



АВИАЦИЯ ♦ РАКЕТНАЯ ТЕХНИКА ♦ КОСМОНАВТИКА

Орган Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского
и Академии наук авиации и воздухоплавания

Журнал выходит ежемесячно
Выпускается с августа 1998 г.

Г.В. НОВОЖИЛОВ –

Главный редактор (авиация)

А.С. КОРОТЕЕВ –

Главный редактор (ракетная техника
и космонавтика)

Л.А. ГИЛЬБЕРГ –

зам. Главного редактора

Члены Редакционный
редакционной совет
коллегии

В.В. АЛАВЕРДОВ	А.М. МАТВЕЕНКО – председатель
А.А. АЛЕКСАНДРОВ	О.М. АЛИФАНОВ
А.П. АЛЕКСАНДРОВ	Н.А. АНФИМОВ
А.Н. ГЕРАЩЕНКО	И.В. БАРМИН
В.Г. ДМИТРИЕВ	В.Е. БАРСУК
А.Н. ЗЕЛИН	В.Ф. БЕЗЪЯЗЫЧНЫЙ
Б.И. КАТОРГИН	Б.В. БОДИН
П.И. КЛИМУК	А.Ф. ВОИНОВ
А.А. ЛЕОНОВ	Ю.Ф. ГОРТЫШОВ
В.А. ЛОПОТА	М.Б. ГУЗАИРОВ
А.М. МАТВЕЕНКО	В.А. ДАВЫДОВ
С.В. МИХЕЕВ	Г.Л. ДЕГТЯРЕВ
Н.Ф. МОИСЕЕВ	О.Ф. ДЕМЧЕНКО
А.Ф. МОРОЗЕНКО	Н.Н. ДОЛЖЕНКОВ
Ф.Н. МЯСНИКОВ	Ю.С. ЕЛИСЕЕВ
А.Н. ПЕРМИНОВ	С.Ю. ЖЕЛТОВ
М.А. ПОГОСЯН	Л.М. ЗЕЛЕНЬКИЙ
Г.М. ПОЛИЩУК	А.Н. КИРИЛИН
Г.Г. РАЙКУНОВ	В.А. КОБЗЕВ
О.Н. РУМЯНЦЕВА	В.А. КОМАРОВ
М.П. СИМОНОВ	А.А. КОРОТЕЕВ
В.В. ТЕРЕШКОВА	В.В. КРЫМОВ
И.Б. ФЕДОРОВ	А.Н. КУРИЛЕНКО
Е.А. ФЕДОСОВ	Л.Н. ЛЫСЕНКО
В.В. ХАРТОВ	А.П. МАНИН
С.Л. ЧЕРНЫШЕВ	В.А. МЕНЬШИКОВ
Ответственные секретари журнала	Т.А. МУСАБАЕВ
И.Н. МЫМРИНА	В.Е. НЕСТЕРОВ
Д.Я. ЧЕРНИС	К.М. ПИЧХАДЗЕ
Редактор- организатор	С.С. ПОЗДНЯКОВ
О.С. РОДЗЕВИЧ	В.А. ПОЛЕТАЕВ
	Ю.А. РЫЖОВ
	Г.Г. САЙДОВ
	В.Г. СВЕТЛОВ
	А.Н. СЕРЬЕЗНОВ
	М.Ю. СМУРОВ
	В.П. СОКОЛОВ
	А.В. СОЛЛОГУБ
	В.А. СОЛОВЬЕВ
	А.И. ТАТУЕВ
	Б.Е. ЧЕРТОК
	В.В. ШАЛАЙ
	В.А. ШАТАЛОВ
	И.С. ШЕВЧУК

Представители журнала:

г. Казань: Р.И. АДГАМОВ, тел. (843) 238-46-23
Роскосмос: А.А. ВОРОБЬЕВ, тел. (495) 975-45-86
Минобороны РФ: А.В. ДРОБЫШЕВСКИЙ,
тел. (495) 696-44-38
г. Уфа: О.Б. СЕВЕРИНОВА, тел. (3472) 73-07-23
Франция, Париж: Е.Л. ЧЕХОВ,
тел. (10331) 47-49-28-05

© ООО "Издательство Машиностроение", 2010

© ООО "Машиностроение – Полет", 2010

СОДЕРЖАНИЕ

Лопота В.А. Космическая миссия поколений XXI века	3
Мартынов М.Б. Модульное построение космических аппаратов: анализ эффективности, перспектива применения	13
Евдокименков В.Н., Красильщиков М.Н. Концептуальная математическая модель информационно-управляющего поля как среды функционирования смешанных групп ЛА	20
Ахметов Р.Н., Богатов А.Ю., Петрищев В.Ф. Статистическая оценка качества снимков КА "Ресурс-ДК1", приведенного к зачетным условиям съемки	30
Панасюк М.И., Логачев Ю.И., Новиков Л.С., Тулупов В.И. Роль академика С.Н. Вернова в изучении и освоении космического пространства	37
Кофман В.М. Влияние влажности в неравномерном воздушном потоке на расход воздуха и КПД вентилятора ГТД	46
Букрин В.В., Власов Ю.В., Песиголовец Г.Ю., Руленков В.В. Аналитическая модель оценивания работоспособности объектов наземной космической инфраструктуры	56

Журнал входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней.

