

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** <sup>(11)</sup> **167 786** <sup>(13)</sup> **U1**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(51) МПК

[B25J 5/00 \(2006.01\)](#)

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

Статус: прекратил действие, но может быть восстановлен (последнее изменение статуса:  
17.07.2017)(21)(22) Заявка: [2016116242](#), 25.04.2016(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
25.04.2016

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 25.04.2016

(45) Опубликовано: [10.01.2017](#) Бюл. № 1(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: **RU 147335 U1, 10.11.2014. UA 18935  
A, 25.12.1997. US 8030873 B2, 04.10.2011.**

Адрес для переписки:

**620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19,  
УрФУ, Центр интеллектуальной  
собственности, Маркс Т.В.**

(72) Автор(ы):

**Либерман Яков Львович (RU),  
Кубатиев Ранис Ринатович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Уральский федеральный  
университет имени первого Президента  
России Б.Н. Ельцина" (RU)**

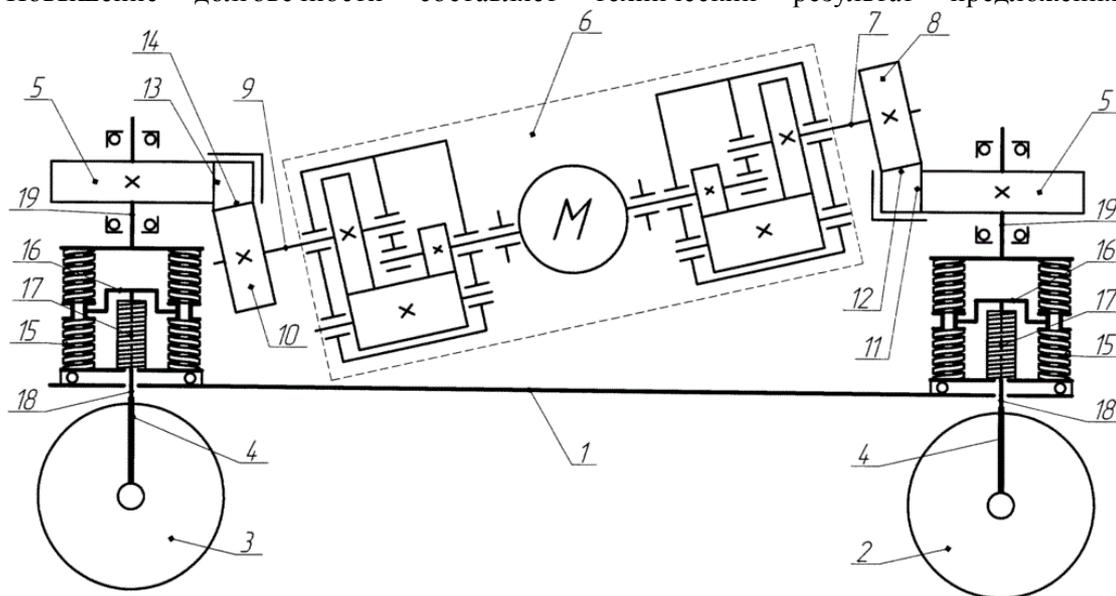
## (54) ШАССИ РОБОКАРА

(57) Реферат:

В заявке предлагается шасси робокара, содержащее горизонтальную платформу, два передних и два задних мотор-колеса, каждое из которых закреплено на поворотнойвилке, вал которой установлен на платформе перпендикулярно ее плоскости и снабжен соосным с ним зубчатым колесом, и электродвигатель, на выходном конце и хвостовике вала которого установлены зубчатые колеса, причем платформа снабжена первой зубчатой рейкой, находящейся в зацеплении с зубчатыми колесами, установленными на валах вилок, на которых закреплены передние мотор-колеса, второй зубчатой рейкой, находящейся в зацеплении с зубчатым колесом, установленным на выходном конце вала электродвигателя, третьей зубчатой рейкой находящейся в зацеплении с зубчатыми колесами, установленными на валах вилок, на которых закреплены задние мотор-колеса, четвертой зубчатой рейкой, находящейся в зацеплении с зубчатым колесом, установленным на хвостовике вала электродвигателя, вторая рейка установлена под зубчатым колесом, с которым она находится в зацеплении, и жестко соединена с первой рейкой, а четвертая рейка установлена над зубчатым колесом, с которым она находится в зацеплении, и жестко соединена с третьей рейкой. Отличительной особенностью предложения является то, что шасси дополнительно снабжено четырьмя электромагнитными вибраторами, каждый из которых состоит из корпуса с размещенным в нем подпружиненным якорем и закрепленной в нем катушки с сердечником, имеющим сквозное осевое отверстие, вал каждой поворотнойвилки выполнен состоящим из двух отдельных

