

- AutoCAD и КОМПАС-3D. Материалы 10-й Международной научно-технической конф. «Наука – образованию, производству, экономике». Минск, 2012.
3. Лысенко В.Г., Цитович Б.В.: Применение средств мультимедиа при изучении технических дисциплин. Материалы 5-международной научно-технической конференции «Приборостроение-2012» Минск.2012.
 4. Лысенко В.Г., Цитович Б.В.: Комплексное обеспечение студентов компьютерными учебно-методическими материалами Материалы одиннадцатой МНТК «Наука – образованию, производству, экономике», БНТУ Минск 2013.

УДК 534.16

МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ НОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ОБЛАСТИ РОБОТОСТРОЕНИЯ

Лысенко В. Г., Минченя В.Т.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

В работе рассмотрены некоторые вопросы, связанные с актуальными проблемами проектирования принципиально новых роботов. Показано, что использование биологических прототипов для создания роботов и новых методов проектирования позволит решить многие проблемы в этой области. Решение многих проблем проектирования новых роботов базируется на изучении движения насекомых и животных в природных условиях и использовании компьютера для поддержки работы инженера. Функции роботов могут быть реализованы несколькими существенно различными способами. В последние годы центр исследования переместился все больше к безногому (apedal) передвижению роботов, которые созданы подобно змеям или червякам и т.д.

При использовании принципа работы и кинематики биологических образцов, имеется возможность разработать новые идеи для усовершенствования перемещающихся роботов. Некоторые биологические объекты используют необычные способы перемещения своих конечностей, чтобы получить необходимую траекторию. Они изменяют форму и размеры тела, чтобы создать необходимое движение ног. Исследования биологических объектов или альтернативных технических систем и использование новых методов проектирования биологически подобных роботов позволят создать новых роботов и другие технические системы. Используя принцип работы и кинематику биологических прототипов можно получить новые идеи для улучшения движущихся роботов. Некоторые биологические объекты используют необычные способы перемещения своих конечностей по необходимой траектории. По нашему мнению, существует лишь 4...5 наиболее распространенных принципов функционирования биообъектов для создания необходимой траектории движения ног. Предлагаемый подход и анализ биологических прототипов позволил нам создать несколько новых ползающих и шагающих роботов.

В обычных шагающих роботах используют несколько приводов для перемещения каждой ноги. Наши роботы отличаются тем, что каждый привод используется для перемещения нескольких ног. Таким образом, нам удалось минимизировать количество приводов у робота. Это позволит сделать новые шаги в направлении миниатюризации ползающих и шагающих роботов. Можно использовать принцип движения как у Polichetae. В этом биообъекте ноги не имеют приводов и степеней свободы относительно тела. Они жестко прикреплены перпендикулярно к поверхности тела и перемещаются и наклоняются вместе с деформацией этой поверхности. Для получения нужной траектории дистального конца ноги Polichetae и Holothouria используют деформацию корпуса в виде бегущей волны. Количество ног-иголок не ограничено, количество приводов, создающих деформацию корпуса, минимально. Можно создать миниатюрные (микро) роботы с большим количеством ног и с небольшим количеством малогабаритных приводов. Нами разработан двигающийся робот-зонд с десятками и даже сотнями ног и только с 4-мя приводами - «Holothourobot». Он может быть использован в медицине для минимально инвазивной хирургии.

Некоторые биообъекты изменяют форму и размеры своего тела, чтобы создать нужное движение ног. Например, саламандра изгибает тело в горизонтальной плоскости и, благодаря этому, перемещает свое тело относительно точек опоры. Используя деформацию тела робота в горизонтальной плоскости, можно обеспечить его перемещение за счет минимального количества приводов. Приводы не соединены с ногами, они нужны лишь для деформирования тела робота. При наличии трех приводов можно обеспечить перемещение робота, имеющего шесть или даже восемь ног. Нами создана движущаяся механическая модель шагающего робота с восемью ногами и деформируемым телом, к которому же-

стко присоединены эти ноги. Деформация тела обеспечивается тремя линейными приводами.

