

## РАСЧЕТ НА УСТОЙЧИВОСТЬ СЕКТОРА СБОРНОЙ ФРЕЗЫ

Calculation the sector of collapsible mill on stability.

Сборный фрезерный инструмент получает все большее и большее распространение в деревообрабатывающей промышленности [2, 3]. Наряду с большим разнообразием сборного инструмента своей оригинальной конструкцией выделяется насадная сборная фреза с изменяемыми угловыми параметрами.

Сборная насадная фреза с самоустанавливающимися угловыми параметрами обладает степенью подвижности, которая может стать причиной вылета крепежного сектора из гнезда корпуса инструмента. Во избежание этого в конструкцию сборной фрезы необходимо устанавливать дополнительные предохранительные элементы. Целью данной работы является определение возможности вылета сектора из гнезда корпуса инструмента и доказательство тем самым необходимости применения предохранительных устройств — ограничителей.

Изобразим схему действующих на сектор сил (рис. 1).

Зададимся следующими допущениями:

а) инерционные силы, действующие на сектор, приводим к центру масс, что упрощает дальнейшие расчеты с введением погрешности, зависящей от размера сектора (увеличение относительного размера сектора увеличивает погрешность вычислений).

б) реакции опор примем сосредоточенными, а не распределенными по всей контактной поверхности сектора, как предполагается изначально при проектировании инструмента.

Условие неподвижности сектора:

$$(N_1 + N_2) \cdot r \cdot f \geq F_{oc} \cdot k \times \cos(90 - \beta - \gamma) + F_{tg} \cdot k \cdot \cos(\gamma + \beta), \quad (1)$$

$$\text{где } k = \sqrt{r_c^2 + R^2 - 2 \cdot r_c \cdot R \cdot \cos(\beta)},$$

$$\gamma = \arcsin \left[ \frac{r_c \cdot \sin(\beta)}{\sqrt{r_c^2 + R^2 - 2 \cdot r_c \cdot R \cdot \cos(\beta)}} \right]$$

$$F_{oc} = m \cdot \omega^2 \cdot r_c; \quad (2)$$

$$F_{tg} = m \cdot \varepsilon \cdot r_c, \quad (3)$$

где  $m$  — масса сектора, кг;

$\omega$  — угловая скорость сектора,  $c^{-1}$ ;

$\varepsilon$  — угловое замедление (ускорение) сектора,  $\text{рад}/c^2$ ;

$f$  — коэффициент трения в сопрягаемых парах сектор-корпус ( $f = 0,1$ );

$N_1$  и  $N_2$  — реакции опор в парах сопряжения, Н.

