

## Об электроснабжении возможных поселений на Марсе<sup>1</sup>

ЧЕЛУХИН В. А., АБРАМСОН Е. В.

*Проведен анализ вариантов применения источников электроснабжения поселений на Марсе при его колонизации. Показана неприемлемость использования для этих целей применяемых на нашей планете традиционных источников электроэнергии (ветростанций, солнечных панелей, гидроэлектростанций, геотермальных источников энергии), из-за специфических особенностей климата и атмосферы на Марсе, особенно очень низких ночных температур и пылевых бурь. Предлагается на уровне изобретения и оценивается возможность использования нового способа получения электроэнергии на основе возобновляемого источника — перепада температур «день–ночь» для получения дешёвой электроэнергии без нанесения экологического вреда природе и человеку. Показана схема устройства преобразователя, приведены принцип его работы, описание циклов и указаны возможные проблемы его практической реализации, а также пути их решения.*

**Ключевые слова:** планета Марс, электроснабжение возможных поселений, перепад температур, источник энергии, коэффициент теплового расширения, разность температур, диэлектрик, термочувствительный материал

В последнее время значительно усилился интерес промышленно развитых государств к идее колонизации планеты Марс [1–7]. Европейское космическое агентство составило программу «Аврора», целью которой в том числе является планирование лунной и марсианской миссий. Российская ракетно-космическая корпорация «Энергия» намечает в ближайшие 5–7 лет совместно с учеными других стран создать сверхтяжелую ракету-носитель «Содружество» для полетов на Луну и Марс. Президент США Барак Обама официально заявил, что «у американских астронавтов появилась новая цель — полёт на Марс». В феврале 2013 г. стало известно о планах организации Inspiration Mars Foundation отправить в январе 2018 г. пилотируемую экспедицию на Марс продолжительностью 501 день. Индийский президент Абдул Калам выступил в 2004 г. с заявлением, в котором предложил США до 2050 г. отправить на Марс американо-индийский экипаж.

Заслуживают интерес и инициативы частных организаций. Так, американская некоммерческая организация (фонд) Inspiration Mars Foundation, основанная Деннисом Тито, планирует отправить в январе 2018 г. пилотируемую экспедицию для облёта Марса. Особенно интересен частный проект Mars One, руководимый Басом Лансдорпом, который предполагает полет на Марс с последующим основанием колонии на его поверхности. Проект поддерживает лауреат Нобелевской премии по физике за 1999 г. Герард Хоофт. Mars One планирует заселить планету людьми. Предполагается отправить четырех человек в путешествие на 7 мес., а затем доставить новую команду и каждые два года

подселять к ним новых людей. Первое поселение планируется создать в апреле 2023 г., а уже к 2033 г. на Марсе должно будет жить и работать более 20 чел.; в течение длительного времени предполагается заселять Марс настолько, насколько это возможно.

Из приведенного краткого обзора видно, что сегодня всерьез обсуждается возможность длительного пребывания людей на Марсе. Поэтому сразу возникает вопрос об энергоснабжении возможных поселений. Как известно, самым удобным видом энергии для обеспечения жизнедеятельности является электроэнергия. Каким образом её можно получить на Марсе и что может стать источником для её получения?

Рассматривая подробно эту проблему с точки зрения её реализации на Марсе, можно отметить, что гидроэнергетика там не осуществима, ископаемые углеводороды также отсутствуют, по крайней мере, на сегодня о них ничего не известно. Геотермальная и биологическая также не рассматриваются в связи с отсутствием на Марсе геотермальных источников и биомассы.

Наиболее реальные источники для этих целей — солнечная и ядерная энергия, а также ветроэнергетика. Однако при внимательном рассмотрении ни один из этих вариантов практически не осуществим.

Солнечная энергия — получение электроэнергии с помощью солнечных панелей. Например, так питается сегодня орбитальная космическая станция, не мало таких панелей установлено на нашей планете в частном секторе. Панели могут быть весьма пластичными, сворачиваться в трубку и, имея небольшую массу, перевозиться ракетами на

<sup>1</sup> В порядке обсуждения. *Ред.*

Марс. Однако сторонникам этого способа следует вспомнить, что на Марсе над поверхностью планеты часто дуют сильные ветры, скорость которых достигает 100 м/с. Малая сила тяжести позволяет даже разреженным потокам воздуха поднимать огромные облака пыли. Иногда довольно обширные области на Марсе бывают охвачены грандиозными пылевыми бурями. Глобальная пылевая буря на Марсе бушевала с сентября 1971 по январь 1972 гг., подняв в атмосферу на высоту более 10 км около миллиарда тонн пыли. Когда первые фотографии с поверхности Марса, сделанные «Викингом», были переданы на Землю, ученые сильно удивились, увидев, что марсианское небо не черное, как предполагалось, а розовое. Оказалось, что пыль, висящая в воздухе, поглощает 40% поступающего солнечного света, создавая цветной эффект. Поднятая пыль оседает на поверхность солнечных панелей и надолго, если не навсегда, прервет энергоснабжение. Необходимо учесть и такой фактор, что гибкая полимерная пленка должна наноситься на твердое основание поверхности — специальную твердую подложку, пластмассовую или металлическую, крышу дома, кузов автомобиля и др. А где взять такое основание на Марсе? В ракете привезти нельзя из-за слишком большой массы, на поверхность планеты ее нанести тоже нельзя, поскольку ураганный марсианский ветер просто унесет её, а чтобы закрепить, нужны соответствующие материалы и инструменты.

