

возвратно-поступательные или возвратно-вращательные движения элементов конструкции за период входа в контакт с грунтом и выхода из него говорят о наличии паразитных потерь в движителе, уменьшенной эффективности использования фрикционных и сцепных свойств грунта. Коэффициент сопротивления движению подобного движителя неизбежно будет иметь повышенные значения.

Рассматриваемый прием по улучшению использования фрикционных и сцепных свойств грунта использован в конструкциях металлоэластичных эллиптических колес.

Литература. 1. Revolutionary vehicle//Automotive industries, vol.125, 1961, №6. – p.53. 2. Liston R.A. Walking machine studies//The Military Engineer, 1967. – vol.59, №338, p.10. 3. Miatech K. Tacom. Tests concept to improve wheeled vehicle mobility//Army Research and Development Newsmagazine, 1970. – vol.11, №5, p.9. 4. Бескин И.А. Транспорт для бездорожья. М.: «Знание», 1971. – 48с. 5. Агейкин Л.С. Вездеходные колесные и комбинированные движители. М.: «Машиностроение», 1972. – 181с. 6. Новые виды транспорта и движения/Молярчук В.С., Мельник А.Д., Михайлов В.В. М.: «Транспорт», 1975. – 129с. 7. Романов А.И. Ноги для трактора//Изобретатель и рационализатор, 1982. – №3, с.7. 8. Движители. М.: «Знание», 1983. – 63с. 9. Тезисы докладов I-ой Всесоюзной конференции «Механика и управление движением шагающих машин», г. Волгоград, 1-3 июня 1988г., Волгоградский политехнический институт. – 121с.

УДК 629.11.073+(016.3)

А.Т. Скойбеда, И.М. Комяк, Д.А. Грамович, Д.А. Егоров

КОЛЕСНО-ШАГАЮЩИЙ ДВИЖИТЕЛЬ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

В процессе разработки шагающего движителя для перспективных образцов самоходной сельскохозяйственной техники прорабатывались следующие варианты конструктивного исполнения шагающих колес:

- с кривошипно-шатунным механизмом и радиальным возвратно-поступательным движением штоков-ног в ступице;
- с кривошипно-кулисным механизмом и сложным качательным движением ног;
- с жестким шагающим колесом, устанавливаемым на активной подвеске или на кинематически связанном с колесом кривошипе, благодаря чему компенсировались вертикальные колебания оси колеса при шагании;
- с шарнирно закрепленными на ногах башмаками плоской формы, исключаящими прокат по опорной поверхности.

Опыт, накопленный в процессе разработки и исследования модельных образцов перечисленных выше конструкций, позволил предложить, а затем и реализовать схему шагающего движителя, в которой перенос отработавших опорных башмаков осуществлен с помощью сложно-вращательного движения двух взаимно перпендикулярных ног, складывающегося из плоскопараллельного движения каждой ноги на двух кривошипах относительно ступицы и вращения вместе со ступицей. Башмаки, закрепленные на обоих концах каждой ноги, имеют цилиндрическую форму опорной поверхности, благодаря чему они, участвуя во вращении вместе со ступицей, перекатываются по грунту

в процессе контакта с ним. Таким образом, в работе движителя органически сочетается принцип шагания (поочередный перенос башмаков вперед с отрывом их от опорной поверхности грунта) с принципом качения (прокат на каждом башмаке в процессе его контакта с опорой). Именно поэтому, а также вследствие вращательного характера движений переноса башмаков многократно повышена скорость движения (до 30 км/ч), а также снижены виброактивность и инерционные нагрузки движителя. Кроме того, благодаря вращательному движению привода, предложенный движитель может быть установлен взамен обычных колес на серийно выпускаемых машинах без существенных их переделок. Демонтируются только колесные редукторы, функции которых выполняют сами механизмы шагающих колес.

Указанное выше движение ног осуществлено с помощью размещенного в ступице планетарного зубчатого механизма, с сателлитами которого связаны параллельные кривошипные, образующие вместе с установленными на них ногами и ступицей два шарнирных параллелограмма. Эта конструктивная схема была предложена В.К. Ищениным – основателем данного направления исследований в БПИ–БНТУ.

