

УДК 674.023

РАСЧЕТ РЕЖИМА ОБРАБОТКИ БРУСА НА ФРЕЗЕРНОПИЛЬНОМ СТАНКЕ

Глебов И.Т.

Уральский государственный лесотехнический университет

Подробная информация об авторах размещена на сайте

«Учёные России» - <http://www.famous-scientists.ru>

В статье излагается метод расчета режима резания при получении из бревна бруса и технологической щепы.

Для получения брусьев из тонкомерных бревен часто используют фрезерно-пильные станки, на которых боковая плоть бруса формируется пилой, а отпад (горбыль) измельчается фрезами в технологическую щепу. Пила и фрезы закреплены на одном шпинделе.

Целью выполненной работы было разработка метода расчета режимов резания при получении брусьев с заданной шероховатостью и технологической щепы необходимых размеров из тонкомерных бревен. Технологическая щепка, применяемая для производства древесностружечных плит должна иметь длину по волокнам древесины 5...40 мм и толщину 5...30 мм.

Если брус квадратного поперечного сечения имеет основание с размером b_0 , см, то высота пропила t (рисунок 1) равна [1], мм

$$t = 10\sqrt{(d + 0,5L_0C_0)^2 - b_0^2},$$

где d – диаметр бревна в вершинной части, см;

L_0 – длина бревна, м;

C_0 – сбеги бревна; для тонкомерных бревен диаметром до 26 см $C_0 = 1,0$ см/м.

При выпиливании из бревна бруса по краям образуются горбыли сечением формы сегмента ABC (рисунок 2). Высота сегмента изменяется от $t = AB$ до нуля в точке C . Для упрощения расчетов заменим сегмент равновеликим по площади прямоугольником (на рисунке 2 заштрихован). Для этого найдем площадь сегмента S_c :

$$S_c = 0,5R^2(2a - \sin 2a),$$

где R – радиус поперечного сечения на середине длины бревна, мм;

$$R = 5(d + 0,5L_0C_0).$$

Угол α равен, рад.:

$$a = \arcsin \frac{t}{2R} = \arcsin \frac{t}{10(d + 0,5L_0C_0)}.$$

Ширина сегмента РС, равная ширине фрезерования b_ϕ , равна мм:

$$b_\phi = 5(d + 0,5L_0C_0 - b_0).$$

Высоту фрезерования найдем через площадь сегмента $S_c = b_\phi t_\phi$:

$$t_\phi = \frac{S_c}{b_\phi}.$$

Для расчета режимов пиления необходимо знать угол контакта пилы с заготовкой, длину дуги контакта, среднее значение толщины срезаемого слоя и угол встречи, т.е. острый угол между вектором скорости главного движения и направлением волокон древесины. Эти параметры процесса пиления находятся следующим образом (рис. 1).

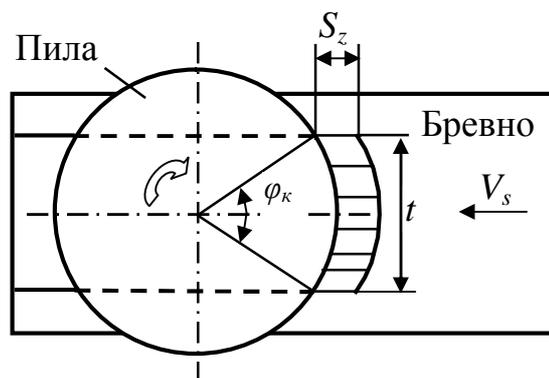


Рис. 1. Размеры срезаемого слоя при пиления

Угол контакта, рад

$$j_{\kappa} = 2 \arcsin \frac{t}{D},$$

где t – высота пропила, толщина бруса, мм;

D – диаметр пилы, мм.

Длина дуги контакта, мм

$$l = 0,5Dj_{\kappa}.$$

Боковая площадь срезаемого слоя

$$S = a_{cp}l = S_z t,$$

где a_{cp} – средняя толщина срезаемого слоя, мм;

S_z – подача на один зуб, мм.

