



С.В. Щепочкин
В.К. Пашков

ОБОРУДОВАНИЕ ОТРАСЛИ

Екатеринбург
2012

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВПО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра станков и инструментов

С.В. Щепочкин

В.К. Пашков

ОБОРУДОВАНИЕ ОТРАСЛИ

Расчет скоростей подачи круглопильных станков

Методические указания для студентов, магистрантов
очной и заочной форм обучения
направлений 250400 «Технология лесозаготовительных и
деревоперерабатывающих производств»
151000 «Технологические машины и оборудование»,
специальности 250403 «Технология деревообработки»

Екатеринбург

2012

Электронный архив УГЛТУ

Рассмотрены и рекомендованы к изданию методической комиссией факультета МТД. Протокол № 1 от 24.09.2011 г.

Рецензент: канд. техн. наук, доцент А.С. Красиков

Редактор Р.В. Сайгина

Оператор компьютерной верстки Т.В. Упова

Подписано в печать	Печ. л. 1,39	Формат 60×84 1/16
Плоская печать	Заказ №	Тираж 50 экз.
Поз. 75		Цена 7 руб. 64 коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ

Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

Данные методические указания разработаны на основе существующих руководящих технических материалов (РТМ) [1] и дополнены результатами научных исследований теплофизических явлений, сопутствующих процессу резания, проводимых кафедрой станков и инструментов УГЛТУ.

Режим пиления – определенное (заданное) сочетание скорости резания и скорости подачи, зависящее от физико-механических свойств и размеров распиливаемого материала, параметров и состояния оборудования и инструмента, требований к качеству обработки.

Режим пиления считается оптимальным, если удовлетворяет принятому критерию оценки. Наиболее употребительными критериями являются максимальная производительность и минимальная себестоимость. Соответственно различают оптимальные режимы пиления по максимальной производительности и минимальной себестоимости.

Оптимальные режимы по максимальной производительности в большинстве случаев совпадают с оптимальными режимами по минимальной себестоимости.

Ряд факторов процесса пиления накладывает технические ограничения на производительность. При определении режимов пиления для вновь проектируемых станков основными техническими ограничениями являются устойчивость диска пилы и емкость впадин зубьев, а при оптимизации режимов пиления на существующих станках дополнительно должны учитываться такие ограничения, как мощность привода, частота вращения пильного вала и скорость подачи, допускаемая кинематикой станка.

Скорость подачи рассчитывают:

- по заполнению впадин зубьев;
- по шероховатости поверхности распиловки;
- по мощности привода механизма резания;
- по динамической устойчивости пилы;
- по теплостойкости материала зубьев пил.

Сравнивая полученные значения скорости подачи между собой и со значением конструктивной скорости станка, выбирают наименьшее, которое является максимально допустимой скоростью подачи.

1. Скорость подачи по заполнению впадин зубьев

Срезаемая зубьями пилы стружка размещается во впадинах зубьев и ими же удаляется из пропила, некоторое ее количество удаляется через зазор между полотном пилы и стенками пропила.

Максимально допустимая скорость подачи по заполнению впадин разведенных зубьев стружкой определяется по формуле, м/мин

$$V_{S(3\lambda)} = 0,8 \cdot 10^{-3} z n \frac{\beta_{зап} F_b}{\alpha_{уп} H}, \quad (1)$$

где z – число зубьев пилы, шт.;

n – частота вращения пилы, мин⁻¹;

$\beta_{зап}$ – коэффициент заполнения впадины зуба (~0,5);

$\alpha_{уп}$ – коэффициент допустимого уплотнения стружки (~0,5);

F_b – площадь впадины зуба, мм²;

H – высота пропила, мм.

Взаимосвязь между скоростями подачи для плющенных $V_{S(3\Delta)}$ и разведенных $V_{S(3\lambda)}$ зубьев определяется выражением

$$V_{S(3\Delta)} = 1,25 V_{S(3\lambda)}. \quad (2)$$

Площадь впадины зуба рассчитывается по формуле

$$F_b = \theta_b t^2, \quad (3)$$

где θ_b – коэффициент площади впадины зуба (табл. 1);

t – линейный шаг зубьев, мм.

Таблица 1 – Коэффициент площади впадины зуба

Тип пилы по ГОСТ 980-80	Исполнение	γ , град.	β , град.	Коэффициент θ_b при z равном						
				24	36	48	60	72	96	120
1	1	35	40	0,229	0,242	0,248	0,252	0,254	-	-
	2	20	40	-	0,246	0,254	0,265	-	-	-
2	1	0	40	-	-	-	-	0,483	0,498	0,508
	2	-25	50	-	-	-	-	0,455	0,467	0,474

Шаг зуба определяется по формуле

$$t = D \sin \frac{180^\circ}{z} \approx \frac{\pi D}{z}, \quad (4)$$

где D – диаметр пилы, мм.

2. Скорость подачи по шероховатости поверхности распиловки

Шероховатость поверхности распиловки древесины зависит в основном от подачи на зуб S_z и кинематического угла выхода $\theta_{\text{вых}}$.

Скорость подачи по шероховатости поверхности распиловки $V_{S(Ш)}$ определяется по формуле

$$V_{S(Ш)} = \frac{S_z z n}{1000}, \text{ м/мин} \quad (5)$$

где S_z – подача на зуб по заданной шероховатости распиловки, мм.

Для удобства введения в программу машинного счета значение S_z при продольной распиловке (для разведенных зубьев) определяется по формуле, аппроксимирующей данные номограммы [1, рис. 3, с. 24]:

$$\begin{aligned} \text{если } \theta_{\text{вых}} < 50^\circ, \text{ то } S_{z\lambda} &= 0,62 \ln R_m - 3,2; \\ \text{если } 50^\circ < \theta_{\text{вых}} < 60^\circ, \text{ то } S_{z\lambda} &= 0,62 \ln R_m - 3,2 - 0,02(\theta_{\text{вых}} - 50); \\ \text{если } \theta_{\text{вых}} > 60^\circ, \text{ то } S_{z\lambda} &= 0,62 \ln R_m - 3,4, \end{aligned} \quad (6)$$

где R_m – допускаемая шероховатость поверхности, мкм;

$\theta_{\text{вых}}$ – кинематический угол выхода, град.

Выражение (6) справедливо при шероховатости $320 < R_m < 1200$ мкм. Для шероховатости поверхности менее 320 мкм рекомендуется принять значение подачи на зуб при продольной распиловке для разведенных зубьев $S_{z\lambda} = 0,1$ мм.

Взаимосвязь между допустимыми значениями подачи на зуб по шероховатости поверхности распиловки для плющенных $S_{z\Delta}$ и разведенных $S_{z\lambda}$ зубьев определяется выражением

$$S_{z\Delta} = 1,5 S_{z\lambda}. \quad (7)$$

Кинематический угол выхода $\theta_{\text{вых}}$ определяется из выражений при встречном резании

$$\theta_{\text{вых}} = \arccos \frac{2A}{D}; \quad (8)$$

при попутном резании

$$\theta_{\text{вых}} = \arccos \frac{2(A+H)}{D}, \quad (9)$$

где A – расстояние от оси пильного вала до ближайшей пласти заготовки, мм.

