

Удары как следствие неравномерности работы шагающего механизма

Научный руководитель – Лебедев Владимир Валентинович

Скворцова Анастасия Андреевна

Студент (специалист)

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
Москва, Россия

E-mail: saa2509@mail.ru

В работе продолжается изучение лямбдаобразного механизма, предложенного русским учёным и инженером П.Л.Чебышевым. Однако новизной работы стало более фундаментальное исследование основных принципов шагающего движения [1]. Для этого сначала нужно было выполнить компьютерное моделирование движения рабочей точки шагающего механизма, как исполнительного привода транспортного средства. Результатом выполнения этой части работы стало методическое обеспечение в виде методики, алгоритма и программы моделирования движения рабочей точки шарнирно-рычажного механизма П.Л.Чебышева.

Лямбдаобразный механизм П.Л.Чебышева часто называют шагающим, потому что рабочая концевая точка его шатуна движется по замкнутой линии, близкой к природной траектории стопы человека или копыта животного [2].

С содержательной точки зрения при всех углах поворота кривошипа требуется определить траекторию движения рабочей концевой точки шатуна. Задача построения полной замкнутой шагающей траектории рабочей точки лямбдаобразного механизма П.Л.Чебышева была решена полностью и реализована для компьютерного расчёта. Вид траектории рабочей точки показан на рис.1.

При изучении и натурном моделировании шагающего движения было замечено, что механизм П.Л.Чебышева сильно стучит. Это означает, что в рычагах и шарнирах механизма возникают повышенные ударные нагрузки. Изучить аналитически появление таких нагрузок очень сложно, даже невозможно. Для выяснения причин возникновения ударов во время работы шагающего механизма П.Л.Чебышева было проведено как натурное моделирование шагающего движения, так и теоретические исследования. Практическое изучение и применение шагающего механизма в течение шести лет потребовало теоретически обосновать появление ударных нагрузок. В этом заключается содержательная формулировка двух основных задач очередного этапа исследований - изучение скорости и исследование ускорения рабочей точки шатуна в процессе движения по полной замкнутой шагающей траектории. Эти две задачи дополняют предыдущий теоретический этап исследования траектории движения рабочей точки шатуна механизма шагающей машины.

Знание траектории движения рабочей точки шатуна - это только первая часть теоретической исследовательской работы, которая была выполнена на предыдущем этапе изучения шагающего механизма. Полученный числовой массив точек траектории является первой частью исходных данных для динамического расчёта. Вторая часть исходных данных связана с получением числового массива скоростей рабочей точки шатуна в процессе её движения по полной замкнутой траектории. Эта задача была решена компьютерными вычислительными методами. Наконец, третья часть исходных данных, необходимая для перспективного динамического расчёта шагающего транспорта, связана с получением вектора ускорения рабочей точки шатуна, к которой крепится шагающая опора машины. Главным результатом, полученным в процессе изучения траектории, скорости и ускорения

рабочей точки шатуна, стал вывод о сильной неравномерности изменения этих кинематических величин с получением количественных результатов и конкретных положений рычагов шагающего механизма, в которых наблюдаются повышенные ударные нагрузки. Полученные результаты, в свою очередь, являются исходными данными для следующего этапа научно-исследовательской работы - динамического расчёта шагающего механизма П.Л.Чебышева.

Результаты моделирования скорости движения рабочей точки шатуна шагающего механизма П.Л.Чебышева представлены на рис.2 в виде копии компьютерного экрана с табличным редактором Microsoft Excel, в который были перенесены, то есть экспортированы, результаты работы программы PASCAL.

По предложенной методике и последовательному алгоритму вычислений была составлена программа на языке PASCAL для расчёта тангенциального, нормального и полного ускорения рабочей точки шатуна. Результаты моделирования представлены на рис.3. Верхний график соответствует полному ускорению рабочей точки.

Нормальное ускорение представлено графиком, который полностью расположен ниже горизонтальной координатной оси. Этот результат был предсказан заранее, потому что обход траектории происходит по часовой стрелке, а нормаль направлена влево относительно направления движения, то есть против нормального ускорения.

Тангенциальное ускорение представляет центрально симметричный график относительно центра. Это тоже полностью соответствует физическому смыслу движения: при обходе траектории рабочая точка шатуна должна вернуться в исходное положение с исходной скоростью.