Возможно создание различных вибрирующих роботов с использованием всего одного привода в виде источника вибрации корпуса робота. Нами создана модель вибро-микроробота, представляющего собой полый цилиндр, внутри которого находится ультразвуковой привод. На внешней поверхности цилиндра расположены эластичные короткие стержни так, что вдоль образующей и направляющей имеет место периодическое расположение стержней, при этом стержни обязательно имеют наклон в сторону противоположную направлению движения. При включении источника ультразвуковых колебаний стержни начинают вибрировать так, что при помещении цилиндра в трубу с диаметром несколько большим диаметра цилиндра, робот достаточно быстро перемещается вдоль трубы, что свидетельствует о том, что колебания отдельных стержней синхронизируются в продольном направлении. Основным недостатком такой модели, заключается в том, что не удастся обеспечить реверсивное движение робота внутри трубы.

Некоторые летающие насекомые создают резонансные колебания своих крыльев благодаря периодическому изменению формы и размеров своего жесткого тела. У этих насекомых мускулы соединены не с крыльями, а со стенками жесткого тела и деформируют его. Деформация тела превращается в колебание крыльев. Можно создать движущийся робот, у которого вибрировать будет корпус, а ноги будут лишены приводов. Нужная траектория дистальной части ноги образуется за счет возбуждения в проксимальной части упругой криволинейной ноги высокочастотных колебаний и за счет механической трансформации этих колебаний в низкочастотные. Мы разработали принципиально новую миниатюрную движущуюся систему «Minchrobot».

УДК 681.12.08(047.31)(476)

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ РАСХОДОМЕРНОЙ УСТАНОВКИ INOTECH

Манкевич О.Д., Жагора Н.А.

*Белорусский государственный институт метрологии
Минск, Республика Беларусь*

В 2011 году в БелГИМ введена в эксплуатацию установка для испытаний, калибровки и поверки промышленных счетчиков газа Inotech (далее — расходомерная установка Inotech). В работе [1] описаны конструкция и принцип работы данной установки. После введения ее в эксплуатацию возникла задача по определению метрологических характеристик расходомерной установки Inotech при измерении расхода воздуха. Решение этой задачи основывается на рекомендациях [2] и [3] по

В качестве корпуса и привода используется пьезоэлектрическая биморфная пластина. К ней прикреплены упругие изогнутые ноги на дистальных частях которых можно получить низкочастотные колебания с различными траекториями движения кончика ноги. Трансформация высокочастотных колебаний корпуса робота в низкочастотные колебания концов ног происходит благодаря эластичности ножек, их относительно большой длине и трехмерному изгибу для придания им специфической формы. Наша модель перемещалась по гладкой поверхности со скоростью до 500 мм в секунду.

1. Lysenko, V: Method for improving actuators by modelling the motion of an earthworm. 1. International Conference on Motion Systems, Univ. Jena, 1997
2. V. Lysenko and K. Zimmermann, "Entwurfsmethode für die Entwicklung mobiler Roboter basierend auf einer interaktiven morphologischen Matrix," 49. Internationalen Wissenschaftlichen Kolloquium, TU Ilmenau, 2004.
3. K. Zimmermann, V. Lysenko and V. Minchenya, "Minimization of the number of actuators in legged robots using biological objects," 52. Internationalen Wissenschaftlichen Kolloquium, TU Ilmenau, 2007.
4. K. Zimmermann, V. Lysenko, V. Minchenya, F. Becker and I. Zeidis, "Vibration driven robots - theoretical investigations, design and prototypes," Proc. of Int. Conf. of Instrument-making, BNTU Minsk, 2010.
5. Victor Lysenko, Anatoly Chigarev, Klaus Zimmermann, Felix Becker "Design of New mobile robot with using anisotropy of friction forces".56 Internationalen Wissenschaftlichen Kolloquium, TU Ilmenau, 2010.

определению метрологических характеристик и оценке неопределенности измерений расходомерных установок, предназначенных для испытаний газовых счетчиков. Основой для оценки неопределенности измерений является «Руководство ISO по выражению неопределенности в измерении» (1993). [4]

В соответствии с [2] и [3] рабочий эталон калибруется при помощи перемещаемого эталона объема. При этом перемещаемый эталон устанавливается в проверочную линию на место,