

УДК 674.093

**С.В. Петухов**

Петухов Сергей Васильевич родился в 1959 г., окончил в 1993 г. Архангельский лесотехнический институт им. В.В. Куйбышева, кандидат технических наук, проректор по административно-хозяйственной работе, директор центра ресурсосбережения, ст. преподаватель кафедры ЭПП. Область научных интересов – конструирование систем позиционирования деревообрабатывающего оборудования.



### **ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ УЗЛА РЕЗАНИЯ ТОРЦОВОЧНОГО СТАНКА**

Обоснованы параметры движения механизма прямолинейного перемещения узла резания однопильного круглопильного станка от линейного привода.

*Ключевые слова:* круглопильный станок, торцовка, механизм перемещения, прямолинейное перемещение, однопильный узел резания, линейный привод.

При прямолинейной подаче узла резания в торцовочных станках реализуют две схемы перемещения суппорта: по направляющим и рычажно-шарнирную. Наиболее простые схемы осуществлены в торцовочных станках ЦПА-2, ЦТ8-4, 9-4, 10-4, 10-5, ЦМЭ-3Б, ТЦ-400, СТ-250, ЦСТ10-5 и др. Рычажно-шарнирные схемы подачи при перемещении суппорта используют в торцовочных станках ЦМЭ-2М, Ц2К-12, СТ-1 и др.

В торцовочном станке ЦПА-2 суппорт перемещается кареткой поворотной колонки станины, на передней его части установлен электродвигатель с пильным диском. Суппорт снабжен направляющими, которые перемещаются в роликоподшипниках каретки колонки. Электродвигатель с пилой может быть повернут в любую сторону от вертикали, что дает возможность косо распиловки. Суппорт движется с помощью гидропривода. Гидроцилиндр расположен внутри суппорта, распределитель управления – на каретке. Его шток связан с комбинированным рычагом.

Станки модели ЦТ8-4, кроме установки прецизионной каретки пильного узла, имеют электродинамическое торможение двигателя и автоматический возврат каретки в исходное положение.

В модели ЦТ10-4 пила с электродвигателем крепится на каретке, которая обеспечивает перемещение пилы параллельно плоскости стола. Пильная каретка расположена на колонне и имеет возможность поворота в горизонтальной плоскости для углового пиления и автоматического возврата в исходное положение. В двигателе предусмотрено электродинамическое торможение. Подобная конструкция реализована в станках ЦТ10-5 и 9-4.

В базовом станке ЦМЭ-3Б.04 пилу перемещают вручную параллельно плоскости стола, а станки ЦМЭ-3Б.01 и -3Б уже оснащены пневматическим приводом перемещения пилы. Модель ЦМЭ-3Б имеет электропривод перемещения заготовки. Станок укомплектован рольгангами и системой торможения пильного вала в течение не более 6 с. Автоматически дейст-

вующий прижим распиливаемой заготовки обеспечивает соблюдение требований безопасной работы. Подача материала механизирована. Регулирование скорости подачи пильного вала осуществляют с помощью пневмопривода или вручную.

В торцовочном рычажно-шарнирном станке поступательное движение суппорта обеспечено гидроцилиндром через шарнирный многозвенник.

В торцовочном рычажно-шарнирном станке Ц2К-12 поступательное движение суппорта обеспечивает система соединенных шарнирно рычагов. Подача суппорта может быть ручной или от пневмоцилиндра. В первом случае на станке монтируют прижимный механизм, а во втором – пневматический цилиндр.

Торцовочный станок СТ-1 имеет шарнирно-маятниковый направляющий механизм пильного шпинделя, обеспечивающий движение пилы параллельно столу станка.

За критерий оценки варианта и выбора структуры принимали простоту конструктивной разработки кинематической пары, отличающейся необходимой относительной подвижностью.

В целом при перемещении механизма узла резания линейный электропривод не применяют. В связи с этим решалась следующая задача: определение силовых и технологических параметров движения механизма прямолинейного перемещения узла резания.

