

МОБИЛЬНЫЙ РОБОТ НА БАЗЕ ВСЕНАПРАВЛЕННОЙ ПЛАТФОРМЫ СО СФЕРИЧЕСКИМИ ДВИЖИТЕЛЯМИ

И.А. Маркелов

Томский политехнический университет

E-mail: iam14@tpu.ru

Введение

В настоящее время одним из типов мобильных роботов являются роботы, основанные на всенаправленной платформе (omnidirectional robots). Их особенностью является возможность перемещаться в любом направлении без изменения ориентации робота. Такие платформы используют специальные колёса: колёса Илона (также известные как шведские колёса или колёса Mecanum) или всенаправленные колёса.

Не смотря на выигрыш в манёвренности, у всенаправленных платформ есть недостаток, который может быть критичным в задачах вертикальной стабилизации грузов. Он заключается в наличии колебаний платформы во время движения, которые возникают из-за геометрии колёс [1]. Этот недостаток можно минимизировать, используя в качестве движителей сферы, приводимые в движение роликами [2].

Конструкция платформы

На рис. 1 изображен колёсный узел платформы со сферическими движителями. Сфера помещается в паз и удерживается при помощи шариковых опор, что позволяет ей свободно вращаться во всех направлениях. Для приведения сферы в движения используется гладкий ролик либо всенаправленное колесо.

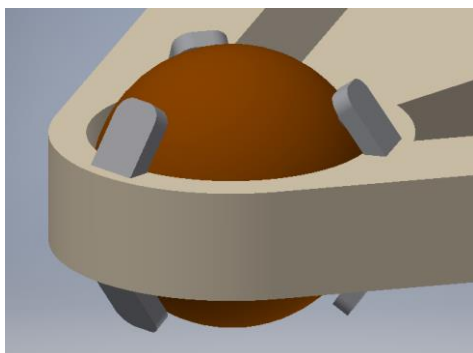


Рис. 1. Сферический движитель в пазе

Преимущество ролика состоит в постоянном контакте его поверхности с поверхностью сферы, что обеспечивает постоянное сцепление и передаточное соотношение. С другой стороны, простой ролик мешает свободному вращению сферы, что уменьшает возможность платформы перемещаться во всех направлениях.

Использование всенаправленного колеса позволяет обеспечить свободное перемещение робота во всех направлениях, поскольку при вращении сферы перпендикулярно колесу их

контакт проходит по ролику колеса, что минимизирует сопротивление перемещению. Также такая конструкция позволяет платформе свободно двигаться в случае отключения питания электродвигателей, поскольку сфере не требуется прокручивать передаточный механизм привода (редуктор, ременная передача). С другой стороны, контакт колеса и сферы не является постоянным, однако это может быть компенсировано использованием сдвоенного колеса (рис. 2).

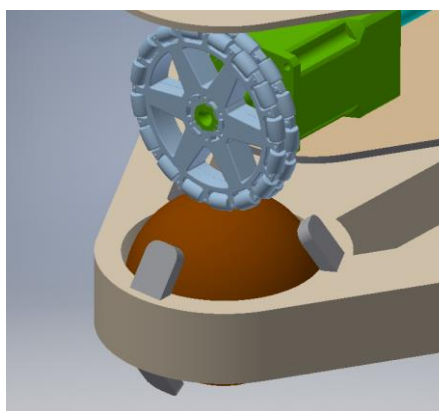


Рис. 2. Привод со сдвоенным колесом

Сравним несущую способность сферического движителя и ролика всенаправленного колеса. Для примера рассмотрим шарик и ролик из полиуретана марки Elastollan 1195 A. Диаметр сферы примем равным 150 мм. Ролик взят из колеса 4in DuraOmni и имеет бочкообразную форму и имеет меньший диаметр 23 мм и больший диаметр 100 мм. Нагрузка на движитель примем 550 Н. По упрощённым расчётам были получены значения максимального напряжения σ_{\max} и максимальной деформации δ_{\max} [3]. Сравнение показателей для ролика и сферы приведены в таблице.

