

Оборудование отрасли

Дереворежущие станки и инструменты
«Расчет режимов резания древесины»

Введение

Под режимом резания в деревообработке понимается выбор скорости подачи (обычно заготовки).

Практические расчеты необходимой скорости подачи являются необходимым разделом знаний будущих инженеров-технологов. Тексты лекций направлены на формирование у них навыков выбора оптимальных режимов резания с целью получения изделий из древесины заданных форм, точных размеров и требуемого качества обработанных поверхностей (шероховатостей).

1 ПИЛЕНИЕ РАМНЫМИ ПИЛАМИ

1.1 Кинематические расчеты

Перемещение пильной рамки лесопильных рам осуществляется кривошипно-ползунным механизмом с радиусом кривошипа R и длиной шатуна L (рис. 1). Путь пильной рамки S_φ в зависимости от угла поворота радиуса кривошипа φ при условно бесконечной длине шатуна рассчитывается по зависимости:

$$S_\varphi = R(1 - \cos \varphi)$$

Закономерность изменения действительной скорости движения пильной рамки, а, следовательно, режущего инструмента представляется формулой:

$$V = V_0 \sin \varphi$$

где $V_0 = \frac{2\pi Rn}{60000}$ - окружная скорость пальца кривошипа (точка С), м/с;
 n - частота вращения коленчатого вала, мин.^{-1}

Для расчета мощности процесса пиления рамными пилами используют значение средней скорости резания:

$$V_{cp} = \frac{2Hn}{60000}, \text{ м/с,}$$

где $H=2R$ – ход пильной рамки, мм.

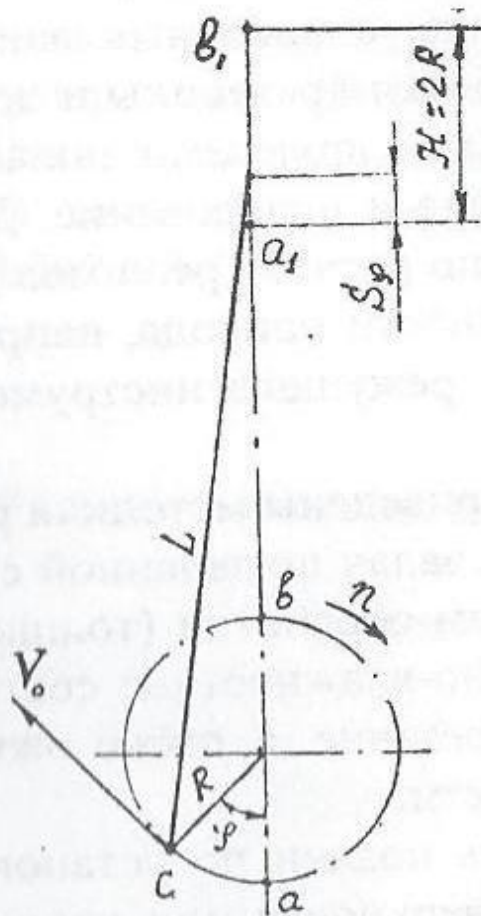


Рис.1 Схема кривошипно-шатунного механизма

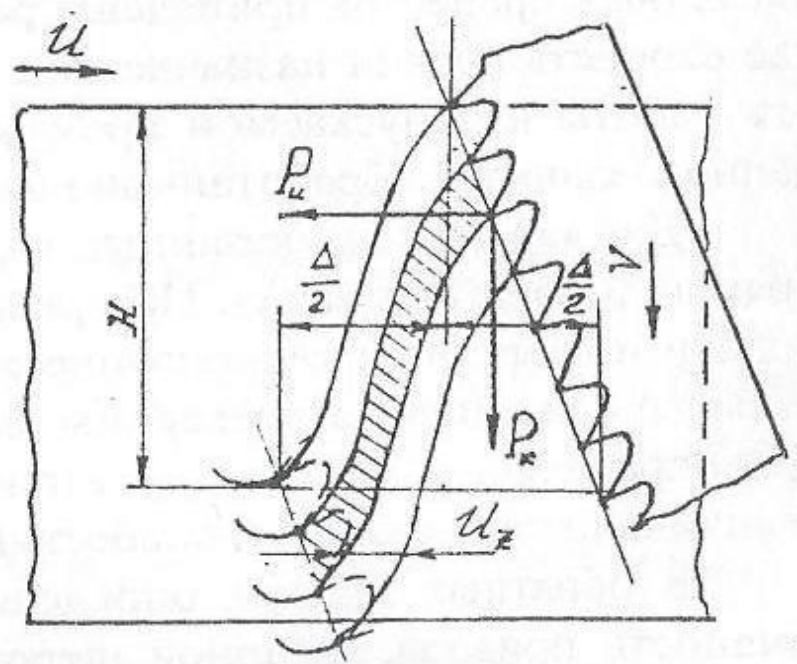


Рис.2 Траектории зубьев при непрерывной подаче

В двухэтажных лесопильных рамах используются механизмы непрерывной подачи бревна. Действительная скорость перемещения зуба в пропиле, получающаяся путем сложения переменной скорости главного движения V (рис. 2) с постоянной скоростью подачи U , имеет переменное значение. На основании этого траектории зубьев в пропиле имеют криволинейный характер (косинусоиды). По величине хода пильной рамки H изменяется толщина стружки и подача на зуб U_z .

В приближенных расчетах подачу на зуб принимают:

$$U_z = \frac{\Delta t}{H}, \text{ мм,}$$

где Δ – посылка, т.е. подача бревна за время одного оборота коленчатого вала или за время двойного хода пильной рамки, мм/об;

t – шаг зуба пилы, мм.

Скорость подачи через посылку выражается формулой:

$$U = \frac{\Delta n}{1000}, \text{ м/мин.}$$

1.2 Силы и мощность резания

Усилие резания P_k во время рабочего хода рассчитывается по формуле:

$$P_k = Kb \sum h \frac{\Delta}{H}, \text{ Н,}$$

где K - удельная работа рамного пиления, $\frac{\text{Дж}}{\text{см}^3}$;

b - ширина пропила, мм;

$\sum h$ — суммарная высота пропила бревна или бруса, мм.

Удельная работа для пил с плющенным зубом определяется по формуле:

$$K = k_n + \frac{\alpha h_{cp}}{b} + \frac{a_p P_3}{U_z},$$

где k_n - давление по передней грани зуба, $\frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$;

α - интенсивность трения, $\frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$;

h_{cp} - средняя высота пропила, мм;

a_p — коэффициент, учитывающий затупление резца;

P_3 — фиктивная сила по задней грани зуба, Н/мм;

Значения средней h_{cp} и максимальной h_{max} высот пропила в зависимости от вида распиловки и вершинного диаметра бревна d_v даны в табл.3.

Таблица 3

Вид распиловки бревна	Значения h_{cp} и h_{max}	
	h_{cp} , мм	h_{max} , мм
Развал бревна	$0,8 (d_v + B)$	$d_v + B$
Выпиливание бруса толщиной	$0,65 (d_v + B)$	$\sqrt{(d_v + B)^2 - h^2}$

Сбег бревна на половине его длины принимается по табл. 4.

Таблица 4

Сбег на половине длины бревна				
Вершинный диаметр d_v , см	до 28	30-40	45-52	54
Сбег B , мм	30	40	50	80

Коэффициент a_p , учитывающий влияние затупления зубьев пилы, рассчитывается по зависимости:

$$a_p = 1 + \frac{0.2\Delta_p}{\rho_0},$$

где $\rho_0 = 8...10$ мкм – начальный радиус закругления режущей кромки зубьев;

Δ_p – приращение радиуса затупления зубьев за время работы T без переточки.

Приращение радиуса затупления $\Delta\rho$ рассчитывается по формуле:

$$\Delta\rho = \frac{ch_{cp}nT}{1000}, \text{ мкм,}$$

c – коэффициент, принимаемый 0,002 или 0,0025 соответственно для хвойных и твердых лиственных пород;

n – частота вращения коленчатого вала, мин^{-1} ;

$T = 180 \dots 240$ мин – время работы без переточки.

Шаг плющенных зубьев пилы выбирается в зависимости от условий распиловки.

Ширина пропила b рассчитывается по зависимости:

$$b = S + 2S', \text{ мм,}$$

где S – толщина полотна пилы, мм

S' – уширение зубьев на сторону, мм

Таблица 6

Влажность древесины $W, \%$	Уширение зубьев на сторону	
	Уширение зубьев S' при рамном пилении пород, мм	
	хвойных	твердых лиственных
<30%	0,6...0,7	0,45...0,6
>30%	0,7...0,8	0,45...0,6

Суммарная высота пропила $\sum h$ определяется по формуле:

$$\sum h = h_{cp} z, \text{ мм},$$

где z – число пил в поставе пильной рамки, шт.

