

ИСКУССТВЕННАЯ ГРАВИТАЦИЯ ДЛЯ ПОСТОЯННОЙ ЛУННОЙ БАЗЫ*

А.О. МАЙБОРОДА

(директор НИК “АВАНТА-Консалтинг”, автор группы изобретений
в сфере космического транспорта – патенты США, ЕС и СНГ,
член “Московского космического клуба”)

DOI: 10.7868/50233361920040035

Возвращение людей на Луну затянулось не случайно. Все известные проекты лунных баз имели непомерно высокую стоимость поддержания их деятельности при отсутствии экономической целесообразности. В соответствии с формулой Циолковского затраты на посещение лунной базы в среднем в 30 раз больше, чем затраты

на посещение МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ (МКС). В деньгах это выглядит так: в официальных расценках визит на станцию на полгода стоит 80 млн долларов на одного человека или 160 млн в год на одно место на МКС; визит на Луну, соответственно, будет стоить 4.8 млрд долларов за место или 19.2 млрд в год за ротацию экипажа четырёхместной базы. За десятилетие затраты на ротацию экипажа базы вырастут до 200 млрд долларов.

* Статья продолжает тему, начатую автором в №12. 2019.

Таковы расходы при условии использования современной нам сегодня техники. Цифры приблизительные, но близкие к реальным.

Конечно, применение новых ракет, имеющих повышенную грузоподъемность и лунных взлётно-посадочных модулей (без тяжёлой тепловой защиты), используемых многократно, сократит затраты. Однако такая техника ещё только разрабатывается.

Другой вариант при нынешнем уровне техники – использование топлива, производимого непосредственно на Луне. В три раза сократит расходы дозаправка транспортных модулей на Луне ракетным топливом, производимым из местных ресурсов – воды или реголита.

Производство ракетного топлива на Луне даст не только экономию на обеспечении базы, но может принести и дополнительный доход от использования лунного топлива для запуска коммерческих спутников с низкой околоземной орбиты на геостационарную и высокоэллиптические орбиты. На данном этапе развития коммерческой индустрии запуска спутников доход может составить 6–9 млрд долларов в год. До 14–16 млрд долларов в год дополнительно может дать производство космических аппаратов в космосе из лунных металлов – технология 3D-печати позволяет создавать ракеты и аппараты готовые на 95%. В этом варианте создание базы на поверхности Луны получает экономическое обоснование.

Вместе с тем создание полноценной топливной индустрии на Луне будет не одномоментным процессом, а растянется, как минимум, на десятилетие. Поэтому актуальными остаются другие варианты сокращения затрат на обеспечение лунной базы даже при использовании улучшенных вариантов ракетно-космического транспорта.

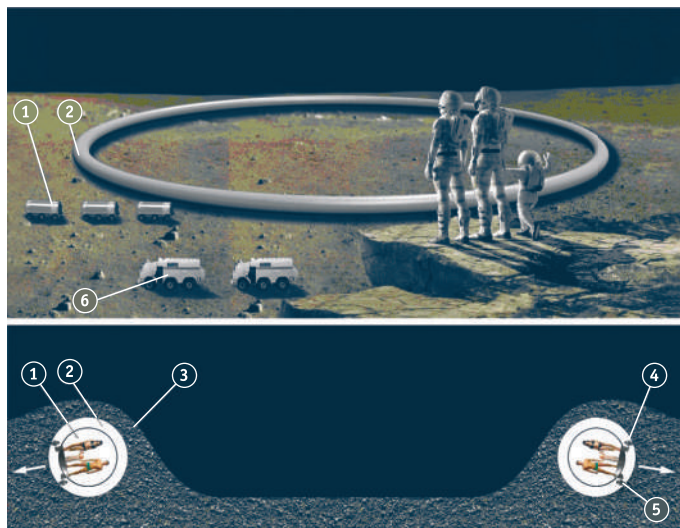
Другое направление радикального сокращения расходов – увеличение длительности вахты. Некоторые планы работы баз на Луне предполагали вахты длительностью четыре года и больше. Это считалось вполне приемлемым на фоне планов экспедиций на Марс общей длительностью три года. Предполагалось, что наличие небольшой тяжести на Луне не нанесёт серьёзного ущерба здоровью астронавтов, в отличие от невесомости на космических кораблях и орбитальных станциях.