Для данной схемы шагающего колеса была произведена оптимизация геометрических параметров звеньев с целью сведения к минимуму вертикальных колебаний оси колеса при шагании, в результате чего амплитуда этих колебаний не превышает 0.8% от расстояния между осью и опорной поверхностью грунта. Были также найдены устройства, устраняющие колебания линейной скорости оси движителя в процессе шага, такие, например, как кривошипно-кулисная муфта, встраиваемая в привод солнечного колеса, торсион и др.

Зубчатый планетарный механизм, задающий требуемое движение ног, одновременно может выполнять функции обычного бортового редуктора машины (конечной передачи), увеличивая в 4 раза подводимый к нему крутящий момент. В конструкции движителя отсутствуют пары трения, герметичная ступица снабжена внутри масляной ванной и выполняет функции корпуса и водила планетарного механизма, а все опоры движителя имеют подшипники качения, поэтому К.П.Д. привода шагающего колеса практически не отличается от К.П.Д. однорядного планетарного редуктора (97%) и шагающее колесо, подобно обычному, может работать как в ведущем, так и в ведомом режиме; схема движителя статически и динамически уравновешена без использования противовесов.

Были проработаны также различные варианты планетарного механизма как с редукцией вращения приводного вала, так и без нее. В конструкции движителя предусмотрена возможность увеличения длины ног путем раздвижения башмаков, что обеспечивает значительное (до 40%) увеличение шага и расстояния между осью вращения и опорной поверхностью грунта, т. е. «радиуса» колеса. Благодаря этому можно изменять наклон корпуса машины, увеличивать ее клиренс, а также бесступенчато регулировать скорость движения (если изменение длины ног гидрофицировать и управлять им из кабины водителя).

Итак, для начала рассмотрим колею обычного колеса (рис. 1). Под действием нагрузки на колесе почва и само колесо при движении деформируются, образуя колею глубиной h , на что затрачивается часть энергии двигателя. Длина колеи равна длине пути. Даже в случае применения широкопрофильных шин и пневмокотков объем деформированного слоя не изменяется, т.к. при уменьшении глубины увеличивается ширина колеи. После прохождения шагающего колеса сплошной колеи не образуется, на поверхностном слое почвы остаются лишь следы, общая длина которых в несколько раз меньше длины пути агрегата. Это отношение зависит лишь от радиуса шагания и длины опорной поверхности башмака. Однако, при определенных параметрах движения, отдельные следы имеют повышенную глубину из-за того, что в момент шага и пе-

реноса башмаков вся нагрузка передается на опорный башмак. Этого недостатка лишено шагающее колесо, оснащенное резино-тросовой гусеницей. В данном случае колея имеет сложную форму: неглубокий непрерывный след + отдельные следы в момент переноса веса машины на один башмак. В случае применения шагающего гусеничного хода существенно увеличивается проходимость агрегата, оборудованного такими движителями. Однако при этом уменьшается высота преодолеваемых одиночных препятствий (валунов, бревен и др.). Применение такого варианта шагающего движителя возможно на рыхлых и сильно заболоченных почвах, по которым обычное шагающее колесо, оборудованное пневмобашмаками, не имеет возможности передвигаться. В сравнении с обычной гусеничной схемой, шагающее колесо, оснащенное резино-тросовой гусеницей, имеет свои преимущества. Например, исключается повреждение верхнего слоя почвы во время весенней распутицы в условиях северного климата. Известно, что после прохождения по оттаявшей почве гусеничного вездехода, через некоторое время колея превращается в сплошной след-болото, в который стекаются окружающие поверхностные воды. Это происходит из-за того, что гусеница прорезает верхний, податливый слой и опирается на твердую мерзлоту.

При изготовлении колесно-шагающего движителя используется традиционная автотракторная технология, а его стоимость лишь незначительно превышает стоимость заменяемого комплекта «круглое колесо с балластным грузом + редуктор».

Для эффективного проектирования кинематики колесно-шагающего механизма была разработана его трехмерная компьютерная модель. Главными преимуществами компьютерного проектирования являются наглядность и высокая точность соответствия реального механизма его компьютерной модели. Для создания трехмерной компьютерной модели использовалось графическое приложение 3D Studio Max Release 3.1.

