

НЕКОТОРЫЕ ИДЕИ О КОСМИЧЕСКИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ В ТРУДАХ ОСНОВОПОЛОЖНИКОВ КОСМОНАВТИКИ

Л. А. КВАСНИКОВ, Т. П. СОКОЛОВА

Развитие космических энергетических установок (КЭУ) тесно связано с общими тенденциями развития ракетной техники и космонавтики. По мере усовершенствования и усложнения космических операций все в большей мере возрастают потребности в их энергообеспечении. К настоящему времени проблемы обеспечения электроэнергией летательных аппаратов стали чрезвычайно актуальными.

До настоящего времени исследователи, занимавшиеся изучением творчества основоположников космонавтики, как правило, обращали основное внимание на их работы в области конструирования летательных аппаратов и двигателей, систем управления полетом, а также на вопросы, связанные с теорией ракетно-космической техники. В то же время идеи пионеров космонавтики, связанные с созданием КЭУ, хотя и занимают меньшее место в их творческом наследии, имеют достаточно большую историческую значимость.

Почти все основоположники космонавтики уделяли внимание возможности применения в космосе солнечной энергии. К. Э. Циолковский писал: «Энергии же кругом великое изобилие в виде никогда не погасающего, непрерывного и девственного лученспускания Солнца» [1, с. 251]. Обеспечивать светом и теплом и создавать комфортные условия на космическом летательном аппарате он предполагал с помощью прозрачной и зачерненной поверхностей аппарата и жалюзи в виде игл ежа [1]. Советский ученый Ф. А. Цандер для создания нормальных условий на космическом корабле также предполагал применять свет и тепло Солнца [2, с. 439].

Следует отметить, что способ пассивного терморегулирования получил в дальнейшем практическое применение на ряде космических летательных аппаратов. Например, на третьем советском искусственном спутнике Земли в системе терморегулирования применялись жалюзи, секции которых открывались и закрывались автоматически, приводя к изменению соотношения площадей с различными значениями коэффициентов поглощения солнечной энергии и собственного излучения. Подобные системы терморегулирования применялись и на автоматических межпланетных станциях (с помощью которых исследовались Луна и Венера), а также на космических кораблях-спутниках [3].

Не прошли мимо идеи использования солнечной энергии в космосе и зарубежные исследователи. Пионер американской ракетной техники Р. Годдард предлагал применять пассивное терморегулирование для обеспечения теплом и светом экипажа космического аппарата [4, с. 537]. Он же для обеспечения космических кораблей теплом и светом допускал применение атомной энергии (после решения проблемы расщепления атомного ядра) [5, с. 1612].

Известный немецкий теоретик ракетной техники и космонавтики Г. Оберт также пришел к выводу о том, что тепло и свет кабина экипажа должна получать от Солнца — через окна кабины и соответствующую окраску ее стен [6, с. 195, 196]. Сочетая зачерненные и полированные поверхности, собирался обеспечить теплом и светом космический корабль и французский пионер ракетной и космической техники Р. Эсно-Пельтри [7, с. 334]. Расчетным путем он определил температуру в космическом летательном аппарате для различных областей ближнего космоса; в окрестности Марса для поддержания нормальной температуры аппарата, как считал французский специалист, потребуются «стенки аппарата устроить непроводящими и установить внутри приборы отопления» [8, с. 381].

Упомянул о возможности использования солнечной энергии для обогрева космического летательного аппарата (регулируя температуру при помощи блестящей и зачерненной поверхностей) также и немецкий ученый В. Гоман, занимавшийся вопросами динамики полета космического аппарата [9, с. 574]. Допуская возможность потери тепла, он предлагал возмещать эти потери «отоплением при сгорании топлива» [там же, с. 575]. А известный немецкий экспериментатор в области ракетной техники М. Валье для этой цели предлагал применять солнечные лучи, собираемые «специальными зеркалами, укрепленными снаружи корабля» [10, с. 41].

Особый интерес представляет вторая группа предложений основоположников космонавтики — применять солнечную энергию для преобразования тепла Солнца в электрическую энергию на борту космического летательного аппарата. К. Э. Циолковский писал о возможности получения электрического тока с помощью «термоэлектрической батареи» [11, с. 65] или «обыкновенных паровых двигателей с холодильником» [11], т. е. рассматривал возможность реализации как непосредственного, так и машинного способов преобразования тепловой энергии в электрическую¹.

