

# Управление роботом с имитацией поведения ЖИВОТНОГО

А. И. Мамяко<sup>1</sup>, К. А. Порохненко<sup>2</sup>, И. Поляков<sup>3</sup>

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

<sup>1</sup>mamyako@mail.ru, <sup>2</sup>kaporokhnenko@etu.ru, <sup>3</sup>igor.polyakov.2003@gmail.com

**Аннотация.** Рассмотрены алгоритмы управления движением манипулятора. Элементы прогнозирования поведения представлены в нескольких режимах в соответствии с окружающей средой.

**Ключевые слова:** прогнозирование поведения, робот с имитацией поведения животного.

## I. СУЩЕСТВУЮЩИЕ РЕШЕНИЯ

Роботы-животные, также известные как аниматы, представляют собой системы, которые имитируют физические и поведенческие характеристики настоящих животных. Известны несколько примеров таких устройств: роботы-собаки, змеи, птицы и насекомые.

Создание робота-животного – сложный процесс, требующий разнообразного набора навыков и знаний, включая машиностроение, электротехнику, программирование и художественный дизайн. В результате получается реалистичный робот, который можно использовать для самых разных целей.

Чтобы создать робота-животного, дизайнеры и инженеры начинают с изучения движений и поведения животного, которое они хотят воспроизвести.

Они анализируют физическое строение, движения мышц и сенсорные системы, чтобы лучше понять, как оно движется и ведет себя.

Затем эта информация используется для проектирования и сборки внутренних компонентов робота, таких как двигатели, датчики и микроконтроллеры, чтобы максимально точно имитировать движения.

Затем создается внешняя оболочка манипулятора с использованием комбинации материалов, таких как силикон, пена или другие. Материалы имитируют текстуру и внешний вид животного.

Проектирование и установка роботизированных механизмов и датчиков внутри оболочки, необходима чтобы создать системы движения и управления роботом.

Методология исследования роботов-животных включает в себя сочетание наблюдения, анализа, проектирования, тестирования, оценки, и разработки.

Цель состоит в том, чтобы создать роботизированные системы, имитирующие физические и поведенческие характеристики животных, чтобы улучшить человеческие возможности и ускорить технологическое развитие.

Разработка роботов, имитирующих поведение змей, очень актуальны, потому что такие устройства могут

перемещаться в сложных и замкнутых средах, куда обычные роботы не могут попасть.

Сюда входят такие области проникновения, как подземные туннели, трубы и зоны бедствия, доступ к которым ограничен или опасен для человека. Роботы-змеи могут иметь низкий профиль, что позволяет им перемещаться в узких и ограниченных пространствах, где более крупные роботы не могут маневрировать.

Способность роботов-змей пересекать неровную местность и подниматься по вертикальным поверхностям делает их подходящими для таких задач, как поиск и спасение, мониторинг окружающей среды.

Создание роботов-змей могут привести к разработке более универсальных и адаптируемых роботизированных систем, способных выполнять более широкий спектр задач в сложных и динамичных условиях.

Существует несколько методов управления роботом-змеей, каждый из которых имеет свои преимущества и ограничения. Некоторые из наиболее известных методов включают в себя:

1. Генераторы центральных паттернов (CPG): CPG представляют собой тип биологического метода управления, который имитирует генерацию ритмических паттернов, наблюдаемую у животных. Управление на основе CPG может производить плавные и естественные движения роботов-змей.
2. Управление на основе моделей. Управление на основе моделей использует математические модели робота и его окружения для прогнозирования его движения и оптимизации его управления. Этот метод требует детального понимания динамики робота и может потребовать значительных вычислительных ресурсов.
3. Обучение с подкреплением: обучение с подкреплением – это тип машинного обучения, который использует метод проб и ошибок для изучения оптимальных политик управления. Обучение с подкреплением можно использовать для разработки адаптивных и гибких стратегий управления роботами-змеями.
4. Нейронные сети. Нейронные сети можно использовать для разработки траекторий управления роботами-змеями путем изучения данных. Нейронные сети можно использовать как для дистанционного, так и для физического

управления, и их можно обучить выполнению конкретных задач.

