

– среднее для пилы

$$S_{zcp} = (S_{zкос} + S_{zпрям}) / 2 = (0,69 + 0,64) / 2 = 0,67 \text{ мм};$$

12. Толщина срезаемого слоя зубом пилы:

– комбинированной  $a = S_{zcc} \sin \varphi_6 = 0,67 \sin 61^\circ = 0,58 \text{ мм};$

– прямозубой  $a = S_{zcc} \sin \varphi_6 = 0,56 \sin 61^\circ = 0,49 \text{ мм}.$

13. Удельная сила резания

$$F_{y\delta} = a_n a_w a_b \left( k + \frac{\alpha_{\rho P}}{a} + \frac{\alpha_{\Delta t}}{b} \right) = 1 \cdot 0,89 \cdot 1 \left( 220 + \frac{1,18 \cdot 3,57}{0,58} + \frac{0,57 \cdot 100}{6,8} \right) = 33,46 \text{ МПа}.$$

14. Мощность механизма главного движения при работе пилой с комбинированными зубьями

$$P_k = \frac{F_{y\delta} b t V_s}{60 \cdot 1000} = \frac{33,46 \cdot 6,8 \cdot 100 \cdot 30}{60 \cdot 1000} = 11,38 \text{ кВт}.$$

При использовании пилы с прямыми зубьями мощность равна  $P_n = 12,33 \text{ кВт}$ . При формировании зубьев только с косой заточкой  $P_{кос} = 10,9 \text{ кВт}$ . Укорочение прямых зубьев комбинированной пилы до величины  $c = S_z$  приводит к увеличению мощности  $P_k = 11,54 \text{ кВт}$ , а при  $c = 0,5 S_z$   $P_k = 11,7 \text{ кВт}$ . С уменьшением укорочения прямых зубьев комбинированная пила приближается по форме к прямозубой пиле. Таким образом рекомендуется работать комбинированной пилой с укорочением прямых зубьев равным  $C = (1,5 \dots 2,0) S_z$ .

## Библиографический список

1. Глебов И.Т. Резание древесины: Учебное пособие. – Екатеринбург: УГЛТА, 2001.– 151 с.
2. Глебов И.Т. Резание древесины: Избранные лекции. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2005.– 99 с.

**Глебов И.Т.** (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) [GIT5@yandex.ru](mailto:GIT5@yandex.ru)

## **ТОРЦОВОЕ ПИЛЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ПИЛАМИ С НАКЛОННЫМИ РЕЖУЩИМИ КРОМКАМИ**

### *FACE SAWING WOOD SAWS WITH INCLINED CUTTING EDGES*

Для поперечного пиления древесины используются пилы, у которых режущие кромки зубьев поочередно наклонены влево и вправо под углом  $10 \dots 15^\circ$ . Так выполнены круглые пилы для поперечного пиления строгальные, твердосплавные отечественного производства, пилы импортные. Ниже изложена методика расчета режимов пиления такими пилами.

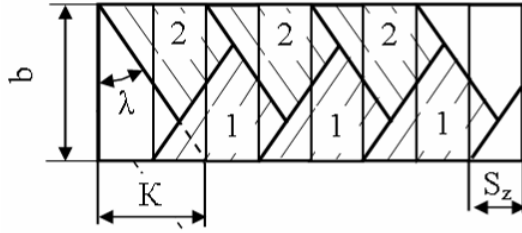


Рисунок 1 – Сечения срезаемых зубьями слоев в пропиле

На рисунке 1 показана схема расположения срезаемых слоев в пропиле шириною  $b$ . Угол наклона режущей кромки зуба находится из выражения

$$\lambda = \arctg \frac{K}{b}.$$

Из схемы следует, что при  $K \geq S_z$  площади  $S$  срезов, образованных всеми зубьями одинаковы и равны  $S = S_z b$ , где  $S_z$  – величина подачи на зуб, мм. При средней ширине пропила для зубьев 1 и 2  $b_{cp} = b/2$  средняя подача на зуб для каждого зуба равна

$$S_{zcp} = \frac{S}{b_{cp}} = \frac{2S_z b}{b} = 2S_z.$$

Толщина срезаемого слоя измеряется в направлении подачи на зуб. Среднее значение толщины срезаемого слоя при пилении круглыми пилами

$$a = 2S_z \sin \mu,$$

где  $\mu$  – угол подачи.

