

УДК 62-932.4

DOI: 10.22213/2410-9304-2023-1-14-22

Концепция создания космических беспилотных самоходных колесных аппаратов

А. М. Липанов, доктор технических наук, профессор, Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения РАН, Ижевск, Россия

С. А. Петрушин, кандидат технических наук, Республиканский центр робототехники, Ижевск, Россия

А. Л. Кузнецов, доктор экономических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

В данной статье рассмотрены концептуальные схемы создания беспилотных самоходных колесных аппаратов для исследования космических тел типа Марс и Луна. Все ранее используемые схемы концептуально были разработаны еще в 60-е годы прошлого столетия на основе отечественной космической школы и достаточно хорошо себя зарекомендовали, хотя и не лишены серьезных недостатков. В настоящее время, когда ведется борьба за освоение Луны и Марса, в которую включаются все новые и новые игроки, разработка самоходных двигателей, способных не только перемещаться, но и выполнять весьма сложные исследовательские функции в продолжительном периоде времени, представляется весьма сложной и актуальной задачей. Группа ученых, выполняющих научно-исследовательскую работу по созданию беспилотного самоходного колесного аппарата, способного транспортировать раненых горняков из шахты или бойцов с поля боя, разработали принципиально новую концептуальную схему, основанную на двухколесных модулях, соединенных уникальным сцепным устройством, обеспечивающим высокую устойчивость, проходимость и надежность. Дальнейшие испытания разработанного беспилотного самоходного колесного аппарата показали, что данная концепция может с успехом использоваться в условиях освоения космических планет типа Луна и Марс. Консультации со специалистами производственных организаций Удмуртии убедили в правильности полученных выводов и подтвердили технические возможности реализации этого проекта на своих производственных мощностях. Учитывая, что промышленные предприятия Удмуртской Республики обладают всеми необходимыми компетенциями в области разработки систем управления космическими аппаратами, производства уникальных электрических двигателей и материалов, способных работать в экстремальных космических условиях, дает право рассматривать предлагаемую концепцию как весьма перспективную разработку, не имеющую аналогов в мире и обеспечивающую технологическое превосходство в процессе освоения Луны и Марса.

Ключевые слова: луноход, марсоход, беспилотные самоходные аппараты, лунная программа, освоение Луны и Марса, БСКА.

Введение

Развитие мировой космической отрасли позволяет сделать вывод, что XXI век будет веком колонизации ближайших наших космических соседей Луны и Марса, начало которой положено в XX веке учеными СССР, США и Индии. В настоящее время к этой программе присоединились: Китай, Япония, Евросоюз и Израиль [1, 2]. Они уже сделали серьезные заявки на исследование Луны и Марса с помощью беспилотных самоходных аппаратов.

Проанализировав информацию о функционировании наиболее успешных марсоходов на Марсе [3, 4], китайского «Тяньвэнь-1» и американского «Perseverance», можно сделать некоторые выводы об особенностях их конструкции, поскольку все другие аппараты создаются на этих же принципах.

Первый и основной вывод, который напрашивается: все они выполняются на принципах, предложенных советской школой космонавтики

еще в начале 60-х годов XX века [5]. В то время эти принципы конструирования были передовой концепцией. Сегодня новые материалы, элементная база и принципы проектирования систем автоматического управления (САУ) требуют нового подхода к конструированию, новой концепции создания беспилотных самоходных аппаратов, тем более что все существующие конструкции имеют весьма существенные конструкционные недостатки, приводящие к достаточно быстрому выходу исследовательских дорогостоящих аппаратов из строя. Прежде всего, речь идет о требовании увеличения полезной площади на аппаратах для размещения разного рода аппаратуры и манипуляторов, что неминуемо приводит к сокращению их маневренности, а следовательно, в разы повышает риск их потери.

Целью данной работы является апробация теоретической и практической модели создания беспилотного самоходного колесного аппарата для использования в освоении луны, марса

и других планет солнечной системы. В данной статье рассмотрен принципиально новый подход к концепции создания космических беспилотных колесных аппаратов (БСКА).

Конструкционные особенности БСКА

Основной особенностью известных космических самоходных аппаратов является то, что все они относятся к классу малоразмерных беспилотных самоходных колесных аппаратов, поскольку колесный движитель наиболее прост и надежен по конструкции и его энергетические свойства по преобразованию подводимой мощности в продольную скорость (*mod \bar{V}*) наиболее эффективны [6].

Другой особенностью космических БСКА является то, что все они шестиколесные с колесной формулой 6×6. При этом каждое колесо имеет упругую подвеску торсионного типа, а у американского аппарата еще и каждое колесо имеет свое поворотное устройство. Такая система технологически достаточно сложная, менее надежная, и не всем создателям космических БСКА ее удастся повторить, пока доступно только США. В связи с этим практически во всех подобных аппаратах используется не рулевой, а бортовой принцип управления курсом (*arg \bar{V}*).

