

Доработка шагающего механизма П.Л.Чебышева

Научный руководитель – Скворцова Анастасия Андреевна

Драцкая А.И.¹, Васильева А.А.²

1 - Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва, Россия, *E-mail: dratskayaa@yandex.com*; 2 - Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва, Россия, *E-mail: nastena.wasilyewa@gmail.com*

Шагающий механизм П.Л.Чебышева был применён русским учёным в «Стопоходящей машине» [1]. Сейчас интерес к шагающей технике возрастает как к альтернативному транспорту для северных районов. Недостатком шагающего механизма является верхнее расположение рабочей точки. Для смещения шагающей траектории ниже корпуса транспортного средства применяют дополнительные механизмы, например, предложенный А.А.Скворцовой [2]. Цель работы заключалась в смещении шагающей рабочей траектории вниз, то есть ниже корпуса машины. Просто шарнирно прикрепить опору в рабочей точке шатуна нельзя, потому что у механизма будут две степени свободы. Второй лямбдаобразный механизм П.Л.Чебышева тоже добавить нельзя, опять появляется вторая степень свободы. Но если к паре лямбдаобразных механизмов добавить синхрошатун, то остаётся единственная степень свободы, например, угол поворота ведущего кривошипа.

Особенность этой работы заключается в возвращении к забытой идее горизонтального расположения двух лямбдаобразных механизмов с синхронизирующим шатуном. В этой схеме предыдущие исследователи не заметили важного свойства - шагающей траектории отрезка-шатуна, а не точки. Следовательно, эту схему можно рассматривать в качестве прототипа для будущей машины. Основу новой кинематической схемы механизма составляет дополнительный пассивный синхрошатун, показанный в верхней части нижнего чертежа на рис.1. Все точки этого шатуна двигаются по рабочей шагающей траектории. В лямбдаобразном механизме П.Л.Чебышева по рабочей шагающей траектории двигается только одна точка шатуна. В этом заключается принципиальное отличие предлагаемого нового технического решения от известного механизма.

Сначала был собран механизм по старой схеме с одним синхрошатуном на кривошипах. Сразу же стало понятно, что механизм не работает. Теоретически всё получалось хорошо, но на практике даже небольшая ошибка в разметке рычагов приводила к мёртвой точке. Теоретически должны были получиться две трапеции и параллелограмм. Но из-за погрешностей в разметке получались три трапеции с мёртвой зоной для движения. Именно по этой причине предыдущие исследователи не стали разрабатывать далее такой механизм.

Но оказалось, что погрешность в изготовлении рычагов можно компенсировать дополнительным элементом, причём пассивным. Нужно установить ещё один такой же синхрошатун на верхние шарниры шатунов, то есть на рабочие точки шагающего механизма. Два шатуна и два синхрошатуна образовали параллелограмм, в котором ошибка смещения рычагов не может накапливаться в удалённых рабочих точках - этого не позволяет пассивный синхрошатун. Обычно пассивные рычаги применяют для усиления конструкции, а в новой схеме предложено использовать пассивный рычаг для уменьшения ошибки отклонения рычагов. На нижнем синхрошатуне угловая ошибка, то есть различие в углах поворота кривошипов, может быть маленькая, но вверху в рабочих точках она возрастает пропорционально удалённости. В результате, рабочие шатуны поворачиваются на разные углы и входят в мёртвую зону. Значит, надо не дать верхним точкам в паре механизмов

отклониться слишком много от заданной шагающей траектории. Для этого установлен пассивный синхрошатун.

После такой доработки механизм заработал без мёртвых зон, хотя с повышенными усилиями, но не критичными для создания шагающей машины. В принципе, можно поставить также третий синхрошатун, установив его на шарнирные окончания двух коромысел, но необходимость такого усиления конструкции пока не требовалась и не изучалась.

