

<https://doi.org/10.15407/knit2019.05.011>

УДК 629.7.07/.08

А. И. Дорожко¹, П. Г. Дегтяренко², А. Л. Макаров¹, В. О. Сидорук¹, О. М. Венцковский¹

¹ Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное» им. М. К. Янгеля», Днепро, Украина

² Государственное космическое агентство Украины, Киев, Украина

СВЕРХМАНЕВРЕННОЕ ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО

В настоящее время одной из мировых тенденций развития транспортных средств является создание сверхманевренного транспортного средства. В ходе работ, проводимых в этом направлении, специалистами Государственного предприятия «Конструкторское бюро «Южное» им. М. К. Янгеля» разработано, изготовлено, испытано и запатентовано колесо новой конструкции, обладающее повышенной грузоподъемностью и двумя степенями свободы движения качением. На базе колеса новой конструкции разработано, испытано и запатентовано сверхманевренное транспортное средство с тремя степенями свободы движения качением. Управление движением производится электронной системой управления с помощью мотор-колес, которые стационарно ориентированы относительно транспортного средства. Отсутствие механического рулевого управления существенно упростило конструкцию ходовой части. Удельная грузоподъемность транспортного средства 1/10. Наличие пассивных колес позволяет создать требуемую грузоподъемность. Полученные технические характеристики позволяют создать многофункциональное, сверхманевренное транспортное средство, которое может найти широкое применение в различных отраслях промышленности.

Ключевые слова: сверхманевренность, мотор-колесо, ходовая часть, грузоподъемность.

Современные темпы технического развития предъявляют новые требования к конструкторским разработкам и к технологии проведения работ. Одно из них — необходимость выполнения работ в местах с ограниченным рабочим пространством. В связи с этим инженерная мысль передовых стран мира длительное время была направлена на разработку транспортного средства, которое могло бы перемещаться с грузом по твердой поверхности в любом направлении, как доска по воде (т. е. по трем степеням свободы).

Первые попытки решения указанной проблемы были предприняты в 1970-х гг. в Швеции.

Инженер Бент Илон из города Шеллефтео взял стальное колесо и вместо пневмошины расположил вдоль обода 8 резиновых бочкообразных роликов, закрепив их оси под углом 45° к плоскости колеса. Такие колеса, имея разную скорость вращения, создают разницу величин трения скольжения роликов на опорной поверхности, что создает условия для перемещения транспортного средства в любую сторону.

Американский Военно-морской флот приобрел патент на колесо Бента Илона. Специалисты ВМФ попытались применить данное техническое решение в стесненных условиях авианосца, но из-за наличия трения скольжения отказались от его применения и передали его американской компании «Эйртрак» (см. рис. 1).

© А. И. ДОРОЖКО, П. Г. ДЕГТЯРЕНКО,
А. Л. МАКАРОВ, В. О. СИДУРУК, О. М. ВЕНЦОВСКИЙ, 2019



Рис. 1. Неоколесо компании «Эйртракс»



Рис. 2. Колесо компании «Сегуэй»



Рис. 3. Колесо компании «Хонда»

Впоследствии такое колесо стало известно как неоколесо «Эйртракс». Компания «Эйртракс» разработала различные варианты использования колеса, но в связи с тем, что такие мотор-ко-

леса были очень энергоемки, и их можно было использовать только на идеально ровной и гладкой поверхности, спроса на продукцию с такими колесами не было.

Другая американская компания «Сегуэй» слегка модернизировала конструкцию колеса компании «Эйртракс» (см. рис. 2) в части сегментации бочкообразных роликов. Внешний вид устройства показывает, что конструктивно оно имеет такое же консольное крепление самого колеса и набор роликов на колесе. Следовательно, движение устройства также основано на принципе трения скольжения в комбинации с качением роликов. Практическое применение данного устройства ограничивается теми же причинами, что и для устройства компании «Эйртракс».

Японская компания «Хонда» разработала колесо, указанное на рис. 3, которое имеет две степени свободы движения качением, но их вариант не нашел промышленного применения из-за сложности конструкции и ограниченной грузоподъемности колеса. Оно используется в развлекательных целях.

Немецкая компания «Гольдгофер» и итальянская компания СОМЕТТО специализируются на платформах повышенной маневренности с традиционными колесами, приведенными на рис. 4 и 5 соответственно. Повышенная маневренность достигается за счет синхронного поворота всех колес в диапазоне 90° . Платформы громоздки, металлоемки, а система управления сложная — многоступенчатая. В связи с этим их применимость существенно ограничена, а спрос обусловлен отсутствием приемлемой альтернативы.

