

DOI: 10.15593/24111678/2017.02.08

УДК 623.437.3.093+629.1.032.001+629.36

А.Г. Семенов

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия

РОБОТ-ПЛАНЕТОХОД С УНИВЕРСАЛЬНЫМ ГРУНТОЗАБОРНЫМ УСТРОЙСТВОМ

Разработка относится к роботам-планетоходам, а также наземным роботам с автоматическим, полуавтоматическим и ручным дистанционным управлением по радиоканалу, научно-исследовательского, военного и гражданского назначения, а также к устройствам для забора и транспортировки проб грунта в научных или иных целях. Дан аналитический экспресс-обзор аналогов предлагаемой разработки с указанием прототипа с опорой на иллюстративный материал. При этом выборка носит общемировой масштаб информационного поиска и охватывает широкий спектр объектов робототехнической, главным образом космической, техники. В обзорную часть включены отечественные и зарубежные устройства, выполненные как «в металле», так и в виде дизайнерских проектов. Сформулированы задача проекта и технический результат его реализации. Дано подробное техническое описание авторских технических предложений, в том числе концепция робота с двух- или трехфункциональным устройством «колесо – грунтозаборник – контейнер для доставки грунта». Проект выполнен на уровне изобретения и запатентован автором в 2017 г. Инновационный проект находится на стадии технических предложений. Разработка имеет технико-эксплуатационный или тактико-технический эффект. Главные достоинства предлагаемой концепции – многофункциональность, универсальность, а значит, имеет преимущества по массогабаритным показателям.

Ключевые слова: робототехника, космические исследования, робот, планетоход, ведущее колесо, забор грунта, доставка грунта, грунтозаборное устройство, многофункциональность, дистанционное и автоматическое управление.

A.G. Semenov

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
Saint Petersburg, Russian Federation

COSMIC ROBOT WITH UNIVERSAL DEVICE OF THE TAKING AWAY THE SOIL

The development pertains to robot for planets and satellite, as well as overland robot with automatic, semiautomatic and manual remote controls on radio link, research, military and civil purpose, as well as to device for taking away and transportations of the tests of the soil in scientific or other purpose. Analytical express-review analogue proposed development is given with instruction of the prototype, with handhold on illustrative material. At, the sample carries the worldwide scale of the information searching and covers the broad spectrum an object, mainly, cosmic technology. In overview part are enclosed domestic and foreign device as executed "in metal", so and design-projects. The worded problem of the project and technical result to his (its) realization. It is given detailed description of the author's technical offers, including concept of the robot with two- or threefunctional device "wheel – a device of the taking away the soil – a container for delivery of the soil". The project was run for level of the invention and patented author in 2017. The progressive project is found on stage of the technical offers.

The development gives the technician-working or tactician-technical effect. The main advantage proposed concepts – an execution by one device several functions, versatility, but signifies and advantage on mass-gabarit factor.

Keywords: the robotics, cosmic studies, robot, transport for surface of the planets and satellite, leading wheel, taking away the soil, delivery of the soil, multifunction, device for taking away the soil, remote and autocontrol.

1. Область исследования

Представляемые вниманию научно-технического сообщества обзорно-аналитические исследования и конкретные технические предложения [1] относятся к области наземных и космических транспортных средств высокой и повышенной проходимости и одновременно к устройствам специального назначения для экскавации грунтов (взятия образцов грунта), конкретно – к многофункциональным устройствам – колесам с расширенным функциональным назначением и к грунтозаборным устройствам.

2. Аналитический экспресс-обзор аналогов и постановка задачи

В области строительства и гидромелиорации применяют экскаваторы и другие землеройные машины. Наиболее распространены самоходные гусеничные или колесные экскаваторы с манипулятором («гидроукой») ковшового или челюстевидного типов.

