

## РАСЧЕТ СИЛ РЕЗАНИЯ, ПОДАЧИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРИ ПРОДОЛЬНО- ТОРЦЕВОМ РЕЗАНИИ

В данной работе дается упрощенный метод расчета сил и производительности при резании.

Предлагаемый метод расчета сил резания, подачи и производительности основывается на выводах общего закона резания и на обобщениях по этому закону экспериментальных данных.

Исследованиями различных процессов резания установлен общий закон резания, выражающий связь между удельной силой резания  $P$  и толщиной стружки  $e > 0,1$  мм (макростружка), уравнением прямой

$$P = p + Ke \text{ кГ/мм},$$

где  $p$  — удельная сила резания по задней грани резца, кГ/мм;

$K$  — удельное давление резания по передней грани резца при  $e > 0,1$  мм, кГ/мм<sup>2</sup>.

Аналогичная зависимость получена и при резании микростружки, когда  $e_{\mu} < 0,1$  мм,

$$P_{\mu} = P_3 + K_{\mu} \cdot e_{\mu}, \text{ кГ/мм},$$

где  $P_3$  — удельная сила резания по задней грани при  $e_{\mu} < 0,1$  мм, кГ/мм;

$K_{\mu}$  — удельное давление резания по передней грани резца при  $e_{\mu} < 0,1$  мм, кГ/мм<sup>2</sup>.

За основу расчетов примем более сложный процесс закрытого резания при продольной распиловке круглыми пилами с разведенными зубьями ( $\lambda$  — символ развода, а  $\Delta$  — символ плющения зубьев).

Ниже приводятся необходимые для расчета формулы и графики.

При средней толщине стружки  $e > 0,1$  мм

$$K_{\lambda} = k + \frac{\alpha_{\lambda} \cdot h}{b} + \frac{a_{\rho} \cdot p}{e_{\lambda}}, \quad (1)$$

где  $K_{\lambda}$  — полное среднее давление резания при  $e > 0,1$  мм и пилении пилами с разведенными зубьями,  $\text{кг/мм}^2$ ,  
а при  $e_{\mu} < 0,1$  мм

$$K_{\lambda\mu} = K_{\mu} + \frac{\alpha_{\lambda} \cdot h}{b} + \frac{(a_{\rho} - 0,8) \cdot p}{e_{\lambda\mu}}, \quad (2)$$

где  $K_{\lambda\mu}$  — полное среднее давление резания при  $e < 0,1$  мм и пилении пилами с разведенными зубьями,  $\text{кг/мм}^2$ .

В формуле (1) давление по передней грани резца

$$K = A^{\circ} \cdot \delta^{\circ} + B \cdot v \text{ м/сек} + B, \text{ кг/мм}^2, \quad (3)$$

а в формуле (2) давление по передней грани резца

$$K_{\mu} = A^{\circ} \cdot \delta^{\circ} + B \cdot v \text{ м/сек} + B_{\mu}, \text{ кг/мм}^2, \quad (4)$$

$a_{\rho}$  — коэффициент затупления лезвия;

$\alpha_{\lambda}$  — интенсивность трения стружки о стенки пропила,  $\text{кг/мм}^2$ .

При  $v < 50$  м/сек в формулах (3) и (4) вместо  $v$  брать  $(90^{\circ} - v)$  м/сек.

В формулах (3) и (4)  $A$ ,  $B$ ,  $B$  и  $B_{\mu}$  — соответствующие коэффициенты, зависящие от угла перерезания  $\psi$ , породы и вида обработки (рис. 1).

Значения  $A$  и  $B$  надо брать по рис. 2,  $B$  и  $B_{\mu}$  — по рис. 3 и  $p$  — по рис. 4.