Нормальная (горизонтальная) составляющая силы действия рамной пилы на древесину P_u (рис.2) в период рабочего хода пильной рамки может быть определена из выражений:

$$P_u = (0,5 \dots 0,6) P_k \quad \text{при острых зубьях};$$

$$P_u = (0,8 \dots 1,0) P_k \quad \text{при тупых зубьях}.$$

Мощность привода механизма резания лесопильной рамы в кВт следует рассчитать по формуле:

$$N_{np} = \frac{N_{рез}}{\eta} = \frac{P_k V_{cp}}{2000 \eta} = Kb \sum h \frac{\Delta n}{60 \cdot 10^6 \eta},$$

где $N_{рез}$ - мощность резания, кВт;

η - КПД механизма резания, принимаемый как произведение КПД кинематических пар, входящих в состав механизма резания

Таблица 7

Значения КПД механических передач

Вид передачи	КПД	Вид передачи	КПД
Плоскоременная	0,98	Фрикционная	0,75
Клиноременная	0,96	Кулиса-ползун	0,9
Зубчатая цилиндрическая	0,98	Подшипники качения	0,99
Зубчатая коническая	0,97	Подшипники скольжения	0,98
Цепная	0,96		
Червячная	0,4-0,7		

По расчетному значению N_{np} назначается по каталогу мощность электрического двигателя или проверяется процент загрузки двигателя, установленного в лесопильной раме.

Загрузка проверяется по формуле:

$$\eta_{загр} = \frac{N_{np}}{N_{уст}} 100 \text{ , \% ,}$$

где $N_{уст}$ - мощность двигателя, установленного согласно паспортным данным лесопильной рамы.

1.3 Расчет режима работы лесопильной рамы

Режимным параметром лесопильной рамы является посылка, т.е. подача на один оборот коленчатого вала.

Посылка рассчитывается в рамках решения обратных задач по следующим условиям:

- Δ_N - посылка по мощности привода механизма резания;
- Δ_σ - посылка по работоспособности (напряженности) зубчатого венца пилы;
- Δ_{U_z} - посылка по заданной величине шероховатости поверхности пиломатериалов.

Из трех рассчитанных посылок выбирается наименьшая и проверяется ее соответствие наибольшему и наименьшему значениям конструктивной посылки, обеспечиваемой механизмом подачи лесопильной рамы. На выбранной посылке проверяется устойчивость полотна пилы.

Посылка по мощности привода при пилении рамными пилами с плющенным зубом ($U_z > 0,1$ мм) рассчитывается по следующей зависимости:

$$\Delta_N = \frac{HU_{z_N}}{t},$$

где U_{z_N} - допустимая подача на зуб по мощности привода, мм.

Значение U_{z_N} рассчитывается по формуле:

$$U_{z_N} = \frac{6 \cdot 10^7 N_{np} \eta - a_\rho p_3 b}{K_n b + \alpha h_{cp}}$$

где $N_{i\delta}$ - паспортная мощность привода механизма резания лесопильной рамы, кВт.

Посылка по работоспособности зубчатого венца определяется по формулам:

$$\text{при } h_{\max} < H - 50 \text{ мм,} \quad \Delta_{\sigma} = \frac{Ht}{2h_{\max}} ;$$
$$h_{\max} > H - 50 \text{ мм,} \quad \Delta_{\sigma} = \frac{Ht}{3.6h_{\max}} ;$$

где h_{\max} - рассчитывается согласно данным в таблице.

Посылка по заданной шероховатости рассчитывается по формуле:

$$\Delta_{U_z} = \frac{U_z H}{t} ,$$

где U_z - допустимая подача на зуб, соответствующая наибольшей высоте микронеровностей Rm_{\max} и U_z отражена в таблице

Таблица 8

Значения Rm_{\max} и U_z	
Высота микронеровностей Rm_{\max} , мкм, не более	Подача на зуб U_z , мм, при плюсовых зубьях
1600	>1,8
1200	1,2...1,8
800	0,8...1,1
500	0,4...0,7

1.4 Проверка полотна пилы на устойчивость

Условие устойчивой работы полотна рамной пилы в пропиле отражает соотношение:

$$2P_{K_1} < P_{kp} \text{ ,}$$

где P_{K_1} - усилие резания на рабочей посылке одной пилой, Н;

P_{kp} - критическое значение силы со стороны бревна, вызывающей потерю устойчивости полотна, Н;

Критическая сила рассчитывается по зависимости:

$$P_{kp} = \frac{\pi^2 Q_{нат}}{l_n} \left(\frac{B}{12} + \frac{C_{кр}}{Q_{нат} B} \right) \text{ ,}$$

где l_n - свободная длина полотна пилы, мм;

B - ширина полотна, мм;

$C_{кр}$ - крутильная жесткость, $\frac{I}{\ddot{y}^2}$;

$Q_{нат}$ - усилие натяжения полотна, Н.

Усилие натяжения рассчитывается по зависимости:

$$Q_{нат} = \sigma SB ,$$

где $\sigma = 80 \dots 120 \frac{H}{мм^2}$ - внутренние напряжения растяжения полотна пилы;
 S – толщина полотна, мм.

Свободная длина полотна пилы соответствует расстоянию между рядами верхних и нижних дистанционных планок:

$$l_n = h_{cp} + H + 50 .$$

Крутильная жесткость определяется по формуле:

$$C_{кр} = GJ_{кр} ,$$

где $G = 8 \cdot 10^4 \frac{H}{мм^2}$ - модуль упругости материала пилы при кручении;
 $J_{кр}$ - момент инерции при кручении, $мм^4$.

Момент инерции при кручении определяется по формуле:

$$J_{кр} = \frac{BS^2}{3} .$$

1.5 Пример расчета режима работы лесопильной рамы

Условие. Для лесопильной рамы 2P75-1A назначить режим работы при распиловке сосновых бревен $d=30$ см с выпиливанием одного бруса высотой $h=200$ мм поставом из 10 пил. Требуемая шероховатость поверхности пиломатериалов не более $Rm_{\max}=1200$ мкм. Влажность древесины $W=70\%$.

Из технической характеристики лесопильной рамы 2P75-1A:

$$N_{уст} = 125 \text{ кВт}, H = 600 \text{ мм}, n = 325 \text{ мин}^{-1}, \text{ диапазон конструктивных посылок } \Delta_{\delta} = 10 \dots 60 \text{ мм/об.}$$

Решение. По таблице 5 для $d=30$ см назначается толщина пилы $S=2,2$ мм, шаг зуба $t=26$ мм. Приняв по таблице уширение полотна $S^{\pm} 0,75$ мм, находим ширину пропила:

$$b = 2,2 + 2 \cdot 0,75 = 3,7 \text{ мм.}$$

Средняя высота пропила:

$$h_{cp} = 0,65 \cdot (d_g + B) = 0,65 \cdot (300 + 40) = 221 \text{ мм,}$$

где $B=40$ мм

Коэффициент затупления резца для $\rho_0 = 10$ мкм и времени работы без переточки $T=4\text{ч}=240$ мин.

$$\Delta\rho = \frac{0,002 \cdot 221 \cdot 325 \cdot 240}{1000} = 34,48 \text{ мкм,}$$

$$a_{\rho} = 1 + \frac{0,2 \cdot 34,48}{10} = 1,69 .$$

Назначается по таблице $p_3 = 7,2 \text{ Н/мм}$ и $k_{\bar{i}} = 37 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$ а $\alpha = 0,2$.

Принимая во внимание состав кинематических пар механизма резания лесопильной рамы, определяется его коэффициент полезного действия:

$$\eta = \eta_{\text{эл}} \eta_{\text{нс}}^4 \eta_{\text{нк}}^2 = 0,9 \cdot 0,96 \cdot 0,98^4 \cdot 0,99^2 = 0,78 \quad ,$$

где $\eta_{\text{эл}} = 0,9$ - КПД электродвигателя;

$\eta_{\text{pn}} = 0,96$ - КПД плоскоклиноременной передачи

$\eta_{\text{нс}} = 0,98$ - КПД подшипников скольжения;

$\eta_{\text{нк}} = 0,99$ - КПД подшипников качения.

Рассчитывается подача на зуб мощности привода:

$$U_{Z_N} = \frac{6 \cdot 10^7 \cdot 125 \cdot 0,78 \cdot 32}{600 \cdot 10 \cdot 325 \cdot 221} - 1,69 \cdot 7,2 \cdot 3,7 = 2,15 \quad \text{мм.}$$

Подача на оборот коленчатого вала по мощности привода:

$$\Delta_N = \frac{600 \cdot 2,15}{32} = 40,31 \quad \text{мм/об.}$$

Для расчета посылки по работоспособности определяется по данным максимальная высота пропила:

$$h_{\max} = \sqrt{(d_{\text{с}} + B)^2 - h^2} = \sqrt{(300 + 40)^2 - 200^2} = 276 \text{ мм.}$$

Учитывая, что ход пильной рамки $H=600$ мм, а $h_{\max} = 276$ мм, посылка по работоспособности рассчитывается по формуле:

$$\Delta_{\sigma} = \frac{600 \cdot 32}{2 \cdot 276} = 34,78 \text{ мм/об.}$$

Посылка по заданной шероховатости поверхности определяется по $U_z = 1,8$ мм, принятой для $Rm_{\max} = 1200$ мкм

$$\Delta_{U_z} = \frac{1,8 \cdot 600}{32} = 33,75 \text{ мм/об.}$$

Из трех рассчитанных посылок выбирается наименьшее значение, которое считается рабочей посылкой $\Delta_{\text{раб}} = 33,75$ мм/об.