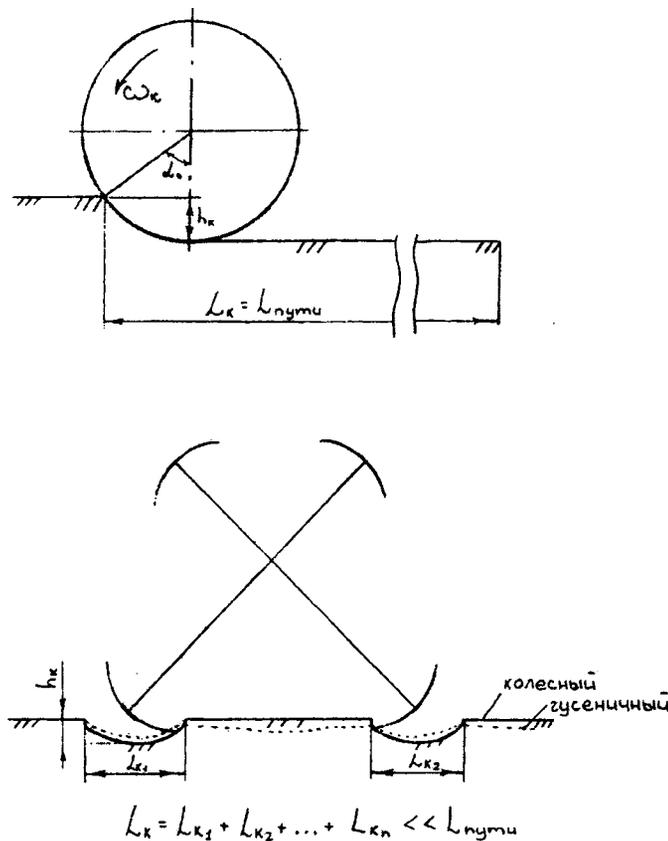


Рис. 1. Схема сравнения колеи обычного (вверху) и колесно-шагающего (внизу) движителя.

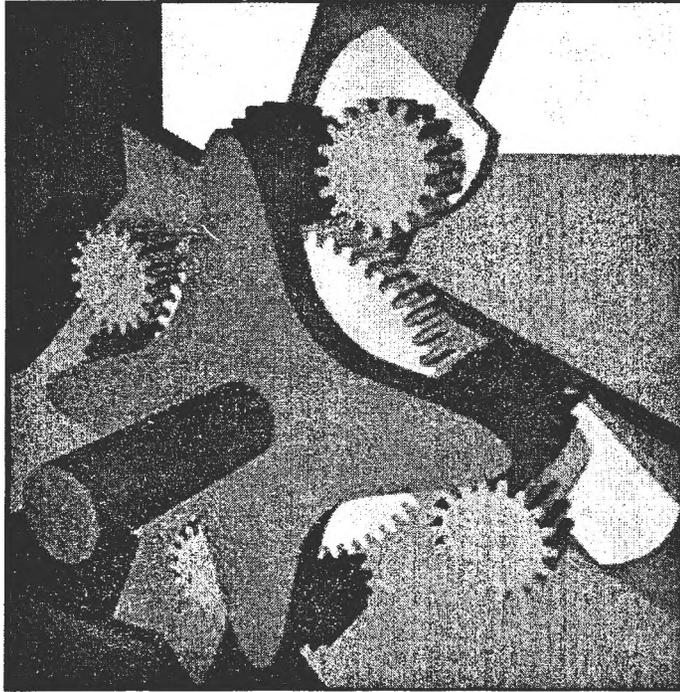


Рис. 2. Трехмерная компьютерная модель колесно-шагающего движителя.

В данной программе все объекты, то есть детали механизма, определяют свое положение по трем координатам в системе координат XYZ и ориентацию – по трем углам относительно осей координат. Роль времени в данном случае играет номер кадра. Зная закон движения деталей механизма, можно задать его компьютеру, получая в итоге полную реализацию кинематики (рис. 2). Разработанная модель позволяет отследить характер следов на грунте, наличие колебаний оси колеса, определить потенциал преодоления препятствий.