Когда в середине 50-х годов в США приступили к разработкам КЭУ, первыми среди них были солнечные тепловые энергоустановки как с непосредственным (термоэлектрическим и термоэмиссионным), так и с машинным способами преобразования энергии, предсказанные К. Э. Циолковским.

Солнечные термоэмиссионные установки до сих пор не вышли из стадии лабораторных испытаний, хотя к середине 60-х годов их характеристики были значительно улучшены — повышены КПД, ресурс, выходная мощность [12].

Солнечные динамические КЭУ были доведены в США до стадии летных испытаний. 20 декабря 1961 г. была выведена на орбиту ракета-носитель «Атлас», на борту которой находилась КЭУ с турбиной на парах ртути. Турбоагрегат вышел на режим 40 000 об/мин и достиг мощности 250 Вт, после чего из-за выхода из строя одной из систем ракеты-носителя испытания были прекращены [13]. Солнечные термоэлектрические КЭУ также были доведены до единичных успешных летных испытаний [14].

Однако постепенно круг проводимых в США исследовательских и экспериментальных работ по солнечным тепловым КЭУ сужался до разработки более простых и надежных в эксплуатации энергетических систем необходимого в то время ограниченного уровня мощности: солнечных батарей, химических батарей, топливных элементов и радионуклидных термоэлектрических генераторов.

В начале 70-х годов в США вновь повысился интерес к возможности использования энергии Солнца. «Пришло время рассматривать солнечную энергию как крупный национальный источник энергии» [15]. При этом солнечные турбогенераторные и другие типы установок большой мощности, до 10^7 кВт, предполагалось применять для выработки электроэнергии на борту геостационарной орбитальной электростанции.

Третье направление использования солнечной энергии на борту космического аппарата, получающее развитие в современной технике, относится к космической технологии и системам обслуживания. К. Э. Циолковский предлагал применять тепло Солнца непосредственно для различных операций, например для получения высокой температуры, обеспечивающей плавление металла с помощью концентраторов солнечной энергии [11, с. 52], и т. д.

Электричество, полученное путем преобразования солнечного тепла турбогенераторным способом, Ф. А. Цандер рассчитывал применять для борьбы с метеорной опасностью [16, с. 429]. Если судить по конспекту XII главы книги Ф. А. Цандера о межпланетных полетах, он собирался провести исследования на пригодность для межпланетных целей аппаратов для превращения солнечной энергии в другие виды энергии» [17, с. 454]. Можно предположить, что здесь ученый подразумевал не только тяговую, но и бортовую энергетику.

Четвертой важной идеей основоположников космонавтики являются предложения о возможности обеспечения электроэнергией электроракетных двигателей (ЭРД). Для этой цели предлагалось использовать тепловую энергию Солнца с последующим преобразованием ее в электричество. К настоящему времени эта идея нашла свое воплощение в ряде проектов и экспериментальных разработок [18, 19].

ЭРД позволяет получать высокие удельные импульсы при улучшении энергомассовых характеристик аппарата. В качестве рабочего тела ЭРД применяются цезий, литий, ртуть, инертные газы. Первый такой двигатель был разработан и выполнен в металле В. П. Глушко в 1929 г. [20], а с 1964 г. ЭРД проходят летные испытания на различных космических аппаратах [19, с. 4]. Высказанная Ф. А. Цандером идея об использовании

¹ Более подробно об этом можно прочитать в статье: Л. А. Квасников, Е. А. Яковлев. Воплощение идей К. Э. Циолковского в бортовых энергетических системах космических летательных аппаратов.— Труды X Чтений К. Э. Циолковского. Секция «Проблемы ракетной и космической техники». М., 1975, с. 194—207.

металлов в качестве горючего для космических ракет [21, с. 123] может, в частности, найти свое воплощение при разработках космических ядерных энергосиловых установок с жидкометаллическими теплоносителями. Вместо элементов конструкции такой теплоноситель удобнее использовать и как рабочее тело электроракетного двигателя.

