

Кулачковая шагающая машина

Васильева Анастасия Андреевна

7 класс, МБОУ «Гимназия №5», г. Королёв, Московская обл., Благотворительный фонд
«Образование+»

Научные руководители В.Б.Дроботов, А.С.Федоров,
ФГБОУ ВО НИУ «Московский авиационный институт», Благотворительный фонд
«Образование+»

Цель работы заключается в смещении рабочей траектории опорной точки шагающего механизма вниз относительно корпуса. Недостатком шагающего механизма П.Л.Чебышева является верхнее расположение рабочей точки. Перевернуть механизм нельзя, потому что перевернётся траектория, будет потерян принцип шагающего движения. Однако сместить рабочую траекторию вниз необходимо, потому что опора машины всегда должна быть ниже корпуса. Для такого смещения разными авторами предлагалось несколько способов, в основном с дополнительными механизмами или устройствами. В этой статье предлагается решение технической задачи принципиально новым способом. Предлагается не дополнять кинематическую схему новыми механизмами, а напротив, уменьшить линейный размер шатуна, но выполнить это звено в виде кулачкового механизма с опорой на поверхность земли.

Интерес к шагающим машинам возрастает. Это связано с освоением новых северных областей, в которых нет традиционной сети дорог, даже просёлочных. Общеизвестным фактом является экологичность шагающего способа передвижения по тундре с целью сохранения её растительности [1]. В настоящее время почти нет шагающего транспорта, даже отдельные опытные образцы не разработаны. Это связано с тем, что предложенный способ шагающего перемещения и разработанная в конце 19-го века машина русского инженера и учёного Пафнутия Львовича Чебышева остаются единственным техническим предложением в этой области [2]. Недостатком шагающей машины П.Л.Чебышева является верхнее расположение рабочих опорных точек в четырёх механизмах. Русский учёный сместил рабочую траекторию вниз с помощью вертикальных рычагов-опор. Но просто подвесить опоры на шарнирах к рабочей точке нельзя, потому что добавляется одна степень свободы, машина просто упадёт, что было проверено на практике. Для устранения этой лишней степени свободы П.Л.Чебышев попарно крестом жёстко соединил вертикальные рычаги-опоры: передний левый с задним правым, передний правый с задним левым. Учитывая, что новые связи не должны мешать движению других рычагов, конструкция машины получилась довольно сложной и громоздкой. При изучении шагающего движения и шагающих машин сразу же появился вопрос упрощения механической схемы. Для ответа на этот вопрос были изучены два технических решения. Первая схема предложена А.А.Скворцовой (НИУ «Московский авиационный институт») и защищена патентом на изобретение «Механизм шагающей машины» [3]. В этой схеме предлагается сместить рабочую траекторию вниз с помощью двойного параллелограмма. Вторая схема была изучена по работам В.С.Жуковой (НИУ «Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана»), связанным с созданием механизма «Шагающее колесо» [4]. Идея автора заключается в перевороте механизма П.Л.Чебышева и замене рабочего прямолинейного участка малой частью дуги с малой кривизной.

Цель работы заключается в смещении рабочей шагающей траектории с опорой на подстилающую поверхность ниже корпуса транспортного средства.

Суть нового технического решения поясняется схемой и процессом преобразования известного лямбдаобразного механизма П.Л.Чебышева в кулачково-опорный механизм. На рис.1 показана схема доработки. Анализ этого механизма показывает, что удлинённый шатун нужен только с единственной целью – обеспечить шагающую траекторию движения транспортного средства с опорой на рабочую концевую точку *E* в самой верхней части механизма. Рабочий прямолинейный участок шагающей траектории также находится в верхней части механизма, то есть над корпусом транспортного средства, тогда как опора должна быть всегда под машиной. На защиту выносится следующий способ и устройство смещения рабочей шагающей траектории ниже корпуса машины. Наиболее актуальным является прямолинейный участок рабочей шагающей траектории, поэтому пояснения будут проведены со ссылкой именно на него, хотя всё сказанное справедливо также для верхнего дугообразного участка переноса опоры, то есть для пассивного движения. Предлагается на шатуне жёстко закрепить круг-опору, центр которого расположен в рабочей точке *E* шатуна. Например, такой круг может