Для описываемой в статье инновационной разработки (далее – проекта) интерес представляет грунтозаборное устройство, описанное в патенте 2232233 «Грунтозаборное устройство» [2]. Оно содержит цилиндрический бункер с окном в верхней части, посаженный на него ротор с бездонными ковшами и трубопровод, соединяющий цилиндрический бункер с насосом. При этом предусмотрена крыльчатка с лопатками, длина которых соизмерима с длиной цилиндрического бункера, установленной внутри последнего. Трубопровод выполнен в виде двух Г-образных труб, примыкающих к противоположным торцам цилиндрического бункера и расположенных на общей оси, и одна из труб соединена с насосом для подачи чистой воды в цилиндрический бункер, а другая – с пульпопроводом для подачи в него гидросмеси из цилиндрического бункера.

Такое устройство не ограничено одной функцией (забор, погрузка, транспортировка грунта) и является специализированным навесным грунтозаборником и однозначно не относится к ходовой час-

ти (тем более к движителю) транспортного средства – носителя этой землеройной машины. При том цилиндрический бункер (ротор и грунтоприемник) нетрансформируемый, а его бездонные ковши закреплены в неизменном рабочем положении. Этот продукт технической мысли отнесен к средствам гидромеханизации. В частности, к устройствам для разработки грунтов под водой с последующим транспортированием их на дневную поверхность. Его создали для эксплуатации на глубинах более 10 м, значительно снизив при этом затраты на ремонт и устранив необходимость в затратах времени на замену износившихся насосов.

Ближе по своему назначению к описываемому проекту находятся робототехнические (с дистанционным и автоматическим компонентами управления) космические комплексы, в частности автоматическая межпланетная станция с навесным специализированным грунтозаборным (в научных целях) устройством и подвижные лаборатории «Луноход-1», «Луноход-2» с навесными специализированными лопастными штампами для исследования физико-механических свойств грунта на месте. Следует отметить, что луноходы имели полноприводные колесные шасси, а в числе бортового научного оборудования были оснащены грунтозаборным устройством или пенетрометром [3, 4].

Конструкции колесных, колесно-шагающих и прыжковых движителей экстремальных роботов, главным образом планетоходов, весьма многообразны, но представлены в расширенном функциональном исполнении лишь как комбинации «ведущее колесо – ведомое колесо плюс метрологическая база для замера тягово-динамических свойств плюс радиатор плюс размещение приводов, научной аппаратуры и радиоизотопного источника энергии в полости колеса» [5].

К еще более близким аналогам проекта можно отнести устройство полноприводного колесно-шагающего шасси планетохода с грунтозаборным (опять же в научных целях) устройством «совкового» типа, встроенным в донную часть корпуса или рамы шасси, с возможностью экскавации грунта «совком» при перемещении шасси за счет ведущих колес при уменьшенном до минимума (поворотом балансиров колес) клиренсе [6].

В нем колеса и грунтозаборное устройство находятся в функциональной взаимосвязи («совок» срезает и забирает грунт только «с подачи» и за счет двухплоскостного движения колесно-шагающего движителя, включая качение колеса по опорной поверхности грунта).

Тем не менее эти устройства конструктивно разделены и являются самостоятельными навесными устройствами в составе планетохода. Во всяком случае подвижность планетохода не зависит от грунтозаборного устройства (в транспортном положении), если не считать вполне естественного некоторого ухудшения массогабаритных показателей планетохода при оснащении его грунтозаборным устройством. Сохраняющаяся специализация устройств обуславливает недоиспользование преимуществ конструктивно-функционального совмещения.

Обратимся теперь к конструкциям колес транспортных машин.

В авторском свидетельстве 929467 «Колесо с изменяемым диаметром Ищеина» [7], например, можно обнаружить сведения о трансформируемом ведущем колесе безэкипажного транспортного средства («колесо с изменяемым диаметром»), образованном раздвижными за счет реверсивного силового привода сегментами – опорными элементами колеса. В нем выдвижение опорных элементов, связанных с подвижными звеньями указанного привода изменения геометрии колеса, не сопровождается разрывом окружности качения колеса. Благодаря наличию сегментированной эластичной оболочки и подбору кинематики с геометрией устройства сохраняется изолированность внутреннего объема колеса от окружающей среды. При этом колесо однофункционально, если не относить к дополнительной функции роль пары соосных колес как средства регулирования (стабилизации) положения корпуса транспортного средства в пространстве. В то же время для описываемого проекта оно интересно встроенным чисто механическим приводом изменения геометрии колеса.