соосных частей, первая из которых концом, противоположным вилке, размещена в отверстии сердечника вибратора и соединена с соответствующим якорем, вторая концом, противоположным соосному с ней зубчатому колесу, соединена с корпусом соответствующего вибратора, при этом якорь каждого вибратора выполнен с возможностью перемещения вдоль оси отверстия в сердечнике.

При повороте мотор-колес шасси вибраторы включаются, что уменьшает силы трения, препятствующие повороту. В результате уменьшается износ покрышек колес, повышается долговечность и, следовательно, долговечность шасси в целом. Повышение долговечности составляет технический результат предложения.



Предлагаемая полезная модель относится к транспортирующим машинам и может быть использована в робокарах, оснащенных промышленным роботом, выполняющим технологические операции в опасных для человека средах.

В настоящее время шасси робокаров, аналогичные предлагаемому, известны. К ним относятся, в частности описанные в работе «Л.И. Волчеквич, Б.А. Усов. Транспортно-накопительные системы ГПС/ Под ред. Б.И. Черпакова. М.: Высш. шк., 1989. - с. 7 и 76». Эти шасси обычно содержат горизонтальную платформу с четырьмя колесами, привод вращения колес, выполненный в виде электродвигателя, установленного на платформе и кинематически связанного с колесами, и механизм рулевого управления, соединенный с датчиком слежения за светоотражающей полосой, нанесенной на пол помещения, в котором эксплуатируется робокар, или за электрическим кабелем, проложенным под полом помещения. Указанные шасси имеют достаточно простую конструкцию, обладают практически приемлемой надежностью, но способны двигаться только по строго определенным траекториям, задаваемым упомянутой полосой или кабелем. Это ограничивает их функциональные возможности и не позволяет их применять для перемещения установленного на них робота в любую точку производственного помещения, что является их существенным недостатком.

Отмеченного недостатка лишено шасси робокара Curiosity, разработанного в Лаборатории реактивного движения NASA и описанного в журнале «PLM news. Инновация в промышленности, Октября 2012, стр. 2». Данное шасси, являющееся также аналогом предлагаемого, содержит горизонтальную платформу, мотор-колеса, из которых два передние и два задние. Мотор-колеса закреплены на поворотных вилках, валы которых перпендикулярны плоскости платформы и снабжены соосными с ними зубчатыми колесами. Каждая вилка снабжена своим, размещенным на платформе, электродвигателем, на выходном конце вала которого установлено зубчатое колесо, связанное с валом вилки через зубчатое колесо, установленное на валу вилки.

Платформа может перемещаться в любую точку производственного помещения. Для этого ее мотор-колеса через вилку поворачиваются электродвигателями в те или иные угловые положения, а затем мотор-колеса включаются. Производя их включение на то или иное время, можно обеспечивать перемещения шасси на нужные расстояния по той или иной траектории.

Вместе с тем, шасси робокара Curiosity имеет и недостаток. Истоки его в том, что для выполнения определенных технологических операций роботом, устанавливаемым на шасси, в определенных точках обслуживаемого пространства, необходимо точное перемещение шасси в нужную точку производственного помещения. Если шасси при