У всех аппаратов высокий клиренс, чтобы повысить проходимость аппарата для пропускания неровностей в виде мелких камней между колес и компенсации сложного рельефа поверхности. Высокий клиренс – это также плата за упругую (торсионную) подвеску колес. В результате, высокий клиренс приводит к высокому центру масс конструкции, а это ухудшает боковую устойчивость БСКА на наклонной плоскости и увеличивается риск его опрокидывания при наезде на препятствие. Упругие подвески в космических аппаратах служат в основном, чтобы обеспечивать равномерное вертикальное усилие поджатия колес к опорной поверхности для обеспечения максимальной тяги. Из-за невысокой скорости перемещения они в меньшей степени служат для амортизации конструкции.

Другой особенностью планетоходов является их длинная база. Такое конструктивное решение повышает продольную устойчивость, препятствует опрокидыванию БСКА при больших продольных углах наклона местности. Однако длинная база снижает маневренность БСКА и увеличивает его радиус поворота (маневренность). Для компенсации этого недостатка на БСКА Perseverance все колеса сделаны поворотными (управляемыми), да еще и снабжены системой их подъема (элемент локомоции). Китай-

ский БСКА, как и все иные космические аппараты, имеет бортовой (танковый) разворот, но на неровных участках поверхности при наличии упругой подвески (крутой разворот может ее вывернуть) он требует большего времени на выполнение поворота из-за ограничения боковых нагрузок на подвеску, что существенно снижает их маневренность. Отметим, что длинная база космических аппаратов определяется также необходимостью размещения на них солнечных батарей (СБ) и как можно больше исследовательской аппаратуры, количество которой растет с каждой новой экспедицией.

Анализ досрочного прекращения некоторых миссий, посланных на Луну и Марс БСКА, указывает на две основные причины, это:

- отказ силовой энергетической установки;
- аварии, обусловленные ошибками управления.

Отказ силовой энергетической установки происходил в основном из-за выработки ресурса его электрических аккумуляторных батарей (ЭАБ) или по причине выхода из строя ее СБ в результате их поломки, запыления или отказа системы ориентирования на источник света. Нами предлагается использование ядерных энергетических установок, что позволяет принципиально по-новому решить эту задачу.

Аварии, обусловленные ошибками управления оператором, возникают из-за задержки в реакции управления на ситуацию в окружении БСКА, плохим обзором окружающего пространства в радиусе до 50...65 метров и плохой пассивной устойчивостью аппарата к опрокидыванию.

С учетом аппаратной задержки сигнала и временем прохождения им расстояния до объекта управления даже для БСКА, находящегося на Луне, достигает 5...7 с, а для Марса – 20...25 с. Учитывая, что технические возможности по скорости движения БСКА находятся в пределах 2,0...4,0 м/с, эта задержка становится существенным фактором точности управления. При этом требуется оценить рельеф предполагаемого маршрута движения БСКА как минимум 15...20 м для управления лунным БСКА и 50...60 м для марсианского, что не всегда можно реализовать на практике, даже имея на борту видекамеры высокого разрешения. Нужна подробная трехмерная картина местности, по которой может быть проложен маршрут движения планетохода.

Для минимизации аварий, обусловленных ошибками управления, а именно неправильными действиями оператора, в настоящее время

применяются несколько методов. Пока по аналогии с автомобильными автоматическими системами это активная система безопасности и детальная проработка маршрута движения БСКА по местности.

В первом случае применяют системы акустического, там, где это возможно, и лазерного сканирования местности для построения ее модели и на базе полученной модели прокладывают маршрут движения.

Во втором случае, также там, где это возможно, используют беспилотные летательные аппараты (БПЛА) для оценки окружающей БСКА местности, составления ее 3D-карты и выбора наиболее приемлемого маршрута движения по ней. Но этот метод применим только в случае, когда на планете или Луне имеется атмосфера.

Относительно САУ, которую используют для повышения активной устойчивости и управляемости БСКА, сложно что-то комментировать, поскольку информация о ней довольно скудная, однако на сегодня, не касаясь элементов искусственного интеллекта (ИИ), такие системы могут быть реализованы без каких-либо существенных проблем в любой технологически развитой стране, поскольку их теоретическая и элементная база достаточно хорошо проработаны [7]. Еще одной наблюдаемой тенденцией конструкции космических БСКА является постоянно увеличивающийся их вес и габаритные размеры. Первые аппараты не превышали 1 метра в длину и 0,5 м в высоту. Последний американский аппарат *Perseverance* по размерам превысил автомобиль «Тесла», отправленный *Илоном Маском* в космос. Обусловлено это постоянно увеличивающимся набором аппаратуры, которую размещают на них, и эта тенденция сохраняется.

