

ОБЩИЙ ЗАКОН РЕЗАНИЯ И ЕГО ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Доктор техн. наук А. Л. БЕРШАДСКИЙ

В статье «Общий закон резания»* устанавливалось, что изменение тангенциальной силы резания P кг/мм по закону прямой имеет место во всех процессах резания для толщин стружек, несоизмеримых с радиусом затупления реза r мм. Такой толщиной, по опытам Е. Кивимаа (Финляндия), В. Бухтиярова (МЛТИ), И. Кугеля (БЛТИ) и др., оказалась толщина стружки $e \approx 0,1$ мм.

В осях координат (e мм, P кг/мм) получали, что закон изменения P кг/мм по прямой AB (рис. 1) справедлив только до $e \approx 0,1$ мм, а при дальнейшем уменьшении e (переход в зону чистовых микростружек e_p) начинается спад по пологой пунктирной кривой ab .

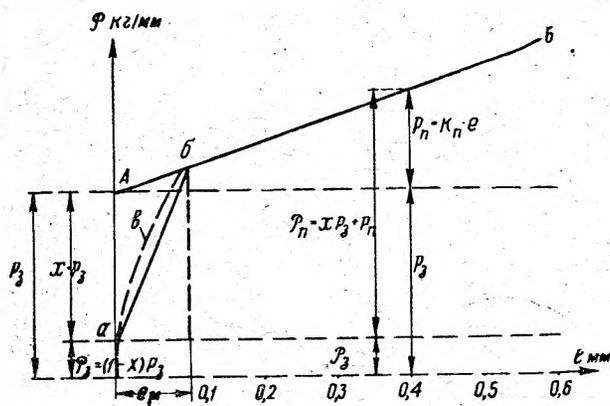


Рис. 1

Уравнение прямой AB пишется как

$$P = p_3 + k_n \cdot e, \tag{1}$$

где k_n — среднее давление при стружкообразовании передней грани реза, а

$$k_n \cdot e = p_n \tag{2}$$

где p_n — сила резания по передней грани;

p_3 — сила резания при $e=0$, т. е. сила, действующая со стороны задней грани на заштрихованный на рис. 2 слой I , ниже линии раздела 00 .

Но силы p_3 и p_n на рис. 1 — фиктивные силы, так как от точки b закон прямой нарушается и пересечение кривой ab с осью ординат при $e=0$ будет в точке a , а не в точке A . Следовательно, фактическая сила резания со стороны задней грани будет

$$p_3 \approx (1-x)p_3, \tag{3}$$

где $x < 1$, а фактическая сила резания со стороны передней грани реза равна:

$$P_n + xp_3 + p_n = xp_3 + k_n \cdot e. \tag{4}$$

* См. «Деревообрабатывающая промышленность», 1960, № 11, стр. 9.

Вся тангенциальная сила резания P будет равна:

$$P = P_n + P_3 = xp_3 + k_n \cdot e + (1-x)p_3 = p_3 + k_n \cdot e,$$

т. е. до $e=0,1$ мм тангенциальная сила резания выражается уравнением (1).

При микростружках, принимая в порядке первого приближения закон изменения P_p по прямой ab , получим

$$P_p \approx (1-x)p_3 + (10p_3 + k_n)e_p. \tag{5}$$

Соответствующее значение средних давлений резания K кг/мм² (или удельных работ K кгм/см³) будет при $e > 0,1$ мм:

$$K = \frac{P}{e} = k_n + \frac{p_3}{e}, \tag{6}$$

при $e < 0,1$ мм

$$K_p = \frac{P_p}{e_p} = 10p_3 + k_n + \frac{(1-x)p_3}{e_p}. \tag{7}$$

Если в зоне толщин $e > 0,1$ мм методы обобщений проф. К. Зворыкина и проф. А. Бриска дают количественно совпадающие результаты, то качественно метод проф. А. Бриска** (расчленения силы резания на ее составные части) выше интегрального метода проф. К. Зворыкина. Он позволяет дать более широкое объяснение происходящим при резании физическим явлениям, он позволяет установить взаимосвязь между тангенциальной силой резания P кг, силой отжима $P_{отж}$, силой затягивания $P_{зат}$, радиальной силой R , равной алгебраической сумме $P_{отж}$ и $P_{зат}$, силой S , нормальной к вектору скорости подачи U и характеризующей прижимные силы, и усилием подачи Q кг (рис. 2, 3).

