

DOI 10.35264/1996-2274-2019-2-117-120

СТРОИТЕЛЬСТВО ЛУННЫХ БАЗ С ПОМОЩЬЮ ГИРОСКОПИЧЕСКИХ ГОРНЫХ МАШИН

В.А. Бобин, зав. отд. Института проблем комплексного освоения недр РАН,
д-р техн. наук, bobin_va@mail.ru

Рецензент: Ю.П. Галченко

Представлен проект реализации технологии переработки лунного реголита для строительства на Луне постоянных поселений с помощью гироскопических горных машин.

В состав роботизированного комплекса, реализующего эту технологию, входят лунная гироскопическая горная машина (ЛГГМ), механическая лопата для забора и транспортировки реголита к ЛГГМ, а также устройство перемещения переработанного реголита к загрузочному бункеру печатающей головки строительного 3D-принтера.

Показано, что в условиях пониженной гравитации и дефицита электрической энергии только ЛГГМ способна эффективно перерабатывать лунные породы и извлекать из них различные полезные компоненты, включая кислород, водород, титан, железо и редкоземельные металлы, а также обеспечивать нужный фракционный состав реголита для использования его в качестве строительного материала.

Такой роботизированный комплекс способен в автоматическом режиме за 10–14 дней построить лунную базу в виде ангара длиной 6,0 м, шириной 3,0 м и высотой не менее 2,5 м, объемом 54 м³, при этом общий вес комплекса не превысит 1 т.

Ключевые слова: лунная гироскопическая горная машина, мехлопата, 3D-строительный принтер, реголит, постоянное поселение.

THE CONSTRUCTION OF LUNAR BASES BY USING GYROSCOPIC MINING MACHINES

V.A. Bobin, Head of Department, Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources RAS, Ph. D., bobin_va@mail.ru

The project of realization of technology of processing of a lunar regolith for construction on the moon of permanent settlements by means of gyroscopic mountain mining machines is presented.

The robotic complex implementing this technology includes a lunar gyroscopic mining machine (LGGM), a mechanical shovel for the collection and transportation of regolith to LGGM, as well as a device for moving the processed regolith to the loading hopper of the printhead of a construction 3D printer.

It is shown that under conditions of reduced gravity and lack of electrical energy only lunar LGGM is able to efficiently process lunar rocks and extract from them various useful components, including oxygen, hydrogen, titanium, iron and rare earth materials, and also provides the necessary fractional composition of regolith for use as a building material.

Such a robotic complex is able to automatically build a lunar base in the form of a hangar with a length of 6 and a width of 3 m and a height of not less than 2,5 m, with a volume of 54 cubic meters, and the total weight of the complex will not exceed 1 ton.

Keywords: lunar gyroscopic mining machine, shovel, 3D-building printer, regolith, permanent settlement.

Введение

Настоящий прорыв в области технологий освоения полезных ископаемых Луны можно сделать, имея на ее поверхности постоянные лунные поселения. Для их строительства отлично подойдет лунный грунт (реголит), который позволит защитить селенавтов от жесткого космического излучения, космического холода и метеоритов при минимальных затратах электрической энергии.

Освоение полезных ископаемых Луны позволит России и всему человечеству получить значительную экономическую выгоду. Для реализации этой цели необходимо создать на поверхности Луны постоянное поселение с помощью технологии, использующей в качестве основного элемента энергоэффективную горную машину для переработки реголита.

В настоящее время реальным является проект создания лунного поселения на базе технологии 3D-печати, предложенный Европейским космическим агентством, который в качестве строительного материала будет использовать местный грунт – реголит, состоящий из обломков изверженных пород, минералов, стекла, метеоритов. Он лежит на поверхности Луны в виде разнородного обломочно-пылевого слоя глубиной несколько метров, а его химический состав и свойства изучены благодаря образцам, доставленным советскими автоматическими станциями «Луна», а также американскими астронавтами.

Однако в этой технологии не учитывается процесс приготовления реголита для печатающей головки 3D-строительного принтера. Чтобы из лунного реголита получились плотные и прочные строительные конструкции, он должен иметь вполне определенный фракционный состав, а так как реголит представляет собой разнородный материал, то его необходимо разрушить до заданного размера с помощью породоразрушающих горных машин.