Анализ результатов и выводы

Проведенный выше анализ позволил нам предложить свою концепцию БСКА для этих целей, которая заключается в использовании

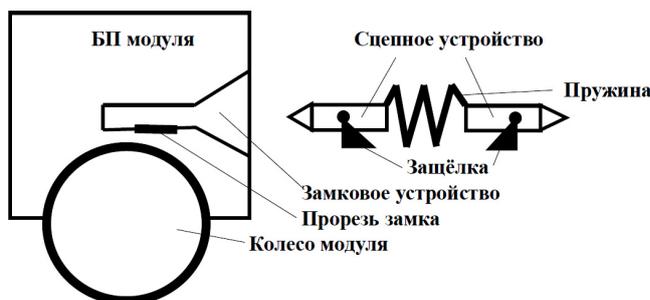


Рис. 2. Внешний вид сцепного устройства. Конусы-наконечники не показаны (ООО «РЦР», РФ)

Fig. 2. The appearance of the coupling device. Cones-tips are not shown (LLC "RCR", RF)

простой, многомодульной, многофункциональной конструкции БСКА.

В рамках проведенной нами научно-исследовательской работы (проект «Хамелеон») была разработана и реализована в макетном образце концепция конструкции базового модуля (рис. 1), используя который можно создать многофункциональный БСКА для исследования и колонизации Луны и Марса.

Созданный на базе этого модуля БСКА был разработан для шахты одной крупной угольной компании РФ (Концепция создания беспилотного самоходного аппарата для работы в угольных шахтах [8] и его работа были показаны на одном из центральных телевизионных каналов страны (Россия 1)).



Рис. 1. Базовый модуль БСКА проекта «Хамелеон»

Fig. 1. The basic module of the BSC of the Chameleon project

В ее основу положен принцип создания двухколесного базового модуля; объединение модулей с помощью специально разработанного сцепного устройства (рис. 2) в «змею» позволяет получить многомодульный БСКА различного функционального назначения. Модули, объединенные в «змею», могут иметь различное функциональное назначение, но в основе конструкции каждого из них лежит базовый модуль.



Базовый двухколесный модуль прост по конструкции и обладает минимально возможным весом. Его конструкция – это тележка с жестко установленными двумя колесами, поскольку скорость перемещения его по поверхности (*mod V*) лежит в пределах 2...4 м/с, нет смысла в амортизации конструкции. Колеса не имеют поворотных шарниров и какой-либо подвески (рессорной, торсионной или пружинной), поскольку две точки опоры на любом профиле опорной поверхности обеспечивают максимально возможное сцепление колес. Каждое колесо через редуктор связано с тяговым двигателем постоянного тока (ДПТ). Все это делает конструкцию максимально простой и сверхнадежной.

Отсутствие привода поворота колеса позволяет использовать два возможных способа изменения направления движения базового модуля (*arg V*): либо изменением скоростей вращения колес по бортам для плавного изменения, либо изменением направления их вращения («раздрай») для резкого изменения *arg V*. При этом жесткая связь колеса с редуктором позволяет выдерживать высокие боковые нагрузки при осуществлении бортового разворота.

Максимальное значение двух колесных модулей в сцепке, которое было нами испытано, составило шесть, хотя в принципе их количество ничем не ограничено.

Конструкция разработанного сцепного устройства позволяет при необходимости автоматически присоединять и отсоединять модули от «змеи», не изменяя структуру БСКА, меняя только его функционал.

Система автоматического соединения (разъединения) модулей позволяет доставлять модули на поверхность планет или лун отдельно (каждый со своей специфической аппаратурой для исследования: анализаторы, буры и т. п.) в любом количестве, которые после посадки автоматически соединятся в нужную конструкцию БСКА. Если какой-то модуль по каким-то причинам разрушится, он просто будет отцеплен (самоконфигурация БСКА) и БСКА будет продолжать функционировать дальше, уже без него.

Данное сцепное устройство не основано на принципах, используемых в конструкциях магнитных муфт, поэтому не требует энергии на обеспечение кинематической связи между модулями. Эта конструкция является коммерческой тайной предприятия. Для автоматического зацепления (разъединения) модулей нами разработаны две системы, обеспечивающие их стыковку.

В первом случае позиционирование осуществляется с помощью ультразвуковой САУ, во втором – с помощью лазерной системы наведения на цель. Данные САУ относительно хорошо теоретически и технологически проработаны для подсветки и стыковки различных объектов и не являются коммерческой тайной [9, 10].

Гироскопическая система обеспечения устойчивости движения двухколесного модуля проекта «Хамелеон» по типу устанавливаемых на гироскутеры Segway в настоящее время также достаточно хорошо отработана и позволяет ему самостоятельно перемещаться по относительно ровной поверхности для обеспечения стыковки с другими модулями при изменении конфигурации и функционала БСКА.

