

О.С. ЛЫСОВА, А.В.ЛОКТИОНОВ

Учреждение образования

«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»,
Витебск, Беларусь

Робот-манипулятор IRB 1400 установлен на обувном предприятии «Марко» и предназначен для нанесения разделительной смазки на пресс-форму, в которой приливается полиуретановая подошва и заготовка верха обуви, одетая на колодку. В процессе исследований проанализирована работа робота при выполнении различных технологических операций, составлены расчетные схемы для определения скорости и ускорения центра схвата рассматриваемого промышленного робота. Получены формулы для определения скоростей и ускорений центра схвата робота-манипулятора IRB 1400 матричным методом в неподвижной системе координат. Вектор скорости $\bar{V}$ центра схвата в системе хуз определяется дифференцированием текущих координат по формуле:

$$\begin{aligned} \bar{v} = \begin{pmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \end{pmatrix} = & (\dot{A}_\varphi \dot{\varphi} A_{\theta_1} + A_\varphi \dot{A}_{\theta_1} \dot{\theta}_1) \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ l_1 \end{pmatrix} + A_\varphi A_{\theta_1} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{l}_1 \end{pmatrix} + \\ & + [(\dot{A}_\varphi \dot{\varphi} A_{\theta_1} + A_\varphi \dot{A}_{\theta_1} \dot{\theta}_1) A_{\theta_2} + A_\varphi A_{\theta_1} \dot{A}_{\theta_2} \dot{\theta}_2] \begin{pmatrix} 0 \\ l_2 \\ 0 \end{pmatrix} + A_\varphi A_{\theta_1} A_{\theta_2} \begin{pmatrix} 0 \\ \dot{l}_2 \\ 0 \end{pmatrix} + \\ & + [(\dot{A}_\varphi \dot{\varphi} A_{\theta_1} + A_\varphi \dot{A}_{\theta_1} \dot{\theta}_1) A_{\theta_2} A_{\theta_3} + (\dot{A}_{\theta_2} \dot{\theta}_2 A_{\theta_3} + A_{\theta_2} \dot{A}_{\theta_3} \dot{\theta}_3) A_\varphi A_{\theta_1}] \begin{pmatrix} 0 \\ l_3 \\ 0 \end{pmatrix} + \\ & + A_\varphi A_{\theta_1} A_{\theta_2} A_{\theta_3} \begin{pmatrix} 0 \\ \dot{l}_3 \\ 0 \end{pmatrix} + [((\dot{A}_\varphi \dot{\varphi} A_{\theta_1} + A_\varphi \dot{A}_{\theta_1} \dot{\theta}_1) A_{\theta_2} + A_\varphi A_{\theta_1} \dot{A}_{\theta_2} \dot{\theta}_2) A_{\theta_3} A_{\varphi_2} + \\ & + A_\varphi A_{\theta_1} A_{\theta_2} (\dot{A}_{\theta_3} \dot{\theta}_3 A_{\varphi_2} + A_{\theta_3} \dot{A}_{\varphi_2} \dot{\varphi}_2)] \begin{pmatrix} x_8 \\ y_8 \\ z_8 \end{pmatrix}. \\ \bar{v} = \begin{pmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \end{pmatrix} = & \begin{pmatrix} l_1 \cdot \cos \varphi \sin \theta_1 \\ l_1 \cdot \sin \varphi \sin \theta_1 \\ 0 \end{pmatrix} \dot{\varphi} + \begin{pmatrix} l_1 \cdot \sin \varphi \cos \theta_1 \\ -l_1 \cdot \cos \varphi \cos \theta_1 \\ -l_1 \cdot \sin \varphi \end{pmatrix} \dot{\theta}_1 + \\ & + \begin{pmatrix} \dot{l}_1 \cdot \sin \varphi \sin \theta_1 \\ -\dot{l}_1 \cdot \cos \varphi \sin \theta_1 \\ \dot{l}_1 \cdot \cos \varphi \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -l_2 \cdot \cos \varphi \cos \theta_1 \\ l_2 \cdot \cos \varphi \cos \theta_1 \\ 0 \end{pmatrix} \dot{\varphi} + \begin{pmatrix} l_2 \cdot \sin \varphi \sin \theta_1 \\ -l_2 \cdot \cos \varphi \sin \theta_1 \\ l_2 \cdot \cos \varphi \end{pmatrix} \dot{\theta}_1 + \\ & + \begin{pmatrix} -\dot{l}_2 \cdot \sin \varphi \cos \theta_1 \\ \dot{l}_2 \cdot \cos \varphi \cos \theta_1 \\ \dot{l}_2 \cdot \sin \varphi \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -l_3 \cdot \cos \varphi \sin \theta_1 \sin \theta_2 \\ -l_3 \cdot \sin \varphi \sin \theta_1 \sin \theta_2 \\ 0 \end{pmatrix} \dot{\varphi} + \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 & + \begin{pmatrix} -l_3 \cdot \sin \varphi \cos \theta_1 \sin \theta_2 \\ l_3 \cdot \cos \varphi \cos \theta_1 \sin \theta_2 \\ -l_2 \cdot \sin \theta_1 \sin \theta_2 \end{pmatrix} \dot{\theta}_1 + \\
 & + \begin{pmatrix} 0 \\ l_3 (\cos \theta_2 \sin \theta_3 \cos \varphi - \sin \theta_2 \sin \varphi) \\ l_2 (-\sin \theta_2 \sin \theta_3 \cos \varphi + \cos \theta_2 \sin \varphi) \end{pmatrix} \dot{\theta}_2 + \\
 & + \begin{pmatrix} -l_3 \sin \theta_3 \cos \varphi \\ -l_3 \sin \theta_2 \cos \theta_3 \cos \varphi \\ l_3 \cos \theta_2 \cos \theta_3 \cos \varphi \end{pmatrix} \dot{\theta}_3 + \begin{pmatrix} \dot{l}_3 (\cos \varphi \cos \theta_2 - \sin \varphi \sin \theta_1 \sin \theta_2) \\ \dot{l}_3 (\sin \varphi \cos \theta_2 + \cos \varphi \sin \theta_1 \sin \theta_2) \\ \dot{l}_3 \cos \theta_1 \sin \theta_2 \end{pmatrix}.
 \end{aligned}$$

