

Численный метод расчёта геометрии роторного шагающего механизма

Научный руководитель – Лебедев Владимир Валентинович

Жукова Виктория Сергеевна

Студент (бакалавр)

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана,

Ракето-космическая техника, Москва, Россия

E-mail: viktoriajukova1@yandex.ru

Цель работы заключается в расширении возможностей транспортного средства. Для достижения этой цели предлагается совместить преимущества колёсного движителя, то есть обычного колеса, с особенностями шагающего движения. Шагающий способ передвижения в настоящее время менее распространён, чем колёсный движитель. Особенность шагающего способа передвижения связана не только с уменьшением давления опоры на грунт за счёт увеличения площади соприкосновения, но и с жёсткими требованиями к траектории движения этой опоры относительно корпуса машины и относительно опорной поверхности [1]. Постановка опоры на поверхность и её поднятие для переноса вперёд для следующего шага должны происходить строго по вертикали или как можно ближе к вертикали. При таких требованиях для шагающего движителя в принципе не существует понятия пробуксовки. Недостатком шагающих машин являются большие нагрузки во время движения, поэтому скорость перемещения сильно ограничена. Для пересечённых поверхностей есть смысл совместить энергоэффективный для ровных дорог колёсный движитель с намного более затратным, но зато более проходимым шагающим способом передвижения [2]. Для этой цели предложено новое перспективное транспортное средство в виде шагающего колеса, на которое получен авторский патент на изобретение [3].

Принцип действия шагающего колеса основан на совмещении колёсного движителя с шагающими механизмами Пафнутия Львовича Чебышева. На рис.1 показана схема и действующий макет транспортного средства с шагающим колесом. Отличительная особенность шагающего колеса заключается в роторной конфигурации нескольких механизмов П.Л.Чебышева - на рисунке слева их количество равно шести. Рабочая точка шатуна в шагающем колесе совершает сразу два движения. Во-первых, вращается вместе с колесом, потому что корпус шагающего механизма совмещён с колесом, жёстко закреплён на колесе. Во-вторых, рабочая точка шатуна движется по шагающей траектории, приближаясь или отдаляясь от центра колеса. Если кривошип закреплён так, что в самом нижнем положении рабочая точка шатуна находится выше опорной поверхности, то есть спрятана в колесе, то происходит качение колеса. Если же кривошип повернуть на 180 градусов и снова закрепить на корпусе транспортного средства, то это будет соответствовать перевороту шагающего колеса. После такого поворота рабочая точка шатуна при подходе к опорной поверхности удалится от центра на расстояние большее радиуса колеса. Машина приподнимется на шатуне, как на шагающей опоре. Шагающий режим является экстренным, включается только для преодоления труднопроходимых участков, после которых поворотом управляющего рычага-кривошипа, подобного ручке переключения передач в автомобиле, то есть возвращением его в первоначальное положение, транспортное средство переводится в обычный экономичный колёсный режим движения.

Для синтеза роторной конфигурации шагающих механизмов потребовалось сначала изучить траекторию рабочей точки шатуна-опоры. Шагающая траектория неподвижного механизма П.Л.Чебышева была принята в качестве исходных данных для расчёта сложного движения рабочей точки шатуна в роторной конфигурации нового механизма. Для

исследования потребовалось выполнить пересчёт всех координат точек шагающей траектории при повороте системы координат на произвольный угол. Следующей задачей стал выбор рабочих опорных точек в семействе траекторий как это показано на рис.2. В результате вращения образуется множество огибающих линий параметрического семейства кривых. Геометрически это означает существование двух огибающих линий параметрического семейства внутренней и внешней. Семейство траекторий - это кольцо. Заключительной задачей геометрического проектирования роторного механизма стало определение радиуса колеса транспортного средства, на котором по роторной схеме закрепляются механизмы П.Л.Чебышева. Если раньше эта задача решалась практически на основе экспериментальных данных, причём очень приближённых, то после строгого теоретического решения появилась возможность увеличения точности расчётов. Точность вычислений может быть достигнута сколь угодно высокая, если применить компьютерные методы. Геометрический анализ полученного результата позволил сделать четыре вывода.