Другим фактором, указывающим на невозможность применения таких пленок, является температурный. Пленки делают из полимерных материалов, одной из основных характеристик которых является температура стеклования. Полимеры при температурах выше температуры стеклования находятся в пластичном состоянии, а при температурах ниже температуры стеклования — в твердом и в весьма хрупком состоянии.

Температура стеклования наиболее стойких к охлаждению полимеров в среднем составляет примерно — 50 °С. Поскольку на Марсе отрицательные ночные температуры опускаются до —125 °С, то пленки при такой температуре превратятся в пыль при малейшем дуновении ветра. Именно по этой причине такой способ электроснабжения может быть применен лишь кратковременно и, возможно, как вспомогательный в периоды отсутствия бурь и пылевых вихрей.

Если говорить о ветроэнергетике, то использование ветрогенераторов на Марсе осложняется несколькими факторами. Прежде всего тем, что атмосфера Марса более разрежена, чем воздушная оболочка Земли, т.е. давление на лопасти будет меньше, что снизит эффективность всего устройст-

ва и потребует значительного увеличения площади ветроприемника путем удлинения лопастей или других устройств. К тому же сильные зимние морозы на Марсе станут экстремальной температурой для работы подшипниковых узлов, систем их смазки и даже для всех металлических материалов ветрогенератора. Ко всему прочему, над поверхностью планеты часто дуют сильные ветры до 100 м/с, что усложняет стабилизацию выходного напряжения и чревато разрушением лопастей, особенно при таких низких температурах. Для решения проблемы необходимо будет создавать большой запас прочности, что, соответственно, утяжелит всю установку и сделает невозможной ее доставку ракетой. Но даже и без учета приведенных факторов ветрогенератор мощностью всего 1 кВт вместе с мачтой, растяжками, системами управления и преобразования имеет довольно значительную массу, что сделает весьма проблематичными его доставку, особенно установку и эксплуатацию, обслуживание. По указанным причинам рассмотренный вариант на данном этапе первичного заселения Марса также не может быть реализован.

Использование ядерной энергии практически невозможно по причинам опасности радиации, громоздких устройств защиты от неё, большой массы и ограниченного срока пользования. Перевозить на Марс углеводородное топливо ракетами по понятным причинам можно только в очень небольших объемах, которые не решат проблему.

Какой же способ получения электроэнергии можно рекомендовать для обеспечения жизнедеятельности человека на Марсе? Прежде всего необходимо обратить внимание на климатические особенности этой планеты. Как уже указывалось, температура поверхности Марса гораздо ниже земной, средняя температура составляет примерно —40 °С. При наиболее благоприятных условиях летом на дневной половине планеты атмосфера прогревается до +20 и даже до +30 °С (в полдень на экваторе). Но зимней ночью, как уже указывалось, мороз может достигать —125 °С (зимой на полюсах). Такие резкие перепады температуры вызваны тем, что разреженная атмосфера Марса не способна долго удерживать тепло. В результате многочисленных измерений температуры в различных точках поверхности Марса установлено, что днём на экваторе температура может доходить до +27 °С, но уже к утру она опускается до —50 °С. На Марсе существуют и температурные оазисы в районах «озера» Феникс (плато Солнца) и земли Ноя, где перепад температур составляет от —53 до +22 °С летом и от —103 до —43 °С зимой [8]. Как видим, перепад температур «день—ночь» на Марсе может быть весьма значительным, примерно 70 °С. Понятно, что это

действует разрушительно на установки ранее указанного типа и практически не оставляет возможностей их применения.

Однако именно такой значительный перепад температур «день—ночь» можно достаточно эффективно использовать для получения электроэнергии. Как известно, воздействие подобного изменения температуры на различные материалы, газы, жидкости, пластмассы и металлы вызывает изменение их физических свойств и, в частности, линейных размеров, объёма. Причем сила, возникающая при изменении линейных размеров тел, например металла, весьма велика, и периодическое её действие можно использовать для получения энергии.

В случае использования такого способа получения энергии на Марсе резкий суточный перепад температур сыграет уже положительную роль, так как чем он значительнее, тем динамичнее будет процесс преобразования энергии и тем меньшее влияние окажет указанный выше недостаток. Если на нашей планете перепад температур не столь значителен, и поэтому реализация этого способа получения энергии затруднена, то на Марсе не должно быть препятствий к реализации. Негативные климатические факторы (ветер, пыль, солнечная радиация) в этом случае не смогут стать серьезными препятствиями, поскольку само устройство преобразования энергии может быть помещено в закрытую полость.