Проекции вектора скорости центра схвата x, y, z на неподвижные оси координат XYZ имеют вид:

$$\begin{aligned}
 \dot{x} = v_x &= \dot{\varphi} l_1 \cos \varphi \sin \theta_1 + \dot{\theta}_1 l_1 \sin \varphi \cos \theta_1 + \dot{l}_1 \sin \varphi \sin \theta_1 - \\
 & - \dot{\varphi} l_2 \cos \varphi \cos \theta_1 + \dot{\theta}_1 l_2 \sin \varphi \sin \theta_1 - \dot{l}_2 \sin \varphi \cos \theta_1 - \\
 & - \dot{\varphi} l_3 \cos \varphi \sin \theta_1 \sin \theta_2 - \dot{\theta}_1 l_3 \sin \varphi \cos \theta_1 \sin \theta_2 - \dot{\theta}_3 l_3 \sin \theta_3 \cos \varphi + \\
 & + \dot{l}_3 (\cos \varphi \cos \theta_2 - \sin \varphi \sin \theta_1 \sin \theta_2) \\
 \dot{y} = v_y &= \dot{\varphi} l_1 \sin \varphi \sin \theta_1 - \dot{\theta}_1 l_1 \cos \varphi \cos \theta_1 - \dot{l}_1 \cos \varphi \sin \theta_1 + \\
 & + \dot{\varphi} l_2 \cos \varphi \cos \theta_1 - \dot{\theta}_1 l_2 \cos \varphi \sin \theta_1 + \dot{l}_2 \cos \varphi \cos \theta_1 - \\
 & - \dot{\varphi} l_3 \sin \varphi \sin \theta_1 \sin \theta_2 + \dot{\theta}_1 l_3 \cos \varphi \cos \theta_1 \sin \theta_2 + \\
 & + \dot{\theta}_2 l_3 (\cos \theta_2 \sin \theta_3 \cos \varphi - \sin \theta_2 \sin \varphi) - \dot{\theta}_3 l_3 \sin \theta_2 \cos \theta_3 \cos \varphi + \\
 & + \dot{l}_3 (\sin \varphi \cos \theta_2 + \cos \varphi \sin \theta_1 \sin \theta_2) \\
 \dot{z} = v_z &= -\dot{\theta}_1 \cdot l_1 \cdot \sin \theta_1 + \dot{l}_1 \cdot \cos \theta_1 + \dot{\theta}_1 \cdot l_2 \cdot \cos \theta_1 + \dot{l}_2 \sin \theta_1 - \\
 & - \dot{\theta}_1 l_3 \sin \theta_1 \sin \theta_2 + \dot{\theta}_2 l_3 (-\sin \theta_2 \sin \theta_3 \cos \varphi + \cos \theta_2 \sin \varphi) + \\
 & + \dot{\theta}_3 l_3 \cos \theta_2 \cos \theta_3 \cos \varphi + \dot{l}_3 \cos \theta_1 \sin \theta_2.
 \end{aligned}$$

Модуль скорости центра схвата находится по формуле

$$v = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2}.$$

Модуль ускорения центра схвата находится по формуле

$$a = \sqrt{\ddot{x}^2 + \ddot{y}^2 + \ddot{z}^2},$$

где $\ddot{x}, \ddot{y}, \ddot{z}$ – проекции вектора ускорения центра схвата на неподвижные оси координат XYZ.

Кинематические характеристики механизма необходимы для решения задач, связанных с прочностным расчетом, и оценки динамических свойств механизма. Для проведения силового расчета определяются силы инерции и силы сопротивления движению звеньев механизма, для чего должны быть известны полученные аналитические зависимости по расчету скорости и ускорения центра схвата робота.