Отсутствие системы поворота колеса позволяет использовать два способа изменения направления движения базового модуля (*arg V*): либо изменением скоростей вращения колес по бортам для плавного изменения, либо изменением направления их вращения («раздрай») для резкого изменения *arg V*.

Нами разработано несколько модулей различного функционального назначения (пока имеется 32 функциональных модуля). Основные:

- базовый модуль для перевозки грузов (рис. 1). В его конструкции и САУ заложены решения, которые используются в иных модулях, созданных в рамках данной концепции. Габариты и несущая способность этого модуля определяют размеры всего БСКА, создаваемого для исследования и колонизации космических объектов;

- модуль с универсальной роботизированной платформой (УРП) для БПЛА – квадрокоптеров (рис. 3). БПЛА в основном выполняют функции разведчиков, которые получают снимки прилегающей в пределах 100...250 м к БСКА местности для составления в дальнейшем ее 3D-карты, чтобы облегчить прокладку маршрута. Следует иметь в виду, что этот модуль может быть использован только на планете или Луне, у которой имеется атмосфера;

- модуль с УРП для мини-БСКА. В случае когда на космическом объекте атмосфера отсутствует, роль разведчика окружающего его пространства в пределах тех же 100...250 м выполняют мини-БСКА. Они могут создавать профилограммы и сейсмограммы местности, вести видеоразведку удаленных от БСКА районов местности, брать образцы грунта и анализировать их [11, 12].

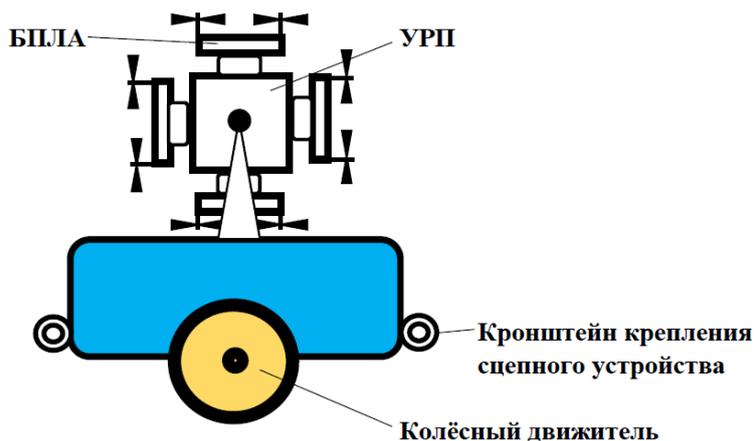


Рис. 3. Модуль с универсальной роботизированной платформой (УРП) для БПЛА – квадрокоптеров

Fig. 3. Module with a universal robotic platform (URP) for UAV quadcopters

Научным коллективом были разработаны и изготовлены также модули:

- с манипулятором для сбора с поверхности земли различных минералов;

- оснащенный лазерной системой обнаружения БПЛА и слежения за его полетом, который может использоваться в связке с модулем для отслеживания полета запускаемых БПЛА и самостоятельно при изучении вулканической деятельности на космическом объекте [13], модуль для сбора информации о физических свойствах грунта и его составе и ряд других;

- для сбора информации об атмосфере, ее физических свойствах и составе;

- для разведки и фиксации окружающей местности, составления ее профилограммы. Как правило, данный модуль оснащен видеокamerой, тепловизором, счетчиками, регистрирующими радиацию, магнитометром и другими подобными приборами;

- для сейсмической разведки местности. Данный модуль составляет карту размещения управляемых зарядов взрывчатки, раскладывает их, фиксирует их координаты и осуществляет их подрыв, фиксируя время взрыва;

- для установки стационарных датчиков различного типа, как правило, этот модуль предназначен для установки невозвращаемых датчиков, которые передают информацию по радиоканалу. В модуле же эта информация проходит предварительную обработку для передачи ее потребителю;

- для взятия кернов с различной глубины от поверхности. Модуль оснащен буровой установкой и контейнерами для хранения полученных кернов;

- для передачи информации (ретрансляции сигнала) иным БСКА или на спутник, находя-

щийся на орбите. Данный модуль используется в БСКА, если мощность стандартного передатчика недостаточна или для передачи информации требуется направленная, автоматически позиционированная антенна;

- для перевозки астронавтов по поверхности планет и лун. Модуль отличается от базового модуля только наличием анатомического сидения с боковыми держателями и джойстикового пульта управления. При необходимости можно разработать базовый модуль больших размеров, который позволит создать высоко проходимое транспортное средство, способное перевозить несколько астронавтов и дополнительные специализированные модули. При этом кабина аппарата может быть герметичной со своей автономной системой поддержания необходимого микроклимата;

- генерирующий дополнительную энергию для зарядки ЭАБ модулей всего БСКА. На нем может быть установлена гибридная силовая установка типа «двигатель Стирлинга – электрический генератор – ЭАБ» либо радиоизотопная термоэлектрическая генераторная установка [14].