Мнение редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов статей. За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель. Плата с аспирантов за публикацию статей не взимается. Аннотации статей журнала и требования к оформлению представляемых авторами рукописей приведены на сайте издательства "Машиностроение" <http://www.mashin.ru>

Адрес редакции: 107076, Москва, Стромьинский пер., 4
Телефоны: (499) 269-48-96; (499) 268-49-69; (499) 268-33-39
Факс: (499) 269-48-97; (499) 268-33-39
Адрес электронной почты: polet@mashin.ru
Адрес в интернете: <http://www.mashin.ru>



AVIATION ♦ ROCKET TECHNOLOGY ♦ COSMONAUTICS

Journal of Russian Academy of Cosmonautics named after K.E. Tsiolkovsky
and Academy of Aviation and Aeronautics Sciences

The journal is issued monthly
Published since August 1998

G.V. NOVOZHILOV –

Editor-in-Chief (Aviation)

A.S. KOROTEYEV –

Editor-in-Chief (Rocket Technology
and Cosmonautics)

L.A. GILBERG –

Deputy Editor-in-Chief

Editorial

Board Members

V.V. ALAVERDOV
A.A. ALEKSANDROV
A.P. ALEKSANDROV
A.N.GERASHCHENKO
V.G. DMITRIYEV
A.N. ZELIN
B.I. KATORGIN
P.I. KLIMUK
A.A. LEONOV
V.A. LOPOTA
A.M. MATVEYENKO
S.V. MIKHEYEV
N.F. MOISEEV
A.F. MOROZENKO
F.N. MYASNIKOV
A.N. PERMINOV
M.A. POGOSYAN
G.M. POLISHCHUK
G.G. RAYKUNOV
O.N. RUMYANTSEVA
M.P. SIMONOV
V.V. TERESHKOVA
I.B. FEDOROV
E.A. FEDOSOV
V.V. KHARTOV
S.L. CHERNYSHEV

**Executive secretaries
of the journal**

I.N. MYMRINA
D.Ya. TCHERNIS

Editor Organizer

O.S. RODZEVICH

Editorial

Committee

A.M. MATVEYENKO,
Chairman
O.M. ALIFANOV
N.A. ANFIMOV
I.V. BARMIN
V.E. BARSUK
V.F. BEZYAZCHNYI
B.V. BODIN
A.F. VOINOV
Yu.F. GORTYSHOV
M.B. GUZAIROV
V.A. DAVIDOV
G.L. DEGTYAREV
O.F. DEMCHENKO
N.N. DOLZHENKO
Yu.S. ELISEYEV
S.Yu. ZHELTOV
L.M. ZELENY
A.N. KIRILIN
V.A. KOBZEV
V.A. KOMAROV
A.A. KOROTEYEV
V.V. KRYMOV
A.N. KURYLENKO
L.N. LYSENKO
A.P. MANIN
V.A. MENSHIKOV
T.A. MUSABAYEV
V.E. NESTEROV
K.M. PICHKHADZE
S.S. POZDNYAKOV
V.A. POLETAYEV
Yu.A. RYZHOV
G.G. SAYDOV
V.G. SVETLOV
A.N. SERYOZNOV
M.Yu. SMUROV
V.P. SOKOLOV
A.V. SOLLOGUB
V.A. SOLOV'EV
A.I. TATUEV
B.E. TCHERTOK
V.V. SHALAY
V.A. SHATALOV
I.S. SHEVCHUK

Representatives of the journal:

Kazan: R.I. ADGAMOV, phone (843) 238-46-23
Roscosmos: A.A. VOROBIOV, phone (495) 975-45-86
Ministry of Defence of Russian Federation:
A.V. DROBYSHEVSKIY, phone (495) 696-44-38
Ufa: O.B. SEVERINOVA, phone (3472) 73-07-23
France, Paris: E.L. TCHEHOV, phone (10331) 47-49-28-05

CONTENTS

Lopota V.A. Space Mission Of 21st Century Generations 3

Martynov M.B. Modular Composition Of Space Crafts:
Efficiency Analysis, Application Tendency 13

Evdokimenkov V.N., Krasilshchikov M.N. Conceptual
Mathematical Model Of The Unit Information And Controlling
Field As Specific Area Of The Mixed Flying Vehicles Group
Operation 20

Akhmetov R.N., Bogatov A.Yu., Petrishchev V.F. Statisti-
cal Appraisal Of Quality Of Shots By Resurs-DK1 Space-
craft In Standard Conditions 30

Panasyuk M.I., Logachev Yu.I., Novikov L.S., Tulupov V.I.
The Role Of Academician S.N. Vernov In Space Conquest
And Investigation 37

Kofman V.M. Humidity Influence In The Irregular Air Flow
On The Air Consumption And The Gas Turbine Engine Fan
Efficiency 46

Bukrin V.V., Vlasov Yu.V., Pesigolovets G.Yu., Rulenkov V.V.
Analytical Model Of Operability Assessment Of Ground-Based
Space Launch Infrastructure 56

*The journal is in the list of editions, authorized by the Supreme Certification
Committee of the Russian Federation to publish the works of those applying
for a scientific degree.*

*Viewpoints of authors of papers do not necessarily represent
the Editorial Staff's opinion.*

Post-graduates have not to pay for the publication of articles.

*Annotations of magazine articles and features required of author manuscript desing are
available at "Mashinostroenie Publishing House" Internet Site <http://www.mashin.ru>*

Address of the editorial office: 107076, Moscow, Stromynsky Lane, 4

Phones: (499) 269-48-96; (499) 268-49-69; (499) 268-33-39

Fax: (499) 269-48-97; (499) 268-33-39

E-mail address: polet@mashin.ru

Internet address: <http://www.mashin.ru>

Космическая миссия поколений XXI века

В.А. Лопота

E-mail: post@rsce.ru



ЛОПОТА
Виталий Александрович – президент РКК "Энергия" им. С.П. Королева, генеральный конструктор, член-корреспондент РАН

Состояние отечественной ракетно-космической отрасли и космонавтики требует нового стратегического мышления для поступательного развития космической деятельности. Для решения в XXI веке широкого спектра задач в околоземном и дальнем космическом пространстве в России должна быть сформирована многофункциональная надежная космическая инфраструктура. Опираясь на научно-технический, производственный и экономический потенциал и ресурсы страны, она призвана обеспечивать рост их потенциальных возможностей.

В статье на основе анализа участия России на мировом космическом рынке определена ее миссия в мировой космонавтике. Предложена концепция космической программы до 2040 г., включающая три основных направления космической деятельности – в околоземном космосе, на Марсе и на Луне.

Ключевые слова: межпланетная космическая инфраструктура; космический рынок; межпланетный экспедиционный комплекс; орбитальный пилотируемый сборочно-эксплуатационный комплекс; орбитальная станция; пилотируемый транспортный корабль; межорбитальный буксир; ядерная энергоустановка.