Допустимость этой посылки проверяется по жесткости полотна пилы в такой последовательности по условию:

1) для подачи на зуб $U_z = \frac{\Delta_{\text{раб}} \cdot t}{H} = \frac{33,75 \cdot 32}{600} = 1,8$ рассчитывается удельная работа резания

$K = 37 + \frac{0,2 \cdot 221}{3,7} + \frac{1,69 \cdot 7,2}{1,8} = 55,7 \text{ Дж/см}^3$ и усилие резания одной пилой

$$P_K = Kbh_{cp} \frac{\Delta_{раб}}{H} = 55,7 \cdot 3,7 \cdot 221 \frac{38,75}{600} = 2562 \text{ Н};$$

2) усилие натяжения полотна (ширина $B=160$ мм):

$$Q_{нат} = SB\sigma = 2,2 \cdot 160 \cdot 100 = 35200 \text{ Н};$$

3) свободная длина пилы $l_k = h_{cp} + H + 50 = 221 + 600 + 50 = 871$ мм;

4) момент инерции сечения полотна при кручении:

$$J_{кр} = \frac{BS^3}{3} = \frac{160 \cdot 2,2^3}{3} = 516,3 \text{ мм}^4;$$

5) крутильная жесткость $C_{кр} = G \cdot J_{кр} = 8 \cdot 10^4 \cdot 516,3 = 413 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$;

б) критическая сила:

$$P_{кр} = \frac{3,14^2 \cdot 35200}{871} \left(\frac{160}{12} + \frac{413 \cdot 10^5}{35200 \cdot 160} \right) = 8208 \text{ Н.}$$

Условие выполнено, так как $2 \cdot 2562 < 8208$, т.е. на рабочей подаче при ширине полотна $B=160$ мм его устойчивость обеспечивается.

Итак, производительность лесопильной рамы должна определяться на подаче $\Delta_{\delta\alpha\alpha} = 33,75$ мм/об, которая находится в диапазоне конструктивных подач $\Delta_{\hat{e}}$, обеспечиваемых механизмом подачи 2P75-1A.

2 ПИЛЕНИЕ ЛЕНТОЧНЫМИ ПИЛАМИ

2.1 Кинематические расчеты

Бесконечная пильная лента, охватывающая два пильных шкива, в зоне резания совершает поступательное движение по вектору скорости резания V .

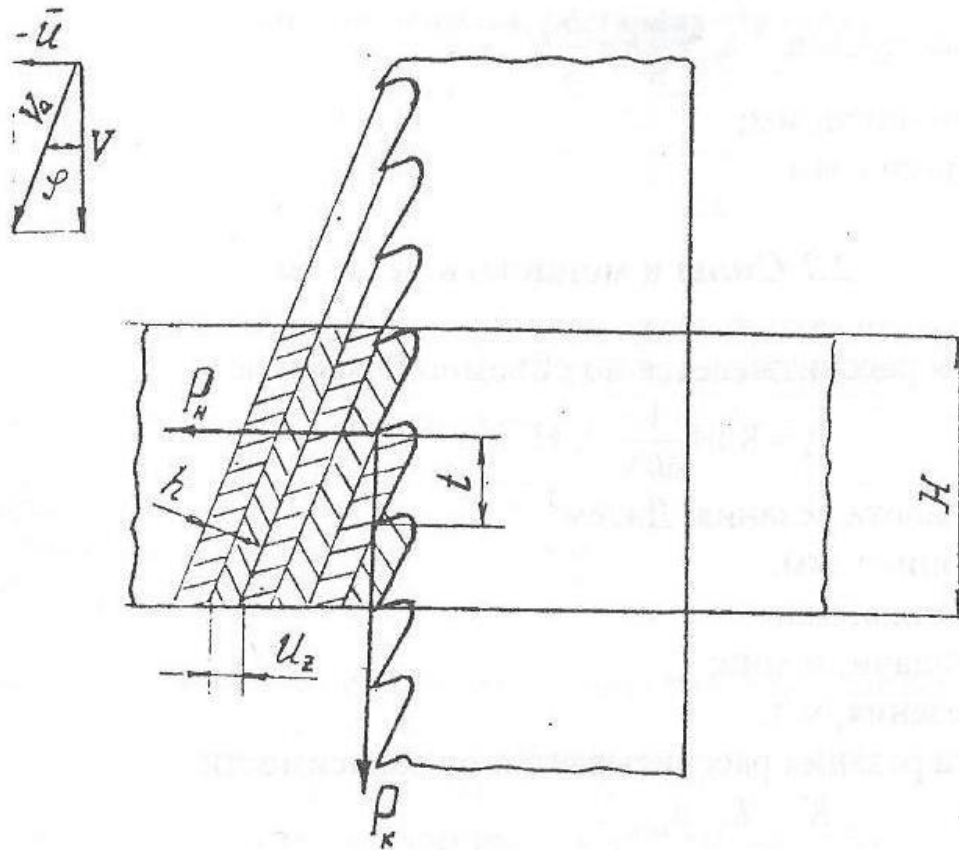


Рис.3 Схема пиления ленточной пилой

Скорость резания рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{\pi D n}{60000} \text{ , м/с,}$$

где D - диаметр пильного шкива, мм;

n - частота вращения пильных шкивов, мин^{-1} .

Расстояние между траекториями движения зубьев по вектору подачи понимается как подача на зуб:

$$U_z = \frac{U t}{60V} \text{ , мм,}$$

где U - скорость подачи, м/мин;

t - шаг зуба, мм.

Толщина стружки h , как минимальное расстояние между двумя смежными траекториями, рассчитывается по зависимости:

$$h = U_z \cos \varphi \text{ ,}$$

где $\varphi = \arctg \frac{U}{60V}$.

По абсолютному значению скорость резания существенно превышает скорость подачи. Поэтому угол φ очень мал, а толщину стружки для различных способов уширения пропила рассчитывают по формулам:

для плющенных зубьев
$$h_{\Delta} = U_Z \cos \varphi \approx U_Z ,$$

для разведенных зубьев
$$h_{\Delta} = \frac{b}{S} h \approx \frac{b}{S} U_Z ,$$

где b - ширина пропила, мм;

S - толщина пилы, мм.

2.2 Силы и мощность резания

Усилие резания рассчитывается по объемной формуле:

$$P_K = KbH \frac{U}{60V} , \text{ Н},$$

где K - удельная работа резания, $\frac{\text{Дж}}{\text{см}^3}$;

b - ширина пропила, мм;

H - высота пропила, мм;

U - скорость подачи, м/мин;

V - скорость резания, м/с.

Удельная работа резания рассчитывается по зависимости:

$$K = K_{U_z} a_{нопр} ,$$

где K_{U_z} - удельная работа резания ($\frac{\text{Дж}}{\text{см}^3}$) в зависимости от подачи на зуб U_z ;

$a_{нопр}$ - поправочный коэффициент (дан в приложении).

Ширина пропила определяется по формуле:

$$b = S + 2S' ,$$

где $S = 0,001D_\phi$ - толщина ленты, мм;

D_ϕ - диаметр пильного шкива, мм;

S' - уширение ленты на сторону, мм

Мощность привода механизма резания рассчитывается по формуле:

$$N_{np} = \frac{N_{рез}}{\eta} = \frac{P_K V}{\eta 1000} = KbH \frac{U}{60 \cdot 1000 \cdot \eta} , \text{ кВт},$$

где $N_{рез}$ - мощность, затрачиваемая на резание, кВт;

η - КПД механизма резания

Нормальная составляющая силы резания рассчитывается по зависимости:

$$P_H = mP_K ,$$

где m - переходный множитель, принимаемый для острых пил 0,25...0,3, а для тупых 0,6...0,7.

2.3 Расчет режима пиления ленточными пилами

Расчет режима резания сводится к определению скорости подачи, критериями установления которой является мощность привода механизма резания, работоспособность зубчатого венца пилы и заданная шероховатость поверхности распила.

2.3.1 Скорость подачи по мощности привода

При заданных толщинах распиливаемого материала согласно плану $K_{U_z} U_z \rightarrow U_z \rightarrow U$ определяется скорость подачи.