Использование перепада температур с целью получения электроэнергии уже рассматривалась авторами ранее [8–14].

Исходным пунктом разработки предлагаемого преобразователя является воздействие перепада температур на параметры твердых, жидких и газообразных материалов, влекущее за собой изменение их линейных размеров, физических констант, например диэлектрической проницаемости в диэлектриках или магнитной проницаемости в ферромагнетиках.

В общем случае использовать энергию перепада температур «день — ночь» можно с помощью различных методов. Рассматривая их, можно отметить, что изменение линейных размеров твердых тел, например металла, уже используется, в частности, в биметаллических устройствах. Но изменение линейных размеров металлов при их приемлемых габаритах весьма незначительно, поэтому практическое их применение на Марсе затруднено. Однако надо отметить, что при удлинении металлического стержня давления могут быть очень высокими.

Как показывают предварительные расчёты, основной энергетический эффект может быть получен от изменения диэлектрической проницаемости

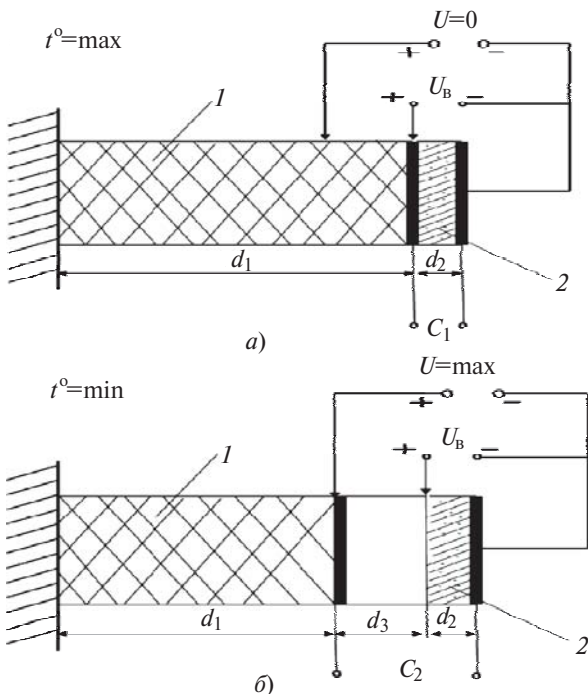
в диэлектриках или магнитной проницаемости в ферромагнетиках, поскольку это изменение может быть весьма значительным. Использовать изменения магнитной проницаемости в ферромагнетиках затруднительно прежде всего потому, что любой ферромагнетик в индуктивном устройстве должен иметь замкнутый магнитопровод и как металл обладать достаточно большой удельной массой, что накладывает ограничения на его перевозку космическими ракетами-грузовиками. Диэлектрик ёмкости такого не требует, поэтому может быть меньше по размерам и иметь малую удельную массу. Поэтому наиболее предпочтительно устройство такого преобразователя на основе использования изменения ёмкости при изменении её относительной диэлектрической проницаемости диэлектрика (ОДП), помещенного между пластинами. Поскольку в большинстве случаев диэлектрические материалы всегда легче металла, а пластины конденсатора могут быть напылены тонким слоем на также диэлектрические поверхности, то ограничения по массе будут минимальными. Работает такой ёмкостный преобразователь, используя принцип скачкообразного изменения ОДП ёмкости.

Как известно, ёмкость конденсатора прямо пропорциональна площади пластин, значению относительной диэлектрической проницаемости диэлектрика, помещенного между пластинами, и обратно пропорциональна расстоянию между пластинами. Увеличение площади пластин имеет конечные ограничения, а вот расстояние между пластинами и ОДП диэлектрика могут меняться в довольно широких пределах, особенно это относится к расстоянию между пластинами в связи с развитием нанотехнологий. Если это расстояние довести до микро- или ещё лучше до наноуровня, то изменение ёмкости может быть весьма значительным. Кроме того, ОДП диэлектрика может достигать очень высоких значений при использовании сегнетоэлектрика либо подобных ему материалов. Известны материалы, диэлектрическая проницаемость которых может достигать порядка шести [15]. В этом случае значение накопленного заряда может быть очень высоким даже при небольших значениях напряжения возбуждения. Именно последние два условия можно с успехом использовать в целях получения электроэнергии с помощью перепада температур. Варианты такого использования: изменять ОДП диэлектрика, используя скачкообразность его значений в окрестностях точки Кюри; периодически раздвигать пластины, как это делается, например, в ёмкостных генераторах, увеличивая воздушный зазор между пластинами конденсатора.

Общая схема такого преобразователя ёмкостного типа показана на рисунке.