движении совершает повороты, то перед выполнением технологической операции роботом в точке обслуживаемого пространства, заданной программой работы робота, нужно производить коррекцию программы на совершенные углы поворота. Но коррекция не может осуществляться без погрешностей, поэтому для повышения точности перемещения робота в любую нужную точку производственного помещения целесообразно перемещение шасси производить без поворотов, т.е. в виде параллельного переноса («Яглом И.М. Параллельный перенос // Геометрические преобразования. - с. 19-25»). Для движения шасси робота в виде параллельного переноса необходимо, чтобы все его мотор-колеса перед движением повернулись на одинаковые углы. Но каждое мотор-колесо шасси робота Curiosity имеет свой электродвигатель поворота вилки, управляется автономно и поворачивается независимо от других мотор-колес. А это влечет за собой некоторое их рассогласование по углу. В результате появляется погрешность движения шасси и погрешность перемещения робота в нужную точку помещения. Это и обуславливает недостаток шасси, который упоминается выше. Суть его - невозможность достаточно точного перемещения шасси робота в требуемую точку производственного помещения.

Тем не менее, шасси, обеспечивающее более точное перемещение робота, без поворотов, в виде параллельного переноса, существует. Это, в частности, «Шасси робота», защищенное Патентом РФ на полезную модель №147335 от 06.10.2014, принятое нами за прототип. Оно представляет собой шасси, содержащее горизонтальную платформу, два передних и задних мотор-колеса, каждое из которых закреплено на поворотной вилке, вал которой установлен на платформе перпендикулярно ее плоскости и снабжен соосными с ним зубчатым колесом, и электродвигатель, на выходном конце вала которого установлено зубчатое колесо, но отличается от шасси робота Curiosity тем, что на хвостовике вала электродвигателя установлено дополнительное зубчатое колесо, платформа снабжена первой зубчатой рейкой, находящейся в зацеплении с зубчатыми колесами, установленными на валах вилок, на которых закреплены передние мотор-колеса, второй зубчатой рейкой, находящейся в зацеплении с зубчатым колесом, установленным на выходном конце вала электродвигателя, третьей зубчатой рейкой, находящейся в зацеплении с зубчатыми колесами, установленными на валах вилок, на которых закреплены задние мотор-колеса, четвертой зубчатой рейкой, находящейся в зацеплении с дополнительным зубчатым колесом, установленным на хвостовике вала электродвигателя, причем вторая рейка установлена под зубчатым колесом, с которым она находится в зацеплении, и жестко соединена с первой рейкой, а четвертая рейка установлена над дополнительным зубчатым колесом и жестко соединена с третьей рейкой.

При эксплуатации шасси-прототипа вначале, когда робот еще стоит на месте, включают электродвигатель и поворачивают мотор-колеса на требуемый угол. Затем включают мотор-колеса и робот перемещается в направлении, заданном углом поворота колес. После того, как робот переместится на нужное расстояние, его останавливают, мотор-колеса поворачивают уже на новый требуемый угол, после чего, включая мотор-колеса, производят следующее перемещение. В результате робот перемещается без поворотов, совершая движение в виде параллельного переноса. Точность перемещения, обеспечиваемого прототипом, достаточно высока. Однако и у него есть недостатки. Поворот колес на месте, в то время, когда робот не перемещается, влечет за собой повышенный износ покрышек мотор-колес. Это обусловлено большим коэффициентом трения в паре «покрышка - пол производственного помещения». Если этот коэффициент трения уменьшить, то износ покрышек уменьшится и возрастет их долговечность.

В связи с изложенным, задачей разработки предлагаемой полезной модели как раз и является повышение долговечности покрышек мотор-колес шасси робота. Технически поставленная задача решается путем создания вибрации мотор-колес при их повороте, что указанный выше коэффициент трения снижает.

Известно («И.И. Блехман, Л.И. Блехман, В.Б. Васильев и др. Об износе оборудования в условиях вибрации и ударных нагрузок / Вестник научно-технического развития, №11 (63), 2012, стр. 3-5»), что коэффициент трения  $f^*$  в паре трения скольжения (а именно такое трение имеет место при повороте колес неподвижного шасси) при наложении вибрации с частотой  $\omega$  и амплитудой  $A$  определяется зависимостью

