

УДК 629.11.01.012.8

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ТРАНСПОРТНО-ТЯГОВЫХ УСТРОЙСТВ

Лапынин Ю.Г., Макаренко А.Н., Мясников А.С.

НОУ СПО «Волгоградский колледж газа и нефти» ОАО «Газпром»,
Волгоград, e-mail: y.lapynin@mail.ru

Предлагается дискретно-волновой способ движения для оптимизации перемещения транспортно-тяговых устройств. Транспортно-тяговое устройство перемещается «по частям», что обуславливает общую низкую скорость его движения и низкую величину затраченной энергии. Важная особенность данного способа перемещения – независимость перемещения от силы сцепления движущегося тела с опорной поверхностью. Предлагаются следующие пути технической реализации управления силой сцепления звеньев с опорной поверхностью. Способ управления силой сцепления звена с опорной поверхностью выбирается в зависимости от величины силы воздействия одного звена на другое и изменения времени фиксации. Для возможности перемещения с большой скоростью по участкам опорной поверхности с малой несущей способностью нами разработаны схемы и изготовлены модели транспортно-тяговых устройств большой грузоподъемности, обладающие повышенной проходимостью и силой тяги с обеспечением заданного крутящего момента на движителях в зависимости от параметров почвы, перемещения груза вдоль транспортного средства на различную величину и изменения степени фиксации движителей относительно опорной поверхности.

Ключевые слова: проходимость, способ движения, транспортно-тяговое устройство, дискретно-волновой способ движения

MOVEMENT OPTIMIZATION OF TRACTION VEHICLES

Lapynin Y.G., Makarenko A.N., Myasnikov A.S.

Non-state educational institution of secondary professional training «Volgograd College of Gas and Oil» of the joint-stock company «GAZPROM», Volgograd, e-mail: y.lapynin@mail.ru

The discrete wave way of motion for optimization of traction vehicles is offered in the paper. A traction vehicle moves «by parts» thus having low speed of movement and low energy consumption. An important feature of this way of movement is its independence from traction with the abutment surface. The ways of technical implementation to control the traction of the units and the abutment surface are offered. The way of traction control of a unit and abutment surface is chosen according to the action force value of one unit on another and the change in the fixing time. To show the ability of tracks with low load bearing capacity to move at high speed along the abutment surface we have developed certain schemes and constructed models of traction transport mechanisms with heavy payload and off-road capability and draft force which provide a preset rotational moment in propulsive units in accordance with the parameters of soil, the distance of load movement along a vehicle and the change in propulsive units fixation against the abutment surface.

Keywords: passability, way of movement, transport and traction device, discrete and wave way of movement

Процесс эволюции живого мира привел к возникновению все новых и новых способов перемещения живых организмов. Остановим своё внимание на передвижении червей, змей и им подобных существ, т.е. таких живых организмов, в основу движения которых положена волновая деформация. Во время периодически возникающих в теле, лежащем на жестком основании, в одном и том же направлении волн деформации происходит его перемещение [1, 2]. Этот способ движения назван дискретно-волновым. Особенность кинематики этого способа передвижения заключается в том, что на одном конце продолговатого тела, лежащего на жестком основании, образуется удлиненный либо укороченный участок, который перемещается к другому концу тела. За время перемещения такого участка по телу оно сдвигается относительно опоры на некоторую величину. При прохождении волны удлинения (модель «дождевой червь») тело перемещается в сторону, противоположную движению волны. Если

наблюдается волна сокращения (модель «садовая гусеница»), то тело перемещается в направлении движения волны [3–5].

Главная особенность этого вида движения – дискретный (шаговый) характер движения участков тела. Здесь тело перемещается «по частям», что обуславливает общую низкую скорость его движения и низкую величину затраченной энергии. Другая, на наш взгляд, очень важная особенность данного способа перемещения – высокая проходимость (то есть независимость перемещения от силы сцепления движущегося тела с опорной поверхностью). Движущимися, а значит и испытывающими сопротивление движению в каждый момент времени, являются лишь деформирующиеся (изменяющие свою длину) участки тела, а остальные находятся в покое и служат опорными элементами для движущихся частей [1–5].

