

УДК 681.518:55:622

Емельянов И.С. студ. гр. ОМ-42, Зайченко С.В. д.т.н., доц., Шевчук С.П. д.т.н. проф.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

КИНЕМАТИКА ПАРАМЕТРОВ БОРТОВОГО ПОВОРОТА МОБИЛЬНЫХ КОЛЕСНЫХ ГЕОМЕХАТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Проникновение мехатроники и искусственного интеллекта происходят во всех отраслях мировой экономики. Общий объем мирового рынка мехатронных систем к в 2020 году по данным Bank of America Merrill Lynch сложит около \$152.7 млрд., которые повысят производительность производственных процессов на 30%. Внедрение полной автоматизации вдоль всей производственной цепи от разработки полезных ископаемых к нагрузке и транспортировке с широким применением мехатронных систем ожидается в горной промышленности. При проведении подземных работ особое внимание уделяется диагностированию состояния подземных выработок и технологического оборудования. При проведении мониторинга состояния горнотехнического оборудования в условиях, при которых присутствие человека усложнено целесообразно использовать электромобильные мехатронные диагностические комплексы.

Одна из главных проблем, что появляется при создании мобильных систем, есть проблема энергопитания. Энергопитание мехатронных систем, является одной из четырех фундаментальных задач, рядом с разработкой системы управления, информационным обеспечением и реализацией физического процесса. Главным вопросам процесса энергопитания подвижных объектов это установления необходимого количества энергии, которая необходима для реализации процесса перемещения. При создании наземных электромобильных мехатронных устройств используют гусеничные и колесные движители. Гусеничный движитель имеет преимущества с точки зрения повышенной проходимости, но значительные энергозатраты связаны с трением, склонность к заклиниванию. Данные недостатки являются причиной более широкого использования колесных движителей, которые при увеличении количества колес приближают свои характеристики проходимости к гусеничным.

При движении колесных электромобильных мехатронных устройств возникает потребность поворота, который реализуется поворотом оси вращения колес или разницей угловой скорости колес (бортовой поворот). Использование бортового поворота для колесных электромобильных мехатронных устройств имеет ряд преимуществ:

- простота конструкции за счет отсутствия механизма возвращения

- меньшие габариты;
- возможность поворота на месте.

Однако данный способ поворота нуждается в значительных расходах энергии, которые связаны с несовпадением направлением движущей силы и траекторией движения колеса. При возможных вариантах бортового поворота наибольшие расходы энергии системы следует ожидать при развороте на месте.

Исследованию процесса бортового поворота посвящен ряд работ, в основу которых лежит теория Ф.А. Опейко (1971), соответственно которой центры скольжения прямолинейно поступательно связанных тел лежат на прямой, перпендикулярной к их относительному сдвигу. Полученные решения устанавливают связь между скоростью поворота и шириной колесной базы [1]. При этом очевидно, что на скорость поворота существенное влияние имеет расстояние между осями колес.

Целью данного исследования является аналитическое установление энергосиловых параметров бортового поворота колесных электромобильных мехатронных пристроил, что позволит определить необходимую мощность системы энергоснабжения.

Рассмотрим схему бортового поворота с минимальным радиусом поворота (рис. 1). Для реализации разворота на месте необходимо обеспечить одинаковую за модулем и противоположно за направлением угловую скорость колес разных бортов ω_2 . Упростим расчетную схему, допустив, что вес мехатронного комплекса F_g распределяется равномерно на четыре колеса.

Исходя из данного предположения направления векторы сил и скоростей симметричны центру D, который образуется пересечением диагоналей колесной базы шириной A и длиной B.

Вектор скорости проскальзывания колеса относительно опорной поверхности:

$$\dot{V}_0 = \dot{V}_2 + \dot{V}_1,$$

где – составляющая скорости поворота мехатронного комплекса:

$$V_1 = \frac{D\omega_1}{2}, \quad (1)$$

V_2 – окружная скорость колеса:

$$V_2 = R\omega_2, \quad (2)$$

где R – радиус колеса.