Жидкометаллический теплоноситель контуров КЭУ может в случае надобности непосредственно подаваться в двигатель из использованного (выработавшего ресурс и отключенного) блока установки. В апреле 1965 г. в США была запущена в космос ядерная термоэлектрическая установка типа СНАП-10А с жидкометаллическим контуром [22]. В 1970 г. советскими учеными была испытана первая в мире ядерная термоэмиссионная жидкометаллическая установка «Топаз» мощностью 5—10 кВт [23, 24]. К настоящему времени появилась серия проектов ядерных и солнечных энергоустановок, питающих маршевые ЭРД мощностью 25—400 кВт [25, 26].

Уже Р. Годдард предлагал использовать солнечную турбогенераторную КЭУ для питания электроэнергией ЭРД [4, 27]. Г. Оберт для этой же цели предлагал использовать солнечную турбогенераторную энергетическую установку с концентрацией солнечного тепла с помощью вогнутого зеркала [28, с. 514]. В качестве рабочего тела ученый хотел использовать воду, хотя допускал возможность использования и других жидкостей, в том числе и жидких металлов, например ртути [там же, с. 515]. Несколько позднее, в 50-х годах, Г. Оберт писал о возможности применения атомную энергию для обеспечения электроэнергией ЭРД, считая возможным создание ядерных КЭУ [29, с. 123]. Первый запуск ядерной радиоизотопной КЭУ типа СНАП-3А мощностью 2,7 Вт был осуществлен США уже в 1961 г. [30], а в 1964 г. успешные наземные испытания прошла разработанная советскими учеными первая энергетическая установка с ядерным реактором и непосредственным преобразованием энергии «Ромашка» мощностью 0,5 кВт [31], исследования которой были начаты существенно раньше.

Основоположники космонавтики высказывали свои соображения об обеспечении светом, теплом и электроэнергией не только космических летательных аппаратов, но и станций на Луне и планетах. Так, например, Р. Годдард писал о возможности применения солнечной энергии для получения топлива (водорода и кислорода) для космических ракет на Луне и планетах (за исключением Венеры) [32, с. 420]. Г. Оберт также считал возможным применять солнечную энергию для лунного автомобиля [29, с. 131, 139, 141], а на Марсе — для получения жидкого топлива [33]. М. Валье предлагал применять солнечную энергию на лунных базах для обогрева помещения базы, а также для разложения воды электрическим током, полученным преобразованием солнечного тепла [10, с. 325]. Эти идеи пока еще не реализованы. В настоящее время работу станций на Луне и на планетах обеспечивают химические источники тока, солнечные батареи и радиоизотопные энергетические установки.

Возможность создания орбитальных электростанций для передачи энергии на Землю является шестым важным предложением, получившим свое развитие. Один из первых авторов работ по теории космонавтики, Ю. В. Кондратьев, еще в 1918—1919 гг. упоминал о различных способах применения «...сконцентрированного солнечного света с помощью параболических зеркал двух форм на снаряде (ракете)» и писал о перспективах их использования в наземной энергетике [34]. Г. Оберт считал, что для Земли обязательно нужно использовать орбитальные электростанции. Уже в первой своей работе ученый говорил о возможности установления на ракете «гигантского космического зеркала», с помощью которого можно будет концентрировать солнечную энергию и передавать ее на Землю [33, с. 85]. В другой своей работе [6, с. 206, 207] Г. Оберт подробно рассматривал конструкцию этого зеркала и возможности его использования для земных нужд.

Создание орбитальных электростанций представляет собой актуальную проблему, которой придается важное значение в плане обеспечения Земли электроэнергией. В США проводятся интенсивные исследования в этом направлении, и специалисты, занимающиеся изучением возможности создания солнечной электростанции на спутнике, находящемся на синхронной орбите, считают, что «к 2020 году по крайней мере 20% всех энергетических потребностей США будет удовлетворяться солнечной электроэнергией» [15, с. 30]. Рассматривается также возможность создания атомной электростан-

ции электрической мощностью порядка 10 000 МВт с последующей передачей электроэнергии на Землю [35].

Рассмотрение трудов основоположников космонавтики показывает, что хотя эти выдающиеся ученые основное внимание уделяли вопросам тяговой энергетики, однако они в той или иной степени касались и идей бортовой энергетики. Некоторые из этих идей нашли свое воплощение в современных теоретических и практических разработках, некоторые могут быть реализованы в будущем.

