

УДК 621.9,02:534.1.001.5

И.Г.Жарков, Е.М.Маркушин,  
Ю.А.Аблапохин

#### ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОКОЛЕБАНИЙ ПРИ ТОЧЕНИИ И РАСТОЧКЕ

В работах [1, 2, 3] указано, что существенное влияние на процесс автоколебаний при резании металлов оказывает отставание изменения силы резания при изменении толщины срезаемого слоя и вторичное возбуждение при работе "по следу".

В данной работе предложена математическая модель процесса автоколебаний при точении и расточке с учетом обработки "по следу" и отставания силы резания от изменения толщины срезаемого слоя.

При точении консольно закрепленных деталей существенное влияние на точность обработки оказывают колебания в плоскости  $YOZ$  (рис. 1). Центр детали будет совершать сложное движение, которое описывается системой дифференциальных уравнений

$$m \frac{d^2 z(t)}{dt^2} + \eta_0 \frac{dz(t)}{dt} + C_1 z(t) = R_1 \quad (1)$$
$$m \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + \eta_0 \frac{dy(t)}{dt} + C_2 y(t) = R_2,$$

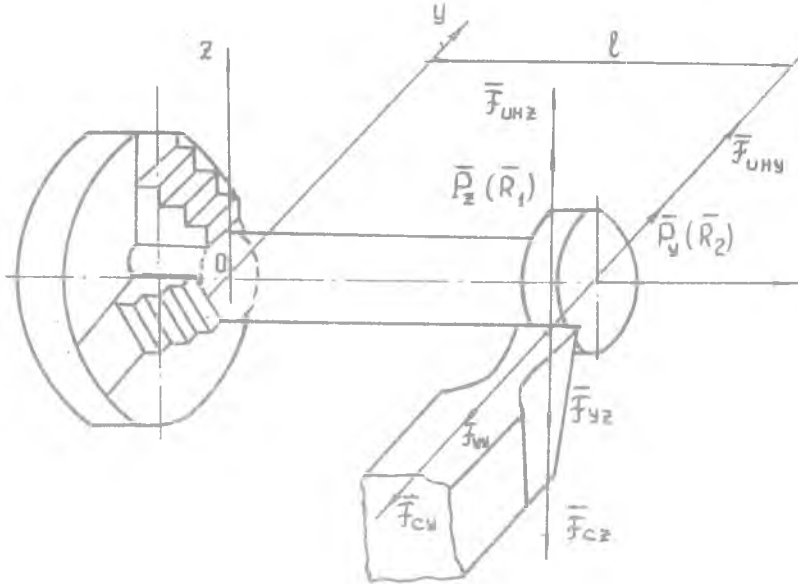


Рис. 1. Схема сил, действующих на доминирующую колебательную систему при токарной обработке.  $F_{ун}$  - сила инерции;  $F_c$  - сила сопротивления;  $F_y$  - сила упругости

$$\text{где } R_1 = \begin{cases} K\beta [a + \varepsilon \sin \omega t + y(t-T-\tau) - y(t-\tau)]^{1-N} & \text{при } [a + \varepsilon \sin \omega t + y(t-T-\tau) - y(t-\tau)] > 0; \\ 0 & \text{при } [a + \varepsilon \sin \omega t + y(t-T-\tau) - y(t-\tau)] \leq 0. \end{cases} \quad (2)$$

$$R_2 = \begin{cases} K\beta \{A_0 [a + \varepsilon \sin \omega t + y(t-T-\tau) - y(t-\tau)]^{1-N} + B_0\} & \text{при } [a + \varepsilon \sin \omega t + y(t-T-\tau) - y(t-\tau)] > 0; \\ 0 & \text{при } [a + \varepsilon \sin \omega t + y(t-T-\tau) - y(t-\tau)] \leq 0. \end{cases} \quad (3)$$

В равенствах (2) и (3):

$$y(t-\tau)=0 \quad \text{при } (t-\tau) \leq 0;$$

$$y(t-T-\tau)=0 \quad \text{при } (t-T-\tau) \leq 0.$$

В уравнении (1)  $m \frac{d^2 z(t)}{dt^2}$  и  $m \frac{d^2 y(t)}{dt^2}$  - силы инерции по осям  $z$  и  $y$ ;

$\eta_0 \frac{dz(t)}{dt}$  и  $\eta_0 \frac{dy(t)}{dt}$  - демпфирующие силы по осям  $z$  и  $y$ ;  $C_1 z(t)$ ,  $C_2 y(t)$  - силы упругости по осям  $z$  и  $y$ ;  $R_1$  - составляющая силы резания по оси  $z$ ;  $R_2$  - составляющая силы резания по оси  $y$ .

В уравнениях (2) и (3) -  $k$  - коэффициент резания;  $b$  - ширина срезаемого слоя;  $a$  - номинальная толщина срезаемого слоя;  $T$  - время одного оборота;  $\tau$  - отставание силы резания от изменения толщины срезаемого слоя (в общем случае является функцией времени, в расчетах для конкретных условий принималось  $\tau = \text{const.}$ );  $\epsilon$  - эксцентриситет обрабатываемой детали;  $\mu$  - показатель степени в формуле удельного давления резания;  $z(t)$ ,  $y(t)$  - перемещения центра детали по осям  $z$  и  $y$  на расстоянии  $x = l$ ;  $C_1$ ,  $C_2$  - коэффициенты обобщенной жесткости системы "деталь-опоры" по осям  $z$  и  $y$ , которые при захвате детали в трехшлицевом патроне [4] изменяются по уравнениям:

$$\begin{aligned} C_1 &= C + \Delta C \sin \omega_c t, \\ C_2 &= C + \Delta C \cos \omega_c t, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $C$  - среднее значение жесткости

$$\Delta C = 0,15C;$$

$A_0$ ,  $B_0$  - коэффициенты, характеризующие отношение  $P_y/\rho_2$  [5];  $m$  - приведенная масса;  $\eta_0$  - обобщенный коэффициент демпфирования.

Период собственных колебаний определяется следующим выражением:

$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1}, \quad \text{где } \omega_1 = \sqrt{\frac{C}{m}}, \quad (5)$$

Решение системы уравнений (1) позволило дать качественную и количественную оценку влияния отдельных параметров режима резания и жесткости системы на автоколебательный процесс при точении и расточке.

#### Литература

1. Кудинов В.А. Динамика станков. "Машиностроение", М., 1967.
2. Подураев В.Н. Обработка резанием с вибрациями. "Машиностроение", М., 1970.
3. Ташлицкий Н.И. Первичный источник энергии возбуждения автоколебаний при резании металлов. "Вестник машиностроения", № 2, 1960.
4. Медведев Л.П. Жесткость упругой системы "станок - изделие" при точении в патроне. Труды КуАИ, вып. IX, Куйбышев, 1959.
5. Жарков И.Г. Исследование скоростного фрезерования цилиндрическими спиральными фрезами. Сб. "Труды областной научно-технической конференции", НТО Машпром, Куйбышев, 1956.