Для определения подачи на зуб  $C_{\lambda}$  мм, а по ней скорости подачи

$$U = \frac{C_{\lambda} \cdot z \cdot n}{1000} \text{ м/мин} \quad (5)$$

пользуемся формулами:

при  $e_{\lambda} > 0,1$  мм

$$C_{\lambda} = \frac{6 \cdot 10^6 \cdot N}{h \cdot n \cdot z} - \frac{a_{\rho} \cdot p \cdot s}{\sin \theta}; \quad (6)$$

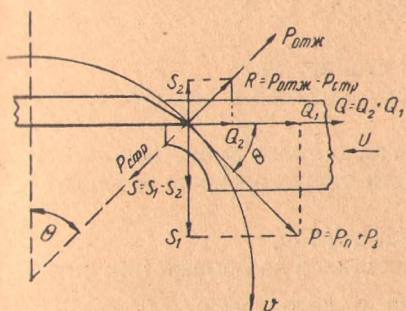


Рис. 1.

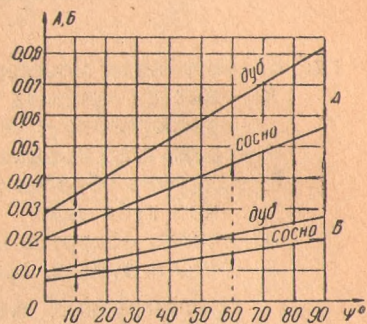


Рис. 2.

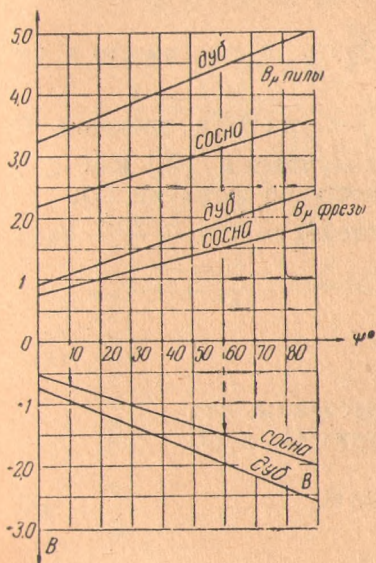


Рис. 3.

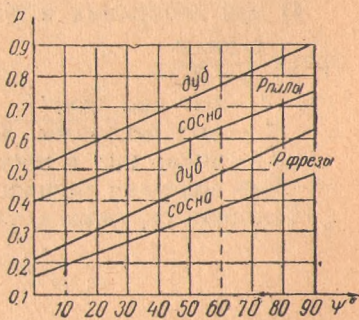


Рис. 4.

а при  $e_\lambda < 0,1$  мм

$$C_{\lambda\mu} = \frac{6 \cdot 10^6 \cdot N}{h \cdot n \cdot z} \frac{(a\rho - 0,8) \cdot p \cdot s}{\sin \Theta} \frac{1}{k_{\rho\mu} \cdot b + \alpha_\lambda \cdot h}, \quad (7)$$

где  $N$  — полезная мощность станка, кВт;

$h$  — высота пропила или припуск на обработку при фрезеровании, мм;

$s$  — режущая кромка разведенного зуба, мм;

$b$  — ширина обработки или режущая кромка плющеного зуба, мм;

$n$  — число оборотов вала, об/мин;

$z$  — число зубьев, врезающихся за оборот, или число полногрузных зубьев в лесорамах ( $z = \frac{H}{t}$ ,

где  $H$  — ход лесорамы, мм;  $t$  — шаг зубьев, мм).

При расчетах производительности по формулам (6) и (7) необходимо помнить, что

1) при фрезеровании  $\alpha_\lambda = 0$ , а вместо режущей кромки  $s$  мм надо брать  $b$  мм;

2) при  $\Delta$  зубьях надо брать  $b$  мм вместо  $s$  мм и  $\alpha_\Delta$  вместо  $\alpha_\lambda$ ;

3) надо определить  $e_\lambda = \frac{b}{s} \cdot C \cdot \sin \Theta$ , а значение  $C$  взять из формулы (6). Если получится  $e < 0,1$  или  $< 0$ , то расчет величины  $C$  надо вести по формуле (7);

4) при лесорамах в формуле (6) вместо  $\frac{6 \cdot 10^6 \cdot N}{h \cdot n \cdot z}$  надо брать  $\frac{6 \cdot 10^6 \cdot N \cdot t}{h \cdot n \cdot Z \cdot H}$ ,

где  $t$  — шаг пил, мм;

$H$  — ход лесорамы, мм;

$Z$  — число пил в поставе;

$N$  — полезная мощность лесорамы, кВт.