Для решения задач точного позиционирования при сборке составных частей ракетно-космической техники в монтажно-испытательных корпусах специалистами Государственного предприятия «Конструкторское бюро «Южное» им. М. К. Янгеля» разработано колесо новой конструкции [1–3], указанное на рис. 6, которое, в отличие от традиционного колеса, может катиться как вдоль плоскости колеса, так и поперек.

Колесо новой конструкции состоит из роликов-катков, расположенных по периметру колеса на дисках, а оси роликов расположены в плоскости дисков. Диаметр роликов-катков составляет



Рис. 4. Платформа повышенной маневренности фирмы «Гольдгофер»



Рис. 5. Платформа повышенной маневренности фирмы СОМЕТТО

около 30 % диаметра колеса. Транспортное средство с колесом новой конструкции обладает тремя степенями свободы движения в отличие от транспортного средства на базе традиционного колеса.

Кроме того, колесо новой конструкции обладает повышенной грузоподъемностью. Это достигается за счет того, что ось колеса новой конструкции, в отличие от традиционного колеса, устанавливаемого на консольную ось, закреплена с двух концов на опорах колеса, и изгибающийся момент, действующий на ось, в восемь раз меньше воздействия на консольную ось.

У колеса новой конструкции привод закреплен на опоре колеса и соединен с осью колеса. Таким образом, мы имеем автономный узел — мотор-колесо с двумя степенями свободы дви-

жения, обладающий повышенной грузоподъемностью (см. рис. 6). Колеса новой конструкции крепятся к транспортному средству неподвижно, так как им не требуется поворотный механизм. Отсутствие консольного поворотного механизма дополнительно увеличивает грузоподъемность ходовой части такого транспортного средства.

Особенность конструкции ходовой части заключается в том, что для управления движением транспортного средства используется парное количество ведущих мотор-колес новой конструкции, минимум четыре (см. рис. 7). Ведущие мотор-колеса в каждой паре располагаются взаимно перпендикулярно друг к другу. Одна пара мотор-колес обеспечивает управляемое движение вдоль оси транспортного средства, вторая —