В патенте 3802743 «Колесо переменного диаметра» (США) [8] описано трансформируемое ведущее колесо безэкипажного транспортного средства («колесо переменного диаметра»), образованное раздвижными за счет реверсивного силового привода сегментами – опорными элементами колеса. В нем выдвижение опорных элементов, связанных с подвижными звеньями указанного привода изменения геометрии колеса, сопровождается разрывом окружности качения колеса. Колесо за счет этого также однофункционально, если не относить к дополнительной функции отведенную ему роль средства повышения проходимости в тяжелых дорожных условиях (в условиях бездорожья). При этом благодаря наличию сплошной эластичной оболочки также (как у предыдущего устройства) сохраняется изолированность внутреннего объема колеса от окружающей среды, причем в большей степени. Для рассматриваемого проекта устройство интересно возможностью повышения проходимости и компактным приводом изменения геометрии.

Если говорить об аналогах устройства, разработанного автором в рамках проекта, то наиболее близким по назначению и совокупности конструктивных признаков (прототипом) из числа как отечественных, так и зарубежных объектов техники следует считать трансформируемое ведущее колесо безэкипажного транспортного средства, образованное раздвижными за счет реверсивного силового привода сегментами [9].

В нем выдвижение опорных элементов, связанных с подвижными звеньями указанного привода изменения геометрии колеса, сопровождается разрывом окружности качения колеса. Благодаря этому колесо может работать в двух режимах на выбор: качения на твердых ровных поверхностях или шагания по твердой неровной поверхности или на грунтах с низкой несущей способностью.

При всех положительных качествах прототипа его технико-эксплуатационные возможности ограничены, к сожалению, лишь функциями колесного движителя транспортного средства. Равно как и все приведенные в настоящем аналитическом обзоре аналоги, прототип не обладает свойством использования в качестве грунтозаборного устройства. Из-за отсутствия такого функционального совмещения потребность в грунтозаборе посредством научных самоходных роботизированных или дистанционно управляемых лабораторий (в том числе планетоходов) приходится реализовывать в виде специализированных грунтозаборных устройств, например манипуляторов, что и было реализовано в «Луноходе-1» и «Луноходе-2» (см. начало статьи). Отсюда, собственно, и возникла техническая задача (проблема), на решение которой направлен разработанный автором проект: *расширение технико-эксплуатационных возможностей многоопорных транспортных средств, преимущественно дистанционно или автоматически управляемых безэкипажных машин (наземных роботов и планетоходов), путем придания колесу дополнительных функций грунтозаборного (как правило, в научных целях) устройства.*

Определенный интерес для разработки представляют также такие источники [10–15].

3. Комплекс технических предложений (проект)

Для решения сформулированной выше задачи (выделено курсивом) автором разработан (на стадии технических предложений) проект, суть которого в сжатом виде изложена ниже [1].

В трансформируемом ведущем колесе безэкипажного транспортного средства, образованном раздвижными за счет реверсивного силового привода сегментами, минимум один из сегментов выполнен с асимметричной тыльной криволинейной, во всяком случае в продольном сечении колеса, выемкой с плавным убыванием его высоты до величины, близкой к нулю, – заострением. При этом упомянутый сегмент(-ы) установлен(-ы) толстой частью на периферийном поперечном шарнире, а удаленной от шарнира тонкой частью соединен с подвижным звеном упомянутого силового привода с возможностью челюстеподобного раскрытия сегментов, внедрения подвижного сегмента заострением в грунт и забора последнего в грунтозаборную полость, образованную тыльными поверхностями сегментов.