Толщина стружки в формулах (1) и (2)

$$e_\lambda = \frac{b}{s} \cdot C \cdot \sin \Theta, \quad (8)$$

где  $s$  — толщина пилы, мм.

$$e_\Delta = C \cdot \sin \Theta \quad (9)$$

$$\text{При фрезеровании } e = C \cdot \sin \Theta \quad (10)$$

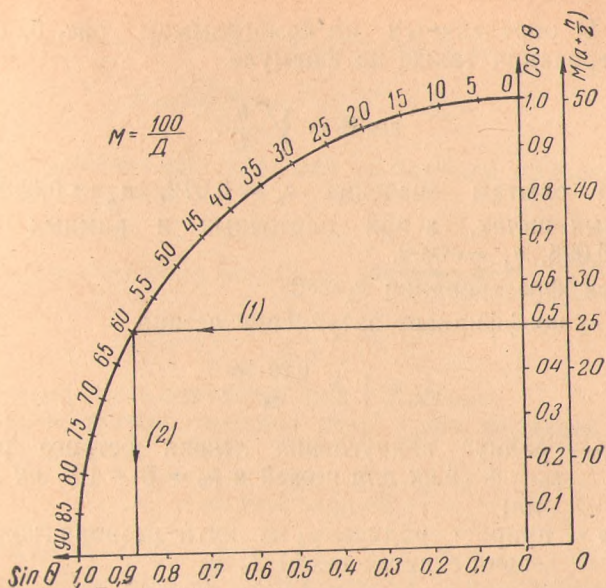


Рис. 5.

Пример:  $D = 500$  мм;  $a = 100$  мм;  $h = 50$  мм; по (1) —  
 $M \left( a + \frac{h}{2} \right) = \frac{100}{500} \left( 100 + \frac{50}{2} \right) = 25$  мм;  $\text{Cos } \theta = 0,5$   $\theta = 60^\circ$ ; по  
 (2)  $\text{Sin } \theta = 0,87$

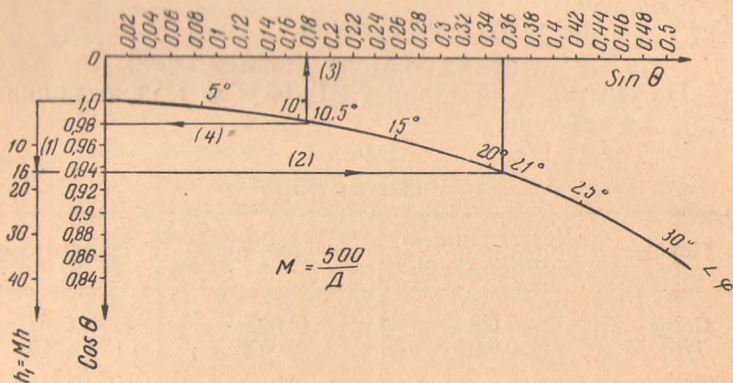


Рис. 6.

Пример:  $D = 125$  мм;  $h = 4$  мм; по (1) —  $\mu h = \frac{500}{125} \cdot 4 = 16$  мм; по  
 (2)  $\varphi = 21^\circ$ ,  $\theta = \frac{\varphi}{2} = 10,5^\circ$ , по (3) —  $\text{Sin } \theta = 0,18$ ; по (4) —  $a \text{Cos } \theta = 0,98$ .

$\angle \theta$  определяется по номограммам рис. 5, 6; при фрезеровании также по формуле

$$\sin \theta = \sqrt{\frac{h}{D}}. \quad (11)$$

По опытам значение  $\alpha_\lambda = 0,072$ ,  $\alpha_\Delta = 0,058$  при круглых пилах, а при ленточных и рамных пилах  $\alpha_\lambda = 0,025$ ,  $\alpha_\Delta = 0,02$ .