Конструкция базового модуля, как уже отмечалось, предельно проста: рама, ДПТ, редуктор, установленный на раму, два колеса, жестко соединенных с редуктором и САУ управления скоростью (мощностью) и направлением вращения ДПТ с помощью электронных ключей для переключения полярности ЯО и широтно-импульсной модуляции тока в обмотке возбуждения. Отсутствует подвеска колес и привод управления поворотом колеса. Достоинством такой конструкции модуля также является минимально возможный его вес.

Кроме простоты, такая конструкция позволяет обеспечить минимально возможный клиренс базового модуля, а значит, и минимально возможный для него центр тяжести, что повышает пассивную систему устойчивости к опрокидыванию (боковой устойчивости) модуля при его движении по неровной поверхности. По сути это ползающий аппарат, для которого не страшен факт бокового переворота, поскольку он практически невозможен. Сцепное устройство будет держать отдельный модуль даже в случае, если его крен достигнет 90°.

Низкий центр тяжести наряду с гибкой связью между модулями обеспечивает БСКА высокую устойчивость к переворотам при наезде на практически любые препятствия, повышая пассивную устойчивость к опрокидыванию в продольном направлении (продольную устойчивость) и проходимость БСКА по сильно пересеченной местности. Если передний модуль съедет в воронку от метеоритной деятельности, гироскоп сможет это зафиксировать и оставшиеся в сцепке модули смогут автоматически вытащить его из этой воронки, используя реверс.

В трехмодульном варианте БСКА (как и рассмотренные ранее аппараты с колесной формулой 6×6) у него сразу 15 степеней свободы, что на несколько порядков делает его более маневренным и проходимым. Увеличение модулей в цепочке ведет к увеличению степени свободы полученного при этом БСКА на величину 3^n , где n – количество модулей в его составе. При испытаниях БСКА, соединенных нашим сцепным устройством, которое обеспечивает его

многофункциональность, плавный радиус поворота, составил половину длины образованной «змеи». Тот же БСКА из трех стандартных модулей преодолел препятствие в виде эскарпа высотой 2,3 диаметра колеса, подчеркиваем – диаметра, а не радиуса.

Отметим, что такая конструкция позволяет относительно просто проводить модернизацию функционирующего БСКА. Каждая новая экспедиция может доставлять отдельные модули, обладающие новыми функциями или выполненные на новой элементной базе, которые могут быть интегрированы в существующий уже на Луне или Марсе БСКА или использованы для замены каких-либо отдельных модулей в нем. Можно периодически посылать на исследуемую луну или планету подобный БСКА, который будет соединяться с уже находящимся там аппаратом и изменять его функционал. Данная концепция конструкции является открытой и позволяет наращивать функционал космического аппарата [15].

Кроме того, модуль доставки БПЛА может быть заменен на модуль доставки мини-БСКА (рис. 4), поскольку не на всех планетах и лунах имеется атмосфера, поэтому облет предполагаемого маршрута движения на квадрокоптерах там невозможен. Использовать же высокопроходимые мини-БСКА для составления карты маршрута в этом случае вполне реально, несмотря на то, что в этом случае время составления такой карты будет на несколько порядков больше. Ориентировочно оно составит от 2 до 5 минут на каждый метр маршрута.

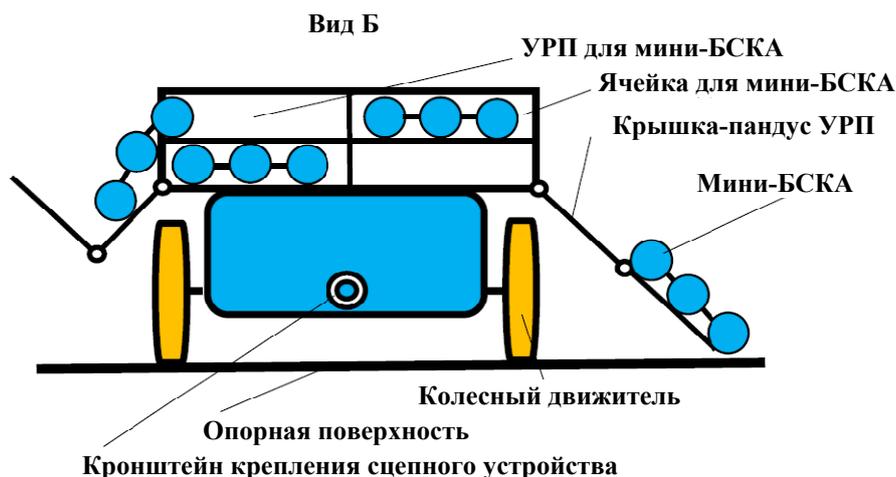


Рис. 4. Мнемосхема модуля БСКА с УРП для мини-БСКА (проект «Удав»)

