

ВКС

ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКАЯ СФЕРА
AEROSPACE SPHERE JOURNAL (ASJ)
Научно-технический журнал / Scientific and technical journal
1(94) 2018

ISSN 2587-7992



#ЛУННЫЕ ПОСЕЛЕНИЯ
СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ АФА

СВЕРХГЛОБАЛЬНЫЕ ПРОЕКТЫ

#SPACE EXPLORATION

#SATELLITE

#ЛУННАЯ ОРБИТАЛЬНАЯ СТАНЦИЯ (ЛОС)

#КРЫМСКИЙ МОСТ

#INEXPENSIVE SPACE EXPLORATION

#СПУТНИК «СГАРДИЯ-1»

#ACTIVE DEFENSE SYSTEM

РАДИОЭЛЕКТРОННОЕ НАБЛЮДЕНИЕ

#NEW SPACE AGE

SYSTEM OF OPERATION

SPACE JUNK

#НОВАЯ КОСМИЧЕСКАЯ ЭРА

#КОСМИЧЕСКАЯ РОБОТОТРИМКА

#SPACE ASSEMBLY AND SERVICE ROBOTIC SYSTEM

#ОКОЛОЗЕМНОЕ КОСМИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО

#КВАЗАРЫ

#VLADIMIR CHELOMEY

#ASTEROID

#OUMUAMUA

#КОСМИЧЕСКИЙ МУСОР

#BLACK HOLES



АО «Научно-исследовательский институт „Элпа” с опытным производством»



АО «НИИ „Элпа”»

124460, Москва, Зеленоград,
Панфиловский пр-т, д. 10

Тел.: +7 (499) 710-00-31

Факс: +7 (499) 710-13-02

E-mail: info@elpapiezo.ru

www.elpapiezo.ru

РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО пьезокерамических материалов, пьезоэлектрических приборов:

- Пьезокерамические элементы
- Многослойные актюаторы
- Армированные актюаторы
- Пьезокерамические микрореле
- Датчики различных типов
- Пьезокерамические фильтры
- Гидроакустические модули
- Изделия на основе пьезопленок

РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО приборов акустозлектроники:

- Фильтры и резонаторы на ПАВ и ОАВ
- Генераторы на ПАВ
- Линии задержки



Кирилл Валерьевич ПЛЕТНЕР,
главный редактор журнала
«Воздушно-космическая сфера»

Однажды, когда ученый Вернер Гейзенберг вел машину, его остановила полиция. «Вы что, не знаете, с какой скоростью едете?» – спросил его полицейский. «Нет, – ответил Гейзенберг, – но я точно знаю, где я нахожусь в данный момент».

В шутке одного из создателей квантовой механики много смысла.

Важно понять, что сейчас мы находимся в поворотной точке развития цивилизации, а чаяния прогрессивного человечества устремлены в дальний космос.

За последние годы появилось несколько глобальных идей, после которых мир уже не может оставаться прежним.

Это создание космического государства Асгардии российским ученым и предпринимателем Игорем Ашурбейли и проект колонизации Марса американским инженером Илоном Маском.

«Наши специалисты постараются сделать высадки на полюса Луны, потому что есть основания полагать, что там может быть вода. Там есть чем заниматься, откуда могут быть начаты исследования других планет, далекого космоса», – как будто подхватывает идею экспансии человека в дальний космос президент РФ.

Для реализации глобальных идей необходим новый технологический уклад и высокое напряжение научной мысли.

Поэтому именно научным, а точнее научно-техническим, стал журнал «Воздушно-космическая сфера». Мы меняемся вслед за стремительно меняющимся миром и открываем первый номер 2018 года рубрикой «Новая космическая эра».

ИЗДАТЕЛЬ:

Вневедомственный экспертный совет
по вопросам воздушно-космической сферы,
Россия, 125190, Москва, Ленинградский просп.,
д. 80, корп. 16, подъезд № 1
Тел.: +7 (499) 654-07-57
vko@vko.ru, vesvks.ru



УЧРЕДИТЕЛЬ:

АО «СОЦИУМ-А»

Автор идеи **Игорь Ашурбейли**

Подписные индексы:

Каталог «Роспечать» – 82530

Каталог Российской прессы – 10898

Тираж 1 000 экземпляров

Отпечатано в типографии ООО ИПО «Изумрудный город»

Aerospace Sphere Journal (ASJ) is the printed edition of Nonprofit Non-Government Expert Society on Space Threat Defense (NGES STD)

Scientific journal of theoretical and applied space research and military affairs (Order of the Ministry of education and science of the Russian Federation 11.08.2009 № 294).

4 issues per year. The journal has been published since 2001.

The journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology, and Mass Media (Roskomnadzor). Registration number № ФС77-66504.

ASJ EDITORIAL BOARD

Project Manager **Igor Kosyak**, Cand. Sci (Military), Executive Director, Nonprofit Non-Government Expert Society on Space Threat Defense (NGES STD)

Managing Editor **Kirill Pletner**

Editors **Sergey Dmitryuk**, Cand. Sci (Philology), **Tatiana Burdakova**, **Yulia Tretyakova**

English version **Lyubov Mitireva**, Cand. Sci (Philology)

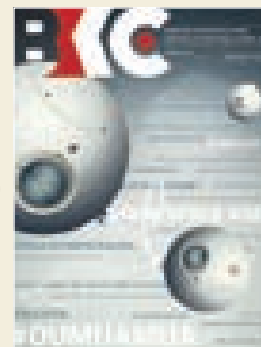
Design **Elena Izaak**

Press-corrector **Anastasia Dubovik**

Photos **Aleksandr Omelyanchuk**

Distribution Director **Boris Cheltsov**

Executive Secretary **Anna Klimenko**, Cand. Sci (History)



All rights reserved. The materials of the journal may not be translated or copied in whole or in part without the written permission of the publisher, except for brief excerpts in connection with reviews or scholarly analysis.

ACADEMIC ADVISORY BOARD

Ruslan I. ASHURBEYLI, Cand. Sci. (Tech), CEO, Sotsium-A, JSC

Kazbek S. BAKTYBEKOV, Dr. Sci. (Physics and Mathematics), Professor, Head of Informational and Educational Support Division JSC Centre for Space Research nad Technology (Astana, Kazakhstan)

Vladimir P. BUYANOV, Dr. Sci. (Economics), Professor, Rector of Moscow Academy of Economics and Law

Stanislav S. VENIAMINOV, Dr. Sci. (Tech), Professor, Leading researcher, Research Centre, Central Research Institute of Aerospace Defense Forces, Ministry of Defense

Yuri V. VLASOV, Cand. Sci. (Tech), Presidium member, Nonprofit Non-Government Expert Society on Space Threat Defense

Makhmut A. GAREYEV, Dr. Sci (History), Dr. Sci (Military), Professor

Yuri V. GULYAEV, Full Member of Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Physics and Mathematics), Professor, Director of Sciences, Kotelnikov Institute of Radio Engineering and Electronics, RAS

Andrey V. DEMIDYUK, Dr. Sci. (Military), Senior Lecturer (Dotsent), CEO, Research and Development Company «Kant», JSC

Oleg A. ZAITSEV, Dr. Sci. (Jurisprudence), Professor, Vice Rector for Research, Moscow Academy of Economics and Law

Pavel P. KURACHENKO, Lieutenant General Chief of the General Staff, Vice Commander-in-Chief, Aerospace Defense Command

Sergey M. KOSTROMITSKY, Corresponding Member of Belarus National Academy of Sciences, Dr. Sci. (Tech), Professor (Republic of Belarus)

Nikolay N. KLIMENKO, Cand. Sci. (Tech), Lieutenant General, retired, Deputy General Director, Lavochkin Association

Vsevolod V. KORYANOV, Cand. Sci. (Tech), Bauman Moscow State Technical University

Igor V. KOSYAK, Cand. Sci. (Military), Executive Director Nonprofit Non-Government Expert Society on Space Threat Defense

Sergey V. KRICHEVSKY, Dr. Sci. (Philosophy), Professor, Acting Chief Researcher, Institute of the History of Science and Technology named after S.I. Vavilov RAS, Moscow, Russia

Nikolay V. MIKHAILOV, Dr. Sci. (Economics), Grand PhD., Professor

Alexander A. POTAPOV, Dr. Sci. (Physics and Mathematics), Professor, Chief Researcher, Kotelnikov Institute of Radio Engineering and Electronics, RAS

Mikhail SPOKOYNY, PhD, Prof., Managing Director, Aerospace International Research Center GmbH (Austria)

Sergey L. STARCHAK, Dr. Sci. (Tech), Senior Lecturer (Dotsent), Professor of Military History, Bauman Moscow State Technical University

Igor B. FYODOROV, Full Member of Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Tech), Professor, President of Bauman Moscow State Technical University

Anatoly I. HUPENEN, Dr. Sci (Military), Prof, Lietenant General, Chairperson, Joint Board of Air Defence Force Veteran Council

Igor A. SHEREMET, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Tech), Professor

Vladimir I. TOLSHMYAKOV, Dr. Sci. (Polit), Senior Lecturer (Dotsent) Professor, Chair of National Security, Military Academy of the General Staff

Vyacheslav F. FATEYEV, Dr. Sci. (Tech), Professor, Vice Chief Designer, Scientific and Production Company «Scientific and Research Institute for Long Distance Communication», OJSC

Alexey P. SHKADAREVICH, Full Member of Belarus National Academy of Sciences, Dr. Sci. (Tech), Professor, (Republic of Belarus)

Sergey V. YAGOLNIKOV, Dr. Sci. (Tech), Professor, Director, Central Research Institute of Aerospace Defense Forces, Ministry of Defense

Mikhail V. YAKOVLEV, Dr. Sci. (Tech), Vice Director, Central Research Institute of Machine Building (TsNIIMash)

Печатный орган Вневедомственного экспертного совета по вопросам воздушно-космической сферы (ВЭС ВКС)

Все статьи, представленные в данном выпуске журнала, соответствуют номенклатуре специальностей научных работников (Приказ Минобрнауки РФ от 11.08.2009 № 294) по отраслям космические исследования, военное дело.

Выходит 4 раза в год. Издается с 2001 г.

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-66504.

РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «ВКС»:

Руководитель проекта – **Игорь Косяк**, кандидат военных наук, исполнительный директор ВЭС ВКС

Главный редактор – **Кирилл Плетнер**

Редакторы – **Сергей Дмитрюк**, кандидат филологических наук, **Татьяна Бурдакова**, **Юлия Третьякова**

Перевод на английский язык – **Любовь Митирева**, кандидат филологических наук

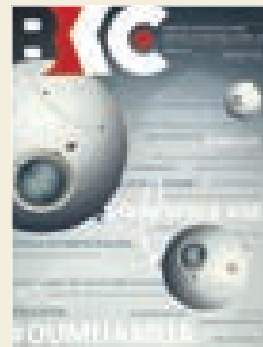
Дизайн и верстка – **Елена Изаак**

Корректор – **Анастасия Дубовик**

Фотограф – **Александр Омелянчук**

Директор по распространению – **Борис Чельцов**

Ответственный секретарь – **Анна Клименко**, кандидат исторических наук



Перепечатка материалов возможна только с разрешения редакции. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов. Ответственность за достоверность опубликованных сведений, а также за сохранение государственной тайны несут авторы.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА «ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКАЯ СФЕРА»

АШУРБЕЙЛИ Руслан Игоревич, кандидат технических наук, Генеральный директор АО «Социум-А»

БАКТЫБЕКОВ Казбек Сулейменулы, доктор физико-математических наук, профессор, начальник информационно-образовательного отдела космических технологий Национального центра космических исследований и технологий (Астана, Республика Казахстан)

БУЯНОВ Владимир Петрович, доктор экономических наук, профессор, Ректор Московской академии экономики и права

ВЕНИАМИНОВ Станислав Сергеевич, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник НИИЦ (г. Москва) ЦНИИ ВКО

ВЛАСОВ Юрий Вениаминович, кандидат технических наук, член президиума ВЭС ВКС

ГАРЕЕВ Махмуд Ахметович, доктор исторических наук, доктор военных наук, профессор

ГУЛЯЕВ Юрий Васильевич, академик РАН, доктор физико-математических наук, профессор