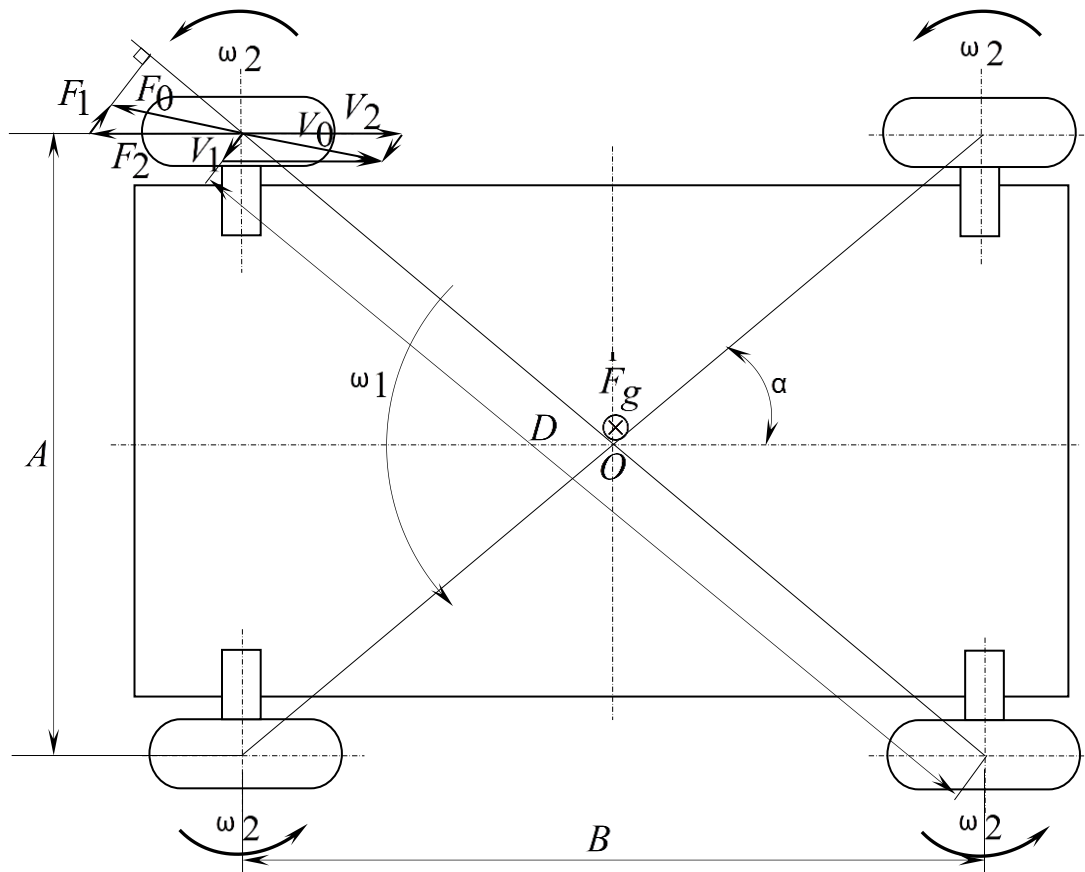


Рис.1 Схема бортового поворота колесного мехатронного устройства

Рассмотрим силовое взаимодействие колеса комплекса с поверхностью. При бортовом повороте возникает составляющая бортового трения F_1 , которая вызвана проскальзыванием колеса при вращении комплекса вокруг центра D . Таким образом направление силы F_1 коллинеарно направлению скорости V_1 . Дана составляющая возникает от действия окружной силы F_2 и может приобретать свое максимальное значение при условии, что векторы F_1 , F_2 , F_0 образуют прямоугольный треугольник. То есть $F_1 \perp F_0$, а F_0 совпадает с диагональю колесной базы и противоположна по направлению со скоростью проскальзывания. Именно при данном условии окружная сила максимально реализуется в силу поворота. При данных условиях поворот состоится с максимальной скоростью и с максимальным расходом энергии.

Исходя из выше сказанного:

$$V_1 = V_2 \sin \alpha, \quad (3)$$

где α – кут между диагональю и продольной осью колесной базы.

После подстановки уравнений (1) и (2) у (3):

$$\omega_1 = \omega_2 \frac{2R}{D} \sin \alpha$$

Сила бортового трения:

$$F_2 = \frac{F_0}{\cos \alpha},$$

Мощность процесса бокового поворота:

$$N = \omega_2 R F_0 \operatorname{tg} \alpha = \omega_2 R F_g \operatorname{tg} \alpha$$

Полученные результаты исследований проходят проверку на разработанном электромобильном мехатронном комплексе (рис. 2).

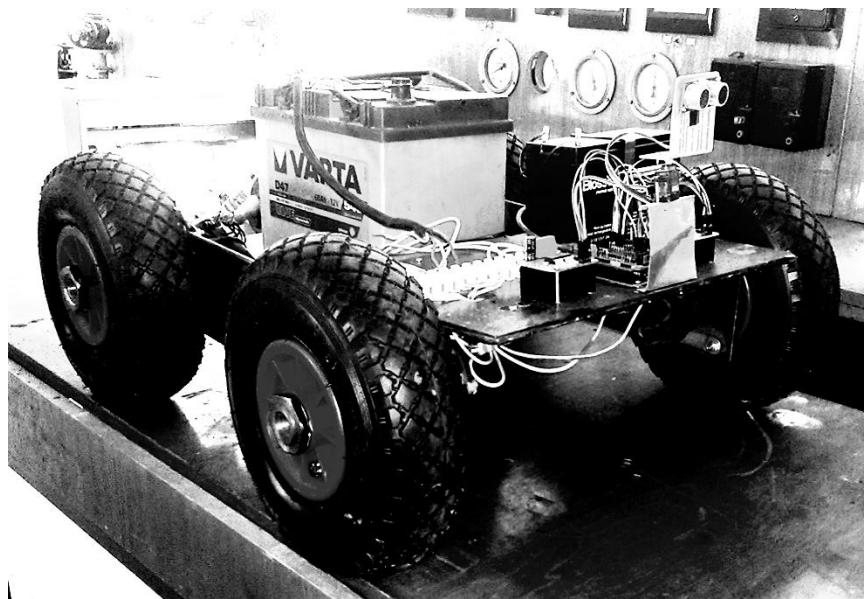


Рис. 2 Колесный электромобильный мехатронный комплекс с системой бортового поворота

Разработанные зависимости позволяют спрогнозировать расходы энергии и скорость поворота, которые возникают при движении электромобильных мехатронных комплексов с системой бортового поворота.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Опейко Ф.А. Математическая теория трения. – Минск, 1971. – 148 с.