

УДК 629.788

Исследование возможности создания прыгающего робота для изучения поверхности Венеры

Светлов Абрам Заурбекович

svetlovaz@student.bmstu.ru

Зеленцов Виктор Валентинович

victor.zelentsov@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Представлены текущие достижения разработки прыгающего робота для изучения поверхности Венеры, проведен анализ различных способов передвижения, и представлено решение проблемы невозможности использования мобильных роботов на Венере. Рассмотрен основной принцип работы робота, проведено моделирование в программе Matlab Simulink, получены результаты и сделан вывод о параметрах, критичных при разработке технического задания.

Ключевые слова: сферический робот, прыгающий робот, прыжковый механизм, Венера, исследование поверхности, шестизвенный механизм

Введение. Одна из наиболее важных целей в исследовании глубокого космоса — это изучение различных небесных тел солнечной системы, астероидов, комет, планет и их спутников. Особенно важно изучение поверхности этих небесных тел. Такие исследования проводятся с использованием неподвижных и подвижных беспилотных аппаратов, осуществляющих посадку на поверхность исследуемых небесных тел и имеющих на борту научную аппаратуру, необходимую для решения исследовательских задач, начиная с изучения рельефа, состава атмосферы, заканчивая анализами грунта. Возможность использования для решения этих задач мобильных роботов в значительной степени зависит от условий на поверхности исследуемых небесных тел, в некоторых случаях использование стандартных способов передвижения невозможно. Одна из планет с условиями на поверхности, при которых использование традиционных планетоходов может быть невозможным — Венера [1]. Для изучения Венеры проводились различные космические миссии, особенно, большинство из которых было выполнено СССР. Спускаемые аппараты были стационарными и не могли передвигаться по поверхности [2], так как реализация каких-либо подвижных платформ, использующих колесный, гусеничный или шагающий движитель и обладающих при этом необходимой надежностью при приемлемых массогабаритных характеристиках не была возможной на момент разработки миссий, да и в настоящее время является весьма проблематичной [3, 4].

Методы и материалы, результаты. Использование классических движителей для реализации мобильных роботов для исследования поверхности небесных тел с условиями, подобными венерианским чрезвычайно затруднено. Для выполнения задачи изучения Венеры видится рациональным использование робота, перемещающегося прыжками за счет использования инерционных сил, все системы которого находятся в защитном корпусе, обеспечивающем защиту от высокого давления и температуры, а также от

химического воздействия агрессивной атмосферы [5]. При этом прыжок производится путем разгона подвижной массы вдоль прямой, находящейся под некоторым углом к опорной поверхности, и ее остановки посредством неупругого столкновения с элементом конструкции корпуса робота, в результате чего на корпус передается накопленная подвижной массой кинетическая энергия, что, в свою очередь, приводит корпус со всеми системами аппарата в движение. В качестве прыжкового механизма предлагается использовать инерционный привод с пружиной растяжения [6], предварительно растягиваемой электрическим приводом. После освобождения потенциальная энергия пружины преобразуется шестизвенным рычажным механизмом в кинетическую энергию подвижной массы. Использование следящего привода позволяет управлять натяжением пружины, а, следовательно, высотой и дальностью прыжка, а поворот прыгающего механизма в горизонтальной плоскости позволяет управлять направлением прыжка. Сферическая форма защитного корпуса видится рациональным выбором, так как имеет несколько преимуществ: равномерное распределение внутренних и внешних сил, минимизация теплового напряжения и простота конструкции.

Заключение. Для того чтобы подтвердить возможность передвижения робота прыжками, было проведено моделирование прыжка в Simscape Multibody — пакета MATLAB Simulink. Были рассмотрены разные случаи, где варьировались углы наклона и степени растяжения пружины и подбирались наиболее оптимальные массы, при которых возможна максимальная высота. Была выведена зависимость высоты прыжка от потенциальной энергии пружины. Моделирование показало, что зависимость высоты прыжка от накопленной энергии параболическая, и может быть рассчитана. Чем больше отношение инерционной массы к массе всей конструкции, тем выше эффективность.

Список источников

- [1] Williams D.R. *Venus Fact Sheet NASA. Venus Fact Sheet*. NASA Goddard Space Flight Center. URL: <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/venusfact.html> (accessed 16.11.2025).
- [2] *Исследование Венеры*. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Исследование_Венеры (дата обращения 14.11.2025).
- [3] Sauder J. et al. *Automaton Rover for Extreme Environments (AREE)*. NASA Jet Propulsion Laboratory, 2017.
- [4] Ackerman E. JPL's Design for a Clockwork Rover to Explore Venus. *IEEE Spectrum*, 2017. URL: <https://spectrum.ieee.org/jpl-design-for-a-clockwork-rover-to-explore-venus> (accessed 16.11.2025).
- [5] Shchegov G.A., Konkin V.M. Selection of the vibration-driven Venus rover design parameters. *AIP Conf. Proc.*, 2021, vol. 2318 (1), art. no. 020018. <https://doi.org/10.1063/5.0035812>
- [6] Burdick J., Fiorini P. Minimalist Jumping Robots for Celestial Exploration. *The International Journal of Robotics Research*, 2003, vol. 22, no. 7–8, pp. 653–674. <https://doi.org/10.1177/02783649030227013>