быть изготовлен из металла и неразъёмно, сваркой соединён с шатуном. Радиус круга-шатунa должен быть таким, чтобы все рычаги располагались в его внутренней области, то есть окружность должна обязательно проходить ниже шарниров. Принцип работы круга-опоры следующий. Когда рабочая точка E шатуна движется по нижнему прямолинейному участку шагающей траектории, нижняя точка круга как мгновенный центр вращения тоже движется прямолинейно относительно корпуса машины, хотя круг совершает не только поступательное движение, но и вращательное. Опорная поверхность предполагается горизонтальной, поэтому радиус круга всё время будет перпендикулярен ей, при этом рабочая точка E шатуна всё время будет находится на высоте, равной радиусу круга-опоры, над опорной поверхностью. Вращательное движение круга-опоры не нарушит горизонтального перемещения корпуса механизма и машины, но внесёт некоторые возмущения в постоянную скорость поступательного движения транспортного средства. Отдельной задачей будет определение этих возмущений за счёт вращательного движения круга-шатунa.

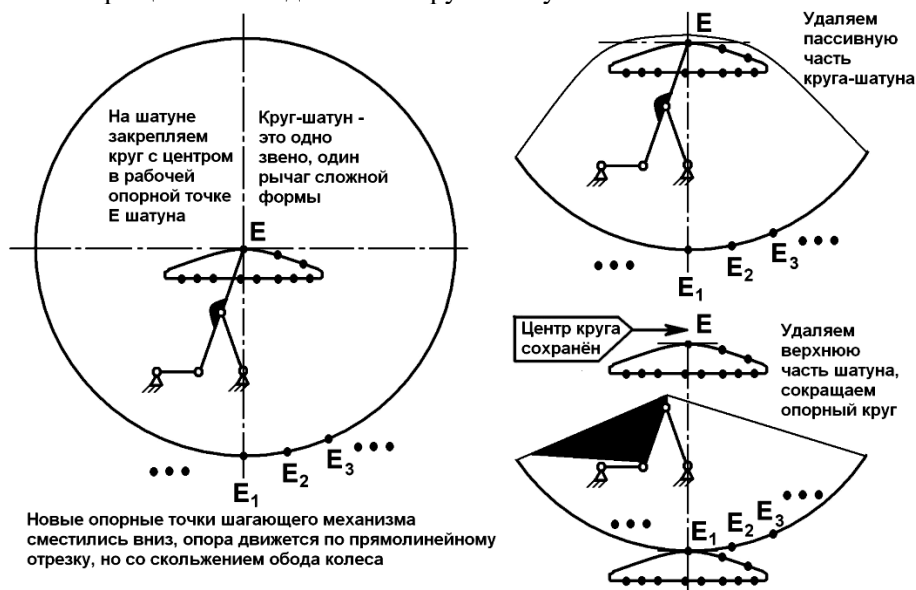


Рис. 1. Начало доработки известного механизма П.Л.Чебышева

Первый рисунок показывает, как надо жёстко и неразъёмно соединить опорный круг с шатуном с выполнением двух обязательных требований. Во-первых, центр круга-опоры должен находиться в рабочей точке E шатуна. Во-вторых, радиус круга-опоры должен быть таким, чтобы корпус машины находился внутри круга. Естественно, сразу же появляется вопрос о размерах колеса, которое на схеме значительно превосходит размеры транспортного средства. Уменьшение размеров колеса-опоры показано на верхней схеме в правой части рисунка. Верхняя часть колеса-опоры не является рабочей, потому что никогда не касается опорной поверхности. Следовательно, верхняя часть колеса является пассивной, поэтому может быть удалена. Вместо полного круга к шатуну оказался жёстко присоединён круговой сектор. Угловая величина этого сектора определяется из условия гарантированного и достаточного касания всех точек окружности с опорной поверхностью.