$$f^* = f \cdot \left(1 - \frac{m \cdot A \cdot \omega^2}{N}\right), \quad (1)$$

где  $m$  - масса вибрирующего тела,  $N$  - сила нормального давления,  $f$  - коэффициент трения без наложения вибрации. Эта зависимость и используется в технической реализации решения задачи повышения долговечности колес шасси, что достигается за счет того, что шасси робокара, содержащее горизонтальную платформу, два передних и два задних мотор-колеса, каждое из которых закреплено на поворотной вилке, вал которой установлен на платформе перпендикулярно ее плоскости и снабжен соосным с ним зубчатым колесом, и электродвигатель, на выходном конце и хвостовике вала которого установлены зубчатые колеса, причем платформа снабжена первой зубчатой рейкой, находящейся в зацеплении с зубчатыми колесами, установленными на валах вилок, на которых закреплены передние мотор-колеса, второй зубчатой рейкой, находящейся в зацеплении с зубчатым колесом, установленным на выходном конце вала электродвигателя, третьей зубчатой рейкой находящейся в зацеплении с зубчатыми колесами, установленными на валах вилок, на которых закреплены задние мотор-колеса, четвертой зубчатой рейкой, находящейся в зацеплении с зубчатым колесом, установленным на хвостовике вала электродвигателя, вторая рейка установлена под зубчатым колесом, с которым она находится в зацеплении, и жестко соединена с первой рейкой, а четвертая рейка установлена над зубчатым колесом, с которым она находится в зацеплении, и жестко соединена с третьей рейкой, отличается от прототипа тем, что оно дополнительно снабжено четырьмя электромагнитными вибраторами, каждый из которых состоит из корпуса с размещенным в нем подпружиненным якорем и закрепленной в нем катушки с сердечником, имеющим сквозное осевое отверстие, вал каждой поворотной вилки выполнен состоящим из двух отдельных соосных частей, первая из которых концом, противоположным вилке, размещена в отверстии сердечника вибратора и соединена с соответствующим якорем, а вторая концом, противоположным соосному с ней зубчатому колесу, соединена с корпусом соответствующего вибратора, при этом якорь каждого вибратора выполнен с возможностью перемещения вдоль оси отверстия в сердечнике без вращения относительно корпуса вибратора.

На фиг. 1 приведена кинематическая схема предлагаемого шасси (для простоты изображения передние и задние мотор-колеса на ней показаны по одному).

Шасси содержит горизонтальную платформу 1, два передних 2 и два задних 3 мотор-колеса, каждое из которых закреплено на поворотной вилке 4, вал которой установлен на платформе 1 перпендикулярно ее плоскости и снабжен соосными с ним зубчатым колесом 5, и электродвигатель 6 с двухсторонним встроенным редуктором (вместо него может быть использован просто малооборотный двигатель), на выходном конце 7 вала которого установлено зубчатое колесо 8. На хвостовике 9 вала электродвигателя 6 установлено зубчатое колесо 10. Платформа 1 снабжена первой зубчатой рейкой 11, находящейся в зацеплении с зубчатыми колесами 5, установленными на валах вилок 4, на которых закреплены передние мотор-колеса 2, второй зубчатой рейкой 12, находящейся в зацеплении с зубчатым колесом 8, установленным на выходном конце 7 вала электродвигателя 6, третьей зубчатой рейкой 13, находящейся в зацеплении с зубчатыми колесами 5, установленными на валах вилок 4, на которых закреплены задние мотор-колеса 3, четвертой зубчатой рейкой 14, находящейся в зацеплении с зубчатым колесом 10, установленным на хвостовике 9, вала электродвигателя 6. При этом вторая рейка 12 установлена под зубчатым колесом 8, с которым она находится в зацеплении, и жестко соединена с первой рейкой 11 (конструкция соединения условно не показана), а четвертая рейка 14 установлена над дополнительным зубчатым колесом 10 и жестко соединена с третьей рейкой 13 (конструкция соединения также условно не показана). Наряду с перечисленным, шасси дополнительно снабжено четырьмя электромагнитными вибраторами, каждый из которых состоит из корпуса 15 с размещенным в нем подпружиненным якорем 16 и закрепленной в нем катушки с сердечником 17, имеющим сквозное осевое отверстие, вал каждой поворотной вилки 4 выполнен из двух отдельных соосных частей 18 и 19, продолжающих одна другую, первая из частей 18 концом, противоположным вилке 4, размещена в отверстии сердечника 17 вибратора и соединен с соответствующим якорем 16, вторая из частей 19 концом, противоположным соосному с ним зубчатому колесу 5, соединена с корпусом 15 соответствующего вибратора, а якорь 16 выполнен с возможностью перемещения в корпусе 15 вибратора в фокусированной плоскости вдоль оси отверстия в сердечнике катушки 17 без вращения относительно корпуса 15 вибратора.

