

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО РОБОТА НА БАЗЕ OMNI ПЛАТФОРМЫ

А.С. Ельцов, А.С. Беляев, Д.В. Киселева
Томский политехнический университет
E-mail: ase26@tpu.ru

Введение

Стремительный рост производства и технологической инфраструктуры заставляет компании все больше обращаться к задачам роботизации и автоматизации, среди которых одной из наиболее востребованных операций является автоматизация складских и производственных помещений, для которых наряду с промышленными роботами манипуляторами применяются мобильные робототехнические тележки, транспортирующие грузы из одной точки в другую. Данные решения позволяют сократить штат, обслуживающий склад, уменьшить вероятность ошибки и повысить пропускную способность складских помещений. Одним из лидеров данной отрасли является компания Amazon, которой удалось полностью автоматизировать складскую логистику при помощи складских роботов Kiva, перемещающиеся по специализированной разметке установленной на полу склада. Робот Kiva способен самостоятельно кататься по складскому помещению со скоростью порядка 8 км/ч, перевоза грузы до 317 кг. Вес устройства - около 145 кг, высота - 0.4 метра. [1].

Для реализации подобных производственных решений необходимо провести разработку мобильной платформ, основными характеристиками которой, являются скорость движения и масса полезной нагрузки, поскольку они являются основными требованиями, полученными непосредственно из задач производства. Основным этапом при разработке робототехнической платформы является выбор основных элементов шасси и разработка конструкции с последующим динамическим расчетом, то есть расчетом выдерживаемых нагрузок, для робототехнической платформы [2][3][4].

Исходя требований производства, разработка должна быть использована Российскими космическими компаниями, в частности АО «ИСС им. Решетнева» при наземных испытаниях космических аппаратов, были выделены следующие характеристики для разработки мобильной робототехнической платформы:

- Грузоподъемность – 40 кг;
- Максимальная скорость – не менее 1 м/с
- Возможность перемещения в любом направлении по ровной поверхности;

Для обеспечения возможности перемещения в любом направлении необходимо использовать

голономную платформу, в основе которой лежат трех колесная платформа на базе Omni-колес (рисунок 1), поскольку данное решение позволяет обеспечить меньшие габариты робота по сравнению с голономными платформами на колесах Илона, которым необходимо минимум 4 колеса. Кроме того, выбор Omni-колесной платформы позволяет максимально рационально использовать площадь мобильного робота, и использовать корпус в виде невысокого цилиндра, что облегчит передвижения робота в большом пространстве разнородных объектов и объезде препятствий.



Рис. 1. Конструкция мобильного робота.

Для выполнения первых 2-х параметров, то есть грузоподъемности и максимальной скорости движения робота, необходимо осуществить выбор связки двигатель и редуктор. Для этого проведем расчет момента, который должен обеспечивать каждый двигатель, на валу колеса. Так как нагрузка будет равномерно распределяться по колесам робота, то момент двигателя будет равен одной трети произведения массы полезной нагрузки на коэффициент свободного падения и радиус колеса.

$$M = \frac{F}{3} \cdot \frac{d}{2} = \frac{(m + M) \cdot g \cdot d}{6} \quad (1)$$

где d - диаметр колеса, F - вес полезной нагрузки и вес робота, m - масса робота, M - масса полезной нагрузки, g - ускорение свободного падения.

В результате расчетов получено, что двигатель должен обеспечивать момент порядка 15 Н/м (если учитывать еще 10 кг массы робота). Второй характеристикой при выборе двигателя является номинальная скорость вращения. Так как скорость движения робота в любом направлении должна быть не менее 1 м/с, то есть необходимо рассчитать скорость вращения колеса для 3-х вариантов движения по оси X со скоростью 1 м/с, по оси Y со

скоростью 1 м/с и по обеим осям движения со скоростью 1 мм/с. Для этого необходимо провести пересчет скоростей линейного движения робота по каждой из осей к скоростям движения моторов. Для этого необходимо использовать кинематические уравнения:

$$X_3 = \frac{1}{R} \cdot \begin{pmatrix} -\sin(\delta_1 + \phi) & \cos(\delta_1 + \phi) & L1 \\ -\sin(\delta_2 + \phi) & \cos(\delta_2 + \phi) & L2 \\ -\sin(\delta_3 + \phi) & \cos(\delta_3 + \phi) & L3 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} V_x \\ V_y \\ \Omega \end{pmatrix} \quad (2)$$