Новизна предлагаемого технического решения заключается не только в добавлении круга-опоры, но и в значительном и принципиальном сокращении размеров лямбдаобразного механизма П.Л.Чебышева. Действительно, верхняя часть шатуна была необходима только для формирования и фиксации рабочей точки E , двигающейся по шагающей траектории. Но после замены шатуна-отрезка на шатун-сектор необходимость в точке E отпала, потому что траектория посредством радиуса круга сместилась вертикально вниз, а именно, ниже корпуса транспортного средства. Необходимость в верхней части шатуна отпала, поэтому шатун можно обрезать до шарнирного соединения с коромыслом. Такая доработка показана на нижней схеме в правой части рисунка. При этом круговой сектор можно значительно облегчить, соблюдая только три обязательных условия. Во-первых, жёсткое крепление этого нового звена к укороченному шатуну, шарнирно соединённому с кривошипом и коромыслом, то есть фактически – это шатун видоизменённой формы. Во-вторых, нижняя опорная окружность должна быть достаточной во время поступательно-вращательного перемещения относительно

корпуса. В-третьих, центр опорной окружности должен находиться в воображаемой и уже конструктивно удалённой рабочей точке E шатуна. Точка касания дуги нового шатуна с опорной поверхностью движется относительно корпуса машины по шагающей траектории. Следовательно, транспортное средство тоже будет перемещаться шагающим способом. Однако возмущение в равномерность поступательного движения будут внесены вращением шатуна относительно корпуса машины. Чем меньше радиус опорной окружности, тем меньше такие возмущения, поэтому радиус надо сделать минимально возможным для поднятия корпуса механизма над опорной поверхностью.

Для доказательства правильности предложенного технического решения была изготовлена действующая демонстрационная модель механизма и шагающей машины, показанной на рис.2. Показано, как постепенно можно заменить длинный шатун в известном механизме П.Л.Чебышева на новый укороченный шатун с дуговой опорой. Демонстрационная модель позволяет определить минимальный размер дуги для постоянной опоры нового шатуна. Новый шатун является кулачком, а весь механизм представляет собой кулачковую опору.



Рис. 2. Действующая модель кулачковой шагающей машины

Выводы.

1. Предложен новый способ преобразования известного шагающего механизма П.Л.Чебышева в кулачково-опорный механизм.
2. Впервые предложено обрезать шатун, отказавшись от ранее принципиально важной верхней его половины, формирующей рабочую опорную точку.
3. Предложена методика определения формы нового шатуна, одновременно являющегося кулачком-опорой шагающей машины.
4. Создана демонстрационная дидактическая модель нового механизма.
5. Недостатком предложенного механизма является наличие касательных напряжений во время движения, величина которых требует отдельного изучения.
6. Наличие вращательного движения шатуна-кулачка вызовет нарушение равномерности движения, но не нарушит поступательность. Все возмущающие воздействия – это предмет изучения в отдельной работе, как научно-исследовательской, так и опытно-конструкторской.

Список литературы

1. Папиашвили Э.Д., Скворцова А.А. Шагающая платформа для освоения тундры, Арктики и шельфовых областей (научный руководитель Лебедев В.В.) // Юные техники и изобретатели / Сборник материалов по итогам II Всероссийской конференции в Государственной Думе РФ / Лучший проект для молодежи России в 2015 году. - Презентации победителей. - Номинация "Освоение тундры". - С.32-33. - Электронный ресурс: www.yunye-tehniki.rf
2. Артоболевский 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.tcbeb.ru/1>
3. 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.
4. Жукова В.С. Шагающее колесо - заявка на патент / Международная инновационная конференция молодых учёных и студентов по современным проблемам машиноведения МИКМУС-2019. – М: Институт Машиноведения Российской академии наук им. А.А.Благонравова (ИМаш РАН), 4-6 декабря 2019. – С.620-623. – ISBN 978-5-904282-09-7.