

## РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ШАГАЮЩЕЙ МОБИЛЬНОЙ КВАДРОПОД – ПЛАТФОРМОЙ

Д.Н. Репин

Научный руководитель: Тутов Иван Андреевич  
Томский политехнический университет

[tyubis@mail.ru](mailto:tyubis@mail.ru)

Современные разработки в области автоматизации технических процессов привели к внедрению роботов во все сферы человеческой деятельности.

Создание автоматических систем, которые могут быть использованы на многих стадиях исследований и работы, также способных облегчить труд человека, является актуальной научной и технической задачей [1]. Одним из важнейших классов таких систем является класс шагающих роботов, предназначенных для перемещения по труднопроходимой поверхности, порой с заранее неизвестным рельефом. Преимущество в проходимости шагающего робота обуславливает высокую сложность конструкции и алгоритмов управления.

Отличительной особенностью движения шагающих платформ является необходимость управления сразу несколькими приводами. Шагающая мобильная квадропод - платформа оснащена двенадцатью приводами, по три на каждую из конечностей. Модель робота в системе autodesk autocad представлена на рисунке 1. [2]

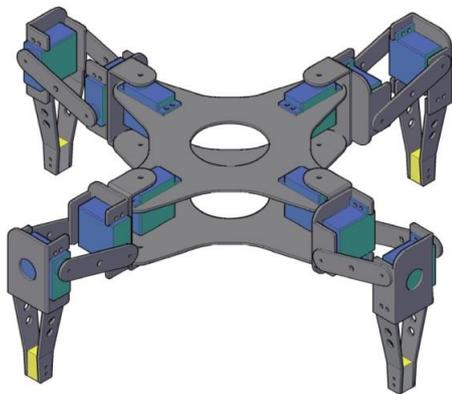


Рис.1. Шагающая мобильная квадропод – платформа

Для шагающего робота в процессе выноса конечности должен осуществляться контроль высоты положения стопы над поверхностью, при этом, если высота любой из стоп становится меньше допустимой, то производится подъём до наименьшей допустимой высоты, а затем производится вынос ноги. Конец движения должен сопровождаться восстановлением горизонтального положения платформы и смещением центра масс в зону равновесия. При опоре на три конечности с совершением шага место положения геометрического центра масс изменяет-

ся, что может приводить к падению робота. Таким образом, для стабилизации движения требуется реализовать двухуровневый алгоритм (рисунок 2).

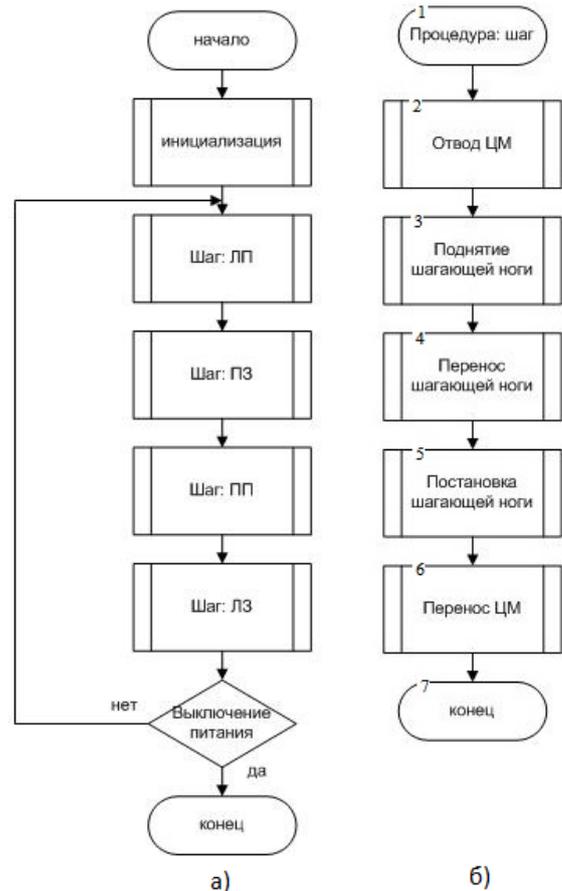


Рис.2. а) верхний уровень; б) нижний уровень

Последовательность исполнения процедур верхнего уровня даёт возможность роботу одновременно опираться на три конечности, перемещаясь при этом на величину шага. В свою очередь процедура шаг содержит в себе набор процедур нижнего уровня: передача управляющего воздействия на сервоприводы для осуществления движения конечностью и стабилизация.

Для апробации разработанного алгоритма при помощи программных сред autodesk autocad, Matlab 10 (пакеты: simulink, simmechanics, nettools) была составлена математическая модель квадропод – платформы

Модель одной конечности робота представлена на рисунке 3. Блоки «Body» - моделируют корпусные детали робота. Отличительная черта блока состоит не только в задании габаритных параметров

объекта, но и его массы. Блоки «Revolute» – моделируют шарнирные соединения в различных плоскостях ортогональных друг другу. Данный блок имеет возможность подключения к блоку возмущения и блоку сенсоров. Блоки «IC» – формируют возмущающее воздействие в виде задания угла поворота.