ДЕМИДЮК Андрей Викторович, доктор военных наук, доцент, Генеральный директор АО «НПП «Кант»

ЗАЙЦЕВ Олег Александрович, доктор юридических наук, профессор, Проректор по научной работе МАЭП

КУРАЧЕНКО Павел Павлович, генерал-лейтенант, Начальник Главного штаба – первый заместитель главнокомандующего ВКС РФ

КОСТРОМИЦКИЙ Сергей Михайлович, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор (Минск, Республика Беларусь)

КЛИМЕНКО Николай Николаевич, кандидат технических наук, заместитель генерального директора по прикладной тематике АО «НПО Лавочкина»

КОРЯНОВ Всеволод Владимирович, кандидат технических наук, МГТУ им. Н. Э. Баумана

КОСЯК Игорь Владимирович, кандидат военных наук, Исполнительный директор ВЭС ВКС

КРИЧЕВСКИЙ Сергей Владимирович, доктор философских наук, профессор, и.о. главного научного сотрудника ИИЕТ им. С.И. Вавилова РАН, Москва, Россия

МИХАЙЛОВ Николай Васильевич, доктор экономических наук, гранд-доктор философии, профессор

ПОТАПОВ Александр Алексеевич, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник ИРЭ РАН

СПОКОЙНЫЙ Михаил Юрьевич, доктор технических наук, профессор, Aerospace International Research Center GmbH (Австрия)

СТАРЧАК Сергей Леонидович, доктор технических наук, профессор ВИ МГТУ им. Н. Э. Баумана

ТОЛШМЯКОВ Владимир Иванович, доктор политических наук, профессор кафедры национальной безопасности ВА ГШ ВС РФ

ФАТЕЕВ Вячеслав Филиппович, доктор технических наук, профессор, заместитель генконструктора ОАО «НПК «НИИДАР»

ФЕДОРОВ Игорь Борисович, академик РАН, доктор технических наук, профессор, Президент МГТУ им. Н. Э. Баумана

ХЮПЕНЕН Анатолий Иванович, доктор военных наук, профессор, Председатель Объединенного Совета Союза ветеранов Войск ПВО, генерал-полковник

ШЕРЕМЕТ Игорь Анатольевич, член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор

ШКАДАРЕВИЧ Алексей Петрович, академик Национальной академии наук Беларуси, доктор физико-математических наук, профессор (Минск, Республика Беларусь)

ЯГОЛЬНИКОВ Сергей Васильевич, доктор технических наук, профессор, начальник ЦНИИ ВКО МО РФ

ЯКОВЛЕВ Михаил Викторович, доктор технических наук, заместитель начальника Центра системного проектирования ЦНИИМАШ

CONTENT



NEW SPACE AGE

/Sergey V. Krichevsky/

Prospects of the Space Age: Super Global Projects and Environmentally Friendly Technologies..... 6

/Vera V. Fyodorova/

A Space Arch and A Moon Settlement..... 16

/Alexander O. Maiboroda/

How to Get 80% Cheaper Lunar Base and Orbital Station..... 22



AEROSPACE DEFENSE

/Alexander G. Luzan/

Self-Protection System of the Crimean Bridge..... 32

/Nikolay N. Klimenko/

Modern Satellites for Information Support of Deployed Forces in the Theater of Operations..... 42

/Vitaly V. Adushkin, Oleg Yu. Aksenov, Stanislav S. Veniaminov, Stanislav I. Kozlov/

On Estimating the Potential Danger of Space Objects Breakups for Space Flights..... 54



NEW TECHNOLOGIES

/Anatoly T. Bekishev, Anatoly A. Smolyakov, Mikhail V. Isakov, Alexander A. Popel, Dmitry L. Ponomarev/

A New Approach to Cool Multichannel SRM in APAR..... 64

/Algirdas Z. Rubis/

Fanstream: Walk in Space..... 70



SPECIAL OPINION

/Alexander G. Luzan/

On Modern Means of Control and Measurement at Launch Complexes (Cosmodromes)..... 76



ANALYTICS

/Pavel P. Belonozhko/

Space Robotics: Past Experience and Future Considerations..... 84



OBSERVATORY

/Maxim N. Falileyev/

Black Holes: Light-eaters, Evolution Assistants, and Doors to Other Universes..... 94

/Maxim N. Falileyev/

Oumuamua, the Interstellar Messenger..... 102



HISTORY

/Alexandr I. Merzhanov/

Chelomey's Planetary Control..... 108

СОДЕРЖАНИЕ



НОВАЯ КОСМИЧЕСКАЯ ЭРА

/С. В. Кричевский/

Перспективы Космической эры: сверхглобальные проекты и экологичные технологии..... 6

/В. В. Федорова/

Космический ковчег и лунное поселение..... 16

/А. О. Майборода/

Как создать лунную базу и орбитальную станцию на 80% дешевле..... 22



ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКАЯ ОБОРОНА

/А. Г. Лузан/

Система активной защиты Крымского моста..... 32

/Н. Н. Клименко/

Современные космические аппараты для информационного обеспечения группировок войск на театре военных действий..... 42

/В. В. Адушкин, О. Ю. Аксенов, С. С. Вениаминов, С. И. Козлов/

О подходах к оценке потенциальной опасности разрушений и столкновений космических объектов..... 54



НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

/А. Т. Бекишев, А. А. Смоляков, М. В. Исаков, А. А. Попель, Д. Л. Пономарев/

Новый подход к решению задачи охлаждения многоканальных приемо-передающих модулей АФАР..... 64

/А. З. Руйбис/

Fanstream: прогулка в космос..... 70



ОСОБОЕ МНЕНИЕ

/А. Г. Лузан/

Новому космодрому – современные средства контроля и измерений..... 76



АНАЛИТИКА

/П. П. Белоножко/

Космическая робототехника: опыт и перспективы развития..... 84



ОБСЕРВАТОРИЯ

/М. Н. Фалилеев/

Черные дыры: «пожиратели» света, помощники эволюции и двери в другие Вселенные..... 94

/М. Н. Фалилеев/

Межзвездный вестник – Оумуамуа..... 102



ИСТОРИЯ

/А. И. Мержанов/

Планетарный контроль Челомея..... 108

PROSPECTS OF THE SPACE AGE: SUPER GLOBAL PROJECTS AND ENVIRON- MENTALLY FRIENDLY TECHNOLOGIES

Sergey V. KRICHEVSKY,

*Doctor of Philosophy, Professor, Acting Chief Researcher,
Institute of the History of Science and Technology
named after S. I. Vavilov RAS, Moscow, Russia,
svkrich@mail.ru*

ABSTRACT | The world cosmonautics, the sphere of space activity is at a difficult stage of choosing a new paradigm and development strategy. The article presents a periodization of the Space Age; basic concepts and definitions are given. The concept of further space exploration is proposed, which includes four interrelated super global projects: 1) Earth protection system from asteroid-comet hazard; 2) The Moon Exploration; 3) The Mars Exploration; 4) Cosmic Humanity. The mankind is embarking on the practical implementation of super global projects, so a transition to a new technological order along with fundamentally new technologies are necessary. A new wave of space exploration is rising in the world; the boundaries of the space activity are expanding. The humanity has to reach a new level of space exploration through creating and implementing of a global strategy that will combine new super global projects and effective, clean, environmentally friendly technologies and projects.

Keywords: *space activity, space age, space exploration, environment, super global projects, sustainable development, clean technology, environmentally friendly technologies and projects*

ПЕРСПЕКТИВЫ КОСМИЧЕСКОЙ ЭРЫ: СВЕРХГЛОБАЛЬНЫЕ ПРОЕКТЫ И ЭКОЛОГИЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Сергей Владимирович КРИЧЕВСКИЙ,
*доктор философских наук, профессор, и. о. главного научного
сотрудника, Институт истории естествознания и техники
имени С. И. Вавилова РАН, Москва, Россия,
svkrich@mail.ru*

АННОТАЦИЯ | Мировая космонавтика, сфера космической деятельности находятся на сложном этапе выбора новой парадигмы и стратегии развития. Сделана периодизация Космической эры. Даны основные понятия и определения. Предложена концепция дальнейшего освоения космоса, включающая четыре взаимосвязанных сверхглобальных проекта: 1) Система защиты Земли от астероидно-кометной опасности; 2) Освоение Луны; 3) Освоение Марса; 4) Космическое человечество. Человечество приступает к практической реализации сверхглобальных проектов, необходим переход к новому технологическому укладу, принципиально новым технологиям. В мире поднимается новая волна освоения космоса, расширяются границы сферы космической деятельности. Предстоит выйти на новый уровень освоения космоса через создание и реализацию общемировой стратегии, синтезирующей новые сверхглобальные проекты и эффективные экологичные, чистые технологии и проекты.

Ключевые слова: *космическая деятельность, космическая эра, освоение космоса, окружающая среда, сверхглобальные проекты, экологичные технологии и проекты*

В 2017 году в мире отмечалось 60-летие космической эры, которая началась 4 октября 1957 года запуском в СССР первого искусственного спутника Земли на околоземную орбиту. В первой половине XX века ей предшествовали труды, проекты освоения космоса К. Э. Циолковского, Ф. А. Цандера и других пионеров космонавтики [1, 2].

Этот рубеж – промежуточный финиш на пути человечества в космос, момент истины, чтобы подвести итоги и оценить перспективы развития космической сферы, ее влияния на земную цивилизацию в целях выживания и развития человека и общества.

За шестьдесят лет достигнуты важные результаты в исследовании и использовании космоса для развития науки и образования, решения практических задач в экономике, обороне, охране окружающей среды и так далее. Вместе с тем в освоении космоса возник ряд проблем и противоречий из-за обострения глобального кризиса на Земле, отставания сферы космической деятельности в переходе к новому технологическому укладу, эффективным и чистым технологиям. Эти актуальные вопросы обсуждались на симпозиуме «60 лет Космической эры и новые проекты освоения космоса» на III Научных чтениях памяти К. Э. Циолковского 19 сентября 2017 года в городе Калуге, Россия.*

60-ЛЕТИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ЭРЫ – МОМЕНТ ИСТИНЫ, КОГДА НЕОБХОДИМО ПОДВЕСТИ ИТОГИ И ОЦЕНИТЬ ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОСМИЧЕСКОЙ СФЕРЫ, ЕЕ ВЛИЯНИЯ НА ЗЕМНУЮ ЦИВИЛИЗАЦИЮ



Несмотря на выдающиеся достижения и огромный потенциал развития, космическая деятельность сейчас все более проигрывает в эффективности другим сферам. Причинами этого являются некоторые ее особенности, в том числе проблемы и ограничения, обусловленные свойствами космических проектов и технологий (см.: [3-13]).

ОТ КРИЗИСА ЦЕЛЕПОЛАГАНИЯ К ПРОРЫВНЫМ ПРОЕКТАМ

В начале XXI века в мире возник кризис целеполагания и стратегии космической деятельности. Этот кризис еще не преодолен, но в последние годы появились новые идеи, проекты и технологии, которые обнадеживают. К ним можно отнести два новых мегапроекта: проект колонизации Марса И. Маска (2016) и проект космического государства ASGARDIA И. Р. Ашурбеи (2016-2018) [9,14,15].

Мировая космонавтика, сфера космической деятельности находятся на этапе выбора новой парадигмы и стратегии развития, что осложняется современной неустойчивой, турбулентной ситуацией на Земле.

Важное значение имеют опыт, новые стратегии освоения космоса, космические проекты и технологии XXI века, прогнозирование будущего [3-20, 23]. Необходим переход к новому технологическому укладу, без которого невозможно решить проблемы повышения безопасности и эффективности космической деятельности.

Для успешного решения актуальных проблем космонавтики и космического будущего человечества наряду с научно-технической деятельностью необходимы критическая рефлексия и междисциплинарная экспертиза новых проектов и технологий освоения космоса в целях их познания и коррекции, в том числе с учетом земных реалий.

