



## Нелинейная динамика: МОБИЛЬНЫЕ РОБОТЫ специальный выпуск и новый проект «НД»

*Вниманию специалистов, авторов, читателей*

Представленные в этом выпуске статьи посвящены изучению динамических систем, представляющих практический интерес для области робототехники, прежде всего — для области мобильных роботов. В 2012 году к выпуску намечены еще два номера «Нелинейной динамики», объединенные этой тематикой. (Таким образом, в 2012 году журнал «НД», до настоящего времени издающийся 4 раза в год, расширится до 6 выпусков). Читатель отличит эти выпуски по оформлению обложки и дополнительному заголовку — «Мобильные роботы».

На сегодняшний день научные разработки в области создания мобильных роботов ведутся в многочисленных научных центрах, объединяя ученых и инженеров самой разной специализации. С одной стороны, это связано с насущной необходимостью увеличения маневренности транспортных средств и их надежности. С другой стороны, ведутся разработки «экзотических» транспортных средств, перспективность применения которых связана с их использованием в специфических (критических) условиях (например, в условиях космоса или других планет). Масштабы этих работ настолько велики, что, как результат, в мире издаются сотни специализированных журналов и книжных серий, публикуемые в них научные работы исчисляются тысячами. Нужно отметить, что практически все эти публикации появляются за рубежом, где исследования в этой наукоемкой отрасли получают колоссальную финансовую и вообще всестороннюю поддержку, позволяющую научным группам наладить более продуктивную систему работы, с наличием функционирующих физических лабораторий, собственным опытно-конструкторским производством и т. д.

К сожалению, в России, при настоящих условиях, в этом отношении имеется существенное отставание. Отечественная литература, помимо того, что ее выходит совсем мало, часто не отличается систематичностью, продвинутым исследовательским аппаратом и анализом относящейся к делу мировой литературы, замыкаясь на изложении авторских результатов. Как следствие, такие работы, даже если в них содержатся оригинальные идеи, находятся в определенном отрыве от общемирового развития науки, их мало цитируют в международных изданиях. Способствует такому положению и проблема доступности российских изданий: монографии и учебники по вопросам робототехники издаются авторами в основном при их вузах и небольшими тиражами. Однако наиболее показательное состояние этой отрасли в нашей стране описывается состоянием научной периодики: общетематических журналов, в общем подходящих для печатания статей по тем или иным аспектам исследований в робототехнике, — единицы (не беря в расчет вестники при региональных вузах); специализированных журналов в этой области у нас практически нет.



Поэтому редакция «Нелинейной динамики» решила взять на себя инициативу выпуска специализированных, но регулярно выходящих номеров (а в дальнейшем, возможно, отдельного журнала на этой базе) для освещения исследований динамических систем именно в области робототехники. Выделение публикаций по данной тематике диктуется, прежде всего, ее исключительным значением: робототехника — ключевая или, как говорят сейчас, критическая технология, развитие которой формирует будущее науки и мира. С другой стороны, это — актуальнейшее приложение теории динамических систем и всей механики, которое зависит от этих дисциплин и в тоже время предопределяет их развитие, ставя перед ними сложные новые задачи. Особенно это характерно для области мобильных роботов.

Действительно, создание новых роботизированных транспортных средств невозможно без проведения базовых исследований их динамических свойств и создания соответствующей теории управления. Так, при разработке новых мобильных средств, при перемещении которых происходит качение одного тела по другому, естественным началом является изучение неголономных систем (например, для описания динамики сферороботов, одноколесных роботов, новых вариантов подвеса колесных экипажей). Оказывается, не смотря на простоту, неголономная модель правильно объясняет достаточно большое число динамических эффектов, наблюдаемых при качении тел. Далее, для учета различных явлений, возможных в области движения таких транспортных устройств, необходимо исследование влияния трения и ударов. Естественно, на первый план в этих разработках выступает роль эксперимента, но лишь при условии глубокого понимания физических явлений и теоретических предпосылок здесь возможны новые эффективные решения.

Очевидно, что перспективные, действительно прорывные разработки будут связаны с созданием мобильных роботов, использующих принципиально новые способы передвижения, заимствованные из живой природы. К примеру, разработка новых методов движения в жидкой среде неразрывно связана с развитием гидродинамической теории, в частности, динамики вихревых структур. Одним из наиболее эффективных способов перемещения в жидкости остается передвижение рыб. В настоящее время в мире ведутся активные исследования в направлении создания аналогичных средств передвижения, реализуемых за счет управляемого схода вихрей при изменении формы тела. Как наиболее известные отметим зарубежные работы по созданию роботизированного малого подводного аппарата *RoboTuna*, копирующего форму и движения тунца. В более глобальном смысле, робототехника ставит перед фундаментальными науками труднейшую задачу — выяснение фундаментальных принципов передвижения (локомоций) различных биологических объектов, таких как механизмы полета птиц и насекомых, плавания рыб и микроорганизмов, перемещения змей и т. д. От полного понимания этих сложных явлений современная динамика еще далека, прогресс на этом пути станет ее крупнейшим достижением.

Мы надеемся, что «НД: Мобильные роботы» станет центральным российским изданием для публикации работ по всем вопросам, связанным с анализом динамики и управлением мобильными роботами, изучением всяческих динамических явлений, представляющих интерес для робототехники. Цель такого издания — способствовать более активному развитию этой области за счет влияния фундаментальных наук, в которых нашей стране исторически всегда принадлежало ведущее место.