Решение проводится в такой последовательности:

1) рассчитывается произведение:

$$K_{U_z} U_z = \frac{N_{np} \eta t \cdot 1000}{a_{nonp} b V} \frac{1}{H} ,$$

где N_{np} - мощность привода механизма резания, кВт;

$a_{\text{итд}}$ - поправочный коэффициент, назначаемый по приложению с учетом породы, влажности древесины, степени затупления пилы и угла резания ;

2) по таблицам 10 и 11 с использованием метода интерполяции определяется соответствующее значение U_z ;

3) рассчитывается скорость подачи:

$$U = \frac{U_z 60V}{t} , \text{ м/мин.}$$

2.3.2 Скорость подачи по работоспособности зубчатого венца пилы

Из условий нормального заполнения опилками впадин между зубьями определяется подача на зуб:

$$U_z = \frac{\theta \cdot t^2}{\sigma H} , \text{ мм,}$$

где $\theta = 0,3...0,4$ - коэффициент формы зуба;

$\sigma = 1,5...5,0$ - коэффициент напряженности впадины зуба, характеризующий уплотненное или разрыхленное состояние опилок во впадинах.

Зная численное значение U_z , по формуле рассчитывают скорость подачи.

2.3.3 Скорость подачи по заданной шероховатости поверхности распила

Для заданной высоты микронеровностей поверхности распила по таблице назначают допустимое значение подачи на зуб U_z и по формуле рассчитывается верхний предел скорости подачи.

Таблица 13

Шероховатость поверхности распила для пиления ленточными пилами

Высота микронеровностей древесины $R_{m\ max}$, мкм, не более	Сосна		Дуб	
	U_z для зубьев с разводом, мм	U_z для плющенных зубьев, мм	U_z для зубьев с разводом, мм	U_z для плющенных зубьев, мм
100	0,15	0,10	0,20	0,15
200	0,30	1,20	0,40	0,25
320	0,60	0,40	0,60	0,55
500	1,00	0,65	1,20	0,80
800	1,50	1,00	2,00	1,20
1600	2,00	1,40	2,50	1,80

2.4 Пример расчета режима работы

Для столярного ленточнопильного станка ЛС80-6 с автоподатчиком требуется рассчитать допустимую скорость подачи по мощности привода при распиловке дубовых заготовок толщиной 40 мм. Древесина имеет влажность $W=8\%$. Установить предполагаемую шероховатость поверхности распила.

Дополнительные данные: мощность привода $N_{np} = 5,5$ кВт, диаметр шкивов $D=800$ мм, частота вращения шкивов $n=950$ мин^{-1} , толщина пилы $S=0,9$ мм, шаг зуба $t=12$ мм, угол резания $\delta = 85^\circ$.

Решение. Скорость подачи определяют в последовательности:

1) скорость резания $V = \frac{3,14 \cdot 800 \cdot 950}{60 \cdot 1000} = 39,77$ м/с;

2) ширина пропила для $S=0,25$ мм (табл. 12):

$$b = S + 2S' = 0,9 + 2 \cdot 0,25 = 1,4 \text{ мм};$$

3) поправочные коэффициенты: $a_n = 1,55; a_w = 0,9; a_{зам} = 1,6; a_\delta = 1,65$; (см. табл. 40-43);

4) КПД механических передач: для клиноременной $\eta_p = 0,96$; подшипников качения $\eta_{ик} = 0,99$. Принимается КПД электродвигателя $\eta_{эл} = 0,96$;

КПД пильной ленты $\eta_l = 0,95$

КПД механизма резания:

$$\eta = \eta_{эд} \eta_p \eta_{нк}^2 \eta_l = 0,9 \cdot 0,96 \cdot 0,99^2 \cdot 0,95 = 0,8 \quad ;$$

5) определяется произведение $U_z K_{UZ}$:

$$U_z K_{UZ} = \frac{5,5 \cdot 0,8 \cdot 12 \cdot 1000}{1,55 \cdot 0,9 \cdot 1,6 \cdot 1,65 \cdot 1,4 \cdot 39,77} \cdot \frac{1,0}{40} = 6,44 \text{ Н/мм.}$$

6) используя метод интерполяции, по табл. устанавливается подача на зуб:

$$U_z = 0,05 + \frac{0,1 - 0,05}{9 - 6} (6,44 - 6,0) = 0,057 \text{ мм;}$$

7) определяется скорость подачи по мощности привода:

$$U = \frac{0,057 \cdot 60 \cdot 39,77}{12} = 11,33 \text{ м/мин;}$$

8) по таблице устанавливается, что при $U_z 0,057$ мм не будет превышать 100 мкм;

9) с использованием зависимости проверяется работоспособность пилы:

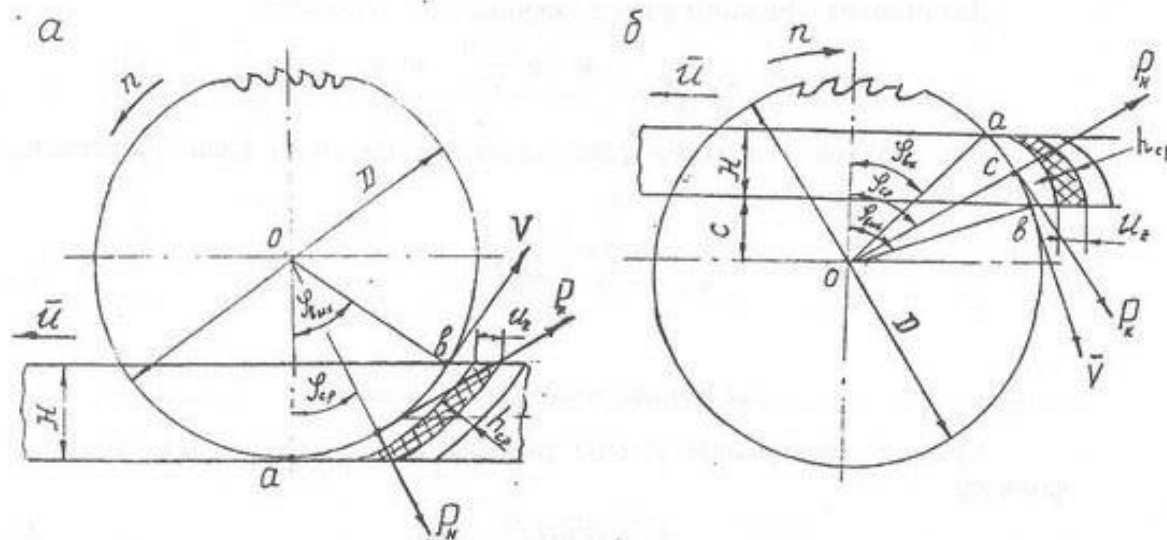
$$\sigma = \frac{\theta \cdot t^2}{U_z H} = \frac{0,3 \cdot 12^2}{0,057 \cdot 40} = 18,9 .$$

Рассчитанное значение σ значительно превышает допускаемую величину, что указывает на то, что ленточная пила имеет существенный резерв производительности.

3 Пиление круглыми пилами

3.1 Кинематические расчеты

На рисунке представлены схемы встречного пиления круглыми пилами с верхним и нижним расположениями пильного вала.



Схемы пиления круглыми пилами:

- а- с верхним расположением пильного вала;
- б- с нижним расположением пильного вала.

Подлежащая раскрою древесина (брусья, заготовки) с высотой пропила H надвигается по вектору скорости подачи U на вращающийся диск пилы.

Скорость резания рассчитывается по формуле

$$V = \frac{\pi D n}{60000}, \text{ м / с}$$

Где D - диаметр пильного диска, мм;

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

- Подача на один зуб определяется по зависимости $U = 1000U/nz$, мм

Где U - скорость подачи, м/мин;

z - число зубьев пилы.

- Траекторией движения зуба в пропиле является циклоида. Каждым зубом снимается стружка переменной толщины. Средняя толщина стружки рассчитывается: $h_{\text{ср}} = U_z \sin \varphi_{\text{ср}}$

Где $\varphi_{\text{ср}}$ - средний угол контакта.

- Дуга $\mathbf{a, b}$ является дугой контакта зуба с древесиной. Точка \mathbf{a} является точкой входа, точка \mathbf{b} – точкой выхода зуба из древесины. Средняя точка \mathbf{c} делит дугу контакта пополам. Отмеченными точками соответствуют угол входа $\varphi_{\text{вх}}$, угол выхода $\varphi_{\text{вых}}$ и средний угол $\varphi_{\text{ср}}$.

- Для станков с нижним расположением пильного вала

$$\varphi_{cp} = \frac{\varphi_{вых} + \varphi_{вх}}{2} = \frac{\arccos \frac{C+H}{D/2} + \arccos \frac{C}{D/2}}{2}$$

- Для станков с верхним расположением пильного вала допускается $\varphi_{вх}=0$.
Тогда

$$\varphi_{cp} = \frac{\arccos \frac{D/2 - H}{D/2}}{2}$$

3.2 Усилие и мощность резания

- Среднее касательное усилие резания рассчитывается по объемной формуле

$$P_k = iKbH(U/60V), \text{ Н,}$$

- i - Число пил на валу, шт.
- K - удельная работа резания, Дж/см³,
- b - ширина пропила, мм,
- H - высота пропила, мм
- U - скорость подачи, м/мин
- V - скорость резания, м/с

Удельная работа резания рассчитывается по формуле

$$K = K_u a_{\text{попр}}$$

- Где K_u - удельная работа резания в зависимости от подачи на зуб U_z
- $a_{\text{попр}}$ - поправочный коэффициент.

