

Расчет и конструирование машин

УДК 681.5

Возможные варианты структуры рук двуногого шагающего робота

С.В. Шаныгин

Проанализированы возможные варианты конструкции рук для двуногого шагающего робота. Исследована возможность уравнивания робота при его движении с помощью рук.

Ключевые слова: двуногий шагающий робот, опорно-двигательный аппарат, кинематическая схема корпуса робота с руками.

Possible variants of the biped walking robot hands design

S.V. Shanygin

The article analyzes possible variants of the biped walking robot hands design. The possibility of the robot equilibration when moving by means of hands is investigated.

Keywords: biped walking robot, impellent device, kinematic scheme of the robot case with hands.

В настоящее время двуногие шагающие роботы (ДШР) нашли широкое применение в разных отраслях народного хозяйства. В частности они могут быть использованы в условиях, где применение мобильных, колесных или гусеничных роботов нецелесообразно из-за того, что они оставляют колею или сдирают поверхностный слой, нарушая тем самым экологическое равновесие в природе.

Двуногий шагающий робот состоит из опорно-двигательного аппарата (ОДА) и корпуса с руками (рис. 1) [1].

В настоящее время подробно изучен ОДА ДШР, так как локомоции робота обеспечиваются его ОДА [1, 2]. В тоже время конструкции



ШАНЫГИН

Сергей Витальевич

кандидат технических

наук, доцент

кафедры

«Теория механизмов

и машин»

(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

e-mail: sg78dec@mail.ru

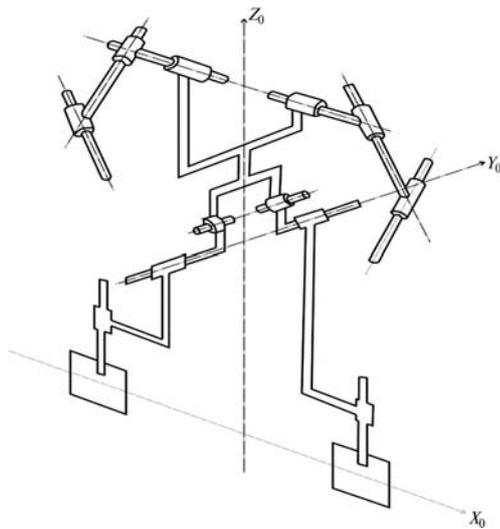


Рис. 1. Двуногий шагающий робот

и исследованию движения рук робота практически не уделяется внимание, хотя руки определяют функциональное назначение робота и могут быть использованы для удержания равновесия ДШР при ходьбе [3]. Кроме того, в процессе движения робот может совершать какое-либо движение руками (например, нести груз), при этом необходимо, чтобы состояние робота было устойчивым. В связи с этим можно утверждать, что изучение связи движения рук и ног ДШР является задачей, позволяющей решать вопрос уравнивания робота без применения дополнительных уравнивающих устройств [4].

При проектировании рук ДШР важным является выбор осей, относительно которых происходит вращение рук. На рисунке 2 оси X и Z в плоскости чертежа, ось Y перпендикулярна плоскости чертежа.

В соединениях плечевого и локтевого суставов человека имеются сферические пары III класса (p_3). Отсюда степень подвижности руки (без учета движения пальцев)

$$W = 6n - 3p_3 = 6 \cdot 3 - 3 \cdot 3 = 9.$$

Для обеспечения вращения рук ДШР в трех возможных плоскостях без усложнения конструкции рук ДШР и системы управления их движением целесообразно иметь корпус с руками, в котором все элементы узла корпус — руки соединяются вращательными парами V класса,

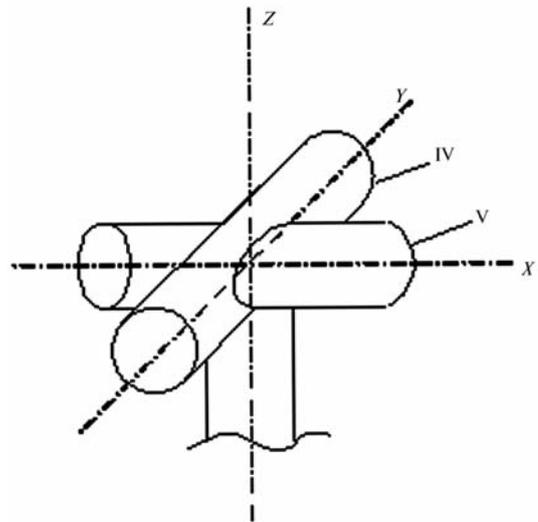


Рис. 2. Выбор осей вращения рук шагающего робота

которые вращаются относительно трех координатных осей.