V.A. Lopota. Space Mission Of 21st Century Generations

The current condition of the Russian rocket and space industry and cosmonautics dictates the need for a new strategic approach in a bid to ensure the dynamical development of space exploration. Basing on the scientific, technological, industrial and economic potentials and resources of the country, Russia is set to develop a multi-function, reliable space infrastructure to deal with the large scope of missions in near and far space, and ensure a sustained growth of its capabilities.

The article defines the role of Russia in global space exploration efforts on the basis of the analysis of country's operations on the world market of space services. It also offers a concept of a space exploration program through to 2040, elaborating on the critical fields of space operations in the near-Earth space, on the Mars and the Moon.

Key words: interplanetary space infrastructure; space service market; interplanetary expedition facility; manned space assembly and maintenance facility; space station; manned spacecraft; interorbital tug; nuclear power plant.

Известно, что Исаак Ньютон в фундаментальной научной монографии "Математические начала натуральной философии" (1687 г.) определил, как и с какой скоростью можно преодолеть земное притяжение. Но только через 200 лет в трудах К.Э. Циолковского появились конкретные теоретические разработки: ракетные поезда, или, по современным понятиям, многоступенчатые космические ракеты. Потребовалось еще 50 лет, чтобы гений Сергея Павловича Королёва смог воплотить эти идеи в жизнь. Началась космическая эра человечества. Появилось новое направление деятельности – космонавтика, рожденная усилиями С.П. Королёва, его соратников и последователей.

Королёвская школа, сохраненная в Ракетно-космической корпорации (РКК) "Энергия", несет историческую ответственность за идеологию разви-

тия отечественной космонавтики. Предлагаемые в ее рамках концептуальные программы должны находить поддержку не только в нашей стране, но и за рубежом.

Мировая космонавтика прошла значительный исторический путь. Эпоха событий и достижений началась с создания первых баллистических ракет дальнего действия и формирования ракетно-ядерной системы сдерживания. Затем был осуществлен прорыв в космос, там стали проводиться первые научные исследования. Далее последовали полеты человека в околоземное космическое пространство и на Луну, началось освоение технологий жизнеобеспечения людей в космических условиях.

В истории космонавтики РКК "Энергия", основанная С.П. Королёвым, навсегда останется первопроходцем. По существу, российская школа космонавтики, созданная в ОКБ-1, сохраняет лидирующие позиции в мире благодаря большому опыту реализации крупных космических проектов и весомому научно-техническому, производственно-технологическому и кадровому потенциалу.

Серьезное развитие отечественной космонавтики тормозится относительно низким уровнем финансирования крупных проектов в этой области. Поэтому трудно возражать известным ученым и специалистам, которые говорят, что прогресс российской космонавтики, пилотируемой в том числе, замедляется и практически останавливается. А в это время другие страны мира — не только США, но и страны Европы, Китай, Индия, Япония — постоянно наращивают темпы развития в этой особо наукоемкой области человеческой деятельности. Ученые даже шутят, что когда российские космонавты наконец-то высадятся на Луне, они встретят там китайские луноходы и тайконавтов.

Конечно, руководство России, Российской академии наук и ракетно-космической отрасли должно уделять больше внимания отечественной космонавтике, которая является одним из важнейших гарантов национальной безопасности и технологической независимости, главным поставщиком высоких технологий практически во все области человеческой деятельности. Вместе с

тем опасения ученых и специалистов не столь уж необоснованны. Хотя при мудром стратегическом подходе, основанном на долгосрочном планировании, возможно поступательное развитие космической деятельности.

Россия на мировом космическом рынке. В космонавтике сделано очень многое. Объем мирового рынка космических услуг сегодня составляет более 300 млрд дол. в год. К сожалению, доля российской космонавтики на этом рынке незначительна. И при этом Россия занимает первое место в мире в секторе пусковых услуг, осуществляя больше всех пусков космических ракет-носителей (РН). Мировым сообществом признано, что многие идеи, рожденные и реализованные в России, в том числе в РКК "Энергия", являются пока самыми эффективными в области ракетостроения и космонавтики. Однако в силу известных причин российские ракетно-космические средства, системы и комплексы начинают уступать зарубежным аналогам по электронной элементной базе, современным материалам и т.д.

Отечественная ракетно-космическая промышленность базируется на разработках С.П. Королёва и его последователей, которые создали признанные в мире эффективные и надежные средства доставки на околоземные орбиты и отлетные траектории, в том числе ракету Р-7 (великолепная "семерка"), разгонные блоки типа Д и ДМ, уникальную и непревзойденную до настоящего времени РН сверхтяжелого класса "Энергия", РН среднего класса "Зенит-3SL", используемую в коммерческих проектах "Морской старт" и "Наземный старт". При поддержке государства отрасль способна продолжать свои лучшие традиции и разрабатывать ракетно-космические технологии, опережающие мировой уровень.

Во многом благодаря деятельности коллектива РКК "Энергия" ракетно-космическая промышленность России заняла лидирующие позиции в мировой космонавтике. На ее счету — осуществление в кратчайшие сроки запуска первого искусственного спутника Земли, первых автоматических околоземных и межпланетных космических аппаратов и станций, которые смогли сфотографировать Луну и передать ее фотографии на Землю, а также обеспечить построение

первых карт Марса и Венеры. Всеми этими достижениями можно по праву гордиться. И сегодня мы способны создавать востребованные на мировом рынке современные космические аппараты (КА) и уникальную исследовательскую бортовую аппаратуру.

Отдельного внимания заслуживает отечественная пилотируемая космонавтика, которая является реальным полигоном отработки и испытаний многих научных идей и технологий. На сегодняшний день она развивается в рамках программы работ по Международной космической станции (МКС). Это самый дорогостоящий проект современности. На него уже потрачено ~120 млрд дол. Теперь в нем определились новые тенденции использования средств транспортно-технического обеспечения (ТТО), в составе которых изначально предусматривались российские пилотируемые корабли "Союз ТМА", грузовые "Прогресс М" и американские корабли "шаттл", а также европейские и японские грузовые корабли (ATV и HTV).