Для расчета ширины пропила $b = S + 2S'$ назначаются толщина диска пилы S и уширение зубчатого венца на сторону S' .

Уширение зубчатого венца S' круглых стальных плоских пил

Вид пилы	Уширение на сторону S' , мм			
	Хвойная древесина влажностью			Твердая лиственная древесина
	до 30% в любое время года	свыше 30% зимой	свыше 30% летом	
Обрезная	0,6	0,6	0,7	0,45
Реечная	0,55	0,55	0,65	0,45
Ребровая	0,65	0,65	0,75	0,5
Торцовая	0,45	0,45	0,5	0,4

Мощность привода механизма резания рассчитывается по формуле

$$N_{\text{пр}} = \frac{N_{\text{рез}}}{\eta} = \frac{P_t V}{1000\eta} = K_b H \frac{U}{60 * 1000\eta}, \text{кВт}$$

- Где $N_{\text{рез}}$ - мощность, затрачиваемая на резание, кВт
- η – КПД механизма резания
- Нормальная составляющая усилия резания P_n рассчитывается по зависимости
- $P_n = m P_k$, где m - переходный множитель.

3.3 Расчет режимов пиления древесины круглыми пилами (обратные задачи)

Расчет режима пиления сводится к определению скорости подачи, критериям установления которой являются мощность привода механизма резания, работоспособность зубчатого венца пилы и заданная шероховатость поверхности распила.

3.3.1 Скорость подачи по мощности привода механизма резания

При заданных толщинах распиливаемого материала H_i решение осуществляется по плану

$$K_{Uz} U_z \text{ ---- } U_z \text{ ---- } U_i$$

в такой последовательности:

- 1) для заданных толщин распиливаемого материала H_i , по таблице назначаются величины поправочных коэффициентов a_n
- 2) определяются численные значения произведения K_i, U_z для каждой высоты пропила H_i .

$$K_{Uz} U_z = \frac{6 \cdot 10^7 \text{ N} \eta}{a_n a_w a_z a_v a_s b n z} * \frac{1}{H a_H} = M_U \frac{1}{H a_H}$$

- Где поправочные коэффициенты
- M_U - постоянный множитель для условий решаемой задачи

3) соответственно каждому произведению K_u, U_z по одной из таблиц выбираются значения подачи на зуб U_{z_i} ;

4) рассчитываются скорости подачи

$$U_i = \frac{U_z n z}{1000}, \text{ м / мин}$$

5) строится графическая зависимость рассчитываемой функции $U=f(H)$, где по оси абсцисс откладываются независимые переменные H_i , а по оси ординат значения- U_i .

3.3.2 Скорость подачи по работоспособности зубчатого венца пилы

Из условия заполнения впадины зубьев опилками скорость подачи определяется по формуле

$$U = \frac{U_{z\sigma} n z}{1000} \text{ м / мин}$$

Где $U_{z\sigma}$ подача на зуб по работоспособности пилы, рассчитываемая по зависимости

$$U_{z\sigma} = \frac{\theta * t^2}{\sigma * H}, \text{ мм}$$

- где $\theta = 0,35 \dots 0,45$ - коэффициент формы зуба;
- $\sigma > 3 \dots 5$ - коэффициент напряженности впадины зуба.

3.3.3 Скорость подачи по заданной шероховатости поверхности распила

Значение высоты микронеровностей $R_{m \max}$ поверхности распила находится в корреляционной связи с подачей на зуб U_z .

Максимальная подача на зуб для продольного пиления при заданной шероховатости поверхности распила

Высота неровностей $R_{m \max}$, мкм, не более	Максимальная подача на зуб U_z , мм, для углов выхода $\varphi_{\text{вых}}$, град., при зубьях			
	разведенных		плющенных	
	20...50	60...70	20...50	60...70
1200	1,2	1,2	1,8	1,5
800	1,0	0,8	1,5	1,2
500	0,8	0,5	1,2	0,75
320	0,3	0,1	0,45	0,15
200	0,1	0,1	0,15	0,15
100	0,1	-	0,15	-

Угол выхода $\varphi_{\text{вых}}$ составляется направлением векторов скоростей резания и подачи в точке выхода из древесины.

Значения $\varphi_{\text{вых}}$ определяется так:

- станки с верхним расположением пильного вала

$$\varphi_{\text{вых}} = \arccos \frac{D/2 - H}{D/2}$$

- станки с нижним расположением пильного вала

$$\varphi_{\text{вых}} = \arccos \frac{C}{D/2}$$

3.3.4 Допустимая высота пропила по мощности привода механизма резания и конструктивным скоростям подачи

Расчет высоты пропила осуществляется по плану

$$U_z \text{ ---- } Ha_H \text{ --- } H$$

Решение проводится в такой последовательности:

- 1) По конструктивным скоростям подачи U_i определяют соответствующие подачи на зуб U_{zi}
- 2) Для каждого значения U_{zi} находят удельную работу резания K_i
- 3) Используя исходные данные условий распиловки, рассчитывают произведения

$$Ha_{Hi} = \frac{10 * 1000 N_{np} \eta}{a_n a_w a_z a_v a_b b K_u U_i} = M_H \frac{1}{K_u U_i}$$

Где N_{np} - мощность привода механизма резания, кВт

M_H - постоянный множитель для условий решаемой задачи

- 4) Строится графическая зависимость функции $H=f(U)$, где по оси абсцисс откладываются значения U , а по оси ординат значения H .

3.4 Усилие и мощность резания при пилении ДСтП

Расчеты выполняются по объемным формулам . Удельная работа резания K рассчитывается по зависимости

$$K = K_T a_p a_c a_v a_f, \text{ Дж/см}^3$$

Табличное значение

$$K_T = \frac{0,834C}{h_{cp}} + 40,22$$

Где C - коэффициент,учитывающий группу плиты: для плит, изготовленных из резанной стружки $C=1$; для плит из стружки дробленки $C=0,883$; для плит из стружки- отходов от станков $C=0,825$;

h_{cp} - средняя толщина стружки

Коэффициент,учитывающий плотность плиты a_p выбирается из таблицы:

Плотность ДСтП ρ , кг/м ³	500	600	700	800	900
a_p	0,64	0,82	1,00	1,18	1,36

- Коэффициент a_c , учитывающий влияние содержания связывающего назначается из таблицы:

Поправочный коэффициент a_c на содержание связующего

Содержание связующего в ДСтП, %	6	7	8	9	10	11	12
a_c	0,92	0,96	1,0	1,04	1,08	1,12	1,16

- Коэффициент a_v , учитывающий влияние скорости главного движения назначается из таблицы:

Поправочный коэффициент a_v на скорость резания

Скорость резания V , м/с	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100
a_v	1,05	1,0	1,0	1,03	1,08	1,17	1,30	1,44	1,58	1,75

- Коэффициент a_f , учитывающий влияние фаски износа по задней грани зуба, выбирается из таблицы. Фаска износа f , мм, назначается из таблицы в зависимости от пути трения зуба пилы в плите L .
- Величина L рассчитывается по формуле

$$L = \frac{l_k}{1000} T n k_d k_m$$

Где l_k – длина дуги контакта в зоне резания, мм

n – частота вращения пильного вала, мин⁻¹

T – стойкость пилы с пластинками ВК-15, мин;

$K_d = 0,93$ – коэффициент использования рабочего времени.

$K_m = 0,5..0,85$ – коэффициент использования рабочего времени.

Коэффициент a_f на фаску износа по задней грани

Фаска износа f , мм	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2
a_f	1,0	1,0	1,03	1,10	1,25	1,38	1,6

Фаска износа f зубьев с пластинками ВК-15 по задним граням

Путь зуба в плите L , м	Фаска f , мм, при содержании связующего, %						
	6	7	8	9	10	11	12
44000	0,09	0,11	0,13	0,17	0,22	0,27	0,33
64000	0,11	0,14	0,17	0,21	0,27	0,33	0,42
140000	0,22	0,27	0,32	0,40	0,53	0,65	0,80

- Длина дуги контакта рассчитывается по формуле

$$l_k = \frac{\pi D}{Z} \psi$$

Где ψ - угол контакта:

$$\varphi_{вых} - \varphi_{вх} = \arccos \frac{C}{D/2} - \arccos \frac{C+H}{D/2}$$

Z- число зубьев пилы

C= 80...100 мм –высота стола над осью пильного вала.

4 Цилиндрическое фрезерование

4.1 Кинематические расчеты

На рисунке представлена схема продольного цилиндрического фрезерования со встречной подачей.

