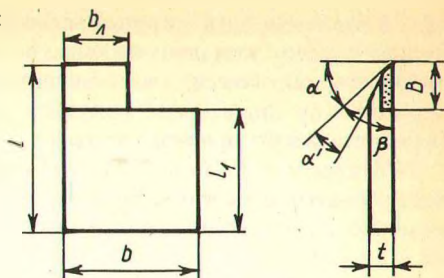


Р и с. 1. Режущий элемент с твердым сплавом для обработки гребня



применяются режущие инструменты, приведенные на рис. 1. При эксплуатации таких инструментов с напаянными твердосплавными пластинами очень часто происходит их разрушение. Причиной разрушения являются большие усилия, действующие на резец, неправильный выбор конструкции, материала, размеров и режимов термообработки корпуса. Для установления причин разрушения таких резцов были изготовлены режущие инструменты с напаянными твердосплавными пластинками ВК15. Корпус инструментов сделан из различных конструкционных сталей. Испытания режущего инструмента на работоспособность проводили в производственных условиях на станке ПАРК-7 (табл. 1).

Разрушались в основном те разрезы, которые снимали наибольший припуск.

В целях исключения поломок или деформаций режущих элементов усовершенствована существующая фрезерная головка. С тыльной стороны резца создан подпор на всю длину консоли. Эксплуатация такой фрезы дала положительные результаты, ни один резец (корпус изготовлен из Ст3) не вышел из строя. Режущие элементы имели высокую работоспособность.

Для повышения работоспособности твердосплавного дереворежущего инструмента необходимо исключить пайку пластин к корпусу, а взамен применять механическое крепление. При механическом креплении пластин, их раздельной от корпуса заточке повышается срок службы твердосплавных инструментов, снижается удельный расход твердого сплава на единицу обрабатываемой детали, уменьшаются трудозатраты и расход алмазно-абразивных материалов при заточке и доводке. Только комплексное использование всех возможностей, которые позволяет осуществить каждая группа мероприятий, может дать наибольший эффект.

УДК 634.0.36

С.С. ЛЕБЕДЬ, канд. техн. наук,  
А.С. КРАВЧЕНКО (БТИ)

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИГЛОФРЕЗЕРНОГО ОКОРОЧНОГО ИНСТРУМЕНТА

Перед лесопильными и деревообрабатывающими предприятиями стоит проблема окорки мерзлой и подсушенной древесины. Лесная отрасль нужда-

ется в высокопроизводительном окорочном оборудовании, способном производить окорку этих лесоматериалов без подсортировки по диаметрам и без гидротермообработки, с наименьшими потерями древесины. В настоящее время широкое применение получили два типа окорочных станков: роторно-скребковый и роторно-фрезерный.

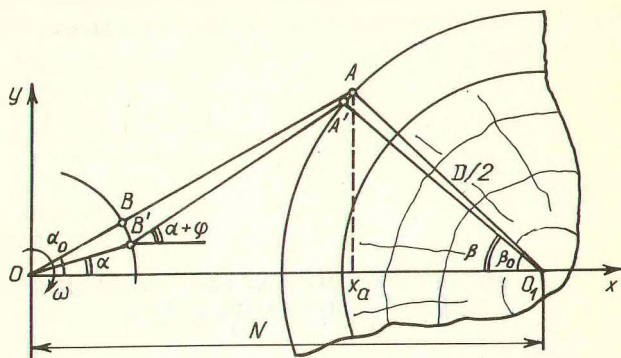
Роторно-скребковые станки приспособлены для окорки сплавной и свежесрубленной древесины. При окорке мерзлой и сухой древесины снижаются качество и производительность окорки. Потери древесины при этом возрастают в 2—3 раза.

Роторно-фрезерные станки хорошо окашивают любую древесину, но имеют два существенных недостатка: повышенный удельный расход мощности и очень большие потери древесины, которые достигают 5—20 % [1].

Отходы окорки лесоматериалов предлагается использовать в различных целях: для изготовления компостов, древесностружечных плит с добавками отходов окорки, приготовления топлива и др. [2]. Однако для реализации этих целей лесоперерабатывающим предприятиям необходимо в существующие технологические потоки встраивать дополнительное оборудование — мельницы для измельчения отходов окорки лесоматериалов, установки для сушки коры и другие, что требует дополнительных капитальных вложений и расширения производственных площадей.

