

А.Г.Лахтанов, канд.техн.наук, В.И.Микулинский,
канд.техн.наук, Н.В.Бурносов, И.И.Наркевич,
канд.физ.-мат. наук

РАСЧЕТ РАСПОЛОЖЕНИЯ РЕЗЦОВ НА РЕЖУЩЕМ ДИСКЕ СПИРАЛЬНОЙ БРУСУЮЩЕ-РУБИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Резцы на конических дисках спиральных рубительных машин расположены по пространственной спирали Архимеда. Более просты по конструкции режущие диски, состоящие из плоских опорного и несущего дисков с разновысокими колонками с резцами [1, 2]. При расположении резцов с равным угловым шагом расстояние между смежными резцами в зависимости от радиуса изменяется и возможен случай, когда резание происходит не будет.

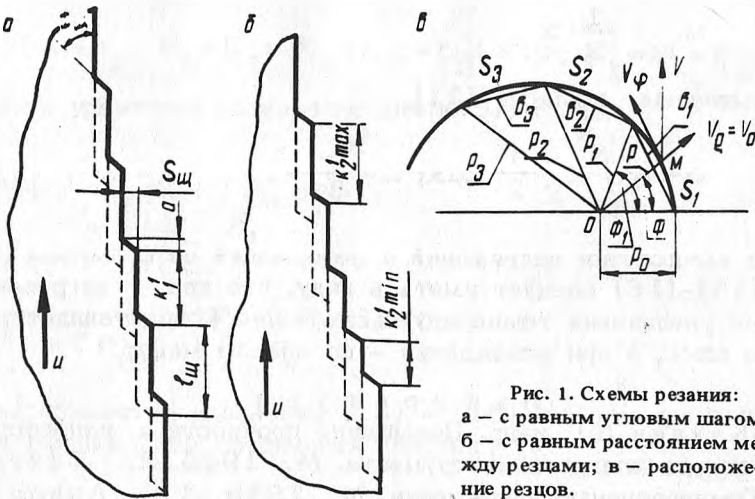


Рис. 1. Схемы резания:
а – с равным угловым шагом;
б – с равным расстоянием между резцами;
в – расположение резцов.

Эти недостатки устраняются, если, например, каждую последующую колонку с резцом в спирали располагать на равном расстоянии от предыдущей. Рассмотрим схемы резания при расположении резцов на дисках с равным угловым шагом (рис. 1, а) и с равным расстоянием между резцами (рис.1,б).

В первом случае величина K_1' , определяющая радиальное смещение на диске смежных резцов – K_1' , будет постоянной. Если скорость $U = \text{const}$, то за один оборот перерабаты-

шпоное бревно переместится на величину $U_z = l_{\text{ш}} = \text{const}$, а величина K_1^I определится из формулы

$$K_1^I = K_1 + \frac{l_{\text{ш}}}{z-1}, \quad (1)$$

где U_z - подача за оборот на резец, мм; $l_{\text{ш}}$ - длина срезаемой щепы, мм; z - количество резцов в одной спирали, шт.

Из схемы резания видно, что для обеспечения свободного срезания щепы необходимо, чтобы $K_1^I \geq a$, но $a = \frac{S_{\text{ш}}}{\text{tg } \varphi_{\text{ш}}}$. Откуда радиальное смещение на диске K_1 , из (1)

$$K_1 \geq \frac{S_{\text{ш}}}{\text{tg } \varphi_{\text{ш}}} - \frac{l_{\text{ш}}}{z-1}, \quad (2)$$

где $S_{\text{ш}}$ - толщина срезаемой щепы, мм; $\varphi_{\text{ш}}$ - угол среза торца щепы, мм.

Во втором случае угловой шаг резцов переменный, поэтому и смещение K_2 при резании будет различным. Минимальная величина K_2^{min} будет при меньшем угле между резцами, т.е. в области больших радиусов, поэтому здесь можно принять, что $K_2^{\text{min}} \approx K_2$ или

$$K_2 = \frac{S_{\text{ш}}}{\text{tg } \varphi_{\text{ш}}}. \quad (3)$$

Анализ формул (2) и (3) показывает, что во втором случае диаметр режущего диска при прочих равных условиях будет на величину $2 l_{\text{ш}}$ больше, чем в первом.

Для определения расположения резцов на плоском несущем диске по предлагаемой схеме резания воспользуемся кинематическим способом вывода уравнения криволинейно движущейся точки.

