

ДВИЖЕНИЕ, РОЖДЕННОЕ ПРИРОДОЙ

ВЛАДИМИР ТИХОНОВ

Считается, что первым технологическим изобретением человека была обыкновенная палка и что именно она на одно звено увеличила недостаточно эффективную кинематическую систему «ключица-плечо-предплечье-кисть». Но не она, а следующее открытие — колесо — стало опорой той цивилизации, в которой мы сейчас живем. Вокруг нас что-то постоянно крутится, тикает, скрипит. Однако такое вращение вокруг оси требует обустроенных дорог, подшипников, смазки и т. д., без чего успешно обходится окружающий нас мир. Поэтому мечта приручить лучшие «технологические» природные феномены перед человеком все еще стоит. Способности летать, двигаться против течения и ветра, погружаться в морские глубины у многих организмов реализованы гораздо лучше, чем у самых совершенных технических устройств.



РИС. 1. ▲
Робот BionicWheelBot

Изучением и освоением биологических секретов занимается бионика — прикладная наука о применении в технических устройствах и системах принципов организации, свойств, функций и структур живой природы. Многие компании активно занимаются бионическими исследованиями, и одним из лидеров в области технической бионики, использующим природные модели для решения конкретных инже-

РИС. 2. ▼
BionicWheelBot: режим кувыркания



нерных задач, является компания Festo.

Более десяти лет назад Festo инициировала создание Bionic Learning Network. По программе этой сети компания интенсивно сотрудничает с институтами, университетами и разработчиками, спонсирует проекты, тестовые площадки и технологические платформы. Перспективные идеи в сфере автоматизации, которые удалось реализовать в рамках этой программы, потом могут использоваться при разработке новых продуктов. Например, в 2006–2012 гг. компания создала такие решения, как Aqua Jelly (управляемый шар-медуза), AquaPenguin (плавающие пингвины), Aqua Ray (подводный скат-манта), Airic's arm (модель человеческой руки), SmartBird (летающая чайка) и многие другие роботизированные объекты.

За последние годы Festo разработала и испытала целый ряд интересных и сложных бионических объектов. Рассмотрим три самых необычных, по мнению автора статьи, проекта, которые технически реализуют три разные уникальные формы движения.

ПАУК-ГИМНАСТ BIONICWHEELBOT

Природным прототипом для BionicWheelBot стал паук-гимнаст (Flic-flac Spider — *Cebrennus rechenbergi*), который обитает в пустыне Эрг-Шебби на самом краю Сахары. Инго Рехенберг (Ingo Rechenberg), профессор бионики из TU Berlin, обнаружил его там в 2008 г. Этот паук может ходить, как другие. Но в случае опасности он спо-

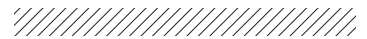
собен передвигаться кувырком — в два раза быстрее, как гимнасты при перевороте назад. Это единственный известный вид пауков, способный перемещаться таким образом. Открытие этого движения и привело к созданию экспериментального робота BionicWheelBot.

С момента обнаружения паука профессор Рехенберг работал над переносом его моделей движения в технологические приложения. На основе этих обширных исследований был построен первый ряд прототипов для BionicWheelBot (рис. 1).

Режим кувыркания

BionicWheelBot использует для ходьбы шесть из восьми ног и так же просто, как его природный родственник, начинает вращение с трехногой позиции. Иначе говоря, чтобы перейти в режим кувыркания, BionicWheelBot сгибает по три ноги с каждой стороны тела, образуя колесо. Две ноги, которые направлены вверх во время ходьбы, удлиняются и непрерывно давят на землю, что и обеспечивает движение. Такая конфигурация предотвращает остановку BionicWheelBot и гарантирует, что он может перемещаться даже по пересеченной местности (рис. 2).

В режиме кувыркания BionicWheelBot выполняет переворот всем своим телом, как настоящий паук-гимнаст. Благодаря встроенному инерциальному датчику робот всегда «знает», какое пространственное положение занимает. Таким образом, он гораздо быстрее катится, чем шагает, преодолевая при этом подъемы до 5%.



BIONICFLYINGFOX — ЛЕТУЧАЯ ЛИСИЦА

Чтобы максимально точно имитировать летучую лисицу, кинематика крыла у робота BionicFlyingFox (рис. 3) также делится на первичную и вторичную, при этом все суставы лежат в одной плоскости. Крылья покрыты эластичной мембраной, которая тянется до ног. Летающая мембрана, хотя и сделана из тонкого и сверхлегкого материала, является очень прочной и надежной.