Отсюда находим среднее значение толщины срезаемого слоя

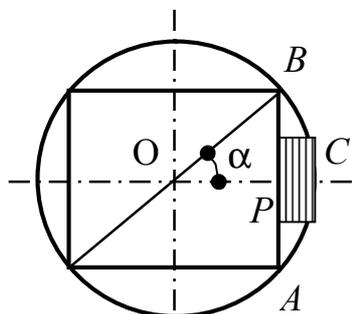


Рис. 2. Схема к расчету ширины и высоты фрезерования

$$a_{cp} = \frac{S_z t}{D \arcsin(t/D)}.$$

Обычно $a_{cp} = S_z \sin q$. При

продольном пилении древесины кинематический угол встречи θ равен углу встречи зуба пилы с волокнами древесины φ_6 . Тогда угол встречи

$$j_{\epsilon} = \arcsin\left(\frac{t}{D \arcsin(t/D)}\right).$$

Для пояснения метода расчета режимов обработки бруса на фрезерно-пильном станке воспользуемся примером.

Пример. На фрезерно-пильном станке из сосновых бревен длиной $L = 6,5$ м, диаметром $d = 18$ см и влажностью $W = 50\%$ выпиливаются брусья сечением $12,5 \times 12,5$ см. Пила: $D = 250$ мм, число зубьев $Z = 36$ шт., толщина $S = 3$ мм, уширение зубьев на сторону $S' = 0,7$ мм. Фреза коническая: $D_{\phi} = 200$ мм, угол наклона режущей кромки $\varphi_n = 30^\circ$, количество зубьев $z = 1$, длина режущей кромки $b_{\phi} = 15$ мм, частота вращения $n = 2900$ мин⁻¹, длина получаемой щепы $l_{щ} = 15$ мм.

Определить шероховатость пласти бруса, мощность механизма главного движения и скорость подачи.

Решение

1. Находим окружной шаг зубьев пилы $t_s = pD/Z = 3,14 \cdot 250/36 = 21,8$ мм.

2. Высота пропила при формировании пласти бруса

$$t = 10\sqrt{(d + 0,5L_6C_6)^2 - b_6^2} = 10\sqrt{(18 + 0,5 \cdot 6,5 \cdot 1)^2 - 12,5^2} = 171,8 \text{ мм.}$$

3. Угол контакта пилы с бревном

$$j_{\kappa} = 2 \arcsin \frac{t}{D} = 2 \arcsin \frac{171,8}{250} = 1,516 \text{ рад.}$$

4. Угол встречи зубьев пилы с волокнами древесины

$$j_{\epsilon} = \arcsin\left(\frac{t}{D \arcsin(t/D)}\right) = \arcsin\left(\frac{171,8}{250 \arcsin(171,8/250)}\right) = 65^\circ.$$

5. Длина дуги контакта пилы с заготовкой

$$l = 0,5Dj_{\kappa} = 0,5 \cdot 250 \cdot 1,516 = 189,5 \text{ мм.}$$

6. Ширина пропила $b = S + 2S' = 3 + 2 \cdot 0,7 = 4,4$ мм.

7. Скорость главного движения

$$V = pDn/60000 = 3,14 \cdot 250 \cdot 2900/60000 = 38,0 \text{ м/с.}$$

8. Фиктивная сила резания для древесины сосны

$$p = 3,924 + 0,0353j_{\phi} = 3,924 + 0,0353 \cdot 65 = 6,22 \text{ Н/мм.}$$

9. Удельное сопротивление резанию при пиленнии

$$k = (0,196 + 0,00392j_{\phi})d + (0,0686 + 0,00147j_{\phi})V' - (5,39 + 0,147j_{\phi}),$$

где d – угол резания зуба, град;

V' – условная скорость резания, м/с, причем если $V < 50$ м/с, то $V' = (90 - V)$, иначе $V' = V$, где V – скорость главного движения.

$$k = (0,196 + 0,00392 \cdot 65)55 + (0,0686 + 0,00147 \cdot 65)(90 - 38) - (5,39 + 0,147 \cdot 65) = 18,4 \text{ МПа.}$$