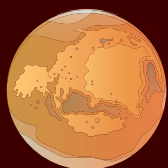
ПЕРИОДЫ КОСМИЧЕСКОЙ ЭРЫ

Историю космической эры можно условно разбить на три периода:

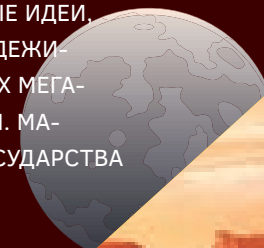
Первый период – начало космической деятельности (50-60-е годы XX века). Охватывает запуск первого искусственного спутника Земли на околоземную орбиту (4 октября 1957 года), первый полет человека в космос (Ю. А. Гагарин, СССР, 12 апреля 1961 года), первый выход космонавта в открытый космос (А. А. Леонов, СССР, 18 марта 1965 года), первые экспедиции к Луне и на Луну (США, 1968-1969 годы), первый выход человека на внеземное небесное тело – Луну (Н. Армстронг, США, 21 июля 1969 года).

Второй период – становление сферы космической деятельности как полноценной сферы деятельности общества (70-е годы XX века – 10-е годы XXI века). Она начинает затрагивать не только национальные экономики, но и глобальную экономику. В этот период пребывание людей на пилотируемых космических станциях вне Земли на околоземной орбите становится постоянным.

*Кратко изложены материалы исследований автора по истории космической техники и деятельности и по новой НИР на тему: «Экологические аэрокосмические технологии и проекты XX-XXI веков: история, тенденции, перспективы» (гос. регистрационный № 0002-2018-0003).



В НАЧАЛЕ XXI ВЕКА В МИРЕ ВОЗНИК КРИЗИС ЦЕЛЕПОЛАГАНИЯ И СТРАТЕГИИ КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ. ЭТОТ КРИЗИС ЕЩЕ НЕ ПРЕОДОЛЕН, НО В ПОСЛЕДНИЕ ГОДЫ ПОЯВИЛИСЬ НОВЫЕ ИДЕИ, ПРОЕКТЫ И ТЕХНОЛОГИИ, КОТОРЫЕ ОБНАДЕЖИВАЮТ. К НИМ МОЖНО ОТНЕСТИ ДВА НОВЫХ МЕГАПРОЕКТА: ПРОЕКТ КОЛОНИЗАЦИИ МАРСА И. МА-СКА (2016) И ПРОЕКТ КОСМИЧЕСКОГО ГОСУДАРСТВА ASGARDIA И. Р. АШУРБЕЙЛИ (2016-2018).



Третий период – реализация сверхглобальных проектов освоения космоса (с 20-х годов XXI века). Сверхглобальная индустриализация и постиндустриализация космической деятельности для безопасности и развития человечества на Земле и вне Земли, освоения внеземных ресурсов и объектов, дальнейшей экспансии в космос, на Луну, Марс и так далее, создание (в перспективе) баз, поселений, космического человечества.

Сущностью современного состояния космической эры является смена ее исторических периодов: завершение второго и переход к третьему, начало перехода к практической реализации сверхглобальных проектов освоения космоса. На повестке дня стран, лидирующих в сфере космической деятельности, их космических агентств, ведущих космических корпораций – начало новых масштабных проектов освоения Луны, Марса и других.

МЕГАПРОЕКТ МКС – ПРЕДШЕСТВЕННИК СВЕРХГЛОБАЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ

В ведущих космических державах (Россия, США, ЕС, Китай), крупнейших космических корпорациях (SpaceX и других) есть и реализуются стратегии, программы, проекты долгосрочного освоения космоса, в том числе международные программы и проекты, например мегапроект пилотируемой Международной

космической станции, существующей в околоземном космическом пространстве с 1998 года.

Проект Международной космической станции (МКС) иногда называют сверхпроектом: он объединил в сотрудничестве ряд ведущих космических стран и является самым дорогим в истории космонавтики (на него уже потрачено более 140 млрд долларов). Этот переходный сверхпроект обладает некоторыми свойствами сверхглобальности и предшествует полноценным сверхглобальным проектам, выполняя важную миссию по подготовке человечества к их организации и реализации.

Количество и масштаб подобных стратегий, программ и проектов, объемы финансирования из государственных и частных источников нарастают, и в XXI веке все это закономерно переходит в новое качество.

СВЕРХГЛОБАЛЬНЫЕ ПРОЕКТЫ ОСВОЕНИЯ КОСМОСА

Предлагаемая автором концепция дальнейшего освоения космоса охватывает ряд взаимосвязанных сверхглобальных проектов. Из множества новых проектов выделим четыре: 1) Система защиты Земли от астероидно-кометной опасности; 2) Освоение Луны; 3) Освоение Марса; 4) Космическое человечество.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

КОСМИЧЕСКАЯ ЭРА – новый период истории человеческой цивилизации с 1957 года, достижения и возможности которого, а также проблемы, риски и перспективы развития космических технологий и деятельности имеют чрезвычайную важность для настоящего и будущего человечества.



НОВЫЕ ПРОЕКТЫ – это мегапроекты, глобальные проекты, сверхпроекты, сверхглобальные и другие перспективные проекты освоения космоса.

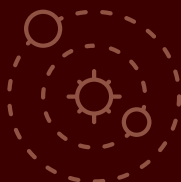
Существуют различные определения и трактовки мегапроектов и глобальных проектов. Методологический подход к их анализу изложен у И. Т. Касавина [21].

Понятие мегапроекта, как правило, связывают с пространственно-временными характеристиками (значительной размерностью, многолетним сроком реализации) и стоимостью (более 1 млрд долларов). Глобальные проекты имеют общепланетарный масштаб, оказывают сложное комплексное воздействие на различные сферы деятельности общества и окружающую среду.

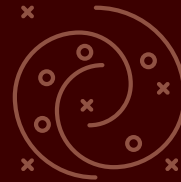
Предложим новую структуру и классификацию как физического пространства, так и пространства деятельности, которые будем использовать для обозначения новых периодов космической эры и проектов освоения космоса. Для этого конкретизируем размытое и нечеткое понятие «глобальное» (см. в [22]), представив его в виде трех масштабов (уровней):



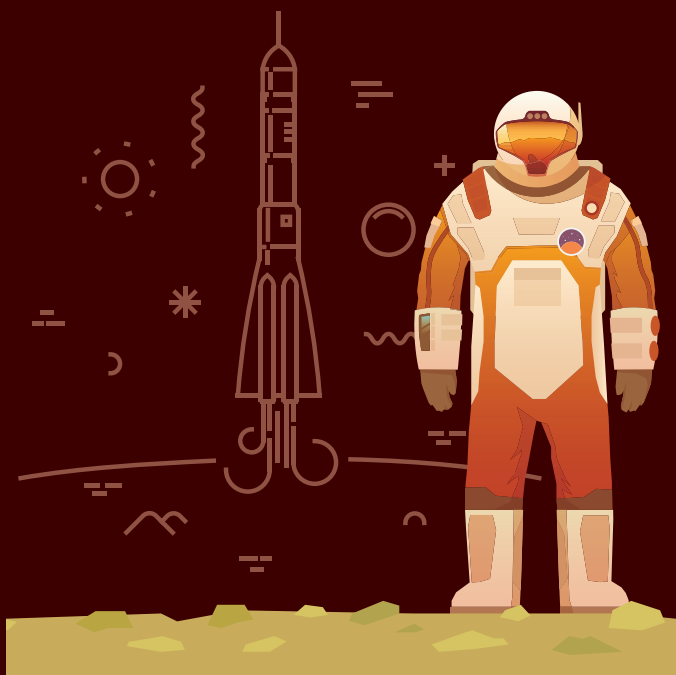
1) Планетарно-глобальный (масштаб пространства Земли)



2) Сверхглобальный (масштаб Солнечной системы и нашей Галактики)



3) Универсально-глобальный (масштаб Вселенной)



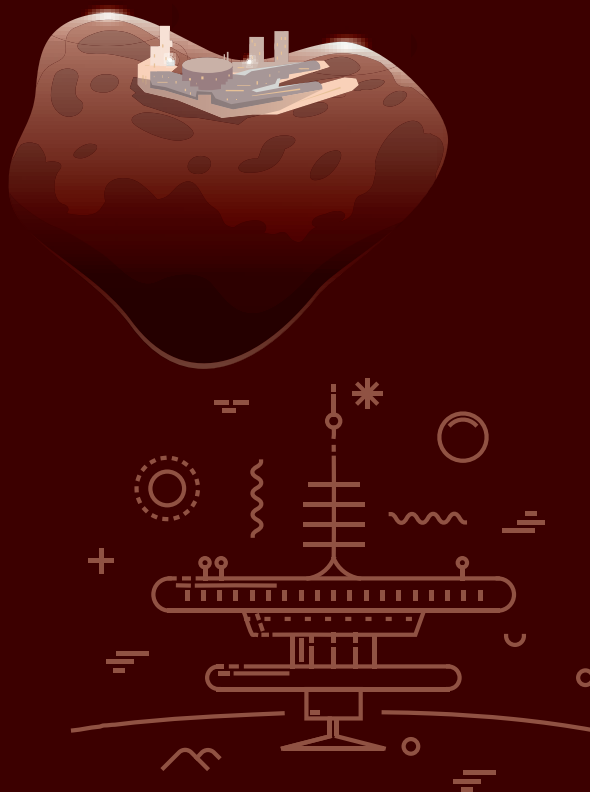
ЭКОЛОГИЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОЕКТЫ – соответствующие экологическим нормам или опережающие их, не оказывающие вредного воздействия на окружающую среду (ОС), жизнь и здоровье людей или оказывающие меньшее негативное воздействие по сравнению с другими, а также обладающие свойствами рационального, минимального потребления природных ресурсов.

К ним относятся чистые, «зеленые» технологии, наилучшие доступные технологии. Однако существует сложная коллизия между унаследованными («грязными», «черными» и другими) технологиями, наилучшими доступными технологиями и чистыми, «зелеными» технологиями [8, 10].

СВЕРХГЛОБАЛЬНЫЕ ПРОЕКТЫ – это проекты, выходящие за пределы географического пространства Земли, социального пространства человечества, планетарных связей, эффектов, последствий и охватывающие пространство Солнечной системы и нашей Галактики (в пределе).

Сверхглобальные проекты обладают свойствами утопий, а также аттракторов с синергетическими эффектами. Эти проекты могут выполнить роль супермагистралей для организации и реализации устойчивого развития человечества. (Здесь имеется в виду общее понятие «супермагистралей устойчивого развития» по А. Д. Урсулу и Т. А. Урсул [24]).

Свойства, особенности, воздействия и последствия таких проектов, в том числе негативные и отдаленные, недостаточно изучены.



Эти проекты расположены в порядке нарастания сложности и сроков реализации. Их описание смотри в статьях автора [9, 10]. Они давно известны и широко обсуждаются в научной среде и обществе, но новизна состоит в том, что сейчас происходит переход к их практической реализации.

Одна из важных проблем – что выбрать в качестве приоритета: освоение Луны или Марса? С начала XXI века было множество дискуссий и решений, в том числе на высших государственных уровнях в России и США, в которых предлагалось приступить сразу к освоению Марса из-за бесперспективности освоения Луны. Но в последние годы пришло понимание необходимости идти в дальний космос через Луну, ее освоение и включение в деятельность человечества в дополнение к хозяйству Земли.

Важно отметить, что между указанными четырьмя сверхглобальными проектами существуют сложные взаимосвязи, которые необходимо учитывать.

Реализация сверхглобальных проектов является сверхзадачей человечества на новом этапе космической эры на пути к ее 100-летию (в 2057 году), в течение всего XXI века и далее. В настоящее время необходимо сделать сложный выбор: каким образом, по какой стратегии, используя какие ресурсы и какими темпами следует к ней приступить.

МЫ ЖИВЕМ В ЭПОХУ ПЕРЕХОДА К ТРЕТЬЕМУ ПЕРИОДУ КОСМИЧЕСКОЙ ЭРЫ, КОГДА НА ПОВЕСТКЕ ДНЯ ВСТАЕТ ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СВЕРХГЛОБАЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ ОСВОЕНИЯ КОСМОСА

Существует ряд задач, которые предстоит решить:

1. Определение приоритетов.
2. Новые правила игры в сфере космической деятельности.
3. Организация международного сотрудничества.
4. Экономические механизмы, ресурсы.
5. Переход к новому технологическому укладу и принципиально новым технологиям. Причем решить эти задачи возможно только при наличии необходимых условий и объединении усилий и ресурсов на нашей планете.