Расчетная схема к определению силовых параметров движения механизма перемещения узла резания приведена на рис. 1 (А – точка входа зуба пилы в древесину; В – точка выхода зуба пилы из древесины;  $h$  – высота пропила (толщина заготовки);  $c$  – расстояние от оси пильного вала до верхней пласти доски;  $\varphi_{вх}$ ,  $\varphi_{вых}$ ,  $\varphi_{ср}$  – углы входа, выхода и средний, определяющие положение зуба на дуге резания, соответствующей АВ;  $L$  – ширина доски;  $r$  – радиус пилы;  $z$  – выступ пилы за нижнюю пласт доски).

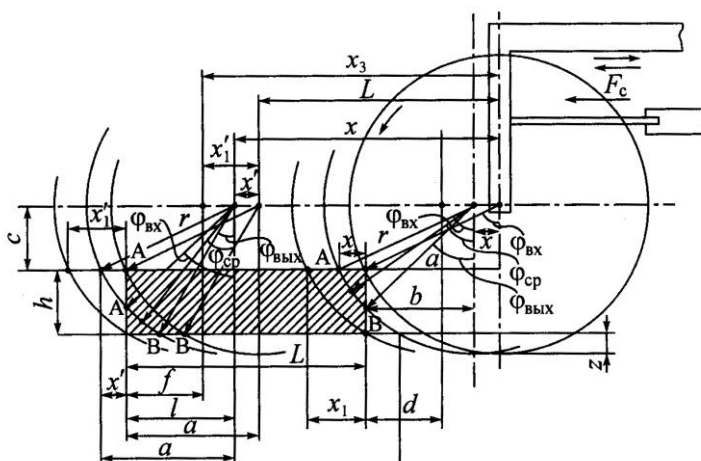


Рис. 1. Схема торцевания пиломатериалов при прямолинейном перемещении узла резания с помощью ЦЛАД

Так как радиус пилы

$$r = c + h + z, \quad (1)$$

то выступ пилы за нижнюю пластъ доски

$$z = r - c - h. \quad (2)$$

С учетом принятых значений  $r = 0,2$  м,  $L = 0,3$  м,  $h = 0,075$  м,  $c = 0,105$  м получаем  $z = 0,02$  м.

При пилении на заготовку (доску) действуют следующие силы резания:  $\overline{P}_k$  – касательная,  $\overline{P}_n$  – нормальная. Общая сила

$$\overline{P}_0 = \overline{P}_k + \overline{P}_n. \quad (3)$$

Схема сил, которые действуют при пилении со стороны пилы, представлена на рис. 2.

Скорость резания обычно составляет  $50,0 \dots 70,0$  м/с, а скорость подачи –  $1,2 \dots 25,0$  м/с. Число зубьев пил: 48, 60, 72 и 96.

При расчетах касательной силы резания принимали следующие параметры: угол косо́й заточки зубьев  $\beta = 40 \dots 80^\circ$ ; подача на зуб  $U_z = 0,014 \dots 0,416$  мм; высота пропила  $f = 10 \dots 110$  мм; ширина пропила  $b = 2 \dots 5$  мм; плотность древесины  $\gamma_0 = 0,4 \dots 0,6$  кг/см<sup>3</sup>; продолжительность чистого резания  $T = 0,1 \dots 180,0$  мин; угол резания  $\Delta = 70 \dots 125^\circ$ .

Нормальную силу резания выражали через касательную силу:

$$P_n = mP_k, \quad (4)$$

касательную – через мощность привода пилы:

$$P_k = \frac{\eta}{V} N \cdot 10^3, \quad (5)$$

где  $m$  – коэффициент остроты зуба,  $m = 0,2 \dots 0,7$ ; принято  $m = 0,2$ ;

$N$  – мощность привода механизма резания,  $N = 3$  кВт;

$\eta$  – КПД привода механизма резания,  $\eta = 0,95$ ;

$V$  – скорость резания, м/с.

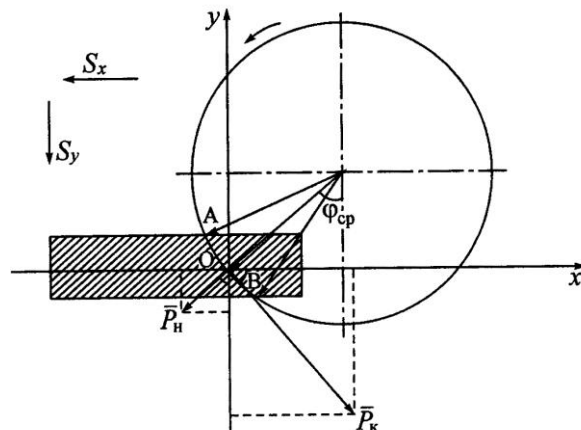


Рис. 2. Схема сил резания

Скорость резания рассчитывали при диаметре пилы  $D = 400$  мм и частоте вращения пильного вала  $n = 3000$  мин<sup>-1</sup>. Нормальная сила резания  $P_n = 9,0716$  Н.

