

УДК 621.9

<sup>1</sup>Т.В. Сокульський, <sup>2</sup>А.В. Грабар

<sup>1</sup>Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

<sup>2</sup>ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут», Україна

## ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ РОЗТОЧУВАННЯ ПРУЖНИХ ШАЙБ ВЕЛИКИХ ДІАМЕТРІВ

T.V. Sokulsky, A.V. Hrabar

### DYNAMIC MODEL OF THE PROCESS OF SUSPENSION OF THE LARGE RADIATOR DIAGNOSTICS

Для запису математичної моделі процесу розточування пружинних шайб великих діаметрів (ПШВД) необхідно задати такі припущення: деформації системи вважаємо пружними, а зведені жорсткості елементів системи – лінійними; зусилля різання в тангенційному та радіальному напрямках вважаємо прямопропорційними глибині різання; швидкість обертання пристрою для закріплення нежорсткої гвинтової деталі вважаємо постійною; деформацією згину пристрою для закріплення ПШВД нехтуємо; демпфуванням у системі нехтуємо внаслідок короткочасності ударного процесу різання; на ділянках врізання інструменту та його виходу глибина різання лінійно змінюється.

Розрахункову схему процесу різання зображено на рис. 1.1.

Згідно із вказаними припущеннями тангенціальна  $P_z$  та радіальна  $P_y$  сили різання визначаються за залежностями [1]:

$$\begin{cases} P_z = C_{pz}t, \\ P_y = C_{py}t, \end{cases} \quad \text{при } t > 0. \quad (1)$$

де  $C_{pz}$  і  $C_{py}$  - відповідно коефіцієнти пропорційності, які залежать від матеріалу деталі, швидкості різання, подачі, форми різця, змащувально-охолоджуючої рідини тощо;

$t$  - глибина різання.

З врахуванням координат зони врізання та виходу інструменту розрахункова глибина різання визначається за залежностями:

$$t_y = \begin{cases} t_0 \left( \frac{x}{l_1} \right), & 0 < x < l_1, \text{ (врізання)} \\ t_0, & l_1 \leq x \leq l_2, \\ t_0 \left( 1 - \frac{x - l_2}{l - l_2} \right), & l_2 < x < l, \text{ (вихід)} \\ 0, & x \leq 0 \text{ або } x \geq l, \end{cases} \quad (2)$$

де  $t_0$  - глибина різання для зняття розрахункового припуску;

$l = \frac{h}{\sin \gamma}$  - повна довжина різання;

$h$  - товщина тіла ПШВД;

$l_1$  і  $l_2$  - розрахункові координати зон врізання та виходу інструменту;

$x = u - z$  - координата розташування різця відносно тіла ПШВД;

$\gamma$  - кут підйому гвинтової лінії ПШВД на внутрішньому діаметрі.

Реальна глибина різання залежить також від радіального зміщення різцетримача  $u$  та радіального відходу ПШВД за рахунок його поперечного згинання  $\rho_{non}$ . В деякому наближенні  $\rho_{non}$  дорівнює:

$$\rho_{non} = (R_2 - R_1) \cdot \left( 1 - \cos \frac{u - v\tau}{R_2 - R_1} \right) \quad (3)$$

де  $R_2, R_1$  - радіуси отвору деталі відповідно до і після розточування;  
 $u$  - координата руху ПШВД;  
 $\tau$  - біжучий час.

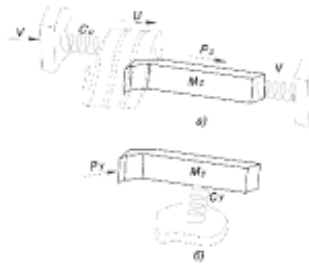


Рис. 1.1. Розрахункова схема в площині дії:  
 а) тангенційної сили  $P_z$ ; б) радіальної сили  $P_y$

Тоді дійсна глибина різання визначено:

$$t = t_y - \rho_{non} - y. \quad (4)$$

Диференціальні рівняння руху різцетримача у тангенційному та радіальному напрямках записано у такому вигляді:

$$M_z \ddot{z} = -c_z z + P_z; \quad (5)$$

$$M_y \ddot{y} = -c_y y + P_y, \quad (6)$$

де  $M_z, M_y$  - зведена маса різцетримача у тангенціальному та радіальному напрямках;

$c_z, c_y$  - зведена жорсткість різцетримача у тангенціальному та радіальному напрямках;

$z, y$  - тангенціальна та радіальна координати руху різцетримача.

Рівняння руху нежорсткої гвинтової деталі:

$$M_u \ddot{u} = -c_u (u - v\tau) - P_z, \quad (7)$$

де  $M_u$  - зведена маса витка нежорсткої гвинтової деталі до точки контакту з різцем;

$c_u$  - зведена жорсткість витка нежорсткої гвинтової заготовки в місці контакту з різцем;

$u$  - координата руху гвинтової заготовки;

$v$  - швидкість обертання пристрою для ПШВД.

Добутки відповідних жорсткостей на деформації пружних елементів визначають динамічні зусилля, які виникають в них. Координату ПШВД зручно відраховувати від моменту контакту, тому її початкове значення також є нульовим, а швидкість у цей момент дорівнює швидкості обертання пристрою для закріплення ПШВД.

Тому 
$$z_0 = 0; \quad y_0 = 0; \quad u_0 = 0; \quad \dot{z}_0 = 0; \quad \dot{y}_0 = 0; \quad \dot{u}_0 = v. \quad (8)$$

Розв'язок вказаної системи рівнянь можна здійснити аналітичним методом, розділивши процес обчислень на окремі етапи, на кожному з яких характеристики системи незмінні, та контролюючи зміну структурного стану системи із зміною глибини різання, кожен раз розв'язуючи одержану систему рівнянь з новими початковими умовами. Для практичного аналізу зручно застосувати стандартний чисельний метод інтегрування системи диференціальних рівнянь, наприклад, метод Рунге – Кутта. Для цього систему (5, 7) необхідно звести до системи (8) диференціальних рівнянь першого порядку, виконавши очевидні перетворення для заміни змінних.

### Література

1. Филоненко С.Н. Резание металлов. – Киев. «Техніка», 1975.- 232с.