В БТИ им. С.М.Кирова разработан оригинальный иглофрезерный инструмент, предназначенный для окорки лесоматериалов. Преимущества данного инструмента перед существующими: 1) совмещение операций окорки лесоматериалов и измельчения коры, что дает возможность существенно упростить технологию дальнейшего использования отходов окорки; 2) окорка мерзлой и сухой древесины без предварительной ее подготовки и снижения производительности.

Проведены теоретические исследования параметров иглофрезерного окорочного инструмента. При описании процесса окорки лесоматериалов иглофрезами считаем, что поперечное сечение бревна имеет форму круга. В связи с незначительной массой реза в уравнении движения инерционным членом в первом приближении можно пренебречь, определяя положение реза из условия равновесия крутящего момента и момента сопротивления. Изгиб реза,



Р и с. 1. Расчетная схема взаимодействия иглорезца с окашиваемым бревном

возникающий в процессе обработки материала, приводит к уменьшению крутящего момента, поэтому выполненный ниже расчет без учета изгиба будет демонстрировать наибольшие возможности иглофрезы при усилии, срезающем кору.

Расчетная схема взаимодействия иглорезца с бревном представлена на рис. 1.

Для нахождения начальных параметров работы иглорезца запишем систему двух уравнений:

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = (a + l)^2 ; \\ (x - N)^2 + y^2 = D^2/4 , \end{cases} \quad (1)$$

где  $a$  — параметр инструмента, мм;  $l$  — длина иглорезца, мм;  $N$  — параметр системы, мм;  $D$  — диаметр бревна, мм.

$$N = a + l + D/2 - t ,$$

где  $t$  — толщина коры, мм.

Толщину коры вычисляем в зависимости от породы и диаметра бревна [3]. Решая систему (1), получим:

$$x_a = \frac{N^2 - D^2/4 + (a + l)^2}{2N} ;$$

$$y_a = (a + l)^2 - ((N^2 - D^2/4 + (a + l)^2)/(2N))^2 .$$

Зная координаты точки встречи иглорезца и поверхности бревна, можем рассчитать углы  $\alpha_0$  и  $\beta_0$ :

$$\alpha_0 = \arctg(y/x) ,$$

где  $\alpha_0$  — угол встречи иглорезца с бревном;

$$\beta_0 = \arctg(y/(N - x)) .$$

Угол закручивания  $\varphi$  в начальный момент при  $\alpha_0$  равен 0, следовательно, и крутящий момент равен 0.

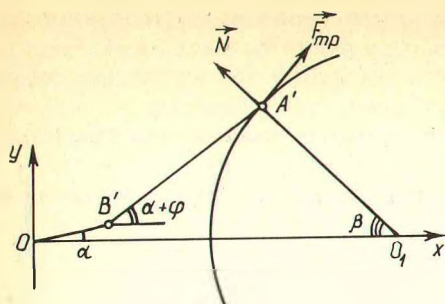
Дадим приращение углу:  $\alpha = \alpha_0 - \Delta\alpha$ . При уменьшении угла  $\alpha$  угол закручивания  $\varphi$ , а следовательно, и крутящий момент увеличатся. Иглорезец будет скользить по поверхности бревна. Для нахождения координат точки  $A'$  запишем систему уравнений:

$$a \cos \alpha + l \cos(\alpha + \varphi) = N - D/2 \cos \beta ;$$

$$a \sin \alpha + l \sin(\alpha + \varphi) = D/2 \sin \beta .$$

Исключив параметр  $\beta$  и приняв  $\sin(\alpha + \varphi) = k$ , получим

$$F(k) = a \cos \alpha + l \sqrt{1 - k^2} - N + D/2 \sqrt{1 - \left( \frac{a \sin \alpha + lk}{D/2} \right)^2} . \quad (2)$$



Р и с. 2. Расчетная схема для нахождения силы нормального давления иглофрезы на поверхность коры

Решив уравнение (2), находим текущий угол  $\varphi$ . По углу закручивания  $\varphi$  определяем крутящий момент:

$$M_{\text{кр}} = \varphi G I_p / l_1,$$

где  $M_{\text{кр}}$  — крутящий момент, Н/мм;  $\varphi$  — угол закручивания, рад;  $G$  — модуль поперечного сдвига, Н/мм<sup>2</sup>;  $I_p$  — полярный момент инерции сечения торсиона, мм<sup>4</sup>;  $l_1$  — длина торсиона, мм.

