

## ЛИТЕРАТУРА

- Симонов М.Н. Механизация окорки лесоматериалов. М., 1984.
- Разработка технологии подготовки отходов окорки к промышленному использованию: Отчет о НИР (заключ.) ЦНИИМОД; Руководитель М.М.Цывин. Архангельск, 1985.
- Бойков 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

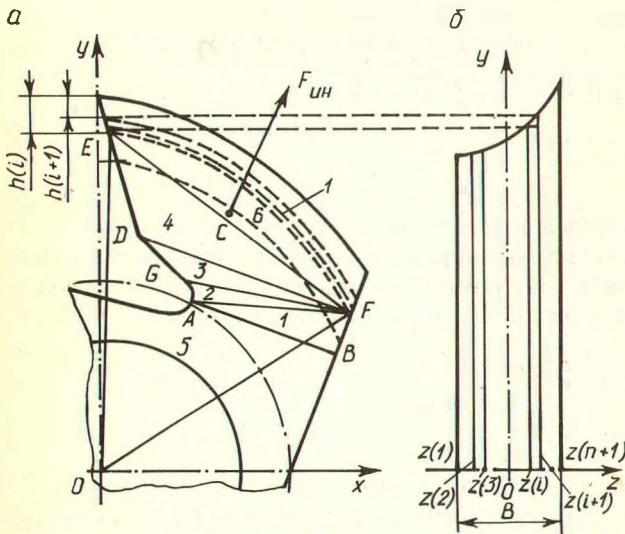


Рис. 1. Схема для определения сил инерции фасонных цельных насадных затылованных фрез:

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

приведена методика фасонных затылованных фрез на прочность, разработанная нами с применением ЭВМ.

Расчет на прочность фасонных фрезерных инструментов можно разделить на три части: 1) определение сил резания, действующих на режущую часть фрезерного инструмента; 2) определение сил инерции, возникающих при фрезеровании древесины; 3) расчет напряжений, возникающих в элементах фрез. Некоторые из этих вопросов рассмотрены в работах [1–4].

Цель нашей работы – разработка метода определения силы инерции зуба фасонных цельных насадных фрез с применением ЭВМ. Наш метод опирается на математическое описание фрезы, затылованной по спирали Архимеда.

Опасное сечение определяется двумя точками –  $A$ ,  $B$  (рис. 1,  $a$ ). При фасонном фрезеровании различных профилей можно определить массу и центр тяжести зуба фрезы, применив набор угловых фрез. В таком случае профиль зуба разбивается на  $n$  участков, каждый из которых имеет свой наклон режущей кромки, толщина каждого участка равна между собой (рис. 1,  $b$ ):

$$h(i) = B/n,$$

где  $B$  – ширина фрезы;  $n$  – число участков.

Каждый участок делится на профильную и непрофильную части. Сечение каждого участка в радиальном сечении непрофильной части имеет вид прямоугольника, а профильной – треугольника. Площадь непрофильной части  $i$ -го участка

$$S_0(i) = S_1(i) + S_2(i) + S_3(i) + S_4(i) - S_5(i) + S_6(i),$$

где  $S_1(i), S_2(i), S_3(i), \dots, S_5(i)$  – площади треугольников 1, 2, 3, 4, 5;  $S_6(i)$  – площадь сектора  $OEF$  спирали Архимеда (см. рис. 1,  $a$ ).

Площадь треугольника находим по формуле Герона:

$$S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)};$$

$$p = \frac{a+b+c}{2},$$

где  $a, b, c$  – стороны треугольника.

Стороны треугольника определяем из координат его вершин, которые получены при расчете конструктивных параметров фрезы. Площадь сектора  $OEF$  спирали Архимеда (рис. 2,  $a$ ) рассчитываем по формуле

$$S_6(i) = \frac{1}{2} \int_{\varphi_1(i)}^{\varphi_2(i)} \rho^2(i) d\varphi,$$

где  $\rho(i)$  – уравнение спирали Архимеда;  $\rho(i) = a_1 \varphi - h_p(i)$ ;  $a_1$  – параметр, характеризующий спираль;  $\varphi$  – текущий угол;  $h_p(i)$  – расстояние от вершины фрезы до  $i$ -го участка в радиальном сечении;  $\varphi_1(i), \varphi_2(i)$  – начальный и конечный углы сектора спирали (см. рис. 2,  $a$ ).

Развернутый вид профильной части  $i$ -го участка можно рассматривать как

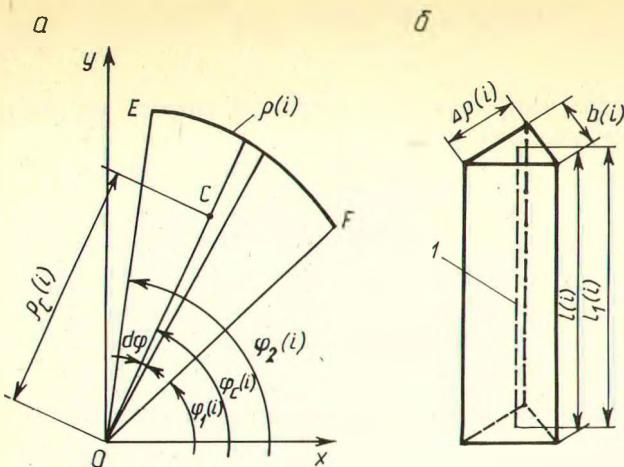


Рис. 2. Сектор ОЕF спирали Архимеда:

*a* – *i*-го участка; *б* – развернутый вид профильной части *i*-го участка

призму (рис. 2, *б*), основание которой имеет вид прямоугольного треугольника со сторонами  $\Delta\rho(i)$  и  $b(i)$ , а высота призмы равна длине дуги спирали.