В общем случае устройство содержит две пластины емкости, одна из которых закреплена неподвижно, а вторая, подвижная, прикреплена к одному концу бруска из любого диэлектрического материала, линейные размеры которого сильно изменяются при изменении внешней температуры. Второй конец бруска жестко закреплен на неподвижном основании. Между подвижной и неподвижной пластинами конденсатора помещён диэлектрик с высокой относительной диэлектрической проницаемостью, например сегнетоэлектрик. Между этой частью сегнетоэлектрика и подвижной пластиной устанавливается небольшой воздушный зазор, который подбирается таким, чтобы при максимальном удлинении бруска из пластика подвижная пластина плотно прижималась к сегнетоэлектрику, а при минимальном отодвигалась от него, создавая воздушный зазор.

В пространстве с высокой температурой размеры бруска увеличиваются в осевом направлении и он плотно прижимает подвижную пластину к диэлектрику с высокой относительной диэлектрической проницаемостью. В этом случае емкость устройства будет максимальной, пропорциональной относительной диэлектрической проницаемости сегнетоэлектрика, помещенного между пластинами емкости. В таком состоянии пластины подключаются к контактам источника возбуждения, после



Общая схема термодинамического преобразователя энергии: а – температура максимальная; б – температура минимальная; 1 – диэлектрик, изменяющий свой линейный размер при изменении температуры; 2 – диэлектрик с большим значением диэлектрической проницаемости (сегнетоэлектрик);  $C_1$  – емкость, имеющая максимальное значение при зарядке от напряжения возбуждения;  $C_2$  – емкость, имеющая минимальное значение при разрядке на нагрузку

чего конденсатор заряжается до напряжения возбуждения.

При понижении температуры размеры бруска уменьшаются в осевом направлении, и он отодвигает подвижную пластину от диэлектрика с высокой относительной диэлектрической проницаемостью, создавая зазор между ней и диэлектриком. Вследствие появления воздушного зазора между пластиной емкости и сегнетоэлектриком емкость устройства скачкообразно падает пропорционально снижению относительной диэлектрической проницаемости до значений ОДП воздуха, напряжение вырастает до максимума и разряжается на нагрузку. Далее процесс повторяется с периодическим падением и ростом внешней температуры.

Расчет преобразователя можно выполнить по известным формулам для заряда и ёмкости:

$$Q = CU, \quad C = \epsilon_1 \epsilon_0 S / d$$

или

$$Q = \epsilon_1 \epsilon_0 SU / d,$$

где  $Q$  – заряд на ёмкости, Кул;  $C$  – ёмкость устройства, Ф;  $U$  – напряжение зарядки ёмкости, В;  $\epsilon_1$  – диэлектрическая проницаемость материала между пластинами ёмкости с высоким значением ОДП;  $\epsilon_0$  – диэлектрическая постоянная;  $S$  – площадь пластин ёмкости, м<sup>2</sup>;  $d$  – расстояние между ними, м.

При снижении температуры уменьшается длина активного стержня, и между сегнетоэлектриком и пластиной ёмкости появляется воздушный зазор. В этом случае будем иметь двухслойный конденсатор и применять формулу для последовательно соединенных ёмкостей.

Если принять  $C_1$  за начальную ёмкость и  $C_2$  за ёмкость появившегося воздушного промежутка, то ёмкость  $C$  всего устройства в соответствии с формулой расчета двух последовательно соединённых конденсаторов будет примерно равна меньшей ёмкости  $C_2$ :

$$C = C_1 C_2 / (C_1 + C_2).$$

Если принять:  $Q_1$  – начальный заряд на ёмкости;  $U_1$  – напряжение зарядки;  $U_2$  – напряжение на выходе;  $\epsilon_2$  – ОДП нового воздушного зазора, то

$$U_2 = Q_1 / C = Q_1 / (C_1 C_2) / C_1 + C_2 = \\ = Q_1 (\epsilon_1 + \epsilon_2) / \epsilon_2 = U_1 (\epsilon_1 / \epsilon_2 + 1).$$

Это же выражение можно вывести приближённо из условия постоянства заряда  $Q$  на ёмкости:

$$Q_1 = Q_2$$

или

$$U_1 C_1 = U_2 C_2,$$

откуда

$$U_2 = U_1 C_1 / C_2 = U_1 \epsilon_1 / \epsilon_2.$$

Приняв  $U_1 = 100$  В,  $\epsilon_1 = 100$ ,  $\epsilon_2 = 1$ , получим в первом приближении на выходе устройства  $U_2 = 10$  кВ.

Поскольку  $\epsilon_2 = 1$ , то вторичное напряжение на выходе  $U_2 = U_1 \epsilon_1$  возрастает по сравнению с напряжением зарядки в  $\epsilon_1$  раз. В данном случае пренебрегаем увеличением расстояния между пластинами ёмкости, поскольку оно незначительно будет влиять на процесс преобразования энергии.

Оценивая энергетическую эффективность данного способа получения энергии, можно заметить, что массогабаритные показатели преобразователя будут в основном зависеть от двух составляющих — массы и объёма самого конденсатора и массы и объёма материала, используемого для движения платин ёмкости.

