

## СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИ ТОРЦОВОМ ПИЛЕНИИ ДРЕВЕСИНЫ

### WAY OF DECREASE IN CAPACITY AT WOOD FACE SAWING

Для поперечного пиления древесины используют пилы, зубья которых выполнены с боковой косой заточкой под углом  $45^\circ \dots 65^\circ$  по передним и задним граням. Основную работу при пилении выполняют боковые режущие кромки. При пилении зубья своими боковыми режущими кромками при вершинах сначала перерезают волокна древесины в плоскостях стенок пропила, углубляясь примерно на 0,8 мм, а затем передние грани зубьев сдвигают перерезанные волокна вбок в направлении их длины, формируя дно пропила. Пиление сопровождается значительным измельчением опилок, что приводит к увеличению мощности процесса пиления.

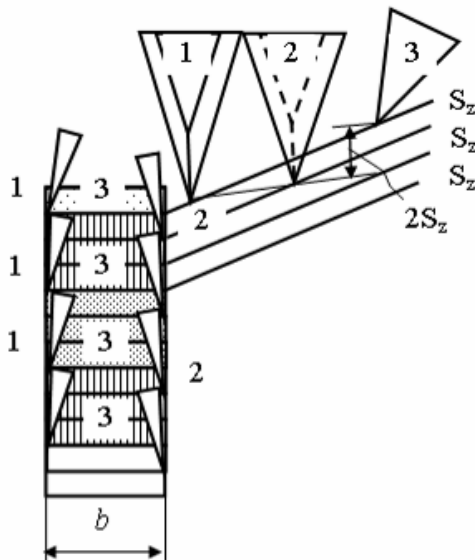


Рисунок 1 – Сечения срезаемых слоев зубьями комбинированной пилы в пропиле

А.Л. Бершадским предложена для поперечного пиления пила с комбинированными зубьями [1]. Пила содержит несколько блоков зубьев. Каждый блок включает два подрезающих зуба с косой боковой заточкой и один стружкообразующий прямой укороченный зуб. Прямой зуб выполняет поперечное резание, энергопотребление которого меньше, чем продольного резания. Схема формирования срезов в пропиле шириною  $b$  при пилении пилой с комбинированными зубьями показана на рисунке 1.

Из схемы следует, что каждый зуб пилы перерезает волокна (подрезающие зубья 1 и 2) или срезает слой древесины (зуб 3) толщиной  $3S_z$ , где  $S_z$  – величина подачи на зуб, мм. Прямой зуб 3 может быть плющенным или оснащен пластиной твердого сплава и должен быть короче зубьев 1 и 2 на величину  $2S_z$ . В связи с этим траектория зуба 3 в древесине совпадает с траекторией зуба 1.

Для расчета режимов пиления такой пилой необходимо знать сопротивление перерезания волокон подрезающими зубьями и сопротивление удаления срезаемого слоя зубьями 3. В работе [2] приведены сведения по определению единичной касательной силы резания при поперечном пилении обычной пилой с шириной пропила  $b = 1,5$  мм. Можно допустить, что при работе обычной пилой в таком узком пропиле все сопротивление резания относится только на перерезание волокон, а силы бокового сдвига перерезанных волокон равны нулю.

Значения единичной касательной силы резания  $F_{x1}$  при поперечном пилении древесины сосны влажностью  $W=15\%$  острыми зубьями с шириной пропила 1,5 мм в зависимости от толщины срезаемого слоя  $a$  приведены ниже:

$F_{x1}$ , Н/мм	1,25	2,14	2,94	3,76	4,5	6,45	8,30	12,3	16,2
$a$ , мм	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,075	0,1	0,15	0,20

Примем ширину надреза 1 мм и табличные данные представим в виде, Н:

$$F_x = 0,6 + 78a . \quad (1)$$

Учитывая (1), для блока из трех зубьев комбинированной пилы можно найти касательную силу резания по формуле, Н:

$$F_{xк} = a_n a_w [F_x + (\alpha_\rho p_\# + k_\# a) b], \quad (2)$$

где  $a_n$ ,  $a_w$ ,  $\alpha_\rho$  – поправочные коэффициенты соответственно на породу древесины, влажность и затупление режущих кромок зубьев;

$k_\#$ ,  $p_\#$  – касательное давление на переднюю поверхность прямого зуба и фиктивная сила при поперечном виде резания соответственно, МПа и Н/мм.