При фрезеровании  $\alpha_\lambda = 0$

$a_p$  — коэффициент затупления лезвия

$$a_p = 1 + \frac{0,20 \cdot \Delta\rho}{\rho_0}, \quad (12)$$

где  $\rho_0$  — радиус закругления лезвия острого реза;  $\rho_0 = 4-5$  мк для ножей и  $\rho_0 = 8-10$  мк для пил;

$\Delta\rho$  — прирост радиуса  $\rho_0$  на пути резания (контакта лезвия с древесиной)  $L$ , м.

$$\Delta\rho = \gamma_{\text{мк/м}} \cdot L_m = \gamma \frac{h \cdot n \cdot T'}{\sin \theta \cdot 10^3}, \quad (13)$$

где  $\gamma_{\text{мк/м}}$  — прирост затупления реза на пути резания длиной 1 м;

$L_m = \frac{h \cdot n \cdot T'}{\sin \theta \cdot 10^3}$  — путь резания, м;

$T'$  — время чистого резания, мин.

По опытам для стали ХВГ, 85 × Ф можно принять  $\gamma_{\text{мк/м}}$  по таблице.

Таблица

Значение  $\gamma_{\text{мк/м}}$

Породы	Круглые и ленточные пилы	Рамные пилы	Фрезерование
Сосна	0,001	0,002	0,0008
Дуб	0,0013	0,0026	0,0010

По найденному по формулам (1) и (2)  $K$  определяем  $N$

$$N = \frac{K \cdot b \cdot h \cdot U}{60 \cdot 102} \text{ квт.} \quad (14)$$

Средняя сила резания  $P$  за оборот будет

$$P = \frac{102 \cdot N}{v} = \frac{K \cdot b \cdot h \cdot U}{v} \text{ кг.} \quad (15)$$

Для определения всех сил пользуемся приводимыми ниже формулами:

$$P = p_3 + p_n, \quad (16)$$

где средняя сила за оборот по задней грани

$$p_3 = \frac{(a_p - 0,8) \cdot p \cdot P}{K \cdot e} \text{ кг} \quad (17)$$

для круглых, ленточных пил и лесорам.

Следовательно, средняя сила  $p_n$  по передней грани за оборот будет

$$p_n = P - p_3 \text{ кг.} \quad (18)$$

Формула (17) непригодна для фрезерования, так как там один нож на дуге контакта. Для фрезерования

$$p_3 = (a_p - 0,8) \cdot p \cdot b \cdot \frac{z \cdot \theta}{180} \text{ кг.} \quad (19)$$

Радиальная сила  $R$  определяется по формуле

$$R = P_{\text{отж}} - P_{\text{стр}} = \frac{P_3}{f_{\text{пр}}} - P_n \cdot \text{tg}(90^\circ - \delta - \varphi) \text{ кг,} \quad (20)$$

где  $\varphi$  — угол трения стружки по передней грани, равный 20—25°;

$f_{\text{пр}}$  — приведенный коэффициент, учитывающий как трение по задней грани так и пластическое деформирование поверхностного слоя древесины под поверхностью резания.

В первом приближении, по опытам Эрха Кивимаа (Финляндия), В. И. Чуприна (Каунасский политехнический институт), Нгуен-ван-Миня (МЛТИ), принимаем  $f_{\text{пр}} = f(a_p)$ :

$a_p = 1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,5; 1,7; 1,8; 1,9; 2,0$