В текущем году прекращается программа "Спейс шаттл" и завершаются полеты "шаттлов". Дороговизна программы и исчерпание полетных ресурсов этих кораблей не позволяют их использовать. Тем не менее инфраструктура МКС будет формироваться и в предстоящем пятилетии, а страны-партнеры проекта уже практически пришли к решению эксплуатировать станцию до 2020 г. (американская сторона предлагает рассмотреть возможность эксплуатации МКС до 2028 г.). Основная нагрузка и ответственность по ТТО станции ляжет на российскую сторону, пока у США не появятся надежные ракетно-космические средства доставки людей и грузов на основе частно-государственного партнерства по программе COTS.

Пилотируемая космонавтика на протяжении почти 50 лет, в том числе 15 лет в рамках программы орбитального комплекса "Мир" и 10 лет в рамках проекта МКС, — это впечатляющее количество различных научных, технических, технологических и прикладных космических исследований и экспериментов. Их результаты широко применяются в разных областях науки и техники, в том числе при создании систем управления, распо-

знавания, обслуживания жизнедеятельности людей на Земле.

Разумеется, страны-партнеры преследуют и национальные интересы при получении тех или иных результатов. На мировом космическом рынке наши партнеры по программе МКС действуют очень рационально и безапелляционно: занимают на рынке свободные высокотехнологичные ниши и теснят конкурентов.

Сегодня реальная ситуация складывается таким образом, что у России на этом рынке расширяется объем коммерческого участия в секторе пилотируемой космонавтики благодаря обладанию космическими средствами, способными стартовать с Земли практически в любых погодных условиях и работать на околоземной орбите до полугода. Эти благоприятные коммерческие перспективы охватывают период времени не менее 5–7 лет — новый американский пилотируемый корабль появится не раньше 2017–2018 гг. И они могут быть укреплены с выходом на эксплуатацию российского пилотируемого транспортного корабля нового поколения, летные испытания которого в беспилотном режиме должны начаться в 2015 г. на космодроме "Восточный".

Завершение строительства российского сегмента (РС) МКС намечено на 2015–2016 г. Увы, с опозданием на пять лет по сравнению с первоначальным планом. Причина задержки кроется не только в недостаточном уровне финансирования, но и в дефиците новых исследовательских идей, которые было бы целесообразно реализовать в проекте (РС) МКС. На этот дефицит, конечно, оказывают негативное воздействие проблемы космического приборостроения. Приборостроительная промышленность в стране находится в сложном положении. Тем не менее, российские ученые и инженеры способны из лучшей элементной базы, которая есть в мире, создавать прекрасные приборы, системы, комплексы, а также делать выдающиеся открытия. Например, в астрофизике значительное количество открытий совершается при участии российских ученых, в том числе в фундаментальных исследованиях "темной материи" и "темной энергии", которые сегодня являются наиболее актуальными.

Миссия России в мировой космонавтике XXI века. К.Э. Циолковский в 1927 г. сказал: "Челове-

чество не останется вечно на Земле, но в погоне за светом и пространством сначала робко проникнет за пределы атмосферы, а затем завоюет все околоземное пространство". Миссию поколений XX века он видел именно в освоении землянами разносторонней деятельности именно в "ближнем космосе".

В чем же заключается миссия новых поколений ученых, инженеров и специалистов в текущем столетии?

Прежде всего, они должны создать такую ракетную и космическую технику, которая обеспечила бы плодотворную реализацию перспективных научных проектов. Только в этом случае идеи, возникающие в умах ученых, действительно востребованные земной цивилизацией, перестанут быть чем-то призрачным и недостижимым.

И здесь космонавтике необходимо от сегодняшнего уровня сделать следующий серьезный шаг, открывающий новые горизонты.

Ракетно-космическая промышленность хорошо освоила технологию преобразования энергии, выделяющейся при горении компонентов топлива, в кинетическую энергию реактивной струи. Но на сегодня это всего лишь технология "подскока", позволяющая осуществлять доставку людей и грузов на околоземную орбиту и в ближнее космическое пространство с последующим их возвращением на Землю, а также реализовывать единичные зондирующие выходы автоматических станций к другим планетам и границе Солнечной системы, посадку этих станций на поверхность спутников некоторых планет, перемещение по ним и доставку на Землю небольших по массе научных грузов.

Масштабное продвижение в исследованиях дальнего космического пространства настоятельно требует использования новых эффективных технологий в дополнение к освоенным. Чтобы выйти на следующий уровень, нужен более емкий источник энергии на борту КА и более эффективные принципы перемещения КА в космосе. И человечество практически пришло к ним. Технологии ядерной энергетики могут стать основой для создания новой космической техники, поскольку здесь уже многое известно и отработано.

Принимая указанные технологии за фундаментальную основу, необходимо аккуратно, эволюционно осуществлять последующие этапы создания космической техники нового поколения. При этом следует проводить всесторонний системный анализ текущих и будущих задач, в том числе по обслуживанию из космоса деятельности человека на Земле (мониторинг территорий и природных ресурсов, прогнозирование стихийных бедствий, цифровое телерадиовещание, отражение глобальных угроз землянам и др.), по полетам автоматических и пилотируемых космических средств внутри Солнечной системы. Это позволит спроектировать облик новых КА и сформировать оптимальную космическую инфраструктуру.

Например, по масштабу пилотируемый космический комплекс для полетов к планетам Солнечной системы и их спутникам будет соизмерим с МКС. Причем только для обеспечения жизнедеятельности экипажа потребуются большие объемы и массы. Известно, что в космическом полете одному человеку в сутки необходимо около 10 кг расходных материалов, включая продовольствие и воду. Считая, что минимально необходимая численность экипажа — четыре человека, а продолжительность марсианской экспедиции составляет 1,5...2,5 года (с пребыванием на планете 1 месяц), получим ~20...30 т затрат только по этой позиции массовой сводки. А нужны еще средства радиационной защиты экипажа, средства связи с Землей, научная аппаратура, средства посадки на планету и взлета с ее поверхности и многое другое. Таким образом, суммарно полезная масса комплекса при его отлете от Земли составит несколько сотен тонн.