Предложены также частные, дополнительные к указанным признаки минимум двухфункционального колеса предлагаемой конструкции (перечисляются с одновременной эспресс-оценкой эффективности):

- выемка сегмента может быть выполнена вогнутой в поперечном сечении колеса, что увеличивает объем грунтозаборной полости, а главное – способствует устойчивости движения забираемого в нее грунта и его сохранности на подвижном сегменте как опоре;

- с тыльной стороны другого сегмента, оппозитного и/или смежного по отношению к подвижному заостренному сегменту, обращенного к указанной выемке, может быть предусмотрена дополнительная выемка, увеличивающая объем грунтозаборной полости, что не только увеличивает объем грунтозаборной полости примерно на 40–50 %, но и облегчает всю конструкцию;

- заостренный сегмент может быть установлен с ориентацией сужения-заострения в направлении, противоположном направлению вращения колеса, при движении транспортного средства передним ходом, и может быть предусмотрена возможность активного вращения колеса также в противоположную сторону, что существенно облегчает условия работы привода раздвижения сегментов и способствует более надежной изоляции грунтозаборной полости от окружающей колесо среды, а также осуществлению режима «активное колесо»;

- колесо может быть снабжено опорными боковыми несегментированными дисками-щеками диаметром не меньше диаметра описанной сегментированной части, ограничивающими грунтозаборную полость с боков с возможностью качения колеса ими по грунту, что позволяет существенно увеличить количество забираемого в полость грунта и обеспечить его сохранность при доставке к месту назначения;

– боковые диски-щеки колеса могут быть снабжены упругими шинами, диаметр которых превышает диаметр сегментированной средней части колеса, но меньше величины выноса заостренного сегмента, что повышает плавность хода транспортного средства на твердых грунтах;

– колесо может быть выполнено убирающимся, например подъемным, в нерабочее положение за счет управляемой подвески колеса, что дополнительно расширяет возможности выборочного использования устройства как в различных подрежимах, так и в колесном или грунтозаборном режимах на этапах забора грунта и его доставки к месту назначения.

4. Описание устройства

Рассмотрим устройство и работу проекта подробно на приведенном ниже примере реализации (вариант с двухсегментной конструкцией) (рис. 1–6).

Трансформируемое ведущее колесо *1* безэкипажного транспортного средства *2* (см. рис. 6) образовано (см. рис. 1, 4, 5) раздвижными, за счет реверсивного силового привода *3* (например, гидравлического, электрического или электромеханического типа, в частности линейного актуатора) 180-градусными (в данном простейшем примере) сегментами *4* и *5* (см. рис. 1, 2, 4, 5).

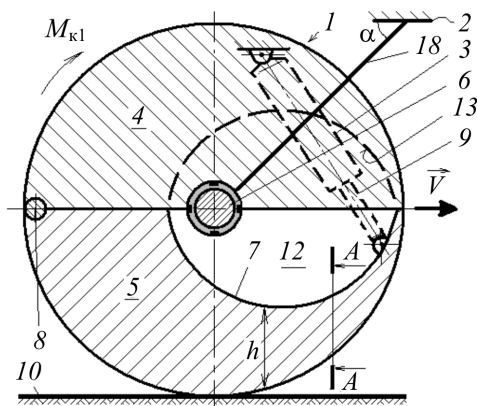


Рис. 1. Схема устройства (вариант с возможностью подъема в нерабочее положение) в режиме колеса на твердых грунтах, продольный разрез: R – переменный радиус кривизны профиля выемки в подвижном секторе; h – переменная высота подвижного сегмента; α – угол установки балансира подвески устройства; $M_{к1}$ – крутящий момент, подводимый к устройству в колесном режиме; V – скорость движения оси колеса и транспортного средства в целом

Сегмент 4 неподвижен (жестко установлен на оси 6 колеса 1). Сегмент 5 ограниченно подвижен, выполнен с асимметричной тыльной криволинейной, по крайней мере в продольном сечении колеса, выемкой 7 с плавным убыванием его высоты h до величины, близкой к нулю, – заострения, установлен «толстой» (с максимальной высотой h_{\max}) частью на периферийном поперечном шарнире 8, а удаленной от шарнира 8 «тонкой» (с меньшей высотой h) частью соединен с подвижным звеном 9 силового привода 3, с возможностью челюстеобразного раскрытия сегментов 4, 5, внедрения подвижного сегмента 5 заострением в грунт 10 и забора порции 11 последнего в грунтозаборную полость (пространство) 12, образованную тыльными поверхностями сегментов 4, 5.

Далее описываются частные исполнения устройства в развитии базовых признаков.

Выемка заостренного сегмента 5 выполнена вогнутой в поперечном сечении колеса 1 (см. рис. 2).