Ножевая головка диаметром D (мм), имея частоту вращения n (мин^{-1}), снимает слой древесины H . Скорость резания определяется

$$V = \frac{\pi D n}{60000},$$

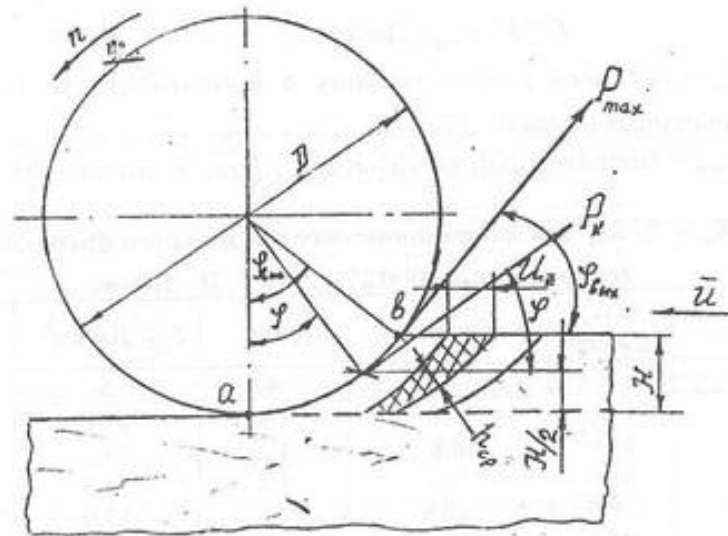


Схема цилиндрического фрезерования

При скорости подачи U (м/мин) и числе резцов (ножей) в фрезерной головке Z подача на один нож (мм) рассчитывается по формуле

Средняя толщина стружки h_{cp} рассчитывается по зависимости $U_z = \frac{1000 * U}{nz}$

где $\varphi_{вых}$ - угол выхода ножа из древесины, численно равный углу контакта ψ

$$h_{cp} = \frac{U_z H}{l_k} \approx U_z \sin \frac{\varphi_{вых}}{2}, \text{ мм}$$

$l_k = \frac{\pi D}{360} \psi$ - длина стружки, принимаемой равной длине дуги ab

$$\psi = \varphi_{вых} = \arccos \frac{D/2 - H}{D/2}$$

4.2 Силовые расчеты

При цилиндрическом фрезеровании выделяют следующие силы:

- среднее касательное усилие резания P_k ;
- среднее на дуге резания усилие P_{cp} ;
- мгновенное максимальное усилие P_{max} ;
- нормальная составляющая усилия резания P_n ;

Среднее касательное усилие резания P_k рассчитывается по зависимости

$$P_k = KBV \frac{U}{60V}, Н$$

Где V - ширина фрезерования, мм

H -толщина снимаемого слоя, мм

Удельная работа резания при фрезеровании древесины и стружечных плит определяется по формуле

$$K = K_u a_{нопр}, Дж / см^3$$

Где K_u –удельная работа резания в зависимости от подачи на нож(Дж/см³)

Среднее на дуге резания усилие рассчитывается по формуле

$$P_{cp} = \frac{\pi D}{l_k * Z} P_k$$

D - диаметр окружности резания, мм.

Мгновенное максимальное усиление рассчитывается по зависимости

$$P_{max} = \frac{2\pi D}{l_k * Z} P_k = 2P_{cp}$$

Нормальная составляющая усилия резания P_H рассчитывается через переходный множитель m от величины P_K

$$P_H = mP_K$$

4.3. Расчет режимов продольного цилиндрического фрезерования

4.3.1 Скорость подачи по мощности привода механизма резания и переменным значениям толщины снимаемого слоя

Задача представляется функцией $U=f(H)$, решение которой схематично приводится в такой последовательности:

$$U_z K_{Uz} \rightarrow U_{zi} \rightarrow U$$

Для реализации схемы, преобразуя формулу, определяется произведение $U_z K_{Uz}$

для заданной мощности привода N_{np} и переменных значений H_i

$$U_z K_{Uz} = \frac{6 \cdot 10^7 N_{np} \eta}{a_n a_w a_{зам} a_\delta a_v B_z n H a_n} \frac{1}{H a_h} = A \frac{1}{H a_h}$$

где A - постоянный множитель для условий заданной задачи;

$a_n, a_w, a_{зам}, a_\delta$ - поправочные коэффициенты, назначаемые для древесины

Нан- произведение, значение которого принимается для каждого $U_z K_{Uz}$

определяется с использованием метода интерполяции подача U_z на нож

Рассчитываются допустимые скорости подачи

$$U = \frac{U_z n z}{1000}$$

Строится график функции $U=f(H)$.

4.3.2 Скорость подачи по заданной шероховатости поверхности

Шероховатость обрабатываемой поверхности $R_{m\max}$

находится в корреляционной связи с длиной волны кинематической неровности l .

*Допустимая длина волны на обработанной поверхности для продольного фрезерования
древесины*

Высота неровностей $R_{m \max}$, мкм, не более	Предельная длина волны l , мм, при диаметре резания D , мм				
	100	120	140	160	180
15	2,7	2,9	3,2	3,4	3,6
32	3,7	4,0	4,3	4,7	4,9
60	5,2	5,6	6,2	6,6	7,0
100	6,7	7,3	7,9	8,5	9,0
200	9,5	10,3	11,0	12,0	12,6

Принимая во внимания то, что поверхность формируется практически одним ножом
длина волны численно равняется подаче на нож U_z допустимая скорость
подачи определяется по формуле

$$U = \frac{\ln}{1000}$$

где l - длина волны, для заданного значения $R_{m \max}$

4.3.3 Толщина снимаемого слоя H по мощности механизма резания и конструктивным скоростям подачи

План решения отражает цепочка:

$$U \rightarrow U_z \rightarrow K_{Uz} \rightarrow HK_h \rightarrow H$$

Последовательность решения:

- 1) для конструктивных скоростей подачи U рассчитывают подачи U_z на нож
- 2) назначается удельная работа резания K_{Uz}
- 3) выбирают для древесины поправочные коэффициенты $a_n, a_w, a_{зам}, a_\delta, a_v$ и для ДСтП коэффициенты $a_m, a_p, a_c, a_\delta, a_f$
- 4) рассчитывают КПД механизма резания
- 5) преобразуя зависимость, рассчитывают для каждой скорости подачи значения:

при фрезеровании древесины

$$Ha_H = \frac{6 \cdot 10^4 N_{np} \eta}{a_n a_w a_{зам} a_\delta B K_{Uz} U} = A \frac{1}{K_{Uz} U}$$

при фрезеровании стружечных плит

$$H_i = \frac{6 \cdot 10^4 N_{np} \eta}{a_m a_\rho a_c a_\delta a_f B K_{Uz} U} = A \frac{1}{K_{Uz} U}$$

где N_{np} - мощность привода, кВт;

A - постоянный множитель для условий данной задачи.

б) для случая фрезерования древесины по данным Ha_H по табл.46 находят соответствующие значения H

7) строят график зависимости $H=f(U)$, где по оси абсцисс откладывают независимые значения U .

4.3.4 Ширина обрабатываемых заготовок по мощности механизма резания и скоростям подачи конструктивным

Эта задача при фиксированном значении толщины снимаемого слоя решается по цепочке:

$$U \rightarrow U_z \rightarrow K_{Uz} \rightarrow K \rightarrow B$$

Последовательность решения:

- 1) для конструктивных скоростей подачи $U_{i \text{ нож}}$ рассчитывают подачи на U_{zi} ;
- 2) по таблице назначается удельная работа резания K_{Uzi}
- 3) поправочные коэффициенты $a_n, a_w, a_{зам}, a_H, a_\delta, a_v$
для случая фрезерования древесины;
- 4) рассчитывают КПД механизма резания с использованием кинематической схемы
- 5) рассчитывают для каждой скорости подачи допустимое значение ширины фрезерования B :

$$B = \frac{6 \cdot 10^4 N_{np} \eta}{a_n a_w a_{зам} a_\delta a_v a_H H K_{Uz} U} \frac{1}{K_{Uz} U} = A \frac{1}{K_{Uz} U_i}$$

где N_{np} - мощность привода, кВт ;

A - постоянный множитель для условий данной задачи;

- б) графически оформляется рассчитанная зависимость $B=f(U)$.

4.4 Примеры расчетов

4.4.1 Задача

При калибровке дубовых щитов ($W = 8\%$) на рейсмусовом станке назначить толщину снимаемого слоя по мощности привода. Ножи армированы пластинками ВК-8. Число ножей $Z = 4$, мощность привода ножевого вала $N_{np} = 6$ кВт, частота вращения ножевого вала $n = 500 \text{ мин}^{-1}$. Угол резания $\delta = 65^\circ$, скорость подачи $U = 12$ м/мин, ширина щитов $B = 400$ мм, скорость резания $33,5$ м/с.

Решение.

1) рассчитывается подача на нож

$$U_z = \frac{1000 * 12}{5000 * 4} = 0,6 \text{ мм}$$

2) по таблице 27 назначается удельная работа резания

$$K_{Uz} = 26,0 \text{ Дж} / \text{см}^3;$$

3) из таблиц 40, 41, 43, 44 выбираются $a_n = 1,55$; $a_w = 1,1$; $a_\delta = 1,16$; $a_v = 1,04$.