В целом при использовании ракетного топлива стартовая масса комплекса на околоземной орбите помимо его полезной массы будет содержать значительную массу топлива для полета к Марсу, посадки на него и возврата обратно. Нелегко оценить, что при использовании жидкостных реактивных двигателей, работающих на наиболее эффективном кислородно-водородном топливе, стартовая масса будет во много раз больше полезной массы комплекса. Понятно, что это не оптимальный вариант для марсианского проекта.

Наиболее эффективными здесь являются технологии космической ядерной энергетики, а именно относительно компактные бортовые ядерные энергетические установки (ЯЭУ) модульного исполнения.

Анализ перспективных задач космонавтики на ближайшие 20–40 лет приводит нас к следующему ряду мощностей модулей космических ЯЭУ:

0,15...0,50 МВт – обслуживание с околоземных орбит деятельности человечества на Земле, энергообеспечение космических и планетных баз, производственных инфраструктур на околоземной орбите, транспортировка автоматических КА и грузов на высокие околоземные орбиты, очистка геостационарных и других орбит от "космического мусора";

0,51...6 МВт – защита Земли от глобальных угроз, связанных с попаданием в нее астероидов и ядер комет, транспортировка грузов на Луну и к планетам;

24 МВт – полеты экспедиционных комплексов на Марс.

Под руководством С.П. Королева каждый новый шаг в создании ракетно-космической техники осуществлялся эволюционно. Нарботки предыдущих этапов всегда ложились в основу следующих. Этот подход оправдал себя. Многие разработчики руководствуются им и по сей день.

Сегодня РКК "Энергия" производит самые надежные в мире пилотируемые и грузовые корабли "Союз ТМА" и "Прогресс М", новые серии которых оснащены современными цифровыми системами управления. Опираясь на опыт и ориентируясь на решение актуальных задач, коллектив Корпорации предлагает перейти к созданию новой космической техники, которая должна стать базовой для следующего этапа исследования и освоения космического пространства. На это понадобятся не месяцы и годы, а десятилетия, поэтому крайне важно активно вовлекать молодежь в процесс разработки крупных проектов, обеспечивая кадровую преемственность.

Концепция космической программы до 2040 г. Космонавтика как особая наукоемкая область деятельности человечества нуждается в долгосрочном перспективном планировании. Только при таком стратегическом подходе наша забота о

будущих поколениях будет действенной. Именно такой подход позволит установить иерархию задач.

В связи с этим предлагается концепция долгосрочной программы, в рамках которой развитие космической деятельности определяется по трем направлениям: деятельность в околоземном космическом пространстве, на Марсе и на Луне. При этом средства и технологии, создаваемые и отрабатываемые при реализации более продвинутого направления, могут быть применены с соответствующей адаптацией и модификацией для других направлений.

Концепция программы космической деятельности в околоземном космосе предполагает, что по завершению в 2020 г. программы МКС окажется возможным дальнейшее развитие РС МКС с преобразованием его в орбитальный пилотируемый сборочно-эксплуатационный комплекс (ОПСЭК). Задачи этого комплекса: выполнение программ космических исследований, летная отработка российских пилотируемых транспортных кораблей нового поколения, создаваемых технологий, КА и систем будущего.

При этом до 2016–2017 гг. в состав РС МКС дополнительно к работающим модулям будут введены многоцелевой лабораторный модуль (начальная масса 20,7 т), узловой модуль (4 т), два научно-энергетических модуля (по 20 т), а также периодически обслуживаемый автономно летающий технологический КА (7,8 т). В составе средств ТТО сегмента и станции в целом будут использоваться пилотируемые корабли "Союз ТМА" и грузовые корабли "Прогресс М" новых серий (в 2015–2017 гг. на смену им придут пилотируемые транспортные корабли нового поколения и транспортная грузовая космическая система буксир-контейнер).

В 2024–2031 гг. в состав ОПСЭК будут введены три тяжелых модуля (по 40 т): универсальный модуль базовый и два научно-энергетических модуля вместо модулей меньшей размерности, отработавших ресурсы.

Одновременно с работами по ОПСЭК возможны создание и эксплуатация специализированных КА, оснащенных ЯЭУ и электроракетной двигательной установкой (ЭРДУ), в том числе

межорбитальных буксиров, для решения таких задач, как глобальная космическая связь, мониторинг Земли, очистка околоземных орбит от "космического мусора", защита Земли от астероидно-кометной угрозы и др.

Концепция развития космической деятельности на Марсе и Луне исходит из целесообразности обеспечить достижение в период до 2040 г. дальних космических горизонтов. При этом предлагается приступить к решению задачи пилотируемых полетов к Марсу при возможном использовании Луны как одного из элементов создаваемой межпланетной инфраструктуры.

Человечество на современном этапе развития космонавтики не имеет права сужать свои амбиции и замедлить темпы познания Вселенной. Необходимо развертывание широкомасштабной космической инфраструктуры, в состав которой согласно предлагаемой концепции на лунной поверхности и на окололунных орбитах могут быть размещены средства для расширения деятельности человека на Луне и окололунном космическом пространстве, обеспечения космических полетов к планетам Солнечной системы и их спутникам.

Концепция марсианской программы базируется на научно-техническом и технологическом заделе и опыте работ по программам орбитальных станций "Салют", "Мир", МКС, а также на освоении технологий космической ядерной энергетики.

Принцип модульности, отработанный на орбитальных околоземных станциях, позволяет уверенно строить планы по сборке пилотируемого межпланетного экспедиционного комплекса (МЭК) непосредственно на околоземной орбите. При этом наиболее рационально в перспективной программе использовать РН двух типов: среднего и сверхтяжелого классов. Суммарная стартовая масса МЭК, необходимого для полета на Марс, составит ~ 500 т при использовании ЯЭУ и ЭРДУ.

Модули МЭК будут доставляться с Земли и автоматически собираться на околоземной орбите. Участие космонавтов в сборке МЭК и его оснащении с проведением внекорабельной деятельности следует минимизировать, так как работы

человека в экстремальных условиях орбитального полета связаны с повышенным риском и большими затратами. Поэтому желательно оптимизировать соотношение между интеллектуальными возможностями человека и возможностями автоматике (робототехники).