Новый механизм был испытан, ведущий кривошип вращается без заеданий, мёртвых зон нет, вращение передаётся второму кривошипу. Повышенные усилия наблюдаются при некоторых углах поворота ведущего кривошипа, уменьшить их можно более точной разметкой рычагов при изготовлении. В условиях школьного кружка вполне можно получить точность разметки 0,1 мм, пользуясь штангенциркулем. Практика показала, что точности обычной ученической линейки (класс точности 4) не достаточно, как и класса точности 2 слесарной линейки. Но точности штангенциркуля 0,1 мм вполне достаточно даже с нарастающей в процессе изготовления технологической погрешностью.

Все точки верхнего пассивного синхрошатунa двигаются по шагающей траектории - в этом заключается главная особенность нового механизма. В механизме П.Л.Чебышева по шагающей траектории двигается только одна точка. Движение всего отрезка по шагающей траектории, а не одной точки, дало возможность без малейших затруднений сместить эту траекторию вниз, ниже корпуса транспортного средства. Для этого нужно верхний синхрошатун выполнить в форме пластины, которая продолжена вниз на требуемое расстояние. Все точки пластины будут двигаться по шагающей траектории, в том числе опорный отрезок.

Достоинство предложенного механизма заключается в двух главных выводах. Во-первых, ниже корпуса машины переносится точная шагающая траектория П.Л.Чебышева, без проскальзывания опорных точек относительно опорной поверхности. Во-вторых, по шагающей траектории двигаются все точки пластины, в том числе и все точки нижнего опорного отрезка или фигуры любой геометрической формы, а не одна точка, как у П.Л.Чебышева.

Недостаток механизма заключается в удвоенном количестве деталей по сравнению с одиночным механизмом П.Л.Чебышева. Для создания шагающей машины нужно 4 таких механизма, то есть 8 лямбдаобразных механизмов. Но есть гипотеза, что за счёт трёхмерной формы опорного синхрошатунa-пластины достаточно будет двух механизмов, то есть четырёх лямбдаобразных механизмов, как это было сделано в стопоходящей машине П.Л.Чебышева. Эту гипотезу надо будет проверить отдельным исследованием.

Источники и литература

- 1) Артоболовский И.И., Левитский Н.И. Механизмы П.Л.Чебышева / Научное наследие П.Л.Чебышева. Вып. 2. Теория механизмов. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1945. – С.52-54.
- 2) Автор: Скворцова Анастасия Андреевна (RU). Патентообладатель: Скворцова Анастасия Андреевна (RU). Механизм Шагающей машины. Патент на изобретение № 2712370. Заявка № 2017138076. Приоритет изобретения 01 ноября 2017 г. Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений 28 января 2020 г. Срок действия исключительного права на изобретение истекает 01 ноября 2037 г. Эл. ресурс: https://yandex.ru/patents/doc/RU2017138076A_20190506

Иллюстрации

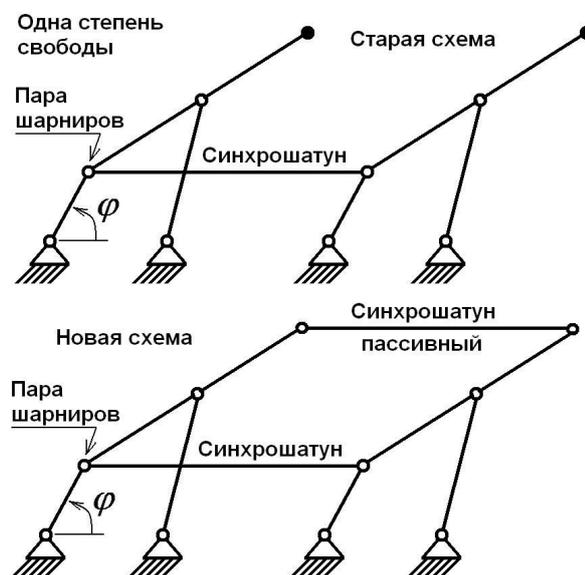


Рис. 1. Кинематическая схема доработанного механизма