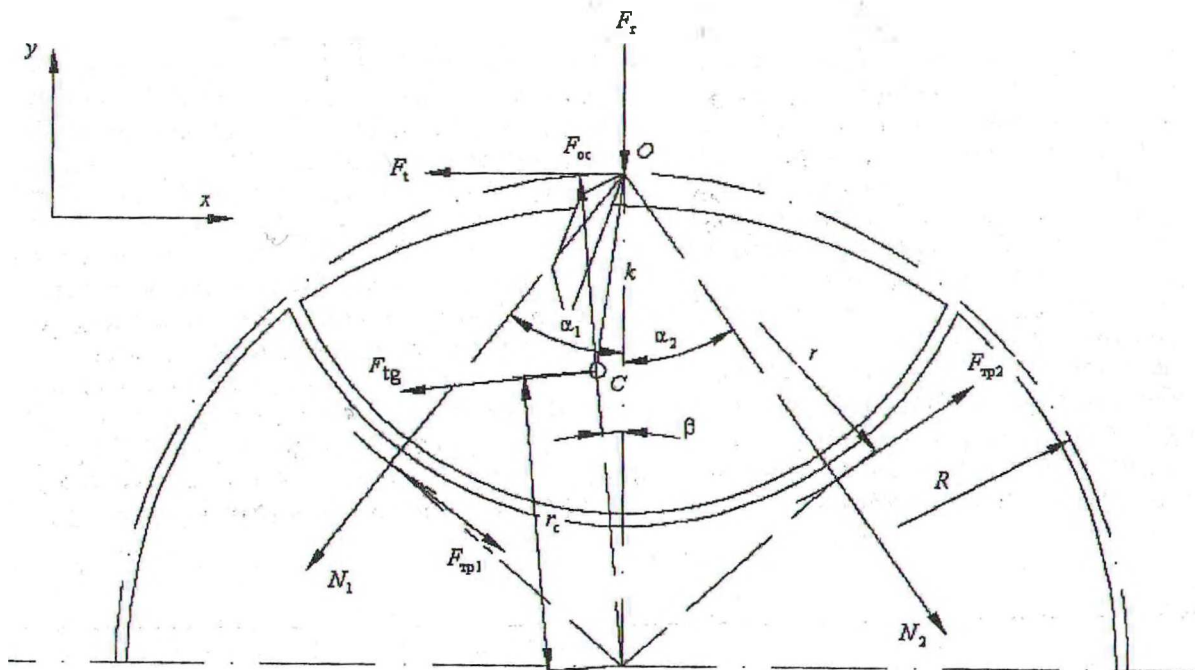


Рис. 1. Схема действующих на сектор сил

Реакции в опорах находим из условия статического равновесия системы сектор - корпус относительно оси  $x$  и  $y$ . Уравнения примут вид

$$\sum F_x = 0;$$

$$F_{\text{тп1}} \cos(\alpha_1) - N_1 \sin(\alpha_1) + N_2 \sin(\alpha_2) + F_{\text{тп2}} \cos(\alpha_2) - F_{\text{тг}} \cos(\beta) - F_{\text{оц}} \sin(\beta) - F_t = 0. (4)$$

$$\sum F_y = 0;$$

$$-F_{\text{тп1}} \sin(\alpha_1) - N_1 \cos(\alpha_1) - N_2 \cos(\alpha_2) + F_{\text{тп2}} \sin(\alpha_2) + F_{\text{оц}} \cos(\beta) - F_{\text{тг}} \sin(\beta) - F_r = 0. (5)$$

Рассмотрим момент, когда сектор начинает свое вращение. Тогда

$$F_{\text{тп1}} = N_1 \cdot f;$$

$$F_{\text{тп2}} = N_2 \cdot f;$$

$$\sum M_o = 0. (6)$$

Решая систему трех уравнений (4), (5) и (6), приходим к сложной зависимости

$$\epsilon_{\text{кр}} = \frac{F_{\text{оц}} \cdot k \cdot \cos(\pi/2 - \beta - \gamma) - Y \cdot f \cdot r}{m \cdot r_c \cdot (k \cdot \cos(\gamma + \beta) - f \cdot r \cdot Z)}, (7)$$

где

$$Y = F_t \frac{x_1^1}{a_1^1} + F_{\text{оц}} \frac{x_3^1}{a_1^1} + \frac{1 - \frac{a_2^1}{a_1^1}}{a_2^1 a_1^{11} - a_2^{11} a_1^1} \times [F_t (x_1^1 a_1^{11} - x_1^{11} a_1^1) + F_{\text{оц}} (x_3^1 a_1^{11} - x_3^{11} a_1^1)]; (8)$$

$$Z = \frac{x_2^1}{a_1^1} + \frac{\left(1 - \frac{a_2^1}{a_1^1}\right) (x_2^1 a_1^{11} - x_2^{11} a_1^1)}{a_2^1 a_1^{11} - a_2^{11} a_1^1}; (9)$$

$$a_1^1 = \sin(\alpha_1) - f \cdot \cos(\alpha_1);$$

$$a_1^{11} = \cos(\alpha_1) + f \cdot \sin(\alpha_1);$$

$$a_2^1 = -\sin(\alpha_2) - f \cdot \cos(\alpha_2);$$

$$a_2^{11} = \cos(\alpha_2) - f \cdot \sin(\alpha_2);$$

$$x_1^1 = -1;$$

$$x_1^{11} = \frac{F_r}{F_t};$$

$$x_2^1 = -\cos(\beta);$$

$$x_2^{11} = -\sin(\beta);$$

$$x_3^1 = -\sin(\beta);$$

$$x_3^{11} = \cos(\beta).$$

В практике бывают случаи, когда вылет частей сборного инструмента происходит не в процессе работы станка или в период установившегося движения, а по окончании рабочего процесса, т. е. в период остановки или запуска машины [1].

На основании того, что выход сектора возможен при отсутствии взаимодействия инструмента с заготовкой (материал препятствует выходу сектора из гнезда), запишем зависимости (7) и (8) при условии, когда отсутствуют силы резания:

$$\epsilon_{\text{кр}} = F_{\text{оц}} \times \frac{Y \cdot f \cdot r - k \cdot \cos(\pi/2 - \beta - \gamma)}{m \cdot r_c \cdot (k \cdot \cos(\gamma + \beta) - f \cdot r \cdot Z)}; (10)$$

$$Y = \frac{x_3^1}{a_1^1} + \frac{1 - \frac{a_2^1}{a_1^1}}{a_2^1 a_1^{11} - a_2^{11} a_1^1} [(x_3^1 a_1^{11} - x_3^{11} a_1^1)]. (11)$$

На основании (9), (10) и (11) строим график критического ускорения сборной фрезы в зависимости от мгновенной угловой скорости при следующих данных (рис. 1):

$$\alpha_1 = 30^\circ, \alpha_2 = 30^\circ, f = 0,1, r_c = 60 \text{ мм}, m = 100 \text{ г}, R = 80 \text{ мм}, r = 40 \text{ мм}.$$

Причем изменяемым параметром оставим угол  $\beta$ . График изобразим на рис. 2.