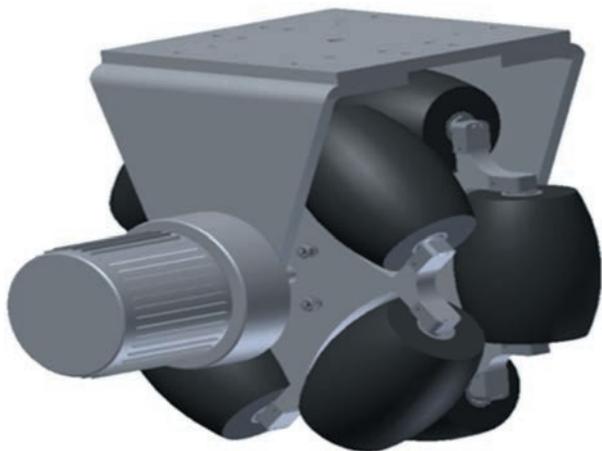


Рис. 6. Мотор-колесо

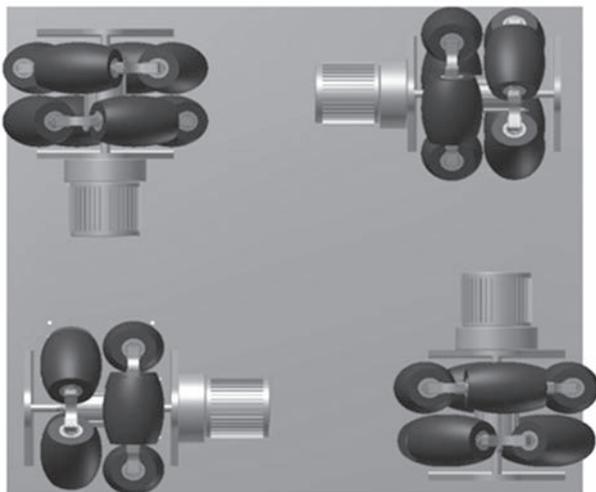


Рис. 7. Схема расположения колес на сверхманевренной ходовой части

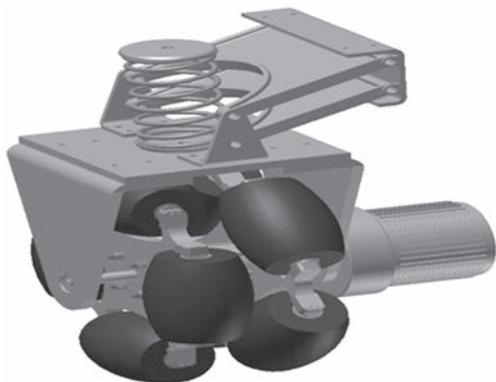


Рис. 8. Мотор-колесо с независимой подвеской

поперек. Такой состав и конструкция транспортного средства обеспечивают три степени свободы движения качением (вперед — назад, влево — вправо, вращение в обе стороны и движение под любым углом, не изменяя своего положения в пространстве).

Колесо новой конструкции совмещает в себе два функциональных колеса. При движении мотор-колеса вдоль плоскости колеса ролики-катки выполняют функцию реверсивного движителя (первое колесо). При движении в поперечном направлении эти же ролики-катки выполняют функцию пассивного колеса (второе колесо), которое движется в режиме буксировки другим мотор-колесом, расположенным перпендикулярно этому пассивному колесу. Режим буксировки пассивного ролика позволяет прокатить его по любому профилю дороги вслед за колесом-двигателем.

Специалистами Государственного предприятия «Конструкторское бюро «Южное» им. М. К. Янгеля» разработана конструкция независимой подвески, указанной на рис. 8, для колеса с двумя степенями свободы движения качением. Независимая подвеска должна удовлетворять следующим требованиям: выполнять амортизационные функции, сохранять ориентацию и вертикальное положение колеса относительно транспортного средства и держать поперечные нагрузки в диапазоне 360° .

У транспортного средства с новой конструкцией колес грузоподъемность в основном зависит не от транспортного средства, а от несущей способности опорной поверхности. Для обеспечения требуемого удельного давления на опорную поверхность в ходовой части транспортного средства используются дополнительные пассивные колеса.

Рассмотренное выше транспортное средство обладает тремя техническими характеристиками, которых нет ни в одном из известных наземных транспортных средств:

- сверхманевренность (три степени свободы движения качением);
- удельная сверхгрузоподъемность (более чем в восемь раз превышает грузоподъемность ходовой части с традиционным колесом);

- возможность создавать требуемое удельное давление на опорную поверхность за счет пассивных колес, не требующих рулевого управления.

На основании функциональных возможностей сверхманевренной ходовой части предлагаются два варианта исполнения сверхманевренного транспортного средства:

- первый вариант — одна пара колес на балансирах (см. рис. 9);
- второй вариант — каждое колесо на независимой подвеске (см. рис. 10).

Оба варианта конструкции транспортного средства обеспечивают расчетную нагрузку на опорную поверхность всеми колесами.

Первый вариант наиболее адаптирован для проведения работ на подготовленной опорной поверхности в цехах, грузовые платформы рационально выполнять на балансирах, а камерные покрышки роликов-катков малого диаметра заполнять эластичным материалом.

Цеховые грузовые платформы могут перемещаться мускульной силой или с помощью электропривода.

Кинематика сверхманевренной ходовой части на балансирах отработана в Государственном предприятии «Конструкторское бюро «Южное» им. М. К. Янгеля» на базе погрузчика. При этом использовались вентильные электродвигатели, отличающиеся относительно малым удельным весом на единицу мощности и линейными характеристиками на всем диапазоне скоростей. Электронные коммутаторы вентильных двигателей хорошо согласуются с электронной системой управления. Наличие в составе вентильного двигателя датчика скорости и положения ротора дает возможность задавать скорость движения и величину пройденного пути. Эти характеристики обеспечивают выполнение точного позиционирования транспортного средства на рабочем месте, а электронная система управления позволяет выполнять безграничное количество вариантов движения.