Один из вариантов схемы ДШР может иметь следующую кинематическую схему корпуса с руками (рис. 3):

- плечо 2 вращается вместе с рукой относительно ключицы 1 вокруг оси X ;
- предплечье 3 вращается относительно плеча вокруг оси Y ;
- кисть 4 вращается относительно предплечья вокруг оси Z .

Число подвижных звеньев $n = 3$ (2, 3, 4), число кинематических пар V класса $p = 3$ (I, II, III). Степень подвижности W определяется по формуле Сомова — Малышева:

$$W = 6n - 5p_5 = 6 \cdot 3 - 5 \cdot 3 = 3.$$

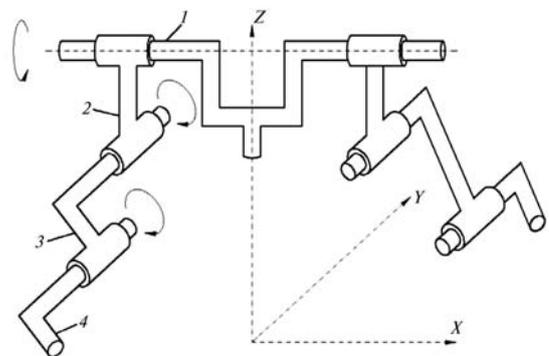


Рис. 3. Кинематическая схема корпуса ДШР с руками:

1 — ключица; 2 — плечо; 3 — предплечье; 4 — кисть

Таким образом, конструкция корпуса должна обеспечивать возможность размещения на нем трех приводов.

Для бóльшей маневренности кинематической схемы и возможности выполнения какой-либо работы руками целесообразно в плечевом суставе иметь возможность совершать вращение руки относительно двух осей X и Y , тогда схема будет иметь вид, представленный на рис. 4.

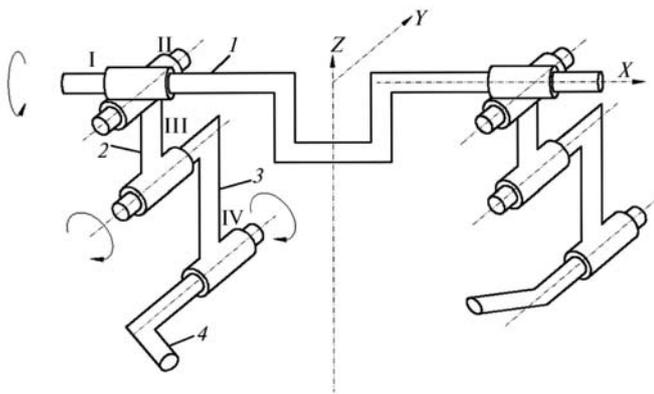


Рис. 4. Кинематическая схема корпуса ДШР с руками с повышенной маневренностью:

1 — ключица; 2 — плечо; 3 — предплечье; 4 — кисть

В этом случае в плечевом суставе обеспечивается два вращения — вокруг оси X и оси Y и это соединение условно можно рассматривать как кинематическую пару IV класса, тогда степень подвижности

$$W = 6n - 5p_5 - 4p_4 = 6 \cdot 3 - 5 \cdot 2 - 4 \cdot 1 = 4.$$

Таким образом, конструкция усложняется, поскольку в плечевом суставе необходимы два