Соответственно, каждый дополнительный год увеличения длительности вахты давал бы экономию до 20 млрд долларов в год для базы с персоналом из четырёх человек. За пять лет экономия составляет 100 млрд долларов. Сбережённые средства с большей пользой могли бы быть использованы на создание лунной топливной индустрии.

Вместе с тем предположение о лёгкости увеличения длительности вахт на базах оказалось неверным. Малая тяжесть Луны столь же опасна, как и полная невесомость. При низкой гравитации теряется костная масса, ослабевают мышцы, возникают проблемы с лёгкими и сердцем, необратимо ухудшается зрение, ослабевает иммунитет. “Вероятнее всего, люди, которые проведут на Луне несколько лет, смогут адаптироваться, но на Землю они никогда не вернуться: их кости станут слишком слабыми. Это билет в один конец”, – считает академик Лев Зелёный.

Тема противодействия вредному влиянию низкой гравитации Луны рассматривалась на 43-х ежегодных академических “Королёвских чтениях” по космонавтике в МГТУ имени Баумана в 2019 г.

В августе 2019 года Роскосмос объявил тендер на проведение исследований, необходимых для осуществления пилотируемого полёта на Луну. Испол-



- 1 – жилой модуль (диаметр 3.2 м);
- 2 – путевая структура в виде газонаполненной тонкостенной трубы (диаметр 4.5 м);
- 3 – антирадиационный экран в виде насыпи реголита (длина 1407 м);
- 4 – колесо модуля;
- 5 – часть пневмоконструкции, выполняющей функцию опорной поверхности для колеса модуля;
- 6 – роверы (луноходы) для выполнения работ по выравниванию ложа путевой структуры и засыпке реголитом тороидальной центрифуги прицепным грунтомётом.

Принципиальная схема тороидальной базы-центрифуги.
(Иллюстрация автора)

нитель должен провести прикладные исследования проблемных вопросов, в том числе обеспечивающих безопасное пребывание и работу космонавтов на поверхности Луны. Кроме того, исполнитель должен исследовать способы реабилитации космонавтов после полёта на Луну. Европейское космическое агентство (ESA) также исследует последствия воздействия на людей низкой гравитации.

Таким образом, возникает вопрос о необходимости создания на лунной базе привычного земного уровня тяжести.

Способ создания искусственной гравитации известен давно – ещё Константин Циолковский обосновал возможность использования центробежной силы в качестве аналога земной силы тяжести. Предложение Циолковского получило развитие в проекте вращающейся тороидальной орбитальной станции-бублика Вернера фон Брауна и в проекте тросовой центрифуги из пары космических кораблей Сер-

гея Королёва. Однако эти центрифуги рассчитаны на использование в космосе, а не на поверхности Луны или планет. Для лунной и марсианской станций потребуются новые технические решения.

В лунные условия невозможно просто перенести решения, подходящие для низкоорбитальных станций. На низкой орбите экипаж станции защищён магнитным полем Земли от комической радиации. На лунной же поверхности нет такой защиты – жилые модули станции будут пронизываться потоком протонов от Солнца и галактическим потоком тяжёлых частиц. Защита от космической радиации возможна, но она очень тяжела – толщина антирадиационного экрана из камня должна быть не меньше 1 метра.

Необходимость защиты экипажа станции от радиации резко увеличивает массу жилого модуля – с 4–8 т типового модуля советского проекта “Звезда” академика Владимира Бармина, масса модуля вырастает до 160 т.

Соответственно, тросовая центрифуга карусельного типа, очень простая для модулей без антирадиационной защиты, превращается в циклопическое сооружение в виде башни с двумя жилыми модулями, общей массой 320 т. Массу модулей можно сократить при использовании кольцевой траншеи и насыпей вдоль окружности, по которой они вращаются. Однако больше половины поверхности модулей останется открытой и общая масса сократится всего до 200 т. При этом придётся дополнительно создавать кольцевую путевую структуру для предотвращения колебаний висящих на тросе модулей и столкновения их со стенками траншеи.

Для исключения дискомфорта состояния (головокружения и тошноты) радиус вращения модулей должен быть большим. Если радиус равен рекомендованным 224 м, то высота башни центрифуги-карусели будет около 38 м. Недостатком такой конструкции является риск обрыва троса, который подвержен действию микрометеоритной эрозии и не может быть защищён от ударов крупных метеоритов или осколков лунной почвы при падении метеоритов.