Такая постановка задачи успешно реализуется в отечественной пилотируемой космонавтике. Российские пилотируемые корабли сегодня – это практически на 100 % автоматические средства. Человек лишь контролирует работу систем и вмешивается в управление полетом только при возникновении нерасчетной ситуации.

В соответствии с концепцией марсианской программы в состав МЭК будут входить:

многоразовый межорбитальный буксир (120 т) с ЯЭУ и ЭРДУ;

межпланетный корабль (300 т) с заправленными баками рабочего тела для межорбитального буксира;

модуль складской (20 т);

пилотируемый марсианский взлетно-посадочный комплекс (40 т) в аэродинамическом контейнере или грузовой посадочный комплекс (40 т) в аналогичном исполнении;

пилотируемый корабль (12...14 т) для доставки с Земли на МЭК экипажа и возвращения его с МЭК на Землю;

кислородно-водородный разгонный бак (40 т) для сообщения пилотируемому кораблю необходимых импульсов скорости (в том числе при полете к МЭК).

Эта концепция также предусматривает поэтапное создание и эксплуатацию марсианской космической инфраструктуры в следующем составе:

автоматические аппараты связи, навигации и мониторинга, размещаемые на околомарсианской орбите и поверхности планеты;

марсианская база (50 т) первого этапа с пилотируемым и транспортным марсоходами, ЯЭУ, целевыми модулями и автоматическими агрегатами по добыче и переработке марсианских пород;

марсианская орбитальная станция (40 т).

Концепция лунной программы аналогична марсианской. Она учитывает особенности Луны

(наличие гравитации, строение, ресурсы, расстояние до Земли, отсутствие атмосферы и т.д.), а также особенности решаемых задач по развертыванию межпланетной космической инфраструктуры и собственно лунной инфраструктуры. При этом необходимые средства будут создаваться на основе заимствования из марсианского проекта с соответствующими модификациями.

Новые космические технологии — ключ к дальним горизонтам. Во всех предложенных концепциях программ (космической деятельности в околоземном космическом пространстве, на Марсе и на Луне) основным направлением остается создание базовых космических технологий на основе технологий космической ядерной энергетики.

Следует отметить, что предложение ракетно-космической отрасли по транспортному космическому модулю — межорбитальному буксиру на базе ЯЭУ с ЭРДУ (рис. 1) — недавно было поддержано на государственном уровне.

Каким же видится облик ЯЭУ? В ее составе, прежде всего, должен быть ядерный реактор космического исполнения и система преобразования тепловой энергии, выделяющейся при ядерном делении, в электрическую.

Сегодня ученые и специалисты осуществляют выбор основных элементов ЯЭУ. При этом необходимо руководствоваться требованиями безопасности космических ЯЭУ для Земли. Ядерные энергоустановки должны функционировать на таких околоземных орбитах, для которых время баллистического существования гарантированно больше времени естественного спада накопленной радиоактивности отработанного ядерного топлива до безопасного уровня. Этому требованию отвечают орбиты высотой не менее 800...1500 км, располагающиеся выше внешней границы нижнего радиационного пояса Земли.

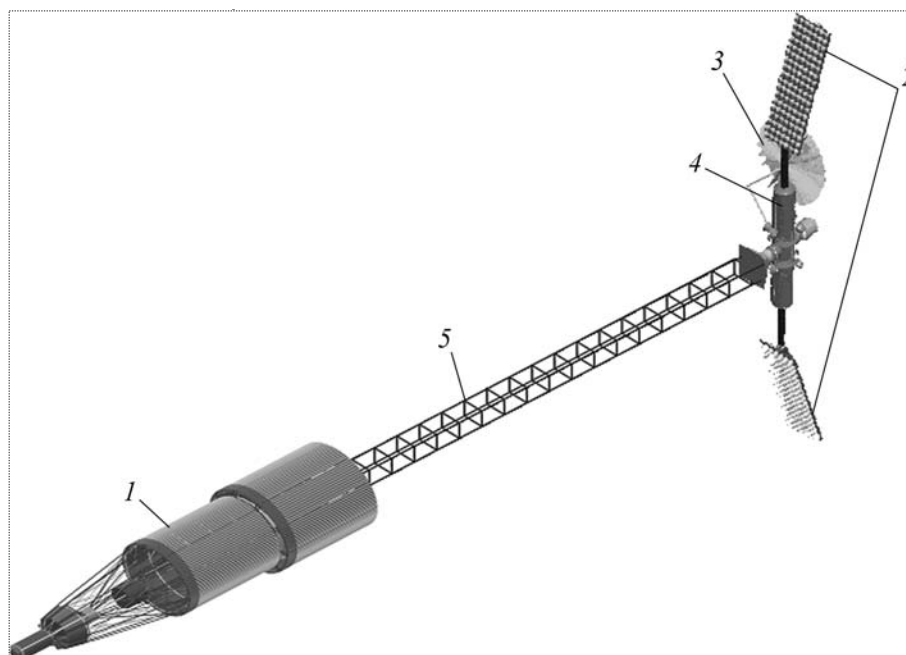


Рис. 1. Межорбитальный буксир с ЯЭУ и ЭРДУ: 1 — ядерная энергетическая установка; 2 — электроракетная двигательная установка; 3 — антенна системы связи; 4 — приборный отсек; 5 — ферменная конструкция

В этом случае транспортный модуль-буксир с ЯЭУ и ЭРДУ будет курсировать между орбитой его базирования и целевыми высокими орбитами, а на орбиту базирования грузы будут доставляться с Земли средствами, работающими на ракетном топливе.

Срок эксплуатации космических ЯЭУ должен составлять 10–15 лет. Для этого необходимо правильно выбрать тип системы преобразования тепловой энергии реактора ЯЭУ в электрическую. В настоящее время существуют турбомашинные и термоэмиссионные системы преобразования энергии.

Турбомашинная система преобразования обладает таким недостатком, как износ механических деталей и узлов турбины в условиях высоких температур рабочего тела и больших угловых скоростей ее вращения. Для поддержания надежной работы турбины в космическом полете придется предусмотреть в течение всего срока эксплуатации ЯЭУ профилактические и ремонтные работы в экстремальных космических условиях, при высоком уровне радиации ядерного реактора.