$f_{\text{пр}} = 2,0; 1,5; 1,25; 1,1; 1,0; 0,9; 0,8; 0,75; 0,7;$

0,65; 0,6

Зная  $R$  по формуле (20), определяем усилие подачи  $Q$  кг и усилие  $S$  кг, нормальное к подаче, прижимающее или отбрасывающее заготовки от стола

$$Q = P \cdot \cos \theta + R \cdot \sin \theta, \quad (21)$$

$$S = P \cdot \sin \theta - R \cdot \cos \theta \quad (22)$$

С учетом трения заготовки по столу

$$Q_{\text{под}} = Q + fS, \text{ где } f = 0,3.$$

## ПРИМЕРЫ

Фрезерование	Пиление дисковыми пилами
<p>Дано: <math>N = 2,6</math> квт; <math>n = 3000</math> об/мин; <math>D = 125</math> мм; <math>v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60000} \approx 19,6</math> м/сек; <math>z = 2</math>; <math>\angle \delta = 60^\circ</math>; <math>h = 4</math> мм; <math>b = 200</math> мм; порода—сосна; <math>\rho_0 = 4</math> мк; <math>T = 3,5</math> ч; <math>\eta_{\text{р. д}} = 0,9</math>; <math>\eta_{\text{м. в}} = 0,8</math>; <math>\alpha = 0</math>;</p>	<p><math>N = 9</math> квт; <math>n = 3000</math> об/мин; <math>D = 500</math> мм; <math>v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60000} = 78,5</math> м/сек; <math>z = 60</math>; <math>\angle \delta = 60^\circ</math>; <math>h = 50</math> мм; <math>s = 2,4</math> мм; <math>b = 3,6</math> мм; подъем стола <math>a = 100</math> мм; <math>\alpha_\lambda = 0,072</math>; порода—сосна; <math>\rho_0 = 10</math> мк; <math>T = 3,5</math> ч; <math>\eta_{\text{р. д}} = 0,9</math>; <math>\eta_{\text{м. в}} = 0,9</math>; зубья разведены (<math>\lambda</math>);</p>

Определить  $U$  или  $\Delta$  и все

Для определения  $C_\lambda$  или  $C_\Delta$  надо применить формулу (6), где все определить

<p>1) По формуле (11) <math>\sin \theta = \sqrt{\frac{4}{125}} = 0,18</math> <math>\angle \theta = 10,5^\circ</math>;  <math>\cos \theta = 0,98</math> или по номограмме рис. 6 <math>M = \frac{500}{125} = 4</math> мм; <math>h_1 = 4 \cdot 4 = 16</math> мм, чему соответствует по номограмме угол контакта <math>\varphi = 21^\circ</math> и <math>\angle \theta = \frac{\varphi}{2} = 10,5^\circ</math>;</p>	<p>По номограмме рис. 5 <math>M = \frac{100}{500}</math>, по (1) — <math>\frac{1}{5} \left( a + \frac{h}{2} \right) = \frac{1}{5} \left( 100 + \frac{50}{2} \right) = 25</math> мм, чему соответствует <math>\angle \theta = 60^\circ</math>; <math>\sin \theta = 0,87</math>; <math>\cos \theta = 0,5</math>;</p>
--	--



Зная  $Q_{\text{под}}$ , определяем мощность подачи  $N_{\text{п}}$

$$N_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{под}} \cdot U}{60 \cdot 102 \cdot \eta_{\text{п}}} \text{ квт}, \quad (23)$$

где  $\eta_{\text{п}}$  — к. п. д. механизма подачи.

На основе приведенных формул и графиков рис. 2, 3, 4, 5, 6 даем типовые расчеты по основным станкам.

Все эти расчеты проводятся по единой схеме и по существу по единым формулам с учетом специфики отдельных процессов.

## РАСЧЕТОВ

Пиление ленточными пилами

$$N = 36 \text{ квт}; n = 500 \text{ об/мин}; D = 1400 \text{ мм}; v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60000} = 37 \text{ м/сек};$$

ширина ленты 140 мм;  $s = 1,2$  мм;  $b = 2$  мм;  $\angle \delta = 60^\circ$ ;  $t = 40$  мм; расстояние между осями шкивов  $L = 2000$  мм;  $\eta_{\text{р. д.}} \cdot \eta_{\text{м. в.}} = 0,5$ ; зубья  $\Delta$ ;  $T = 4$  ч; порода — сосна;  $h = 400$  мм;

Пиление рамными пилами

$$N = 80 \text{ квт}; H = 600 \text{ мм}; n = 300 \text{ об/мин}; v = \frac{H \cdot n}{30000} =$$