Массогабаритные показатели конденсаторов в общем случае определяются по их удельным энергоемкостям. Значение удельной энергоемкости зависит от конструкции самого конденсатора, его добротности, а также от номинальной запасаемой энергии. Но в целом любая конструкция конденсатора — это две пластины с диэлектриком между ними и конструкционным диэлектриком, внешне изолирующим пластины. Чаще всего используются диэлектрики небольших размеров и пластины малой толщины в устройстве, показанном на рисунке, в линейном измерении они будут занимать не более 10–15%. Материал, используемый для движения пластины ёмкости (рисунок, а), может быть разных типов — твердый, жидкий и газообразный, в зависимости от типа преобразователя.

Оценим вначале диэлектрик твердого типа также на основе рисунка. О выборе размеров диэлектрического термочувствительного материала, изменяющего свои линейные размеры при изменении температуры внешней среды, сказано выше. Следовательно, линейное удлинение или сокращение диэлектрического термочувствительного материала должно быть равно размеру воздушного зазора, образующегося от сокращения длины диэлектрического термочувствительного материала. Как известно, при появлении воздушного зазора в диэлектрике конденсатора размером даже 0,1 мм влияет на значение ёмкости и снижает его до значения диэлектрической проницаемости воздуха. Если принять размер этого зазора 0,3 мм, то нетрудно подсчитать необходимые линейные размеры материала. Понятно, что для этих целей предпочтительно

применять материалы с хорошими диэлектрическими свойствами, как можно большим коэффициентом теплового линейного расширения и малой удельной массой, так как перевозка космическими ракетами каждого килограмма груза имеет высокую себестоимость. Наиболее хорошо под эти требования подходит полиэтилен, его коэффициент теплового линейного расширения  $(L/^\circ\text{C}) \times 10^{-6}$  равен 130–200, он имеет малую удельную массу и хорошие диэлектрические свойства.

Как известно, коэффициент линейного теплового расширения

$$X = \frac{DL}{L_0 DT},$$

где  $X$  — коэффициент линейного теплового расширения,  $^\circ\text{C}$ ;  $DL$  — изменение длины образца при нагревании или охлаждении;  $L_0$  — длина образца при комнатной температуре;  $DT$  — разность температур ( $^\circ\text{C}$ ), для которой измеряется изменение длины образца.

Если принять  $DT = T_{\max} - T_{\min}$ , то, зная  $X$  и необходимое значение зазора  $DL$ , определим длину активного бруска диэлектрика:

$$L_0 = DL / X(T_{\max} - T_{\min}).$$

При подстановке значений  $DL = 0,3$  мм =  $3 \times 10^{-4}$  м перепада температур на Марсе в  $100$   $^\circ\text{C}$  получим

$$3 \times 10^{-4} / 200 \times 10^{-6} \times 100 = 1,5 \times 10^{-2} \text{ м},$$

т.е. необходим брусок длиной 1,5 см. Поперечное сечение его здесь не регламентируется и может быть рассчитано по усилию, необходимому для передвижения подвижной пластины ёмкости и преодоления сил тяготения заряженных разнополярно пластин ёмкости. В первом приближении поперечное сечение бруска можно принять равным  $2 \times 2 \times 10^{-2} \text{ м}^2$ , тогда его полный объём составит

$$V_{\text{ад}} = 1,5 \times 10^{-2} \times 2 \times 2 \times 10^{-2} = 6 \times 10^{-2} \text{ м}^3.$$

Конструкция конденсатора будет состоять из двух плоских пластин, одна из которых подвижна, а вторая закреплена. Большую площадь при малых зазорах будет трудно обеспечить, и для ориентировочного расчета можно принять следующие размеры:  $S = 10 \times 10 = 100 \text{ см}^2 = 10^{-2} \text{ м}^2$  — площадь пластин ёмкости;  $L_C = 5 \times 10^{-3} \text{ м}$  — максимальное расстояние между пластинами ёмкости;  $L_{\text{в.и}} = 2 \times 10^{-3} \text{ м}$  — толщина внешней изоляции пластин ёмкости;  $L_T = 1 \times 10^{-3} \text{ м}$  — толщина одной пластины ёмкости;  $L_K = 2 \times 10^{-3} \text{ м}$  — толщина одной пластины конст-

реакционного материала, удерживающего пластины ёмкости.

Тогда общий объём ёмкости составит

$$V_C = S(L_C + L_{в.и} + L_T + L_K) = 8 \times 10^{-2} \text{ м}^3.$$

Таким образом, общий объём всего устройства

$$V_1 = V_C + V_{ад} = 8 \times 10^{-2} + 6 \times 10^{-2} = 14 \times 10^{-2} \text{ м}^3 = 14 \text{ см}^3.$$

Масса преобразователя будет слагаться из значений масс пластин ёмкости, внешней изоляции, конструкционного материала и бруска активного диэлектрика из полиэтилена, удельная масса которого  $0,95 \text{ г/см}^3$ , т.е. невысока. В грубом приближении масса всего такого устройства будет равна примерно  $(20, 40) \times 10^{-3} \text{ кг}$ .

