

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ГОУ ВПО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра станков и инструментов

И. Т. Глебов

**Исследование мощности
круглопильного станка**

Методические указания
для выполнения лабораторных занятий студентами
очной и заочной форм обучения
направления 250300 "Технология лесозаготовительных и
деревообрабатывающих производств"
специальности 250403 "Технология деревообработки"
по дисциплине "Оборудование отрасли"

Екатеринбург
2013

1. Общие сведения

Пиление древесины круглыми (дисковыми) пилами – самый распространенный процесс механической технологии, отличающийся большим разнообразием конструкций и технологических схем станков.

При вращательном главном движении скорость резания круглопильных станков достигает 100 м/с, а скорость подачи – 150 м/мин.

Несмотря на преимущества, круглопильные станки имеют серьезный недостаток, который относится к трудности создания требуемой устойчивости пилы в пропиле. Круглая пила надевается на пильный вал посадочным отверстием и зажимается на валу двумя зажимными фланцами и гайкой. При таком креплении относительно тонкий диск большого диаметра имеет только одну опору в центре пилы и работает со значительными нагрузками не всегда находящимися в плоскости диска. Жесткость его при этом не всегда оказывается достаточной: диск отклоняется от плоскости вращения, нагревается, зарезает в пропиле в бок, касаясь его стенок, и теряет свою рабочую устойчивость. Все это приводит к браку при распиловке и частым остановкам станка. Для повышения поперечной жесткости пилы приходится использовать более толстые диски, а это приводит к увеличению выхода опилок, к снижению полезного выхода пиломатериалов.

Пиление древесины на станках может быть продольное, поперечное и смешанное. При продольном пилении плоскость пильного диска параллельна волокнам древесины, а при поперечном – перпендикулярна им. При смешанном пилении плоскость пилы составляет с направлением волокон острый угол (от 5 до 85°).

Минимальный диаметр пилы по ГОСТ 9+80-80 определяют по формуле

$$D_{\min} = 2(t + r_{\phi} + a_1 + a_2), \quad (1)$$

где t – высота пропила, мм;

r_{ϕ} – радиус зажимных фланцев, мм;

a_1 – зазор между зажимным фланцем и заготовкой, мм;

a_2 – выступ пилы из пропила, мм.

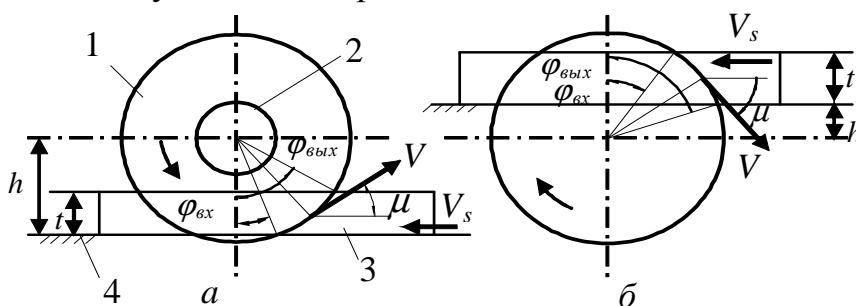


Рис.1. Продольное пиление дисковой пилой:
 а – с верхним расположением пилы; б – с нижним расположением пилы

Рекомендуемое ГОСТ 980–80 соотношение между диаметром пил и диаметром зажимных фланцев приведено ниже

| | | | | | | |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------|------|
| Диаметр пилы, мм: | 160...360 | 400...500 | 560...800 | 900...1000 | 1250 | 1500 |
| Диаметр фланцев, мм: | 100 | 125 | 160 | 200 | 240 | 300 |

Зазор a_1 принимают для станков с нижним расположением пилы (5 + С) мм, где С – толщина стола; для станков с верхним расположением пилы – 10 мм; для бревнопильных – более 15 мм.

Минимальный диаметр пилы увеличивают на 100 мм ($D < 710$ мм) или 200 мм ($D > 710$ мм) для переточек и округляют в большую сторону до стандартного значения. Параметры пил берут по ГОСТ 980–80.

Окружной шаг зубьев пилы t_3 , мм:

$$t_3 = \pi D / z,$$

линейный шаг зубьев $t_{3л} = D \sin\left(\frac{180}{z}\right),$

где z – количество лезвий (зубьев) пилы.

