

По определению 1 это означает, что функция $A_0^{-1}(t)w$ является слабым решением задачи Коши (1). В силу единственности ее слабых решений [2] отсюда делаем вывод о том, что $u = A_0^{-1}(t)w$ в H и тогда $u \in D(A(t))$ при почти всех $t \in J$ и $A(t)u \in H$. Из уравнения в (1) имеем, что $du/dt = f - A(t)u \in H$, так как $f \in H$, и, значит, $u \in C([0, T], H)$ и $u(t) \in D(A(t)) \forall t \in J$. Теорема 2 доказана.

Литература

1. Lions J.-L. Equations différentielles opérationnelles et problèmes aux limites. Berlin: Springer-Verlag, 1961.
2. Ломовцев Ф. Е. Обобщение теорем Лионса на несимметрические гладкие операторные коэффициенты дифференциальных уравнений первого порядка с переменными областями определения // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-мат. навук. 2007. № 2. С. 4–11.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ И ДИНАМИКИ КОЛЕСНО-ШАГАЮЩЕГО МЕХАНИЗМА

А. О. Громько

Работа посвящена компьютерному моделированию в пакетах Visual-Nastran и ADAMS и исследованию показателей проходимости колесно-шагающего движителя, а также возможностей организации наиболее эффективного его передвижения и поворота.

Поиск эффективных принципов перемещения привел к идее создания колесно-шагающего движителя, воплощающего в себе положительные качества весьма распространенного колесного движителя и шагающего, великолепные возможности которого по проходимости очевидны из практики передвижения живых организмов.

В общем случае колесно-шагающий движитель можно представить как обычный шагающий, у которого опоры механизмов шагания выполнены в виде колес. Колеса по своему функциональному назначению исполняют роль не только элемента, воспринимающего нагрузку при взаимодействии с опорной поверхностью, но и движителя. При организации движения колесно-шагающего движителя необходимо учитывать, что в нем можно реализовать несколько режимов движения и для каждого режима имеется возможность изменения некоторых параметров движителя. Так, при реализации колесного режима форма многоугольника опор и его положение относительно центра масс могут выбираться оптимальными в соответствии с условиями передвижения.

Колесно-шагающий режим осуществляется так, что все колеса в определенной последовательности то перемещаются вперед относительно корпуса машины с помощью механизмов шагания (этап переноса), то становятся упором на опорной поверхности (этап отталкивания). Отличительной особенностью колесно-шагающего режима по сравнению с колесным является то, что в любой момент времени лишь часть колес (переносимых) перемещается по опорной поверхности, испытывая сопротивление деформации грунта, а остальные колеса (отталкиваемые) упираются в грунт, реализуя перемещение корпуса машины.

Колесно-шагающий режим потенциально имеет в себе значительно больше возможностей для эффективного передвижения. Перенос колеса может осуществляться следующими способами: с разгрузкой переносимого колеса от веса машины, с частичной разгрузкой и без разгрузки от веса машины. Перенос колеса третьим способом имеет некоторые преимущества перед первым, так как при этом решается часть проблем, присущих шагающему способу. При полной разгрузке переносимого колеса от веса машины реализуется чисто шагающий способ передвижения. Можно создать такие механизмы, в которых удастся реализовать все способы переноса, обеспечивая движение в различных режимах.

Будем считать, что при переносе колеса с полной разгрузкой осуществляется шагающий режим движения, а без разгрузки или с частичной разгрузкой — колесно-шагающий режим. На этапе переноса колесо может перемещаться: 1) как приведенное во вращение и толкаемое механизмом шагания; 2) как пассивное и толкаемое механизмом шагания; 3) как приведенное во вращение с пассивным механизмом шагания. Очевидно, что последний вариант неприемлем. Рассмотрим движитель, переносимое колесо которого находится в первом состоянии. Различают два состояния колеса на этапе отталкивания: невращающееся (блокированное) и приведенное во вращение, и два принципиально разных по методам реализации способа передвижения: непрерывное (определяющее непрерывные походки) и прерывное передвижение корпуса машины (прерывные походки). В случае использования прерывных походок, сначала все колеса в определенной последовательности перемещаются относительно неподвижного корпуса машины вперед на величину шага, а затем осуществляется перемещение корпуса относительно неподвижных колес. Корпус при этом перемещается прерывно на величину шага в каждом цикле перемещения.

Порядок перемещения определяется числом колес, перемещающихся в одной фазе. Если колеса движителя перемещаются так, что проходят одноименные положения через одинаковые интервалы времени, то это

равномерная походка. Если колеса движителя разделены на две группы, перемещающиеся в противофазе, то это фазная походка. Когда все колеса перемещаются в одной фазе, то это однофазная походка. Из всего многообразия последовательностей перемещения колес рассмотрим следующие две. Если их перемещение осуществляется последовательно с заднего колеса (по ходу движения машины), то это прямая последовательность, если начинается с переднего колеса – обратная.