Оценим энергетическую эффективность устройства.

Ёмкость конденсатора (при  $\epsilon = 100$ )

$$C = \epsilon \epsilon_0 S/d = 100 \times 8,85 \times 10^{-12} \times 10^{-2} / 5 \times 10^{-3} \approx 2 \times 10^{-9} \text{ Ф}.$$

Если принять напряжение возбуждения для первичной зарядки конденсатора  $U = 100 \text{ В}$ , то накопленный заряд на ёмкости

$$Q = CU = 2 \times 10^{-9} \times 100 = 2 \times 10^{-7} \text{ Кул.}$$

Так как ток  $1 \text{ А} = 1 \text{ Кул/с}$ , то получаем ток  $0,2 \text{ мкА}$  при напряжении  $10^4 \text{ В}$ , тогда мощность всего устройства составит  $0,002 \text{ Вт}$ .

Разумеется, это не так много, как хотелось бы, но площадь пластин взята небольшой ( $10 \times 10 \text{ см}$ ), её можно увеличить в несколько раз, как и взять большее значение диэлектрической проницаемости, а также увеличить напряжение возбуждения. Кроме того, необходимо заметить, что такую мощность дает только один модуль, а используя модульный принцип, можно получить мощность, достаточную для питания небольших бытовых энергопотребителей. Например, если все эти параметры увеличить в два раза, задействовать  $1 \text{ м}^3$  таких модулей, то мощность всего устройства будет  $16 \text{ Вт}$ .

Сравнивая данный способ получения энергии с перечисленными в начале статьи, становится ясно, что предлагаемый способ более предпочтителен.

Его достоинства:

возможность использования без привязки к определенному месту;

стабильность и небольшая масса всего устройства;

относительно простое использование и обслуживание;

реализация в любом масштабе по модульному принципу;

возможность применения как децентрализованного источника энергии;

экологическая чистота.

Недостатки:

перепад температуры происходит относительно медленно (в течение  $24 \text{ ч}$ ), поэтому будет происходить однократное изменение ёмкости в течение этого времени, что указывает на низкую эффективность работы преобразователя;

существенной проблемой является электрическая прочность воздушного промежутка между пластинами при уменьшении значения ёмкости и скачкообразного увеличения выходного напряжения;

для первичной зарядки такого ёмкостного преобразователя необходим первичный источник питания (почему он и назван преобразователем).

Однако следует заметить, что недостатки не являются непреодолимыми, сегодня уже предложены весьма не сложные пути решения указанных проблем.

Решения первой из указанных проблем можно добиться путем применения микро- или нанотехнологий для использования перепада температур на уровне каждого градуса. Тогда при перепаде температур на  $70 \text{ }^\circ\text{C}$  устройство сработает  $70$  раз, при этом во столько же раз увеличится его эффективность [16].

Вторая проблема решается путем помещения пластин ёмкости в электрически более прочную среду, например в ёмкость с элегазом, что позволит увеличить напряжение в  $2\text{--}3$  раза [17].

Наконец, решения третьей проблемы можно добиться путем применения пьезоэлектрических устройств [18].

В заключение важно отметить, что предложенный способ получения электроэнергии совершенно безопасен с точки зрения экологии, срок работы устройства бесконечно большой, а утилизации отходов от его работы не предвидится. Все это указывает на перспективность возможного использования подобного источника электроэнергии и на нашей планете.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Пилотируемая** экспедиция на Марс/Под ред. А. С. Королева. — М.: Российская академия космонавтики им. К.Э. Циолковского, 2006, 320 с.
2. **Mission** to Mars: Risks, Challenges, Sacrifices and Privileges. One Astronaut's Perspective Steven A. Hawley. — Journal of Cosmology, vol. 12, pp. 3517–3528.
3. **Human** Mars Exploration: The Time Is Now, Robert Zubrin. — Journal of Cosmology, vol. 12, pp. 3549–3557.
4. **Human** Exploration of Mars: Challenges and Design Reference Architecture 5.0, Bret G. Drake. — Journal of Cosmology, vol. 12, pp. 3578–3587.

5. A Human Mission to Mars: A Bioastronautics Analysis of Biomedical Risks, Helder Marcal, Brendan P. Burns. — Journal of Cosmology, vol. 12, pp. 3748–3757.

6. Mission to Mars: Training and Maintenance of Sensorimotor Responses Considerations Based on Context-Specific Adaptation, Mark Shelhamer, Kara Beaton. — Journal of Cosmology, vol. 12, pp. 3817–3824.

7. Life on Mars? Microbes in Mars-like Antarctic Environments William C. Mahaney, James Dohm. — Journal of Cosmology, vol. 5, pp. 951–958.

8. Челухин В.А. Ёмкостные электромеханические преобразователи тепла. — Изв. вузов. Электромеханика, 1985, № 5, с. 90–94.