Сверхглобальные проекты дополняют и развивают осуществляемую космическую деятельность, глобальные космические системы (системы мониторинга окружающей среды, телекоммуникационные и другие). Они необходимы для объединения мирового сообщества, перехода к новому качеству процесса освоения космоса в целях выживания и развития человечества в парадигме предельной стратегической перспективы, направленной на защиту Земли, земной цивилизации и создание космического человечества [9].

Рассмотренная система из четырех сверхглобальных проектов является открытой и может быть трансформирована и дополнена, например:

- солнечной космической энергетической системой для обеспечения энергией цивилизации на Земле;
- добычей на астероидах природных ресурсов, жизненно важных для человечества;
- развитием системы защиты Земли с охватом новых видов угроз и противодействия им (например, опасным воздействиям и последствиям сверхмощных магнитных бурь из-за повышения активности Солнца и так далее);
- поиском внеземной жизни, обитаемых экзопланет, внеземных цивилизаций в целях дальнейшей экспансии, контакта, защиты и так далее.

В мире поднимается новая волна освоения космоса, расширяются границы сферы космической деятельности, идет переход к новым космическим технологиям, направленным на повышение безопасности и эффективности.

Человечеству предстоит выйти на новый уровень освоения космоса через создание и реализацию общей сверхглобальной стратегии, синтезирующей новые сверхглобальные проекты и эффективные чистые технологии в парадигме сбалансированного устойчивого «зеленого» развития на Земле и в космосе.

ЭКОЛОГИЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОЕКТЫ ОСВОЕНИЯ КОСМОСА

Проблема исследования, создания и реализации экологичных космических технологий и проектов является сложной и междисциплинарной. Ситуация дополнительно осложняется отсутствием устоявшейся терминологии и критериев оценки экологичности («чистоты», «зелености») технологий и проектов (космических и других), а также их быстро нарастающим количеством.



ЦЕЛЬ СВЕРХГЛОБАЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ – ВЫЖИВАНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА И ЕГО РАЗВИТИЕ В ПАРАДИГМЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ СТРАТЕГИЧЕСКОЙ ПЕРСПЕКТИВЫ, НАПРАВЛЕННОЙ НА ЗАЩИТУ ЗЕМЛИ, ЗЕМНОЙ ЦИВИЛИЗАЦИИ И СОЗДАНИЕ КОСМИЧЕСКОГО ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Общее количество выданных патентов в мире > 70 млн (по: [25, с. 35]), однако неизвестно, сколько из них относится к экологичным. В первом приближении таких несколько тысяч, среди которых ~ 1000 относятся к космическим технологиям (оценка автора).

Существует значительный потенциал экологизации техники и деятельности за счет перехода к экологичным технологиям и проектам, многие разработаны и созрели для реализации. Но большинство этих идей, технологий, проектов не внедрены в практику (см. примеры в [10, р. 102]). По имеющейся информации, в мире внедряется менее 10 % патентов. Причем в XXI веке значительное количество новых технологий не патентуется – они создаются, существуют и реализуются в режиме коммерческой тайны.

НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЭКОЛОГИЧНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОЕКТЫ

Обобщая доступную информацию об идеях, патентах, проектах, их можно систематизировать и представить в виде следующего краткого списка:

1. Новые ракетные технологии: новое топливо («зеленое», нетоксичное, нанотопливо и др.), новые двигатели (лазерные, плазменные и др.) и ракеты-носители, многоразовые возвращаемые ступени, одноступенчатые ракеты-носители и так далее.
2. Технологии минимизации, переработки отходов, мусора, очистки от них окружающей среды.
3. Нереактивные, неракетные технологии полетов, перемещения в космосе на новых физических принципах, в перспективе – на основе гравитационных, квантовых и других эффектов.
4. Бесшумные (вне и внутри) летательные аппараты.
5. «Безотходные» летательные аппараты в космосе.
6. Чистый полный жизненный цикл космической техники и деятельности.
7. Принципиально новые технологии обеспечения жизнедеятельности и безопасности людей в космосе.
8. Космический лифт Земля – Луна, тросовые системы и другое.
9. Солнечные космические электростанции.
10. Специальные проекты для перехода космической отрасли к наилучшим доступным

технологиям, чистым, «зеленым» технологиям (например: Clean Space Initiative – инициатива «Чистый космос» в Европейском космическом агентстве (Европейский союз), с 2013 года [26]).

Данный список открыт и его можно продолжить.

Главной проблемой является организация процесса внедрения принципиально новых технологий, их экспертиза, оценка, менеджмент.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. В данной статье рассмотрен оптимистический сценарий дальнейшего освоения космоса, хотя автор понимает, что ему не избежать острой критики сторонников приоритетного решения земных проблем, минимизации космической деятельности.

2. Сделана периодизация космической эры, выделены три периода (первый: 50–60 годы XX века; второй: 70-е годы XX века – 10-е годы XXI века; третий: с 20-х годов XXI века).

3. Сейчас мы находимся на переходном этапе от второго периода к третьему, в мире поднимается новая волна освоения космоса и начинается переход к практической реализации сверхглобальных проектов.

4. Сверхглобальные проекты освоения космоса могут выполнить роль аттрактора и супермагистральной для устойчивого развития цивилизации.

5. Предложена концепция дальнейшего освоения космоса, включающая четыре взаимосвязанных сверхглобальных проекта в качестве основы долгосрочной космической стратегии человечества.

6. Успешная реализация сверхглобальных проектов освоения космоса возможна только при переходе к новому технологическому укладу, принципиально новым эффективным, чистым технологиям. Приведен краткий список новых перспективных экологичных космических технологий и проектов, который открыт для дополнений.

7. В России и мире существует большой потенциал экологизации космической техники и деятельности, множество готовых экологичных технологий, проектов, но процессом перехода к ним необходимо управлять.

8. Необходима теория освоения космоса, которой до сих пор нет, и ее предстоит разработать.

9. Целесообразно создать Институт освоения космоса для исследований проблем теории и практики.

Литература



1. Циолковский К. Э. Промышленное освоение космоса. М.: Машиностроение, 1989. 280 с.
2. Цандер Ф. А. Проблемы межпланетных полетов. М.: Наука, 1988. 232 с.
3. Космическая эра 2001. Прогнозы на 2001 год: пер. с англ. / под ред. В. С. Емельянова. М.: Мир, 1970. 415 с.
4. Гэтланд К., Шарп М., Скиннер Д. и др. Космическая техника: иллюстрированная энциклопедия: пер. с англ. / под ред. С. Д. Гришина. М.: Мир, 1986. 296 с.
5. Гришин С. Д., Лесков Л. В. Индустриализация космоса: проблемы и перспективы. М.: Наука, 1987. 352 с.
6. Власов М. Н., Кричевский С. В. Экологическая опасность космической деятельности. Аналитический обзор / отв. ред. А. В. Яблоков. М.: Наука, 1999. 238 с.
7. Михайлов В. П. Ракетные и космические загрязнения: история происхождения / пред. и ред. В. С. Авдеевский. М.: ИИЕТ РАН, 1999. 238 с.
8. Кричевский С. В. «Зеленая» космонавтика для будущего человечества // Земля и Вселенная. 2014. № 6. С. 34–42.
9. Krichevsky S. Cosmic Humanity: Utopia, Realities, Prospects // Future Human Image. 2017. Vol. 7. P. 50–70.
10. Krichevsky S. Super Global Projects and Environmentally Friendly Technologies Used in Space Exploration: Realities and Prospects of the Space Age // Philosophy & Cosmology. 2018. Vol. 20. P. 92–105.
11. Галимов Э. М. Замыслы и просчеты: Фундаментальные космические исследования в России последнего десятилетия. Двадцать лет бесплодных усилий. М.: Едиториал УРСС, 2010. 304 с.
12. Государственная корпорация по космической деятельности РОСКОСМОС [Электронный ресурс]: офиц. сайт. URL: <https://www.roscosmos.ru> (Дата обращения 11.03.2018).
13. NASA (США) [Электронный ресурс]: офиц. сайт. URL: <https://www.nasa.gov> (Дата обращения 11.03.2018).
14. SpaceX (США) [Электронный ресурс]: офиц. сайт. URL: <http://www.spacex.com> (Дата обращения 11.03.2018).
15. Asgardia – The Space Nation [Электронный ресурс]. URL: <https://asgardia.space> (Дата обращения 11.03.2018).
16. Глобальное будущее 2045. Конвергентные технологии (НБИКС) и трансгуманистическая революция / под ред. Д. И. Дубровского. М.: Изд-во МБА, 2013. 272 с.
17. Космонавтика XXI века: попытка прогноза развития до 2001 года / под. ред. Б. Е. Чертока. М.: РТСОфт, 2010. 864 с.

18. Пилотируемая экспедиция на Марс / глав. ред. А.С. Коротеев. М.: Российская академия космонавтики им. К.Э. Циолковского, 2006. 320 с.
19. Прогнозирование будущего: новая парадигма / под ред. Г.Г. Фетисова и В.М. Бондаренко. М.: Экономика, 2008. 283 с.
20. **Турчин А.В., Батин М.А.** Футурология. XXI век: бессмертие или глобальная катастрофа? М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. 263 с.
21. **Касавин И.Т.** Мегaproекты и глобальные проекты: наука между утопизмом и технократизмом // Вопросы философии. 2015. № 9. С. 40–56.
22. **Урсул А.Д., Урсул Т.А.** Глобально-космическая революция в науке // Философская мысль. 2017. № 2. С. 26–45. DOI: 10.7256/2409–8728.2017.2.21876
23. Where are the Voyagers now? [Электронный ресурс] // Voyagers. Mission Status. Jet Propulsion Laboratory. California Institute of Technology. NASA. URL: <http://voyager.jpl.nasa.gov/where/index.html> (Дата обращения: 11.03.2018).
24. **Урсул А.Д., Урсул Т.А.** Универсальный (глобальный) эволюционизм и глобальные исследования [Электронный ресурс] // Философская мысль. 2012. № 1. С. 46–101. URL: http://e-notabene.ru/fr/article_116.html (Дата обращения: 11.03.2018).
25. **Дыков, М.А., Кравец А.Г., Коробкин Д.М.** и др. Автоматизированная система принятия решений при патентной экспертизе // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2014. Вып. 20. № 6. С. 35–41.
26. Clean Space / Green technologies [Электронный ресурс] // ESA. URL: http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Engineering/Clean_Space/Green_technologies (Дата обращения 11.03.2018)

References

1. **Tsiolkovskiy K.E.** Promyshlennoe osvoenie kosmosa. Moscow: Mashinostroenie, 1989. 280 p.
2. **Tsander F.A.** Problemy mezplanetnykh poletov. Moscow: Nauka, 1988. 232 p.
3. Kosmicheskaya era 2001. Prognozy na 2001 god. Ed. by V.S. Emel'yanov. Moscow: Mir, 1970. 415 p.