Система отслеживания движения

Робот BionicFlyingFox способен полуавтономно перемещаться в пределах определенного пространства: для этого система управления взаимодействует с системой отслеживания движения. Установка с двумя инфракрасными камерами постоянно фиксирует текущее положение робота. Камеры, установленные на наклонно-поворотном устройстве, могут поворачиваться и наклоняться таким образом, чтобы контролировать весь полет BionicFlyingFox. В то же время система отслеживания движения планирует траектории полета и выдает необходимые управляющие команды. Запуск и посадка осуществляются оператором-человеком, но в полете автопилот принимает управление на себя.

МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ

Изображения с камер передаются на главный компьютер, который оценивает эти данные и координирует полет как авиадиспетчер. Предварительно запрограммированные маршруты полетов, сохраненные на компьютере, указывают путь, по которому BionicFlyingFox выполняет свои маневры. Движения крыла, необходимые для оптимальной реализации намеченных последовательностей движений, рассчитываются самой «летучей лисицей» с помощью бортовой электроники и моделей поведения. Робот получает необходимые управляющие команды от главного компьютера, где они автоматически анализируются и постоянно корректируются. Таким образом, BionicFlyingFox может оптимизировать свое поведение во время полета и точно следовать заданному курсу.



Рис. 3. ◀
Робот BionicFlyingFox

Инновационная мембрана крыла

Инновационная летающая мембрана была специально разработана командой Bionics для BionicFlyingFox. Она состоит из двух воздухопроницаемых фольгированных пленок и ткани Elastane, которые сварены между собой приблизительно в 45 тысячах точек (рис. 4). Сотовая ячеистая структура ткани предотвращает разрывы в мембране при увеличении в размере. Таким образом, BionicFlyingFox может продолжать летать даже в том случае, если ткань получит небольшое повреждение. Благодаря своей эластичности летающая мембрана почти не портится даже при полном вытягивании крыльев. Поскольку фольга не только эластичная и легкая, но и герметичная, она потенциально может использоваться и в других летающих объектах, а также, например, при дизайне одежды и в архитектуре.

BIONICFINWAVE: ПОДВОДНЫЙ РОБОТ С УНИКАЛЬНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Автономная навигация по системе труб

Природа учит нас тому, как должны выглядеть идеальные двигательные установки для определенных типов движения в воде. Команда Bionics при определении основных конструктивных черт робота BionicFinWave (рис. 5) была вдохновлена волнообразными движениями плавников, которые выполняют морские животные, такие

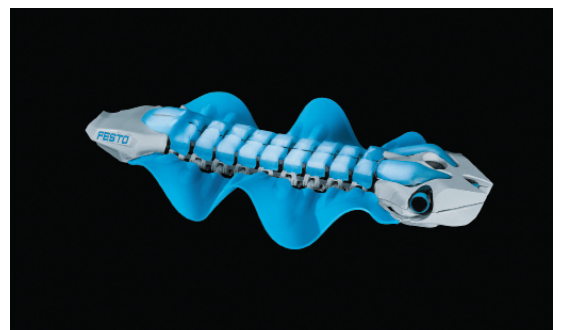


Рис. 4. ▼
Крылья BionicFlyingFox покрыты специальной мембраной

как каракатицы или турбеллярии (Polycladida). Такой способ обеспечивает поступательное движение вперед, при этом подводный робот автономно маневрирует в системе труб из акрилового стекла. Этот проект может послужить импульсом для будущих разработок автономных роботов, выполняющих свои функции в труднодоступных местах различных промышленных трубопроводных систем.

BionicFinWave может быть использован, например, для таких задач, как осмотр, измерения и сбор данных о качественном составе воды в систе-

Рис. 5. ▼
Робот BionicFinWave



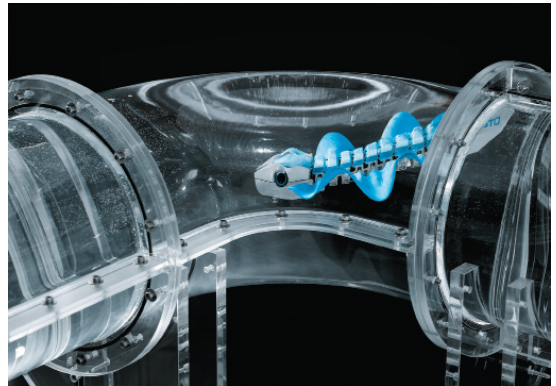
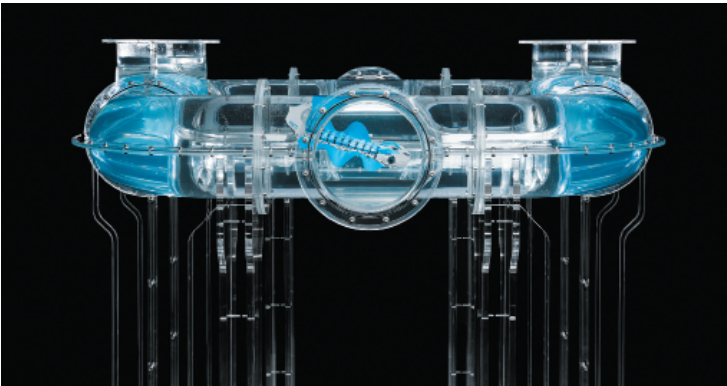


