

УДК 658.52.011.56.012.3

ББК 32.816

X 496

Интернет-магазин

MATHESIS

<http://shop.rcd.ru>

- физика
 - математика
 - биология
 - нефтегазовые
технологии
-

Хиросэ Ш.

Бионические роботы: змееподобные мобильные роботы и манипуляторы. — М.–Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2014. — 272 с.

Живые организмы часто демонстрируют удивительные способности, которые вдохновляют людей на поиск новых инженерных решений старых проблем. Книга известного профессора Шигео Хиросэ из Токийского технологического института стала классической в области робототехники, но при этом не потеряла своей актуальности и значимости. В ней представлены исследования, посвященные передвижению змей, а также применению полученных знаний к новому классу роботов, передвигающихся подобно змеям. Автор дает описание потенциальных сфер применения таких роботов, утверждая, что они будут весьма востребованы в будущем, когда развитие технологий достигнет подходящего уровня. Это уникальное издание будет интересно как инженерам-робототехникам, так и зоологам.

ISBN 978-5-4344-0194-4

ББК 32.816

© Институт компьютерных исследований, перевод на русский язык, 2014

<http://shop.rcd.ru>

<http://ics.org.ru>

Оглавление

Предисловие	xiii
Условные обозначения	xv
ГЛАВА 1. Введение	1
1.1. Змея как биологическая машина	1
1.2. Зачем нужно исследовать змей?	1
1.3. Значимость для инженерно-технических наук	3
1.3.1. Техническое применение моделей передвижения как у живых организмов	3
1.3.2. Техническое применение способов манипулирования как у живых организмов	4
1.3.3. Гибкая машина простейшей базовой формы	5
1.4. Методы биомеханического исследования	6
1.5. Анализ двигательной функции АХМ	8
1.5.1. Особенности АХМ как мобильного тела	8
1.5.2. Прошлые исследования, касающиеся движения змей	10
1.5.3. Классификация способов передвижения змей	13
ГЛАВА 2. Динамика передвижения активного хордового механизма (динамика ползания)	16
2.1. Введение	16
2.2. Параметры, управляющие движением АХМ	16
2.3. Фундаментальная кинематика активного хордового механизма	17
2.3.1. Вывод фундаментальных выражений для касательной силы	18
2.3.2. Вывод фундаментальных выражений для нормальной силы	20
2.3.3. Вывод фундаментальных выражений для мощности	20
ГЛАВА 3. Морфология ползания	23
3.1. Введение	23

3.2.	Физиологическое описание кривых ползания и скольжения	23
3.3.	Формульное описание кривой ползания–скольжения	27
3.3.1.	Формульное описание клотоидной кривой	27
3.3.2.	Формульное описание серпеноиды	30
3.4.	Проверка и сравнение с наблюдаемой скользящей формой	31
3.5.	Заключение	34
ГЛАВА 4.	Кинематика регулярного ползучего движения	35
4.1.	Введение	35
4.2.	Подготовка к анализу	35
4.3.	Распределение мышечной силы	38
4.4.	Силы, генерируемые в туловище при регулярном ползучем движении	39
4.4.1.	Движущая сила	40
4.4.2.	Нормальная сила	41
4.4.3.	Мощность	43
4.4.4.	Соотношения между силами, генерируемыми в туло- вище, и эффективностью скольжения	45
4.5.	Анализ на основе аппроксимации клотоидной кривой	45
4.6.	Экспериментальный анализ регулярного ползучего движе- ния подвязочных змей	47
4.6.1.	Метод	47
4.6.2.	ЭМГ-замеры	49
4.6.3.	Замеры нормальной силы	49
4.6.4.	Определение координат точек замеров	49
4.6.5.	Результаты эксперимента	50
4.7.	Сравнение результатов эксперимента с теорией и их анализ	53
4.7.1.	Оценка распределения мышечной силы	53
4.7.2.	Исследование движущей силы	54
4.8.	Заключение	55
ГЛАВА 5.	Адаптивные функции ползучего движения	57
5.1.	Введение	57
5.2.	Синус-подъем	58
5.3.	Принцип α -адаптивности	60
5.3.1.	Вывод принципа α -адаптивности	60
5.3.2.	Вывод отношения коэффициентов трения μ_t/μ_n	62

5.3.3.	Измерение угла изгиба α при движении змеи по наклонной плоскости	66
5.3.4.	Измерение трения о поверхность скольжения и анализ результатов	67
5.3.5.	Сравнение и оценка теоретических и экспериментальных результатов	69
5.3.6.	Анализ и сравнение на основе аппроксимации клотоидной кривой	72
5.3.7.	Связь между принципом α -адаптивности и синус-подъемом	75
5.4.	Принцип l -адаптивности	76
5.4.1.	Верхняя и нижняя границы для l	77
5.4.2.	Определение l по характеристикам двигательных мышц	77
5.4.3.	Анализ скользящей конфигурации змеи при изменении внешней температуры	79
5.4.4.	Вывод принципа l -адаптивности	81
5.5.	Заключение	83
ГЛАВА 6.	Ползучее движение по пересеченной местности	85
6.1.	Введение	85
6.2.	Определение «лабиринта» и постановка задачи	86
6.3.	Динамические характеристики ползучего движения внутри лабиринта	87
6.4.	Движущая сила и сопротивление внутри лабиринта	89
6.5.	Динамический выбор скользящей конфигурации при движении внутри лабиринта	91
6.6.	Эксперименты со змеями и оценка результатов	92
6.7.	Заключение	95
ГЛАВА 7.	Искусственное ползучее движение в исполнении активного хордового механизма	97
7.1.	Введение	97
7.2.	Конструирование машины для реализации искусственного ползучего движения	98
7.3.	Управляющие механизмы для ползучего движения	101
7.4.	Управление направлением движения	104
7.5.	Проектирование механизма	106
7.6.	Проектирование системы управления	109