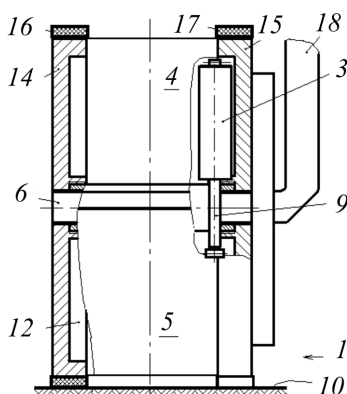


Рис. 2. Разрез А–А на рис. 1, где r – радиус кривизны выемки подвижного сегмента в поперечной плоскости колеса

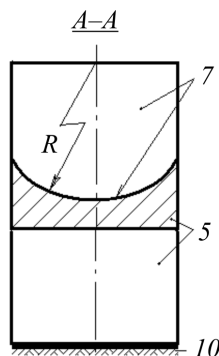


Рис. 3. Вариант с обрезиненными боковыми дисками-щеками (вид спереди)

С тыльной стороны другого (неподвижного) сегмента 4, оппозитного и/или смежного (при двухсегментном колесе, как в данном примере, сегменты 4 и 5 являются и оппозитными, и смежными одновременно) по отношению к сегменту 5, обращенного к выемке 7, предусмотрена дополнительная выемка 13, увеличивающая объем грунтозаборной полости (пространства) 12.

Заостренный сегмент 5 установлен с ориентацией сужения-заострения в направлении, противоположном направлению вращения колеса, при движении транспортного средства передним ходом (см. рис. 1). В то же время предусмотрена возможность активного вращения колеса также в противоположную сторону (для обеспечения как ведущего колесного режима для движения транспортного средства задним ходом, так и грунтозаборного режима).

Колесо 1 снабжено опорными (на грунт 10) боковыми несегментированными дисками-щеками 14, 15 диаметром не меньше диаметра описанной сегментированной части 4, 5, ограничивающими грунтозаборную полость (пространство) 12 с боков (см. слева и справа на рис. 3) с возможностью качения колеса 1 ими по грунту 10.

При этом предпочтительно наличие упругих (в частности, резиновых) шин 16, 17 на цилиндрических поверхностях дисков 14, 15 соответственно (см. рис. 3). Диаметр шин 16, 17 превышает диаметр сегментированной средней части 4, 5 колеса 1, но меньше величины выноса заостренного сегмента 5 (см. рис. 4).

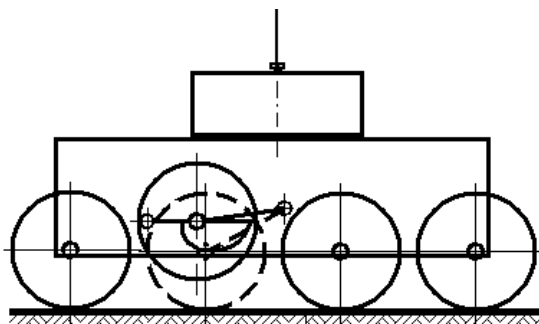


Рис. 6. Схема транспортного средства в варианте с подъемными соосными колесами-грунтозаборниками (вид сбоку)

Колесо 1 в ряде случаев целесообразно выполнять убирающимся, например подъемным, в нерабочее положение за счет управляемой балансирной 18 или иной его подвески (см. рис. 6).

5. Описание работы (использования) устройства

В исходном положении (см. рис. 1, 3) «челюсть сжата»: подвижное звено 9 привода 3 не выдвинуто, подвижный сегмент 5 широкой и заостренной частями плотно прижат к неподвижному сегменту 4, ко-

лесо имеет круглую (в продольной вертикальной плоскости) форму, с возможностью плавного качения по ровной твердой поверхности грунта 10. Колесо, таким образом, выполняет функцию ведущего (при подводе к нему крутящего момента $M_{к1}$ от силовой установки) или ведомого (с сохранением подфункции опоры с качением) колеса транспортного средства, причем колеса обычной проходимости. Наличие упругих элементов (шин) 16, 17 на щеках 14, 15 обеспечивает плавность хода колеса на малоразмерных неровностях поверхности грунта 10. При показанных на рис. 1 ориентации сужения сегмента 5 и направлении вращения колеса 1 (вектора скорости V оси 6 и транспортного средства 2 в целом) качение колеса 1 не сопровождается воздействием реакции грунта 10 на подвижное звено 9 привода 3. Наоборот, поджимает заострение сегмента 5 к краю неподвижного сегмента 4, способствуя неразрывности окружности колеса и изоляции полости 12 от окружающей среды.