Тороидальная центрифуга в виде базы-бублика также не подходит потому, что её массогабаритные размеры избыточны для малочисленного экипажа базы. Придётся также соорудить массивное основание для такой большой конструкции. Требуется иное решение.

Одно из возможных – разделение антирадиационной защиты и жилого модуля. Модуль движется по окружности для получения нужной величины искусственной тяжести, а защита окружает траекторию движения модуля. Полная защита исключает использование тросов – канал движения модуля должен быть закрыт со всех сторон,

то есть представлять собой кольцевой тоннель в грунте.

Такую масштабную, но очень лёгкую конструкцию вполне можно создать. Прорывать тоннель под поверхностью не потребуется – для защиты трассы выгодно использовать сыпучий материал, в изобилии имеющийся на лунной поверхности – реголит. Сама кольцевая трасса представляет собой пневматическую конструкцию, так как надувные сооружения работают на растяжение, что делает их массу на порядок меньше массы конструкций, работающих на сжатие при высокой жёсткости. Для создания требуемой жёсткости достаточно давления в 0.1 атмосферы.

Расчёты показывают, что трасса для кольцевого движения жилого модуля базы, выполненная в виде трубы, может иметь массу всего 16 т при изготовлении из листовой стали толщиной 0.1 мм. Использование современных сверхпрочных материалов уменьшит массу кольцевой трубы центрифуги до 2 т.

При монтаже трассы удобно использование трубопровода из нитинола – сплава с памятью. Секции трубы доставляются в компактном виде, саморазворачиваются на строительной площадке и герметично соединяются муфтами из нитинола. Затем в трубопровод подаётся воздух и машины-грунтометры засыпают его реголитом. При умеренной мощности рабочих агрегатов на засыпку потребуется полтора месяца.

Трубопровод из сверхпрочного полиэтилена СВМПЭ доставляется в скрученном виде уже целиком, так как его масса всего около 2 т. Машина-укладчик разворачивает его на выровненном кольцевом участке с одновременной засыпкой реголитом для защиты от микрометеоритов, и после накачки воздухом конструкция центрифуги

принимает рабочий вид. Внешний вид и способ работы надувной центрифуги показан на принципиальной схеме.

На схеме видно, что реголит создаёт подпорную стенку со стороны действия центробежной силы. Она обеспечивает трубопроводу дополнительную жёсткость при качении по нему колёс жилого модуля. Минимальная толщина защитного слоя – один метр, что обеспечивает защиту не только от радиации, но и от достаточно крупных метеоритов.

Получение на борту жилого модуля ускорения тяжести в 1 г обеспечивается при его движении со скоростью 168 км/ч. При диаметре модуля 3.2 м и диаметре трубопровода 4.5 м компенсация аэродинамического сопротивления требует привода мощностью 11 кВт. Компенсация сопротивления трению качения потребует дополнительно до 9 кВт. Эти мощности соответствуют проектным мощностям энер-

госистем будущих лунных баз. Количество модулей может увеличиваться по мере наращивания энергооборудования базы.

Рассмотренный проект получил название Gravity. В случае реализации он увеличит сроки пребывания на Луне до 3–5 лет, что сократит затраты на ротацию персонала. Если релаксация в центрифуге дешевле отправки персонала на Землю для реабилитации и последующего возвращения на Луну, то это решает вопрос о практически бессрочном пребывании человека на Луне. Имитация земных условий, в частности силы тяжести, величины магнитного поля и низкого радиационного фона обеспечивают неограниченную жизнь людей на Луне. Возможно, в последующем базы будут комплектоваться постоянным персоналом из добровольцев, которые будут иметь возможность рожать и воспитывать детей на Луне.

Реклама

Издательство предлагает услуги по редакционно-издательской подготовке материалов, сборников, а также весь комплекс полиграфических услуг

Издательство «Наука» готово оказать услуги под ключ по организации и проведению семинаров, конференций, презентаций, выставок в конференц-залах и на экспозиционных площадках издательства по адресам:

г. Москва, Шубинский пер., д. 6, стр. 1
Московская обл., г. Люберцы, Октябрьский пр-т, д. 403

По всем интересующим вопросам обращайтесь по тел.: +7(495)276-7735
Подробная информация на сайте www.naukapublishers.ru/history/partnership