Длину дуги  $EF$  спирали Архимеда  $l(i)$  (см. рис. 2, *а*) определяем по следующей формуле:

$$l(i) = \int_{\varphi_1(i)}^{\varphi_2(i)} \sqrt{\rho^2(i) + \rho'^2(i) d\varphi}.$$

Разница  $\Delta\rho(i)$  высоты  $\rho(i+1)$  и  $\rho(i)$  в радиальном сечении

$$\Delta\rho(i) = h(i+1) - h(i) - K \frac{(\gamma(i+1) - \gamma(i))}{\psi},$$

где  $h(i+1)$ ,  $h(i)$  – высотные размеры детали, соответствующие точкам  $i+1$  и  $i$ ;  $\gamma(i+1)$ ,  $\gamma(i)$  – передние углы режущей кромки зуба фрезы, соответствующие точкам  $i+1$  и  $i$ ;  $K$  – падение спирали Архимеда в пределах центрального угла  $\psi$ .

Отсюда масса *i*-го участка зуба

$$M(i) = (V_0(i) + V_1(i))\rho_0 = (S_0(i) + \frac{l(i)\Delta\rho(i)}{2})b(i)\rho_0,$$

где  $V_1(i)$ ,  $V_0(i)$  – соответственно объемы профильной и непрофильной частей;  $\rho_0$  – плотность материала фрезерного инструмента.

Центр тяжести треугольника рассчитан по координатам его вершин:

$$x_{\Delta c}(i) = \frac{x_1(i) + x_2(i) + x_3(i)}{3};$$

$$y_{\Delta c}(i) = \frac{y_1(i) + y_2(i) + y_3(i)}{3} .$$

Радиус и угол центра тяжести сектора  $OEF$  спирали  $i$ -го участка находим по формуле (см. рис. 2, а)

$$\rho_c(i) = \frac{1}{3S_6(i)} \int_{\varphi_1(i)}^{\varphi_2(i)} (a_1 \varphi - h_p(i))^3 d\varphi ;$$

$$\varphi_c(i) = \frac{1}{2S_6(i)} \int_{\varphi_1(i)}^{\varphi_2(i)} (a_1 \varphi - h_p(i))^2 \varphi d\varphi ,$$

отсюда центр тяжести сектора спирали  $i$ -го участка имеет следующие координаты:

$$\begin{cases} x_{6c}(i) = \rho_c(i) \sin\left(\frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} - \varphi_c(i)\right); \\ y_{6c}(i) = \rho_c(i) \cos\left(\frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} - \varphi_c(i)\right); \\ z_{6c}(i) = z(i) + \frac{1}{2} b(i) - \frac{B}{2} . \end{cases}$$

После этого вычисляем значение центра тяжести непрофильной части:

$$\begin{cases} x_{0c}(i) = \frac{1}{S_0(i)} \sum_{j=1}^6 \pm x_{jc}(i) S_j(i); \\ y_{0c}(i) = \frac{1}{S_0(i)} \sum_{j=1}^6 \pm y_{jc}(i) S_j(i); \\ z_{0c}(i) = \frac{1}{S_0(i)} \sum_{j=1}^6 \pm z_{jc}(i) S_j(i) . \end{cases}$$

Если развернутый вид профильной части  $i$ -го участка имеет вид призмы, то ее центр тяжести находится на линии 1 (рис. 2, б), расстояние от которой до основания  $b(i)$  равно  $1/3 \Delta \rho(i)$ . Поэтому задача определения центра тяжести профильной части сводится к нахождению центра тяжести линии 1.

Уравнение линии 1 имеет следующий вид:

$$\rho_1(i) = a_1 \varphi - h_p(i) + \frac{1}{3} \Delta \rho(i) .$$

Центр тяжести линии 1, или  $\rho_1(i)$ , находим по формуле

$$\left\{ \begin{array}{l} x_{1c}(i) = \frac{1}{l_1(i)} \int_{\varphi_3(i)}^{\varphi_4(i)} \cos \varphi \rho_1(i) \sqrt{a_1^2 + \rho_1^2(i)} d\varphi; \\ y_{1c}(i) = \frac{1}{l_1(i)} \int_{\varphi_3(i)}^{\varphi_4(i)} \sin \varphi \rho_1(i) \sqrt{a_1^2 + \rho_1^2(i)} d\varphi; \\ z_{1c}(i) = \begin{cases} z(i) + \frac{2}{3} b(i) - \frac{B}{2}, & \text{если } y(i) > y(i+1); \\ z(i) + \frac{1}{3} b(i) - \frac{B}{2}, & \text{если } y(i+1) > y(i), \end{cases} \end{array} \right.$$