Fig. 4. Mnemonic diagram of the BSK module with URP for mini BSK (project "Boa")

Для сокращения этого времени для планет и лун без атмосферы нами разработан модуль (проект «Летающая тарелка»), в рамках которо-

го осуществляется выбрасывание специальной катапульты видеокamеры-разведчика (выполненной на базе одного модуля мини-БСКА про-

екта «Удав») в направлении предполагаемого маршрута на расстояние до 9 м для составления его траектории маршрута, которая впоследствии подбирается БСКА и вновь запускается в нужном направлении. В случае если данное направ-

ление является непроходимым для аппарата, достаточно до 5 видеокамер-разведчиков, которые можно использовать для целей составления маршрута. В принципе, их количество может быть увеличено.

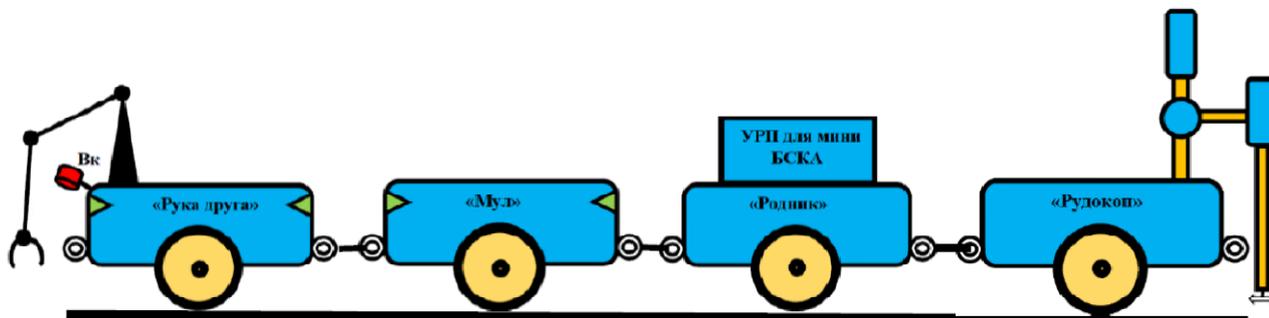


Рис. 5. Мнемосхема четырехмодульного многофункционального БСКА для исследования лун и планет

Fig. 5. Mnemonic diagram of a four-module multifunctional BSC for the study of the moon and planets

На рис. 5 представлен четырехмодульный многофункциональный БСКА, который может быть взят за основу для исследования лун и планет. Основной вывод по предложенной концепции конструкции космических аппаратов: многомодульный многофункциональный БСКА проекта «Хамелеон» по конструктивным показателям намного превосходит все представленные луноходы и марсоходы.

По нашему мнению, концепция конструкции БСКА проекта «Хамелеон» является на сегодня идеальным транспортным средством для исследования лун и планет солнечной системы с удаленным доступом к его управлению.

Библиографические ссылки

1. Краснослободцев В. П., Раскин А. В., Тарасов И. В. Взгляды военно-политического руководства Китая на использование космического пространства в военных целях // Стратегическая стабильность. 2020. № 2 (91). С. 14–16.
2. Ганиев Т. А., Карякин В. В. Космическая политика мировых и региональных держав. М. : Архонт, 2020. 175 с. ISBN 978-5-94691-563-2.
3. Лисов И. А. Великий марсианский десант 2020 года // Земля и Вселенная. 2020. № 5. С. 29–42. DOI 10.7868/S0044394820050035.
4. Якимчук Н. А., Корчагин И. Н. Геологическое строение участка посадки марсохода NASA Perseverance на Марсе по результатам частотно-резонансной обработки спутниковых снимков // Новые идеи в науках о Земле : материалы XV Международной научно-практической конференции. В 7 т. Москва, 01–02 апреля 2021 года. М.: Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе, 2021. С. 14–17.
5. Планетоходы / А. Л. Кемурджиан, В. В. Громов, И. Ф. Кажукало и др. ; под ред. А. Л. Кемурд-

жиана. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Машиностроение, 1993. 400 с. : ил.

6. Юревич Е. И. Основы робототехники. СПб. : БХВ-Петербург, 2005. 416 с. : ил.

7. Бесекерский В. А., Попов Е. П. Теория автоматических систем управления. СПб. : Профессия, 2003. 752 с. : ил.