4. **Getland K., Sharp M., Skinner D.** i dr. Kosmicheskaya tekhnika: illyustrirovannaya entsiklopediya / Ed. by S.D. Grishin. Moscow: Mir, 1986. 296 p.
5. **Grishin S.D., Leskov L.V.** Industrializatsiya kosmosa: problemy i perspektivy. Moscow: Nauka, 1987. 352 p.
6. **Vlasov M.N., Krichevskiy S.V.** Ekologicheskaya opasnost' kosmicheskoy deyatel'nosti. Analiticheskiy obzor. Ed. by A.V. Yablokov. Moscow: Nauka, 1999. 238 p.
7. Mikhaylov V.P. Raketnye i kosmicheskie zagryazneniya: istoriya proiskhozhdeniya / Ed. by V.S. Avdueskiy. Moscow: IIET RAN, 1999. 238 p.
8. **Krichevskiy S.V.** «Zelenaya» kosmonavtika dlya budushchego chelovechestva, Zemlya i Vsennaya. 2014, No 6, pp. 34–42.
9. Krichevsky S. Cosmic Humanity: Utopia, Realities, Prospects, Future Human Image, 2017, Vol. 7, pp. 50–70.
10. **Krichevsky S.** Super Global Projects and Environmentally Friendly Technologies Used in Space Exploration: Realities and Prospects of the Space Age, Philosophy and Cosmology, 2018, Vol. 20, pp. 92–105.
11. **Galimov E.M.** Zamysly i proshchety: Fundamental'nye kosmicheskie issledovaniya v Rossii poslednego dvadtsatiletiya. Dvadtsat' let besplodnykh usiliy. Moscow: Editorial URSS, 2010, 304 p.
12. Gosudarstvennaya korporatsiya po kosmicheskoy deyatel'nosti ROSKOSMOS, available at: <https://www.roscosmos.ru> (Retrieval date: 11.03.2018).
13. NASA (USA), available at: <https://www.nasa.gov> (Retrieval date: 11.03.2018).
14. SpaceX (USA), available at: <http://www.spacex.com> (Retrieval date: 11.03.2018).
15. Asgardia – The Space Nation, available at: <https://asgardia.space> (Retrieval date: 11.03.2018).
16. Global'noe budushchee 2045. Konvergentye tekhnologii (NBIKS) i transgumanisticheskaya revolyutsiya. Ed. by D.I. Dubrovskiy. Moscow: MBA Publ., 2013. 272 p.
17. Kosmonavtika XXI veka: popytka prognoza razvitiya do 2001 goda. Ed. by B.E. Chertok. Moscow: RTSoft, 2010. 864 p.
18. Pilotiruemaya ekspeditsiya na Mars. Ed. by A.S. Korotееv. Moscow: Rossiyskaya akademiya kosmonavtiki im. K.E. Tsiolkovskogo, 2006. 320 p.
19. Prognozirovaniye budushchego: novaya paradigma. Eds. G.G. Fetisov, V.M. Bondarenko. Moscow: Ekonomika, 2008. 283 p.

20. **Turchin A.V., Batin M.A.** Futurologiya. XXI vek: bessmertie ili global'naya katastrofa? Moscow: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2013. 263 p.
21. **Kasavin I.T.** Megaproekty i global'nye proekty: nauka mezhdutopizmom i tekhnokratizmom, Voprosy filosofii, 2015, No 9, pp. 40–56.
22. **Ursul A.D., Ursul T.A.** Global'no-kosmicheskaya revolyutsiya v nauke, Filosofskaya mysl', 2017, No 2, pp. 26–45. DOI: 10.7256/2409–8728.2017.2.21876
23. Where are the Voyagers now? Voyagers. Mission Status. Jet Propulsion Laboratory. California Institute of Technology. NASA. available at: <http://voyager.jpl.nasa.gov/where/index.html> (Retrieval date: 11.03.2018).
24. **Ursul A.D., Ursul T.A.** Universal'nyy (global'nyy) evolyutsionizm i global'nye issledovaniya, Filosofskaya mysl', 2012, № 1, pp. 46–101, available at: http://e-notabene.ru/fr/article_116.html (Retrieval date: 11.03.2018).
25. **Dykov M.A., Kravets A.G., Korobkin D.M., Ukustov S.M., Sal'nikov M.Yu.** Avtomatizirovannaya sistema prinyatiya resheniy pri patentnoy ekspertize, Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2014, iss. 20, No 6, pp. 35–41.
26. Clean Space, Green technologies, ESA, available at: http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Engineering/Clean_Space/Green_technologies (Retrieval date: 11.03.2018).

© Кричевский С. В., 2018

История статьи:

Поступила в редакцию: 12.01.2018
Принята к публикации: 18.02.2018

Модератор: Плетнер К. В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Кричевский С. В. Перспективы Космической эры: сверхглобальные проекты и экологичные технологии // Воздушно-космическая сфера. 2018. №1. С. 6–15.

A SPACE ARCH AND A MOON SETTLEMENT

IGOR ASHURBEYLI SPEAKS ON THE
FIRST SPACE STATE OF ASGARDIA

An Interview by
Vera V. Fyodorova,
ASJ writer,
vko@vko.ru

ABSTRACT | DR. IGOR R. ASHURBEYLI THE HEAD OF ASGARDIA SPEAKS ABOUT THE FIRST ELECTIONS TO THE PARLIAMENT OF ASGARDIA, THE PROCESS OF ORGANIZING STATE STRUCTURE AND PERSPECTIVES FOR ASGARDIA'S SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL ADVANCES AND INITIATIVES.

Keywords: *Space State, Asgardia-1 satellite, Parliament, Moon settlements*

КОСМИЧЕСКИЙ КОВЧЕГ И ЛУННОЕ ПОСЕЛЕНИЕ

ИГОРЬ АШУРБЕЙЛИ РАССКАЗАЛ
О ПЛАНАХ РАЗВИТИЯ АСГАРДИИ



Беседовала:
Вера Владимировна ФЕДОРОВА,
корреспондент журнала ВКС,
vko@vko.ru

АННОТАЦИЯ | ПЕРВОЕ КОСМИЧЕСКОЕ ГОСУДАРСТВО ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА: ВЫБОРЫ В ПАРЛАМЕНТ, КОТОРЫЕ СОСТОЯЛИСЬ В МАРТЕ ЭТОГО ГОДА, ФОРМИРОВАНИЕ ДРУГИХ ОРГАНОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ АСГАРДИИ – В ИНТЕРВЬЮ ГЛАВЫ ПЕРВОЙ КОСМИЧЕСКОЙ НАЦИИ.

Ключевые слова: космическое государство, спутник Асгардия-1, парламент, лунные поселения

РЕАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВО С МИФОЛОГИЧЕСКИМ НАЗВАНИЕМ

– Игорь Рауфович, для тех, кто еще не знает, расскажите, пожалуйста, что такое Асгардия. Первая ассоциация возникает со скандинавской мифологией. Но речь ведь идет не о мифическом государстве, а о существующем? Как пришла идея его создания?

– Асгард – город скандинавских богов, город космоса, прообраз некой идеальной среды обитания, такой же, как Шамбала, Китеж-град, седьмое небо. Асгардия – первое в мире космическое государство, воплощение давней мечты человечества, всегда стремившегося вырваться, вылететь из своей неидеальной земной колыбели.

Идея создания независимого государства, непохожего на другие, пришла мне более 10 лет назад. Но государству нужна территория. Имеющиеся на нашей планете земельные активы уже распределены. Новым государствам остаются лишь насыпные острова или некие другие искусственные сооружения.

В 2016 году, когда я был в Монреале на Международной конференции по правовым вопросам и проблемам космоса, я вдруг подумал: а почему бы не сделать эту новую независимую страну именно космической? Что, собственно, этому противоречит? Общение с юристами, специалистами в области международного космического права в Канаде, в Университете Макгилла, подтолкнуло к тому, чтобы идея обрела четкие формы.

Асгардия – государство не мифическое. Оно уже существует. У него есть граждане, Конституция. Есть территория – это спутник «Асгардия-1», который был запущен с космодрома в штате Вирджиния 12 ноября 2017 года, ровно через 13 месяцев после устного объявления о создании Асгардии. Никто не верил в то, что это возможно: так быстро подготовить спутник, согласовать и осуществить запуск. Тем не менее нам это удалось.

Спутник был поднят на орбиту высотой примерно 550 километров и вышел в свободное космическое плавание, в котором сейчас и пребывает.

Это кубсат. Как вы понимаете, он небольшого размера. И содержит данные всех граждан Асгардии, которые были зарегистрированы в этом статусе на момент запуска.

Кстати, это первый случай в истории, когда обычные люди получили возможность отправить в столь массовом порядке в космос свои персональные данные – любые, какие пожелают, в виде текстовых, фото- или видеофайлов. До этого памятью на спутниках могли пользоваться только ученые, военные, спецслужбы и другие подобные структуры.

Гарантийный срок работы спутника – полтора года. В реальности он должен прослужить не менее трех лет. За это время будут подготовлены к запуску другие спутники Асгардии – планируется создание целой группировки.

Раз в две недели информация на спутнике обновляется. Персональные данные, которые сейчас содержит «Асгардия-1», мы продублируем на остальные спутники, то есть эти данные всегда будут находиться в космосе. Могу точно сказать, что первая «золотая» сотня тысяч асгардианцев в историю космического человечества уже вписана.

– Почему запуск состоялся именно в Америке, а не в России?

– Здесь нет никакой политической подоплеки. Асгардия, повторяю, независимое государство. Мы запустили спутник с американского космодрома, но для нас это не было принципиальным. Просто на тот момент окно возможностей оказалось очень узким. И это, по сути, был единственный шанс совершить запуск именно тогда, когда нам это требовалось.

КОСМИЧЕСКИЙ КОВЧЕГ И ЛУННОЕ ПОСЕЛЕНИЕ – ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ АСГАРДИИ

– Тем не менее Асгардией интересуются в США. Американский познавательный канал Neoscribe выпустил сюжет, в котором ставит ее в один ряд с другими частными проектами, связанными с космической сферой. В частности, с марсианскими идеями Илона Маска. Как вы относитесь к таким сравнениям? Считаете ли вы себя большим реалистом, чем, скажем, тот же Маск?

– Илон Маск реализует свои идеи в рамках своей компании. Мы же создаем именно государство, в котором будет много компаний, в том числе и таких, как у Илона Маска.

Пилотируемые полеты на Марс, колонии на Красной планете – это прекрасная



мечта. Но для тех, кто немного разбирается в физике, совершенно очевидно, что на сегодняшний день она неосуществима по чисто физиологическим причинам. Полет на Марс для человека – это билет в один конец, билет, по которому нельзя не только вернуться, но даже долететь. Возможно, когда-нибудь эта проблема защиты от космической радиации будет решена.

То, чем занимается Асгардия, – это, конечно, тоже мечта, но мечта, которая требует реализации в краткой и среднесрочной перспективе. Асгардия ставит перед собой совершенно реальные инженерно-технические, правовые и философские задачи. Получается такая «матрешка» из трех составляющих, трех оболочек. Внешняя оболочка – философия Асгардии, в середине – право, потому что создание правового государства вне территории Земли – это беспрецедентный случай. Наконец, третья оболочка – это инженерно-техническое воплощение, включающее создание как низкоорбитальной многоуровневой груп-

Гражданином Асгардии может стать любой человек, достигший возраста 18 лет. Для регистрации на сайте asgardia.space несовершеннолетних требуется согласие обоих родителей. Любой человек, родившийся от граждан Асгардии, автоматически становится гражданином первого космического государства. Среди граждан Асгардии, зарегистрировавшихся на сегодняшний день, порядка 70 % составляют люди моложе 35 лет. Около 85 % асгардианцев – мужчины, приблизительно 15 % – женщины

пировки в космосе, так и лунных поселений. Да, конечно, все это требует прорывных технологий, но в данном случае их хотя бы можно внедрить в обозримом будущем.

– ...И «обозримое будущее» – это какой период? Когда же, наконец, произойдет то, о чем человек мечтает веками?

– Это самый сложный вопрос. Поскольку я инженер и немало систем в своей жизни сделал и построил, я не люблю давать обещаний, за которые невозможно ответить. Все, что мы сейчас строим и делаем, строится и делается впервые. Это пионерство – и в философско-правовом, и инженерно-техническом плане.

Первый глобальный этап, который нам предстоит пройти, – создание космического ковчега, некоего аналога Международной космической станции. Основное отличие от МКС заключается в том, что ковчег должен быть устроен так, чтобы человек мог жить на нем постоянно.

Пока мы всего лишь гости на орбите. Потому что до сих пор не решены две главные задачи:

создание искусственной гравитации и защита человеческого организма от космического излучения. Вот эти задачи нам предстоит решить в ближайшие 15–20 лет.

Техническое задание мною уже написано, но оно должно пройти через экспертов многих стран и компаний. Точные сроки реализации, думаю, будут известны в следующем году. Но подробно об этом буду рассказывать не я, а министр науки Асгардии.

В СООТВЕТСТВИИ С КОНСТИТУЦИЕЙ

– Министр науки? Значит, уже создано правительство Асгардии?

– Создание органов государственного управления – планы, которые предстоит реализовать уже в этом году.

На сегодняшний день утверждены герб, гимн, флаг и глава нации Асгардии. Всеобщим голосованием принята Конституция. За представленный проект Конституции проголосовали 72,5% асгардианцев. В международном демократическом праве это очень убедительная цифра.