Оптимизация перемещения тягово-транспортных средств при осуществлении направленного движения двух звеньев *A* и *B*

(рис. 1, а, б, в, г) осуществляется в периодически повторяющейся последовательности: изменяется в некоторые моменты направление сил, действующих между звеньями А и В, в эти же моменты времени изменяются соотношения сил сцепления звеньев А и В с опорной поверхностью. Например, если силы сцепления F_A звена А больше силы F_B сцепления звена В ($F_A > F_B$), а поршень гидроцилиндра обеспечивает удаление этих звеньев друг от друга (рис. 1, а), то звено В будет скользить по опорной поверхности

вправо от неподвижного звена А. Если далее изменить на противоположное направление движение поршня и соотношение между силами сцепления упомянутых звеньев с опорой ($F_A < F_B$), то звено В станет неподвижным, звено А – подвижным и начнет перемещаться вправо. Циклически повторяя описанную процедуру, мы обеспечим дискретное перемещение обоих звеньев по опорной поверхности, когда подвижное звено в каждый момент времени движется, опираясь на неподвижное.

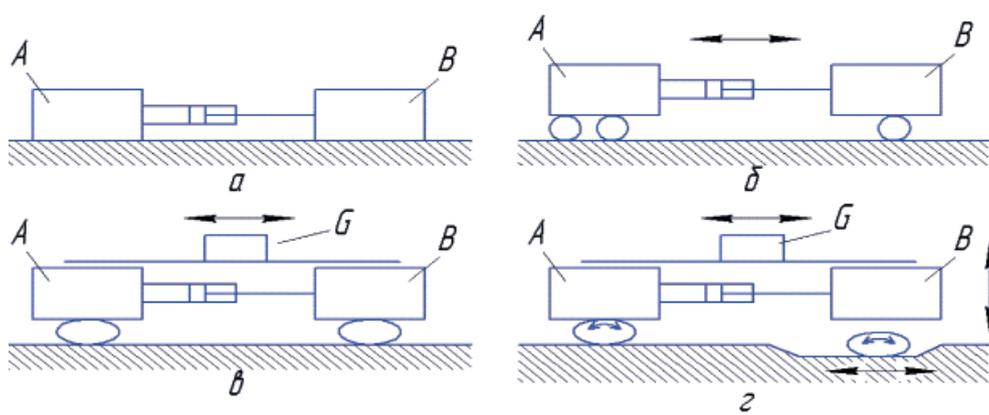


Рис. 1. Схемы оптимизации перемещения транспортно-тяговых устройств: а – схема дискретного перемещения скольжением; б – схема дискретного перемещения качением; в – схема дискретного движения с перемещением центра масс; г – схема дискретного движения с перемещением центра масс и максимально возможной скоростью по поверхности с изменяющимися параметрами

Для увеличения сцепления движителей с опорной поверхностью можно обратить внимание на особенности строения живых организмов, использующих подобный способ передвижения. Именно этой цели служит чешуя на брюшной опорной поверхности многих видов сухопутных змей [2]. Подобная процедура управления силой сцепления тел с опорной поверхностью может быть осуществлена применением пилообразных выступов (чешуи) на нижних опорных поверхностях звеньев – грунтозацепов.

Нами предлагаются следующие пути технической реализации управления силой сцепления звеньев с опорной поверхностью:

- фиксация движителя относительно соответствующего звена (рис. 2, а);
- фиксация движителя относительно опорной поверхности за счет увеличения силы трения (рис. 2, б);
- использование возможности односторонней фиксации движителей звеньев (рис. 2, в).

Способ управления силой сцепления звена с опорной поверхностью выбирается в зависимости от величины силы воздействия одного звена на другое и изменения времени фиксации. Также возможна ком-

бинация вышеуказанных способов управления силой сцепления звеньев с опорной поверхностью.

Для повышения грузоподъемности нами разработана схема (рис. 1, в), в которой груз G можно перемещать на тело (или в сторону тела) А (или В), относительно которой в данный момент происходит поступательное перемещение другого тела В (или А).

При этом перемещение груза осуществляется по заранее подготовленным элементам. Сила трения перемещению груза относительно транспортного средства минимальна. Сила, препятствующая перекатыванию движителей по опорной поверхности в случае разгрузки подвижных частей (перемещением груза на заторможенную часть), – минимальна. Сила сцепления с опорной поверхностью неподвижного тела – максимальна.

Дополнительно нами разработана схема оптимизации перемещения тягово-транспортных устройств (рис. 1, г), в которой возможно перемещение с максимальной скоростью по опорной поверхности с изменяющимися параметрами в широком диапазоне. В данном варианте груз G можно перемещать на тело (или в сторо-

ну тела) A (или B), относительно которой в данный момент происходит поступательное перемещение другого тела B (или A) на различную величину в зависимости от параметров грунта и максимального момента на движителях подвижного звена, при котором не происходит разрушение грунта (опорной поверхности). В данной схеме дополнительно возможно перемещение движителей относительно звена в зависимости от параметров опорной поверхности.