Метод расчленения силы резания на ее составные части позволяет в первом приближении оценить силовые параметры при чистовых микростружках, а также по-новому решить вопрос о коэффициенте затупления a_p , распределив его влияние отдельно на работу передней и задней граней, что имеет большое значение при определении сил R , S и Q . Ниже кратко излагаю эти вопросы.

1. О силах $P_{зат}$, $P_{отж}$, R , S и Q .

Выше мы получили формулу (3) для p_3 и (1) для P_n . Из рис. 2 видно, что сила

$$P_{зат} = P_n \cdot \text{tg}(90^\circ - \delta - \varphi), \tag{8}$$

где φ — угол трения, равный примерно 17° при коэффициенте трения $f=0,3$. Сила затягивания направлена к стружке (рис. 2, 3). Она берется условно со знаком минус.

** Формула (6) расчленения силы резания древесины на два слагаемых имеет место в теории резания проф. М. А. Дешевого и позже — в теории проф. С. А. Воскресенского. Таким образом, положения данной статьи сближают точки зрения проф. А. Л. Бершадского и проф. С. А. Воскресенского. — Прим. ред.

ряда. В последнем случае очень удобно применение вставной полки-подставки, облегчающей пользование книгами второго ряда.

Эти размеры являются более универсальными в пользовании и более удобными для производства, чем приведенные в статье И. Середюка «Некоторые вопросы экономики изготовления мебели» (журнал «Жилищное строительство», 1961, № 2), где автор рекомендует в качестве оптимальных три размера

полок с градацией по глубине в 40—50 мм и рассчитывает их только на однорядное хранение книг, что, к сожалению, не всегда возможно.

Для более удобного и экономного хранения журналов можно рекомендовать усовершенствование внутреннего оборудования нижнего, более глубокого отделения шкафа и уточнение его габаритов (рис. 7).

Из рис. 2 следует также, что

$$P_{отж} \approx \frac{(1-x) p_э}{f} \quad (9)$$

$P_{отж}$ действует в сторону поверхности резания и условно берется со знаком плюс.

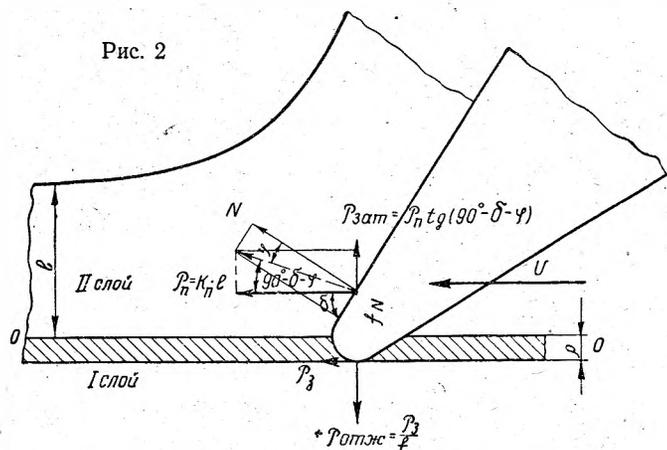


Рис. 2

Радиальная сила R равна алгебраической сумме:

$$R = -P_{зам} + P_{отж} \quad (10)$$

Если $R > 0$, то она направлена к центру, а если $R < 0$, то она направлена от центра (рис. 3).

Зная величины направления силы резания P и R (рис. 3), определяем нормальную к направлению подачи силу S :

$$S = P \sin \theta \pm R \cos \theta, \quad (11)$$

где θ — угол встречи между векторами U и v . Знак (+) берется, когда R направлена к центру, а (-), когда R направлена от центра (рис. 3).