Таким образом, программа расчёта тангенциального, нормального и полного ускорений рабочей точки шатуна шагающего механизма П.Л.Чебышева отлажена полностью и готова для дальнейшего применения в научно-исследовательской работе.

Сразу же видно, что графики не являются гладкими. Следовательно, ударные нагрузки при работе шагающего механизма П.Л.Чебышева вызваны не только изменением величины ускорения, но и скачкообразными изменениями вектора ускорения рабочей точки шатуна, к которому крепится шагающая опора.

Выводы.

1. Разработаны методика, алгоритм и программа PASCAL для расчёта скорости рабочей точки шатуна шагающего механизма П.Л.Чебышева.

2. С помощью разработанных методических и программных материалов получен числовой массив данных о скорости рабочей точки шатуна, который дополняют полученные ранее результаты о траектории рабочей точки шатуна. Сформированные массивы числовых данных являются исходными данными для расчёта ускорения рабочей точки шатуна шагающего механизма.

3. Разработана методика вычисления ускорения рабочей точки шатуна шагающего механизма П.Л.Чебышева и его составляющих в связанной и неподвижной системах координат.

4. С помощью разработанных методических материалов доказана сильная неравномерность изменения ускорения и его компонент как функций угла поворота кривошипа шагающего механизма. Эта неравномерность приводит к повышенным ударным нагрузкам на рычаги и шарниры во время работы механизма.

5. Повышенные ударные нагрузки хорошо ощущаются во время работы реального шагающего механизма П.Л.Чебышева в виде стука.

6. В результате выполнения работы определена следующая ближайшая цель научных исследований - изучение динамических нагрузок, действующих на рычаги и шарниры шагающего механизма П.Л.Чебышева во время его работы.

Источники и литература

- 1) 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. Электронный ресурс: https://yandex.ru/patents/doc/RU2017138076A_20190506
- 2) Скворцова А.А. Медицинский рефлекторный шагающий тренажёр - опыт работы по программе "УМНИК" / Сборник тезисов III Международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых учёных "Материалы и технологии XXI века" 29-31 октября 2018. - Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2018. - 326 с. - Секция 1: "Медицина 21 века". - С.80. - Электронный ресурс: <http://www.mt21kpfu.com/>

Иллюстрации

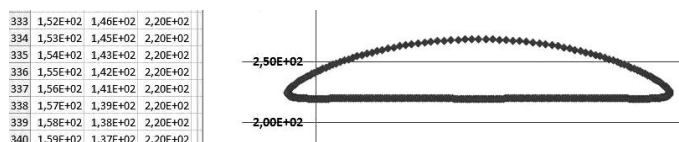


Рис. 1. Результат компьютерного моделирования траектории рабочей точки

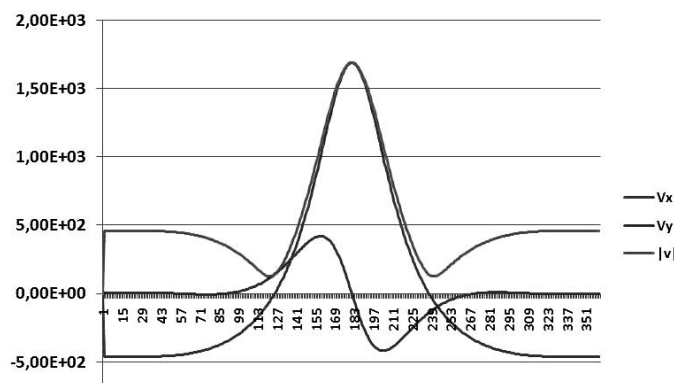


Рис. 2. Результат компьютерного моделирования скорости рабочей точки

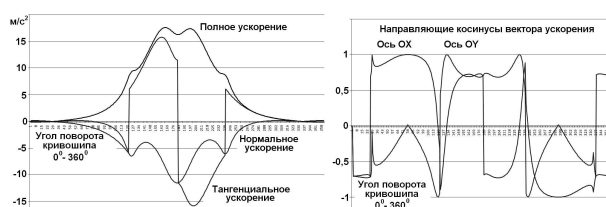


Рис. 3. Результат компьютерного моделирования ускорения рабочей точки