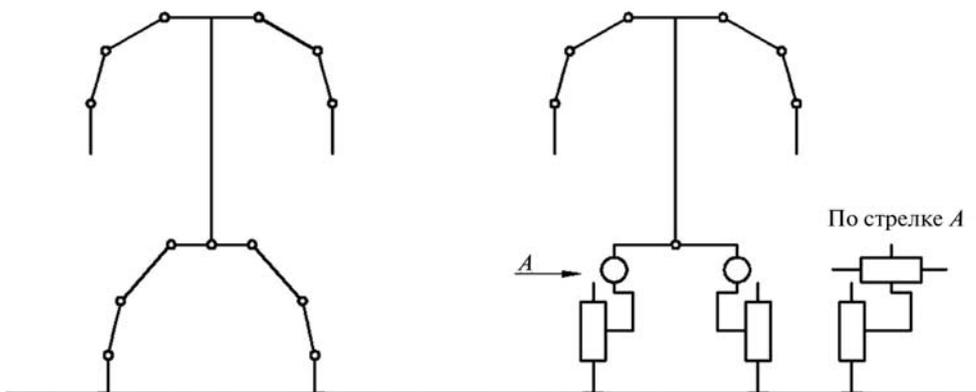


Рис. 6. Манипуляционная система на опорно-двигательном аппарате ДШР

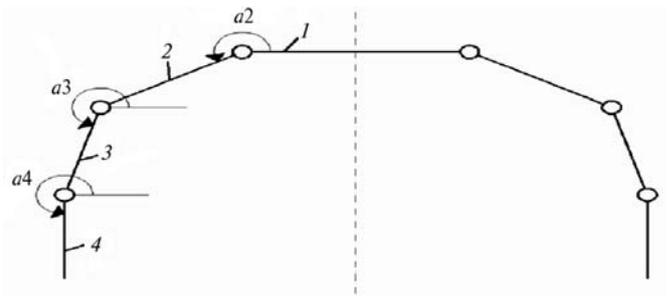


Рис. 5. Пространственная манипуляционная система с вращательными парами V класса:

1 — ключица соединена жестко с корпусом, т. е. неподвижна; 2 — плечо; 3 — предплечье; 4 — кисть

привода, что ведет к более сложной системе управления ДШР.

Если использовать руки в качестве устройства для поддержания устойчивого состояния ДШР в момент, когда он стоит на одной ноге, то в этом случае достаточно иметь в каждом суставе по одному вращательному движению вокруг оси Y . Тогда движение всех звеньев (плеча, предплечья и кисти) будет происходить в плоскости чертежа, а схема будет иметь вид, представленный на рис. 5.

Степень подвижности одной руки

$$W = 6n - 5p_5 = 6 \cdot 3 - 5 \cdot 3 = 3.$$

Степень подвижности для схемы, представленной на рис. 5, можно рассчитать и по формуле Чебышева:

$$W = 3n - 2p_5 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 3 = 3.$$

Таким образом, имеем три управляемых привода, причем вращение они совершают относительно общей оси Y (перпендикулярной

плоскости чертежа). Данная схема корпуса с руками может быть установлена на ОДА ДШР как с вращательными кинематическими параметрами в суставах ног, так и с поступательными параметрами в суставах ног (рис. 6).

В обоих случаях движением рук можно сохранить устойчивое состояние робота в процессе ходьбы. Углы поворота рук $\alpha_i(t)$ должны быть согласованы с перемещением ног ОДА.

Выводы

Предложенные конструктивные исполнения рук с корпусом робота позволяют выбрать необходимую кинематическую схему, которая будет удовлетворять решению поставленной задачи при соответствующей системе управления.

Для сохранения равновесия ДШР при ходьбе нельзя ограничиваться рассмотрением только конструкции узла рука — корпус. Вопросы, связанные с равновесием ДШР долж-

ны решаться не только конструктивно, а с учетом возможности системы управления, т. е. часть проблем, связанных с обеспечением равновесия, можно решить и программно. Задача сохранения равновесия ДШР при ходьбе является многокритериальной.

Литература

1. Вукобратович М. Шагающие роботы и антропоморфные механизмы; пер. с англ. М.: Мир, 1976. 538 с.
2. Белецкий В.В. Динамика двуногой ходьбы. М.: ИПМ АН СССР. № 32. 1974.
3. Бранков Г. Основы биомеханики; пер. с болг. М.: Мир, 1981. 231 с.
4. Корнев Г.В. Введение в механику человека. М.: Наука, 1977. 263 с.

Статья поступила в редакцию 09.04.2012