Значение силы Q получаем из уравнения:

$$Q = P \cos \theta \pm R \sin \theta + f \cdot S. \quad (12)$$

Знак (+) берется, когда R направлена от центра, а знак (-), когда R направлена к центру (рис. 3).

2. Определение в первом приближении значения x по опытам Е. Кивимаа и В. Бухтиярова.

Опыты Е. Кивимаа. Элементарное резание березы в торце (\perp), вдоль (\parallel) и поперек ($\#$) волокон при $\delta = 55^\circ$. Обработка результатов опытов Е. Кивимаа по методу А. Брикса дала при торцовом резе $P_{\perp} = 0,4 + 3,8 \cdot e$, где $p_э = 0,4$ кг/мм; $P_{\parallel} = 3,8 \cdot e$ кг/мм. Применяя формулы (3) и (4), определяем по формуле (8) $P_{зам}$ и по (9) $P_{отж}$:

$$P_{зам} = -(3,8 \cdot e + 0,4 \cdot x) \cdot \operatorname{tg}(90^\circ - 55^\circ - 17^\circ) \approx \approx -(1,27 \cdot e + 0,182 \cdot x);$$

$$P_{отж} = \frac{+(1-x) \cdot 0,4}{0,3} = +1,33 - 1,33x.$$

*Меньшие значения V_{\pm} — при $\delta < 55^\circ$, большие — при $\delta > 55^\circ$.

При $e = 0,2$ мм по опытам Е. Кивимаа имеем $R = -0,27$ кг/мм, а так как $R = -P_{зам} + P_{отж}$, то $-0,27 = -1,27 \cdot 0,2 - 0,182x + 1,33 - 1,33x$, откуда $x \approx 0,94$.

Так, обрабатывая данные опытов Е. Кивимаа и В. Бухтиярова, для березы, дуба и сосны при всех e , всех случаях резания, для затупленных и острых резцов, получили:

для острых резцов $x_0 \approx 0,8 \div 0,9$,
для затупленных резцов $x \approx 0,45 \div 0,55$.

3. О коэффициенте затупления a_p .

Обработка результатов опытов Е. Кивимаа при торцовом

резании березы при острым и затупленном резце (по методу А. Брикса) дала:

$$P_{\perp 0} = 3,8 \cdot e + 0,4; P_{\perp p} = 3,7 \cdot e + 0,8. \text{ Следовательно, } a_{pn} \approx 1, \text{ а } a_{pz} \approx 2.$$

Аналогично обрабатывая данные опытов Е. Кивимаа при резании березы вдоль и поперек волокон и данные опытов В. Бухтиярова при резании дуба и сосны при фрезеровании, получим примерно следующие коэффициенты затупления в зависимости от времени непрерывного резания в часах T :

T часы	0	1	2	3	4	5	6
a_{pn}	1,0	1,05	1,1	1,15	1,2	1,25	1,3
a_{pz}	1,0	1,25	1,45	1,60	1,75	1,85	2,0

Ошибочность применения интегрального общего коэффициента a_p — очевидна. При нем не определить ни R , ни S , ни Q .

4. О микростружках e_{μ} .

Зная x , a_{pn} и a_{pz} , получаем по (5):

$$P_{\mu 0} = (8p_э + k_n) \cdot e + 0,2p_э; \quad (13)$$

$$P_{\mu p} = (5,5a_{pz}p_э + a_{pn}k_n) e_{\mu} + 0,45a_{pz} p_э. \quad (14)$$

И соответственно:

$$K_{\mu 0} = 8p_э + k_n + \frac{0,2 \cdot p_э}{e}; \quad (15)$$

$$K_{\mu p} = 5,5a_{pz}p_э + a_{pn}k_n + \frac{0,45a_{pz}p_э}{e}. \quad (16)$$

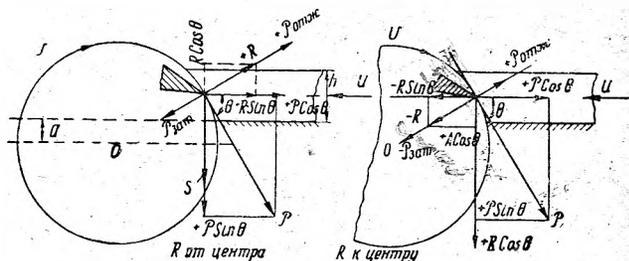


Рис. 3

5. Общие формулы резания.