При поперечном пилении древесины стенки пропила расположены перпендикулярно к волокнам древесины. Если угол наклона  $\lambda = 0$ , то режущие кромки расположены параллельно волокнам и выполняют поперечное резание. Однако в этом случае волокна древесины не перерезаются, а рвутся, в результате чего поверхности стенок пропила имеют низкое качество. Если угол наклона  $\lambda > 0$ , то волокна древесины перерезаются режущими кромками, выполняя поперечно-торцовое резание. Для древесины сосны значения фиктивной силы резания  $p_{\# \perp}$  и касательного давления на переднюю поверхность зуба  $k_{\# \perp}$  можно определить по следующим формулам [1]:

$$p_{\# \perp} = 0,98 + 0,042 \varphi_n;$$

$$k_{\# \perp} = (0,029 + 0,0058 \varphi_n) \delta + (B + 0,0014 \varphi_n) V' - (5,9 + 0,152 \varphi_n),$$

где  $\varphi_n$  – угол наклона, равный углу наклона  $\lambda$ , град;

$\delta$  – угол резания, град;

$B$  – коэффициент, при  $\delta < 55^\circ$   $B = 0,059$ ; при  $\delta > 55^\circ$   $B = 0,069$ ;

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

Порядок расчета режимов пиления показан на примере.

**Дано.** На суппортном торцовочном станке модели ЦПА40–М распиливаются поперек сосновые брусья влажностью  $W = 20\%$  и сечением  $100 \times 150$  мм. Диаметр пилы  $D = 400$  мм, толщина диска  $S = 2,8$  мм, уширение зубьев на сторону  $S' = 0,7$  мм, число зубьев пилы  $Z = 72$ , частота вращения пилы  $n = 2900$  мин<sup>-1</sup>, угол резания зубьев  $\delta = 70^\circ$ , углы наклона режущих кромок зубьев  $\lambda = 10^\circ$ . Зубья пилы оснащены пластинами твердого сплава ВК15. Расстояние от центра пилы до стола  $h = 180$  мм, высота пропила  $t =$

100 мм. Скорость подачи  $V_s = 15$  м/с, зубья острые, пила расположена над столом станка.

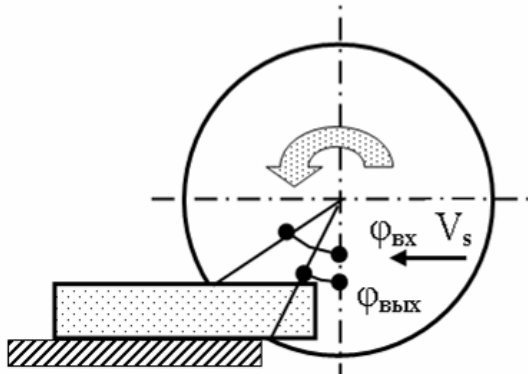


Рисунок 2 – Расчетная схема пиления

Определить мощность на пиление в сравнении с пилением обычной торцевой пилой с боковой косой заточкой зубьев  $\beta = 45^\circ$ .

Решение. Расчетная схема пиления показана на рисунке 2.

1. Находим ширину пропила

$$b = S + 2S' = 2,8 + 2 \cdot 0,7 = 4,2 \text{ мм.}$$

2. Находим значение подачи на зуб

$$S_z = \frac{1000V_s}{Zn} = \frac{1000 \cdot 15}{72 \cdot 2900} = 0,07 \text{ мм.}$$

3. Углы контакта пилы с заготовкой:

– входа

$$\varphi_{вх} = \arccos 2\left(\frac{h-t}{D}\right) = \arccos 2\left(\frac{180-100}{400}\right) = 66,4^\circ;$$

– выхода  $\varphi_{вых} = \arccos 2\left(\frac{h}{D}\right) = \arccos 2\left(\frac{180}{400}\right) = 25,84^\circ;$

– контакта  $\varphi_k = \varphi_{вх} - \varphi_{вых} = 66,4 - 25,84 = 40,57^\circ;$

– среднее  $\varphi_c = (\varphi_{вх} + \varphi_{вых})/2 = (66,4 + 25,84)/2 = 46,1^\circ.$

4. Шаг зубьев

$$t_z = \frac{\pi D}{Z} = \frac{\pi \cdot 400}{72} = 17,5 \text{ мм.}$$

5. Длина дуги контакта

$$l = \frac{\pi D}{360} \varphi_k = \frac{3,14 \cdot 400}{360} \cdot 40,57 = 141,7 \text{ мм.}$$