7.6.1. Центральная система управления	109
7.6.2. Механизм задержки и передачи сигналов	110
7.6.3. Сервосистемы сочленений	112
7.7. Характеристики скольжения прототипа	112
7.8. Испытание прототипа	112
ГЛАВА 8. Управление движением активного хордового механизма с тактильными датчиками	115
8.1. Введение	115
8.2. Режимы управления АХМ с тактильным очувствлением . . .	116
8.2.1. Обработка тактильной сенсорной информации по принципу латерального торможения	116
8.2.2. Линейное сдвиговое управление угловыми сигналами . . .	119
8.3. Конструкция опытного образца АХМ с тактильным очувствлением и обработка тактильной информации	121
8.4. Линейное сдвиговое управление прототипом машины с тактильным очувствлением	125
8.4.1. Схема линейного сдвига с полевым транзистором . . .	126
8.4.2. Схема с обратной функцией	128
8.4.3. Схема генерации сигналов сдвига	131
8.5. Структура системы управления прототипом АХМ	133
8.5.1. Центральный отдел	133
8.5.2. Нервная система	133
8.5.3. Исполнительный отдел	135
8.6. Экспериментальное управление прототипом АХМ	136
8.6.1. Эксперимент по обвиванию объекта	136
8.6.2. Эксперименты по заползанию в извилистую колею и самопродвижению внутри нее	137
8.6.3. Эксперимент по движению с давлением на столбик . .	141
8.7. Заключение	141
ГЛАВА 9. Разработка АХМ как захватного устройства	145
9.1. Определение гибкого захватывания	145
9.2. Динамика гибкого захватывания	147
9.3. Проектирование мягкого схвата	149
ГЛАВА 10. Разработка АХМ как манипулятора	158
10.1. Введение	158
10.2. Наклонный вращательный механизм	159

10.2.1. АХМ для пространственных движений	159
10.2.2. Описание наклонного вращательного механизма	160
10.2.3. Позиционное управление наклонным вращательным механизмом	163
10.2.4. Эксперименты по управлению прототипом	166
10.2.5. Практическое применение наклонного вращательного механизма	166
10.3. Эластичная роботизированная рука с тросовой передачей . .	168
10.3.1. Базовая структура	168
10.3.2. Проектирование и конструирование роботизирован- ной руки с эластичными модулями и тросовой пере- дачей	173
10.4. Многозвенный манипулятор со связанной тросовой передачей	177
10.4.1. Проблемы веса многозвенного манипулятора	179
10.4.2. Манипулятор СТ arm (многозвенный манипулятор со связанной тросовой передачей)	179
10.4.3. Анализ механизма	183
10.4.4. Управление СТ-рукой	185
10.4.5. Конструкция прототипа СТ arm 1	191
10.5. Активный эндоскоп, использующий сплавы с памятью формы	193
10.5.1. Фундаментальные положения	193
10.5.2. Важность разработки активного эндоскопа	195
10.5.3. Структурное проектирование активного эндоскопа . .	196
10.5.4. Проектирование системы управления	199
10.5.5. Экспериментальное управление движением	200
10.6. Другие примеры АХМ-манипуляторов	200
10.7. Управление АХМ-манипулятором	206
10.7.1. Предыдущие работы, касающиеся управления мани- пуляторами с избыточными степенями свободы	206
10.7.2. Управление на основе разложения избыточности . . .	208
10.7.3. Компьютерное моделирование	209
10.7.4. Муреноподобный привод	210
ГЛАВА 11. Разработка АХМ как мобильного робота	216
11.1. Введение	216
11.2. Мобильный робот с наклонным вращательным механизмом .	217
11.3. Koryu I (KR-I)	219

11.3.1. Технические характеристики робота для выполнения операций в опасных зонах	219
11.3.2. Базовая структура робота Koryu (KR)	219
11.3.3. Прототип KR-I и его опытная эксплуатация	221
11.4. Koryu II (Kr-II)	226
11.4.1. Модульная конструкция	227
11.4.2. Ходовая часть	229
11.4.3. Конструкция z-привода	230
11.4.4. Конструкция манипулятора	233
11.4.5. Базовое испытание	233
Приложение А.	235
А.1. Исследование конфигураций скольжения	235
А.2. Анатомическая конфигурация змеиногo тела	237
Литература	242
Предметный указатель	249