Термоэмиссионная система не имеет вращающихся, трущихся деталей и узлов, обладает меньшей поверхностью холодильника-излучателя. Но научно-технический задел здесь недостаточен, хотя в нашей стране имеется опыт создания космических ЯЭУ "Топаз-1" и "Топаз-2" мощностью до 10 кВт, в том числе с запуском в 1987 г. и работой на околоземной орбите двух КА "Плазма-А" с ЯЭУ "Топаз-1". Научно-технический задел по термоэмиссионной ЯЭУ мощностью 500 кВт для межорбитального буксира "Геркулес" получен в РКК "Энергия" совместно с организациями атомной и ракетно-космической отраслей, институтами Академии наук.

Решение о развертывании в России работ по космическим объектам на базе ЯЭУ и срокам их выполнения принято, поэтому необходимо безотлагательно прийти к рациональному обоснованному техническому облику системы преобразования.

Следует отметить, что для межорбитального буксира и других космических объектов с ЯЭУ также требуются уникальные космические крупногабаритные ферменные конструкции, системы охлаждения, эффективные ЭРДУ, системы обеспечения радиационной безопасности.

Какими же характеристиками будет обладать межорбитальный буксир с ЯЭУ и ЭРДУ?

В зависимости от мощности ЯЭУ масса буксира может составлять 7...40 т. Предполагаемый срок эксплуатации — 10–15 лет. Мощность ЯЭУ космического исполнения — от нескольких сотен кВт до 6 МВт. Выведение на околоземную орбиту и начало летных испытаний запланированы на 2020 г.

При создании такого буксира Россия могла бы удвоить объемы поступающих средств в секторе пусковых и транспортных космических услуг, увеличив свою долю на мировом космическом рынке до 60 % от годового финансового объема этого сектора (более 2 млрд дол.).

В другом, информационном, секторе космического рынка технологии ядерной энергетики не менее перспективны. Известно, что на геостационарной орбите стало "тесно": там работают сотни спутников связи, и при этом дрейфуют более 600 неуправляемых и вышедших из строя КА, которые становятся помехой и угрозой для рабо-

тающих КА. Один из радикальных путей устранения данной проблемы — переход на использование тяжелых КА-станций (это позволит уменьшить число объектов на орбите).

РКК "Энергия" в недалеком прошлом предлагала создание глобальной космической системы связи на базе тяжелой универсальной космической платформы (УКП). С учетом развертывания работ по космической ЯЭУ имеет смысл вернуться к этому проекту, но уже на новом уровне. Масса КА с тяжелой УКП, по предварительным оценкам, может составить ~ 20 т при использовании ЯЭУ мощностью 0,5 МВт. Основы для создания такого КА уже имеются. В ближайшее время можно было бы приступить к практической реализации проекта и выходить на мировой рынок в сектор услуг космической связи, рассчитывая на большее количество заказов. Сегодня доля России составляет менее 1 % от годового объема этого сектора, составляющего более 80 млрд дол. Через 10 лет рынок услуг космической связи достигнет, по оценкам экспертов, не менее 250 млрд дол. И Россия могла бы претендовать на 5 % этого сектора рынка.

Для перспективных КА необходимы новые энергоэффективные радиационностойкие электронные компоненты бортовых систем. Сегодня же процессоры компьютеров с увеличением их производительности превращаются фактически в "нагревательные печки", а в целом комплектующие не отличаются необходимой энергоэффективностью. В настоящее время наблюдается тенденция увеличения частот работы процессоров, их производительности и объема памяти. Но актуальная для космической техники задача — создание процессора с быстродействием 1 миллион операций в секунду при мощности 1 Вт — до сих пор не решена. Тот, кто найдет ее решение, будет достоин самых престижных премий.

Незаслуженно забыты успехи российских ученых в области прикладной математики и кибернетики. Один из основателей кибернетики, Джон фон Нейман, показал, что самая большая вычислительная емкость информационной системы находится у основания натурального логарифма числа $e = 2,71828...$ К этому оптимуму ближе всего стоит число "три". Но идеи по созданию ком-

пьютеров на троичной системе исчисления так и остались без должного внимания, хотя первый отечественный "троичный" компьютер "Сетунь" появился в 1958 г. и на троичном коде создавались некоторые отечественные системы управления стратегическими объектами.

Сегодня основные разработки в информационной компьютерной технике строятся на двоичной логике. В свое время классическое управление основывалось на триггерах, и это позволяло решать сложные по объемам задачи. Следует и сейчас обратить внимание на задачу создания "троичных" компьютеров для поиска эффективных решений при разработке перспективной космической техники.

Космонавтика продвинула многие отрасли (например, лунные программы США и России дали мощный импульс электронной промышленности). Она и дальше может оставаться тем локомотивом, который поведет вперед многие области человеческой деятельности.

Космос – это безграничный источник энергии и ресурсов. Сегодня все более актуальна задача их получения и использования. Успехи в этом направлении во многом зависят от возможности создания самых эффективных компонентов и легчайших конструкций.

Например, реализация принципа "летающая полезная нагрузка" позволит существенно улучшить соотношение массы полезной нагрузки и массы бортовых служебных систем и конструкций космических кораблей и аппаратов. При этом в общей массе космического объекта значительно возрастет доля целевой аппаратуры (антенн, оптических систем, телескопов и др.).