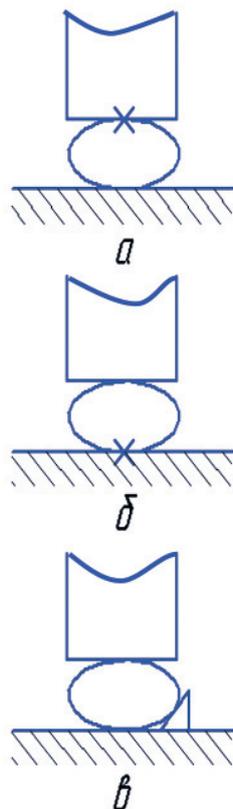


Рис. 2. Способы управления силой сцепления звена с опорной поверхностью:
 а – фиксация движителя относительно соответствующего звена;
 б – фиксация движителя относительно опорной поверхности за счет увеличения силы трения; в – односторонняя фиксация движителей звеньев

При этом перемещение груза осуществляется по заранее подготовленным элементам. Сила сопротивления перемещению груза относительно тягово-транспортного устройства минимальна. Сила, препятствующая перекачиванию движителей по опорной поверхности в случае разгрузки подвижных частей (перемещением груза на заторможенную часть), – минимальна. Сила сцепления с опорной поверхностью неподвижного тела – максимальна.

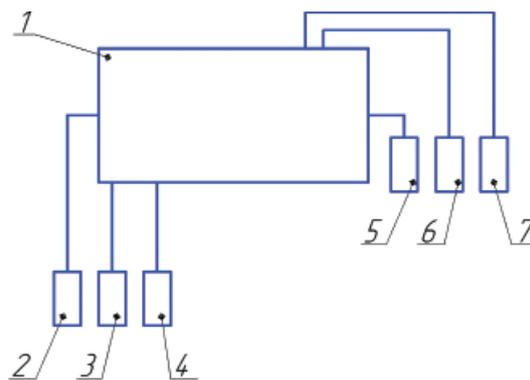


Рис. 3. Схема работы исполнительных механизмов:

1 – блок управления; 2 – датчики параметров опорной поверхности в горизонтальной плоскости; 3 – датчики параметров опорной поверхности в вертикальной плоскости; 4 – датчики параметров свойств опорной поверхности; 5 – исполнительные механизмы перемещения движителей в горизонтальной и вертикальной плоскостях; 6 – исполнительные механизмы перемещения движителя совместно с подвижным звеном; 7 – исполнительные механизмы обеспечения заданного крутящего момента на движителях

Перемещение транспортного средства по предлагаемому способу осуществляется в соответствии со следующей схемой работы исполнительных механизмов. Сигналы с комплексов датчиков (рис. 3): 2 – параметров опорной поверхности в горизонтальной плоскости; 3 – параметров опорной поверхности в вертикальной плоскости; 4 – параметров свойств опорной поверхности (датчики могут быть различного типа, в том числе их функции могут выполнять органы чувств человека) передаются на блок управления 1, который подает сигналы на исполнительные механизмы (приводы): 5 – перемещения движителей в горизонтальной и вертикальной плоскостях; 6 – перемещения движителя совместно с подвижным звеном; 7 – обеспечения заданного крутящего момента на движителях.

Преодоление препятствий различного типа представлено на рис. 4 (опорная поверхность идеальная). Если размер движителя a в направлении движения транспортного средства (рис. 4, а) значительно превосходит размер препятствия A ($a > A$), перемещение осуществляется обычным способом. В том случае, если размер A препятствия больше величины a движителя ($a < A$), возможно осуществление нескольких способов преодоления препятствия (рис. 4, б). В случае ширины движителя b больше величины B препятствия в попереч-

ном направлении, движитель опускается на величину h , если глубина препятствия H меньше величины технически возможного опускания движителя h_1 ($H < h_1$), или движитель перемещается в горизонтальном направлении, пока не будет выполнено сле-

дующее неравенство $H < h_1$. Если ширина движителя b меньше величины B препятствия ($b < B$), движитель перемещается на величину d в поперечном направлении (рис. 4, в), пока не будет выполнено следующее неравенство $H < h_1$.