Моим указом Конституция введена в действие 9 сентября 2017 года. С этого времени мы строго следуем конституционным нормам. В соответствии с ними не позднее чем через шесть месяцев после вступления в силу Конституции должны быть проведены выборы в парламент. Поэтому до 1 марта 2018 года у нас происходило утверждение кандидатов и предварительное голосование, с 1 по 9 марта окончательное голосование, а 1 апреля уже будут известны итоги выборов.

Далее в трехмесячный срок будут назначены члены правительства, Верховного суда, Счетной палаты и Верховного космического совета. После формирования органов государственного управления – в июне, я надеюсь – состоится инаугурация главы нации. Вот это планы на ближайшую перспективу.

После того как правительством будет создан Центробанк, мы сможем выпустить свою валюту. Денежная единица Асгардии также предусмотрена Конституцией и называется солар.

При формировании государственной системы мы соблюдаем все нормы земного международного права, все конституционные сроки, чтобы при подаче заявки на признание нас в качестве независимого государства минимизировать все воз-

можные претензии со стороны ООН. Две иностранные уполномоченные юридические компании наблюдают за ходом всех голосований, подтверждают их подлинность и легитимность.

МИР БЕЗ ЗЕМНЫХ ГРАНИЦ

– Выборы в первый парламент первого космического государства – тоже беспрецедентный случай на нашей планете. Расскажите, пожалуйста, о них подробнее. Кто может баллотироваться? По какой системе проходит голосование?

– Асгардия – космическая нация. Следовательно, мы не видим земных границ. Мы не делим человечество по национальной, религиозной или какой-либо другой навязанной обществом принадлежности. Для нас существуют только разные языки, на которых говорят жители Земли. Поэтому и выборы в парламент мы проводим по языковому принципу.

На сегодняшний день граждане Асгардии – около 180 тысяч человек, представляющие разные уголки нашей планеты. Это порядка 200 стран, география всего мира. Это огромное количество языков. Каждому асгардианцу мы дали возможность при регистрации на нашем сайте выбрать тот язык, на котором он хочет говорить в Асгардии. В результате определились 12 языков-лидеров. На первом месте английский, далее следуют китайский, турецкий, испанский и другие языки.

Русский оказался на седьмом месте, и то лишь благодаря тому, что его выбирали не только собственно россияне, но и русскоговорящие граждане, которые проживают в других странах, в бывших союзных республиках. Поэтому из 150 мест в парламенте Асгардии первого созыва депутатам, представляющим русский язык, отведено всего лишь шесть мест.

Голосования проходят в 13 округах. 12 округов – для носителей лидирующих языков и 13-й округ – для людей, говорящих на остальных языках мира. В каждом округе баллотируются свои кандидаты.

Право баллотироваться имеют все граждане Асгардии, достигшие возраста 40 лет. Как глава нации я подвергся резкой критике в социальных сетях за то, что, как многие считают, установлен слишком высокий возрастной ценз. На это отвечаю: мы посчитали, что помимо профессиональных знаний необходим житейский



опыт, который нарабатывается только самой жизнью. Поэтому 40 лет – это минимальный возраст для кандидатов в члены парламента. Максимальный – 80 лет. По достижению этого возраста депутат обязан покинуть парламентское кресло. Участвовать в выборах, быть переизбранным можно сколько угодно раз – здесь ограничений нет.

– Игорь Рауфович, вы объявили об основании космического государства в Париже, штаб-квартиру расположили в Вене. Почему все это – не в России? Появится ли когда-либо у нас в стране отдельное представительство космического государства?

– Париж – город свободы. Австрия – нейтральное государство, не входящее ни в какие военные и политические блоки. В Вене расположено Управление ООН по вопросам космического пространства. Этим определяется выбор места для центрального представительства Асгардии на Земле. Далее, поскольку Асгардия не видит земных государственных границ, только континенты, будут созданы представительства Асгардии на земных континентах. И я не вижу причин, чтобы Москва не стала столицей Евразии.

© Федорова В. В., 2018



История статьи:

Поступила в редакцию: 15.03.2018

Принята к публикации: 16.03.2018

Модератор: Бурдакова Т. В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Федорова В.В. Космический ковчег и лунное поселение в ближайшие 15 лет // Воздушно-космическая сфера. 2018. №1. С. 16–21

HOW TO GET 80% CHEAPER LUNAR BASE AND ORBITAL STATION

Alexander O. MAYBORODA

CEO, Scientific and Research Company «AVANTA-Consulting», LLC
Rostov-on-Don, Russia,
mayboro@gmail.com

ABSTRACT | The article considers Moontrap and Sat-trap technologies as new economical technologies to construct the lunar orbital station (LOS) and the lunar base (LB). They allow for a threefold or fourfold cut of landing stage expenditures and a tenfold and more cost reduction for other stages. Within the framework of the Moontrap technology, the result is achieved by using the external brake medium, regolith and other materials, instead of on-board fuel reserves. Whereas the Sattrap technology is aimed at lunar materials export and employs cargo traps, brought to the circum-lunar orbit. The paper provides the details of both the technologies, calculations for technical and economic assessments and describes implementation options.

Keywords: *lunar base (LB), lunar orbital station (LOS), soft / heavy landing, penetrator, regolith processing, extra-terrestrial resources, orbital vehicle, low cost space access*

КАК СОЗДАТЬ ЛУННУЮ БАЗУ И ОРБИТАЛЬНУЮ СТАНЦИЮ НА 80% ДЕШЕВЛЕ

Александр Олегович МАЙБОРОДА,
директор научно-исследовательской компании
ООО «АВАНТА-Консалтинг», Ростов-на-Дону, Россия,
mayboro@gmail.com

АННОТАЦИЯ | В статье рассматриваются технологии Moontrap и Sattrap как новые экономные технологии создания окололунной орбитальной станции (ЛОС) и лунной базы (ЛБ). Они позволяют сократить затраты на прилунение в 3–4 раза на первом этапе и в 10 и более раз на последующих этапах. В технологии Moontrap результат достигается за счет использования при прилунении вместо бортовых запасов топлива внешней тормозной среды – реголита и других материалов. В технологии Sattrap при помощи ловушек грузов, выведенных на окололунную орбиту, решается задача недорогого экспорта лунного сырья. Приведены описания обеих технологий, технико-экономические расчеты и варианты реализации.

Ключевые слова: лунная база (ЛБ), лунная орбитальная станция (ЛОС), мягкая посадка, жесткая посадка, пенетратор, переработка реголита, внеземные ресурсы, межорбитальный буксир, недорогой доступ к космосу

AVANTA-CONSULTING ОПТИМИЗИРУЕТ ПЛАНЫ ПО ОСВОЕНИЮ ЛУНЫ

Экономичная концепция освоения Луны – куда более выгодная, чем предыдущие, – представлена вниманию специалистов космических предприятий России. Компания AVANTA-Consulting предлагает план сокращения транспортных расходов: первоначально в 3–4 раза, а затем в 10 и более раз [1–3].

Согласно предложениям научно-исследовательской компании, возвращение на Луну может оказаться и проще, и дешевле, чем считалось до сих пор, и его можно осуществить в ближайшие три-пять лет. И все это при сокращении уже имеющегося финансирования космических программ.

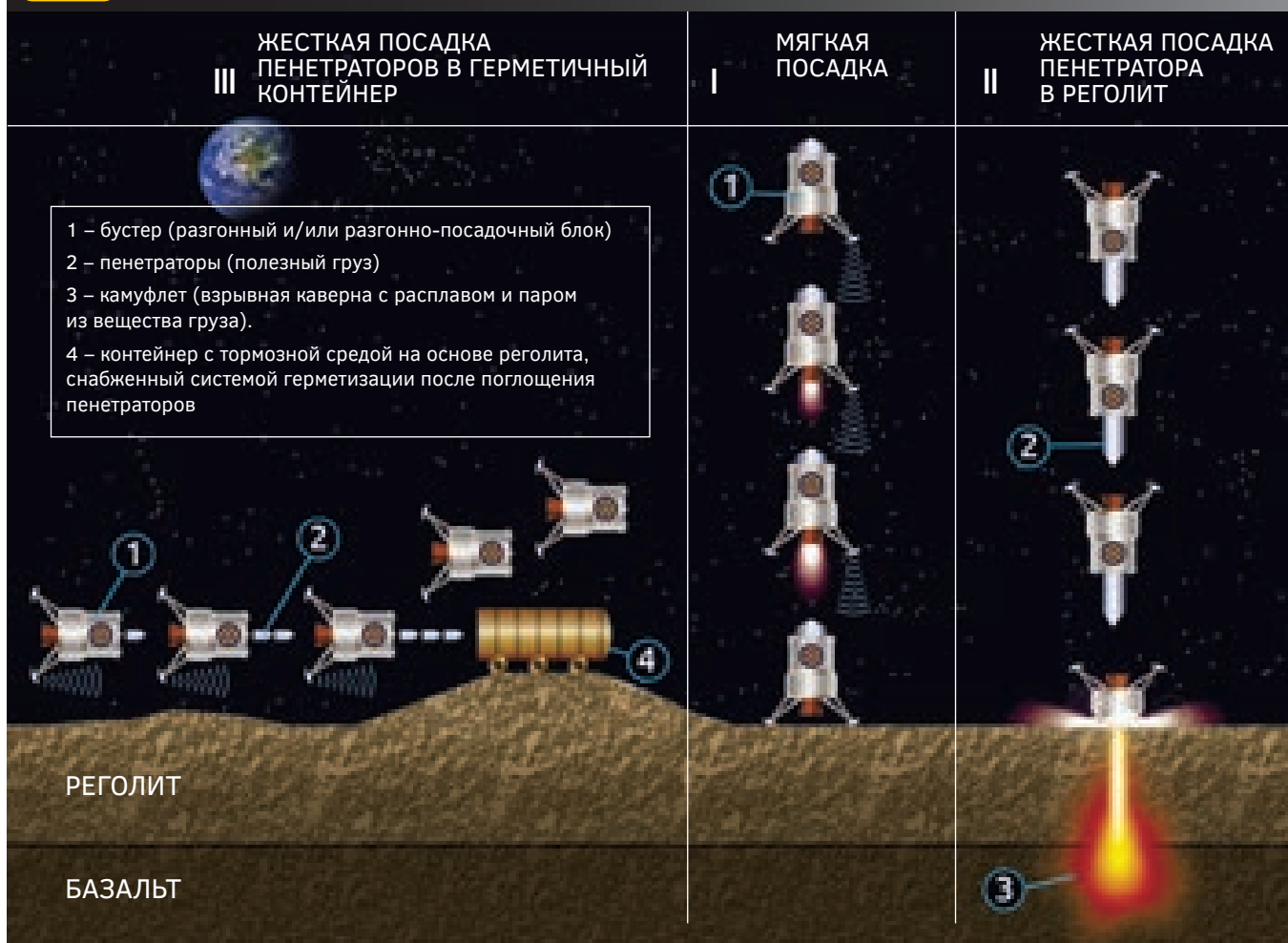
Новый план основан на технологии, которая была неоднократно апробирована при доставке грузов на Луну, – на использовании способа жесткой, или ударной, посадки. До сих пор он

не осознавался как реальный способ сокращения затрат.

Жесткая посадка – это попадание на лунную поверхность без средств уменьшения скорости, в отличие от мягкой посадки – прилунения с использованием таких средств с целью сохранения целостности доставляемых грузов. Суть в том, что определенная часть грузов не портится при ударном прилунении, а если исключить посадочную ступень и запасы топлива, можно увеличить массу грузов в 4–6 раз. Соответственно, цена доставки уменьшится.

Сегодня доставка на Луну 1 кг груза в 10–20 раз дороже, чем аналогичного груза на околоземную орбиту, а возвращение 1 кг груза с Луны обойдется дороже в 30–50 раз. Понятно, что сокращение этих затрат приведет к ускорению строительства лунной базы. Передовые технологии, предложенные AVANTA-Consulting, устраняют экономические барьеры на пути ее создания, поскольку строительство базы и орбитальной станции обойдется, согласно плану, на 80 % дешевле.

