

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ И ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОЛЕСНО-ШАГАЮЩЕЙ МАШИНЫ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ В ПАКЕТАХ ADAMS И VISUALNASTRAN

Журавков М.А., Гляков С.А., Громыко А.О., Громыко О.В.

Paper deal with computer simulation of the wheel-stepping machine (WSM) using VisualNastran and ADAMS programs facilities. WSM motion process, trajectories, turnability parametres were calculated for different transference modes and situations.

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 [1, 2].

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 осуществляют-

ся 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 одинаковые 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 поддресоренных жестких колесах в пакетах VisualNastran и ADAMS [3]. Приведем методику построения компьютерных моделей для анализа кинематики всех вариантов перемещения, указанных в таблице.

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				

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 VisualNastran и ADAMS практически не отличается и включает следующие этапы. Построение начинается с колеса с заданным радиусом и шириной. Для его построения выбирается соответствующий инструментальный (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. Полученные компьютерные модели представлены на рис. 1 и 2.

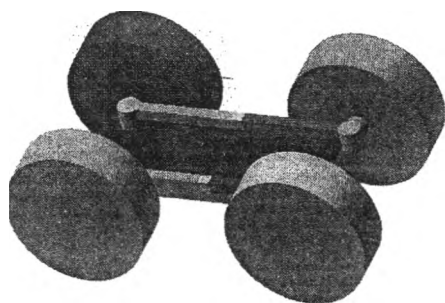


Рис 1. Компьютерная модель в пакете ADAMS

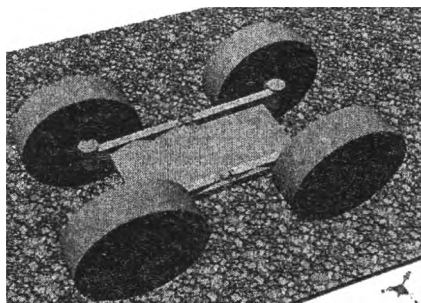


Рис 2. Компьютерная модель в VisualNastran

Для корректного анализа кинематики и динамики механизма в соответствии со схемами перемещения, приведенными в таблице, были заданы массы всех звеньев системы и кинематические пары, соединяющие построенные тела.

В заключение отметим, что сравнительное исследование кинематики колесно-шагающих механизмов проведено в двух пакетах. Полученные результаты совпали, что указывает на их достоверность. На рис. 3 приведен пример расчета скорости центра масс одного из вариантов модели.

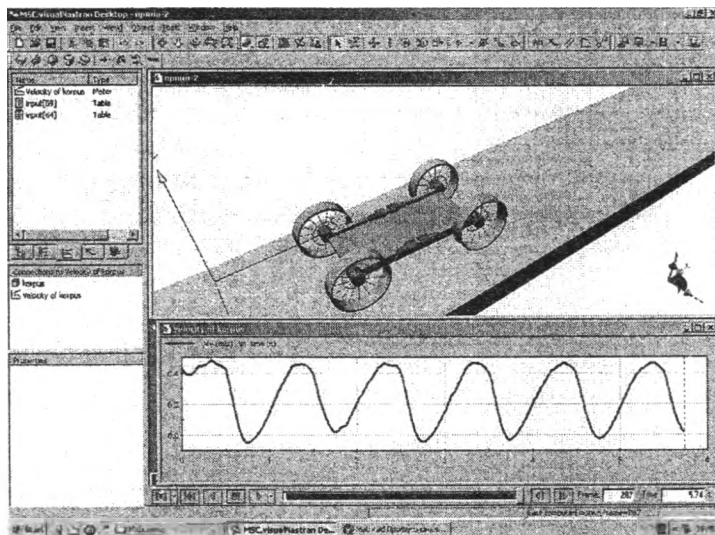


Рис 3. Анализ изменения скорости центра масс в пакете VisualNastran

ЛИТЕРАТУРА

1. Добролюбов, А.И. Скольжение, качение, волна. – М.: Наука, 1991. – 286 с.
2. Dobrolyubov, A.I.: Travelling Deformation Waves : A Tutorial Review. Applied Mechanics Reviews, 5. – New York, 1991. – 103 pp.
3. Гляков, С.А. и др. Компьютерная механика: кинематический и динамический анализ / Под ред. М.А. Журавкова. – Минск: БГУ, 2006. – 375 с.