

ЗАВИСИМОСТЬ СИЛЫ РЕЗАНИЯ ОТ ТОЛЩИНЫ СРЕЗАЕМОГО СЛОЯ

Зависимость касательной силы резания от толщины срезаемого слоя изучена достаточно хорошо. Так, в 60-х годах прошлого столетия А.Л. Бершадский обобщил эту зависимость и назвал общим законом резания древесины*. Графически эта зависимость приведена на рис. 1.

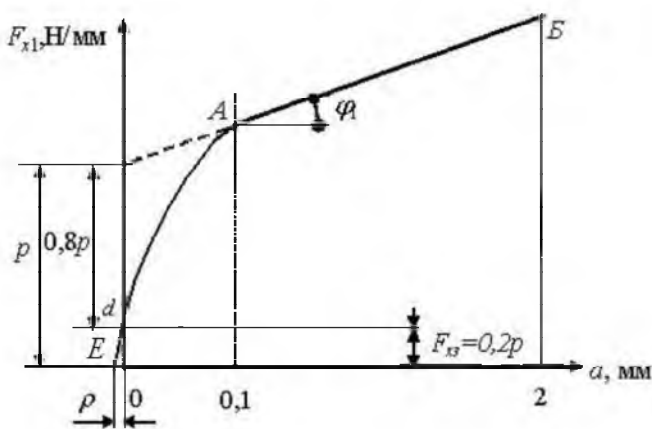


Рис. 1. Зависимость
единичной силы резания F_{x1}
от толщины срезаемого слоя a

График поделен на две зоны: микрослоев ($a \leq 0,1$ мм) и макрослоев ($0,1 \leq a \leq 2$ мм).

В зоне микрослоев зависимость представлена кривой линией параболы AE с характерными точками: $A(p+0,1k; 0,1)$ и $E(0,-\rho)$, где p – фиктивная сила резания, Н/мм; k – касательное давление срезаемого слоя на переднюю поверхность резца, $k = \operatorname{tg} \varphi_1$.

При $a = 0$ получается сила резания по задней поверхности резца.

В зоне макрослоев зависимость силы резания от толщины срезаемого слоя может быть представлена прямой линией AB , хотя приближаясь к точке B , экспериментальные точки располагаются ниже прямой линии. Приведенная зависимость силы резания многократно проверена исследователями.

При известной тенденции изменения силы резания в настоящее время остается нерешенным вопрос, какими уравнениями пользоваться при расчете силы резания. Попытаемся найти некоторые уравнения.

Предположим, что кривая EAB – парабола, вершина которой расположена в точке E . Пологий участок параболы близок по форме к прямой линии. Ось параболы совпадает с осью абсцисс графика рис. 1.

* Бершадский А.Л. Расчет режимов резания древесины. М.: Лесн. пром-сть, 1967. 178 с.

Общее уравнение параболы в осях координат F_{x1} и a

$$a = cF_{x1}^2 + dF_{x1} + e, \quad (1)$$

где c, d, e – параметры параболы.

Взяв первую производную функции (1) по F_{x1} и приравняв ее нулю, найдем ординату вершины параболы точки E:

$$F_{x1} = -\frac{d}{2c}.$$

Поскольку в точке E $F_{x1}=0$, то параметр $d = 0$.

Подставляя $d = 0$ в уравнение (1), получим

$$\begin{aligned} a &= e, \\ -\rho &= e. \end{aligned} \quad (2)$$

Для точки A($p+0,1k; 0,1$) по уравнению (1) получим

$$c = \frac{\rho + 0,1}{(\rho + 0,1k)^2}. \quad (3)$$

Подставляя полученные параметры в уравнение (1), получим уравнение параболы

$$F_{x1} = \left[\frac{(a + \rho)(p + 0,1k)^2}{\rho + 0,1} \right]^{0,5}. \quad (4)$$

Проверим пригодность уравнения для расчетов. По Е. Кивимаа, для макрослоев при резании березы в торец и $\rho_o = 5$ мкм, $F_{x1} = 4 + 38a$ получим $p=4$ Н/мм; $k=38$ МПа. Сила резания по задней грани лезвия

$$F_{x13} \approx 0,8 \text{ Н/мм}.$$

По В.Г. Морозову, при фрезеровании древесины единичная касательная сила резания выражается уравнением $F_{x1}=1,5 + 13a$, $p=1,5$ Н/мм; $k=13$ МПа, силы резания по задней поверхности $F_{x13} \approx 0,3$ Н/мм.