Переменные радиус-вектор ρ и угол его поворота φ в любой момент времени определяют положение движущейся с постоянной скоростью V точки M на указанной кривой (рис. 1, в). По условию радиус-вектор через равные промежутки времени получает приращение на одну и ту же величину K , а точка M соответственно проходит равные расстояния S , т.е. $V_{\rho} = V_{\varphi} = \text{const}$, и

$$V^2 = V_\varphi^2 + V_\rho^2 = (\omega\rho)^2 + V_0^2 = \text{const}, \quad (4)$$

где ω — угловая скорость радиус-вектора, 1/с. Продифференцировав формулу (4) по времени t , получим

$$2\omega\rho \left(\frac{d\omega}{dt} \rho + \omega \frac{d\rho}{dt} \right) = 0,$$

откуда

$$\frac{d\omega}{dt} \rho = -\omega \frac{d\rho}{dt}, \quad (5)$$

но $\frac{d\rho}{dt} = V_0$ и $\frac{d\omega}{dt} = \frac{d\omega}{d\rho}, \frac{d\rho}{dt} = \frac{d\omega}{d\rho} V_0$.

После подстановки получим

$$\int_{\omega_0}^{\omega} \frac{d\omega}{\omega} = - \int_{\rho_0}^{\rho} \frac{d\rho}{\rho} \quad \text{и} \quad \ln \frac{\omega}{\omega_0} = - \ln \frac{\rho}{\rho_0} \quad \text{или}$$

$$\frac{\omega}{\omega_0} = \frac{\rho_0}{\rho}, \quad \text{но } \omega = \frac{d\varphi}{dt}, \quad \text{поэтому } \frac{d\varphi}{dt} = \rho_0 \omega_0 \frac{1}{\rho}. \text{ Пре-}$$

образуем $\frac{d\varphi}{dt} = \frac{d\varphi}{d\rho} \frac{d\rho}{dt} = \frac{d\varphi}{d\rho} V_0$, тогда $\frac{d\varphi}{d\rho} V_0 =$
 $= \rho_0 \omega_0 \frac{1}{\rho}$.

Проинтегрируем $\int_{\varphi_0}^{\varphi} d\varphi = \int_{\rho_0}^{\rho} \frac{\rho_0 \omega_0}{V_0} \frac{d\rho}{\rho}$, получаем

$$\varphi = \rho_0 \frac{\omega_0}{V_0} \ln \frac{\rho}{\rho_0} \quad (6)$$

или

$$\rho = \rho_0 e^{\frac{\varphi V_0}{\rho_0 \omega_0}} \quad (7)$$

Это уравнение логарифмической спирали. Определим крайние значения одного витка спирали:

$$\rho_{\max} = \rho_0 + K(z-1), \quad (8)$$

$$\varphi_{\max} = 2\pi; \frac{\rho_{\max}}{\rho} = q,$$

где q - коэффициент роста логарифмической спирали.

Подставив эти значения в формулу (7), получаем

$$q = e^{\frac{2\pi V_0}{\rho_0 \omega_0}} \quad \text{или} \quad \ln q = \frac{2\pi V_0}{\rho_0 \omega_0}, \quad \text{откуда} \quad \frac{V_0}{\rho_0 \omega_0} = \frac{\ln q}{2\pi},$$

тогда формула (6) примет вид

$$\varphi = \frac{2\pi}{\ln q} \ln \frac{\rho}{\rho_0}. \quad (9)$$

Формула (9) позволяет рассчитать положение колонок с резцами на плоском несущем диске по предложенной схеме резания. Однако в связи с тем, что $\rho_0 < \rho_1 < \dots < \rho_{\max}$, а путь $S_1 = S_2 = \dots = S$, расстояние между смежными колонками в спирали b будет незначительно изменяться, т.е. $b_1 < b_2 < \dots < S$.

Расстояние b можно определить по формуле

$$b_i = \sqrt{\rho_i^2 + \rho_{i+1}^2 - 2\rho_i \rho_{i+1} \cos(\varphi_{i+1} - \varphi_i)}, \quad (10)$$

где ρ_i, ρ_{i+1} - радиусы двух смежных колонок, мм; $\varphi_{i+1} - \varphi_i$ - угол между смежными колонками, град. Для приближенного расчета величины b можно пользоваться формулой

$$b_i = \rho_{i-1} (\varphi_i - \varphi_{i-1}), \quad (11)$$

где $\varphi_i - \varphi_{i-1}$ - угол между смежными колонками, рад. Длину дуги S можно определить так:

$$S = \frac{\rho_{\max} - \rho_0}{(z-1) \cos \alpha}, \quad (12)$$

где α - угол между касательной данной точки спирали и радиусом данной точки.