9. Челухин В.А., Абрамсон Е.В. Электротепловой преобразователь низко потенциальной энергии перепада температур. — Вестник Тихоокеанского государственного университета. Электротехника, 2014, № 4(35), с. 93–98.

10. Челухин В.А., Миронова В.С. К вопросу использования энергии перепада суточных температур. — Materialy IX mezinarodni vedecko-prakticna conf. «Moderni vymozenosti vedy-2013». — Dil 75. Technickevedy. Praha: Pub. House «Educationand Science», 104 s.

11. Патент № 2489793 (РФ). Низкопотенциальный преобразователь энергии перепада температур/В.А.Челухин., И.В.Челухин. — БИ, 2013, № 22.

12. Патент № 2526535 (РФ). Преобразователь энергии перепада температур с жидкометаллическим электродом/В.А. Челухин, И.В. Челухин. — БИ, 2014, № 24.

13. Патент № 2513539 (РФ). Преобразователь энергии перепада температур с электродом из жидкого диэлектрика с высоким значением диэлектрической проницаемости/В.А. Челухин, И.В. Челухин. — БИ, 2014, № 11.

14. Патент № 2557066 (РФ). Преобразователь энергии перепада температур с электронным управлением/В.А.Челухин, Е.В. Абрамсон, И.В.Челухин. — БИ, 2015, № 20.

15. Krohns S., Lunkenheimer P., Kant Ch., Pronin A.V., Brom H.B., Nugroho A.A., Diantoro M., Loidl A. Colossal dielectric constant up to GHz at room temperature. Препринт arXiv: 0811.1556 (24 November 2008).

16. Патент № 2564994 (РФ). Низкопотенциальный преобразователь энергии перепада температур с элегазом/В.А. Челухин, Е.В. Абрамсон. — БИ, 2014, № 28.

17. Патент № 2559290 (РФ). Пьезоэлектрический первичный источник энергии перепада температур/В.А. Челухин, Е.В. Абрамсон, И.В.Челухин. — БИ, 2015, № 22.

18. Челухин В.А. Электрооборудование с ёмкостными компонентами. — Владивосток: Дальнаука, 2008, 80 с.

19. Копылов И.П., Дьяченко Н.П. Электромеханические преобразователи тепла. — Изв. вузов, Электромеханика, 1980, № 4, с. 92–99.

[30.12.15]

*Авторы: Челухин Владимир Алексеевич окончил в 1973 г. электротехнический факультет Комсомольска-на-Амуре политехнического института. В 2012 г. в Московском энергетическом институте защитил докторскую диссертацию «Разработка научных основ создания аппаратов и электромеханических преобразователей с сегнетомагнетиком на основе дуально-инверсной электродинамики». Профессор Комсомольска-на-Амуре государственного технического университета (ФГОУ ВПО КнАГТУ).*

*Абрамсон Елизавета Владимировна окончила в 1998 г. электротехнический факультет Комсомольска-на-Амуре технического университета. Старший преподаватель Комсомольска-на-Амуре государственного технического университета.*

*Elektrichestvo (Electricity), 2016, No. 5, pp. 45–52.*

## About Supplying Power to Possible Settlements on the Mars

CHELUKHIN Vladimir Alekseyevich (Komsomol'sk-on-Amur State Technical University (KonASTU), Komsomol'sk-on-Amur, Russia) — Professor, Dr. Sci (Eng.)

ABRAMSON Elizaveta Vladimirovna (KonASTU, Komsomol'sk-on-Amur, Russia) — Senior lecturer

*Different versions of using sources for supplying power to settlements on the Mars during its colonization are analyzed. It is shown that the traditional power supply sources applied on the Earth (wind power plants, solar panels, hydraulic power plants, and geothermal sources of energy are not suitable for these purposes in view of the specific features of Martian climate and atmosphere, especially due to very low night temperatures and dust storms. A new method for obtaining electricity is proposed, and the possibility of applying it is estimated (both as a matter of invention), which is based on a renewable source using the difference between the day and night temperatures, for obtaining cheap electricity without inflicting environmental harm to the nature and human. The converter basic circuit is shown, the principle of its operation is given, its working cycles are described, possible problems encountered in its practical implementation are pointed out, and ways of solving them are suggested.*

*Key words: Mars planet, power supply to possible settlements, temperature drop, energy source, thermal expansion coefficient, temperature difference, dielectric, heat-sensitive material*

### REFERENCES

1. Pilotiruyemaya ekspeditsiya na Mars/Pod red. A.S. Koroteyeva. — M. Rossiiskaya akademiya kosmonavtiki im. K.E. Tsiolkovskogo (Manned expedition to Mars/Edit. by A.S. Koroteyev. Moscow, Publ. Russian Academy of Cosmonautics), 2006, 320 c.

2. Mission to Mars: Risks, Challenges, Sacrifices and Privileges. One Astronaut's Perspective Steven A. Hawley. — Journal of Cosmology, vol. 12, pp. 3517–3528.