Для твердосплавного инструмента принимается $a_{зам} = 1,2$
;

4) механизм резания включает электродвигатель, клиноременную передачу и ножевой вал с парой подшипников качения; рассчитывается КПД механизма резания (табл. 7)

$$\eta = \eta_{эл} \eta_{рп} \eta_{нк} = 0,9 * 0,96 * 0,99 = 0,855;$$

5) значение произведения Na_H

$$Na_H = \frac{6 * 10^4 * 6.0 * 0.855}{1.55 * 1.1 * 1.2 * 1.16 * 1.04 * 400} \frac{1}{26.0 * 12} = 1.04;$$

6) по табл. 46 устанавливается допустимая толщина снимаемого слоя $H = 1,0$ мм.

4.4.3 Задача

Для фуговального станка с автоподатчиком составить зависимость скорости подачи от толщины снимаемого слоя $U=f(H)$ при выверке поверхности березовых щитов. Мощность привода ножевого вала $N_{np} = 4,5$ кВт, частота вращения ножевого вала $n = 6000$ $мин^{-1}$, диаметр резания 128 мм, $\delta = 65^\circ$, ширина щитов $B = 250$ мм, влажность древесины $W = 8$ %. Конструктивные скорости подачи $U_k = 6...25$ м/мин. Переменные значения $H = 1,2,3,4$ мм. Назначить рабочую скорость подачи при толщине снимаемого слоя $H = 1,5$ мм при уровне шероховатости, не превышающем $R_{m\max} = 32$ мкм

Решение. Расчет функции $U=f(H)$ проводится по плану:

1) назначаются коэффициенты

$$a_n = 1,25 , a_w = 1,1 , a_{зам} = 1,57 ,$$

$$a_{\delta} = 1,16 , a_v = 1,0 ;$$

2) рассчитывается КПД механизма резания

$$\eta = 0.9 * 0.96 * 0.99 = 0.855;$$

3) Определяется постоянный множитель

$$A = \frac{6 * 10^7 * 4.5 * 0.855}{1.25 * 1.1 * 1.57 * 1.16 * 1.0 * 250 * 2 * 6000} = 33.4;$$

4) для заданных толщин снимаемого слоя назначаются величины Ha_H

$$H_1 = 1.0 \text{ мм}; \quad Ha_{H1} = 1.0;$$

$$H_2 = 2.0 \text{ мм}; \quad Ha_{H2} = 1.86;$$

$$H_3 = 3.0 \text{ мм}; \quad Ha_{H3} = 2.58$$

$$H_4 = 4.0 \text{ мм}; \quad Ha_{H4} = 3.28;$$

5) рассчитывается произведение $U_z K_{Uz}$:

$$U_z K_{Uz1} = \frac{33.4}{1.0} = 33.4$$

$$U_z K_{Uz3} = \frac{33.4}{2.58} = 12.9$$

$$U_z K_{Uz2} = \frac{33.4}{1.86} = 17.9$$

$$U_z K_{Uz4} = \frac{33.4}{3.28} = 10.4$$

6) устанавливаем подачи на нож :

$$U_{z1} = 2.5 \text{ мм}$$

$$U_{z2} = 0.7 + \frac{0.8 - 0.7}{18.8 - 17.2} (17.9 - 17.2) = 0.74 \text{ мм};$$

$$U_{z3} = 0.4 + \frac{0.5 - 0.4}{13.7 - 11.6} (12.9 - 11.6) = 0.46 \text{ мм};$$

$$U_{z4} = 0.35 \text{ мм}.$$

Рассчитываются допустимые по мощности привода скорости подачи :

$$U_1 = 2.5 * 6000 * \frac{2}{1000} = 30 \text{ м / мин};$$

$$U_2 = 0.74 * 6000 * \frac{2}{1000} = 8.9 \text{ м / мин};$$

$$U_3 = 0.46 * 6000 * \frac{2}{1000} = 5.5 \text{ м / мин};$$

$$U_4 = 0.35 * 6000 * \frac{2}{1000} = 4.2 \text{ м / мин}.$$

7) график позволяет рекомендовать скорость подачи при $H=1,5$ мм в пределах 13,5 м/мин;

8) рассчитывается скорость подачи, при которой шероховатость поверхности не превышает $R_{m \max} = 32 \text{ мкм}$. Назначается предельная длина волны $l=4$ мм. По формуле определяется допустимая скорость подачи

$$U = 4 * \frac{6000}{1000} = 24 \text{ м / мин}$$

Из двух полученных значений выбирается наименьшее, которое понимается как рабочая скорость подачи $U_{\text{раб}} = 13,5 \text{ м / мин}$.

Задача

При обработке буковых заготовок ($W = 8\%$) шириной $B = 100\text{мм}$ фрезерной головкой диаметром $D = 130\text{ мм}$ при частоте вращения $n = 5000\text{ мин}^{-1}$ со стальными ножами ($Z = 4$) рассчитать потребную мощность привода и силы резания. Составить диаграмму сил резания, действующих за один оборот фрезерной головки. Скорость подачи $u = 20\text{ м/мин}$, угол резания $\delta = 65^\circ$ толщина снимаемого слоя $H = 3,0\text{ мм}$, КПД механизма резания $\eta = 0,85$.

Решение

1) подача на нож

$$U_z = \frac{1000 * 20}{5000 * 4} = 1,0\text{ мм};$$

2) назначается удельная работа резания эталонной древесины

$$K_{Uz} = 21\text{ Дж / см}^3;$$

3) из таблице выбираются поправочные коэффициенты

$$a_n = 1,4; a_H = 0,86; a_w = 1,1; a_{зам} = 1,5; a_\delta = 1,16; a_v = 1,02 \quad (\text{для } V = 34\text{ м/с});$$

4) полная удельная работа резания составит

$$K = 21 * 1.4 * 0.86 * 1.1 * 1.5 * 1.16 * 1.02 = 48.39, \text{ Дж} / \text{см}^3;$$

5) рассчитывают скорость резания

$$V = \frac{3.14 * 130 * 5000}{60000} = 34.0 \text{ м} / \text{с};$$

6) определяется среднее касательное усилие резания и необходимая мощность привода :

$$P_k = 48.39 * 100 * 3.0 \frac{20}{60 * 34.0} = 141.9 \text{ Н};$$

$$N_{np} = \frac{141.9 * 34}{1000 * 0.85} = 5.64 \text{ кВт};$$

7) рассчитывается угол контакта

$$\psi = \arccos \frac{130 / 2 - 3.0}{130 / 2} = 17.5;$$

длина стружки (дуга контакта) l_k рассчитывается по формуле

$$l_k = \frac{\pi D}{360} \psi = \frac{3.14 * 114}{360} 17.5 = 19.8 \text{ мм};$$

8) определяется мгновенное максимальное усилие

$$P_{\max} = \frac{2 * 3.14 * 130}{19.0 * 4} 141.9 = 1462.7 \text{ Н}$$

среднее усилие на дуге резания

$$P_{\text{cp}} = \frac{3.14 * 130}{19.8 * 4} 141.9 = 731.35 \text{ Н};$$

9) определяется средняя толщина стружки

$$h_{\text{cp}} = \frac{1.0 * 3.0}{19.8} = 0.15 \text{ мм}.$$

Для этого значения устанавливается переходный множитель $m = 0.555$.

Рассчитывается нормальная составляющая усилия резания

$$P_H = 0.555 * 141.5 = 78.5 \text{ Н}$$

5 Сверление древесины .

5.1 Кинематические расчеты

Для периферийных точек сверла скорость резания рассчитывается по формуле

$$V = \frac{\pi D n}{60000}, \text{ м / с,}$$

где D - диаметр сверла, мм;

n - частота вращения сверла, мин

Подача на режущий элемент сверла определяется по формуле:

$$U_z = \frac{1000 U}{nz}, \text{ мм,}$$

где U -скорость осевой подачи сверла

z -число симметрично расположенных режущих элементов.

Толщина стружки, снимаемой главными режущими кромками устанавливается по зависимости:

$$h = U_z \sin \varphi, \text{ мм,}$$

где φ -угол наклона главных режущих кромок при вершине сверла.

Длина стружки, снимаемой главной режущей кромкой, рассчитывается по формуле:

$$l = \frac{D}{2 \sin \varphi}.$$

5.2 Силовые расчеты

Мощность привода сверлильного шпинделя устанавливается по формуле :

$$N_{np} = K_{Uz} a_{nonp} \frac{\pi D^2}{4} \frac{U}{60} \frac{1}{\eta}, \text{кВт},$$

K_{Uz} -табличное значение удельной работы резания при сверлении, Дж / см³;

a_{nonp} -поправочный коэффициент

D-диаметр сверла,мм;

U-скорость осевой подачи, м / мин;

η -КПД механизма резания.