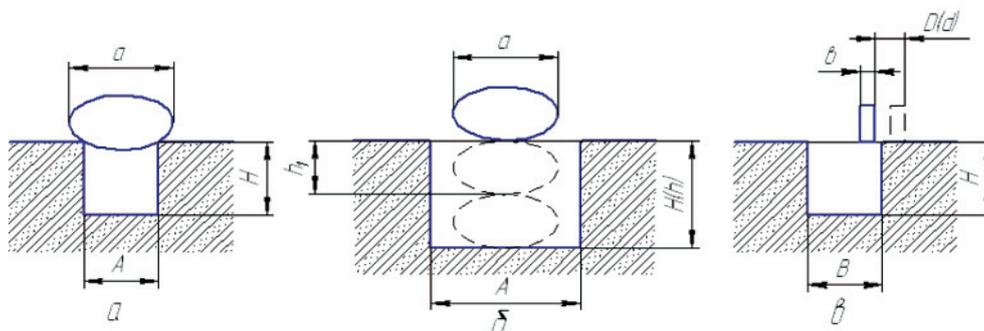


Рис. 4. Схема преодоления движителем препятствий:
 а – перемещение обычным способом; б – перемещение движителя в вертикальном направлении;
 в – перемещение движителя в горизонтальном направлении

Рассмотрим более общий способ преодоления препятствия, когда опорная поверхность не идеальна. Схема возможных перемещений движителя 1 в этом случае представлена на рис. 5. Препятствие состоит из углубления 2, заполненного жидкостью 3. Причем грунт имеет различные параметры, а зона 4 имеет плотность, недостаточную для установки движителя

и (или) передачи крутящего момента. Если технически возможная величина h_1 меньше величины H , движитель перемещается в горизонтальной, вертикальной плоскостях и (или) с подвижным звеном.

В случае $H < h_1$ движитель устанавливается неподвижно или перемещается с передачей на него (движитель) крутящего момента.

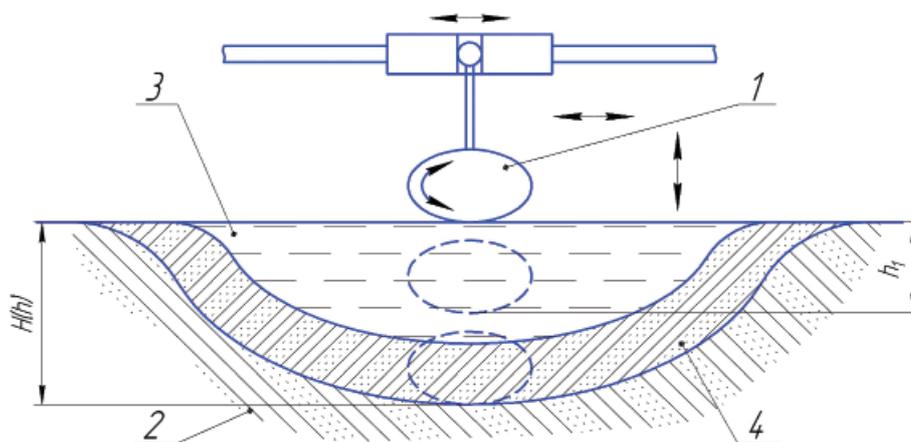


Рис. 5. Схема возможных перемещений движителя:
 1 – движитель; 2 – углубление; 3 – жидкость; 4 – зона с малой плотностью

Для возможности перемещения с большой скоростью по комбинированным участкам опорной поверхности, включая участки с малой несущей способностью (болото, песок, лед и т.д.), нами разработаны схемы с обеспечением заданного крутящего момента на движителях в зависимости от параметров почвы, перемещения груза вдоль транс-

портного средства на различную величину и изменения степени фиксации движителей относительно опорной поверхности [6]. На базе приведенных схем колесно-шаговых устройств нами разработаны и изготовлены модели транспортно-тяговых устройств большой грузоподъемности, обладающих повышенной проходимостью и силой тяги [6–11].