$6$  м/сек;  $t = 26$  мм; распиловка бруса  $h = 200$  мм; число пил в поставе  $z = 10$ ; зубья  $\Delta$ ;  $s = 2,2$  мм;  $b = 3,8$  мм;  $\angle \delta = 75^\circ$ ;  $T = 3,5$  ч;  $\eta_{\text{р. д.}} = 0,9$ ;  $\eta_{\text{м. в.}} = 0,9$ ; порода — сосна;  $\rho = 10$  мк;

силовые параметры

известно, кроме  $a_p$ ,  $p$ ,  $k$ ,  $\sin \theta$ , которые в первую очередь и надо

Так как  $U \perp v$ , то  $\angle \theta = 90^\circ$ ;  
 $\sin \theta = 1$ ;  $\cos \theta = 0$ ;

Так как  $U \perp v$ , то  $\angle \theta = 90^\circ$ ;  
 $\sin \theta = 1$ ;  $\cos \theta = 0$ ;

2) По формуле (12) (13) и табл. 1 определяем  $\Delta_p$  и  $a_p$

$$\Delta_p = 0,0008 \cdot \frac{3 \cdot 3000}{0,18 \cdot 10^3} \cdot 3,5 \cdot 60 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 8 \text{ мк}$$

и по формуле (12)

$$a_p = 1 + \frac{0,2 \cdot 8}{4} = 1,4;$$

$$\Delta_p = 0,001 \cdot \frac{50 \cdot 3000}{0,87 \cdot 10^3} \cdot 3,5 \cdot 60 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 30 \text{ мк}$$

и по формуле (12)

$$a_p = 1 + \frac{0,2 \cdot 30}{10} = 1,6;$$

3) По рис. 2, 3, 4 определяем  $p, A, B, V$

$$\Psi = 10,5^\circ; A = 0,024; B = 0,0085; V = 0,75; p = 0,19 \text{ и по формуле (3)}$$

$$k = 0,024 \cdot 60 + 0,0085(90 - 19,6) - 0,75 = 1,3 \text{ кг/мм}^2;$$

$$\Psi = 60^\circ; A = 0,044; B = 0,015; V = 1,5; p = 0,62 \text{ и по формуле (3)}$$

$$k = 0,044 \cdot 60 + 0,015 \cdot 78,5 - 1,5 = 2,32 \text{ кг/мм}^2;$$

4) Зная  $p, k, \sin \theta$  и  $a_p$ , определяем по формуле (6) и примечанию

$$C = \frac{6 \cdot 10 \cdot 2,6}{4 \cdot 2 \cdot 3000} - \frac{1,4 \cdot 0,19 \cdot 200}{0,18} = \frac{1,3 \cdot 200}{1,3 \cdot 200} = 1,35 \text{ мм}$$

по формуле (10)  $e = 1,35 \cdot 0,18 = 0,243 \text{ мм};$

по формуле (5)  $U = \frac{1,35 \cdot 2 \cdot 3000}{1000} = 8,1 \text{ м/мин};$

$$C = \frac{610^0 \cdot 9}{50 \cdot 60 \cdot 300} - \frac{1,6 \cdot 0,62 \cdot 2,4}{0,87} = \frac{2,32 \cdot 3,6 + 0,0072 \cdot 50}{0,87} = 0,273 \text{ мм}$$

и по формуле (8)

$$e_\lambda = \frac{3,6}{2,4} \cdot 0,273 \cdot 0,87 = 0,35 \text{ мм}$$

по формуле (5)

$$U = \frac{0,273 \cdot 60 \cdot 3000}{1000} = 49,1 \text{ м/мин};$$

5) По формуле (1) определяем  $K$

$$K = 1,3 + \frac{1,4 \cdot 0,19}{0,243} = 2,4 \text{ кг/мм}^2;$$

$$K = 2,32 + \frac{0,072 \cdot 50}{3,6} + \frac{1,6 \cdot 0,62}{0,35} = 6,15 \text{ кг/мм}^2;$$

