

# Робототехника RAR1300

Sergei Pavlov  
TTÜ Virumaa Kolledž

## Мобильные роботы

Мобильным роботом может быть движущийся по поверхности, летающий или плавающий в воде робот.

Для роботов, двигающихся по поверхности, механизмом движения может являться колесная база, гусеничная и ножная



Fig 1. A three-limbed climbing robot moving vertically on natural surfaces.

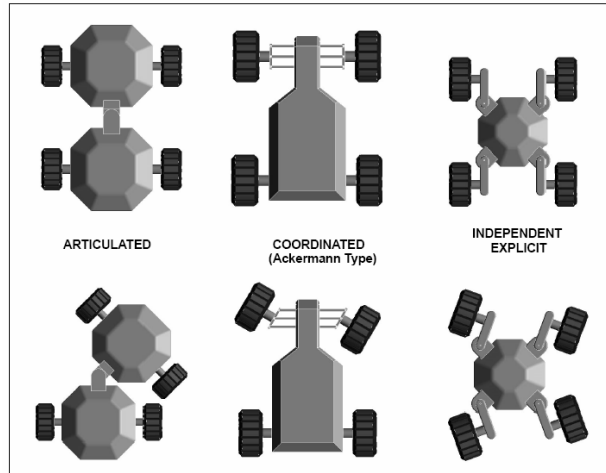


## Роботы с колёсной базой

- Делятся на:
- 1) трёхколёсные
- 2) с одной поворотной колёсной парой
- 3) дифференциальный механизм с 2 или 4 ведущими колёсами
- 4) с несколькими независимо управляемыми колёсами
- 5) Четырёхколесный поворотный механизм Акермана (внутреннее колесо поворачивается на больший угол, чем внешнее)



## Поворот четырёхколёсного робота



## Поворот передней оси

- Использовалась для повозок
- Простой механизм
- Геометрически точен



Недостаток :

очень большой радиус поворота

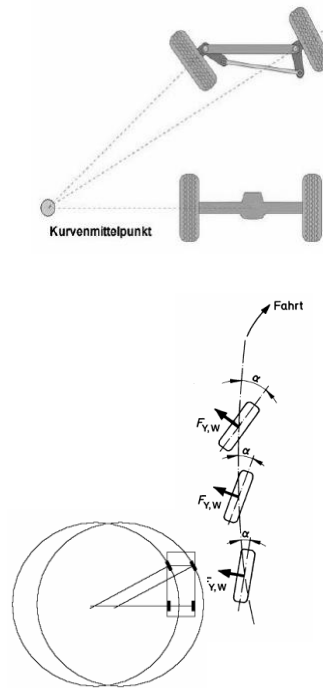
При маленьких углах поворота не стабильна

## Механизм Акермана

- Вертикальные плоскости колес должны быть перпендикулярны радиусу поворота

- Проблемы:

При параллельных колесах возникает продольное проскальзывание (большой износ и нестабильность)



## Проблемы динамического управления

- Чем больше радиус поворота, тем больше проскальзывание
- Чем больше проскальзывание, тем больше компенсируется центробежная сила
- Угол поворота и проскальзывание больше у внутреннего колеса
- У внешнего колеса больше нагрузка