При поперечном пилении пиломатериалов, заготовок для обеспечения шероховатости торцевой поверхности $R_m = 800$ мкм и исключения мшистости, ворсистости подача на зуб не должна превышать $S_z = 0,1$ мм.

3. Скорость подачи по мощности привода механизма резания

Максимально допустимая скорость подачи, м/мин, по установленной мощности привода механизма резания определяется по формулам:

при продольном пилении с толщиной стружки $a_c \geq 0,1$ мм

$$V_{S(N)} = \frac{6 \cdot 10^4 N_{рез} \frac{a_p p b_1 z n}{a_n a_w a_b H} \frac{10^3 \sin \theta_{cp}}{kb + \alpha_T H}}{kb + \alpha_T H}; \quad (10)$$

при продольном пилении с толщиной стружки $a_c < 0,1$ мм

$$V_{S\mu(N)} = \frac{6 \cdot 10^4 N_{рез} \frac{(a_p - 0,8) p b_1 z n}{a_n a_w a_b H} \frac{10^3 \sin \theta_{cp}}{k_\mu b + \alpha_T H}}{k_\mu b + \alpha_T H}; \quad (11)$$

при поперечном пилении

$$V_{S(N)} = \frac{1,415 \cdot 10^6 N_{рез}^{1,1765}}{(75 a_n a_w a_{\delta, \varphi} a_p H)^{1,1765} b^{0,59} (zn)^{0,176}}; \quad (12)$$

где $N_{рез}$ – мощность на резание одной пилой, кВт;

$$N_{рез} = \frac{\eta N_{np}}{z_n}, \quad (13)$$

N_{np} – установленная мощность электродвигателя главного привода, кВт;

η – КПД главного привода; для встроенного электропривода $\eta \approx 0,9$, для электропривода с ременной передачей $\eta \approx 0,8$;

z_n – число пил, шт.;

a_n – коэффициент, учитывающий породу древесины (табл. 2);

a_w – коэффициент, учитывающий влажность древесины (табл. 3);

a_b – коэффициент, учитывающий вид пиления;

$a_b = 1,1$ – для попутного резания, $a_b = 1,0$ – для встречного;

a_p – коэффициент, учитывающий влияние затупления; для острых резцов $a_p = 1,0$; для затупленных $a_p = 2,0$;

$a_{\delta, \varphi}$ – коэффициент, учитывающий влияние угла резания и угла боковой заточки на силу резания при поперечном пилении (табл. 4);

p – удельная касательная сила по задней грани, Н/мм;

$$p = 3,92 + 0,0353 \cdot \theta_{cp}; \quad (14)$$

θ_{cp} – средний кинематический угол встречи (угол между векторами скорости резания и подачи);

при встречном резании

$$\theta_{cp} = \arcsin \frac{H}{l_k}; \quad (15)$$

при попутном резании

$$\theta_{cp} = 180^\circ - \arcsin \frac{H}{l_k}; \quad (16)$$

l_k – длина дуги контакта зуба с древесиной, мм;

$$l_k = \frac{\pi D}{360} (\varphi_{вых} - \varphi_{вх}); \quad (17)$$

$\varphi_{вх}$, $\varphi_{вых}$ – углы входа зуба в распиливаемый материал и выхода из него, град.

при встречном резании

$$\varphi_{вх} = \arccos \frac{2(A+H)}{D}, \quad \varphi_{вых} = \arccos \frac{2A}{D}; \quad (18)$$

при попутном резании

$$\varphi_{вх} = \arccos \frac{2A}{D}, \quad \varphi_{вых} = \arccos \frac{2(A+H)}{D}; \quad (19)$$

A – расстояние от оси пильного вала до ближайшей пласти заготовки, мм;

b_1 – ширина стружки, мм (для разведенных зубьев равна толщине пилы $b_1 = B$; для плющенных $b_1 = b$);

b – ширина пропила, мм;

$$b = B + 2\Delta B; \quad (20)$$

B – толщина пилы, мм;

ΔB – уширение зубчатого венца на сторону, мм (табл. 5);

z – число зубьев пилы, шт.;

n – частота вращения пилы, мин⁻¹;

k , k_μ – касательное давление на стружку, Н/мм² (для толщины стружки $a_c \geq 0,1$ мм и для толщины стружки $a_c < 0,1$ мм соответственно);

α_T – коэффициент интенсивности трения стружки о стенки пропила и прессования её во впадине зуба, Н/мм² ($\alpha_T = 0,71$ Н/мм² – для разведенных зубьев; $\alpha_T = 0,57$ Н/мм² – для плющенных зубьев);

H – высота пропила, мм.

Касательное давление на стружку, Н/мм², определяется по формулам для толщины стружки $a_c \geq 0,1$ мм

$$k = (0,196 + 0,00392\theta_{cp})\delta + (0,0686 + 0,00147\theta_{cp})V - (5,4 + 0,167\theta_{cp}); \quad (21)$$

для толщины стружки $a_c < 0,1$ мм

$$k_\mu = (0,196 + 0,00392\theta_{cp})\delta + (0,0686 + 0,00147\theta_{cp})V + (26,48 + 0,098\theta_{cp}); \quad (22)$$

где δ – угол резания: для осины и сосны принят $\delta = 55^\circ$,

для березы $\delta = 65^\circ$;

V – скорость резания, м/с; при скорости резания $V < 50$ м/с вместо V в формулах (21) и (22) необходимо подставлять $(90 - V)$

$$V = \frac{\pi D n}{60 \cdot 1000}. \quad (23)$$

Порядок расчета для продольного пиления. Определяется значение скорости подачи $V_{S(N)}$ с толщиной стружки $a_c \geq 0,1$ мм по формуле (10). Затем по полученному значению скорости подачи $V_{S(N)}$, м/мин, определяется подача на зуб S_z

$$S_z = \frac{1000 \cdot V_s}{zn}, \text{ мм.} \quad (24)$$

Определяется средняя толщина стружки для плющенных зубьев

$$a_{c\Delta} = \frac{S_z H}{l_k}; \quad (25)$$

для разведенных зубьев

$$a_{c\lambda} = \frac{b S_z H}{B l_k}. \quad (26)$$

Если полученное по формуле (25) или (26) значение толщины стружки $a_c < 0,1$ мм, то значение скорости подачи $V_{S\mu(N)}$ необходимо пересчитать по формуле (11).