6) По формуле (19) определяем

$$p_3 = (1,4 - 0,8) \cdot 0,19 \cdot 200 \cdot \frac{2 \cdot 21}{360} = 2,7 \text{ кг};$$

По формуле (17)

$$p_3 = \frac{(1,6 - 0,8) \cdot 0,62 \cdot 11,8}{6,15 \cdot 0,35} = 2,8 \text{ кг};$$

а по формуле (18)  $p_{II} = \frac{102 \cdot 2,6}{19,6} - 2,7 = 10,8 \text{ кг},$  где

по формуле (15)  $P = \frac{102 \cdot 9}{78,5} = 11,8 \text{ кг};$

$$P = \frac{102 \cdot 2,6}{19,6} = 13,5 \text{ кг};$$

по формуле (18)  $P_{II} = 11,8 - 2,8 = 9 \text{ кг};$

В данном случае зуб врезается не за оборот, а за цикл  $\frac{\pi D + 2L}{\pi D} =$

$$= 1 + \frac{2 \cdot 2000}{3,14 \cdot 1400} = 2 \quad \Delta_p = 0,001 \cdot \frac{400 \cdot 500}{10^3 \cdot 2} = 4,60 \cdot 0,5 = 12 \text{ мк}$$

и по формуле (12)  $a_p = 1 + \frac{0,2 \cdot 12}{10} = 1,24$ ;

$\Psi = 90^\circ$ ;  $A = 0,056$ ;  $B = 0,02$ ;  $B = 2$ ,  $p = 0,72$  и по формуле (3)  $k = 0,56 \cdot 60 + 0,02(90 + 37) - 2 = 2,42 \text{ кг/мм}^2$ ;

к ней „С“, „е“, „U“ и  $\Delta = \frac{H}{t} \cdot C$ .

До расчета надо определить критическую силу  $P_{кр} = \frac{10^5 \cdot s^5(0,82 + 0,002B)(0,95 + 0,01\sigma)}{L}$ ;

Принимая  $\sigma = 7 \text{ кг/мм}$ , тогда по заданию  $P_{кр} = \frac{10^5 \cdot 1,2^5(0,82 + 0,002 \cdot 140)(0,95 + 0,01 \cdot 7)}{2000}$  =

$$= 96 \text{ кг}; N_{кр} \frac{96 \cdot 37}{102} = 35 \text{ квт} <$$

$< 36 \text{ квт}$  по заданию. Принять надо при расчете  $C_\Delta$  меньшую мощность, исходя из учета жесткости пил, т. е.  $C_\Delta =$

$$\frac{6 \cdot 10^6 \cdot 3^5 \cdot 40}{3,14 \cdot 1 \cdot 00 \cdot 500 \cdot 400} - 1,24 \cdot 0,73 \cdot 2 =$$

$$= \frac{2 \cdot 2,45 + 0,02 \cdot 400}{37 \cdot 0,6} = 0,60 \text{ мм}; e_\Delta = 0,6 \text{ мм}$$

$$\text{и } u = \frac{37 \cdot 0,6}{40} = 0,55 \text{ м/сек, или } 33 \text{ м/мин};$$

$$K = 2,42 + \frac{0,02 \cdot 400}{2} + \frac{1,24 \cdot 0,72}{0,6} = 7,95 \text{ кг/мм}^2;$$

$$\text{По формуле (15) } P = \frac{102 \cdot 35}{37} = 95 \text{ кг}; \text{ по формуле (17) } p_3 = \frac{0,44 \cdot 0,72 \cdot 95}{7,95 \cdot 0,6} = 7 \text{ кг}$$

$$\text{и по формуле (18) } p_{II} = 95 - 7 = 88 \text{ кг};$$

$$\Delta_p = 0,02 \cdot \frac{200 \cdot 300}{10^3} \cdot 3,5 \cdot 60 \cdot 0,9 = 20 \text{ мк}$$