Этой цели отвечает и стремление редакции поддерживать, насколько только это возможно для отечественного журнала, определенный международный уровень, исходя в этом из того, что любая научная работа является, прежде всего, частью мировой науки. В связи с этим, главным требованием к публикуемому материалу остается высокий научный уровень: работы должны быть актуальными, представлять существенный научный интерес и отличаться ясным, последовательным изложением; для статьи, представляющей ори-

гинальный результат, автор должен отразить его место и значение в уже имеющейся по соответствующему вопросу мировой литературе. С другой стороны, в дополнение к поступившим и принятым к печати статьям наших авторов, будут публиковаться и переводы некоторых значимых зарубежных публикаций по динамике мобильных роботов — как правило, обзоров и работ с существенной экспериментальной составляющей. Хорошие обзоры незаменимы для знакомства с современным состоянием вопроса (в нашей же литературе по этой проблематике работы обзорного характера практически отсутствуют). Что касается исследований экспериментального характера, то, по сравнению с зарубежной наукой, в этом направлении в России имеется существенное отставание (это показал, в частности, весьма слабый отклик на рубрику «Экспериментальная динамика», введенную в «НД» с целью сближения теории и эксперимента, для поощрения публикаций по экспериментальному изучению динамических явлений). Поэтому, по мнению редколлегии, перевод таких материалов в настоящее время является целесообразным.

В выпусках «НД: Мобильные роботы» сохраняются традиционные рубрики, представляющие информацию о новых книгах издательства «РХД» по естественным и точным наукам. В настоящем выпуске, в частности, приводятся анонсы намеченных к изданию книг серии «Динамические системы и робототехника».

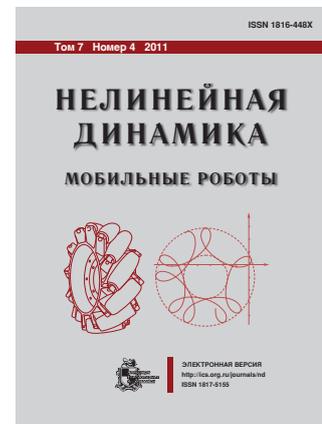
Как успешен окажется описанный проект, будет видно со временем: насколько важна цель, для которой он предпринимается, настолько же непроста она в достижении. Определяющим здесь является активное, заинтересованное участие наших ученых в качестве авторов, рецензентов, составителей. Редакция с готовностью рассмотрит любые предложения.

*А. В. Борисов, Л. А. Газизуллина  
(от имени редколлегии и редакции),  
В. Е. Павловский  
(редактор текущего выпуска)*

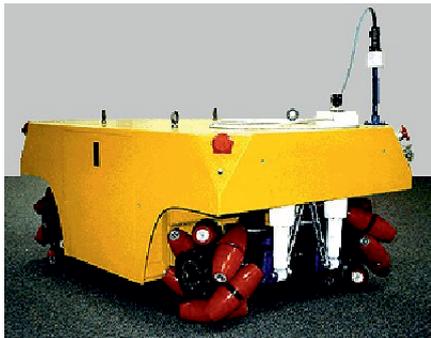
### К текущему выпуску

В начале данного выпуска приводятся статьи, посвященные динамике роботизированных устройств с так называемыми омни-колесами, или колесами всенаправленного движения (в русскоязычной литературе их часто называют роликонесущими). Две отечественные работы по этой проблематике, рассматривающие задачу в неголономной постановке, редакция решила предварить переводом обширной статьи Кампиона и др., отличающейся систематическим описанием кинематических и динамических моделей различных колесных роботов, в том числе омнимобильных, вопросов их управляемости, стабилизируемости и т. д.

Одной из разновидностей омниколеса, получившей довольно широкое распространение в коммерческих разработках мобильных роботов, является меканум-колесо — колесо специальной конструкции, способное перемещаться в любом направлении по поверхности (плоскости). В зарубежной литературе его часто называют шведским колесом, или колесом Айлона в честь шведского изобретателя Бенгта Эрланда Айлона, которому принадлежат идея (1973 г.) и патент США на эту конструкцию. Главной особенностью меканум-колеса является использование специальных роликов, установленных на ободе под углом (обычно 45 градусов) к оси и плоскости колеса. В результате меканум-колесо демонстрирует ряд специфических свойств сложной механической природы, среди которых особый интерес представляет движение под углом к плоскости колеса.



Типичная конфигурация аппарата на механум-колесах — четырехколесный аппарат, хотя есть и другие решения. Использование механум-колес приводит к тому, что каждое колесо развивает тянущую силу, направленную приблизительно вдоль оси ролика, находящегося в контакте с опорой. При этом, изменяя скорость и направление вращения каждого колеса, можно обеспечить движение корпуса аппарата обычным для четырехколесных шасси образом, реализовать поступательное движение корпуса или произвольное его вращение и повороты. Можно создать, например, поперечное движение аппарата, комбинации движений колес позволяют строить движение в любом направлении с любым вращением. Разработано уже значительное число механум-роботов и аппаратов. Ниже приведены иллюстрации нескольких коммерческих разработок.



Аппарат ВМС США (сконструированный по патенту Айлона) для транспортировок в узких пространствах, например, на служебных палубах кораблей. Подобные погрузчики используются также при загрузке самолетов.



Транспортное шасси фирмы КУКА (Германия), 2011 г.



Вилочный погрузчик на механум-колесах (разработка фирмы Airtrax, ныне производится компанией Vetex, США).



Футуристический дизайн машины будущего, автор концепта — дизайнер из Германии С. Тодденрот. Концепция получила название Volkswagen Rescue Rover, Аппарат имеет функции всенаправленного движения, при этом способен плыть, предназначен в качестве спасательного средства.

В выпусках «НД: Мобильные роботы» будут рассматриваться свойства движения таких систем, методы управления ими, аналогичные исследования сложных динамических систем, каковыми являются мобильные роботы.

*В. Е. Павловский*