Обрабатывая по методу А. Брикса данные опытов, проведенных при разных углах встречи силы резания с волокнами (ψ), векторов скорости резания v и скорости подачи U (θ), при разных δ , разных v и e для сосны, березы и дуба, при $\alpha \geq 10^\circ$, получили для трех основных случаев резания (в торце, вдоль волокон и поперек волокон) обобщенную формулу удельной работы:

$$K_{осн} = A_{осн} \cdot \delta + B_{осн} \cdot v - C_{осн} + \frac{D_{осн}}{e}. \quad (17)$$

Таблица 1

Порода	A_{\perp}	A_{\parallel}	$A_{\#}$	B_{\perp}	B_{\parallel}	$B_{\#}^*$	C_{\perp}	C_{\parallel}	$C_{\#}$	D_{\perp}	D_{\parallel}	$D_{\#}$
Сосна	0,074	0,02	0,003	0,02	0,007	0,006—0,007	1,9	0,55	0,06	0,42	0,0226	0,0036—0,08
Береза	0,09	0,028	0,005	0,027	0,0085	0,007—0,01	2,2	0,75	0,09	0,55	0,0036	0,00478—0,12
Дуб	0,105	0,054	0,006	0,03	0,01	0,0085—0,012	2,7	0,90	0,1	0,7	0,00386	0,00366—0,14

Значения коэффициентов $A_{осн}$, $B_{осн}$, $C_{осн}$ и $D_{осн}$ даны в табл. 1.

Формула (17) относится к острым резцам при открытом резании. В (17)

$$k_n = A \cdot \delta + B \cdot v - C \text{ кг/мм}^2. \quad (18)$$

$$p_э = D \text{ кг/мм}. \quad (19)$$

При переходе к случаям резания под углом ψ при продольно-торцовом резе

$$K_{\psi \parallel - \perp} = K_{\parallel} + (K_{\perp} - K_{\parallel}) \sin^{1,25} \psi, \quad (20)$$

при поперечно-торцовом резе

$$K_{\psi \# - \perp} = K_{\#} + (K_{\perp} - K_{\#}) \sin^{1,25} \psi, \quad (21)$$

при поперечно-продольном резе

$$K_{\psi \# - \parallel} = K_{\#} + (K_{\parallel} - K_{\#}) \cos^{1,25} \psi. \quad (22)$$

Аналогично определяются $k_{\psi n}$ и $P_{\psi z}$, а также коэффициенты A_{ψ} , B_{ψ} и др. Например:

$$A_{\psi \parallel - \perp} = A_{\parallel} + (A_{\perp} - A_{\parallel}) \sin^{1,25} \psi.$$

С учетом закрытого резания (пиления) и трения стружки о стенки пропила $k_{mp} = \frac{ah}{b}$ (см. «Резание древесины».

М.—Л., Гослесбумиздат, 1956), а также затупления общая формула удельной работы резания будет для круглых пил с разведенными зубьями (λ):

$$K_{\psi \parallel - \perp} = 1,1 \cdot a_{pn} k_{\psi n} + \frac{\alpha_{\lambda} h}{b} + \frac{1,1 \cdot a_{pz} P_{\psi z} \cdot s}{b \cdot c \cdot \sin \theta}. \quad (23)$$

Подставляя K_{ψ} в объемную формулу

$$N = \frac{K_{\psi} \cdot b \cdot h \cdot U}{6 \cdot 10^3} \text{ квт}, \quad (24)$$

определяем по заданному режиму полезную мощность резания.