Уравнения (4) представлены на рис. 2.

При $a = 0$ мм получено:

– по Е. Кивимаа $F_{x13}=1,702$ Н/мм, а должно быть $F_{x13} \approx 0,8$ Н/мм;

– по В.Г. Морозову

$F_{x13} = 0,611$ Н/мм, а должно быть $F_{x13} \approx 0,3$ Н/мм.

Из полученных данных следует, что уравнение параболы (4) плохо описывает экспериментальные данные и не может быть использовано для выполнения расчетов.

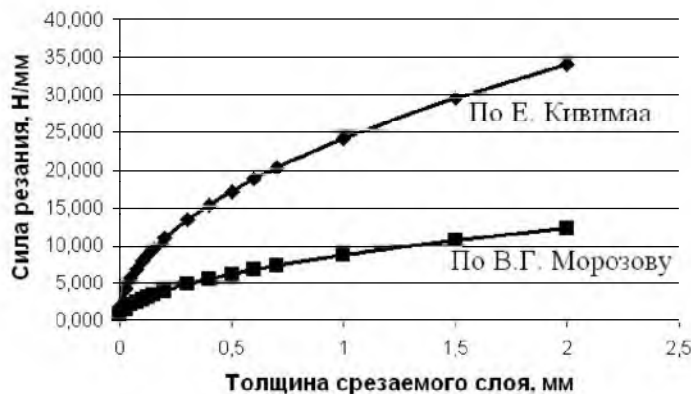


Рис. 2. Сила резания по уравнению (4)

Предположим, что вершина параболы расположена в точке А (рис. 1). Тогда общее уравнение параболы в осях координат F_{x1} и a

$$F_{x1} = ca^2 + da + e. \quad (5)$$

Используя координаты точек А($p+0,1k$; 0,1) и Е(0,- ρ), как было сделано выше, найдем параметры параболы:

$$c = -\frac{F_{x0,1}}{\lambda}, \quad d = \frac{0,2F_{x0,1}}{\lambda}, \quad e = F_{x0,1}\left(1 - \frac{0,01}{\lambda}\right),$$

где λ – коэффициент: $\lambda = \rho_o^2 + 0,2\rho_o + 0,01$; где ρ_o – начальный радиус закругления режущей кромки, мм.

Уравнение единичной касательной силы резания для микрослоев (по уравнению (5))

$$F_{x1} = (p + 0,1k)\left(1 - \frac{1}{\lambda}a^2 + \frac{0,2}{\lambda}a - \frac{0,01}{\lambda}\right). \quad (6)$$

Проверка пригодности уравнения параболы (6):

– по Е. Кивимаа, $F_{x13} = 0,71$ Н/мм, а должно быть $F_{x13} \approx 0,8$ Н/мм;

– по В.Г. Морозову, $F_{x13} = 0,26$ Н/мм, а должно быть $F_{x13} \approx 0,3$ Н/мм.

Отклонения составляют соответственно 10 и 15 %. Уравнение (6) рекомендуется для выполнения расчетов касательной силы резания при толщине срезаемого слоя, находящегося в диапазоне микрослоев. Для срезаемых слоев, расположенных в диапазоне макрослоев, касательную силу резания рекомендуется находить по уравнению А.Л. Бершадского, Н:

$$F_x = a_n a_w (\alpha_\rho p + ka)b, \quad (7)$$

где a_n , a_w – поправочные коэффициенты на породу и влажность древесины соответственно;

α_ρ – коэффициент затупления лезвия;

a , b – толщина и ширина срезаемого слоя, мм.