Согласно рис. 2, проекция силы резания на ось  $x$

$$S_x = P_n \sin \varphi_{cp} - P_k \cos \varphi_{cp}; \quad (6)$$

на ось  $y$ :

$$S_y = P_k \sin \varphi_{cp} + P_n \cos \varphi_{cp}, \quad (7)$$

или

$$S_x(x) = P_n \sin \varphi_{cp}(x) - P_k \cos \varphi_{cp}(x); \quad (8)$$

$$S_y(y) = P_k \sin \varphi_{cp}(x) + P_n \cos \varphi_{cp}(x). \quad (9)$$

При расчете параметров движения вторичного элемента (ротора) исходили из того, что его движению сопротивляется сила  $F_c$ , направленная обратно к силе  $S_x$ :

$$F_c = S_x; \quad (10)$$

$$F_c(x) = P_n \sin \varphi_{cp}(x) - P_k \cos \varphi_{cp}(x). \quad (11)$$

Решение задачи по определению технологических параметров движения механизма перемещения узла резания при пилении пиломатериалов на однопильном круглопильном станке сводится к следующему. Силу резания определяют в точке, соответствующей середине дуги резания. Для построения графика изменения положения точки резания при прямолинейной подаче пилы устанавливали зависимость изменения угла резания от величины перемещения вторичного элемента в разные моменты времени.

1. Зависимость угла резания от величины перемещения вторичного элемента в моменты времени, когда угол входа пилы приходится на верхнюю пластъ доски, а угол выхода – на ее правую нижнюю кромку, определяют следующим образом:

$$a = \sqrt{r^2 - (r - z - h)^2}; \quad (12)$$

$$\varphi_{вх} = \arcsin \frac{a}{r} = \arcsin \frac{\sqrt{r^2 - (r - z - h)^2}}{r}; \quad (13)$$

$$b = a - x = \sqrt{r^2 - (r - z - h)^2} - x; \quad (14)$$

$$\varphi_{вых} = \arcsin \frac{b}{r} = \arcsin \frac{\sqrt{r^2 - (r - z - h)^2} - x}{r}; \quad (15)$$

$$d^2 = r^2 - (r - z)^2; \quad (16)$$

$$d = \sqrt{r^2 - (r - z)^2}; \quad (17)$$

$$d + x_1 = a; \quad (18)$$

$$x_1 = a - d = \sqrt{r^2 - (r - z - h)^2} - \sqrt{r^2 - (r - z)^2}. \quad (19)$$

При изменении  $x$  от 0 до  $x_1$  имеем

$$\varphi_{cp1}(x) = \frac{\varphi_{вых} + \varphi_{вх}}{2} = \frac{\arcsin \frac{\sqrt{r^2 - (r-z-h)^2} - x}{r} + \arcsin \frac{\sqrt{r^2 - (r-z-h)^2}}{r}}{2}. \quad (20)$$

2. Зависимость угла резания от величины перемещения вторичного элемента в моменты времени, когда угол входа пилы приходится на верхнюю плась доски, а угол выхода – на ее нижнюю кромку, определяют следующим образом:

$$x_2 = L; \quad (21)$$

$$\varphi_{вх} = \arcsin \frac{\sqrt{r^2 - (r-z-h)^2}}{r}; \quad (22)$$

$$\varphi_{вых} = \arcsin \frac{d}{r} = \arcsin \frac{\sqrt{r^2 - (r-z)^2}}{r}. \quad (23)$$

При изменении  $x$  от  $x_1$  до  $x_2$  получаем

$$\varphi_{cp2}(x) = \frac{\varphi_{вых} + \varphi_{вх}}{2} = \frac{\arcsin \frac{\sqrt{r^2 - (r-z)^2}}{r} + \arcsin \frac{\sqrt{r^2 - (r-z-h)^2}}{r}}{2}. \quad (24)$$

