

Улучшение роторно-винтового движителя мобильного робота путем использования технологий эластичной механики

В.Н. Наумов¹, К.Е. Бяков¹

¹ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва 105005, Россия

Рассмотрены основные преимущества и недостатки роторно-винтового движителя. Предложены способы улучшения традиционной конструкции шнека путем использования технологий эластичной механики. Сделан вывод о возможности создания роторно-винтового движителя изменяемой геометрии.

E-mail: naumov-m9@yandex.ru, moiaberloga@yandex.ru

Ключевые слова: *грунт, мобильный робототехнический комплекс, лопасть, движитель, роторно-винтовой движитель, шнековый движитель, эластичная механика, болотистый грунт, глинистый грунт, илистый грунт.*

В настоящее время во многих странах активно ведутся работы по созданию новых мобильных робототехнических комплексов. Одними из важнейших в данной области являются исследования, посвященные вопросам улучшения проходимости подобных систем, т. е. их способности безостановочно и достаточно эффективно передвигаться по различным типам грунтов.

Проведя анализ конструкций существующих мобильных комплексов, можно заметить, что большинство из них предназначено для работы в условиях города и на относительно прочных основаниях. Однако при этом незанятым остается место универсального амфибийного движителя, способного обеспечивать хорошую проходимость робота в таких трудных грунтовых условиях, как глубокий снег, песок, переувлажненные болотистые и илистые участки местности.

Чаще всего в ходовых системах мобильных комплексов используют колесный и гусеничный движители. Очевидно, что этому способствует относительная простота их конструкции, а также богатый опыт создания соответствующих многоцелевых машин. При этом возникает вопрос, почему при разработке мобильных роботов инженеры практически не вспоминают о роторно-винтовых вездеходах, обладающих хорошей проходимостью на перечисленных выше сложных типах грунтов. Возможно, редкое использование в мобильной робототехнике движителя данного типа связано с исторически сложившимся скептическим отношением к шнекоходам, обусловленным некоторыми особенностями их применения.

В связи с наличием огромных заснеженных территорий и обширных болотистых участков в нашей стране регулярно обращались к теме роторно-винтовых движителей. Прежде всего речь, конечно же, идет о машинах Завода имени И.А. Лихачева и Нижегородского государственного технического университета (Горьковского политехнического института). Можно также вспомнить широко известный ЗИЛ-29061, входящий в поисково спасательный комплекс “Синяя птица”; тяжелый ЗИЛ-4904 (рис. 1); разнообразные многоцелевые шнекоходы серии ГПИ (ГПИ-06, ГПИ-66, ГПИ-72 и др.) (рис. 2). Исследования и разработки проводились и за рубежом — в США, Польше, Японии, Нидерландах. Причем многочисленные испытания показали лучшую проходимость машин с подобным типом движителя на сложных илистых, болотистых и снежных грунтах [1]. Однако при всех их преимуществах большинство машин не только не было запущено в серию, но и вообще не нашло применения. Так, на сегодняшний день почти единственным серийно производимым в мире шнекоходом является MudMaster австралийской компании Residue Solutions [2].



Рис. 1. Транспортировка шнекохода ЗИЛ-4904

Пожалуй, основным недостатком, снижающим популярность роторно-винтовых машин, являются очевидные затруднения, возникающие при работе шнекоходов на твердых основаниях. Обладая отличной проходимостью на переувлажненных грунтах, роторно-винтовые машины практически не пригодны для движения по дорогам и нуждаются в транспортировке с помощью специальных тягачей или грузовиков. Если же подобная машина все-таки вынуждена преодолевать участок с твердым покрытием, то это приводит к проскальзыванию лопастей при движении, росту энергозатрат, тряске, уводу и быстрому разрушению шнеков. В свою очередь, роторно-винтовые движители, выполненные с применением прочных материалов, сильно портят полотно дороги. Несомненно, это значительно ограничивает и затрудняет использование шнекоходов.



Рис. 2. Шнекоход ГПИ-72

Однако когда речь идет о мобильном роботе, необходимость в транспортировке не является столь крупным недостатком. Большинство современных роботизированных систем, так или иначе, доставляют к месту проведения работ, а если масса робота небольшая, то его переноска может осуществляться самим оператором.

Но, к сожалению, данный факт не избавляет роторно-винтовой движитель от недостатков. Почти за полтора века использования (а если вспомнить еще и роторно-винтовой пароход Дж. Стивенса, построенный в 1804 г., то за два века) шнек практически не подвергался серьезным изменениям, оставаясь неудобным и неуниверсальным движителем. Невозможность изменения параметров геометрии шнека при движении заставляет инженеров делать выбор между скоростными и тяговыми характеристиками еще на фазе проектирования, заведомо снижая тем самым рабочий диапазон машины.