Скорости движений.

Скорость главного движения, V , м/с:

$$V = \pi D n / 60000, \quad (2)$$

где D – диаметр пилы, мм;

n – частота вращения пильного вала, мин^{-1} .

Скорость подачи, V_s , м/мин:

$$V_s = S_z z n / 1000, \quad (3)$$

где z – количество зубьев пилы;

S_z – подача на зуб, мм.

Геометрия срезаемого слоя. Границы контакта пилы с заготовкой можно выразить углом входа $\varphi_{вх}$ зубьев в заготовку и углом выхода $\varphi_{вых}$ (см. рис.64, а, б). Расчетные формулы для определения этих углов приведены в табл.15.

Таблица 1

Значения углов $\varphi_{вх}$ и $\varphi_{вых}$ при встречной и попутной подачах

| Положение пилы | Подача встречная | | Подача попутная | |
|----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | $\varphi_{вх}$ | $\varphi_{вых}$ | $\varphi_{вх}$ | $\varphi_{вых}$ |
| Верхнее | $\arccos \frac{h}{R}$ | $\arccos \frac{h-t}{R}$ | $\arccos \frac{h-t}{R}$ | $\arccos \frac{h}{R}$ |
| Нижнее | $\arccos \frac{h+t}{R}$ | $\arccos \frac{h}{R}$ | $\arccos \frac{h}{R}$ | $\arccos \frac{h+t}{R}$ |

Угол контакта зуба пилы с заготовкой

$$\varphi_k = \varphi_{вых} - \varphi_{вх}.$$

Средний угол на дуге контакта $\varphi_{ср}$, равный углу подачи μ :

$$\varphi_{cp} = \mu = (\varphi_{вх} + \varphi_{вых})/2$$

Длина срезаемого слоя l вычисляется как длина дуги контакта. Выражая φ_k в радианах или в градусах, получим соответственно

$$l = R\varphi_k \quad \text{или} \quad l = \pi D\varphi_k / 360^\circ. \quad (4)$$

Толщина срезаемого слоя. При пилении предыдущий зуб (рис. 2) движется в заготовке по траектории CA , а соседний зуб – по траектории C_1B . Вторая траектория отодвинута от первой в направлении подачи на величину S_z , ее центр находится в точке O_1 . Отрезок $AB = CC_2 = S_z$. Толщина среза на дуге контакта при встречной подаче постоянно увеличивается и

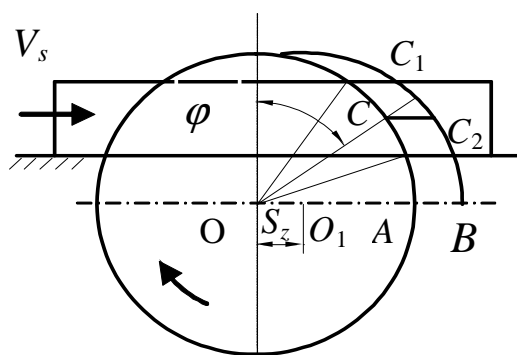


Рис. 2. Размеры срезаемого слоя

площеных и разведенных зубьев:

$$a_c = S_z \sin \mu \frac{b}{b_n}. \quad (5)$$

2. Динамика продольного пиления

Удельную силу резания при продольном пилении определяют по следующим формулам:

при $a_c \geq 0,1$ мм

$$F_{y\partial} = a_n a_w a_e \left[\frac{\alpha_p P}{a_c} + k + \frac{\alpha t}{b} \right], \quad (6)$$

при $a_c < 0,1$ мм

$$F_{y\partial} = a_n a_w a_e \frac{F_{x1}}{a_c}, \quad (7)$$

где a_n – коэффициент учета породы древесины;

a_w – коэффициент учета влажности;

a_e – коэффициент вида пиления (встречное $a_e = 1$, попутное $a_e = 1,1$);

F_{x1} – единичная касательная составляющая силы резания, Н;

α_p – коэффициент затупления

$$\alpha_{\rho} = 1 + (1 + 0,1 \frac{k}{p}) \frac{\Delta_{\rho}}{\rho_o + 50}.$$

Фиктивная сила резания при пилении сосны p , Н/мм:

$$p_{//\perp} = 3,924 + 3,23 \sin^{1,25} \varphi_{\theta};$$

Касательное давление стружки на переднюю поверхность зуба для продольно-торцового резания древесины сосны, МПа:

$$k_{//\perp} = 0,196\delta + 0,069V' - 5,4 + (0,354\delta + 0,127V' - 14,22) \sin^{1,25} \varphi_{\theta},$$

где φ_{θ} – угол встречи режущей кромки с волокнами, град, при продольном пилении принимают $\varphi_{\theta} = \varphi_{cp} = \mu$;

δ – 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.