Понадобятся также и большие космические антенны размером несколько десятков метров. Такие антенны позволят принимать громадные потоки информации даже на обычный мобильный телефон. Для реализации этого необходимо

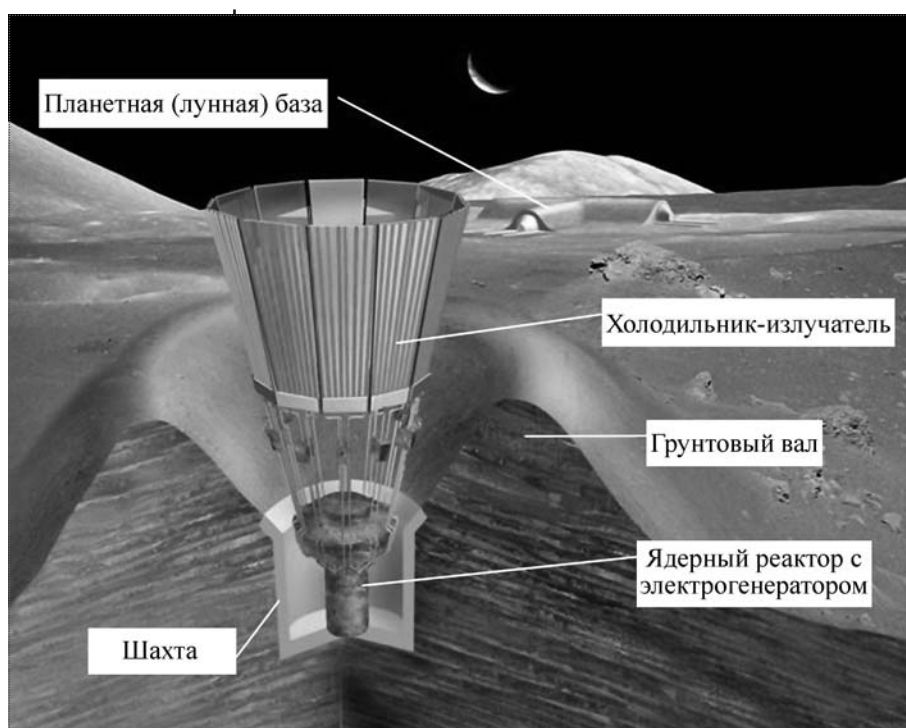


Рис. 2. Электростанция с ЯЭУ

развивать технологии создания конструкций на суперлегких и высокопрочных материалах. Несомненно, задачи обслуживания из космоса деятельности человека на Земле и обеспечения его безопасности связаны именно с применением таких антенн и конструкций.

Существует еще одно возможное направление использования новых космических средств с ЯЭУ и ЭРДУ. Как уже было сказано, геостационарная орбита "засорена" сотнями отслуживших спутников связи. Частотный ресурс по выделенным "точкам стояния" на ней практически исчерпан. Международное оформление такой "точки" для нового спутника связи стоит десятки миллионов долларов. И если предложить услуги по применению транспортного модуля-буксира с ЯЭУ и ЭРДУ для "очистки" этой орбиты, то, во-первых, следующие поколения землян будут нам весьма благодарны, во-вторых, появится возможность получения дохода от этого нового вида космической деятельности.

Эффективные исследования дальнего космоса немыслимы без создания автоматических КА с ЯЭУ и ЭРДУ. При надлежащей организации ра-

бот и должном финансировании в России это можно было бы сделать к 2023–2025 гг.

Ежегодно все страны мира тратят суммарно ~1,5 млрд дол. на исследования околоземного космического пространства и планет Солнечной системы. Доля России здесь составляет примерно 4 %. Если у нас появится автоматический КА с ЯЭУ и ЭРДУ, то эта доля может составить приблизительно 25 % от объема данного рыночного сектора, который в 2020–2025 гг. составит, по оценкам, 5,5 млрд дол.

Транспортный модуль с ЯЭУ и ЭРДУ может стать базовой конструкцией для создания много-разового межорбитального буксира, используемого для перемещения грузов между околоземной и окололунной орбитами (мощность ЯЭУ при этом должна быть на уровне 0,5...6 МВт).

Сейчас в мире большое внимание уделяется вопросу астероидно-кометной безопасности Земли. Актуальной становится проблема создания космической системы обнаружения и устранения угрозы попадания астероидов и ядер комет на Землю. В составе такой космической системы в качестве активных средств могут использоваться ядерные буксиры – космические перехватчики.

Эта тема активно изучается с американскими коллегами. Идеи, сформулированные в России, находят поддержку и понимание у зарубежных партнеров. С лета 2009 г. РКК "Энергия" (Россия), компании "Локхид" (США), "Астриум" (Европа) и "Мицубиси Хэви Индастри" (Япония) обсуждают программу совместных работ по перспективным космическим системам, включая систему защиты Земли от астероидно-кометной опасности. Программа амбициозна, но вместе с тем вполне реальна.

Для осуществления программы нужны новые идеи и молодые, творчески мыслящие люди. Уже сейчас есть проектные предложения по разработке модулей космических ЯЭУ и космического транспортного модуля-буксира на базе ЯЭУ. Так что возможно начать создание системы астероидно-кометной безопасности Земли и планирование операции по защите планеты от астероида Апофиса на 2029 г.

Одним из направлений применения технологий ядерной энергетики для решения человечеством новых амбициозных задач по исследованию планет Солнечной системы и их спутников является создание на их поверхностях стационарных электростанций на основе разрабатываемых ЯЭУ (рис. 2). Основные характеристики ЯЭУ такой электростанции: масса 7...11 т, ресурс 10–15 лет, мощность 150...500 кВт. Радиационная защита обеспечивается за счет создания грунтового вала. Начало штатной эксплуатации – ориентировочно с 2029 г.

Национальная идея России и космонавтика XXI века. Человечество должно последовательно расширять сферу своих интересов в Солнечной системе, изучать ее планеты и другие небесные тела, осваивать их ресурсы. Для России, сохранившей за собой статус ведущей космической державы, обеспечение национальной безопасности и технологической независимости страны, повышение благосостояния ее граждан должны оставаться приоритетными задачами. Кроме того, Россия способна инициировать объединение усилий развитых и развивающихся стран для достижения общих целей, среди которых важнейшими для сохранения земной цивилизации являются обеспечение космической безопасности Земли, получение и использование во благо человека новых знаний о планетах и космосе.

Для достижения намеченных целей и решения перечисленных выше задач крайне необходимо на государственном уровне уделять больше внимания формированию и воспитанию инженерного и интеллектуального потенциала нации, которому предстоит выполнить миссию по дальнейшему освоению околоземного космического пространства и Солнечной системы.

В текущем столетии космическая тема будет частью национальной идеи России. Это будет способствовать развитию многих направлений в электронике, энергетике, механике, физике, медицине и других научных областях, позволит создать новые передовые технологии и существенно улучшить жизнь людей.