Виртуальная модель имеет все степени свободы присущие реальному роботу и позволяет аналитическими методами, по правилам Денавита-Хартенберга [3], формировать закон управления:

$$x = k \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} + q_1\right) + m \cdot \left[\cos\left(\frac{\pi}{2} + q_1\right) \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} + q_3\right) \cdot \sin(q_2) + \cos\left(\frac{\pi}{2} + q_1\right) \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} + q_3\right) \cdot \cos(q_2)\right] + l \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} + q_1\right) \cdot \cos(q_2);$$

$$y = k \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} + q_1\right) + m \cdot \left[\cos\left(\frac{\pi}{2} + q_3\right) \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} + q_1\right) \cdot \sin(q_2) + \sin\left(\frac{\pi}{2} + q_1\right) \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} + q_3\right) \cdot \cos(q_2)\right] + l \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} + q_1\right) \cdot \cos(q_2);$$

$$z = l \cdot \sin(q_2) - m \cdot \left[\cos\left(\frac{\pi}{2} + q_3\right) \cdot \cos(q_2) - \sin\left(\frac{\pi}{2} + q_3\right) \cdot \sin(q_2)\right].$$

Представленные выражения являются решением прямой задачи кинематики для конечности относительно абсолютной системы координат, находящейся в центре масс платформы.

Результат моделирования в среде simmechanics представлен на рисунке 4. Данная модель отражает работоспособность системы.

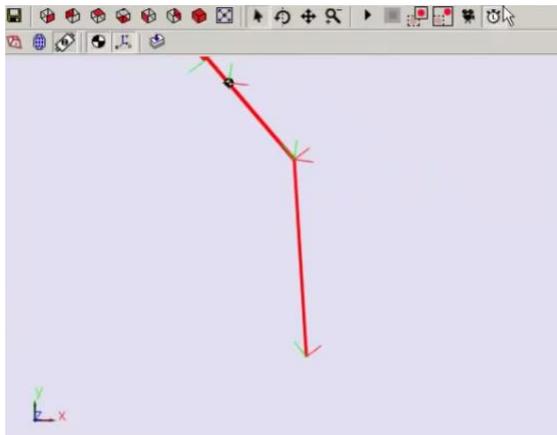


Рис. 4. Результат работы модели simmechanics

На рисунке 5 приведена область нахождения центра масс робота. Решение было сведено к нахождению области устойчивого положения робота численными методами. В результате был сфор-

мирован массив данных, ограничивающий зоны перемещения центра масс платформы при ходьбе.

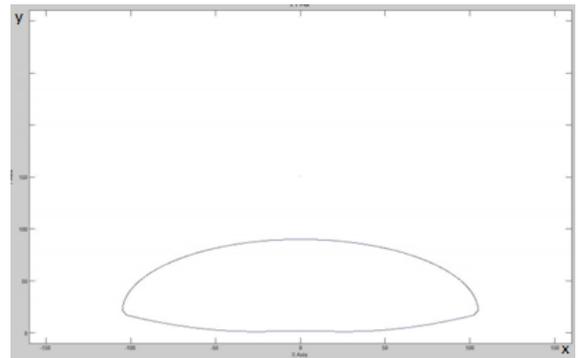


Рис. 5. Область нахождения центра масс при движении передними конечностями

### Заключение

На текущий момент на основе проведённых исследований был построен прототип робота, составлена математическая модель, разработан алгоритм для движения по прямой.

### Литература

1. Юревич Е.И. Основы робототехники 2-ое издание // БХВ-Петербург, 2005. - 203 с.
2. Репин Д.Н. Применение систем CAD/CAM/CAE в проектировании шагающей мобильной платформы [Электронный ресурс] // Современные техника и технологии: сборник трудов XX международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Томск, 14-18 Апреля 2014. - Томск: ТПУ, 2014 - Т. 2 - С. 239-240.
3. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин: Учебное пособие для вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. //М.: Наука, 1988. -640 с.
4. Попов Е.П., Верещагин А.Ф., Зенкевич С.Л. Манипуляционные роботы: динамика и алгоритмы. — М.: Наука, 1978. — 400 с.
5. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: учеб. для вузов. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009.
6. Официальный сайт Arduino [Электронный ресурс]. URL: <http://arduino.cc> Режим доступа: свободный (дата обращения: 18.06.2014)
7. Уилли Соммер. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino. // Санкт – Петербург, 2012. – 256 с.

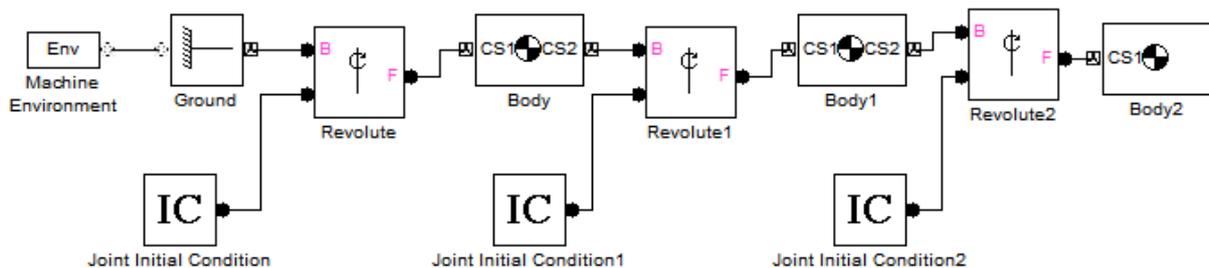


Рис. 3. Модель одной конечности в SimMechanics