Список литературы

1. Добролюбов А.И. Колесно-шагающие транспортно-тяговые устройства // Изв. АН БССР. Сер. Физико-технические науки. – 1983. – № 3. – С. 98–102.
2. Добролюбов А.И. Колесно-шагающие транспортно-тяговые устройства // Подъемно-транспортная техника и склады. – 1989. – № 1. – С. 53–54.
3. Добролюбов А.И. О механизме движения живых существ, основанного на взаимодействии деформируемого тела с опорной поверхностью // Изв. АН СССР. Сер. Техническая кибернетика. – 1984. – № 5. – С. 209–216.
4. Добролюбов А.И. О механике движения сухопутной змеи. // Изв. АН БССР, Сер. Физико-технические науки. – 1983. – № 2. – Т. 2. – С. 330–335.
5. Лапынин Ю.Г., Макаренко А.Н., Резников Д.В. Волновой способ движения транспортно-тяговых устройств // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 8. – С. 87.
6. Лапынин Ю.Г., Фомин С.Д., Карева Н.В. Экологические проблемы воздействия ходовых систем колесных машин на почву // Инженер, технолог, рабочий. – 2004. – № 12. – С. 20–23.
7. Устройство перемещения транспортного средства: патент России № 2189330 / Лапынин Ю.Г., Фомин С.Д., Петров Н.Ю., Бормотов А.Л. – 2000.
8. Способ перемещения транспортного средства и устройство его реализующее: Патент России № 2375234 / Лапынин Ю.Г., Хавронина В.Н., Макаренко А.Н. – 2009.
9. Планетоходы / под. ред. А.Л. Кемурджиана. – М.: Машиностроение, 1982. – 320 с.
10. Машина для обработки почвы: патент России № 2138146 / Строков В.Л., Карева Н.В., Лапынин Ю.Г. – 1996.
11. Колесный узел мобильной машины: Патент СССР № 1643209 / Строков В.Л., Юдин С.Ю., Лапынин Ю.Г., Фомин С.Д., Строков П.В. – 1989.

References

1. Dobrolyubov A.I. Kolesno-shagajushhie transportno-tjagovye ustrojstva [Wheel walking transport and traction devices]//Izv. BSSR AN. It is gray. physicotchnical sciences. 1983. no. 3. pp. 98–102.
2. Dobrolyubov A.I. Kolesno-shagajushhie transportno-tjagovye ustrojstva [Wheel walking transport and traction devices]//Hoisting-and-transport equipment and warehouses]. 1989. no. 1. pp. 53–54.

3. Dobrolyubov A.I. O mehanizme dvizhenija zhivykh su-shhestv, osnovannogo na vzaimodejstvii deformiruемого тела s opornoj poverhnost'ju [About the mechanism of movement of living beings based on the interaction of a deformable bode with the abutment surface]//Izv. Academy of Sciences of the USSR. Series «Technical cybernetics». 1984. no. 5. pp. 209–216.

4. Dobrolyubov A.I. O mehanike dvizhenija suhoputnoj zmei [About the mechanics of movement of a terrestrial snake]// Изв. BSSR AN, Is gray. physicotchnical sciences. 1983. no. 2. T. 2. pp. 330–335.

5. Lapynin Yu.G., Makarenko A.N., Reznikov D. V. Vol-novoj sposob dvizhenija transportno-tjagovykh ustrojstv [Wave way of movement of transport and traction devices]//Successes of modern natural sciences. 2007. no. 8. pp. 87.

6. Lapynin Yu.G., Fomin S.D., Karev N.V. Jekologicheskie problemy vozdejstvija hodovykh sistem kolesnykh mashin na pochvu [Environmental problems of impact of wheel vehicles undercarriage on the soil]//the Engineer, the technologist, the worker. 2004. no. 12. pp. 20–23.

7. Lapynin Y.G., Fomin S.D., Petrov N.Y., Bormotov A.L. Ustrojstvo peremeshhenija transportnogo sredstva [Device of moving of a vehicle] – Patent of Russia no. 2189330.2000.

8. Lapynin Yu.G., Havronina V.N., Makarenko A.N. Sposob peremeshhenija transportnogo sredstva i ustrojstvo ego realizujushhee [A way of moving of a vehicle and its device realizing] – the Patent of Russia no. 2375234.2009.

9. Planetohody [Planet research vehicles] / [under. edition. Kemurdzhiana]. M: Mechanical engineering, 1982. 320 p.

10. Stokov V.L., Karev N.V., Lapynin Y.G. Mashina dlja obrabotki pochvy [The car for soil processing] – the Patent of Russia no. 2138146.1996.

11. Stokov V.L., Yudin S.Yu., Lapynin Yu.G., Fomin S.D., Stokov P.V. Kolesnyj uzel mobil'noj mashiny [Wheel assembly of a mobile car] – Patent USSR no. 1643209.1989.

Рецензенты:

Новиков В.В, д.т.н., профессор, заместитель директора по учебной работе, НОУ СПО «Волгоградский колледж газа и нефти» ОАО «Газпром», г. Волгоград;

Рябов И.М., д.т.н., профессор кафедры «Автомобильные перевозки», ФГОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград.

Работа поступила в редакцию 18.02.2013.