На рис. 2 представлен график зависимости критического ускорения (ускорение, при котором сектор начинает вращаться с положения равновесия под действием сил инерции) инструмента от мгновенной скорости вращения фрезы. Для случая замедления инструмента вышепредставленный график будет симметричным относительно оси ординат.

На основании исследования графической зависимости функции (10) делаем следующие выводы.

1) В результате разгона инструмента происходит увеличение угла  $\beta$  при превышении ускорения инструмента своего критического значения  $\epsilon_{\text{кр}}$ .

2) Существует вероятность вылета сектора из гнезда сборной фрезы, что служит обоснованием применения ограничителя хода сектора.

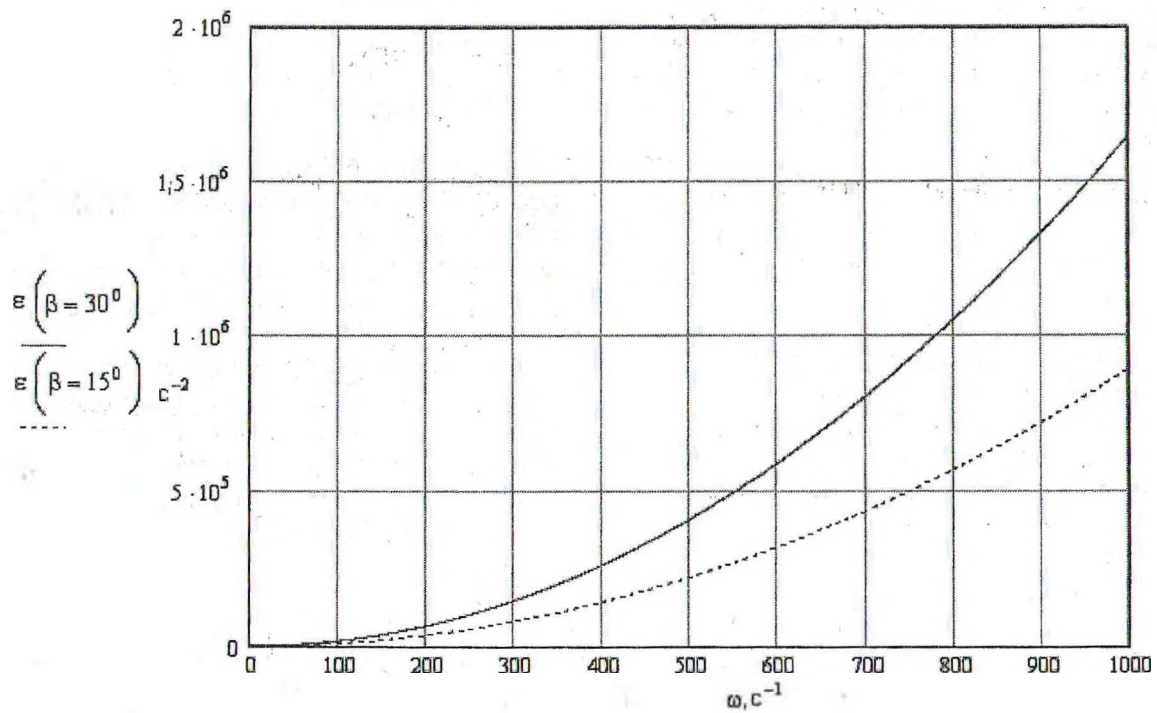


Рис. 2. Зависимость критического ускорения исследуемой фрезы от мгновенной угловой скорости инструмента

Существуют различные конструкции ограничителей, однако данная работа не посвящена их рассмотрению. Стоит только отметить, что применение той или иной конструкции ограничителя хода значительно повышает надежность и безопасность работы инструмента и его применение должно быть обязательно обоснованным.

#### Литература

1. Тайнов А. И. К расчету ножевых головок строгальных станков по дереву: Сб. науч. трудов. – Мн.: БГУ имени В. И. Ленина, 1958. – Вып. 9. – 309 с.
2. Кряжев Н. А. Фрезерование древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1979. – 200 с.
3. Любченко В. И. Резание древесины и древесных материалов: Учебное пособие для вузов. – М.: Лесн. пром-сть, 1986. – 296 с.