1. Траектория рабочей точки шатуна роторного механизма представляет собой нецентральный овал с минимальным удалением точки во время её нахождения на внутренней огибающей линии семейства и с максимальным - на внешней огибающей линии.

2. Смещённая овальная траектория является геометрической основой для фазового переключения режима движения шагающего колеса с обычного качения по ровной дороге на шагающий способ во время преодоления бездорожья.

3. Появилась новая математическая гипотеза и задача: является ли смещённая овальная траектория эллипсом?

4. Практика подтвердила правильность полученных в этой работе математическими методами теоретических данных. Такой овал был уже получен ранее во время экспериментального изучения роторного шагающего механизма. Однако эксперимент преследовал цель исключительно обоснования отсутствия центральности овала. Для справки, на рис.3 показаны результаты проведённых ранее экспериментальных исследований траектории рабочей точки шагающего колеса: фотография изготовленного ротора с шестью лямбдаобразными механизмами, поворот шагающей траектории с шагом дискретизации 60 градусов, нецентральная овальная траектория.

Источники и литература

- 1) Артоболовский И.И., Левитский Н.И. Механизмы П.Л.Чебышёва / Научное наследие П.Л.Чебышёва. – Вып. II. – Теория механизмов. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1945. – С.52-56. – Электронный ресурс: <http://www.tcheb.ru/1>
- 2) Жукова В.С. Шагающее колесо / Наука и инновации в технических университетах: Материалы Тринадцатого Всероссийского форума студентов, аспирантов и молодых учёных 23-25 октября 2019 г. - СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. - 169 с. - ББК 30.1 Н34. - Секция "Прикладные разработки и моделирование в области инженерных наук". - С.10-11. - Электронный ресурс: <http://www.semicond.ru/siforum2019/Forum2019.pdf>
- 3) Жукова В.С. Шагающее колесо. Заявка на патент №2018504370 от 09.10.2018 г. Патент на изобретение RU 2734175. – Бюлл. №29 от 13.10.2020 г.

Иллюстрации

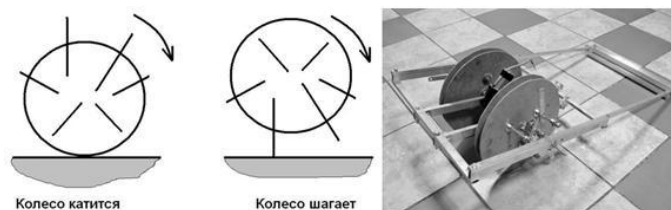


Рис. 1. Принцип действия и макет шагающего колеса

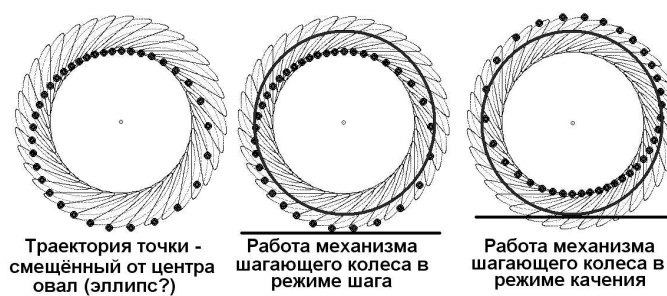


Рис. 2. Выбор радиуса шагающего колеса

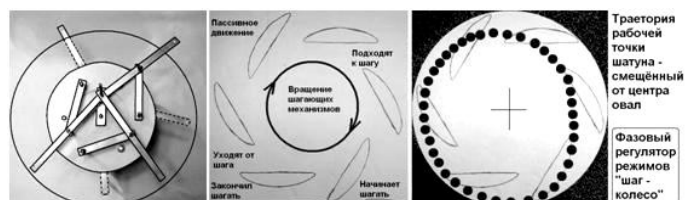


Рис. 3. Опытное подтверждение математического результата