Усилие резание P надо определять расчлененно, так как без расчленения нельзя определять $P_{отж}$, $P_{зат}$, R , S и Q .

$$P_{\Delta} = \frac{K_{\psi} b \cdot h \cdot U}{v} = \frac{K_{\psi} b \cdot h \cdot c}{t} = \left[1,1 a_{pn} k_{\psi n} + \frac{\alpha_{\lambda} h}{b} + \frac{1,1 \cdot a_{pz} P_{\psi z} \cdot s}{b \cdot c \cdot \sin \theta} \right] \frac{b \cdot h \cdot c}{t}, \quad (25)$$

$$\text{где } P_{pn} = \left[1,1 a_{pn} k_{\psi n} + \frac{\alpha_{\lambda} h}{b} \right] \frac{b \cdot h \cdot c}{t}. \quad (26)$$

$$P_{pz} = \frac{1,1 \cdot a_{pz} P_{\psi z} \cdot s \cdot h}{t \cdot \sin \theta}. \quad (27)$$

$$\text{Так как } c = \frac{1000 \cdot U}{z \cdot n}, \quad (28)$$

то из (24) определяем значение подачи на зуб s в зависимости от всех факторов процесса резания:

$$c_{\lambda} = \frac{6 \cdot 10^5 N}{z \cdot n \cdot h} - \frac{1,1 a_{pz} P_{\psi z} \cdot s}{\sin \theta}, \quad (29)$$

где $\alpha_{\lambda} = 0,025$ (коэффициент интенсивности трения стружки о стенки пропила).

Все приведенные данные позволяют широко анализировать режимы резания, находя условия для его интенсификации.

Примечание 1. Если по (29) получится $c_{\lambda} < 0,1$ мм, то это значит, что мы вошли в область микростружек, и тогда надо вести пересчет, принимая по (15) или по (16) значения $k_{\psi n}$ и $P_{\psi z}$ для e_{μ} .

Примечание 2. При переходе на плюшевые зубья надо в (23), (25), (26), (27), (29) заменить s мм на b мм и брать вместо $\alpha_{\lambda} = 0,025$ значение $\alpha_{\lambda} = 0,02$. При фрезеровании отпадают все члены формулы, куда входит α_{λ} или α_{Δ} , отпадает также коэффициент 1,1, и s мм заменяется на b мм. При переходе на рамное пиление $\theta = 90^\circ$, т. е. $\sin \theta = 1$; $z = \frac{\pi D}{t}$

заменяется $z = \frac{H}{t}$, а в (25), (26), (27) в знаменателе вместо t надо брать $2t$. В ленточнопильных станках $\theta = 90^\circ$ и $\sin \theta = 1$.

Следовательно, от общих формул резания для круглых пил продольной распиловки с разведенными зубьями переходим, соблюдая правила, указанные в примечании 2, к другим случаям резания.

Приводим ряд примеров, ограничиваясь в данной статье круглыми пилами для продольной распиловки.

Для сопоставления получаемых по расчету значений с требованиями, предъявляемыми к чистоте распиловки, приводим табл. 2, где даются классы чистоты распила в зависимости от c_{Δ} , c_{λ} , $c_{стр}$ и углов встречи θ^{***} . В числителе — данные для λ и Δ , в знаменателе — для строгальных пил. (Обобщение работ Н. К. Якунина — ЦНИИМОД и Н. И. Давыдовой — БЛТИ).

Таблица 2

c_{λ}	c_{Δ}	$c_{стр}$	Значение углов θ					
			20°	30°	40°	50°	60°	70°
Классы чистоты ∇d								
1,2	1,8	—	2	2	2	2	2	2
1,0	1,5	—	3	3	3	3	2	2
0,8	1,2	—	4	4	4	4	3	3
0,5	0,75	—	4	4	4	4	4	4
0,3	0,45	—	5	5	5	5	4	4
0,2	0,3	0,3	5/7	5/7	5/7	5/7	4/6	4/6
0,1	0,15	0,15	6/8	6/8	6/8	6/8	5/7	5/7
0,1	0,15	0,07	7/9	7/9	7/9	7/9	6/8	6/8

Пример 1.