Таблица 2 – Коэффициент породы древесины a_n

Порода древесины	Липа	Ель	Сосна	Лиственница	Береза	Бук	Дуб	Ясень
a_n	0,8	0,9	1,0	1,15	1,25	1,4	1,55	1,7

Таблица 3 – Коэффициент влажности древесины a_w

Влажность древесины	8 – 12	18 – 22	25 – 30	50 – 70	>70	Мерзлая древесина
a_w	1,0	1,07	1,08	1,13	1,19	1,5

Таблица 4 – Коэффициент угла резания и угла боковой заточки $a_{\delta,\varphi}$

φ	Значения $a_{\delta,\varphi}$ при угле резания δ равном			
	80	95	110	125
80	0,8	1,2	1,3	1,7
70	0,7	0,9	1,0	1,2
65	0,65	0,75	0,85	1,0
60	0,62	0,72	0,82	0,9
40	0,6	0,7	0,8	0,85

Таблица 5 – Значения уширения зубчатого венца [2]

Диаметр пил, мм	Уширения зубчатого венца на сторону, мм			
	Древесина мягких лиственных и хвойных пород		Многопильная распиловка	Древесина твердых хвойных пород
	Сухая (влажность до 30%)	Влажная (выше 50%)		
125 – 315	0,4	0,5	0,65	0,3
360 – 500	0,6	0,7	0,85	0,5
560 – 630	0,7	0,8	0,95	0,6
710 – 900	0,8	0,9	1,05	0,7

4. Скорость подачи по динамической устойчивости пил

При пилении периферийная зона пилы нагревается сильнее центральной. При достижении разности температур на линии окружности впадин и в зоне зажимных фланцев некоторого критического значения $\Delta T_{\partial y}^{\min}$ пила начинает терять динамическую устойчивость.

Максимально допустимая скорость подачи, м/мин, по динамической устойчивости пилы определяется по формулам:

при продольном пилении с толщиной стружки $a_c \geq 0,1$ мм

$$V_{S(\partial y)} = \frac{6 \cdot 10^4 m \Delta T_{\partial y}^{\min} - a_p p b_1 z n}{\beta_{ox} a_n a_w a_b H \cdot 10^3 \sin \theta_{cp}} \cdot \frac{1}{kb + \alpha_T H}; \quad (27)$$

при продольном пилении с толщиной стружки $a_c < 0,1$ мм

$$V_{S\mu(\partial y)} = \frac{6 \cdot 10^4 m \Delta T_{\partial y}^{\min} - (a_p - 0,8) p b_1 z n}{\beta_{ox} a_n a_w a_b H \cdot 10^3 \sin \theta_{cp}} \cdot \frac{1}{k_\mu b + \alpha_T H}; \quad (28)$$

при поперечном пилении

$$V_{S(\partial y)} = \frac{1,415 \cdot 10^6 (m \Delta T_{\partial y}^{\min})^{1,1765}}{(75 \beta_{ox} a_n a_w a_{\delta, \varphi} a_{\rho} H)^{1,1765} b^{0,59} (zn)^{0,176}}, \quad (29)$$

где m – коэффициент, равный:

при пилении без охлаждения

$$m = \frac{D^{1,3} n^{0,4} B^{0,5}}{14,47 \cdot 10^6 K_T}; \quad (30)$$

при охлаждении водовоздушной смесью

$$m = \frac{Q_{жс}^{0,17} D^{0,8} n^{0,15} B^{0,5}}{6,88 \cdot 10^4 K_T}; \quad (31)$$

при охлаждении водой

$$m = \frac{Q_{жс}^{0,24} D^{0,65} n^{0,075} B^{0,5}}{2,17 \cdot 10^4 K_T}; \quad (32)$$

$Q_{жс}$ – расход охлаждающей жидкости на одну пилу по технической характеристике станка, кг/ч;

K_T – коэффициент, учитывающий долю мощности резания, расходуемой на нагрев диска пилы (без зубьев); при пилении без охлаждения $K_T \approx 0,03$, при охлаждении водовоздушной смесью и водой $K_T \approx 0,01$;

$\Delta T_{\partial y}^{\min}$ – температурный перепад по радиусу пилы, соответствующий началу потери динамической устойчивости диска, °С (табл. 6);

β_{ox} – коэффициент, учитывающий относительное время пиления в рабочем цикле инструмента.

Значения коэффициента охлаждения β_{ox} принимаются при непрерывном процессе резания $\beta_{ox} = 1$, для остальных случаев рассчитываются по выражению

$$\beta_{ox} = \frac{t_p}{t_u}, \quad (33)$$

где t_p – время пиления в рабочем цикле;

t_u – время рабочего цикла.

Порядок расчета для продольного пиления. Определяется значение скорости подачи $V_{S(\partial y)}$ с толщиной стружки $a_c \geq 0,1$ мм по формуле (27). Затем по полученному значению скорости подачи $V_{S(\partial y)}$, м/мин, опре-

деляется подача на зуб S_z по формуле (24). Определяется средняя толщина стружки по формулам (25) или (26).

Если полученное по формуле (25) или (26) значение толщины стружки $a_c < 0,1$ мм, то значение скорости подачи $V_{S\mu(\partial y)}$ необходимо пересчитать по формуле (28).

Таблица 6 – Температурный перепад по радиусу пилы, соответствующий началу потери динамической устойчивости диска

Диаметр		Значения $\Delta T_{\partial y}^{\min}$, °С, при скорости резания $V = 50$ м/с и толщине диска B , мм														
пилы, мм	фланцев, мм	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8	3,0	3,2	3,6	4,0	4,5	5,0	5,5
250	100	81,6	116,8	157,3												
315	100			59,5	79,0	100,8	124,9									
360	100				50,7	65,8	82,4	110,3								
400	125				43,0	56,3	71,0	95,7								
450	125					37,2	47,9	65,8	86,0							
500	125						35,2	49,6	65,7							
560	160						28,7	41,4	55,6							
630	160						17,4	26,5	36,9	44,4						
710	160						7,9	14,2	21,3	26,5	32,0					
800	160								7,7	10,8	14,1	21,5				
900	200										11,1	17,7	25,0			
1000	200											9,0	14,2	21,5		
1250	240												3,6	8,0	13,0	
1500	300													7,7	11,3	15,3

5. Скорость подачи по теплостойкости материала зубьев пил

Механическая энергия, затраченная на пиление древесины, полностью превращается в тепловую. Через режущую часть пилы отводится небольшая доля тепла от общего баланса, но его достаточно, чтобы при скоростях резания, характерных для современных технологических процессов, нагреть микрообъемы тела зуба, прилегающие к режущей кромке до температур 400...1000 °С. Такая температура может превысить предел теплостойкости инструментального материала, привести к снижению твердости, прочности и к ускоренному термомеханическому износу и резкому снижению периода стойкости инструмента.

