

УДК: 531.391.5

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА В ДВУХ ФАЗАХ ДВИЖЕНИЯ

Автор: Куренкова М.А. (Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург)

Научный руководитель: Мусалимов В.М. (Университет ИТМО, Санкт-Петербург)

Реабилитация нижних конечностей человека после какой-либо травмы – достаточно сложный процесс, требующий особого подхода. Сейчас для реабилитации используются аппараты, в которых человек находится в положении лежа, а к его ногам подводятся и крепятся механизмы, помогающие ему двигаться. Суть этих механизмов в том, чтобы они как можно точнее повторяли походку здорового человека, а в идеале – чтобы они учитывали особенности походки конкретного человека. Поэтому одной из актуальных задач является разработка алгоритма управления таким аппаратом на основе формул, которые бы содержали в себе параметры, отвечающие за индивидуальность походки каждого человека. В докладе речь пойдет о выводе подобных уравнений и о преимуществах, которые они дают. Следует учесть, что в докладе рассматривается плоское движение нижних конечностей.

Для подробного описания походки человека полный цикл ходьбы был разделен на две фазы. Первая – фаза «контакта носок-земля», вторая – фаза «переноса». Они описываются кинематической схемой механизма с одной и с двумя степенями свободы соответственно.

Анализ фазы опоры носка стопы о землю позволяет получить начальные условия для исследования движения в фазе переноса. В данном случае учитываются еще и колебания верхней точки опоры механизма; предполагается, что она движется по эллиптической траектории. Для анализа кинематики в фазе переноса стопы будем рассматривать механизм как двойной маятник, точка подвеса которого также движется по эллиптической траектории. Исходя из этого были получены дифференциальное уравнение для первого случая и система дифференциальных уравнений для второго случая. Для вывода уравнений было использовано уравнение Лагранжа второго рода. В полученных уравнениях учитываются коэффициент упругости мышц и коэффициент демпфирования. Коэффициент упругости мышц вычисляется с помощью электромиографии и в данной системе уравнений определяет ту самую индивидуальность походки человека.

Все выведенные уравнения были промоделированы в среде MatLab и по итогу были получены фазовые портреты движения нижних конечностей в двух фазах ходьбы по отдельности. Следующий этап после вывода отдельных уравнений подразумевает соединение данных формул в одну программу, и соответственно совмещение двух фазовых портретов в один, чтобы получился полный цикл ходьбы во времени. Полученный алгоритм выглядит следующим образом:

1. Реализация первой фазы цикла с заданными начальными условиями;
2. При достижении угловой скорости значения нуля прекращение этой фазы и запись полученных значений времени и угла;
3. Передача записанных значений в уравнение для второй фазы в качестве начальных условий;
4. Реализация второй фазы цикла, запись значений времени и угла при прекращении цикла во время того, как угловая скорость достигнет нуля;
5. Передача записанных значений в уравнение для первого цикла в качестве начальных условий и переход к первому пункту.

Данный алгоритм также был составлен в среде MatLab и для визуализации работы алгоритма были получены фазовые портреты. В фазовых портретах были представлены изменения угла тазобедренного сустава. Угол поворота коленного сустава также можно визуализировать, однако в случае фазы «контакта носок-земля» он требует дополнительного

пересчета через параметр константности, который тоже имеет уникальное значение для каждого человека.

Таким образом получены уравнения полного цикла ходьбы человека, которые учитывают его индивидуальные особенности. Это позволит улучшить процесс реабилитации таким образом, что механизм будет реализовывать привычную человеку походку. Выведенные уравнения движения являются эталоном для движения реального механизма в аппарате реабилитации. Следующим шагом в исследовании походки человека будет расчет энергии, затрачиваемой человеком при одном цикле ходьбы.

Автор

Куренкова М.А.

Научный руководитель

Мусалимов В.М.

Руководитель образовательной программы

Мусалимов В.М.