

УДК 621.9.06

В.Я. Романів, Д.О. Коновалов

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## КЕРУВАННЯ ТОЧНОСТЮ ОБРОБКИ НА ВЕРСТАТАХ З ЧПК

V.Y. Romaniv, D.O. Konovalov

### CONTROL OF ACCURACY OF WORKING ON CNC MACHINE TOOL

Процес досягнення необхідної продуктивності та точності при виготовленні деталей на верстатах (зокрема і на верстатах з ЧПК) містить три етапи: 1) етап встановлення заготовки; 2) етап статичного налаштування; 3) етап динамічного налаштування.

На етапі встановлення здійснюється орієнтація і закріплення заготовок на столі-супутнику або на столі верстата, автоматичне встановлення різального інструменту і в результаті формується параметр встановлення –  $Y_B$ . На етапі статичного налаштування інструмент по програмі виводиться відносно технологічних баз деталі на розмір –  $Y_C$ . На етапі динамічного налаштування в процесі різання в результаті деформування технологічної оброблюваної системи формується розмір –  $Y_D$ , а саме розмір між різальною кромкою інструменту та базою. Таким чином в оброблювальній деталі отримується розмір  $Y = Y_B + Y_C + Y_D$ .

Стан технологічної системи під час процесу обробки заготовки характеризується комплексом значень:  $\delta$ -точність оброблюваної деталі,  $N$ -необхідна потужність різання,  $P$ -сила різання,  $M$ -обертовий момент,  $x$ -пружні переміщення,  $T$ -температурний режим системи,  $\mu$ -зношування різального інструменту,  $h$ -рівень вібрацій тощо. Ці параметри є змінним (внутрішніми) параметрами стану технологічної системи і утворюють вектор стану системи:  $V = (\delta, N, P, M, x, T, \mu, h \dots)$ .

Вхідними параметрами (збуджуючими факторами) оброблюваної системи є:  $p$ -зміна сили різання,  $HB$ -зміна твердості матеріалу заготовки,  $j$ -змінна жорсткість технологічної системи,  $Z_I$ -різальна здатність інструменту тощо. Ці параметри утворюють вхідний вектор системи:  $U = (p, HB, j, Z_I \dots)$ .

Вплив на технологічну систему в процесі керування здійснюється через керовані параметри:  $s$ -подача,  $n$ -частота обертання шпинделя,  $v$ -швидкість різання,  $t$ -глибина (ширина) різання тощо. Вони утворюють вектор керування системи  $W = (s, n, v, t \dots)$ .

На змінні (внутрішні) параметри та параметри керування системи накладають обмеження – необхідна точність обробки, допустимі навантаження по силі та потужності. Ці обмеження або визначають область допустимих значень змінних параметрів або встановлюють додаткові залежності між змінними параметрами стану та керування системи.

Для знаходження залежності між розміром динамічного налаштування  $Y_D$  та складовими сили різання  $P = f(P_x, P_y, P_z)$  використовуємо залежність  $Y_D = aP_x + bP_y + cP_z$ , де  $a, b, c$  – коефіцієнти, які характеризують вплив кожної із складових сили різання і визначаються експериментально.

Для визначення функціональної залежності  $Y_D = f(P_x, P_y, P_z)$  проводимо апроксимацію експериментальних даних методом найменших квадратів (Гауса):

$$\sum_{i=1}^n [Y_{Di} - (aP_{xi} + bP_{yi} + cP_{zi})]^2 \rightarrow \min.$$

При керуванні процесом на етапі динамічного налаштування вирішується завдання керування точністю обробки (режимами різання), які забезпечують екстремум цільової функції (максимум продуктивності, мінімум собівартості).