Казалось бы, проблема получения заданного гранулометрического состава лунного реголита для 3D-строительного принтера элементарна, так как современная промышленность выпускает сотни различных видов мельниц, дробилок и тому подобных машин. Однако они имеют малый КПД (не более 3–5%), большие весовые показатели (порядка нескольких тонн), требуют значительных затрат электрической энергии переменного тока (десятки кВт), которая на Луне не вырабатывается, что делает невозможным в обозримом будущем их доставку на Луну, Марс и астероиды.

Естественно, что на первоначальном этапе освоения Луны источников электрической энергии переменного тока на ней просто не будет, и такие горные машины окажутся нероботоспособными. Кроме того, даже при наличии таких источников электроэнергии используемые в настоящее время на Земле устройства для разрушения твердых горных пород на Луне из-за различия в значениях ускорения свободного падения будут в 6 раз менее эффективны, так как силой разрушения горных пород в них является сила тяжести, как панацея современной техники дезинтеграции горных пород [1]. Все это доказывает, что работы по созданию горных машин, работающих от солнечных батарей, специально для Луны и астероидов не только актуальны, но и злободневны, так как без них реальное освоение богатств Луны невозможно, но может стать бессмысленной погоней за престижем и тратой материальных и духовных капиталов.

Основная часть

В настоящее время в ИПКОН РАН создана специальная горная машина для переработки реголита. Ее действующий экспериментальный образец назван лунной гироскопической горной машиной. В работах [1–2] доказано, что только гироскопическая сила является альтернативой силе гравитации при создании усилий дезинтеграции твердых материалов на Луне и других объектах с пониженной силой тяжести по сравнению с земной.

Конструкция ЛГГМ подробно описана в монографии [3]. В ИПКОН РАН создан и испытан лабораторный образец ЛГГМ производительностью 23 кг/ч, которая при весе всего 5 кг, потребляя 75 Вт электрической энергии постоянного тока, истирает образцы горной породы крепостью от 2 до 7 ед. по шкале М.М. Протоdjяконова и размером до 10 мм. Конечная

крупность измельчаемой горной породы составляет 40–80 мкм, что облегчает извлечение полезных компонентов. Значение достигнутого результата иллюстрируют сравнительные данные по всему перечню параметров серийно выпускаемых дисковых измельчителей (ИД) и экспериментального образца ЛГГМ, представленные в таблице.

Данные, представленные в таблице, показывают, что эффективность работы (Э) ЛГГМ в 23 раза больше, чем дисковых истирателей аналогичного назначения.

Использование в конструкции двигателей постоянного тока диктуется отсутствием на Луне, по крайней мере в начальный момент ее промышленного освоения, источников трехфазного переменного тока.

Известно, что по разным оценкам на северном и южном полюсах естественного спутника Земли содержится не менее 1,6 млрд т воды в виде льда, которая может стать источником для производства экологически чистого водородо-кислородного ракетного топлива. Кроме того, в реголите содержится значительное количество титана, железа и редкоземельных металлов, пригодных для создания многих элементов космических кораблей и постоянных лунных поселений, а также содержатся громадные запасы гелия-3 – основы будущей термоядерной энергетики, как для Луны, так и Земли.

Параметры	ИД-130	ИД-175	ИД-250	ЛДИ-65	ЛГГМ
Исходная крупность породы, мм	До 3	До 10	До 10	До 2	До 10
Конечная крупность породы, мм	0,044	0,05	0,08	0,05	0,06
Q , кг/ч	8	20	40	1	23
N , кВт	1,1	1,5	5,5	0,37	0,075
m , кг	55	80	160	17	5
$\Theta = Q/N$, кг/ч/кВт	7,3	13,3	7,3	2,7	306,0
$\Theta_{уд} = \Theta/m$, кг/ч/кВт/кг	0,13	0,17	0,045	0,16	62,0

В далеком будущем полномасштабное освоение Луны позволит превратить ее в промежуточный космопорт для полетов на астероиды, Марс и другие планеты солнечной системы.

Однако реализация этих технологий добычи полезных ископаемых на Луне возможна только при наличии на ее поверхности постоянных поселений, которые будут построены сначала в роботизированном варианте, а потом – при непосредственном участии людей. Для этого не придется завозить на Луну строительные материалы – потому, что в этом качестве можно использовать тот же реголит, который благодаря его физическим свойствам позволит защитить людей в этих поселениях от жесткого космического излучения, космического холода и метеоритов при минимальных затратах электрической энергии, получаемой от солнечных батарей.