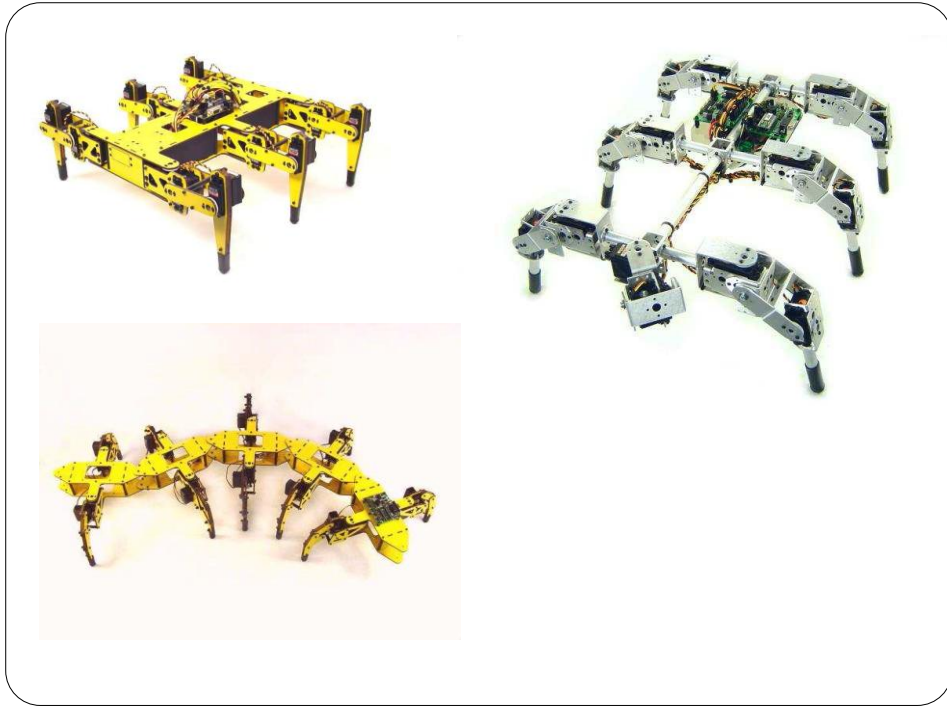
## Независимое управление колесами

- Можно обеспечить:
  1. Механизм Акермана
  2. Непропорциональная задержка в управлении ( задние колеса начинают поворачиваться только при определённом угле поворота передних)
  3. Управление с помощью дифференциального механизма (различные скорости внутренних и внешних колёс обеспечивают поворот)
  4. Разворот на месте по средствам управление всеми колёсами ( все колёса передние и задние поворачиваются на одинаковый угол, но в разных направлениях)
  5. Поворот на месте с реверсионным дифференциальным механизмом ( внутренние и внешние колеса вращаются в противоположных направлениях )

## Шагающие роботы

- Различное количество ног в зависимости от поверхности и назначения
- Проблемы:
  - Равновесие
  - Нестабильные поверхности





- **В задачу системы управления шагающей машины входят:**
- стабилизация в процессе движения положения корпуса машины в пространстве на определенной высоте от грунта независимо от рельефа местности;
- обеспечение движения по определенному маршруту с обходом препятствий;
- связанное управление ногами, реализующее определенную походку с адаптацией к рельефу местности.
- Поскольку основное назначение шагающих машин - передвижение по сильно пересеченной местности, управление ими обязательно должно быть адаптивным. В системе управления при этом выделяют обычно следующие 3 уровня управления:
  - первый, нижний, уровень - управление приводами степеней подвижности ног;
  - второй уровень - построение походки, т.е. координации движений ног, со стабилизацией при этом положения корпуса машины в пространстве;
  - третий уровень - формирование типа походки, направления и скорости движения, исходя из заданного маршрута в целом.
- Первый и второй уровни реализуются автоматически, а третий уровень осуществляется с участием человека-оператора ("водителя").

- **Устойчивость**
- Для того чтобы какое-либо тело при движении находилось в устойчивом положении, в общем случае необходимо, чтобы оно имело опору по крайней мере в трех точках. Следовательно, чтобы шагающий аппарат был устойчивым, ему необходимы, по крайней мере, три ноги. Вместе с тем человек пользуется при ходьбе двумя ногами и обладает достаточно большой устойчивостью. Более того, при необходимости он способен перемещаться даже на одной ноге - прыжками. Однако создание мобильных роботов, способных передвигаться на двух ногах так же устойчиво, как и человек, сопряжено с огромными трудностями, и основная из них заключается как раз в разработке методов, обеспечивающих динамическую устойчивость двуногого шагающего аппарата.
- **Взаимодействие ног в процессе ходьбы**
- Работу ног при движении шагающего аппарата будем называть процессом ходьбы. В процессе ходьбы каждая нога может находиться в одном из двух принципиально различных состояний:
  - опорное положение - в это время нога касается поверхности и служит опорной для корпуса аппарата;
  - свободное положение - в это время нога находится над поверхностью и "готовится" к выполнению опорных функций на следующем шаге.
- В процессе ходьбы ноги шагающего аппарата попеременно занимают то опорное, то свободное положение, причем в течение одного цикла каждая нога занимает то и другое положение один раз. Последовательность чередований ног за один период называется циклом ходьбы, а расстояние, которое проходит аппарат за один цикл, - шагом.

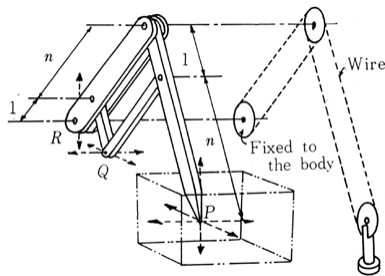
**Среди механических ног с двумя степенями подвижности наиболее широкое применение получили конструкции следующих двух типов:**

- нога состоит из двух звеньев, и каждое из них имеет одну вращательную степень подвижности;
- нога образована одной телескопической парой, которая помимо удлинения-сокращения имеет еще одну степень подвижности - вращение в точке подвеса.
- Помимо таких конструкций было предложено несколько кинематических механизмов, в которых шаговое движение выполнялось путем прямолинейных перемещений.
- При рассуждении о том, каким минимальным числом степеней подвижности должна обладать каждая нога шагающего аппарата, неявно предполагалось, что корпус робота перемещается строго прямолинейно. Как оказалось, справедливо и обратное утверждение, т.е. если каждая нога робота располагает только двумя степенями подвижности, а его корпус не имеет специального механизма для изменения ориентации в пространстве, то такой робот может двигаться только в прямолинейном направлении. Для изменения направления робота только за счет работы ног необходимо, чтобы каждая его нога обладала, по крайней мере, тремя степенями подвижности