6. Определяем скорость главного движения

$$V = \frac{\pi D n}{60000} = \frac{3,14 \cdot 400 \cdot 2900}{60000} = 60,7 \text{ м/с.}$$

7. Толщина слоя (перерезаемого, срезаемого)

– предлагаемой пилой

$$a = 2S_z \sin \varphi_{cp} = 2 \cdot 0,07 \sin 46,1^\circ = 0,104 \text{ мм;}$$

– обычной пилой

$$a = S_z \sin \varphi_{cp} = 0,07 \sin 46,1^\circ = 0,052 \text{ мм.}$$

8. Значение фиктивной силы резания при пилении:

– предлагаемой пилой (угол  $\varphi_n = \lambda$ )

$$p_{\#-1} = 0,98 + 0,042 \varphi_n = 0,98 + 0,042 \cdot 10 = 1,4 \text{ Н/мм;}$$

– обычной пилой  $p = 1 \text{ Н/мм.}$

9. Касательное давление срезаемого слоя на переднюю поверхность зуба:

– предлагаемой пилой (угол  $\varphi_n = \lambda$ )

$$\begin{aligned} k_{\#-\perp} &= (0,029 + 0,0058\varphi_n)\delta + (0,069 + 0,0014\varphi_n)V' - (5,9 + 0,152\varphi_n) = \\ &= (0,029 + 0,0058 \cdot 10) \cdot 70 + (0,069 + 0,0014 \cdot 10) \cdot 60,7 - (5,9 + 0,152 \cdot 10) = \\ &= 3,71 \text{ МПа}; \end{aligned}$$

– для обычной пилы [2]

$$k = 60,76 - 13,72b + (0,412 - 0,0059\gamma)\beta_1,$$

где  $\gamma$  – передний угол, град;

$b$  – ширина пропила, мм;

$\beta_1$  – угол боковой заточки, град.

$$\begin{aligned} k &= 60,76 - 13,72b + (0,412 - 0,0059\gamma)\beta_1 = \\ &= 60,76 - 13,72 \cdot 4,2 + (0,412 - 0,0059 \cdot 0) \cdot 45 = 21,68 \text{ МПа}; \end{aligned}$$

10. Величина затупления режущей кромки для острых зубьев  $\alpha_p = 1$ .

11. Окружная касательная сила резания:

– предлагаемой пилой (угол  $\varphi_n = \lambda$ )

$$F_{xo} = a_n a_w (\alpha_p p + k_{\#-\perp} a) b l_k / t_3 = 1 \cdot 0,93 (1 \cdot 1 + 3,71 \cdot 0,104) \cdot 4,2 \cdot 141,7 / 17,5 = 56,57 \text{ Н};$$

– обычной пилы

$$F_{xo} = a_n a_w (\alpha_p p + ka) b l_k / t_3 = 1 \cdot 0,93 (1 \cdot 1 + 21,68 \cdot 0,051) \cdot 4,2 \cdot 142,7 / 19,6 = 67,29 \text{ Н};$$

12. Мощность на пиление:

– для предлагаемой пилы

$$P_k = \frac{F_{xo} V}{1000} = \frac{56,57 \cdot 60,7}{1000} = 3,44 \text{ кВт};$$

– обычной пилы

$$P = \frac{F_{xo} V}{1000} = \frac{67,29 \cdot 60,7}{1000} = 4,09 \text{ кВт}.$$

**Вывод.** 1. Использование для поперечного пиления пил, режущие кромки зубьев которых наклонены поочередно в разные стороны, позволяет снизить энергопотребление процесса пиления.

2. Уменьшение угла наклона режущих кромок приводит к снижению мощности на резание. Так, при  $\lambda = 5^\circ$   $P = 2,69$  кВт. Однако при малых углах наклона затрудняется перерезание волокон древесины, волокна не перерезаются, а рвутся и шероховатость стенок пропила ухудшается.

3. Расчеты показывают, что с увеличением скорости подачи преимущества предлагаемой пилы увеличиваются. Например, при  $V_s = 30$  м/мин и приведенных выше условиях пиления для предлагаемой пилы  $P = 4,18$  кВт, для обычной  $P_k = 6,25$  кВт.

#### Библиографический список

1. Глебов И.Т. Резание древесины [Текст]./ И.Т. Глебов – Екатеринбург, УГЛТУ, 2001.– 151 с.

2. Бершадский А.Л. Резание древесины [Текст]./ А.Л. Бершадский, Н.И. Цветкова – Минск, Вышейш. шк., 1975. –304 с.