3. Зависимость угла резания от величины перемещения вторичного элемента в моменты времени, когда угол входа пилы приходится на левую плась доски, а угол выхода – на ее нижнюю кромку, определяют следующим образом:

$$\varphi_{вых} = \arcsin \frac{\sqrt{r^2 - (r-z)^2}}{r}; \quad (25)$$

$$l = a - x'; \quad (26)$$

$$x' = x - L; \quad (27)$$

$$l = a - (x - L) = a - x + L = \sqrt{r^2 - (r-z-h)^2} - x + L; \quad (28)$$

$$\varphi_{вх} = \arcsin \frac{l}{r} = \arcsin \frac{\sqrt{r^2 - (r-z-h)^2} - x + L}{r}; \quad (29)$$

$$f^2 = r^2 - (r-z)^2; \quad (30)$$

$$f = \sqrt{r^2 - (r-z)^2}; \quad (31)$$

$$x^3 = L + x'; \quad (32)$$

$$x'_1 = a - f = \sqrt{r^2 - (r-z-h)^2} - \sqrt{r^2 - (r-z)^2}; \quad (33)$$

$$x'_3 = L + \sqrt{r^2 - (r-z-h)^2} - \sqrt{r^2 - (r-z)^2}. \quad (34)$$

При изменении  $x$  от  $x_2$  до  $x_3$  имеем

$$\varphi_{\text{ср3}}(x) = \frac{\varphi_{\text{вых}} + \varphi_{\text{вх}}}{2} = \frac{\arcsin \frac{\sqrt{r^2 - (r-z)^2}}{r} + \arcsin \frac{\sqrt{r^2 - (r-z-h)^2} - x + L}{r}}{2}. \quad (35)$$

Общая зависимость изменения угла резания от величины перемещения вторичного элемента линейного асинхронного электродвигателя имеет вид:

$$f(x) = \varphi_{\text{ср1}}(x)(\phi(x) - \phi(x - x_1)) + \varphi_{\text{ср2}}(x)(\phi(x - x_1) - \phi(x - x_2)) + \varphi_{\text{ср3}}(x)(\phi(x - x_2) - \phi(x - x_3)). \quad (36)$$

График зависимости угла резания от величины перемещения вторичного элемента представлен на рис. 3.

С учетом изменения угла резания сила сопротивления

$$F_c(x) = P_n \sin f(x) - P_k \cos f(x). \quad (37)$$

Скорость подачи пилы на заготовку будет в данном случае равна скорости движения вторичного элемента линейного асинхронного двигателя. Продолжительность пиления доски для принятых данных составляет  $t = 2,33$  с. При этом перемещение  $x = 0,38$  м, а скорость вторичного элемента  $V = 0,35$  м/с. Необходимость прижима заготовки к столу во время резания зависит от направления проекции сил резания  $S_x$  и  $S_y$ . В рассматриваемом случае эти силы прижимают заготовку к установочной и направляющей базам, поэтому дополнительных базирующих механизмов для создания силового замыкания не требуется.

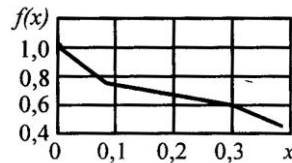


Рис. 3. Изменение угла резания  $f(x)$  от перемещения  $x$  вторичного элемента

В ходе эксперимента с учетом параметров усилий резания определены технологические параметры движения механизма перемещения узла резания при пилении пиломатериалов на однопильном круглопильном станке, а также привода механизма перемещения узла резания. Для согласования механических характеристик двигателя линейного электропривода с характеристиками исполнительного механизма в процессе торцевания пиломатериалов получены зависимости углов входа и выхода зубьев пилы из зоны пропила древесины и изменения угла резания от величины перемещения вторичного элемента. Полученные зависимости позволяют определять технологические параметры привода механизма перемещения узла резания, в частности, с линейным двигателем.

Поступила 4.04.05

Архангельский государственный  
технический университет

---

---

### **Substantiation of Operational Parameters for Mechanism of Cutting Angle Transfer in Butt Saw**

The parameters of transfer mechanism for in-line motion of the cutting angle of a single-blade circular saw from a linear drive are substantiated.