10. Величина затупления режущей кромки зуба

$$Dr = g_p \ln TK_n K_u / 1000 = 0,0001 \cdot 189,5 \cdot 2900 \cdot 480 \cdot 0,9 \cdot 0,9 / 1000 = 21,4 \text{ мкм.}$$

11. Коэффициент затупления зуба пилы при $r_o = 10$ мкм

$$a_r = 1 + (1 + 0,1 \frac{k}{p}) \frac{\Delta_r}{r_o + 50} = 1 + (1 + 0,1 \frac{18,4}{6,22}) \frac{21,4}{10 + 50} = 1,46.$$

12. При подаче на зуб фрезы $S_{z\phi} = l_{\text{ш}} = 15$ мм найдем скорость подачи бревна

$$V_s = S_{z\phi} z n / 1000 = 15 \cdot 1 \cdot 2900 / 1000 = 43,5 \text{ м/мин.}$$

13. Подача на зуб пилы

$$S_z = 1000 V_s / (Zn) = 1000 \cdot 43,5 / (36 \cdot 2900) = 0,42 \text{ мм.}$$

По значению подачи на зуб и $\phi_{\phi} = 65^\circ$ по таблице [2] находится шероховатость поверхности $R_{\text{max}} = 320$ мкм.

14. Толщина срезаемого слоя

$$a_{cp} = S_z \sin j_{\phi} = 0,42 \cdot \sin 65^\circ = 0,32 \text{ мм.}$$

15. Удельная сила резания при продольном пиленнии

$$F_{y\phi} = a_n a_w a_{\phi} \left[\frac{a_r p}{a_c} + k + \frac{a t}{b} \right] = 1 \cdot 0,89 \cdot \left[\frac{1,46 \cdot 6,22}{0,32} + 18,4 + \frac{0,7 \cdot 171,8}{4,4} \right] =$$

= 65,87 МПа.

Мощность пиления

$$P = F_{y\phi} b t V_s / 60000 = 65,87 \cdot 4,4 \cdot 171,8 \cdot 43,5 / 60000 = 33,63 \text{ кВт}$$

16. Находим размеры фрезеруемого сегмента.

16.1. Радиус поперечного сечения на середине длины бревна

$$R = 5(d + 0,5L_{\phi} C_{\phi}) = 5(18 + 0,5 \cdot 6,5 \cdot 1) = 106,2 \text{ мм.}$$

16.2. Угол α :

$$\alpha = \arcsin \frac{t}{2R} = \arcsin \frac{171,8}{2 \cdot 106,2} = 0,94 \text{ рад.}$$

16.3. Площадь сегмента

$$S_c = 0,5R^2(2\alpha - \sin 2\alpha) = 0,5 \cdot 106,2^2(2 \cdot 0,94 - \sin 2 \cdot 0,94) = 5263,2 \text{ мм}^2.$$

16.4. Ширина сегмента, равная средней ширине фрезерования

$$b_{\phi} = 5(d + 0,5L_{\phi} C_{\phi} - b_{\phi}) = 5(18 + 0,5 \cdot 6,5 \cdot 1 - 12,5) = 43,7 \text{ мм}$$

16.5. Средняя высота срезаемого слоя

$$t_{\phi} = \frac{S_c}{b_{\phi}} = \frac{5263,2}{43,7} = 120,3 \text{ мм.}$$

17. Скорость главного движения при фрезеровании

$$V = p D n / 60000 = 3,14 \cdot 200 \cdot 2900 / 60000 = 30,4 \text{ м/с.}$$

18. Угол встречи зубьев фрезы с волокнами древесины

$$j_{\phi} = \arcsin \left(\frac{t_{\phi}}{D_{\phi} \arcsin(t_{\phi} / D_{\phi})} \right) = \arcsin \left(\frac{120,3}{200 \arcsin(120,3 / 200)} \right) = 68,75^\circ.$$