8. Концепция создания беспилотного самоходного аппарата для работы в угольных шахтах. Часть 1 / А. М. Липанов, В. Б. Артемьев, С. А. Петрушин [и др.] // Горная промышленность. 2022. № 5. С. 52–63. DOI 10.30686/1609-9192-2022-5-52-63.

9. Основы импульсной лазерной локации / В. И. Козинцев, М. Л. Белов, В. М. Орлов и др. ; под ред. В. Н. Рождевина. М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. 512 с. : ил.

10. Оптико-электронный комплекс детального наблюдения / А. В. Денисов, В. В. Попов, С. В. Логунов, П. В. Карев // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2020. Т. 20, № 1. С. 24–31. DOI 10.17586/2226-1494-2020-20-1-24-31.

11. Система технического зрения роботизированного лазерного технологического комплекса закалки инструмента / В. В. Звездин, Р. М. Хисамутдинов, С. С. Сыркин [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2020. № 3. С. 407–414.

12. Патент № 2753592 С1 Российская Федерация, МПК F41G 3/32. Комплекс оценки помехоустойчивости полуактивной лазерной головки самонаведения управляемого боеприпаса : № 2020134824 : заявл. 22.10.2020 : опубл. 18.08.2021 / Е. А. Левшин, В. В. Беляев ; заявитель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» Министерства обороны Российской Федерации.

13. Мобильный роботизированный комплекс наземной колесной платформы с беспилотным летательным аппаратом / А. И. Черноморский, Д. А. Сурков, М. Б. Шумов, Э. Д. Курис // Современные технологии в задачах управления, автоматики и обработки информации : сборник трудов XXVIII Международной научно-технической конференции. Алушта, 14–20 сентября 2019 года. Алушта : Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», 2019. – С. 166.

14. Ридер Г., Хупер Ч. Двигатели Стирлинга. М. : Мир, 1986. 464 с. : ил.

15. Комплекс группового управления беспилотными аппаратами / К. Ю. Котов, А. С. Мальцев, Е. Е. Пришляк, М. А. Соболев // Вычислительные технологии. 2021. Т. 26, № 1. С. 99–111. DOI 10.25743/ICT.2021.26.1.008.

References

1. Krasnoslobodtsev V.P., Raskin A.V., Tarasov I.V. [Views of the military-political leadership of China on the use of outer space for military purposes / V. P. Krasnoslobodtsev]. *Strategicheskaya stabil'nost'*. 2020. No. 2. Pp. 14-16 (in Russ.).
2. Ganiev T.A., Karyakin V.V. *Kosmicheskaya politika mirovykh i regional'nykh derzhav* [Space policy of world and regional powers]. Moscow: Archon, 2020. 175 p. ISBN 978-5-94691-563-2 (in Russ.).
3. Lisov I.A. [The Great Martian landing of 2020]. *Zemlya i Vseleennaya*. 2020. No. 5. Pp. 29-42. DOI 10.7868/S0044394820050035 (in Russ.).
4. Yakimchuk N.A., Korchagin I.N. *Geologicheskoe stroenie uchastka posadki marsokhoda NASA Perseverance na Marse po rezul'tatam chastotno-rezonansnoi obrabotki sputnikovykh snimkov* [Geological structure of the landing site of the NASA Perseverance rover on Mars based on the results of frequency-resonance processing of satellite images]. *Novye idei v nauках o Zemle : materialy XV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Proc. New ideas in Earth sciences: Materials of the XV International Scientific and Practical Conference. In 7 volumes, Moscow, April 01-02, 2021]. Moscow: S. Ordzhonikidze Russian State Geological Exploration University, 2021. Pp. 14-17 (in Russ.).
5. Kemurdjian A.L., Gromov V.V., Kazhukalo I.F. *Planetokhody* [Planetohods]. 2nd ed., reprint. and additional. Moscow: Mechanical Engineering, 1993. 400 p. (in Russ.).
6. Yurevich E.I. *Osnovy robototekhniki* [Fundamentals of robotics]. St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2005. 416 p. (in Russ.).
7. Besekersky V.A., Popov E.P. *Teoriya avtomaticheskikh sistem upravleniya* [Theory of automatic control systems]. St. Petersburg: Publishing house "Profession", 2003. 752 p. (in Russ.).
8. Lipanov A.M., Artemyev V.B., Petrushin S. A. [et al.] [The concept of creating an unmanned self-propelled vehicle for working in coal mines. Part 1]. *Gornaya promyshlennost'*. 2022. No. 5. Pp. 52-63. DOI 10.30686/1609-9192-2022-5-52-63 (in Russ.).
9. Kozintsev V.I., Belov M.L., Orlov V.M., etc. *Osnovy impul'snoi lazernoj lokatsii* [Fundamentals of pulsed laser location]. Moscow: Publishing House of Bauman Moscow State Technical University, 2006. 512 p. (in Russ.).
10. Denisov A.V., Popov V.V., Logunov S.V., Karev P.V. [Optical-electronic complex of detailed observation]. *Scientific and Technical Bulletin of information Technologies, Mechanics and optics*. 2020. Vol. 20, no. 1. Pp. 24-31. DOI 10.17586/2226-1494-2020-20-1-24-31 (in Russ.).
11. Zvezdin V.V., Hisamutdinov R.M., Syrkin S.S. [et al.] [The system of technical vision of the robotic laser technological complex of tool hardening]. *Izvestiya Tula State University. Technical sciences*. 2020. No. 3. Pp. 407-414 (in Russ.).
12. Patent No. 2753592 C1 Russian Federation, IPC F41G 3/32. A complex for assessing the noise immunity of a semi-active laser homing head of a guided munition : No. 2020134824 : application 22.10.2020 : publ. 18.08.2021 / E. A. Levshin, V. V. Belyaev ; applicant Federal State State Military Educational Institution of Higher Education "Military Training and Research Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yuri Gagarin" of the Ministry of Defense of the Russian Federation (in Russ.).
13. Chernomorsky A.I., Surkov D.A., Shumov M.B., Kuris E.D. *Mobil'nyi robotizirovannyi kompleks nazemnoi kolesnoi platformy s bespilotnym letatel'nyim apparatom* [Mobile robotic complex of a ground wheeled platform with an unmanned aerial vehicle]. *Sovremennye tekhnologii v zadachakh upravleniya, avtomatiki i obrabotki informatsii : sbornik trudov XXVIII Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii. Alushta, 14–20 sentyabrya 2019 goda* [Proc. XXVIII International Scientific and Technical Conference "Modern technologies in control tasks, automation and information processing" : proceedings, Alushta, September 14-20, 2019]. Alushta: National Research Nuclear University "MEPhI", 2019. p. 166 (in Russ.).
14. Reader G., Hooper Ch. *Dvigateli Stirlinga* [Stirling engines]. Moscow: Mir Publ., 1986. 464 p. (in Russ.).
15. Kотов K.Y., Maltsev A.S., Prishlyak E.E., Soboлев M.A. [The complex of group control of unmanned vehicles]. *Computing technologies*. 2021. Vol. 26, no. 1. Pp. 99-111. DOI 10.25743/ICT.2021.26.1.008 (in Russ.).