где  $\varphi_3(i)$ ,  $\varphi_4(i)$  – начальный и конечный углы дуги спирали Архимеда (линии 1 на рис. 1, а);  $l_1(i)$  – длина дуги спирали Архимеда (линия 1);

$$l_1(i) = \frac{\varphi_4(i)}{\varphi_3(i)} \int \sqrt{\rho_1^2(i) + \rho_1'^2(i)} d\varphi.$$

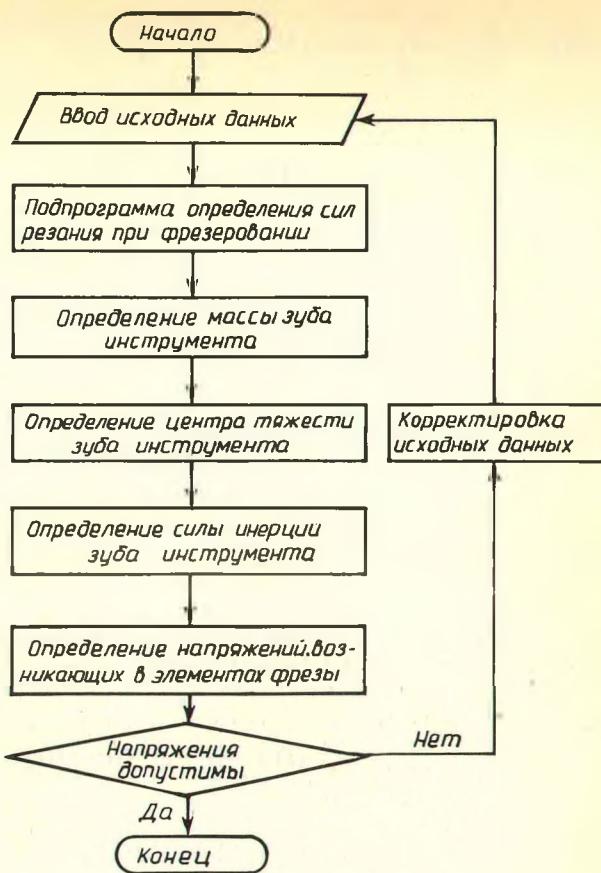
С помощью ЭВМ можно определить значение перечисленных интегралов. Центр тяжести  $i$ -го участка рассчитаем по формуле

$$\left\{ \begin{array}{l} x_c(i) = \frac{1}{(V_0(i) + V_1(i))} (x_{0c}(i)V_0(i) + x_{1c}(i)V_1(i)); \\ y_c(i) = \frac{1}{(V_0(i) + V_1(i))} (y_{0c}(i)V_0(i) + y_{1c}(i)V_1(i)); \\ z_c(i) = \frac{1}{(V_0(i) + V_1(i))} (z_{0c}(i)V_0(i) + z_{1c}(i)V_1(i)). \end{array} \right.$$

Для эзуба фрезы

$$\left\{ \begin{array}{l} x_c = \frac{1}{M} \sum_1^n x_c(i) M(i); \\ y_c = \frac{1}{M} \sum_1^n y_c(i) M(i); \\ z_c = \frac{1}{M} \sum_1^n z_c(i) M(i). \end{array} \right.$$

Силу инерции одного зуба фрезы, возникающую при вращении фрезы с частотой  $N$ , находим по формуле



Р и с. 3. Схема расчета на прочность фасонных фрезерных инструментов с помощью ЭВМ

$$F_{ин} = \frac{M(2\pi N)^2 R_c}{3600},$$

где  $R_c$  – расстояние от центра тяжести зуба до оси фрезы;

$$R_c = \sqrt{x_c^2 + y_c^2 + z_c^2}.$$

Подробности определения напряжений цельных насадных фрез рассмотрены в работе [3].

В дальнейшем необходимо исследовать процесс фасонного фрезерования в целях математического описания сил резания, действующих на режущий инструмент, полной автоматизации расчета фасонных цельных насадных затылованных фрез.

Алгоритм расчета на прочность фасонных фрезерных инструментов выражается следующей схемой (рис. 3).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шаповал А.П. Исследование процесса профильного фрезерования древесины. Автореф. дис. ... канд. техн. наук /МЛТИ. М., 1965.
2. Онежашвили З.И. О динамике углового фрезерования древесины // Науч. тр. / ГПИ. 1971. № 8. С. 78–83.
3. Кржев Н.А., Соболев Ю.С. Расчет цельных дереворежущих фрез на прочность // Науч. тр. / МЛТИ. 1972. Вып. 46. С. 108–135.
4. Домрачев П.П., Боярский М.В. К расчету сил инерции зуба цельных насадных затылованных дереворежущих фрез // Станки и инструменты деревообрабатывающих производств. Л., 1986. С. 51–54.