Силу нормального давления иглофрезы на поверхность коры (рис. 2) находим по формуле

$$M_{\text{сопр}} = lN(\sin(\alpha + \varphi + \beta) + f \sin(90^\circ - (\alpha + \varphi + \beta))).$$

Из условия равновесия  $M_{\text{кр}} = M_{\text{сопр}}$ , следовательно,

$$N = \varphi G I_p / (l_1 l (\sin(\alpha + \varphi + \beta) + f \sin(90^\circ - (\alpha + \varphi + \beta)))),$$

где  $f$  — коэффициент трения иглофрезы о поверхность коры.

Зная силу давления  $N$ , можно рассчитать давление иглофрезы на поверхность коры:

$$W = N/S,$$

где  $N$  — сила нормального давления, Н;  $S$  — площадь контакта, мм<sup>2</sup>.

Если

$$W \geq [W_{\text{сж}}], \quad (3)$$

начался процесс внедрения иглофрезы в кору. В противном случае уменьшаем угол  $\alpha$  и повторяем расчет до тех пор, пока соотношение (3) не выполнится.

После выполнения условия (3) расчет проводим по следующей схеме: даем приращение углу  $\alpha$  и рассчитываем основные параметры системы — угол закручивания  $\varphi$  и координаты точки (координаты точки  $A$  берем из предыдущих расчетов):

$$\begin{cases} \alpha = \alpha - \Delta\alpha; \\ \begin{cases} x_{\text{в}} = a \cos \alpha; \\ y_{\text{в}} = a \sin \alpha. \end{cases} \end{cases} \quad (4)$$



Угол закручивания  $\varphi$  рассчитываем по формуле

$$\varphi = \operatorname{arctg} \left( \frac{y_a - y_b}{x_a - x_b} \right) - \alpha .$$

Зная угол закручивания  $\varphi$  и положение точки  $B$ , даем приращение углу  $\varphi$ , т.е. уменьшаем угол закручивания, а тем самым и крутящий момент:  $\varphi = \varphi - \Delta\varphi$ .

Рассчитаем координаты точки  $A$ :

$$\begin{cases} x_a = a \cos \alpha + l \cos(\alpha + \varphi); \\ y_a = a \sin \alpha + l \sin(\alpha + \varphi). \end{cases} \quad (5)$$

Для нахождения глубины внедрения иглорезца в кору запишем систему двух уравнений:

$$\begin{cases} \frac{x - x_b}{x_a - x_b} = \frac{y - y_b}{y_a - y_b}; \\ (x - N)^2 + y^2 = D^2/4. \end{cases} \quad (6)$$

Из первого уравнения (6)

$$y = \frac{x(y_a - y_b) - x_b y_b + y_b x_a}{x_a - x_b} . \quad (7)$$

Подставляем выражение (7) во второе уравнение (6):

$$(x - N)^2 + \left( \frac{x(y_a - y_b) - x_b y_b + y_b x_a}{x_a - x_b} \right)^2 - D^2/4 = 0. \quad (8)$$

Из уравнения (8) находим координаты точки пересечения прямой и окружности.

Расчетная схема для определения момента сопротивления представлена на рис. 3.

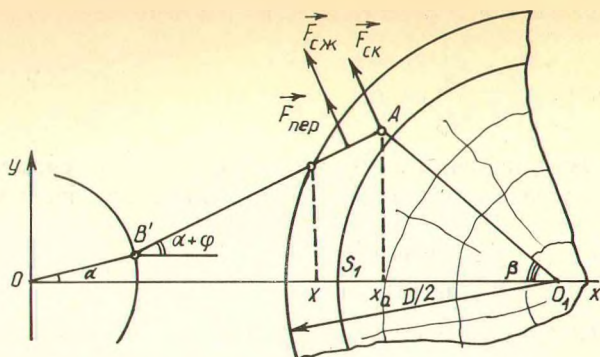
На иглорезец действуют три основные силы:  $F$  — сила, необходимая для преодоления сопротивления коры сжатию;  $F_{ск}^{сж}$  — сила, необходимая для преодоления сопротивления коры скалыванию;  $F_{пер}$  — сила, необходимая для преодоления сопротивления коры перерезанию.

$$F_{ск} = S_{ск} [W_{ск}] ,$$

где  $S_{ск}$  — площадь скалывания;

$$S_{ск} = l \Delta\varphi' d_1 , \quad (9)$$

где  $l$  — длина иглорезца;  $\Delta\varphi'$  — приращение угла закручивания;  $d_1$  — диаметр иглорезца;



Р и с. 3. Расчетная схема для определения момента сопротивления

$$\Delta\varphi' = \varphi_n - \varphi_k,$$

где  $\varphi_n$  — начальное значение угла закручивания для данного цикла;  $\varphi_k$  — угол закручивания, при котором выполняется условие равновесия  $M_{кр} = M_{сопр}$  в данном цикле вычислений.

