

УДК 531.3; 621.8.02

ДИНАМИКА И ОПТИМИЗАЦИЯ ЛОКОМОЦИЙ

© 2011 г.

Ф.Л. Черноушко

Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, Москва

chern@ipmnet.ru

Поступила в редакцию 24.08.2011

Рассматриваются некоторые способы перемещения механических систем по плоскости и в пространстве при наличии сил сопротивления внешней среды. Обсуждаются системы, движение которых подобно движению змей, рыб и животных, а также движение систем с внутренними подвижными массами. Исследована динамика периодических движений и оптимальные способы перемещения, при которых достигается максимально возможная, при наложенных ограничениях, скорость перемещения.

Ключевые слова: механические системы, силы сопротивления, динамика, периодические движения, оптимальные способы перемещения.

Локомоциями называют передвижения управляемых механических систем по поверхностям или в пространстве, при которых конфигурация системы изменяется периодическим образом. При этом тела, входящие в систему, взаимодействуют с окружающей средой. Примерами локомоций являются ходьба, бег, плавание и полет животных, насекомых, рыб и птиц, движение колесных экипажей, перемещение мобильных роботов.

Обсуждаются вопросы кинематики, динамики и оптимизации движений для некоторых классов мобильных робототехнических систем, способных перемещаться по поверхностям и в различных средах. Предполагается, что на тела, входящие в систему, действуют силы сопротивления окружающей среды: сухое трение или силы, зависящие линейно или квадратично от скорости тел.

Рассмотрены следующие классы мобильных систем.

1. *Змееподобные многозвенные механизмы.* Эти системы способны перемещаться по плоскости за счет изгибов в шарнирах, которые соединяют звенья и в которых установлены управляющие двигатели. Исследованы различные виды локомоций при наличии сил сухого трения между звеньями и плоскостью.

2. *Многозвенные системы в жидкости.* Они могут перемещаться в жидкой среде за счет высокочастотных колебаний одного или двух присоединенных звеньев, имитирующих, соответственно, хвост рыбы или конечности животного.

Здесь силы сопротивления предполагаются квадратичными функциями скорости.

3. *Системы с внутренними массами.* Механическая система, состоящая из основного тела и внутренних масс, совершающих периодические колебания, может перемещаться в средах при различных законах сопротивления. Заметим, что в отличие от первых двух классов, данные системы не имеют непосредственных биомеханических аналогов.

Для всех указанных типов систем проанализирована динамика локомоций. Оценена средняя скорость перемещения, а также затраты энергии на единицу пути в зависимости от геометрических и механических параметров системы. Поставлены и решены задачи оптимизации средней скорости по параметрам систем. Решены также некоторые задачи оптимального управления движением, при котором достигается максимальная, при наложенных ограничениях на управляющие воздействия, средняя скорость локомоций. Оптимизация приводит к существенному возрастанию скорости перемещения.

Приводятся результаты экспериментальных исследований, выполненных в Институте проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН и подтверждающих полученные теоретические выводы.

Изложенные результаты представляют интерес для разработки мобильных роботов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант №11-01-00513) и Программы государственной поддержки ведущих научных школ НШ-64817.2010.1.

THE DYNAMICS AND OPTIMIZATION OF LOCOMOTIONS*F.L. Chernous'ko*

Possible ways of moving mechanical systems along a plane and in space in the presence of resistance forces of the ambient medium. Systems with the motion similar to the motion of snakes, fish and animals, as well as the motion of systems with internal moving masses, are discussed. The dynamics of periodic motions and optimal ways of the motion providing maximal possible, under the assigned restrictions, motion velocity is investigated.

Keywords: mechanical systems, resistance forces, dynamics, periodical motions, optimal motion ways.