Все перечисленные конструктивные элементы шасси выполнены с соблюдением условия

$$0,7\omega_2 > \omega_1 > 1,4\omega_3, \quad (2)$$

где  $\omega_1$  - частота собственных колебаний каждого узла «мотор-колесо 3 - вилка 4 - отрезок вала 18 - якорь 16»;  $\omega_2$  - частота собственных колебаний узла «зубчатое колесо 5 - корпус вибратора 15 - отрезок вала 19»;  $\omega_3$  - частота собственных колебаний всего шасси со всеми установленными на него устройствами (за исключением четырех первых из упомянутых узлов). Для этого соответствующим образом подобраны массы и жесткости элементов.

При использовании шасси перед поворотом мотор-колес 2 и 3 на все четыре вибратора подается переменное напряжение с частотой  $\omega = \omega_1$ . Мотор-колеса начинают совершать вертикальные колебания и коэффициент трения, согласно (1), уменьшается. При этом колебания других узлов и всего шасси в целом не происходит, поскольку  $\omega_1$  удовлетворяет условию (2). Далее включается двигатель 6 и колеса 2 и 3 поворачиваются на требуемый угол. После этого вибраторы выключаются, и робокар, в состав которого входит шасси, может перемещаться в нужном направлении.

Поскольку в процессе поворота мотор-колес шасси коэффициент трения в паре «мотор-колесо - пол производственного помещения» уменьшен, то и сила трения в этой паре оказывается меньше, чем у прототипа. Это снижает износ покрышек мотор-колес, повышает их долговечность и, следовательно, всего шасси в целом. Повышение долговечности шасси составляет технический результат предложенной полезной модели.

#### Формула полезной модели

Шасси робокара, содержащее горизонтальную платформу, два передних и два задних мотор-колеса, каждое из которых закреплено на поворотной вилке, вал которой установлен на платформе перпендикулярно ее плоскости и снабжен соосным с ним зубчатым колесом, и электродвигатель, на выходном конце и хвостовике вала которого установлены зубчатые колеса, причем платформа снабжена первой зубчатой рейкой, находящейся в зацеплении с зубчатыми колесами, установленными на валах вилок, на которых закреплены передние мотор-колеса, второй зубчатой рейкой, находящейся в зацеплении с зубчатым колесом, установленным на выходном конце вала электродвигателя, третьей зубчатой рейкой, находящейся в зацеплении с зубчатыми колесами, установленными на валах вилок, на которых закреплены задние мотор-колеса, четвертой зубчатой рейкой, находящейся в зацеплении с зубчатым колесом, установленным на хвостовике вала электродвигателя, при этом вторая рейка установлена под зубчатым колесом, с которым она находится в зацеплении, и жестко соединена с первой рейкой, а четвертая рейка установлена над зубчатым колесом, с которым она находится в зацеплении, и жестко соединена с третьей рейкой, отличающееся тем, что оно дополнительно снабжено четырьмя электромагнитными вибраторами, каждый из которых состоит из корпуса с размещенным в нем подпружиненным якорем и закрепленной в нем катушки с сердечником, имеющим сквозное осевое отверстие, вал каждой поворотной вилки выполнен состоящим из двух отдельных соосных частей, первая из которых концом, противоположным вилке, размещена в отверстии сердечника вибратора и соединена с соответствующим якорем, а вторая концом, противоположным соосному с ней зубчатому колесу, соединена с корпусом соответствующего вибратора, при этом якорь каждого вибратора выполнен с возможностью перемещения вдоль оси отверстия в сердечнике без вращения относительно корпуса вибратора.