Дано: Круглопильный станок с механической подачей. $D=450$ мм; $n=2900$ об/мин; подъем стола над центром $a=90$ мм; высота пропила $h=25$ мм; число зубьев $z=60$; $\delta=60^\circ$ Скорость подачи $U=55,7$ м/мин; порода — сосна; $s=2,2$ мм; $b=3,6$; $\omega=15\%$; резец острый, $\alpha_{\lambda}=0,025$.

Определить: Класс чистоты поверхности, полезную мощность, расходуемую на резание N , усилие подачи Q .

Решение 1. Для определения класса чистоты ∇d надо знать угол встречи θ и подачу на зуб c .

$$c = \frac{1000 \cdot U}{z \cdot n} = \frac{1000 \cdot 55,7}{60 \cdot 2900} \approx 0,32 \text{ мм.}$$

По номограмме (рис. 4), где D окружности равен 100 мм, определяем θ . Находим масштаб M перехода к $D=450$ мм:

$$M = \frac{100}{D} = \frac{100}{450} = \frac{1}{4,5}.$$

$$\text{Определяем } M \left(a + \frac{h}{2} \right) = \frac{1}{4,5} \left(90 + \frac{25}{2} \right) \approx 22,8 \text{ мм.}$$

Откладываем на оси ординат 22,8 мм, проводим горизонталь (1) и находим на шкале $\theta=63^\circ$ по вертикали (2) $-\sin \theta=0,89$; в обратном направлении против стрелки по горизонтали (1) $-\cos \theta=0,45$, а по (2)—(3) $\sin^{1,25} \theta=0,87$.

Ответ. При $c_{\lambda} = 0,32$ мм и $\theta = 63^\circ$ по табл. 2 класс чистоты составляет $\nabla 4$.

2. Для определения N надо найти K_{ψ} по (23). Так как резец острый, то $a_{pn} = a_{pz} = 1$. При заданных условиях

$$v = \frac{\pi D n}{60} = 68,3 \text{ м/сек.}$$

Определяем по (18) и табл. 1 с учетом коэффициента 1,1 для закрытого резания

$$k_{\perp n} = 1,1 (0,074 \cdot 60 + 0,02 \cdot 68,3 - 1,9) = 3,9 \text{ кг/мм}^2, \text{ а по (19)}$$

$$p_{\perp z} = 1,1 \cdot 0,42 \approx 0,46 \text{ кг/мм.}$$

Так же определяем:

$$k_{\parallel n} = 1,1 (0,02 \cdot 60 + 0,007 \cdot 68,3 - 0,55) = 1,24 \text{ кг/мм}^2,$$

$$p_{\parallel z} = 1,1 \cdot 0,132 \approx 0,145 \text{ кг/мм.}$$

Зная $\sin \theta = 0,89$ и $\sin^{1,25} \theta \approx 0,87$ (рис. 4), по (20) согласно примечанию находим

$$k_{\psi n} = k_{\parallel n} + (k_{\perp n} - k_{\parallel n}) \sin^{1,25} \theta = 1,24 + (3,9 - 1,24) \cdot 0,87 = 3,55 \text{ кг/мм}^2;$$

$$P_{\psi z} = p_{\parallel z} + (p_{\perp z} - p_{\parallel z}) \sin^{1,25} \theta = 0,145 + (0,46 - 0,145) \cdot 0,87 = 0,42 \text{ кг.}$$

*** Когда U параллельна волокон, что имеет место в большинстве случаев практики, $\psi = \theta$.

$$\text{Следовательно, } K_{\psi} = 3,55 + \frac{0,025 \cdot 25}{3,6} + \frac{0,42 \cdot 2,2}{3,6 \cdot 0,32 \cdot 0,89} \approx 3,55 + 0,17 + 0,92 \approx 4,64 \text{ кг/мм}^2.$$

$$\text{По (24) } N = \frac{K \cdot b \cdot h \cdot U}{6 \cdot 10^3} = \frac{4,64 \cdot 3,6 \cdot 25 \cdot 55,7}{6 \cdot 10^3} \approx 4 \text{ квт.}$$

3. Определение всех сил, в том числе и усилия подачи Q .