Выдвижение подвижного звена 9 привода 3 приводит к принудительному повороту подвижного сегмента 5 на шарнире 8 по часовой стрелке, с «раскрытием челюсти»: разрывом окружности колеса, выдвижением подвижного сегмента 5 на большие радиусы от оси колеса 1, увеличением ометаемого им диаметра (см. рис. 4) в продольной вертикальной плоскости (а значит, и увеличения среднего диаметра колеса 1) и сообщения полости 11 с окружающим пространством, включающим в себя грунт 10 (см. рис. 4).

Колесо 1 в таком состоянии может выполнять подфункцию колеса высокой проходимости (ограниченно колесно-шагающего движителя при подводе к нему направленного против часовой стрелки крутящего момента $M_{к2}$).

Возможна и его работа в режиме «активного колеса» за счет периодической (пульсирующей) работы силового привода 3: выдвигая-вдвигая на каждом полупериоде вращения колеса 1 подвижное звено 9 привода 3, отгалкивают колесо 1 и транспортное средство 2 в целом от грунта 10 вправо (см. рис. 4).

Благодаря возможности «раскрытия челюстей», заострению подвижного сектора 5, наличию полости 12 и привода вращения колеса 1 против часовой стрелки возможно использование колеса (колес) 1 в качестве грунтозаборного устройства (см. рис. 5). Подобно ковшу экскаватора или клешне манипулятора, при вращении колеса 1 против часовой стрелки выдвинутый подвижный сектор 5 своим заострением

внедряется в грунт 10 на глубину H , зачерпывает соответствующее существенное количество грунта (порция 11) и направляет его в полость 12 (см. рис. 5). Последующее закрытие (до очередного подхода заострения к поверхности грунта 10) «челюсти» возвратом звена 9 привода 3 с сегментом 5 в исходное положение обеспечивает сохранение забранной порции 11 грунта в полости 12 сектора 5 или расширенной за счет выемки 13 полости 12 .

При этом целесообразно затормаживать остальные колеса многоопорного транспортного средства 2 (см. рис. 6).

Щеки $14, 15$, а также радиус r (см. рис. 2) способствуют изоляции полости 12 от окружающего пространства, а следовательно, увеличению полезной емкости грунтозаборного устройства и сохранности забранного грунта 11 в дальнейшей доставке транспортным средством 2 к месту назначения.

Разгрузку забранной порции 11 грунта в месте назначения обеспечивают в обратной последовательности: приводом вращения колеса 1 его поворачивают шарниром 8 верх или заострением сегмента 5 вниз и «открывают челюсть» выдвиганием звена 9 привода 3 . Порция 11 грунта выпадает (высыпается) из полости 12 под действием собственной силы тяжести, а в условиях невесомости ее удаляют иными средствами, как правило, внешними по отношению к транспортному средству 2 (не показано).

В примере устройства с убираемым (подъемным) колесом-грунтозаборником 1 его выборочно выводят из взаимодействия или вводят во взаимодействие с грунтом 10 посредством балансирной (установки балансира 18 на тот или иной угол α) или иной управляемой подвески (см. рис. 1) в зависимости от конкретной ситуации. Так, в режиме доставки грунта 11 к месту назначения колесо 1 преимущественно убрано (поднято) в транспортное положение (нерабочее положение как грунтозаборного устройств и как колеса, см. рис. 6).

6. Эффективность устройства

Использование проекта, запатентованного автором в России [1], позволяет расширить технико-эксплуатационные возможности многоопорных (четырёх и более) транспортных средств, преимущественно дистанционно или автоматически управляемых безэкипажных машин (планетоходов, а также наземных роботов) путем придания колесу дополнительных функций грунтозаборного (как правило, в научных целях) устройства.

