

УДК 517.9

О стабилизации установившихся движений мобильного робота

И.В. Кудашкина¹, Е.А. Сутыркина¹

Ульяновский государственный университет¹

В докладе рассмотрена задача об управлении мобильным роботом с тремя омни-колесами, движущегося по горизонтальной поверхности без проскальзывания [1]. Следуя [1], предположим, что $Oxyz$ — неподвижная система координат с горизонтальной плоскостью Oxy , ось Oz направлена вертикально вверх, C — центр равностороннего треугольника, в вершинах которого находятся омни-колеса, $Cx_1y_1z_1$ — подвижная система координат, жестко связанная с платформой робота, ось Cx_1 параллельна оси вращения первого колеса, ось Cz_1 вертикальна, оси Cy_1 , Cz_1 и Cx_1 образуют правую систему координат, плоскости Oxy и Cx_1y_1 параллельны.

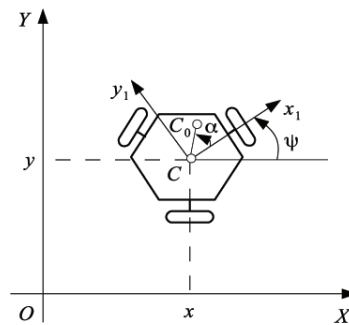


Рис. 1. Схема омни-мобильного робота.

Робот состоит из четырех абсолютно жестких тел: платформы и трех колес. Массой и размерами роликов пренебрегаем. Расстояние от центра платформы до центра каждого колеса равно a , r — радиус колеса. Центр масс системы совпадает с центром C .

Предположим, что ролики всех колес вращаются без проскальзывания, тогда движение всей системы определяется изменением по времени трех координат: двух декартовых координат x и y центра C в неподвижной системе координат $Oxyz$ и угла поворота платформы вокруг вертикальной оси, отсчитываемого от оси Ox . В соответствии с [1] положим m_0 и m_1 — массы платформы и колеса робота, $m = m_0 + 3m_1$. Пусть также I_s — приведенный момент инерции робота.

Уравнения движения робота в переменных x, y, ψ , представленные в [1], могут быть записаны в виде

$$\begin{aligned} m\ddot{x} - 3m_1\dot{y}\dot{\psi} &= \frac{1}{2} \left(\sin \psi M_1 + \sin\left(\psi + \frac{2\pi}{3}\right)M_2 + \sin\left(\psi + \frac{4\pi}{3}\right)M_3 \right) \\ m\ddot{y} + 3m_1\dot{x}\dot{\psi} &= \frac{1}{2} \left(-\cos \psi M_1 - \cos\left(\psi + \frac{2\pi}{3}\right)M_2 - \cos\left(\psi + \frac{4\pi}{3}\right)M_3 \right) + I_s\ddot{\psi} = \\ &= -\frac{a}{r}(M_1 + M_2 + M_3) \end{aligned} \quad (1)$$

где M_j — управляющий момент, приложенный j -му колесу.

Решается задача о стабилизации программного положения робота $x = x_0 = const$, $y = y_0 = const$, $\psi = \psi_0 = const$ посредством цифровых регуляторов, в том числе ПД-регуляторов вида:

$$M = P(\psi(t_n))M_j^0(t_k), \quad P(\psi) = \frac{2}{3} \left(\begin{pmatrix} \sin \psi & -\cos \psi & -\frac{1}{2a} \\ \sin(\psi + \frac{2\pi}{3}) & -\cos(\psi + \frac{2\pi}{3}) & -\frac{1}{2a} \\ \sin(\psi + \frac{4\pi}{3}) & -\cos(\psi + \frac{4\pi}{3}) & -\frac{1}{2a} \end{pmatrix} \right) \quad (2)$$

где

$$M_j^0(t_k) = -\mu_j(z(t_k) - z^0) - \nu_j \dot{z}(t_k) \quad (3)$$

$$z' = (x - x_0, y - y_0, \psi - \psi_0)$$

Полученные результаты дополняют результаты работ [2–4].

Литература

1. Мартыненко Ю.Г. Устойчивость стационарных движений мобильного робота с роликонесущими колесами и смещенным центром масс // Прикладная математика и механика. 2010. Т. 74. Вып. 4. С. 610–619.
2. Андреев А.С., Перегудова О.А., Раков С.Ю. Уравнения Вольтерра в моделировании нелинейного интегрального регулятора // Журнал Средневолжского математического общества. 2016. Т. 18. № 3. С. 8–18.
3. Андреев А.С., Перегудова О.А. Стабилизация программных движений голономной механической системы без измерения скоростей // Прикладная математика и механика. 2017. Т. 81. Вып. 2. С. 95–105.
4. Andreev A., Peregudova O. Non-linear PI regulators in control problems for holonomic mechanical systems // Systems Science and Control Engineering. 2018. Vol. 6. No. 1. P. 12–19. DOI: 10.1080/21642583.2017.1413437

MSC 68U20

On the stabilization of the steady motions of a mobile robot

I.V. Kudashkina¹, E.A. Sutyarkina¹

Ulyanovsk state university ^{superscript 1}