По (25) находим расчлененно силу резания P :

$$P = \frac{K \cdot b \cdot h \cdot c}{t} = (3,55 + 0,17 + 0,92) \frac{3,6 \cdot 25 \cdot 0,32}{23,55} = 4,33 + 0,207 + 1,12 = 5,76 \text{ кг,}$$

где по (26) $P_n = 4,33 + 0,207 = 4,54 \text{ кг}$ ($0,207$ — сила трения, также действующая на переднюю грань).

По (27) $P_s = 1,12 \text{ кг}$. По (8) при $x = 0,9$ и при остром резе

$$P_{\text{зам}} = -(4,54 + 0,9 \cdot 1,12) \cdot \text{tg}(90^\circ - 60^\circ - 17^\circ) = -1,27 \text{ кг.}$$

$$\text{По (9) } P_{\text{отж}} = + \frac{(1 - 0,9) \cdot 1,12}{0,3} = +0,37 \text{ кг,}$$

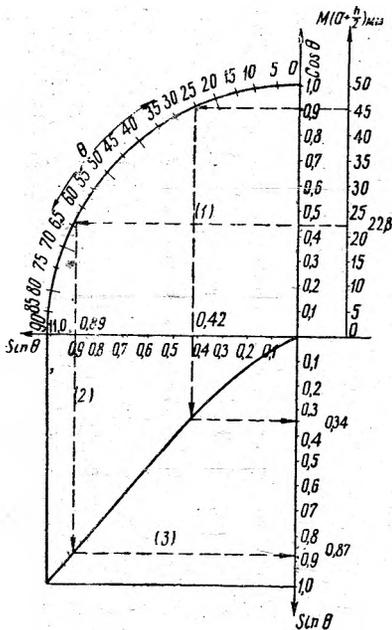


Рис. 4

По номограмме (рис. 4) $\theta = 25^\circ$; $\sin \theta = 0,42$; $\cos \theta = 0,90$; $\sin^{1,25} \theta = 0,34$. В 1-м примере $k_{\perp n} = 3,9$; $p_{\perp s} = 0,46$; $k_{\parallel n} = 1,24$; $p_{\parallel s} = 0,145$. Следовательно, по (20) $k_{\psi n} = 1,24 + (3,9 - 1,24) \cdot 0,34 = 2,14$, $p_{\psi s} = 0,145 + (0,46 - 0,145) \cdot 0,34 = 0,25$.

По (29) определяем c_{Δ} :

$$c_{\Delta} = \frac{6 \cdot 10^6 \cdot 4}{2,14 \cdot 3,6 + 0,25 \cdot 25} \frac{0,42 \cdot 2,2}{0,42} \approx \frac{5,52 - 1,31}{7,704 + 0,625} \approx 0,5 \text{ мм,}$$

что при $\theta = 25^\circ$ по табл. 2 соответствует $\nabla \delta 4$, как и в 1-м примере:

$$U = \frac{c \cdot z \cdot n}{1000} = \frac{0,5 \cdot 60 \cdot 2900}{1000} \approx 87 \text{ м/мин против}$$

$U \approx 56 \text{ м/мин}$ в 1-м примере. Рост U на 1,55% при том же классе чистоты.