The Concept Of Developing Unmanned Self-Propelled Vehicles

A. M. Lipanov, DSc. in Engineering, Prof., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, Russia

S. A. Petrushin, PhD in Engineering, Deputy Director of LLC "RCR"(Izhevsk), Russia

A. L. Kuznetsov, Doctor of Economics, Professor, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

The article discusses conceptual designs for development of unmanned self-propelled wheeled vehicles to study space bodies such as the Mars and the Moon. All previously used designs were conceptually developed in the 1960s on the basis of the Russian space school and have shown them to advantage, although they had some serious drawbacks. At present, when the race to conquer space of the Moon and Mars is underway, where more and more new "players" are included, the development of self-propelled propellers capable of not only to move, but also to perform very complex research functions for a long period of time seems to be a very difficult and urgent task. A group of scientists carrying out research on the developing of an unmanned self-propelled wheeled vehicle capable of transporting wounded miners from the mines or fighters from the battlefield have developed a fundamentally new conceptual design based on two-wheeled modules connected by a unique coupling device that provides high stability, passability and reliability. Further tests of the developed unmanned self-propelled wheeled vehicle showed that this concept can be successfully used for development of space objects such as the Moon and Mars. Consultations with specialists of industrial organizations of Udmurtia proved the correctness of the conclusions and confirmed the technical possibilities of implementing this project at their production facilities. Considering that the industrial enterprises of the Udmurt Republic have all the necessary competencies in the development of spacecraft control systems, the production of unique electric motors and materials capable of operating in extreme space conditions gives the right to consider the proposed concept as a very promising development that has no analogues in the world and provides technological superiority in the process of exploration of the Moon and Mars.

Keywords: Moon rover, Mars rover, unmanned self-propelled vehicles, lunar program, exploration of the Moon and Mars, BSKA.

Получено: 13.12.22

Образец цитирования

Липанов А. М., Петрушин С. А., Кузнецов А. Л. Концепция создания космических беспилотных самоходных колесных аппаратов // Интеллектуальные системы в производстве. 2023. Т. 21, № 1. С. 14–22. DOI: 10.22213/2410-9304-2023-1-14-22.

For Citation

Lipanov A.M., Petrushin S.A., Kuznetsov A.L. [The Concept Of Developing Unmanned Self-Propelled Vehicles]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*. 2023, vol. 21, no. 1, pp. 14-22 (in Russ.). DOI: 10.22213/2410-9304-2023-1-14-22.