### Шестиногие шагающие роботы

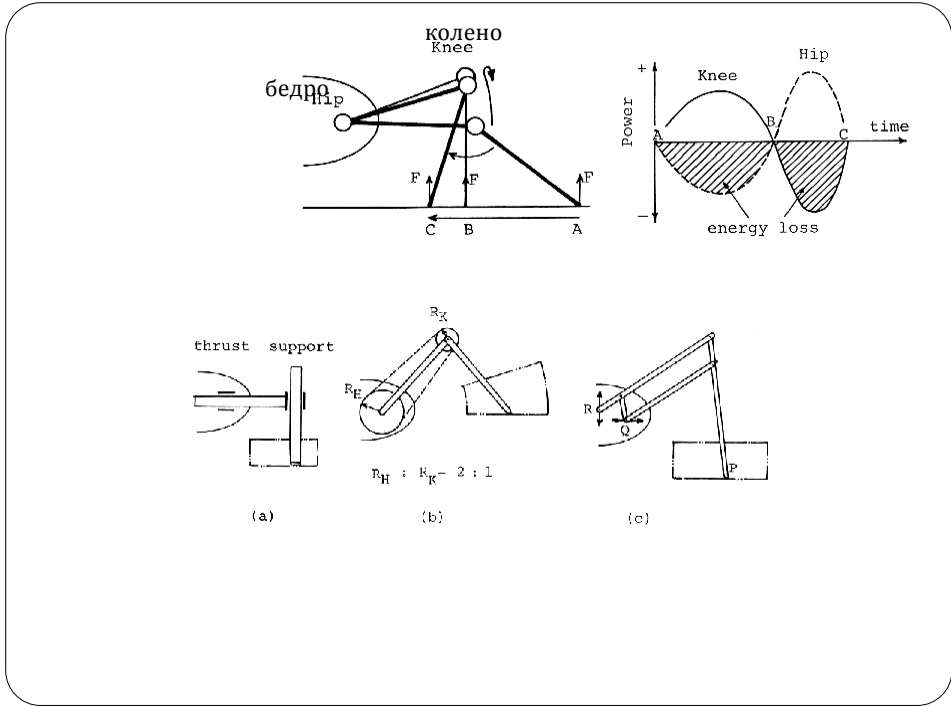
- Шестиногие шагающие роботы, по-видимому, являются самой многочисленной из всех когда-либо и где-либо разработанных категорий механизмов, способных перемещаться с помощью искусственных ног. Популярность этих роботов в значительной степени обусловлена тем, что проблемы обеспечения статической устойчивости движущихся шестиногих аппаратов решаются относительно просто по сравнению с другими конструкциями.
- Одной из проблем, которой уделяется существенное внимание при проектировании мобильных шагающих аппаратов, является уменьшение необходимой мощности источников питания и сокращение затрат энергии. Другими словами, необходимо повысить к.п.д. многоногих механизмов, т.е. уменьшить потребляемую мощность и повысить развиваемую мощность. В самом деле, если учесть, что в общем случае каждая из  $n$  конечностей имеет две-три степени подвижности и управление каждой из степеней сопряжено с определенными затратами энергии, то очевидно, что сравнение шагающих и колесных транспортных средств по к.п.д. будет далеко не в пользу первых. В связи с этим, по-видимому, главная цель, к достижению которой должны стремиться исследователи сегодня, заключается в создании экспериментальных шагающих аппаратов, способных на практике продемонстрировать сочетание высоких функциональных возможностей с достаточно большой развиваемой мощностью при малых затратах энергии.
- Была разработана система управления ходьбой шестиногого робота, каждая из конечностей которого приводится в движение с помощью трех электромоторов (всего 18 электромоторов). Наличие диодных мостов и триаков в системе управления позволяет задать произвольный сдвиг фаз в работе двигателей и, таким образом, обеспечить реализацию походки любого типа. Очевидно, управление перемещением шагающего аппарата должно быть организовано так, чтобы при ходьбе ни одна из конечностей не создавала помех для другой. Естественно, самое простое решение проблемы предотвращения столкновений движущихся конечностей - принципиальное устранение самой возможности столкновений путем выбора границ зон достижимости каждой из ног таким образом, чтобы соседние зоны не имели перекрытий.

### Параллельные цепи

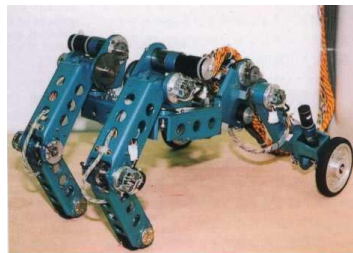


Передача  
осуществляется за  
счёт тросов



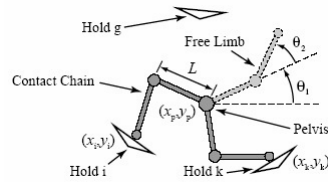


## Гибридные системы



ウォークンロール  
Walk'n roll

## Кинематика треножного робота



- Т. Lehtla, Robotitehnika, Tallinn:2008
- Юревич Е. И., Основы робототехники, СПб:2005
- Т. Lehtla, Sissejuhatus robotitehnikasse, Loengud Tallinna Tehnikaülikoolis 2006