

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

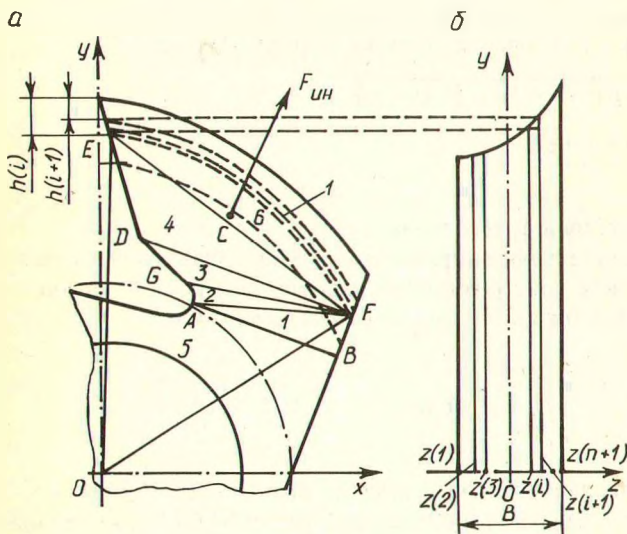
НГУЕН ХЫУ ЛОК (БТИ)

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

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 $S_1(i)$, $S_2(i)$, $S_3(i)$, ..., $S_5(i)$ — 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:

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

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

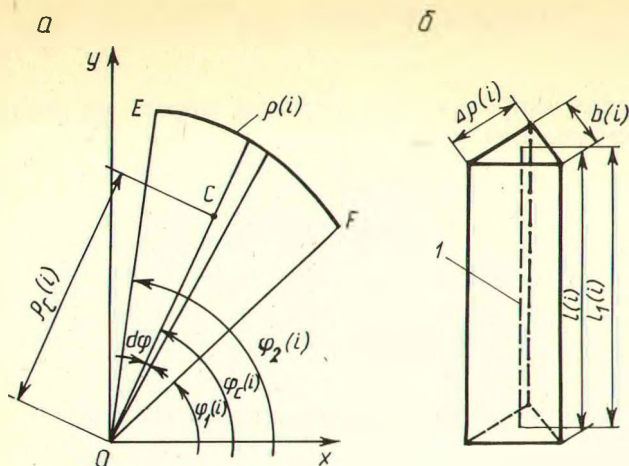
где a , b , c — стороны треугольника.

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; φ — 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



Р и с. 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 ψ .

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; ρ_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, a)

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

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

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 l (рис. 2, b), 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 l .

Уравнение линии l имеет следующий вид:

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

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

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

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

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

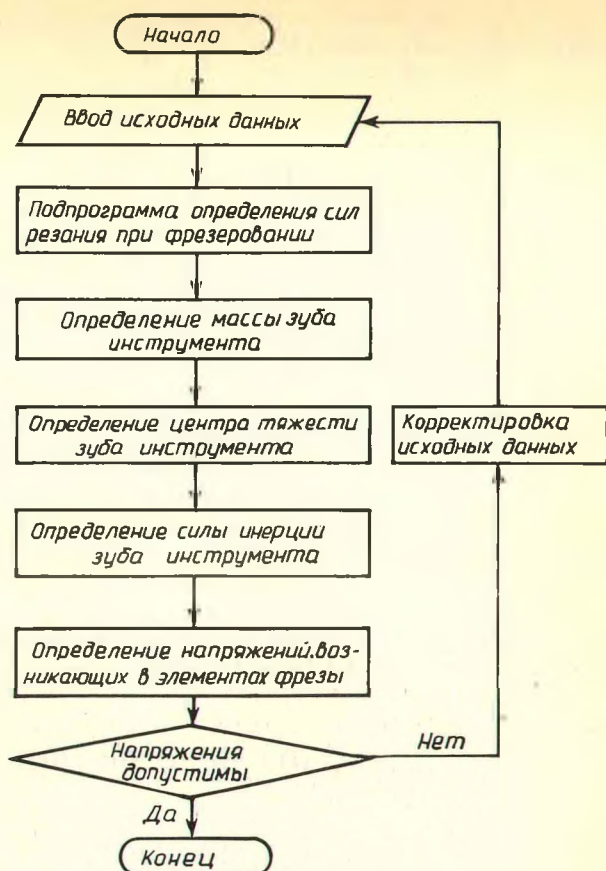
С помощью ЭВМ можно определить значение перечисленных интегралов. Центр тяжести i -го участка рассчитаем по формуле

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

Для зуба фрезы

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

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 заточенных 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. Онезашвили З.И. О динамике углового фрезерования древесины // Науч. тр. / ГПИ. 1971. № 8. С. 78–83.
3. Кряжев 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.