и по формуле (12)

$$a_p = 1 + \frac{0,2 \cdot 20}{10} = 1,4;$$

$\Psi = 90^\circ$ ;  $A = 0,056$ ;  $B = 0,02$ ;  $B = 2$ ;  $p = 0,72$  и по формуле (3)  $k = 0,056 \cdot 75 + 0,02(90 - 6) - 2 = 3,88 \text{ кг/мм}^2$ ;

$$C = \frac{6 \cdot 10^6 \cdot 80 \cdot 26}{200 \cdot 10 \cdot 300 \cdot 600} - 1,4 \cdot 0,72 \cdot 3,8 =$$

$$= \frac{3,88 \cdot 3,8 + 0,02 \cdot 200}{600} \cdot 1,11 = 1,11 \text{ мм}$$

и  $\Delta_N = \frac{600}{26} \cdot 1,11 = 25,6$ ; надо проверить  $\Delta_N$  по

производительности пил, по емкости впадин  $\Delta_0 = \frac{H \cdot t}{2 \cdot h_{\text{макс}}} =$

$$\frac{600 \cdot 26}{2 \cdot 200} = 39 \text{ мм};$$

Принять надо меньшее значение, т. е.  $\Delta_N = 25,6 \text{ мм}$ ;  $U = \frac{\Delta_N \cdot n}{1000} =$

$$= \frac{25,6 \cdot 80}{1000} = 7,68 \text{ м/мин};$$

$$K = 3,88 + \frac{0,02 \cdot 200}{3,8} + \frac{1,4 \cdot 0,72}{1,11} = 6 \text{ кг/мм}^2;$$

$$\text{По формуле (15) } P = \frac{102 \cdot 80}{6} = 1360 \text{ кг};$$

$$\text{по формуле (17) } p_3 = \frac{(1,4 - 0,8) \cdot 0,72 \cdot 1360}{6 \cdot 1,11} = 70 \text{ кг};$$

$$\text{по формуле (18) } p_{II} = 1360 - 70 = 1290 \text{ кг};$$

7) Найдя по таблице 2  $f_{пр}$  по  $a_p$ , определяем по формуле (20)  $R$ , а

$$a_p = 1,4; f_{пр} = 1; R = \frac{2,7}{1} = 10,8 \cdot 0,18 = 0,76 \text{ кГ} \text{ — отжим } Q = 13,5 \cdot 0,98 + 20,76 \cdot 0,18 = 13,4 \text{ кГ}; S = 13,5 \cdot 0,18 - 0,76 \cdot 0,98 = 1,7 \text{ кГ} \text{ — прижим;}$$

$$8) N_{п} = \frac{Q \cdot U}{60 \cdot 102} = \frac{13,4 \cdot 8,1}{60 \cdot 102} = 0,018 \text{ квт}$$

$$N_{п} = \frac{7,55 \cdot 49,1}{60 \cdot 102} = 0,06 \text{ квт}$$

по формуле (21) —  $Q$  и по формуле (22) —  $S$

$$a_p = 1,24; f_{пр} = 1,2 \quad R = \frac{7}{1,2} = 5,83 \text{ —}$$

$$- 88 \cdot \text{tg}(90^\circ - 60^\circ - 20^\circ) = -10 \text{ кГ};$$

$$Q = 95 \cdot \cos 90^\circ - 10 \cdot \sin 90^\circ = -10 \text{ кГ} \text{ — (затягивание); } S = 95 \cdot \sin 90^\circ + 10 \cdot \cos 90^\circ = 95 \text{ кГ} \text{ — прижим;}$$

$$a_p = 1,4; f_{пр} = 1; R = \frac{70}{1} = 70 \text{ —}$$

$$- 1290 \cdot \text{tg}(90^\circ - 75^\circ - 25^\circ) = +300 \text{ кГ}; Q = 1360 \cos 90^\circ + 300 \cdot \sin \theta = 300 \text{ кГ}; S = 1360 \sin 90^\circ - 300 \cdot \cos 90^\circ = 1360 \text{ кГ} \text{ — прижим;}$$

$N_{п}$  — необходимо только для преодоления вредных сопротивлений, так как — затягивание

$$N_{п} = \frac{300 \cdot 7,68}{60 \cdot 102} = 0,384 \text{ квт}$$