Максимально допустимая скорость подачи, м/мин, по теплостойкости материала лезвий определяется по формулам:

при продольном пилении с толщиной стружки $a_c \geq 0,1$ мм

$$V_{S(t)} = \frac{60[t_0](z\alpha_z + K_2\alpha_\rho) a_\rho p b_1 z n}{a_n a_w a_b H K_1 \beta_n 10^3 \sin \theta_{cp}} \cdot \frac{1}{kb + \alpha_T H}; \quad (34)$$

при продольном пилении с толщиной стружки $a_c < 0,1$ мм

$$V_{S\mu(t)} = \frac{60[t_0](z\alpha_z + K_2\alpha_\rho) (a_\rho - 0,8)pb_1zn}{a_n a_w a_b HK_1 \beta_n \frac{10^3 \sin \theta_{cp}}{k_\mu b + \alpha_T H}}; \quad (35)$$

при поперечном пилении

$$V_{S(t)} = \frac{2,6([t_0](z\alpha_z + K_2\alpha_\rho))^{1,1765}}{(a_n a_w a_{\delta,\varphi} a_\rho HK_1 \beta_n)^{1,1765} b^{0,59} (zn)^{0,176}}, \quad (36)$$

где $[t_0]$ – допускаемая температура нагрева лезвий инструмента (теплостойкость), °С (табл. 7);

α_z – среднеинтегральный коэффициент теплоотдачи зуба пилы, Вт/°С;

α_ρ – среднеинтегральный коэффициент теплоотдачи диска, Вт/°С;

K_1 – коэффициент доли мощности на резание, идущей на нагрев инструмента, $K_1 = 0,1 \dots 0,45$;

K_2 – коэффициент, равный отношению температуры на периферии диска к температуре резания, $K_2 = 0,025 \dots 0,1$.

Коэффициент K_2 в зависимости от формы зуба можно определить из следующих выражений:

для профиля зуба тип 2, исп. 2, $\gamma = -25^\circ$

$$K_2 = \frac{1}{0,03h^2 + 0,66h + 1};$$

для профиля зуба тип 1, исп. 1, $\gamma = 25^\circ$, $\beta = 40^\circ$

$$K_2 = \frac{1}{0,015h^2 + 0,77h + 1};$$

для профиля зуба тип 1, исп. 2, $\gamma = 10^\circ$, $\beta = 40^\circ$

$$K_2 = \frac{1}{0,04h^2 + 0,43h + 1}.$$

Для практических расчетов рекомендуется принять значения коэффициентов $K_1 = 0,3$, $K_2 = 0,05$.

β_n – коэффициент, учитывающий периодизацию процесса резания:

$$\beta_n = \frac{(\varphi_{вых} - \varphi_{вх})}{360}. \quad (37)$$

Среднеинтегральный коэффициент теплоотдачи зуба пилы, Вт/°С, определяется из выражения

$$\alpha_z = 10^{-8} B^{0,7257} \beta^{0,5063} \alpha_{CP}^{0,6385} \beta_1^{0,0715} a^{0,0755} (0,014h^3 - 1,82h^2 + 82,79h + 20,05), \quad (38)$$

где B – толщина зуба (пильного диска), мм;

β – угол заострения зуба, град.;

α_{cp} – средний коэффициент теплоотдачи зубьев пил, Вт/(°С м²),

$\alpha_{cp} = 1000 \dots 1400$ Вт/(°С м²) – для пил без принудительного охлаждения: $\alpha_{cp} = 538,7 + 38,7B + 13,1V$.

β_1 – вспомогательный угол, град., $\beta_1 \approx 165^\circ$ – для зубьев с ломаной задней поверхностью, $\beta_1 = 180^\circ$ – для зубьев с прямолинейной задней поверхностью;

a – длина задней грани зуба, мм, $a \approx 0,025D$ – для зубьев с ломаной задней поверхностью, $a \approx t$ – для зубьев с прямолинейной задней поверхностью;

h – высота зуба в направлении биссектрисы угла заострения β , мм;

$$h \approx \frac{0,03D}{\cos\left(\gamma + \frac{\beta}{2}\right)}; \quad (39)$$

γ – передний угол, град.

Среднеинтегральный коэффициент теплоотдачи диска, Вт/°С, без принудительного охлаждения определяется по формуле

$$\alpha_p = 1,88 \cdot 10^{-3} D^{0,96} V^{0,426} B^{0,471}, \quad (40)$$

где D – диаметр пилы, мм;

V – скорость резания, м/с, определяется по формуле (23);

B – толщина диска, мм.

Таблица 7 – Теплостойкость инструментальных материалов, °С [3]

Стали		Твердые сплавы			Эльбор	Алмаз
углеродистые и легированные	быстрорежущие	вольфрамокобальтовые	безвольфрамовые	минералокерамические		
160 – 400	550 – 700	800 – 1000	800 – 1000	1200	1400	700 – 800

Порядок расчета для продольного пиления. Определяется значение скорости подачи $V_{S(t)}$ с толщиной стружки $a_c \geq 0,1$ мм по формуле (34). Затем по полученному значению скорости подачи $V_{S(t)}$, м/мин,

определяется подача на зуб S_z по формуле (24). Определяется средняя толщина стружки по формулам (25) или (26).

Если полученное по формуле (25) или (26) значение толщины стружки $a_c < 0,1$ мм, то значение скорости подачи $V_{S\mu(t)}$ необходимо пересчитать по формуле (35).

Максимально допустимая скорость подачи выбирается как наименьшая из рассчитанных по всем пяти ограничениям.

6. Примеры расчетов

Исходными данными при определении скорости подачи являются:

- характеристика распиливаемого материала,
- параметры пил,
- скорость резания (частота вращения),
- мощность привода механизма резания,
- требования к качеству распиловки.

Пример 1. Разрабатывается девятипильный многопильный круглопильный станок, входящий в состав линии для переработки двухканатных брусьев на пиломатериалы. Максимальная толщина распиливаемого бруса 150 мм. Диаметр пил 560 мм, толщина 2,8 мм, число зубьев 60, зуб – плющенный, уширение зубчатого венца на сторону 0,8 мм, передний угол 35° , угол заточки 40° , частота вращения 1500 мин^{-1} , мощность привода пильного вала 200 кВт. Расстояние A , от центра вала до нижней пласти бруса 110 мм. Порода древесины сосна, влажность 50...70 %, пиление встречное, пилы острые ($\rho_0 = 10$ мкм). Шероховатость поверхности распиловки должна быть не более 800 мкм. Определить максимально допустимую скорость подачи брусьев.