Таблица. Максимальные напряжения и деформации для двух типов движителей

Движитель	σ_{\max} , МПа	δ_{\max} , мм
Сфера	56,8	0,689
Ролик	19,7	0,138

Из приведённых результатов видно, что сферический движитель имеет меньшую несущую способность, чем ролик из того же материала. Из этого следует, что сферу нужно изготавливать либо из более прочного материала, либо с большим радиусом, чем всенаправленное колесо.

Кинематика платформы

Схема всенаправленной платформы приведена на рис.3. Уравнения кинематики для платформы со сферическими движителями идентичны уравнениям, описывающим платформы с всенаправленными колёсами [4].

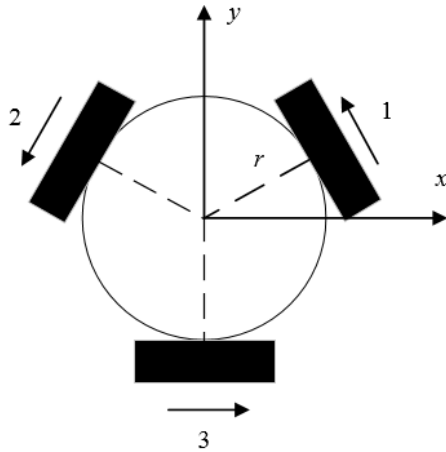


Рис. 3. Схема всенаправленной платформы с тремя колёсами

Система координат размещена в центре робота. Для определения линейных скоростей колёс, требуемых для обеспечения вектора скоростей в системе координат робота,

$$V_K = TV,$$

$V_K = (v_1 \ v_2 \ v_3)^T$ – вектор линейных скоростей колёс,

$V = \begin{pmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{pmatrix} (\dot{x} \ \dot{y} \ \dot{\theta})^T$ – вектор скоростей в СК робота,

$T = \begin{pmatrix} -1/2 & \sqrt{3}/2 & r \\ -1/2 & -\sqrt{3}/2 & r \\ 1 & 0 & r \end{pmatrix}$ – матрица преобразования.

Заключение

Мобильные платформы на основе сферических движителей могут обеспечить высокую манёвренность, присущую всенаправленным платформам, в то же самое время обеспечивая минимальные колебания в вертикальном направлении вследствие гладкой поверхности сфер. Такие платформы могут применяться для решения таких задач, как стабилизация вертикального положения конструкций во время механических испытаний.

Возможными преградами при использовании таких платформ могут являться:

- уменьшенная несущая способность сфер по сравнению со всенаправленными колёсами;

- повышенное проскальзывание, исходящее из дополнительной пары соединения, а именно ролик-сфера

Список использованных источников

1. Bae, Jong-Jin; Kang, Namcheol. Design Optimization of a Mecanum Wheel to Reduce Vertical Vibrations by the Consideration of Equivalent Stiffness [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://new.hindawi.com/journals/sv/2016/5892784/>, свободный (дата обращения: 16.01.2020).
2. Ferrière, L., Campion, G., & Raucent, B. (2001). ROLLMOBS, a new drive system for omnimobile robot // *Robotica*, 19(1), pp. 1-9. 2001
3. B.J. Hamrock, B. Jacobson and S. R. Schmid, *Fundamentals of Machine Elements* // Steven R. Schmid, Bernard J. Hamrock, Bo O. Jacobson – CRC Press, 2014, 627 p.
4. Маркелов И.А. Анализ кинематики и динамики мобильной платформы на всенаправленных колёсах // Научная сессия ТУСУР – 2018. Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР. По материалам Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2018». Томск, 16-18 мая 2018 г.: в 3-х частях. – Томск: В-Спектр, 2018 – Ч. 1. – 282