Так каким же образом можно было бы улучшить шнек? Возможно, помочь в этом могла бы эластичная механика — новое направление в технике, созданное на стыке многих наук — механики, сопротивления материалов, биологии, химии. В ее основу положены природные механизмы, и, по аналогии с природой, основным конструктивным элементом подобных машин является заполненная рабочей средой эластичная оболочка, которая под воздействием внешних и/или внутренних сил постоянно и непрерывно ищет свое равновесное состояние. В ходе этого поиска происходит высокоэффективное преобразование энергии рабочей среды, заключенной в оболочку, в движение [3].

В настоящее время в разных областях науки и техники активно разрабатывают технологии эластичной механики. Подобные исследования не обошли стороной и область создания шасси вездеходных машин. Однако стоит заметить, что в основном подобные разработки основаны на использовании торового движителя (рис. 3), сконструированного русским изобретателем Р.З. Кожевниковым в 1972 г. Принцип действия такого движителя основан на наволакивании торовой оболочки при протаскивании сквозь нее приводного ремня [4].



Рис. 3. Экспериментальная тележка НИЦИАМТ ФГУП «НАМИ» на торовых движителях

Но вернемся к роторно-винтовым движителям. Пожалуй, единственной известной на сегодняшний день попыткой совмещения оболочки и шнека является конструкция, запатентованная изобретателем А.В. Бурдиным, которому также принадлежат некоторые оригинальные идеи в области улучшения роторно-винтовых движителей. Одна из них заключается в том, чтобы при помощи элемента с управляемой геометрией — длинной камеры, натянутой между лопастями винта, — путем заполнения камеры жидкостью или воздухом трансформировать шнек в ротор качения и обратно [2, 5].

Автор изобретения предлагает оригинальную конструкцию (рис. 4), но основной упор делает на решение проблемы ограниченного движения шнекоходов по твердым основаниям. По сути, в данном варианте движителя оболочка представляет собой колесо, а сам шнек остается неизменным. Однако, как было указано выше, для мобильных робототехнических комплексов невозможность перемещения по дорогам не является настолько существенным недостатком.

Как же все-таки объединить роторно-винтовой движитель и технологии эластичной механики в одной конструкции? Один из вариантов — использовать оболочку в качестве шнека. Предположим, что движителем мобильного робота являются две продолговатые оболочки, внутри которых на опорных рейках размещены механизмы с закрепленными на них роликами. При наклоне и вращении механизмов ролики бегут по внутренней поверхности оболочки, формируя некоторое подобие лопастей и превращая движитель в эластичный шнек. Причем поскольку лопасть оказывает влияние на движение машины только при взаимодействии с грунтом, достаточно использовать лишь половину оболочки, уменьшая таким образом трение и повышая КПД движителя.



Рис. 4. Теш-драйв Алексея Бурдина [5]

Подобная конструкция позволит уменьшить разрушение грунта лопастями, улучшить плавучесть робота, снизить массу шнека. Главная особенность такого движителя — возможность изменения генерируемой на поверхности оболочки волны (винтовой лопасти), а значит, и самого шнека.

Изменяя угол наклона вращающихся механизмов (например, с помощью обычного червячного редуктора), можно регулировать угол подъема и высоту винтовой лопасти. Кроме того, опуская или поднимая опорную рейку конструкции, можно изменять и другие параметры шнека.

Дальнейшие исследования данного роторно-винтового движителя помогут подобрать наилучшие параметры для движения мобильных роботов на различных типах грунтов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Роторно-винтовые машины. Основы теории движения / И.О. Донато, В.А. Жук, Б.В. Кузнецов и др. — Н. Новгород: ТАЛАН, 2000. — 451 с.
2. Скоренко Т. Ввинчиваясь в грязь // Популярная механика. — 2011. — № 5 (103). — С. 56—59.
3. Шихирин В.Н. Эластичная механика. Основа машин и механизмов будущего // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. — 2011. — № 5. — С. 10—14.
4. Котляренко В.И., Шихирин В.Н., Шальнев О.В. Мягкие транспортные движители // Материалы 2-й международной конференции “Торовые технологии”. — Иркутск: ИрГТУ, 2005. — С. 110—130.
5. <http://www.tesh-lab.com/>

Статья поступила в редакцию 05.10.2012