

отливов. Как раз предсказуемость работы ПЭС делает их одним из самых перспективных источников альтернативной энергии.

Литература

1. Приливная электростанция. Виды и устройство. Работа и особенности [Информационный ресурс] / Режим доступа: <https://10i5.ru/raznoe/prilivnye-stancii.html>, Дата доступа: 24.02.2021
2. Приливные электростанции [Информационный ресурс] / Режим доступа: <https://ppt-online.org/800366>, Дата доступа: 24.02.2021

Колесно-шагающий движитель тягово-транспортных средств

Студенты гр. 115011-18 Позняк С.И., Шафранский В.С.

Научные руководители – д.т.н., профессор Скойбеда А.Т.,
ст. преподаватель Комяк И.М.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Опыт, накопленный в БПИ – БНТУ в процессе разработки и исследования шагающего движителя для перспективной самоходной сельскохозяйственной техники, 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 кривошипных 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 кривошипы, образующие вместе с установленными на них ногами и ступицей два шарнирных параллелограмма.

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 поступательные пары трения, герметичная ступица снабжена внутри масляной ванной и выполняет функции корпуса и водила планетарного механизма, а все опоры движителя имеют подшипники качения, поэтому КПД привода шагающего колеса практически не отличается от КПД 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 длинны 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 пневмокатков 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 значительно меньше длины пути агрегата. Однако, при определенных параметрах движения, отдельные следы имеют повышенную глубину из-за того, что в момент шага и переноса 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 резиNOTросовой 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 незначительно превышает стоимость заменяемого комплекта «круглое колесо с балластным грузом + редуктор».

Для эффективного проектирования кинематики колесно-шагающего механизма была разработана его трехмерная компьютерная модель, где смоделированы следующие ситуации работы колеса: 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 и др.

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

Транспортные средства с разработанными движителями 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 движители. М.: «Машиностроение», 1972. – 181 с.
2. Кудрявцев В.Н. Планетарные передачи. М.-Л.: «Машиностроение», 1966. - 307с.
3. Беккер М.Г. Введение в теорию систем местность-машина. М.: «Машиностроение», 1973. – 507 с.
4. Движители. М.: «Знание», 1983. – 63 с.
5. Котович С.В. Движители специальных транспортных средств: учеб. пособие. Часть I / С.В. Котович. - М.: МАДИ (ГТУ), 2008. – 161 с.
6. Колёсно-шагающий движитель и его динамические преимущества по сравнению с колесом / А.Т. Скобейда, И.М. Комяк, В.Н. Жуковец / Механика – 2011: сб. науч. тр. V Белорус. конгресса по теорет. и прикладной механике, Минск, 26-28 окт. 2011 г.: в 2 т./ Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: М.С.Высоцкий [и др.] – Минск, 2011. – Т.1.- с.183-144.

7. Обоснование параметров колёсно-шагающего движителя для лесохозяйственных тракторов / А.Т. Скобейда [и др.] / Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: С.Н. Поддубко [и др.] – Минск-2016. – Вып. 5. – с.153-156.
8. Перспективные ходовые системы мобильных машин / А.Т. Скобейда [и др.] / Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: С.Н. Поддубко [и др.] - Минск, 2019. - Вып. 8. - с.100-103.

Основные направления повышения эффективности движителей тягово-транспортных средств

Студенты гр. 115011-18 Дагиль Р.С., Качура Н.И.

Научный руководитель – ст. преподаватель Комяк И.М.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Главными показателями работы любого движителя являются: его энергетическая характеристика (КПД) в наиболее характерных условиях работы и максимальная продольная сила при движении в экстремально плохих условиях. Очевидно, что совершенствование движителей должно вестись прежде всего, в направлении улучшения именно этих показателей.

Таких направлений несколько и целесообразность их обусловлена закономерностями взаимодействия движителя с грунтом. К ним можно отнести: увеличение площади поверхности, по которой в зоне контакта движителя с грунтом может происходить сдвиг грунта; увеличение суммарной нормальной нагрузки на поверхность, по которой может происходить сдвиг грунта в зоне контакта движителя с грунтом; увеличение коэффициента использования фрикционных сил и сил сцепления в зоне пятна контакта. Рассмотрим каждое из этих направлений.

Увеличение площади поверхности, по которой может происходить сдвиг грунта в зоне пятна контакта, в первую очередь, обуславливается соответствующим увеличением площади пятна контакта. Достигается это различными путями: увеличением геометрических размеров движителя, деформацией опорной части движителя, применением уширителей и т.д. Наибольшую эффективность этот прием может дать на связных грунтах, в меньшей степени – на фрикционных. В транспортной технике этот прием