Второй вариант может быть использован для движения по неподготовленным дорогам или грунтовым дорогам произвольного профиля на транспортном средстве с числом ко-

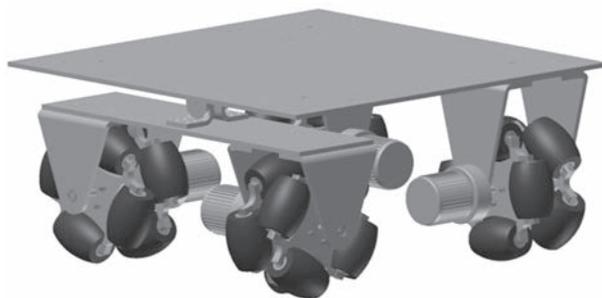


Рис. 9. Ходовая часть на балансирах

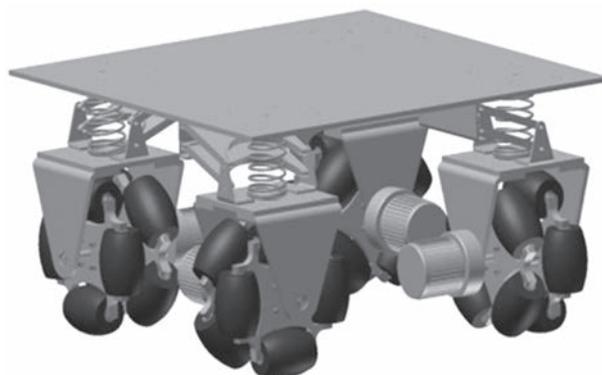


Рис. 10. Ходовая часть на независимых подвесках

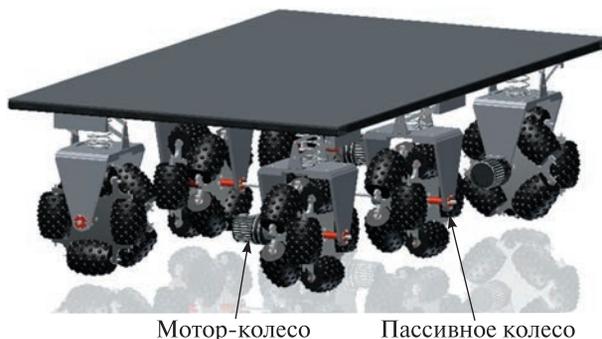


Рис. 11. Луноход

лес больше четырех, у которых ролики-катки оснащены пневматическими камерными покрышками или эластичными наполнителями.

Современные грузовые платформы оснащаются традиционными колесами диаметром 1...1.1 м с шириной протектора 250 мм. При аналогичном диаметре мотор-колеса новой конструкции ролики-катки будут иметь диаметр 300 мм

с опорной шириной протектора до 200 мм и длиной 383 мм.

Покрышка традиционного колеса диаметром 1 м при просадке на твердом грунте на 3.8 см образует опорное пятно площадью $S = 250 \text{ мм} \times 380 \text{ мм} = 95000 \text{ мм}^2$. При таких же эластичных характеристиках покрышки ролика у колеса новой конструкции диаметром 1 м площадь опорного пятна составит $S = 200 \text{ мм} \times 383 \text{ мм} = 76600 \text{ мм}^2$, что соответствует 80.6 % опорного пятна традиционного колеса.

Следовательно, ходовая часть на базе колеса новой конструкции может эксплуатироваться как на подготовленной опорной поверхности, так и на твердом грунте.

По расчетам опорное пятно колеса новой конструкции на мягком грунте составит около 128800 мм^2 . Поэтому возможность эксплуатации ходовой части с колесами новой конструкции и с пассивными колесами на целине, на мягком или сыпучем грунте должна быть проверена во время ходовых испытаний, поскольку такое колесо используется впервые.

На основании предварительных расчетов видно, что мы можем создать сверхманевренное транспортное средство широкой сферы применения, у которого дополнительные пассивные колеса обеспечат необходимое удельное давление на опорную поверхность, а также необходимую проходимость.

В частности, для работы на лунной поверхности предлагается транспортное средство нового поколения (рис. 11), которое сориентировано на лунные условия (сыпучий грунт и каменистая почва).

Предлагаемое сверхманевренное транспортное средство для лунной программы имеет платформу 1 м^2 (для примера), четыре мотор-колеса диаметром 500 мм, у которых по периметру, в виде обода, расположены ролики диаметром 150 мм. Каждый ролик имеет сплошной протектор с коническими шипами, которые увеличивают опорную площадь колеса. Такая форма обода под на-

грузкой изменяет опорную площадь в зависимости от глубины просадки в мягкий или сыпучий грунт. В данном случае расчет проводился исходя из условия: на Земле полезный груз равен 50 кГ, вес транспортного средства равен 50 кГ, общий вес 100 кГ. На Луне общий вес составит 17 кГ.