Заключение

Предлагаемый в статье робот (главным образом, робот-планетоход) с универсальным (двух- или трехфункциональным) устройством «колесный движитель шасси – грунтозаборник (проб, образцов грунта с поверхности планет, спутников и астероидов) – устройство его транспортировки» может стать эффективным техническим средством для решения соответствующих задач при исследовании и освоении космического пространства с использованием автоматических и дистанционно управляемых аппаратов, а также в земных условиях.

Список литературы

1. Трансформируемое ведущее колесо безэкипажного транспортно-го средства: пат. 2609851, В60В 19/06 Рос. Федерация / Семенов А.Г. – № 2015145124/11; заявл. 20.10.2015; опубл. 06.02.2017. Бюл. № 4.
2. Грунтозаборное устройство: пат. 2232233, E02F 3/92 Рос. Федерация / Супрун П.П., Григоренко В.Г. [и др.]. – № 2002130693/03; заявл. 15.11.2002; опубл. 10.07.2004. Бюл. № 19.
3. За лунным камнем. Луноходы [Электронный ресурс]. – URL: www.telenir.net/nauchnaja_literatura_prochee/kosmicheskie_apparaty_issleduyut_lunu/p4.php (дата обращения: 10.03.2017).
4. Автоматические межпланетные станции [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.kosmos4you.ru/texnika/avtomaticheskie-mezhplanetnye-stancii/issledovaniya-lunu.html> (дата обращения: 10.03.2017).
5. Покорители других планет [Электронный ресурс]. – URL: <http://bashny.net/altair/2015/01/29/pokoriteli-drugih-planet-25-foto.html> (дата обращения: 10.03.2017).
6. Сочлененное колесное транспортное средство: пат. 2022859, D62D 57/00 Рос. Федерация / Богачев А.Н., Боровков А.А. [и др.]. – № 904815058; заявл. 16.04.1990; опубл. 15.11.1994.
7. Колесо с изменяемым диаметром Ищеина: а.с. 929467, В60В 19/00 СССР / Ищеин В.К., Лапотко О.П. [и др.]. – № 2839254; заявл. 27.11.1979; опубл. 23.05.1982.
8. Variable diameter wheel: пат. 3802743, В60В19/04, В60В25/02 США / Hermanns W., заяв. Spector G. – № US19720244456 19720417; заявл. 17.04.1972; опубл. 09.04.1974.
9. Колесо транспортного средства: а.с. 525566, В60В 19/00 СССР / Кемурджиан А.Л., Колпаков Э.Д. [и др.]. – № 2145772; заявл. 18.06.1975; опубл. 25.08.1976.

10. Креативный концепт транспорта – трансформера будущего [Электронный ресурс]. – URL: <http://prointeresnoe.ru/kretivnyj-koncept-transporta-transformera-budushhego.html> (дата обращения: 16.03.2016).

11. Автоматические станции для изучения поверхностного покрова Луны / А.Л. Кемурджиан [и др.]. – М.: Машиностроение, 1976. – 200 с.

12. Семенов А. Частная космическая история. Мемуары. – Berlin; Leipzig, 2012. – С. 13.

13. Сферический робот как платформа для ведения экологического мониторинга / Р.Ю. Добрецов, Е.Г. Борисов [и др.] // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2015. – № 3. – С. 35–50.

14. Добрецов Р.Ю., Борисов Е.Г., Матросов С.И. О выборе типа привода для сферического робота // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2016. – № 2. – С. 17–29.

15. Chase R., Pandya A.A. Review of active mechanical driving principles of spherical robots // Robotics. – 2012. – № 1. – P. 3–23. DOI: 10.3390/robotics1010003

References

1. Semenov A.G. Transformiruemoe vedushchee koleso beze-kipazhnogo transportnogo sredstva [Transformed leading wheel of the transport facility without crew]. *Patent 2609851 Rossiiskaia Federatsiia*.

2. Suprun P.P., Grigorenko V.G. et al. Gruntozabornoe ustroystvo [Device for taking away the soil]. *Patent 2232233 Rossiiskaia Federatsiia*.