Порядок расчета режимов резания при поперечном пилении комбинированной пилой показан на примере.

**Дано.** На суппортном торцовочном станке модели ЦПА40–М распиливаются сосновые брусья влажностью  $W = 20\%$  и сечением  $100 \times 150$  мм. Диаметр пилы  $D = 450$  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 подрезающих зубьев  $\delta = 90^\circ$ , прямого зуба  $\delta = 80^\circ$ , углы боковой косой заточки подрезающих зубьев  $\beta_1 = 45^\circ$ . Расстояние от центра пилы до стола  $h = 200$  мм, высота пропила  $t = 100$  мм. Скорость подачи  $V_s = 15$  м/с, зубья острые, пила расположена над столом станка.

*Определить* мощность на пиление комбинированной пилой в сравнении с пилением обычной торцовой пилой.

*Решение.* Расчетная схема пиления показана на рисунке 2.

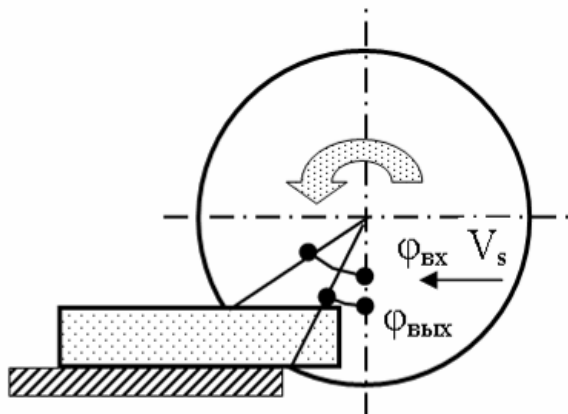


Рисунок 2 – Расчетная схема пиления

- Находим ширину пропила  
 $b = S + 2S' = 2,8 + 2 \cdot 0,7 = 4,2$  мм.
- Находим значение подачи на зуб  
 $S_z = \frac{1000V_s}{Zn} = \frac{1000 \cdot 15}{72 \cdot 2900} = 0,07$  мм.
- Величина укорочения прямых зубьев комбинированной пилы  
 $C = 2S_z = 2 \cdot 0,07 = 0,14$  мм.

4. Углы контакта пилы с заготовкой:

– входа

$$\varphi_{ex} = \arccos 2\left(\frac{h-t}{D}\right) = \arccos 2\left(\frac{200-100}{450}\right) = 63,6^\circ;$$

– выхода  $\varphi_{вых} = \arccos 2\left(\frac{h}{D}\right) = \arccos 2\left(\frac{200}{450}\right) = 27,3^\circ;$

– контакта  $\varphi_k = \varphi_{вх} - \varphi_{вых} = 63,6 - 27,3 = 36,3^\circ;$

– среднее  $\varphi_c = (\varphi_{вх} + \varphi_{вых}) / 2 = (63,6 + 27,3) / 2 = 45,4^\circ.$

5. Длина дуги контакта

$$l = \frac{\pi D}{360} \varphi_k = \frac{3,14 \cdot 450}{360} \cdot 36,3 = 142,7 \text{ мм.}$$

6. Определяем скорость главного движения

$$V = \frac{\pi D n}{60000} = \frac{3,14 \cdot 450 \cdot 2900}{60000} = 68,3 \text{ м/с.}$$

7. Толщина слоя (перезаемого, срезаемого)

$$a = 3S_z \sin \varphi_{cp} = 3 \cdot 0,07 \sin 45,4^\circ = 0,154 \text{ мм.}$$

8. Касательная сила резания на зубьях №1 и №2

$$F_{x1} = 0,6 + 78a = 0,6 + 78 \cdot 0,154 = 12,58 \text{ Н.}$$

9. Касательное давление срезаемого слоя на переднюю поверхность зуба:

– для обычной пилы [3]

$$k = 60,76 - 13,72 + (0,412 - 0,005\gamma)\beta_1,$$

где  $\gamma$  – передний угол, град;

$b$  – ширина пропила, мм;

$\beta_1$  – угол боковой заточки, град.