3. Human Mars Exploration: The Time Is Now, Robert Zubrin. — Journal of Cosmology, vol. 12, pp. 3549–3557.

4. **Human** Exploration of Mars: Challenges and Design Reference Architecture 5.0, Bret G. Drake. — Journal of Cosmology, vol. 12, pp. 3578–3587.
5. **A Human** Mission to Mars: A Bioastronautics Analysis of Biomedical Risks, Helder Marcal, Brendan P. Burns. — Journal of Cosmology, vol. 12, pp. 3748–3757.
6. **Mission** to Mars: Training and Maintenance of Sensorimotor Responses Considerations Based on Context-Specific Adaptation, Mark Shelhamer, Kara Beaton. — Journal of Cosmology, vol. 12, pp. 3817–3824.
7. **Life** on Mars? Microbes in Mars-like Antarctic Environments. William C. Mahaney, James Dohm. — Journal of Cosmology, vol. 5, pp. 951–958.
8. **Chelukhin V.A.** *Izvestiya vuzov. Elektromekhanika – in Russ. (News of Higher Education Institutions. Electromechanics)*, 1985, No. 5, pp. 90–94.
9. **Chelukhin V.A., Abramson E.V.** *Vestnik Tikhookeanskogo gosudarstvennogo universiteta. Elektrotehnika – in Russ. (Bulletin of Pacific State University. Electrical Engineering)*, 2014, No. 4(35), pp. 93–98.
10. **Chelukhin V.A., Mironova V.S.** *K voprosu ispol'zovaniya energii perezada sutochnykh temperatur* (On the issue of energy daily temperatures drop). Proc. of the Intern. *Scientific-practical conf. «Modern tendencies of science-2013» – Dil 75. Technical sciences. Prague, Publ. House «Education and Science», 104 p.*
11. **Patent RF No. 2489793.** *Nizkopotentsial'nyi preobrazovatel' energii perezada temperatur* (Low-grade temperature difference energy converter) / V.A. Chelukhin, I.V. Chelukhin. Bulletin of inventions, 2013, No. 22.
12. **Patent RF No. 2526535.** *Preobrazovatel' energii perezada temperatur s zhidkometallicheskim elektrodom* (Energy converter liquid metal electrode)/V.A. Chelukhin, I.V. Chelukhin. Bulletin of inventions, 2014, No. 24.
13. **Patent RF No. 2513539.** *Preobrazovatel' energii perezada temperatur s elektrodom iz zhidkogo dielektrika s vysokim znacheniyem dielektricheskoi pronitsayemosti* (Energy converter temperature difference to the electrode of the liquid dielectric with a high dielectric constant)/V.A. Chelukhin, I.V. Chelukhin. Bulletin of inventions, 2014, No. 11.
14. **Patent RF No. 2557066.** *Preobrazovatel' energii perezada temperatur s elektronnyim upravleniyem* (Energy converter temperature differential with electronic control)/V.A. Chelukhin, E.V. Abramson, I.V. Chelukhin. Bulletin of inventions, 2015, No. 20.
15. **Krohns S., Lunkenheimer P., Kant Ch., Pronin A.V., Brom H.B., Nugroho A.A., Diantoro M., Loidl A.** Colossal dielectric constant up to GHz at room temperature. Препринт arXiv: 0811.1556 (24 November 2008).
16. **Patent RF No. 2564994.** *Nizkopotentsial'nyi preobrazovatel' energii perezada temperatur s elegazom* (Low potential energy converter temperature difference with insulating gas)/V.A. Chelukhin, E.V. Abramson. Bulletin of inventions, 2014, No. 28.
17. **Patent RF No. 2559290.** *P'yezoelektricheskii pervichnyi istochnik energii perezada temperatur* (Piezoelectric primary energy source temperature differential)/V.A. Chelukhin, E.V. Abramson, I.V. Chelukhin. Bulletin of inventions, 2015, No. 22.
18. **Chelukhin V.A.** *Elektrooborudovaniye s emkostnymi komponentami* (Electrical equipment with capacitive components). Vladivostok, Publ. Dal'nauka, 2008, 80 p.
19. **Kopylov I.P., D'yachenko N.P.** *Izvestiya vuzov. Elektromekhanika – in Russ. (News of Higher Education Institutions. Electromechanics)*, 1980, No. 4, pp. 92–99.

\* \* \*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
Национальный исследовательский университет «МЭИ»

**20–21 октября 2016 года**

проводит учебно-методическую конференцию

**«АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ  
КАДРОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРО- И ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ»**



На конференцию выносятся вопросы:

- организации эффективного взаимодействия работодателей и академического сообщества в профессиональном образовании,
- качества профессионального образования,
- профессионально-общественной аккредитации профессиональных образовательных программ,
- независимой оценки квалификаций.

С вопросами по участию в конференции обращаться в оргкомитет к ТРУДНОВОЙ Татьяне Вячеславовне, тел. (495) 362-78-38, e-mail: umo@mpei.ru, TrudnovaTV@mpei.ru. Сайт конференции: <http://mpei.ru/umo/Pages/conference.aspx>