Значения K_{U_z} и $K_{U_z}U_z$ при сверлении сосны

$U_{z, мм}$	$K_{U_z}, Дж / см^3$			$K_{U_z}U_z, Н / мм$		
	Диаметр сверла D, мм					
	10	15	20	10	15	20
Сверло с центром и подрезателями						
0,1	430	196	113	43	20	11
0,5	110	52	33	55	26	16
1,0	70	34	23	70	34	23
2,0	50	25	18	100	50	36
Сверло с конической заточкой						
0,1	870	460	300	87	46	30
0,5	310	160	100	155	80	50
1,0	240	125	75	240	125	75
2,0	200	107	62	400	214	124

Касательное окружное усилие рассчитывается по формуле:

$$P_{окр} = \frac{N_{np} \eta}{V}, H$$

Осевое усилие подачи определяется по зависимости

$$P_{oc} = mP_{окр},$$

где $m=1,0 \dots 1,6$ -переходный множитель

Скорость подачи по мощности привода сверлильного шпинделя

Расчет производится по плану в такой последовательности:

$$K_{Uz} U_z \rightarrow U_z \rightarrow U$$

1) по табл устанавливаются численные значения поправочных коэффициентов

a_n и $a_{зам}$

2) рассчитывают КПД механизма резания η

3) определяется произведение

$$K_{Uz} U_z = \frac{24 * 10^7 N_{np} \eta}{a_n a_{зам} \eta D^2 n z}$$

4) назначается подача на режущий элемент U_z и рассчитывается допустимая скорость подачи

$$U = \frac{U_z n z}{1000}, \text{ м / мин.}$$

5) устанавливается подача на один оборот сверла

$$U_n = U_z z, \text{ мм.}$$

6 Шлифование древесины

6.1 Производительность шлифования

В расчетах используются следующие характеристики производительности процесса шлифования :

$A_{ш}$ - удельная производительность 1 см² абразивной поверхности, выражаемая объемом, (см³), срезаемой древесины с 1 см² поверхности за один проход шкурки на пути 1 см;

A_u - удельная (минутная) производительность инструмента, выражаемая объемом, см³, срезаемого материала с площади 1 см за 1 мин.

$$A_u = 6000 A_{ш} V,$$

где V - скорость главного движения ленты, м/с;

A_n - производительность процесса, выражаемая объемом, срезанного материала со всей площади контакта за 1 мин, см³/мин:

$$A_n = A_{uu} VF = A_u F = 6000 A_{uu} V b l_k,$$

где F - площадь контакта шкурки с древесиной ;

b и l_k - ширина и длина контакта, см.

Удельная производительность шкурки определяется по формуле

$$A_{uu} = 1.12 \frac{q}{\rho} \sqrt{d} a_M a_H a_{зам},$$

где q -удельное давление при шлифовании, мПа;

ρ - плотность древесины;

d - размер абразивного зерна основной фракции зернистости, мм;

a_M -коэффициент на абразивный материал;

a_H -коэффициент на способ нанесения абразивов на основу шкурки;

$a_{зам}$ -коэффициент на остроту зерен.

Библиографический список

- 1) Ивановский, В.П К определению контактного давления режущего диска и древесины [Текст] / В.П. Ивановский // Технологии и оборудование деревообработки в 21 веке : сб.тр. / под ред. В.А. Шамаева /ВГЛТА.-Воронеж, 2001.-С. 95-97.
- 2) Ивановский, В.П К определению частот собственных колебаний пильного вала оснащенного диском бесстружечного резания [Текст] / В.П.Ивановский // Технологии и оборудование деревообработки в 21 веке: межвуз.сб.науч.тр. / ВГЛТА. Воронеж,2003.- С.75-79.
- 3) Ивановский, В.П конструирование рациональных параметров режущих дисков [Текст] / В.П.Ивановский // Дизайн и производство мебели -СПб.-2005.-№ 3(8). С.- 27-30
- 4) Ивановский В.П. Конструирование тонких дереворежущих инструментов с вставными резцами [Текст] / В.П. Ивановский // Дизайн и производство мебели -СПб.2005.-№4(9).- С. 25-28.
- 5) Ивановский, В.П. моделирование технологических процессов бесстружечного деления древесины [Текст] / В.П.Ивановский, М.В. Ивановская / Дизайн и производство мебели. СПб.-2006.-№4(13).-с.30-34.
- 6) Ивановский, В.П Настройка станков для бесстружечного резания мягколиственной древесины [Текст]/ В.П. Ивановский, А.В.Ивановский // Дизайн и производство мебели. 2009.-№3-4(23). – с.77-84
- 7) Ивановский, В.П Обеспечение работоспособности режущих дисков [Текст] / В.П. Ивановский //Вестн. Моск.гос.ун-та леса – Лесн. Вестн.-№6.-2005- 048.- 6с.

- 8) Ивановский, В.П. Оборудование отрасли. Процессы бесстружечного деления и формообразования древесины [Текст]: тексты лекций /В.П . Ивановский, // ВГЛТА. – Воронеж, 2002.- 51 с.
- 9) Ивановский, В.П. Основные направления реализации технологических процессов бесстружечного деформирования в д/о производстве [Текст] / В.П.Ивановский, М.В. Ивановская //Материалы межд. конф.посв. 75-летию ВГЛТА/ВГЛТА.- Воронеж,2005.- Т.1.- С.290-293.
- 10) Ивановский, В.П. Основные направления совершенствования технологических процессов деления и формообразования древесины мягких пород давлением [Текст]/ В.П.Ивановский, М.В.Ивановская //Сб.статей по материалам межд. научн.практ.конф. Проблемы и перспективы лесного комплекса/ ВГЛТА- Воронеж ,2005,С.165-168.
- 11) Ивановский, В.П. Особенности деформирования древесины мягких лиственных пород при бесстружечном делении /В.П.Ивановский// Деревообрабатывающая промышленность. –М.-№5.2006.-с.13-15.
- 12) Ивановский, В.П. О формировании рельефов из древесины мягких пород [Текст] /В.П. Ивановский //Научно-технические проблемы в развитии ресурсосберегающих технологий и оборудования лесного комплекса: сб.тр.-Воронеж,1998.- С.194-195.
- 13)Ивановский, В.П. О рациональных значениях углов поднутрения дереворежущего инструмента [Текст] /В.П.Ивановский, Л.Т.Свиридов, Т.В. Посметьева// Технологии, машины и производство лесного комплекса будущего: материалы Междунар. науч.-практ. конф. посвященной 50-летию Лесоинженерного факультета/ ВГЛТА.- Воронеж,2004.-Ч.1.-С.79-82.
- 14) Ивановский, В.П. Основы теории резания древесины[Текст]: тексты лекций / В.П.Ивановский // ВЛТИ.- Воронеж: ВЛТИ,ВПИ,1988.-37 с.

- 15) Ивановский, В.П. Повышение эффективности технологических процессов бесстружечного деления и формообразования древесины мягких пород [Текст]/ В.П.Ивановский // Актуальные проблемы лесного комплекса.- Брянск 2005, вып.11,- С.114-117. Материалы международной межвузовской научно-технической конференции, посвященной 75-летию Брянского гос.инж-техн.академии «Лес-2005»,июнь 2005.
- 16) Ивановский, В.П. Приоритетные направления совершенствования процессов резания древесины [Текст]/ В.П.Ивановский, А.В.Ивановский // Современные технологические прочесы получения материалов и изделий из древесины : сб.научн.тр/ ГОУ ВПО «ВГЛТА».-ВОРОНЕЖ,2010.-Вып.1.-8с.
- 17) Ивановский, В.П. процессы бесстружечного деформирования в механической обработке древесины [Текст]/В.П.Ивановский // Лесн.пром-сть.-2005. -№2.-С.25-27.
- 18) Ивановский, В.П. Разрезание и штампование древесины [Текст] /В.П.Ивановский, А.В.Ивановский //Дизайн и производство мебели.- СПб.-2006.-№1(22).с. 43-50.
- 19) Ивановский, В.П. Повышение эффективности технологических процессов бесстружечного деления древесины мягких пород [Текст] / В.П.Ивановский, П.А. Смирнов // Вестн. Моск.гос.ун-та леса- Лесн.вест.-12.2005.-№-064.-7с.

Оглавление

Введение.....	3
1. Пиление рамными пилами	
1.1. Кинематические расчеты	4
1.2. Силы и мощность резания.....	7
1.3 Расчет режима работы лесопильной рамы.....	12
1.4. Проверка полотна пилы на устойчивость.....	14
1.5 Пример расчета режима работы лесопильной рамы.....	16
2. Пиление ленточными пилами.	
2.1. Кинематические расчеты.....	21
2.2 Силы и мощность резания.....	23
2.3 Расчет режима пиления ленточными пилами.....	25
2.4 Пример расчета режима работы.....	28
3. Пиление круглыми пилами	
3.1. Кинематические расчеты.....	31
3.2. Усилие и мощность резания.....	33
3.3. Расчет режимов пиления древесины круглыми пилами.....	36
3.4. Усилие и мощность резания при пилении ДСтП.....	40

4. Цилиндрическое фрезерование	
4.1 Кинематические расчеты.....	44
4.2. Силовые расчеты.....	44
4.3. Расчет режимов продольного цилиндрического фрезерования.....	46
4.4. Примеры расчетов.....	48
5. Сверление древесины	
5.1. Кинематические расчеты.....	62
5.2. Силовые расчеты.....	63
6. Шлифование древесины.....	66
Библиографический список	68