Литература

1. Циолковский К. Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами (1926).— Собр. соч., т. 2. М., 1954, с. 179—260.
2. Цандер Ф. А. Проблемы сверхавиации и очередные задачи по подготовке к межпланетным путешествиям.— В кн.: Проблемы полета при помощи реактивных аппаратов. М., 1961, с. 436—441.
3. Александров С. Г., Федоров Р. Е. Советские спутники и космические корабли. М., 1961.
4. Goddard R. Supplementary Report on Ultimate Development. Worcester, March 1924.— The Papers of Robert H. Goddard. N. Y.— L., 1970, v. I, p. 531—540.
5. Goddard R. The Last Migration written 14, 1918 and from the Green Notebooks. Other Discussion of Interplanetary exploration may be found through the book.— The Papers of R. Goddard. N. Y.— L., 1970, v. III, p. 1612.
6. Оберт Г. Пути осуществления космических полетов. М., 1948 (пер. с нем. изд. 1929 г.).
7. Эсно-Пельтри Р. Соображения о результатах безграничного уменьшения веса двигателя.— В кн.: Пионеры ракетной техники. Гансвиндт, Годдард, Эсно-Пельтри, Оберт, Гоман: Избр. тр. М., 1977, с. 326—335.
8. Эсно-Пельтри Р. Исследование верхних слоев атмосферы при помощи ракеты и возможность межпланетных путешествий.— Там же, с. 336—400.
9. Гоман В. Возможность достижения небесных тел.— Там же, с. 527—607.
10. Валье М. Полет в мировое пространство как техническая возможность. М.— Л., 1936.
11. Циолковский К. Э. Жизнь в межзвездной среде. М., 1964.
12. Rouclove P. Status Report on Solar Thermionic Power Systems. Space Power Systems Engineering.— In: Progress in Astronautics and Aeronautics. N. Y., 1966, v. 16, p. 909—948.
13. Thompson G. E., Creasey F. E., Cummings R. L. Space Demonstration of a Rankine Cycle. Space Power Systems, Power Systems for Space Flight.— In: Progress in Astronautics and Aeronautics. N. Y., 1963, v. 11, p. 869—890.
14. Aviation Week, 8/IV, 1964, p. 55.
15. Cherry W. R. Harnessing Solar Energy: the Potential.— Astronautics and Aeronautics, 1973, v. 11, № 8, p. 30—36.
16. Цандер Ф. А. Об отклонении метеоритов и задержании их действием электростатического электричества, выпускаемого межпланетным кораблем.— В кн.: Проблемы полета при помощи реактивных аппаратов. М., 1961, с. 430—453.
17. Оглавление (конспект) к кн. инженера Ф. А. Цандера, предлагаемой к печатанию под заглавием: «Перелеты на другие планеты: первый шаг в необъятное мировое пространство». (Гл. XII. Приближенный ход теоретических и практических исследований, необходимых для перелетов на другие планеты, условия новой жизни в межпланетном пространстве.) М., 1961, с. 444—455.
18. Frøe B. A., Cuman et al. Electric Propulsion for Communication Satellite.— AIAA 7th Commun. Sat. Syst. Conf. San Diego, Calif., 1978. Collect. Techn. Pap., 1978, p. 746—758.
19. Гришин С. Д. и др. Электрические ракетные двигатели. М., 1975.
20. Цандер Ф. А. Применение металлического топлива в ракетных двигателях.— Ракетная техника. Вып. 1. М.— Л., 1936, с. 121—135.
21. Глушко В. П. Путь в ракетной технике.— Избр. тр. М., 1977.
22. Dieckamp H. M., Wilson R. F., Cockerman D. J. et al. SNAPSHOT — the First Space Test of a Reactor Power Unit. XVIth International Astronautical Congress. Athens, 1965, Proceed., v. 1. Warsaw, 1966, p. 351—366.
23. Кузнецов В. А. Ядерные реакторы космических энергетических установок. М., 1977, с. 150—158.
24. Бугровский В. В., Вишнепольский И. М. и др. Основы автоматического управления ядерными космическими энергетическими установками. М., 1974, с. 55.
25. Graf J. E., Boain R. J. Ion Propulsion Design and Mission Performance.— AIAA Pap., 1978, № 644, p. 1—18.
26. Cork M. J. et al. Planetary Mission Requirements, Technology and Design Consideration for a Solar Electric Propulsion Stage.— AIAA/NASA Conf. Adv. Technol. Future Space Syst., Hampton, Va, 1979, Collect. Techn. Pap. S. L., s. a. 279—289.