Поскольку приращение  $\Delta\varphi'$  мало, площадь скалывания, вычисляемая по формуле (9), не дает большой погрешности при расчете силы скалывания; это распространяется и на расчетные площади других напряжений;

$$F_{ск} = l\Delta\varphi'_1 [W_{ск}];$$

$$F_{пер} = \frac{2\Delta\varphi'_1 S_1}{\cos(\alpha + \varphi)} [W_{пер}];$$

$$F_{скж} = \frac{S_1 d_1}{\cos(\alpha + \varphi)} [W_{скж}].$$

Зная силы, необходимые для преодоления сил сопротивления коры сжатия, перерезанию и скалыванию, можем найти момент сопротивления:

$$M_{сопр} = F_{ск} l + (F_{пер} + F_{скж}) \left( l - \frac{S_1}{2\cos(\alpha + \varphi)} \right).$$

Сравним  $M_{кр}$  и  $M_{сопр}$ . Если  $M_{кр} > M_{сопр}$ , еще уменьшаем текущий угол  $\varphi$  на  $\Delta\varphi$  и повторяем расчет текущего положения системы с системы уравнений (5). При  $M_{сопр} \geq M_{кр}$  уменьшаем угол  $\alpha$  на  $\Delta\alpha$  и повторяем весь расчет текущего положения системы с системы уравнений (4). Вычисления проводятся до полного выхода иглофрезы из коры бревна.

Описанная модель позволяет получить зависимости угла закручивания, крутящего момента и момента сопротивления для различных пород, диаметров и состояний древесины в зависимости от угла поворота иглофрезы, что дает возможность выбора оптимальных параметров окорочного инструмента для различных условий работы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. С и м о н о в М.Н. Механизация окорки лесоматериалов. М., 1984. 2. Р а з р а б о т к а технологии подготовки отходов окорки к промышленному использованию: Отчет о НИР (заключ.)/ЦНИИМОД; Руководитель М.М.Цывин. Архангельск, 1985.
3. Б о й к о в С.П. Окорка круглых лесоматериалов. Л., 1975.

УДК 621.9

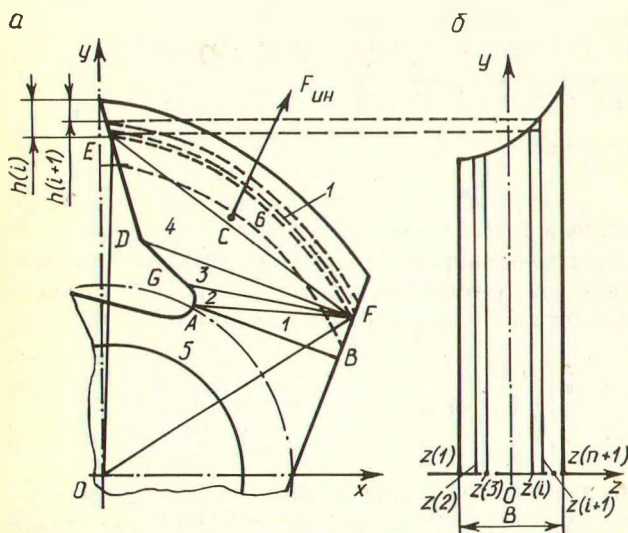
НГУЕН ХЫУ ЛОК (БТИ)

### РАСЧЕТ ФАСОННЫХ ЦЕЛЬНЫХ НАСАДНЫХ ЗАТЫЛОВАННЫХ ФРЕЗ НА ПРОЧНОСТЬ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭВМ

Проектирование фасонных дереворежущих инструментов предусматривает решение многих вопросов, связанных с их расчетом, конструированием, изготовлением и эксплуатацией.

Фасонные дереворежущие инструменты имеют форму режущих лезвий, определяемых формой профиля обработанной детали. Фасонные фрезы должны обеспечивать точность размеров и высокое качество обработки, идентичную форму, высокую стойкость, надежность и производительность.

В связи с возрастающими требованиями к качеству и надежности фасонных дереворежущих инструментов и с широким внедрением в промышленность ЭВМ встал вопрос о разработке методики их расчета на прочность. Ниже



Р и с. 1. Схема для определения сил инерции фасонных цельных насадных затылованных фрез:

а — общая схема; б — разбивка профиля зуба фрезы на  $n$  участков