Для строительства постоянных поселений в роботизированном варианте отлично подходит технология строительства 3D-печати. Для ее реализации предлагается создать роботизированный строительный комплекс, в состав которого войдут роботизированная ЛГГМ, мехлопата (погрузчик) и строительный 3D-принтер [3].

При этом погрузчик используется для забора и транспортировки реголита к загрузочному устройству ЛГГМ. В ЛГГМ реголит проходит предварительную обработку до такого фракционного размера, который необходим для оптимальной работы 3D-принтера, и с помощью того же погрузчика доставляется в его печатающую головку.

Сама печатающая головка строительного принтера устанавливается, например, на консольной или мостовой кран-балке, размещенной непосредственно на посадочном модуле прилуннившегося космического аппарата.

Оценочные расчеты, проведенные в ИПКОН РАН, показывают, что ЛГГМ производительностью 1 т/ч будет иметь размеры в диаметре не более 0,5–0,7 м, высоту 0,8–1,0 м и вес

не более 200 кг при потребляемой мощности не более 1,0–1,3 кВт и с эффективностью не менее 0,3 т/(кВт·ч). Габариты и весовые данные погрузчика и 3D-принтера сравнимы с весовыми параметрами ЛГГМ или ниже их, и вместе они не превысят вес «Лунохода-1», доставленного на поверхность Луны еще в 1970 г.

Лунный посадочный модуль доставит все элементы роботизированного строительного комплекса с автономными солнечными панелями, как это сделано на луноходах, или радиоизотопными источниками на основе плутония-238. При этом его общий вес не превысит 1 т, что позволит доставить все механизмы для реализации проекта одной ракетой – «Протон» или «Ангара».

Все это позволит в условиях дефицита энергии в щадящем режиме всего за 10–14 дней построить без вмешательства человека в роботизированном варианте на поверхности Луны опытную лунную базу в виде ангара размером в плане 6,0 × 3,0 м, высотой не менее 2,5 м и с толщиной стен не менее 1,5 м.

Вывод

Таким образом, ЛГГМ представляет собой горную машину, у которой сила разрушения горной породы не зависит от ускорения свободного падения, а определяется исключительно значениями угловых скоростей вращения ротора двухстепенного гироскопа и горизонтальной площадки, на которой он установлен, что позволяет использовать ее для реализации технологии переработки лунного реголита и использования его для строительства постоянных лунных поселений.

Список литературы

1. Бобин В.А., Бобина А.В. Гироскопические силы – новая физическая основа создания энергоэффективных горных машин // Наука и образование в XXI веке: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. 30.12.2013. Мин-во обр. и науки. М.: АР_Консалт, 2014. С. 27–30.
2. Бобин В.А., Покаместов А.В., Бобина А.В., Ланюк А.Н. Гироскопический измельчитель с центральной загрузкой породы. Патент РФ № 2429912, 2011, бюл. № 27.
3. Бобин В.А., Бобина А.В. Гироскопические горные машины для извлечения полезных ископаемых на Земле и Луне. М.: БИБЛИО-ГЛОБУС, 2016. 160 с. (Doi: 10.18334/9785912921490).

References

1. Bobin V.A., Bobina A.V. (2014) *Гироскопические силы – новая физическая основа создания энергоэффективных горных машин* [Gyroscopic forces – a new physical basis for the creation of energy-efficient mining machines] *Nauka i obrazovanie v KhKhI veke: sb. nauch. tr. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. 30.12.2013. Min-vo obr. i nauki. AR_Konsalt* [Science and education in the XXI century: Collection of scientific papers of International scientific-practical conf. 12/30/2013. Ministry of Education and Science. AR_Consult]. Moscow. P. 27–30.
2. Bobin V.A., Pokamestov A.V., Bobina A.V., Lanyuk A.N. (2011) *Гироскопический измельчитель с центральной загрузкой породы. Патент РФ No. 2429912* [Gyroscopic shredder with a central loading of the rock. The patent of the Russian Federation No. 2429912]. Bul. No. 27.
3. Bobin V.A., Bobin A.V. (2016) *Гироскопические горные машины для извлечения полезных ископаемых на Земле и Луне* [Gyroscopic mining machines for the extraction of minerals on Earth and Moon] *Biblioglobus* [BiblioGlobus]. Moscow. 160 p. (Doi: 10.18334/9785912921490).