РИС. 1 Варианты прилунения



СПОСОБ ПЕРВЫЙ: MOONTRAP

Способ, получивший наименование Moontrap, применим к доставке большей части грузов (> 90 %), необходимых для строительства и ежегодного обеспечения лунной базы, таких как конструкционные материалы, компоненты ракетного топлива и химические реагенты для переработки лунного грунта.

Доля массы космического аппарата (КА) на полете к Луне перед началом торможения составляет около 33% от его начальной массы на низкой околоземной орбите (НОО). После посадки доля полезного груза составляет около 5% массы аппарата на НОО. Например, масса полезного груза КА «Луна-17» составила всего 13,5% от массы КА перед началом торможения, а масса полезного груза КА «Луна-21» – 14,7%.

Доля полезного груза уменьшается за счет запасов топлива и массы посадочной ступени, необходимых для мягкой посадки. Вместе с тем большая часть грузов не нуждается в дорогостоящей безударной посадке. Например, конструкционные материалы (слитки металлов) могут быть доставлены в район строительства базы жесткой посадкой, подобной доставке вымпела КА «Луна-2» и таких ударных зондов, как серия КА Ranger, КА Lunar Prospector, SMART-1 и Chandrayaan-1.

Груз в форме пенетратора – ударного проникающего зонда, внедряющегося в грунт, – совершает жесткую посадку аналогично лунным ударным зондам. Таким способом могут доставляться не только конструкционные материалы, но и компоненты ракетного топлива, и реактивы для разложения реголита на кислород, металлы и кремний. Технология Moontrap исключает взрывной разлет вещества слитка за счет создания камуфлета на заданной глубине и концентрации доставленного металла в камуфлете (рис. 1). Извлекается металл при помощи стандартного оборудования лунной базы – экскавационных и транспортных механизмов.

Современные проекты лунных баз предусматривают включение в состав базы землеройных машин для экскавации грунта и роверов для его перевозки, а также принтеров аддитивной печати, или 3D-принтеров. Поэтому извлечение металла из-под слоя реголита значительно проще и дешевле мягкой посадки какого-либо металлического изделия с таким же весом. Масса данных механизмов может составлять всего 1% от проектной массы базы, что не требует значительных расходов для их доставки на Луну способом мягкой посадки. Таким образом, большая часть конструкционных материалов, необходимых для постройки базы, может быть доставлена с затратами в 3–4 раза меньшими.

Академик РАН Эрик Галимов по поводу перспектив аддитивной технологии на Луне констатирует: «С Земли есть смысл везти только то, что нецелесообразно делать на Луне: электронику, блоки управления. Это не так много весит. А вот титановый корпус хоть на 50 тонн там можно сделать автоматически – сегодня у нас есть 3D-принтеры. На Луне достаточно поставить солнечные батареи, чтобы получить нужную энергию для запуска производства» [4].

На этапе развертывания базы доставка сырья для 3D-принтеров с Земли на Луну по технологии Moontrap выгоднее производства сырья из реголита непосредственно на Луне:

- 1) производство алюминия из реголита требует 20 кВт * ч/кг, что в 180 раз больше энергии (398,4 кДж/кг), необходимой для расплавления готового алюминия, извлеченного из камуфлетов, производство титана – 30 кВт * ч/кг, что в 275 раз больше энергии (392,8 кДж/кг), необходимой для расплавления готового титана;
- 2) аннулируются затраты на доставку оборудования и реагентов, необходимых для переработки реголита – перерабатывающее оборудование изготавливается непосредственно на базе методом 3D-печати, включая новые 3D-принтеры;
- 3) запасы углерода (и твердофазных соединений хлора и фтора) для химико-металлургических реакторов поставляются параллельно с металлами способом жесткой посадки.

Доставка жидких и летучих веществ на лунную базу способом ударной посадки также возможна, но требует более сложной технологии и использования вспомогательного оборудования – коллектора грузов, предварительно доставленного на Луну.

Коллекторы (ловушки) грузов – это легкие герметичные оболочки со специальными приемными шлюзами для пропуска грузов-пенетраторов, заполненные тормозной средой на основе реголита (рис. 1). Масса этого оборудования составляет менее 1% от массы компонентов ракетного топлива, что обеспечивает доставку на базу топлива и других высоколетучих веществ методом жесткой посадки.

Побочные эффекты взаимодействия доставляемых веществ и реголита, применяемого в качестве тормозной среды, будут способствовать сокращению стоимости снабжения базы конструкционными металлами, например железом, а также водой и кислородом. При поглощении грузов-пенетраторов, содержащих углерод, метан, водород или другие активные вещества, в коллекторе начнутся восстановительные реакции (при соответствующем подводе теплоты). Результатом поглощения порции груза станет образование дополнительных продуктов.

Если в качестве тормозной среды применять ранее доставленные вещества (алюминий, титан, литий, воду), в коллекторах накапливаются чистые вещества, не нуждающиеся в очистке от примесей из реголита. Масса тормозной среды, исключающая испарение: алюминий – 8 кг на 1 кг пенетратора из алюминия; титан – 8 кг на 1 кг пенетратора из титана; литий – 7,5 кг на 1 кг пенетратора из лития; водяной лед – 9,5 кг на 1 кг пенетратора из водяного льда.

Таким образом, для захвата типичной порции массой в 50 кг требуются коллекторы с массой тормозной среды от 400 до 500 кг. При быстром отводе тепла из коллектора грузовой КА на основе разгонного блока «ДМ» (в различных модификациях) за 100 оборотов вокруг Луны забросит в такой специализированный коллектор груз общей массой 5 т. Полученного груза достаточно для заполнения тормозной средой десяти малых коллекторов или одного большого. Оболочки новых коллекторов доставляются с Земли способом мягкой посадки, а в последующем изготавливаются методом каменного литья из реголита и/или способом аддитивной печати.

По расчетам РКК «Энергия», удельная стоимость доставки полезного груза на Луну с помощью разгонного блока с ЖРД типа «ДМ» (по данным 2011 года) составила 52000 долл/кг [5]. Соответственно, обратный полет с Луны на Землю корабля с экипажем будет дороже в 4–6 раз, то есть будет иметь удельную стоимость 200–300 тысяч долл/кг, что экономически препятствует созданию обитаемой лунной базы. Технология Moontrap устраняет этот барьер, так как в 3 раза сокращает затраты на поставки ракетного топлива и обеспечивает взлетно-посадочные модули ракетным топливом по цене около 17000 долл/кг.

В перспективе цены сократятся с 17000 долл/кг до 500 долл/кг: технология Moontrap выгодно сочетается с технологиями обработки углеродом и водородом обогащенного магнитной сепарацией реголита, в результате чего получают металлы для 3D-принтеров и сырье для производства ракетного топлива – углекислый газ и вода. Например, подача водорода в коллектор с лунным ильменитом при температуре 300 °C на 1 кг водорода дает почти 28 кг железа и 9 кг воды. Таким образом, выход продукции составляет 37 кг, что эквивалентно доставке груза на Луну в среднем по цене 460 долл/кг (17 000 долл/37 кг = 460 долл/кг). Это в 10–20 раз меньше нынешних цен доставки грузов на НОО. Последующая переработка сырья в компоненты топлива и металлический порошок (и/или проволоку) для 3D-принтеров дает лишь незначительное удорожание. Таким образом, снимаются нынешние финансовые ограничения на создание обитаемой лунной базы. Возможные отпускные цены этой продукции – 1000–2000 долл/кг.

При таких ценах на конструкционные материалы и ракетное топливо, которые обеспечивает технология Moontrap, лунная промышленная база станет рентабельным поставщиком материалов для создания различных объектов на геостационарной (ГСО) и других околоземных орбитах (текущие цены на вывод объектов на ГСО доходят до 50000 долл/кг). С учетом того, что мировой рынок пусковых услуг по выводу КА на околоземные орбиты составляет около 6 млрд долл/год, а мировой рынок производства КА – 16 млрд долл/год, создание базы на Луне по технологии Moontrap станет рентабельным предприятием даже без учета спроса на топливо для разработки ресурсов астероидов.

СПОСОБ ВТОРОЙ: SATTRAP

Вместе с тем возможен второй путь сокращения затрат на базу и орбитальную станцию.

Технология Moontrap является частью более широкой технологии Sattrap, которая позволяет обеспечить экономную доставку грузов с поверхности Луны на окололунную орбитальную станцию и на околоземные орбитальные станции. На основе технологии Sattrap решается задача малозатратной передачи грузов с низкой околоземной орбиты на высокоэнергетические орбиты и ГСО, а также с поверхности Земли на НОО. На технологию выданы патенты: US 8882047 B2 и EP 2390188.

Порции грузов подаются в орбитальную ловушку суборбитальными ракетами или механическими катапультами. Контейнер с реголитом может выполнять функцию ловушки грузов на окололунной орбите так же успешно, как и на поверхности Луны. Рассмотренный способ передачи грузов с Земли на Луну является частным случаем доставки грузов с Земли на любые околоземные спутники, будь то астероиды, выведенные на околоземную орбиту, или искусственный спутник Земли (ИСЗ). Точно так же порции различных веществ могут подаваться с поверхности Луны и перехватываться коллектором на орбите.

Основное отличие здесь в том, что из-за малой массы коллектора он будет испытывать торможение при захвате грузов, что требует оснащения его межорбитальным буксиром для компенсации потерь скорости (рис. 2). Часть вещества, поглощаемого буксиром, расходуется как рабочее тело электроракетных двигателей для компенсации тормозного импульса при столкновении с грузами-пенетраторами. Остаток образует собственно полезный груз, экспортируемый с Луны на окололунную станцию.

При тормозном импульсе, равном 10 кг × 1680 м/с, компенсирующий импульс может быть равен 1 кг × 16800 м/с. Остаток груза – 9 кг. Это дает

РИС. 2 Лунный орбитальный промышленный комплекс



РИС. 3 Технология полного спасения РН для повторного использования



возможность использовать компоненты реголита в качестве рабочего тела (РТ) электроракетного двигателя (ЭРД). Например, суммарное содержание магния и кальция в реголите 12,5–16,5 %, что позволяет использовать их в качестве РТ наряду с другими компонентами. В РКК «Энергия» испытывался электроракетный двигатель с литиевым рабочим телом мощностью 500 кВт, на котором были получены вполне удовлетворительные характеристики [6]. Замена лития на магний (содержание в реголите 4,6–5,8 %) или кальций (7,9–10,7 %), добываемые на лунной базе, не приводит к заметному ухудшению тяговых и энергетических характеристик, так как потенциалы ионизации этих металлов близки.

Могут применяться буксиры как с фотоэлектрическими преобразователями, так и с ядерными источниками энергии.

Для использования солнечной энергии подходят тонкопленочные солнечные батареи с центробежной стабилизацией. На борту ТГК «Прогресс» проведены первые успешные эксперименты с высокоэффективными бескаркасными центробежными солнечными батареями с удельной мощностью до 2,5 кВт/кг [7]. Такие батареи имеют низкую стоимость и массу из-за отсутствия каркаса, высокую плотность укладки и возможность переориентации на гироскопическом принципе без затрат рабочего тела.

Для использования ядерной энергии подходят реакторы из советского космического наследия – «Эльбрус-400/200». Вырабатываемая мощность в форсированном режиме 400 кВт, в номинальном режиме 200 кВт. Время работы: до полугода в форсированном режиме; до 20 лет в номинальном режиме. Полная масса: 7000 кг. Тепловая мощность реактора в номинальном режиме ~ 2 МВт [8]. Этот бонус может выгодно использоваться для переработки реголита и создания литых каменных корпусов промышленных блоков орбитальной станции. Использование лития в качестве теплоносителя между реактором и 3D-принтером снимает проблемы с радиационным облучением сырья.

На орбитальную станцию выгодно передавать не готовую продукцию, полученную в результате переработки реголита, а сам реголит. В этом варианте обеспечивается экономия на доставку химико-металлургических модулей на поверхность Луны. Запуск промышленных модулей станции с Земли на окололунную орбиту в 3–4 раза дешевле доставки модулей на поверхность Луны. Таким образом, лунный орбитальный коллектор (ловушка грузов и буксир) решает проблему малозатратного создания промышленного комплекса.