РИС. 6. ▲
BionicFinWave
маневрирует внутри
системы труб из
акрилового стекла

мах очистки сточных вод, а также в других отраслях промышленности. Знания, полученные в рамках этого проекта, можно применить и для производства компонентов «мягкой» робототехники.

Плавание как естественный процесс

Продольные волнистые ребра у турбеллярии или каракатицы располагаются с двух сторон вдоль спины, от головы до хвоста. Чтобы передвигаться по воде, животные используют плавники для создания непрерывной волны, которая перемещается по всей длине тела. Эта волна заставляет воду двигаться назад, тем самым толкая животных вперед. В BionicFinWave используется тот же принцип для движения робота вперед или назад.

Festo смогла технически реализовать блок плавникового привода, который хорошо подходит для медленного и точного поступательного движения и вызывает меньше турбулентности в воде, чем, например, обычный винтовой привод. Во время движения через трубопроводную систему автономный подводный робот может «общаться» с внешним миром по радио и передавать данные, такие как показания датчиков температуры и давления, на планшет.

Как подводный робот маневрирует внутри системы труб из акрилового стекла, показано на рис. 6.

Гибкие силиконовые ребра

Два боковых ребра BionicFinWave длиной 370 мм отлиты в силиконовую форму, а по всей их длине распределены распорки и другие поддерживающие элементы. Поэ-

тому ребра очень гибкие и могут весьма реалистично подражать нежным движениям их биологической модели. Чтобы обеспечить перемещение, к каждому из ребер прикреплено под углом 45° до девяти небольших рукояток. Они управляются двумя сервоприводами, расположенными внутри корпуса подводного робота. Два плоских кривошипа передают усилия к рукояткам так, что два ребра могут двигаться независимо друг от друга: благодаря этому они могут одновременно производить различные волны. Например, чтобы плыть по кривой, наружный плавник движется быстрее, чем внутренний, подобно гусеницам трактора при повороте.

BionicFinWave перемещается вверх или вниз за счет изгиба своего корпуса в нужном направлении. Кривошипы, вместе с соединениями и плунжерным штоком, распечатаны на 3D-принтере из пластмассы в виде единого блока.

Оптимально спроектированный корпус

Остальные элементы тела BionicFinWave (его вес составляет всего 430 г) также напечатаны на 3D-принтере: это необходимо из-за сложной геометрии конструкции. Внутренние полости корпуса работают как поплавки. Кроме того, герметичные полости обеспечивают безопасное размещение всех электронных элементов системы управления внутри очень небольших внутренних объемов. Датчик давления и ультразвуковые датчики постоянно контролируют расстояние от BionicFinWave до стенок трубы и глубину погружения

в воде, тем самым предотвращая столкновения. Эта автономная и безопасная навигация требовала разработки компактных, эффективных и водонепроницаемых или водостойких компонентов, которые можно координировать и регулировать с помощью соответствующего программного обеспечения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Концептуальные решения, созданные в рамках Bionic Learning Network, могут служить базовыми платформами для разработки серийных продуктов. В рамках данной программы компания Festo ставит перед собой следующие цели:

- Создание различных сетевых структур и мотивирование людей из разных секторов развивать свои идеи.
- Отслеживание текущих тенденций в области исследований и разработок, а также тестирование новых технологий и методов производства.
- Повышение креативности в процессах решения и стимулирование предварительных разработок продуктов с использованием 3D-прототипирования.
- Побуждение молодых людей к проявлению интереса к технологиям и поиск новых талантов.

Бионические роботизированные объекты Festo с определенной долей оптимизма вселяют в нас веру в то, что в будущем колесо перестанет быть революционным технологическим изобретением и перейдет в ряд музейных экспонатов, а на его место встанут совершенно другие формы движения. ●