19. Угол контакта зуба фрезы с древесиной

$$j_{\kappa} = 2 \arcsin \frac{t_{\phi}}{D_{\phi}} = 2 \arcsin \frac{120,3}{200} = 1,29 \text{ рад.}$$

20. Длина дуги контакта фрезы с заготовкой

$$l = 0,5 D_{\phi} j_{\kappa} = 0,5 \cdot 200 \cdot 1,29 = 129,1 \text{ мм.}$$

21. Режущая кромка конической фрезы выполняет продольно-поперечно-торцовое резание с углами $\varphi_n = 60^\circ$ (острый угол между режущей кромкой и волокнами древесины), $\varphi_e = 68,75^\circ$.

21.1. Фиктивная сила резания [2]

$$p_{//\perp\#} = 0,98 + (0,017 - 0,0004 j_{\nu}) j_{\nu} = 0,98 + (0,017 - 0,0004 \cdot 68,75) 60 = 3 \text{ Н/мм}$$

21.2. Касательное давление срезаемого слоя на переднюю поверхность зуба фрезы при продольно-поперечно-торцовом резании

$$\begin{aligned} k_{//\perp\#} &= 0,029 d + 0,069 V' - 0,59 + 0,011 j_{\nu} [(0,167 + 0,0039 j_{\epsilon}) d + \\ &\quad + 0,0014 j_{\epsilon} V' - (4,81 + 0,158 j_{\epsilon})] = \\ &= 0,029 \cdot 70 + 0,069(90 - 30,4) - 0,59 + 0,011 \cdot 60 [(0,167 + 0,0039 \cdot 68,75) 70 + \\ &\quad + 0,0014 \cdot 68,75(90 - 30,4) - (4,81 + 0,158 \cdot 68,75)] = 19,1 \text{ МПа.} \end{aligned}$$

22. Величина затупления режущей кромки зуба

$$Dr = g_D \ln TK_n K_u / 1000 = 0,0001 \cdot 129,1 \cdot 2900 \cdot 480 \cdot 0,9 \cdot 0,9 / 1000 = 14,6 \text{ мкм.}$$

23. Коэффициент затупления зуба пилы при $r_o = 6$ мкм

$$a_r = 1 + (1 + 0,1 \frac{k}{p r_o + 50}) \frac{\Delta_r}{3} = 1 + (1 + 0,1 \frac{19,1}{6 + 50}) \frac{14,6}{6 + 50} = 1,43.$$

24. Толщина срезаемого слоя при фрезеровании

$$a_c = S_z \sin j_{\epsilon} \sin j_{\nu} = 15 \cdot \sin 68,75^\circ \sin 60^\circ = 12,1 \text{ мм.}$$

25. Удельная сила резания при фрезеровании

$$F_{y0} = a_n a_w [\frac{a_r p}{a_c} + k] = 1 \cdot 0,89 [\frac{1,43 \cdot 3}{12,1} + 19,1] = 17,3 \text{ МПа.}$$

26. Мощность фрезерования при длине режущей кромки зуба $b_{зф} = 15$ мм

$$P = F_{y0} b_{зф} t_{\phi} V_s / 60000 = 17,3 \cdot 15 \cdot 120,3 \cdot 43,5 / 60000 = 22,7 \text{ кВт.}$$

27. Общая мощность на пыльно фрезерном шпинделе равна

$$P_o = P + P_{\phi} = 33,63 + 22,7 = 56,33 \text{ кВт.}$$

Предложенная методика расчета может быть использована при расчете и анализе режимов резания при обработке брусьев из бревен с получением технологической щепы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Руководящие технические материалы по определению режимов пиления на лесопильных рамах. – Архангельск: ЦНИИМОД, 1987. – 82 с.
2. Глебов И.Т. Резание древесины. – Екатеринбург, УГЛТУ, 2001. – 150 с.

CALCULATION OF THE MODE OF PROCESSING OF THE BAR ON THE MACHINE TOOL WITH THE ROUND SAW

Glebov I.T.

Ural State Forestry Engineering University

In clause the method of calculation of a mode of cutting is stated at reception from a log of a bar and a technological shaving.