Касательная сила резания при пилении одним зубом $F_{x \text{ зуб}}$, Н:

$$F_{x \text{ зуб}} = F_{y\theta} a_c b_l,$$

для макрослоев ($a \geq 0,1$ мм)

$$F_{x \text{ зуб}} = a_n a_w a_{\theta} [\alpha_{\rho} p + (k + \frac{\alpha t}{b}) a_c] b_l,$$

для микрослоев ($a \leq 0,1$ мм)

$$F_{x \text{ зуб } m} = a_n a_w a_{\theta} [\alpha_{\rho} p + 0,1(k + \frac{\alpha t}{b})] (1 - \frac{1}{\lambda} a_c^2 + \frac{0,2}{\lambda} a_c - \frac{0,01}{\lambda}) b_l, \quad (8)$$

где λ – коэффициент: $\lambda = \rho^2 + 0,2\rho + 0,01$; здесь радиус закругления режущих кромок лезвий подставляется в мм; $\rho = \rho_o + \Delta\rho$.

В пропиле находится несколько зубьев, поэтому средняя касательная сила резания за оборот пилы (окружная сила резания) будет

$$F_x = F_{x \text{ зуб}} \frac{l}{t_3}.$$

Мощность пиления P , кВт:

$$P = \frac{F_x V}{1000}.$$

При решении обратных задач находят значение средней толщины срезаемого слоя:

При $a_c \geq 0,1$ мм

$$a_c = \frac{(\frac{F_{x \text{ зуб}}}{a_n a_w a_{\theta} b_l} - \alpha_{\rho} p) b}{(k b + \alpha t)}. \quad (9)$$

Для микрослоев ($a \leq 0,1$ мм) в выражении (114) обозначим

$$d = [\alpha_{\rho} \rho + 0,1(k + \frac{\alpha t}{b})]; \quad m = \frac{F_{x \text{ зуб}}}{a_n a_w a_g b_l d}.$$

Выражение (114) приводим к полному квадратному уравнению

$$m = -\frac{1}{\lambda} a_{cm}^2 + \frac{0,2}{\lambda} a_{cm} + 1 - \frac{0,01}{\lambda}.$$

После решения этого уравнения получим: если $m < 1$, то срезается микрослой, и толщина его a_{cm} равна

$$a_{cm} = 0,1 - \sqrt{\lambda(1 - m)}, \quad (10)$$

где $\lambda = \rho^2 + 0,2\rho + 0,01$; $\rho = \rho_o + \Delta_{\rho}$; ρ – в мм.

Радиальная составляющая силы резания F_z , Н:

при $a_c \geq 0,1$ мм

$$F_z = [0,5\alpha_{\rho}^2(\alpha_{\rho}\rho + 0,1(k + \frac{\alpha t}{b}))\frac{\rho}{\rho + 50} - (a_c - 0,1)(k + \frac{\alpha t}{b})\text{tg}(90^{\circ} - \delta - \varphi)]a_n a_w a_g b_l \frac{l}{t_3}, \quad (11)$$

при $a_c < 0,1$ мм

$$F_z = a_n a_w a_g b_l \frac{l}{t_3} 0,5\alpha_{\rho}^2[\alpha_{\rho}\rho + 0,1(k + \frac{\alpha t}{b})]\frac{\rho}{\rho + 50}. \quad (12)$$

3. Порядок выполнения работы

1. Провести измерение параметров круглой пилы.
2. Измерить толщину заготовки, мм.
3. Распилить заготовку в продольном направлении и измерить активную мощность электродвигателя ваттметром клещевого типа, кВт; пиление провести при 3...4 значениях скоростей подачи.
4. Построить графики зависимости мощности от скорости подачи, подачи на зуб.
5. Определить среднюю касательную силу резания и построить графики зависимости силы резания от скорости подачи.