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

$$= 60,76 - 13,72 \cdot 4,2 + (0,412 - 0,0059 \cdot 0) \cdot 45 = 21,68 \text{ МПа;}$$

– для зуба №3 комбинированной пилы

$$k_{\#} = 0,029\delta + (0,059 \dots 0,069)V_1 - 0,059 = 0,029 \cdot 90 + 0,069 \cdot 68,3 - 0,059 = 6,98 \text{ МПа}$$

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

11. Окружная касательная сила резания:

– обычной пилы

$$F_{xo} = a_n a_w (\alpha_p p + ka) b l_k / t_3 = 1 \cdot 0,93 (1 \cdot 1 + 21,68 \cdot 0,051) \cdot 4,2 \cdot 142,7 / 19,6 = 59,9 \text{ Н;}$$

– для комбинированной пилы

$$F_{xок} = a_n a_w [F_{x1} + (\alpha_p p_{\#} + k_{\#} a) b] l_k / t_{3к} =$$

$$= 1 \cdot 0,93 [12,58 + (1 \cdot 0,98 + 6,98 \cdot 0,154) \cdot 4,2] \cdot 142,7 / 58,9 = 47,76 \text{ Н.}$$

12. Мощность на пиление:

– обычной пилы

$$P = \frac{F_{xo} V}{1000} = \frac{59,9 \cdot 68,3}{1000} = 4,09 \text{ кВт;}$$

– для комбинированной пилы

$$P_k = \frac{F_{xок} V}{1000} = \frac{47,76 \cdot 68,3}{1000} = 3,26 \text{ кВт.}$$

**Вывод.** 1. Использование для поперечного пиления древесины комбинированных пил, подрезающие зубья и стружкосрезающие укороченные зубья позволяет снизить энергопотребление процесса пиления.

2. Величина укорочения прямых зубьев пилы должна строго соответствовать заданной скорости подачи.

3. Расчеты показывают, что максимальные преимущества комбинированной пилы по энергосбережению наблюдаются при небольших скоростях подачи. С увеличением скорости подачи затраты энергии на пиление комбинированной и обычной пилой выравниваются. Например, при  $V_s = 50$  м/мин для приведенных выше условий пиления  $P = 9,12$  кВт,  $P_k = 9,18$  кВт. В этом случае толщина перерезаемых слоев древесины достигает 0,512 мм и касательные напряжения сдвига перерезанных волокон оказываются достаточными для образования стружки обычным способом.

## Библиографический список

1. Бершадский А.Л. Резание древесины [Текст]. / А.Л. Бершадский – Москва-Ленинград: Гослесбумиздат, 1956. – 328 с.

2. Амалицкий В.В. Оборудование отрасли [Текст]. / В.В. Амалицкий, В.В. Амалицкий – М.: МГУЛ, 2005. – 584 с.

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

**Клубков А.П., Войтеховский Б.В., Гриневич С.А. (БГТУ, г. Минск, РБ)**

## **ОСОБЕННОСТИ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ЛАМИНИРОВАННЫХ ДСТП НАКЛОННЫМИ НОЖАМИ**

### *THE FEATURES OF LAMINATED CHIPBOARD MILLING AT INCLINED KNIFES*

Широкое применение в мебельной промышленности ламинированных древесностружечных плит обуславливает важность работ по исследованию режимов фрезерования их кромок с целью повышения качества обработки и стойкости режущего инструмента. Одним из вариантов комплексного решения поставленной задачи является установка фрезерных ножей под углом. По результатам исследований [1, 2], применение наклонных резцов при фрезеровании натуральной древесины приводит к снижению потребляемой мощности на резание и улучшению качества обработанной поверхности.

С целью изучения влияния основных технологических параметров на стойкость режущего инструмента при фрезеровании ламинированных ДСтП наклонными ножами проведены экспериментальные исследования. Условием завершения эксперимента выбран критерий качества обработки, т.е. опыт продолжался до тех пор, пока на поверхности облицованной плиты не появлялись сколы ламината.