Угол α одинаков для всех точек логарифмической спирали и выражается через коэффициент роста q

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{\ln q}{2\pi}$$

Таблица 1.

Номер колонки в спирали	R_i , мм	φ_i		$b_i = \rho_{i-1}(\varphi_i - \varphi_{i-1})$, мм
		рад.	град.	
1	200	0	0	
2	205	0,515	29,55	103
3	210	1,0215	58,53	103,7
4	215	1,513	86,7	103,3
5	220	1,995	114,3	103,5
6	225	2,467	141,34	103,8
7	230	2,924	167,55	103
8	235	3,372	193,2	103
9	240	3,817	218,7	103,8
10	245	4,251	243,6	103,8
11	250	4,67	267,6	103
12	255	5,085	291,4	103,6
13	260	5,49	314,55	103,2
14	265	5,89	337,5	103,5
15	270	6,28	360	103,3

Порядок расчета расположения резцов проиллюстрируем на примере.

Исходные данные: $z = 15$ шт., $S_{ш} = 5$ мм, $l_{ш} = 25$ мм, $\varphi_{ш} = 45^\circ$, $R_1 = \rho_0 = 200$ мм.

Определяем величину радиального смещения ножей K по (3)

$$K = \frac{5}{\operatorname{tg} 45^\circ} = 5 \text{ мм}.$$

Определяем наибольший радиус резца по (8):

$$R_{15} = R_1 + K(z-1) = 200 + 5(15-1) = 270 \text{ мм}.$$

Постоянная логарифмической спирали для заданных условий равна

$$q = \frac{270}{200} = 1,35; \ln q = 0,3.$$

Определяем углы φ_i по (9)

$$\varphi_i = \frac{2\pi}{0,3} \ln \frac{R_i}{R_1} = 20,933 \ln \frac{R_i}{R_1}.$$

Расчет сводим в табл. 1.

Длина дуги S в этом случае равна

$$S = \frac{270 - 200}{0,478 \cdot 14} = 105 \text{ мм}.$$

Как видно из табл. 1, расстояние между смежными колонками в спирали колеблется незначительно. Проверка по формуле (10) показывает, что погрешность при расчете составила менее 1%.

Л и т е р а т у р а

1. Лахтанов А.Г. и др. Конический ножевой диск спиральной рубительной машины. Авт.свид. № 400645. - Бюл. изобрет., 1974, № 40. 2. Лахтанов А.Г. и др. Рабочий орган спиральной рубительной машины. Авт.свид. № 514699. - Бюл. изобрет., 1976, № 19.

УДК 621. 03.036:621.934.382

Н.Ф.Ковалев, канд.техн.наук,
Н.Н.Ковалев, Л.А.Латрушкин

НЕКОТОРЫЕ СИЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЗАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ВДОЛЬ ВОЛОКОН МНОГОРЕЗЦОВЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

В 1975 г. в БТИ им. С.М.Кирова создан ряд многолезцовых инструментов для резания древесины вдоль волокон, позволяющих за один проход отделять от заготовки дощечку [1].

Созданные инструменты позволяют снимать толстую (0,5-1 мм) древесную стружку и выводить ее из пропила по специальным каналам, что снимает ограничение длины пути резания по объему впадины.

Опыты по определению силовых параметров резания проводились на специально созданном стенде на базе продольно-строгального станка модели 7233, а также на установке элементарного резания. Разрезались сосновые и еловые заготовки: толщиной 6 мм на динамометрической установке элементарного резания, толщиной 98 мм и 140 мм - на стенде.

Применяемый инструмент имел следующие параметры: толщина $S = 2,8$ мм; угол резания $\delta = 45^\circ$; задний угол $\alpha = 3^\circ$; угол косой заточки $\varphi = 78^\circ$; шаг зубьев $t = 7$ мм; толщина снимаемой стружки $h = 1,0$ мм; материал инструмента - сталь 9 ХФ твердостью НРС - 35 ... 40.

В результате резания получалась стружка прямоугольного сечения 2,8 x 1 мм, которая при выходе из пропила свивалась