5. Гибридные методы. Гибридные методы сочетают в себе несколько методов управления, таких как CPG и управление на основе моделей, чтобы использовать сильные стороны каждого подхода.

В целом выбор метода управления будет зависеть от конкретного применения и требований к производительности робота-змеи.

Текущие исследования производятся исходя из обеспечения более эффективной и действенной работы в различных средах и приложениях.

## II. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОТОТИПА

Моделирование экспериментальной модели, робота-змеи, состоит в проектировании и создании 3D-моделей, эскизов и движений.

Чтобы получить необходимую геометрию и обеспечить подвижность робота необходимо смоделировать функциональный блок.

Основными материалами для создания прототипа являются напечатанные на 3D-принтере корпус, а также система шестеренок.

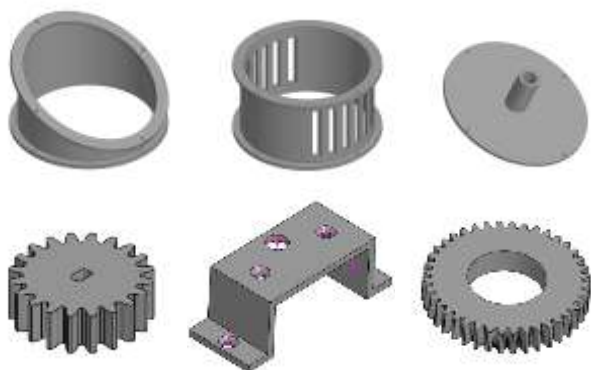


Рис. 1. 3D визуализация моделей

Техническая часть реализуется благодаря комбинации шаговый двигатель – устройству управления.



Рис. 2. Шаговые двигатели, используемые в модели

Геометрия сборки прототипа предполагает комбинацию из нескольких блоков-корпусов, внутри которых располагается вся техническая часть.

Работа робота-змеи определяется приведением в движение управляющим устройством.

В целом, геометрия робота-змеи разработана таким образом, чтобы максимизировать его гибкость, мобильность и диапазон движений.

## III. СБОРКА

Сборка функционального блока представляет собой сочленение основных деталей между собой посредством крепления на болты. Каркас должен быть достаточно прочным, чтобы выдержать вес компонентов.



Рис. 3. Вид модели сборки (вид сбоку)

Конструкция должна быть достаточно прочной, чтобы выдержать вес всех компонентов модели.



Рис. 4. Вид модели сборки (вид внутри)

Устройство управления фиксируется, разработанной специально для данного шагового двигателя, деталью, и соединяется с системой шестерен.



Рис. 5. Модель блока в сборке

Приводимая в движение часть фиксируется подшипником, который в свою очередь позволяет максимально плавно и точно вращать последующий блок.



Рис. 6. Модель блока в сборке вместе с двигателем

На рис. 7 показан прототип, который имеет два сочленения.



Рис. 7. Модель с двумя блоками

Данный макет способ совершать вращательные движения, что позволяет проводить исследования по работе составных элементов и соответствию требований. Например, скорость вращения или правильное соединения элементов движения.

Роботы-змеи имеют ряд достоинств, которые делают их привлекательными для использования в различных сферах. Некоторые из этих достоинств включают в себя:

**Гибкость и маневренность:** роботы-змеи способны проникать в узкие и труднодоступные места благодаря своей гибкой конструкции. Это делает их полезными во многих областях, таких как поисковые операции, инспекция трубопроводов и канализационных систем, медицинские исследования и др.

1. **Высокая адаптивность:** роботы-змеи могут быть адаптированы для работы в различных условиях, включая землю, воду и даже вакуум. Это делает их полезными в многих отраслях, таких как промышленность, исследования космоса и морские исследования.
2. **Эффективность:** роботы-змеи обычно имеют маленький вес, что делает их легкими в транспортировке и использовании. Кроме того, их конструкция позволяет уменьшить количество необходимых компонентов, что уменьшает стоимость производства и повышает эффективность работы.