3. Za lunnym kamnem. Lunokhody [For moonstones. Lunohody], available at: www.telenir.net/nauchnaja_literatura_prochee/kosmicheskie_apparaty_issleduyut_lunu/p4.php (accessed 10 March 2017).

4. Avtomaticheskie mezhplanetnye stantsii [Automatic interplanetary stations], available at: <http://www.kosmos4you.ru/texnika/avtomaticheskie-mezhplanetnye-stantsii/issledovaniya-luny.html> (accessed 10 March 2017).

5. Pokoriteli drugikh planet [Conquerors of other planets], available at: <http://bashny.net/altair/2015/01/29/pokoriteli-drugih-planet-25-foto.html> (accessed 10 March 2017).

6. Bogachev A.N., Borovkov A.A. et al. Sochlennoe kolesnoe transportnoe sredstvo [United wheel transport facility]. *Patent 2022859 Rossiiskaia Federatsiia*.

7. Ishchein V.K., Lapotko O.P. et al. Koleso s izmeniaemym diametrom Ishcheina [Wheel with changeable diameter of Ischein]. *Avtorskoe svidetel'stvo 929467 USSR*.

8. Hermanns W., Kharmann V. Variable diameter wheel. *Patent 3 802 743 USA*.

9. Kemurdzhian A.L., Kolpakov E.D. et al. Koleso transportnogo sredstva [Wheel of the transport facility]. *Avtorskoe svidetel'stvo 525566 USSR*.

10. Kreativnyi kontsept transporta-transformera budushchego [Neobchnyy conceptual sample of the transport with variable geometry future], available at: <http://prointeresnoe.ru/kretivnyj-koncept-transporta-transformera-budushhego.html> (accessed 16 March 2016).

11. Kemurdzhian A.L. et al. Avtomaticheskie stantsii dlia izucheniia poverkhnostnogo pokrova Luny [Automatic stations for study of the surface cover of the Moon]. Moscow: Mashinostroenie, 1976. 200 p.

12. Semenov A. Chastnaia kosmicheskaia istoriia. Memuary [The Private cosmic history. Memoirs]. YAM LAMBERT Academic Publishing. Saarbrücken – Berlin – Leipzig, Deutschland. 12.12.2012 (ISBN 978-3-659-99261-2). pp. 13.

13. Dobretsov R.Iu., Borisov E.G. et al. Sfericheskkii robot kak platforma dlia vedeniia ekologicheskogo monitoringa [Spherical robot as platform for conduct of the ecological monitoring]. *Transport. Transportnye sooruzheniia. Ekologiia*, 2015, no. 3, pp. 35-50.

14. Dobretsov R.Iu., Borisov E.G., Matrosov S.I. O vybore tipa privoda dlia sfericheskogo robota [About choice of the type of the drive for spherical robot]. *Transport. Transportnye sooruzheniia. Ekologiia*, 2016, no. 2, pp. 17-29.

15. Chase R., Pandya A.A. Review of Active Mechanical Driving Principles of Spherical Robots. *Robotics*, 2012, no. 1, pp. 3-23, doi: 10.3390/robotics1010003.

Получено 20.03.2017

Об авторе

Семенов Александр Георгиевич (Санкт-Петербург, Россия) – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, почетный изобретатель Европы, академик ЕАЕН, МАНЭБ, МАС, ПАНИ, член-корреспондент АВН, доцент, ведущий научный сотрудник кафедры

«Инжиниринг силовых установок и транспортных средств» Института энергетики и транспортных систем, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: agentnomer117@mail.ru.).

About the author

Aleksandr G. Semenov (St. Petersburg, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Senior Scientific Employee, the Real Member (the Academician) to European Academy of the Natural Sciences, International Academy of the Sciences to Ecologies and Safety to Vital Activity, International Academy Social Technology, Peter Academies of the Sciences, Associate Member Academies of the Military Sciences, Associate Professor and Leading Scientific Employee, Department of Engineering of Engines and Transport Vehicles, Institute of Energy and Transport Systems, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (29, Polytechnic st., Saint Petersburg, 614990, Russian Federation, e-mail: agentnomer117@mail.ru.).