Исходя из приведенных данных расчет показывает, что при просадке колеса на лунном мягком или сыпучем грунте на 25 мм и нагрузкой на одно колесо $17/4 = 4.25 \text{ кГ}$, опорная площадь одного колеса составит 193.7 см^2 . Удельное давление на опорную поверхность колеса будет 0.022 кГ/см^2 (22 Г/см^2).

Следовательно, сверхманевренное транспортное средство будет свободно перемещаться на лунной поверхности, как по сыпучему грунту, так и по каменистой поверхности. В случае увеличения полезного груза можно дополнительно установить требуемое количество пассивных колес.

В настоящее время в мировой практике такой сверхманевренной ходовой части нет, поэтому Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное» им. М. К. Янгеля» является автором и первопроходцем создания такого вида транспорта, который может найти широкое применение не только в ракетно-космической технике, но и в других отраслях промышленности и в сфере развлечений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Декларационный патент № UA 69611 A B62D63/02 от 09.10.2003 г. Самоходное транспортное средство.
2. Заявка № UA aKy201711017 B60B 19.00. D65G 39/00. Погрузчик от 10.11.2017 г.
3. Патент № UA 50127 B60B 19.00 от 09.10.2001. Колесо.

Стаття надійшла до редакції 06.08.2019

REFERENCES

1. Declaration patent № UA 69611 A B62D63/02 от 09.10.2003. Self-propelled vehicle.
2. Application for invention № UA a201711017 B60B 19.00. D65G 39/00 10.11.2017. The loader.
3. Patent № UA 50127 B60B 19.00 . 09.10.2001. The wheel.

Received 06.08.2019

О. І. Дорошко¹, П. Г. Дегтяренко²,
О. Л. Макаров¹, В. О. Сидорук¹, О. М. Вінцовський¹

¹ Державне підприємство «Конструкторське бюро
«Південне» ім. М. К. Янгеля», Дніпро, Україна

² Державне космічне агентство України, Київ, Україна

НАДМАНЕВРЕНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ

У нинішній час однією із світових напрямків розвитку транспортних засобів є тенденція надання їм надманевреності.

Під час робіт, які проводяться у цьому напрямку, фахівцями Державного підприємства «Конструкторське бюро «Південне» ім. М. К. Янгеля» створено, виготовлено, випробувано і запатентовано колесо нової конструкції підвищеної вантажопідйомності і двома ступенями свободи руху коченням. На базі колеса нової конструкції розроблено, випробувано і запатентовано надманеврений транспортний засіб з трьома ступенями свободи руху коченням.

Керування рухом здійснюється електронною системою керування з використанням мотор-коліс, які стаціонарно зорієнтовані відносно транспортного засобу. Відсутність механічного рульового управління суттєво спрощує конструкцію ходової частини. Питома вантажопідйомність транспортного засобу складає 1/10. Наявність пасивних коліс дозволяє створити необхідну вантажопідйомність. Одержані технічні характеристики дозволять створити багатофункціональний надманеврений транспортний засіб, який може знайти використання у багатьох галузях промисловості.

Ключові слова: надманевреність, мотор-колесо, ходова частина, вантажопідйомність.

A. I. Dorozhko¹, P. Degtiarenko²,
A. Makarov¹, V. Sydoruk¹, O. Ventskovsky¹

¹ Pivdenne (Yuzhnoye) State Design Office
named after M. K. Yangel, Dnipro, Ukraine

² State Space Agency of Ukraine, Kyiv, Ukraine

SUPERMANEUVERABLE VEHICLE

At present, one of the global trends of vehicle development is the creation of a supermaneuverable vehicle.

During the works carried out in this direction Yuzhnoye SDO specialists have developed, manufactured, tested, and patented a new design wheel with increased carrying capacity and two degrees-of-freedom of rolling motion. A supermaneuverable vehicle with three degrees-of-freedom of rolling motion is developed, tested, and patented based on the new design wheel.

The motion is controlled by an electronic control system using motor-wheels stationary oriented to the vehicle. The absence of a mechanical steering control significantly simplifies the design of the undercarriage. The specific carrying capacity of the vehicle is 1/10. The presence of driven wheels allows you to provide the required carrying capacity.

The obtained technical characteristics allow creating a multifunctional and supermaneuverable vehicle that can be widely used in various branches of industry.

Keywords: supermaneuverability, motor-wheel, undercarriage, carrying capacity.