27. *Goddard R.* Outline of Article on «The Navigation in Interplanetary Space», 10 September — 11 October 1913.— *The Papers of Robert H. Goddard*. N. Y.—L., 1970, v. 1, p. 117—122.
28. Электрический космический корабль.— В кн.: *Пионеры ракетной техники*. Гансвиндт, Годдард, Эсно-Пельтри, Оберт, Гоман: Избр. тр. М., 1977, с. 511—524.
29. *Oberth H.* Man into Space. New Project for Rocket and Space Travel. N. Y., 1957.
30. *Szego G. C.* Space Power Systems State of the Art, 1963.— XIVth Internat. Astronaut. Congr. Proceed. 1965, v. 1, p. 30.
31. *Миллионщиков М. Д., Гвердцители И. Г. и др.* Высокотемпературный реактор-преобразователь «Ромашка». — *Атомная энергия*, 1964, т. 17, № 5, с. 329—335.
32. *Goddard R.* Report to Smithsonian Institution Concerning Future Development of the Rocket Method of Investigation Space. The Paper of R. Goddard. N. Y.—L., 1970, v. 1, p. 413—430.
33. *Oberth H.* Die Rakete zu den Planetenräumen. München, 1923.
34. *Кондратьев Ю. В.* Тем, кто будет читать, чтобы строить.— В кн.: *Пионеры ракетной техники*. Кибальнич, Циолковский, Цандер, Кондратьев: Избр. тр. М., 1964, с. 501—536.
35. The Satellite Nuclear Power Station.— *Space World*, 1973, J-6-114, p. 4—18.

АДМИРАЛ А. С. ГРЕЙГ — УЧЕНЫЙ И КОРАБЛЕСТРОИТЕЛЬ

Ю. С. КРЮЧКОВ (Николаев)

Русский адмирал, почетный академик А. С. Грейг прославился не только как боевой моряк и флотоводец, но и как ученый, сделавший много для развития кораблестроения, астрономии, экономики и других отраслей науки и техники.

Алексей Самуилович Грейг родился в 1775 г. в семье прославленного российского адмирала С. К. Грейга, известного как боевыми заслугами¹, так и значительным вкладом в развитие отечественного кораблестроения, артиллерийского дела и морской техники. С 10-летнего возраста будущий адмирал начал свою морскую жизнь, вначале на флагманском корабле адмирала С. К. Грейга, а затем волонтером в английском флоте. Вернувшись в Россию (1796 г.), А. С. Грейг, командуя кораблем, участвовал в ряде морских операций (Гельдер, 1799 г.). А. С. Грейг — наследник боевых традиций адмирала Ф. Ф. Ушакова и боевой соратник вице-адмирала Д. Н. Сенявина. Под флагом Сенявина он принимал активное участие во второй Архипелагской экспедиции (1805—1808 гг.): овладел островами Тенедос и Лемнос, командовал отрядами судов в победоносных Дарданельском и Афонском сражениях (1806 г.). Венцом боевой деятельности адмирала А. С. Грейга было участие во главе Черноморского флота в войне против Турции в 1828—1829 гг., когда флот под его командованием совместно с армейскими отрядами овладел мощными приморскими крепостями Анапа и Варна и взял ряд других крепостей и укрепленных городов, дойдя почти до стен Стамбула. Такова краткая характеристика боевой деятельности адмирала А. С. Грейга, достаточно полно освещенная в современной отечественной и зарубежной исторической литературе [1—5].

Однако адмирал А. С. Грейг восхитил современников не только своими профессиональными качествами военного моряка, но также как ученый и кораблестроитель. Научные интересы А. С. Грейга помимо мореплавания и кораблестроения охватывали математику, физику, астрономию, медицину, юриспруденцию, экономику и химию. Грейг

¹ В битве в Чесменской бухте (1770 г.) отряд русских кораблей под командованием С. К. Грейга разгромил турецкий флот, а в Готландском сражении (1788 г.) во главе Балтийского флота он одержал победу над шведским флотом.