Решение

6.1.1 Максимально допустимая скорость подачи по заполнению межзубовых впадин:

Шаг зуба определяется по формуле (4)

$$t \approx \frac{\pi D}{z} \approx \frac{3,14 \cdot 560}{60} = 29,3 \text{ мм.}$$

Площадь впадины зуба рассчитывается по формуле (3)

$$F_b = \theta_b t^2 = 0,252 \cdot 29,3^2 = 216,4 \text{ мм}^2$$

Допустимая скорость подачи по заполнению межзубовых впадин для разведенных зубьев при максимальной высоте пропила $H = 155$ мм (с учетом припуска на усушку) определяется по формуле (1)

$$V_{S(3\lambda)} = 0,8 \cdot 10^{-3} z_n \frac{\beta_{зан} F_b}{\alpha_{yn} H} = 0,8 \cdot 10^{-3} \cdot 60 \cdot 1500 \frac{0,5 \cdot 216,4}{0,5 \cdot 155} = 100,5 \text{ м/мин.}$$

Для плющенных зубьев скорость подачи определяется по формуле (2)

$$V_{S(3\Delta)} = 1,25 V_{S(3\lambda)} = 1,25 \cdot 100,5 = 125,6 \text{ м/мин.}$$

6.1.2 Максимально допустимая скорость подачи по шероховатости поверхности распиловки:

Кинематический угол выхода $\theta_{вых}$ определяется из выражения (8)

$$\theta_{вых} = \arccos \frac{2A}{D} = \arccos \frac{2 \cdot 110}{560} = 66,8^\circ.$$

Определяется подача на зуб при условии $\theta_{вых} > 60^\circ$

$$S_{z\lambda} = 0,62 \ln R_m - 3,4 = 0,62 \ln 800 - 3,4 = 0,74 \text{ мм.}$$

Для плющенных зубьев подача на зуб по формуле (7)

$$S_{z\Delta} = 1,5 S_{z\lambda} = 1,5 \cdot 0,74 = 1,1 \text{ мм.}$$

Скорость подачи по шероховатости поверхности распиловки определяется по формуле (5)

$$V_{S(ш)} = \frac{S_z z_n}{1000} = \frac{1,1 \cdot 60 \cdot 1500}{1000} = 99 \text{ м/мин.}$$

6.1.3 Максимально допустимая скорость подачи по мощности привода механизма резания:

Мощность на резание одной пилой по формуле (13)

$$N_{рез} = \frac{\eta N_{np}}{z_n} = \frac{0,9 \cdot 200}{9} = 20 \text{ кВт.}$$

По табл. 2 и 3 коэффициенты $a_n = 1$ и $a_w = 1,13$.

Углы входа зуба в распиливаемый материал и выхода из него по формулам (18)

$$\varphi_{вх} = \arccos \frac{2(A+H)}{D} = \arccos \frac{2(110+155)}{560} = 18,8^\circ;$$

$$\varphi_{вых} = \arccos \frac{2A}{D} = \arccos \frac{2 \cdot 110}{560} = 66,8^\circ.$$

Длина дуги контакта зуба с древесиной по формуле (17)

$$l_k = \frac{\pi D}{360} (\varphi_{вых} - \varphi_{вх}) = \frac{3,14 \cdot 560}{360} (66,8 - 18,8) = 234,7 \text{ мм}$$

Средний кинематический угол встречи при встречном резании по формуле (15)

$$\theta_{cp} = \arcsin \frac{H}{l_k} = \arcsin \frac{155}{234,7} = 41,3^\circ.$$

Удельная касательная сила по задней грани по формуле (14)

$$p = 3,92 + 0,0353 \cdot \theta_{cp} = 3,92 + 0,0353 \cdot 41,3 = 5,38 \text{ Н/мм.}$$

Ширина стружки равна ширине пропила по формуле (20)

$$b_1 = b = B + 2\Delta B = 2,8 + 2 \cdot 0,8 = 4,4 \text{ мм.}$$

Угол резания $\delta = 90^\circ - \gamma = 90 - 35 = 55^\circ$.

Скорость резания по формуле (23)

$$V = \frac{\pi D n}{60 \cdot 1000} = \frac{3,14 \cdot 560 \cdot 1500}{60 \cdot 1000} = 44 \text{ м/с.}$$

Поскольку скорость резания $V < 50$ м/с вместо V в формуле (21) необходимо подставлять $(90 - V) = 46$.

Касательное давление на стружку (для толщины стружки $a_c \geq 0,1$ мм) определяется по формуле (21)

$$k = (0,196 + 0,00392\theta_{cp})\delta + (0,0686 + 0,00147\theta_{cp})V - (5,4 + 0,167\theta_{cp}) = \\ = (0,196 + 0,00392 \cdot 41,3)55 + (0,0686 + 0,00147 \cdot 41,3)46 - (5,4 + 0,167 \cdot 41,3) = 13,1 \text{ Н/мм}^2$$

Максимально допустимая скорость подачи по установленной мощности привода механизма резания определяется по формуле (10)

$$V_{S(N)} = \frac{6 \cdot 10^4 N_{pez} \frac{a_p p b_1 z n}{a_n a_w a_b H} \frac{10^3 \sin \theta_{cp}}{kb + \alpha_T H}}{10^3 \sin \theta_{cp}} = \frac{6 \cdot 10^4 \cdot 20}{13,1 \cdot 4,4 + 0,57 \cdot 155} \frac{1 \cdot 5,38 \cdot 4,4 \cdot 60 \cdot 1500}{10^3 \sin 41,3^\circ} = 24,9 \text{ м/мин.}$$

Подача на зуб по формуле (24)

$$S_z = \frac{1000 \cdot V_S}{z n} = \frac{1000 \cdot 24,9}{60 \cdot 1500} = 0,28 \text{ мм.}$$

Определяется средняя толщина стружки по формуле (25)

для плющенных зубьев

$$a_{c\Delta} = \frac{S_z H}{l_k} = \frac{0,28 \cdot 155}{234,7} = 0,18 \text{ мм.}$$

Полученное значение толщины стружки $a_c > 0,1$ мм, значение скорости подачи $V_{S(N)}$ не нужно пересчитывать по формуле (11).

6.1.4 Максимально допустимая скорость подачи по динамической устойчивости пил:

Температурный перепад по радиусу пилы, соответствующий началу потери динамической устойчивости диска по табл. 6 для $D = 560$ мм и $B = 2,8$ мм $\Delta T_{dy}^{\min} = 55,6$ °С.

Коэффициент m при пилении без охлаждения по формуле (30)

$$m = \frac{D^{1,3} n^{0,4} B^{0,5}}{14,47 \cdot 10^6 K_T} = \frac{560^{1,3} 1500^{0,4} 2,8^{0,5}}{14,47 \cdot 10^6 \cdot 0,03} = 0,269;$$

Максимально допустимая скорость подачи по динамической устойчивости пилы по формуле (27)

$$V_{S(\partial y)} = \frac{\frac{6 \cdot 10^4 m \Delta T_{\partial y}^{\min}}{\beta_{ox} a_n a_w a_b H} - \frac{a_p p b_1 z n}{10^3 \sin \theta_{cp}}}{kb + \alpha_T H} = \frac{\frac{6 \cdot 10^4 \cdot 0,269 \cdot 55,6}{1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,13 \cdot 1,0 \cdot 155} - \frac{1 \cdot 5,38 \cdot 4,4 \cdot 60 \cdot 1500}{10^3 \sin 41,3^\circ}}{13,1 \cdot 4,4 + 0,57 \cdot 155} = 13 \text{ м/мин.}$$

Подача на зуб по формуле (24)

$$S_z = \frac{1000 \cdot V_S}{zn} = \frac{1000 \cdot 13}{60 \cdot 1500} = 0,14 \text{ мм.}$$

Средняя толщина стружки по формуле (25) для плющенных зубьев

$$a_{c\Delta} = \frac{S_z H}{l_k} = \frac{0,14 \cdot 155}{234,7} = 0,092 \text{ мм.}$$

Полученное значение толщины стружки $a_c < 0,1$ мм, значение скорости подачи $V_{S\mu(\partial y)}$ необходимо пересчитать по формуле (28).