Смоделировано множество ситуаций работы колеса. Некоторые из них:

- движение по твердой опорной поверхности;
- движение по опорной поверхности с низкой несущей способностью;
- преодоление ступенчатых преград (лестничных маршей); высота ступеней выбирается произвольно, но возможно задание и строго определенной величины;
- преодоление линейно-расположенных дискретных преград (сооружений и конструкций с периодической структурой);
- преодоление хаотично расположенных дискретных преград (обломков, строительных сооружений, пней, бревен).

В процессе исследований определялись: характер следов движителя (модель позволяет визуально оценить расстояние между следами, их длину и др.); траектории движения крайних точек башмаков; влияние геометрии башмаков на вертикальные колебания оси движителя.

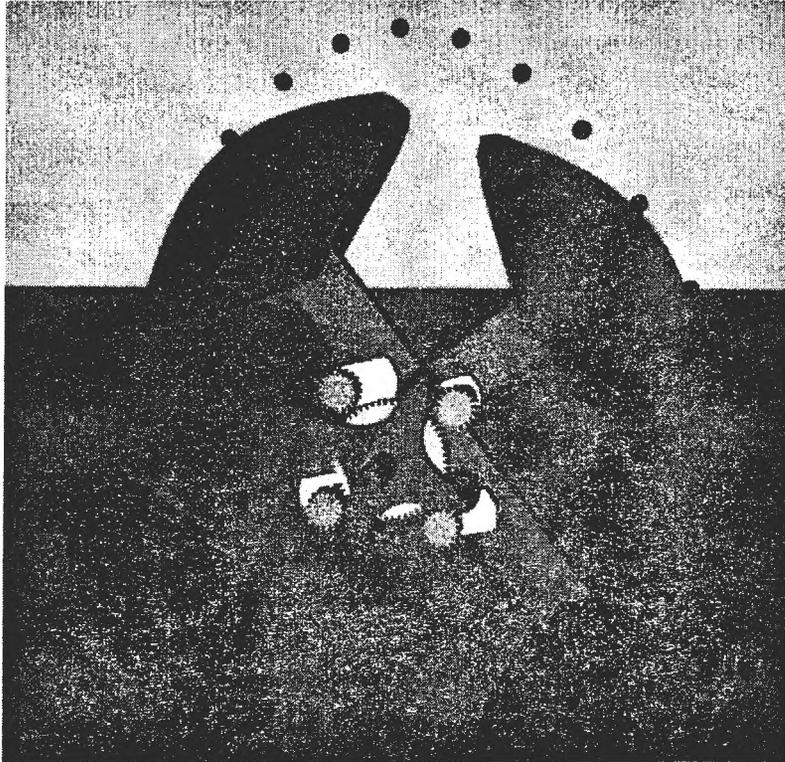


Рис. 3. Получение траектории движения точки с помощью компьютерной модели.

Результаты компьютерного моделирования подтвердили теоретические расчеты в отношении кинематики привода, его энергетических показателей, способности преодолевать препятствия.

Транспортные средства с разработанными двигателями могут использоваться как в сельском хозяйстве, так и на лесоразработках, при обследовании зараженных или труднодоступных территорий, в том числе и морского дна. Кроме того, такие ходовые системы найдут применение при создании транспортных средств для инвалидов и в других случаях.

Литература. 1. Агейкин Л.С. Вездеходные колесные и комбинированные двигатели. М.: «Машиностроение», 1972. – 181с. 2. Кудрявцев В.Н. Планетарные передачи. М.-Л.: «Машиностроение», 1966. – 307с. 3. Беккер М.Г. Введение в теорию систем местность-машина. М.: «Машиностроение», 1973. – 507с. 4. Динамика системы дорога – шина – автомобиль – водитель/Под. ред. А.А. Хачатурова, М.: «Машиностроение», 1976. – 534с. 5. Двигатели. М.: «Знание», 1983. – 63с. 6. Колесно-шагающий двигатель//Приоритет. – 1991. – №1. Осень – 1 [1], с.16-17. 7.Skoibeda A. T. «Space models of wheeled vehicles with non-holonomic constraints. Algorithmization of mathematical models for non-holonomic constrains system and nonlinear mechanics in the biaxial stress states of solid bodies.» Publishers of Bialystok Technical University, Bialystok, 1998. – p. 74 – 87.