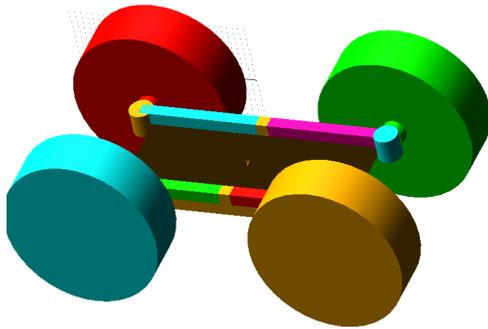
Последовательность перемещения колес определяет режим движения след в след, когда каждое последующее колесо в конце этапа переноса устанавливается в то место на опорной поверхности, с которого оттолкнулось предыдущее колесо. Для равномерных непрерывных походок основные параметры шагания определяются по совмещенной траекторной диаграмме опор механизмов шагания. Ее образуют совмещением проекций траекторий опор каждого механизма шагания на продольную плоскость машины с фиксацией их положений в данный момент времени.

В процессе выполнения работы построены модели и исследована поворотливость (маневренность) колесно-шагающих движителей на подпружиненных жестких колесах в пакетах VisualNastran и ADAMS. Приведем методику построения компьютерных моделей для анализа кинематики всех вариантов перемещения, указанных в *таблице*.

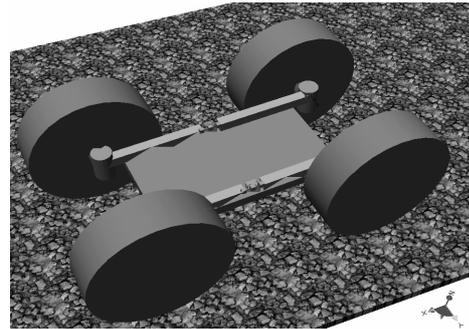
Поскольку модель четырехколесного колесно-шагающего механизма имеет четыре совершенно одинаковых набора тел с кинематическими парами (колесо, рессора, направляющая ...), то их построение производится только один раз и затем они размножены путем копирования. Последовательность создания компьютерных моделей в пакетах Vis-

Таблица

Вид движения	Шаги			
	Смещение направляющих	Переключение тормозов	Смещение направляющих	Переключение тормозов
Движение прямо. 1 способ				
Движение прямо. 2 способ				
Поворот. 1 способ				
Поворот. 2 способ				



- *Рис 1.* Компьютерная модель в пакете ADAMS



- *Рис 2.* Компьютерная модель в пакете VisualNastran

VisualNastran и ADAMS практически не отличаются и включает следующие этапы. Построение начинается с колеса с заданным радиусом и шириной. Для его построения выбирается соответствующий инструментарий (например, *Cylinder* в случае простой цилиндрической формы) или из библиотеки стандартных упругих колес (модуль *Tire*). Для второго и последующих колес указываются их координаты и далее они создаются путем размножения (копирования). Далее моделируются оси и последовательно попарно объединяются с колесами при помощи команд *Unit*.

Следующим этапом является моделирование направляющих и рессор. Создается четыре направляющие и рессоры, для них устанавливаем ориентацию в пространстве и объединяем с соответствующими элементами при помощи связей. Последним элементом модели является основание.

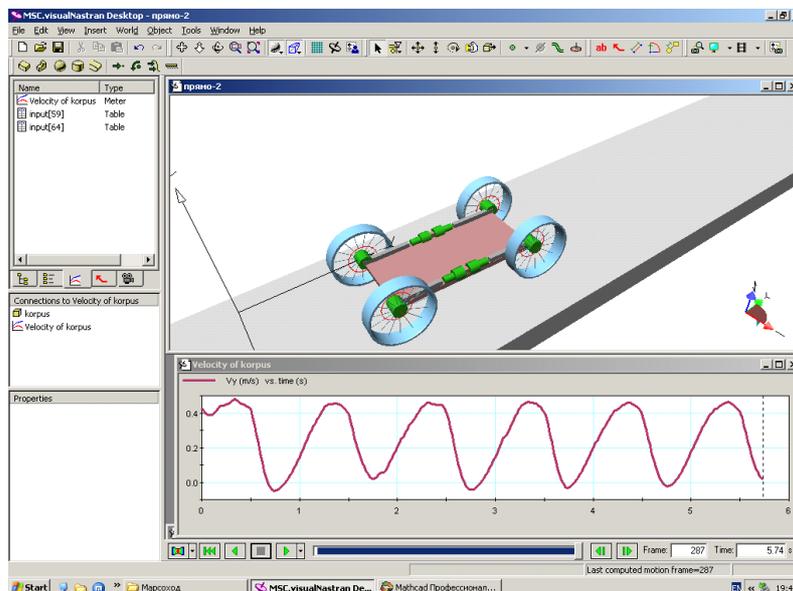


Рис 3. Анализ изменения скорости центра масс в пакете VisualNastran

