойкости инструмента. К этим условиям относятся: правильный выбор инструментального материала, конструкции угловых параметров, оптимальных режимов резания и выполнение мероприятий по подготовке инструмента к работе.

Для получения качественной поверхности при фрезеровании натуральной древесины применяют ножи плоские с прямолинейным режущим лезвием из легированных сталей 8Х6НФТ, Х6ВФ и 9Х5ВФ. В Германии для обработки натуральной древе-