Касательное давление на стружку (для толщины стружки $a_c < 0,1$ мм) определяется по формуле (22)

$$k_\mu = (0,196 + 0,00392 \theta_{cp}) \delta + (0,0686 + 0,00147 \theta_{cp}) V + (26,48 + 0,098 \theta_{cp}) = \\ = (0,196 + 0,00392 \cdot 41,3) 55 + (0,0686 + 0,00147 \cdot 41,3) 46 + (26,48 + 0,098 \cdot 41,3) = \\ = 56 \text{ Н / мм}^2,$$

$$V_{S\mu(\partial y)} = \frac{\frac{6 \cdot 10^4 m \Delta T_{\partial y}^{\min}}{\beta_{ox} a_n a_w a_b H} - \frac{(a_p - 0,8) p b_1 z n}{10^3 \sin \theta_{cp}}}{k_\mu b + \alpha_T H} = \\ = \frac{\frac{6 \cdot 10^4 \cdot 0,269 \cdot 55,6}{1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,13 \cdot 1,0 \cdot 155} - \frac{(1 - 0,8) \cdot 5,38 \cdot 4,4 \cdot 60 \cdot 1500}{10^3 \sin 41,3^\circ}}{56 \cdot 4,4 + 0,57 \cdot 155} = 13,4 \text{ м/мин.}$$

6.1.5 Максимально допустимая скорость подачи по теплостойкости материала зубьев пил:

По табл. 7 для стали 9ХФ выбираем допускаемую температуру нагрева лезвий инструмента $[t_0] = 300^\circ\text{C}$.

Коэффициент, учитывающий периодизацию процесса резания, по формуле (37)

$$\beta_n = \frac{(\varphi_{вых} - \varphi_{вх})}{360} = \frac{(66,8 - 18,8)}{360} = 0,133.$$

Длина задней грани зуба $a \approx 0,025D \approx 0,025 \cdot 560 = 14$ мм.

Высота зуба в направлении биссектрисы угла заострения β по формуле (39)

$$h \approx \frac{0,03D}{\cos\left(\gamma + \frac{\beta}{2}\right)} = \frac{0,03 \cdot 560}{\cos\left(35 + \frac{40}{2}\right)} = 29,3 \text{ мм.}$$

Среднеинтегральный коэффициент теплоотдачи зуба пилы определяется из выражения (38)

$$\begin{aligned} \alpha_z &= 10^{-8} B^{0,7257} \beta^{0,5063} \alpha_{CP}^{0,6385} \beta_1^{0,0715} a^{0,0755} (0,014h^3 - 1,82h^2 + 82,79h + 20,05) = \\ &= 10^{-8} 2,8^{0,7257} 40^{0,5063} 1400^{0,6385} 165^{0,0715} 14^{0,0755} \times \\ &\times (0,014 \cdot 29,3^3 - 1,82 \cdot 29,3^2 + 82,79 \cdot 29,3 + 20,05) = 0,0303 \text{ Вт/}^\circ\text{С.} \end{aligned}$$

Среднеинтегральный коэффициент теплоотдачи диска определяется по формуле (40)

$$\alpha_p = 1,88 \cdot 10^{-3} D^{0,96} V^{0,426} B^{0,471} = 1,88 \cdot 10^{-3} 560^{0,96} 44^{0,426} 2,8^{0,471} = 6,65 \text{ Вт/}^\circ\text{С.}$$

Максимально допустимая скорость подачи по теплостойкости материала лезвий

$$\begin{aligned} V_{S(t)} &= \frac{60[t_0](z\alpha_z + K_2\alpha_p) \frac{a_p p b_1 z n}{a_n a_w a_b H K_1 \beta_n} \frac{10^3 \sin \theta_{cp}}{kb + \alpha_T H}}{10^3 \sin \theta_{cp}} = ; \\ &= \frac{60 \cdot 300(60 \cdot 0,0303 + 0,05 \cdot 6,65) \frac{1 \cdot 5,38 \cdot 4,4 \cdot 60 \cdot 1500}{1,0 \cdot 1,13 \cdot 1,0 \cdot 155 \cdot 0,25 \cdot 0,133} \frac{10^3 \sin 41,3^\circ}{13,1 \cdot 4,4 + 0,57 \cdot 155}}{10^3 \sin 41,3^\circ} = 23,3 \text{ м/мин.} \end{aligned}$$

Подача на зуб по формуле (24)

$$S_z = \frac{1000 \cdot V_s}{zn} = \frac{1000 \cdot 23,3}{60 \cdot 1500} = 0,26 \text{ мм.}$$

Средняя толщина стружки по формуле (25) для плющенных зубьев

$$a_{c\Delta} = \frac{S_z H}{l_k} = \frac{0,26 \cdot 155}{234,7} = 0,17 \text{ мм.}$$

Полученное значение толщины стружки $a_c > 0,1$ мм, значение скорости подачи $V_{S(t)}$ не нужно пересчитывать по формуле (35).

Таким образом, получено 5 значений скорости подачи:

- по заполнению впадин зубьев $V_{S(3)} = 125,6$ м/мин;
- по шероховатости поверхности распиловки $V_{S(III)} = 99$ м/мин;
- по мощности привода механизма резания $V_{S(N)} = 24,9$ м/мин;
- по динамической устойчивости пил $V_{S(дy)} = 13,4$ м/мин;
- по теплостойкости материала зубьев пил $V_{S(t)} = 23,3$ м/мин.

Максимально допустимая скорость подачи брусьев выбирается как наименьшая из рассчитанных по всем ограничениям. Следовательно, максимально допустимой является скорость подачи 13,4 м/мин, в данном случае, ограниченная динамической устойчивостью пил.

Пример 2. Разрабатывается круглопильный станок такой же, как в примере 1. Исходные данные такие же, как в рассмотренном примере, за исключением толщины применяемых пил. На станке будут применяться пилы толщиной 3,2 мм. Необходимо определить максимально допустимую скорость подачи брусьев.

Решение

6.2.1 Максимально допустимая скорость подачи по заполнению межзубовых впадин (см. пример 1) $V_{S(З)} = 125,6$ м/мин.

6.2.2 Максимально допустимая скорость подачи по шероховатости поверхности распиловки (см. пример 1) $V_{S(Ш)} = 99$ м/мин.