3. **Безопасность:** роботы-змеи могут быть использованы для выполнения задач, которые опасны для человека, таких как обследование разрушенных зданий, поиск мин и т.д.
4. **Долгая автономная работа:** роботы-змеи могут работать в течение длительного времени без необходимости замены батарей, благодаря использованию источников энергии, таких как солнечные панели.

В целом, роботы-змеи являются перспективным направлением развития робототехники, которое может иметь много применений в различных сферах.

Кроме достоинств, у роботов-змей есть и некоторые недостатки, которые нужно учитывать:

1. **Ограниченная грузоподъемность:** из-за своей гибкой конструкции роботы-змеи могут нести только ограниченный вес и объем груза. Это ограничивает их применение в некоторых отраслях, где необходима транспортировка большого количества грузов.
2. **Сложность управления:** управление роботами-змеями может быть сложным из-за их гибкой конструкции. Для них требуется сложная система управления, которая может быть дорогостоящей и требовать высокой квалификации операторов.
3. **Ограниченная скорость:** роботы-змеи не могут двигаться с высокой скоростью из-за своей гибкой конструкции и низкой грузоподъемности. Это может быть недостатком в некоторых отраслях, таких как производство или автомобильная промышленность, где скорость играет важную роль.
4. **Ограниченный радиус действия:** роботы-змеи могут иметь ограниченный радиус действия из-за своей гибкой конструкции. Они могут столкнуться с трудностями при перемещении на неровной поверхности или при перепадах высоты.
5. **Высокая цена:** из-за сложной конструкции и технологических особенностей роботы-змеи могут быть дороже в производстве, чем более простые модели роботов. Это может быть препятствием для широкого использования в некоторых отраслях.

Разработка роботов-змей представляет собой перспективное направление в робототехнике. Гибкость и маневренность этих роботов позволяют им использоваться в различных отраслях, таких как медицина, автомобильная промышленность, гражданская оборона и даже космическая индустрия.

Однако, необходимо учитывать их недостатки, такие как ограниченная грузоподъемность, сложность управления и ограниченная скорость, которые могут ограничить их применение в некоторых сферах.

В целом, разработка роботов-змей продолжает развиваться, и будущее этого направления в робототехнике выглядит многообещающим.

#### IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По мере того, как технологии продолжают развиваться, потенциальные возможности использования животных-роботов будут только расширяться, что делает их захватывающей и инновационной областью робототехники.

В работе показаны способы управления движением робота-манипулятора. Представлены основные элементы управления.

Разработана оптимальная геометрия движения и на основании этого реализована 3D-модель, которая перемещается согласно заданному алгоритму.

Количество и расположение элементов прототипа, длина и диаметр каждого сегмента, а также угол— все это важные факторы, которые необходимо учитывать при проектировании геометрии робота.

Конечная цель состоит в том, чтобы максимизировать гибкость, мобильность и диапазон движений робота, гарантируя, что он может перемещаться в широком диапазоне сред.

По мере того, как технологии продолжают развиваться, возможно ожидать появления еще более инновационных и реалистичных роботов-змей, которые могут с легкостью перемещаться в различных средах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Бернштейн Н.А. Избранные труды по биомеханике и кибернетике. М.: Дивизион, СпортАкадемПресс, 2017. 320 с.
- [2] Гаазе-Рапопорт М.Г., Поспелов Д.А. От амебы до робота: модели поведения. М.: Едиториал УРСС, 2004. 296 с.
- [3] Керзон П., Макоуэн П. Вычислительное мышление. Метод решения сложных задач. М.: Альпина Паблишер, 2018. 266 с.
- [4] МакКомб Г. Сделай сам! Робот на Arduino. М.: ДМК Пресс, 2018. 52 с.
- [5] Мамичев Д.И. Программирование на Ардуино. От простого к сложному. М.: Солон-Пресс, 2018. 244 с.
- [6] Скарпино М. Двигатели для моделлистов. Руководство по шаговым двигателям, сервоприводам и другим типам электродвигателей. М.: Вильямс, 2018. 432 с.
- [7] Татмышевский К.. Научные основы расчёта и проектирования. М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2011. 356 с.
- [8] Уинтроп С.. Менталист. Скрытые механизмы влияния на окружающих. М.: Эксмо, 2012. 240 с.