Где V_x - скорость по оси X, V_y - скорость по оси Y, Ω - скорость вращения вокруг оси Z, L - расстояние от центра робота до колеса, R - радиус колеса, δ_j - угол поворота колеса

$$\begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{60 \cdot i}{2 \cdot \pi} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{60 \cdot i}{2 \cdot \pi} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{60 \cdot i}{2 \cdot \pi} \end{pmatrix} \cdot X_3 \quad (3)$$

где i - коэффициент редукции, w - скорость вращения двигателя.

$$\begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -54.407 \\ -7.694 \cdot 10^{-15} \\ 54.407 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 31.412 \\ -62.824 \\ 31.412 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -22.995 \\ -62.824 \\ 85.82 \end{pmatrix} \quad (4)$$

В результате, полученных вычислений (4), получается, что скорость вращения двигателя должна быть не менее 86 оборотов в минуту. Исходя из расчетов был выбран привод BG66X50 [5], с моментом вращения 56 Н/см, и скоростью вращения 3520 оборотом в минуту. Для увеличения крутящего момента до необходимого, применяется редуктор PLG 63LL [6], с передаточным числом 35:1, позволяющий повысить момент до 19.6 Н/м, и скоростью вращения 100.5 оборотов в минуту, что удовлетворяет необходимым требованиям.

Следующим этапом стала разработка конструкции робота в среде Autodesk *Inventor* с последующим динамическим расчетом. Анализ напряжений в данной среде позволяет найти наилучшие варианты проектирования деталей или сборок. При помощи анализа напряжения можно установить такие зависимости, как:

- Напряжение по Мизесу;
- 1-ое основное напряжение;
- 3-е основное напряжение;
- Смещение;
- Коэффициент запаса прочности.

В качестве нагрузки на робота была задан вес в 40 кг, направленный верхнюю горизонтальную

опору робота. Анализ показал, что деформация элементов при заданной нагрузке допустима, так как составляет не более 5 мм. (рисунок 2)

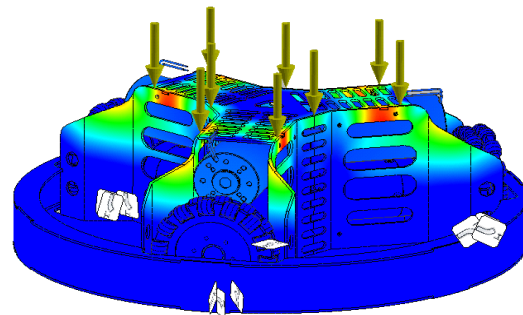


Рис. 2. Результат анализа напряжения

Заключение

Осуществлен выбор основных элементов мобильного робота. Спроектирована конструкция спроектирована в среде Autodesk Inventor. Исходя из проведенных анализов, платформа может передвигаться во всех направлениях со скоростью 1 м/с и выдерживать нагрузку порядка 40 кг.

Список использованных источников

1. Роботы Amazon: сайт. – URL: <https://nplus1.ru/news/2016/06/20/Amazon-Kiva> (дата обращения: 13.10.2019). – Текст: электронный
2. IE Paromtchik, H. Asama, T. Fujii, L. Endo, «Система управления всенаправленным мобильным роботом», Control Applications, 1999. Материалы Международной конференции IEEE 1999 г., вып. 2, с. 1123-1128, 22–27 августа 1999 г.
3. Robot Locomotion: сайт. – URL: http://www.robotplatform.com/knowledge/Classification_of_Robots/Holonomic_and_Non-Holonomic_drive.html (дата обращения: 15.10.2019). – Текст: электронный.
4. Динамика робота: сайт. – URL: http://www.scholarpedia.org/article/Robot_dynamics (дата обращения: 14.10.2019). – Текст: электронный.
5. Привод – BG66X50: сайт. – URL: <https://www.dunkermotoren.com/en/products/brushless-dc-motors/with-integrated-controller/detail/885661501214/> (дата обращения: 13.11.2019). – Текст: электронный.
6. Редуктор – PLG 63LL: сайт. – URL: <http://www.dunkermotoren.com/en/products/gearboxes/detail/8886301614/> (дата обращения: 13.11.2019). – Текст: электронный.