6.2.3 Максимально допустимая скорость подачи по мощности привода механизма резания:

Ширина стружки равна ширине пропила по формуле (20)

$$b_1 = b = B + 2\Delta B = 3,2 + 2 \cdot 0,8 = 4,8 \text{ мм.}$$

$$V_{S(N)} = \frac{\frac{6 \cdot 10^4 N_{рез}}{a_n a_w a_b H} - \frac{a_p p b_1 z n}{10^3 \sin \theta_{cp}}}{kb + \alpha_T H} = \frac{\frac{6 \cdot 10^4 \cdot 20}{1,0 \cdot 1,13 \cdot 1,0 \cdot 155} - \frac{1 \cdot 5,38 \cdot 4,8 \cdot 60 \cdot 1500}{10^3 \sin 41,3^\circ}}{13,1 \cdot 4,8 + 0,57 \cdot 155} = 22,1 \text{ м/мин.}$$

Подача на зуб по формуле (24)

$$S_z = \frac{1000 \cdot V_S}{zn} = \frac{1000 \cdot 22,1}{60 \cdot 1500} = 0,25 \text{ мм.}$$

Определяется средняя толщина стружки по формуле (25) для плющенных зубьев

$$a_{c\Delta} = \frac{S_z H}{l_k} = \frac{0,25 \cdot 155}{234,7} = 0,16 \text{ мм.}$$

Полученное значение толщины стружки $a_c > 0,1$ мм, значение скорости подачи $V_{S(N)}$ не нужно пересчитывать по формуле (11).

6.2.4 Максимально допустимая скорость подачи по динамической устойчивости пил:

Температурный перепад по радиусу пилы, соответствующий началу потери динамической устойчивости диска по табл. 6 для $D = 560$ мм и $B = 3,2$ мм определяем методом экстраполяции

$$\Delta T_{dy}^{min} = 55,6 + (3,2 - 2,8) \frac{55,6 - 41,4}{2,8 - 2,5} = 74,5^\circ \text{C.}$$

Коэффициент m при пилении без охлаждения по формуле (30)

$$m = \frac{D^{1,3} n^{0,4} B^{0,5}}{14,47 \cdot 10^6 K_T} = \frac{560^{1,3} 1500^{0,4} 3,2^{0,5}}{14,47 \cdot 10^6 \cdot 0,03} = 0,287.$$

Максимально допустимая скорость подачи по динамической устойчивости пилы по формуле (27)

$$V_{S(dy)} = \frac{6 \cdot 10^4 m \Delta T_{dy}^{\min} - \frac{a_p p b_1 z n}{\beta_{ox} a_n a_w a_b H}}{kb + \alpha_T H} = \frac{6 \cdot 10^4 \cdot 0,287 \cdot 74,5 - \frac{1 \cdot 5,38 \cdot 4,8 \cdot 60 \cdot 1500}{10^3 \sin 41,3^\circ}}{1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,13 \cdot 1,0 \cdot 155} = 25,2 \text{ м/мин.}$$

Подача на зуб по формуле (24)

$$S_z = \frac{1000 \cdot V_S}{zn} = \frac{1000 \cdot 25,2}{60 \cdot 1500} = 0,28 \text{ мм.}$$

Средняя толщина стружки по формуле (25) для плющенных зубьев

$$a_{c\Delta} = \frac{S_z H}{l_k} = \frac{0,28 \cdot 155}{234,7} = 0,18 \text{ мм.}$$

Полученное значение толщины стружки $a_c > 0,1$ мм, значение скорости подачи $V_{S(dy)}$ не нужно пересчитывать по формуле (28).

6.2.5 Максимально допустимая скорость подачи по теплостойкости материала зубьев пил:

Среднеинтегральный коэффициент теплоотдачи зуба пилы определяется из выражения (38)

$$\alpha_z = 10^{-8} B^{0,7257} \beta^{0,5063} \alpha_{CP}^{0,6385} \beta_1^{0,0715} a^{0,0755} (0,014h^3 - 1,82h^2 + 82,79h + 20,05) = 10^{-8} 3,2^{0,7257} 40^{0,5063} 1400^{0,6385} 165^{0,0715} 14^{0,0755} \times (0,014 \cdot 29,3^3 - 1,82 \cdot 29,3^2 + 82,79 \cdot 29,3 + 20,05) = 0,0334 \text{ Вт/}^\circ\text{С.}$$

Среднеинтегральный коэффициент теплоотдачи диска определяется по формуле (40)

$$\alpha_p = 1,88 \cdot 10^{-3} D^{0,96} V^{0,426} B^{0,471} = 1,88 \cdot 10^{-3} 560^{0,96} 44^{0,426} 3,2^{0,471} = 7,09 \text{ Вт/}^\circ\text{С.}$$

Максимально допустимая скорость подачи по теплостойкости материала лезвий

$$V_{S(t)} = \frac{60[t_0](z\alpha_z + K_2\alpha_p) - \frac{a_p p b_1 z n}{a_n a_w a_b HK_1 \beta_n}}{kb + \alpha_T H} =$$

$$= \frac{60 \cdot 300(60 \cdot 0,0334 + 0,05 \cdot 7,09)}{1,0 \cdot 1,13 \cdot 1,0 \cdot 155 \cdot 0,25 \cdot 0,133} - \frac{1 \cdot 5,38 \cdot 4,8 \cdot 60 \cdot 1500}{10^3 \sin 41,3^\circ} = 24,8 \text{ м/мин.}$$

Подача на зуб по формуле (24)

$$S_z = \frac{1000 \cdot V_s}{zn} = \frac{1000 \cdot 24,8}{60 \cdot 1500} = 0,27 \text{ мм.}$$

Средняя толщина стружки по формуле (25) для плющенных зубьев

$$a_{c\Delta} = \frac{S_z H}{l_k} = \frac{0,27 \cdot 155}{234,7} = 0,18 \text{ мм}$$

Полученное значение толщины стружки $a_c > 0,1$ мм, значение скорости подачи $V_{S(t)}$ не нужно пересчитывать по формуле (35).

Таким образом, из 5 значений скорости подачи: $V_{S(3)} = 125,6$ м/мин, $V_{S(ш)} = 99$ м/мин, $V_{S(N)} = 22,1$ м/мин, $V_{S(дв)} = 25,2$ м/мин, $V_{S(t)} = 24,8$ м/мин, выбирается наименьшая. Максимально допустимой является скорость подачи 22,1 м/мин, ограниченная мощностью привода механизма резания.

Пример 3. Разрабатывается круглопильный станок такой же, как в примере 1. Исходные данные такие же, как в рассмотренном примере 1, за исключением толщины применяемых пил и числа зубьев. На станке будут применяться пилы толщиной 3,2 мм с числом зубьев 48. Необходимо определить максимально допустимую скорость подачи брусьев.