Определяя, как и по предыдущему примеру, $P_{\text{зам}} = -1,3$; $P_{\text{отж}} = +0,465$; $R = -0,835$, получим $S = 3,2 \text{ кг}$ вместо 5,53 по 1-му примеру и $Q = 6,21 \text{ кг}$ вместо 3,66, т. е. усилие подачи возросло примерно на 170%. Но так как мощность, расходуемая на подачу $N_{\text{под}}$, очень мала по сравнению с мощностью, расходуемой на резание (4 квт), и составляет

$$N_{\text{под}} = \frac{Q \cdot U}{6 \cdot 10^3} = \frac{6,21 \cdot 87}{6 \cdot 10^3} \approx 0,09 \text{ квт,}$$

то на общем расходе мощности увеличение Q почти не скажется. Следовательно, для повышения производительности станков при той же мощности привода целесообразно иметь конструкцию станков с подъемной пилой (для сохранения одних уровней столов при поточной линии), рассчитывая механизм подачи при усилиях, соответствующих максимальному подъему стола или опусканию пилы. Для данного примера

$$\frac{Q}{P} = \frac{6 \cdot 21}{5 \cdot 76} = 1,1 \text{ вместо } 0,60 \text{ по 1-му примеру.}$$

Пример 3. Решить пример 1-й при переходе на пилы с плюшевыми зубьями.

Решение. 1. Если ограничиться только плюшением зубьев пилы по 1-му примеру, то по (29) надо вместо $s = 2,2$ подставить $b = 3,6$ и вместо $a_{\Delta} = 0,025$ взять $a_{\Delta} = 0,02$.

$$c_{\Delta} = \frac{6 \cdot 10^6 \cdot 4}{3,55 \cdot 3,6 + 0,02 \cdot 25} \frac{0,42 \cdot 3,6}{0,89} \approx 0,29 \text{ мм}$$

вместо $c_{\Delta} = 0,32 \text{ мм}$ по 1-му примеру.

Следовательно, скорость подачи снизится:

$$U_{\Delta} = \frac{0,29 \cdot 60 \cdot 2900}{1000} \approx 50,5 \text{ м/мин}$$

вместо $U_{\Delta} = 55,7 \text{ м/мин}$ по 1-му примеру.

По чистоте пропила $c_{\Delta} = 0,29$ соответствует $\nabla \delta 6$ против $\nabla \delta 4$ при $c_{\Delta} = 0,32$.

Решение. 2. При сохранении того же класса чистоты, как и в 1-м примере, т. е. $\Delta \delta 4$, можно по табл. 2 увеличить c_{Δ} сверх 0,45 мм, но $< 0,75 \text{ мм}$.

Принимаем $c_{\Delta} = 0,45 \text{ мм}$ и из (29) определяем z :

$$0,45 = \frac{6 \cdot 10^6 \cdot 4}{3,55 \cdot 3,6 + 0,02 \cdot 25} \frac{0,42 \cdot 3,6}{0,89}$$

откуда $z \approx 44$. По ГОСТ 980—53 можем иметь $z = 60, 48, 36$.

Беря пилу с $z = 36$, получим окончательно по (29) $c_{\Delta} \approx 0,57 \text{ мм}$, что соответствует $\nabla \delta 4$, как и в 1-м примере, но

$$U_{\Delta} = \frac{36 \cdot 0,56 \cdot 2900}{1000} = 58,7 \text{ м/мин,}$$

т. е. на 5,5% выше, чем $U_{\Delta} = 55,7 \text{ м/мин}$ при том же классе чистоты $\nabla \delta 4$.

Следовательно, целесообразен переход на плюшевые зубья при соответствующем расчете необходимого увеличения шага применяемых пил.

Количество примеров, иллюстрирующих возможные анализы только по круглым пилам, можно значительно увеличить. Да это и понятно, так как обобщение охватывает в формуле (29) семнадцать факторов, и при их варьировании количество анализов растет почти безгранично, разрешая почти все вопросы, возникающие на производстве и при научном исследовании.

В подготовляемом к изданию «Справочнике по расчету и интенсификации режимов резания древесины» я стремлюсь возможно шире осветить расчеты по всем процессам резания, приводя одновременно необходимый справочный материал. Однако уже показанные в этой статье примеры и основной расчетный материал с примечаниями позволяют решать производственные вопросы лесопиления, пользуясь общим законом резания.