Решение

6.3.1 Максимально допустимая скорость подачи по заполнению межзубовых впадин:

Шаг зуба определяется по формуле (4)

$$t \approx \frac{\pi D}{z} \approx \frac{3,14 \cdot 560}{48} = 36,7 \text{ мм.}$$

Площадь впадины зуба рассчитывается по формуле (3)

$$F_b = \theta_b t^2 = 0,252 \cdot 36,7^2 = 335,8 \text{ мм}^2.$$

$$V_{S(3\lambda)} = 0,8 \cdot 10^{-3} zn \frac{\beta_{зан} F_b}{\alpha_{yn} H} = 0,8 \cdot 10^{-3} \cdot 48 \cdot 1500 \frac{0,5 \cdot 335,8}{0,5 \cdot 155} = 124,8 \text{ м/мин.}$$

Для плющенных зубьев скорость подачи определяется по формуле (2)

$$V_{S(3\Delta)} = 1,25 V_{S(3\lambda)} = 1,25 \cdot 124,8 = 156 \text{ м/мин.}$$

6.3.2 Максимально допустимая скорость подачи по шероховатости поверхности распиловки:

$$V_{S(ш)} = \frac{S_z zn}{1000} = \frac{1,1 \cdot 48 \cdot 1500}{1000} = 79,2 \text{ м/мин.}$$

6.3.3 Максимально допустимая скорость подачи по мощности привода механизма резания:

Ширина стружки равна ширине пропила по формуле (20)

$$b_1 = b = B + 2\Delta B = 3,2 + 2 \cdot 0,8 = 4,8 \text{ мм.}$$

$$V_{S(N)} = \frac{\frac{6 \cdot 10^4 N_{\text{рез}}}{a_n a_w a_b H} - \frac{a_p p b_1 z n}{10^3 \sin \theta_{cp}}}{kb + \alpha_T H} = \frac{\frac{6 \cdot 10^4 \cdot 20}{1,0 \cdot 1,13 \cdot 1,0 \cdot 155} - \frac{1,5,38 \cdot 4,8 \cdot 48 \cdot 1500}{10^3 \sin 41,3^\circ}}{13,1 \cdot 4,8 + 0,57 \cdot 155} = 26,7 \text{ м/мин.}$$

Подача на зуб по формуле (24)

$$S_z = \frac{1000 \cdot V_S}{zn} = \frac{1000 \cdot 26,7}{48 \cdot 1500} = 0,37 \text{ мм.}$$

Определяется средняя толщина стружки по формуле (25)

для плющенных зубьев

$$a_{c\Delta} = \frac{S_z H}{l_k} = \frac{0,37 \cdot 155}{234,7} = 0,24 \text{ мм.}$$

Полученное значение толщины стружки $a_c > 0,1$ мм, значение скорости подачи $V_{S(N)}$ не нужно пересчитывать по формуле (11).

6.3.4 Максимально допустимая скорость подачи по динамической устойчивости пил:

Температурный перепад по радиусу пилы, соответствующий началу потери динамической устойчивости диска (см. пример 2) $\Delta T_{\text{dy}}^{\text{min}} = 74,5^\circ\text{C}$, и коэффициент $m = 0,287$.

Максимально допустимая скорость подачи по динамической устойчивости пилы по формуле (27)

$$V_{S(\text{dy})} = \frac{\frac{6 \cdot 10^4 m \Delta T_{\text{dy}}^{\text{min}}}{\beta_{ox} a_n a_w a_b H} - \frac{a_p p b_1 z n}{10^3 \sin \theta_{cp}}}{kb + \alpha_T H} = \frac{\frac{6 \cdot 10^4 \cdot 0,287 \cdot 74,5}{1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,13 \cdot 1,0 \cdot 155} - \frac{1,5,38 \cdot 4,8 \cdot 48 \cdot 1500}{10^3 \sin 41,3^\circ}}{13,1 \cdot 4,8 + 0,57 \cdot 155} = 30 \text{ м/мин.}$$

Подача на зуб по формуле (24)

$$S_z = \frac{1000 \cdot V_S}{zn} = \frac{1000 \cdot 30}{48 \cdot 1500} = 0,41 \text{ мм.}$$

Средняя толщина стружки по формуле (25) для плющенных зубьев

$$a_{c\Delta} = \frac{S_z H}{l_k} = \frac{0,41 \cdot 155}{234,7} = 0,27 \text{ мм.}$$

Полученное значение толщины стружки $a_c > 0,1$ мм, значение скорости подачи $V_{S(дв)}$ не нужно пересчитывать по формуле (28).

6.3.5 Максимально допустимая скорость подачи по теплостойкости материала зубьев пил:

Среднеинтегральные коэффициенты теплоотдачи зуба пилы и диска (см. пример 2) $\alpha_z = 0,0334$ Вт/°С и $\alpha_p = 7,09$ Вт/°С.

$$V_{S(t)} = \frac{60[t_0](z\alpha_z + K_2\alpha_p) \frac{a_p p b_1 z n}{a_n a_w a_b HK_1 \beta_n} - \frac{a_p p b_1 z n}{10^3 \sin \theta_{cp}}}{kb + \alpha_T H} =$$

$$= \frac{60 \cdot 300(48 \cdot 0,0334 + 0,05 \cdot 7,09) \frac{1 \cdot 5,38 \cdot 4,8 \cdot 48 \cdot 1500}{1,0 \cdot 1,13 \cdot 1,0 \cdot 155 \cdot 0,25 \cdot 0,133} - \frac{1 \cdot 5,38 \cdot 4,8 \cdot 48 \cdot 1500}{10^3 \sin 41,3^\circ}}{13,1 \cdot 4,8 + 0,57 \cdot 155} = 21,3 \text{ м/мин.}$$

Подача на зуб по формуле (24)

$$S_z = \frac{1000 \cdot V_S}{zn} = \frac{1000 \cdot 21,3}{48 \cdot 1500} = 0,3 \text{ мм.}$$

Средняя толщина стружки по формуле (25) для плющенных зубьев

$$a_{c\Delta} = \frac{S_z H}{l_k} = \frac{0,3 \cdot 155}{234,7} = 0,2 \text{ мм.}$$

Полученное значение толщины стружки $a_c > 0,1$ мм, значение скорости подачи $V_{S(t)}$ не нужно пересчитывать по формуле (35).

Таким образом, из 5 значений скорости подачи: $V_{S(3)} = 156$ м/мин, $V_{S(III)} = 79,2$ м/мин, $V_{S(N)} = 26,7$ м/мин, $V_{S(дв)} = 30$ м/мин, $V_{S(t)} = 21,3$ м/мин, выбирается наименьшая. Максимально допустимой является скорость подачи 21,3 м/мин, ограниченная теплостойкостью материала зубьев пил.

Библиографический список

1. Руководящие технические материалы по определению режимов пиления древесины круглыми пилами / Стахийев Ю.М., Пашков В.К. – Архангельск: ЦНИИМОД, 1988. – 74 с.
2. Технологические режимы РПИ 6.6-00 «Подготовка круглых плоских пил». 1986 – 44 с.
3. Моисеев А.В. Износостойкость дереворежущего инструмента. — М.: Лесн. пром-сть, 1981. – 112 с.