В настоящее время орбитальная станция дешевле лунной базы, но абсолютно бесполезна без производства ракетного топлива и конструктивных материалов из лунных ресурсов. А лунная база решает задачу производства топлива, но имеет начальные затраты превышающие бюджетные лимиты. Орбитальный коллектор реголита снимает проблему. На поверхность Луны необходимо доставить только оборудование по сбору реголита, возможно, также оборудование по магнитной сепарации реголита в целях выделения ильменита, оборудование по гранулированию обогащенного реголита и установку для создания периодических потоков частиц реголита, метаемых с лунной поверхности на высоту орбиты коллектора в моменты его пролета над базой. Все прочее наиболее массивное оборудование размещается на орбите возле обитаемой лунной станции – вариант «станция-облако» (рис. 2).

Производство ракетного топлива на орбите из обогащенного реголита проще в энергетическом аспекте – фрагменты реголита, поступающие в ловушку на скорости 1680 м/с, испытывают тормозной нагрев (1,4 МДж/кг). А при термическом воздействии ильменит разлагается на железо и кислород.

Цена доставки груза в орбитальный коллектор (ловушку и буксир) в основном определяется амортизацией оборудования в расчете на единицу груза. Расчет цены производится по приближенной формуле:

$$Ц_{Э} = \frac{(Ц_{д} + Ц_{и}) \cdot M_{к} + Ц_{эдв} \times W_{эдв}}{T \times M_{г}}, \quad (1)$$

где $Ц_{Э}$ – цена экспорта или доставки груза на орбитальный коллектор, $Ц_{д}$ – уд. стоимость доставки оборудования с Земли на орбиту ИСЛ, $Ц_{и}$ – уд. стоимость изготовления оборудования, $M_{к}$ – масса конструкции коллектора, $Ц_{эдв}$ – уд. стоимость энергодвигательной установки, $W_{эдв}$ – мощность энергодвигательной установки, T – рабочий ресурс оборудования, $M_{г}$ – масса грузов доставленного на ИСЛ в течение года.

Цена доставки груза на орбитальный коллектор $Ц_{Э}$ будет равна 390 долл/кг при следующих условиях: цена доставки оборудования на окололунную орбиту $Ц_{д}$ равна 35 000 долл/кг; цена изготовления конструкции коллектора $Ц_{и}$ – 15 000 долл/кг; масса коллектора $M_{к}$ – 2000 кг; $Ц_{эдв}$ – 50 000 долл/кВт, $W_{эдв}$ – 43,5 кВт (стоимость энергодвигательной установки $Ц_{эдв} \times W_{эдв} = 2,172$ млн долл.); рабочий ресурс коллектора T – 3 года; масса экспортированного груза в течение 1 года – 87 300 кг (4850 оборотов/год $\times$ 2 захвата/оборот порции груза в 10 кг за вычетом 1 кг в качестве РТ ЭРД).

Потоки сырья с Луны на станцию решают также проблему защиты экипажа от радиации на орбите. Из реголита и продуктов его переработки можно создать защитные антирадиационные экраны. Засыпать жилые блоки трехметровым слоем реголита теперь можно непосредственно на орбите.

Важным направлением работы станции станет производство из реголита одноразовых теплозащитных тормозных экранов для спускаемых аппаратов разгонных блоков. В настоящее время сложно обеспечить многоразовое использование последних ступеней ракет-носителей (РН). Недорогие теплозащитные оболочки, доставляемые с окололунной станции на НОО, обеспечат возвращения последних (орбитальных) ступеней РН и их повторное использование (рис. 3). Таким образом, РН станут полностью многоразовыми.

Перспективным коммерческим направлением может стать проведение взрывных экскавационных работ на Земле за счет кинетической энергии пенетраторов – ударников из лунного материала.

До подписания договоров о запрещении испытаний ядерного оружия США планировали использовать ядерные заряды в горном деле, создании бухт-ковшей на морском побережье, строительстве каналов и тому подобного по программе Plowshare («Плуг»). Аналогичные проекты были созданы и реализованы в СССР [9]. Наряду с правовым ограничением использования мирных ядерных взрывов и негативных экологических последствий их применение ограничено избыточной мощностью.

В этом аспекте пенетраторы из лунного материала, использующие чистую кинетическую энергию (около 50 МДж/кг), при невысоком тротиловом эквиваленте порядка 1000 т, могли бы эффективно использоваться в горном деле, строительстве каналов, искусственных водохранилищ и морских портов.

КОНЕЧНАЯ ЦЕЛЬ SATTRAP – ВЫГОДНЫЙ КОСМОС

Следующим этапом развития технологии Sattrap станет производство на окололунной орбите новых орбитальных ловушек грузов и межорбитальных буксиров. Часть этих систем будет переводиться с окололунной орбиты на околоземные орбиты, что дешевле их запуска с Земли. На первом этапе используются типовые лунные орбитальные ловушки. При диапазоне

характерных для Луны скоростей перехвата груза в 1500–2000 м/с орбитальные ловушки грузов эффективны для передачи грузов, например компонентов топлива, от ИСЗ, находящихся на НОО, на ИСЗ, находящиеся на высокоэнергетических орбитах.

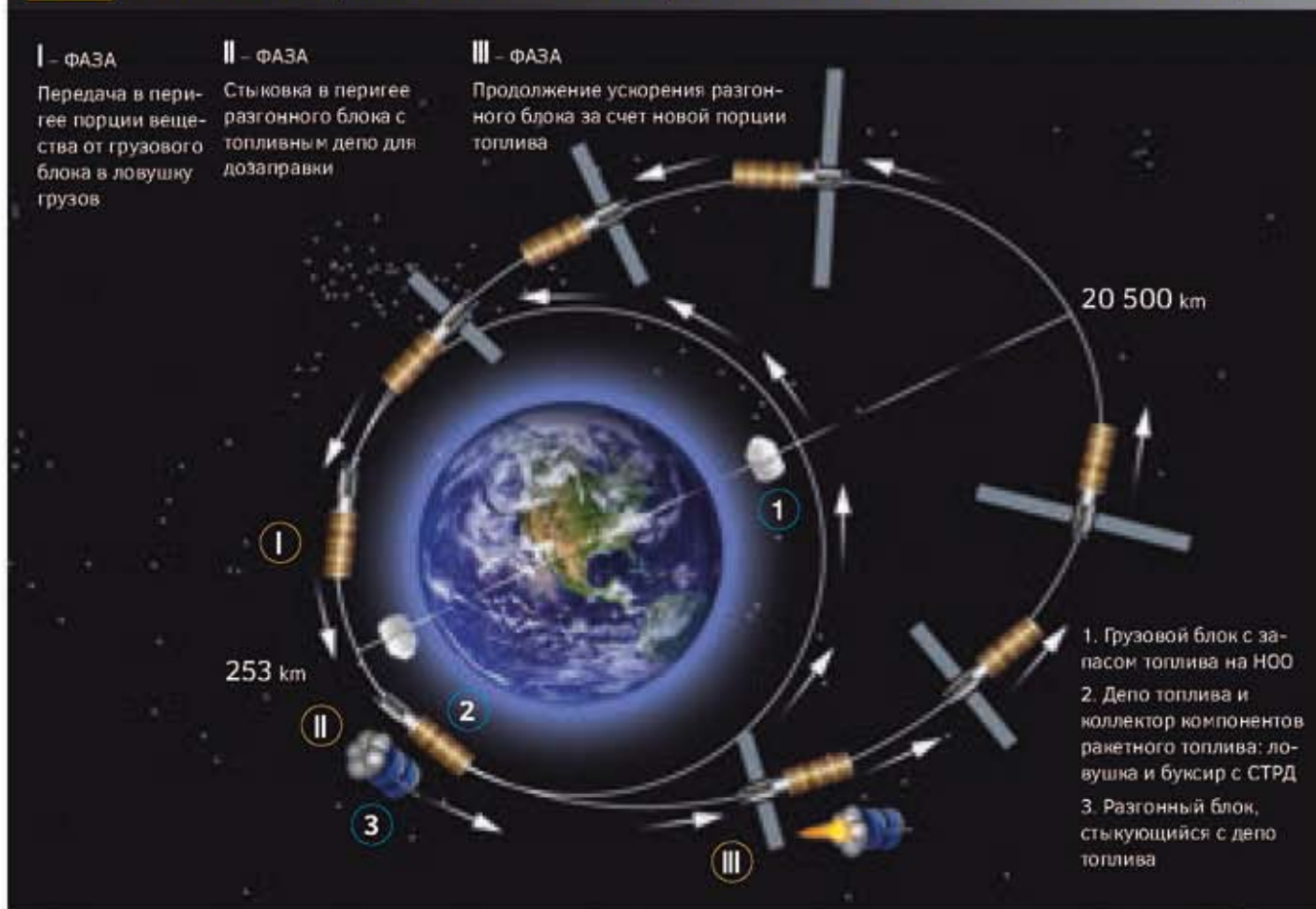
В качестве примера рассмотрим систему из двух ИСЗ: первый ИСЗ расположен на НОО, второй ИСЗ, представляющий собой коллектор грузов (ловушку с буксиром), расположен на высоко эллиптической орбите (рис. 4). Орбиты синхронизированы. Для удобства рассмотрения примем, что период обращения коллектора равен 6 часам, а период ИСЗ, передающего грузы, равен 1,5 часа. Высота НОО в данном случае – 282,5 км. Параметры орбиты коллектора – перигей на высоте 282,5 км и апогей на высоте 20 504,2 км. Встреча коллектора с передающим грузы низкоорбитальным ИСЗ в перигее происходит каждые 6 часов с относительной скоростью 2060 м/с.

В качестве грузопередающего ИСЗ может использоваться грузовой блок, выведенный на полтора часовую орбиту традиционной ракетой космического назначения. Его груз – сырье для получения компонентов ракетного топлива и/или сырье для космического 3D-принтера, например в виде ленты, намотанной на бобину.

Груз передается на коллектор следующим способом: лента вытягивается из блока и далее, под действием сил трения с остаточным воздухом в окружающем пространстве, расправляется в виде шлейфа, тянущегося за блоком. Масса ленты – 10 кг. В перигее орбитальный коллектор, двигаясь по траектории, совпадающей с траекторией движения ленты, догоняет ленту и поглощает ее с относительной скоростью около 2000 м/с. Время поглощения – 10 с. Сила торможения, действующая на коллектор при поглощении ленты – 2000 Н. За счет многократных встреч общая масса передаваемого груза составляет 14 600 кг за год или 1200 кг за месяц. Компенсация аэродинамического сопротивления двигателями коррекции потребует расход около 100 кг топлива химических ЖРД за год обращения грузового блока по низкой орбите или 8 кг за месяц.

Тормозной импульс ловушки компенсируется работой солнечного теплового ракетного двигателя (СТРД), использующего водород в качестве РТ. Близкий по параметрам СТРД разработан ФГУП «Исследовательский центр имени М. В. Келдыша» [11;12]. СТРД защищен патентами РФ № 2126493, № 2145639, № 2150054, № 2176767, № 2197630.

РИС. 4 Способ малозатратного создания запасов ракетного топлива на высокоэллиптической орбите



Имеющиеся в России разработки этого двигателя обеспечивают скорость истечения РТ до 8000 м/с. Благодаря модернизации удельный импульс двигателя может быть поднят до 9000 м/с. Таким образом, за счет более высокого импульса, дающего почти двукратное сокращение расхода РТ, увеличится масса груза, который переносится на высокоэнергетические орбиты – переходные на пути к геостационарным и лунным станциям.

Стоимость передачи компонентов ракетного топлива по этой технологии составит около 2000 долл/кг. Расчеты производятся по формуле (1).

Цена доставки груза на орбитальный коллектор $C_{\text{д}}$ будет равна 2230 долл/кг при следующих условиях: цена доставки оборудования на околоземную орбиту $C_{\text{д}}$ равна 5000 долл/кг; цена изготовления конструкции коллектора $C_{\text{и}}$ – 15000 долл/кг; масса коллектора $M_{\text{к}}$ – 2000 кг; $C_{\text{эдв}}$ – 50000 долл/кВт, $W_{\text{эдв}}$ – 440 кВт (при КПД равном 0,8 и удельном импульсе равном 8000 м/с); рабочий ресурс коллектора

T – 5 лет; масса экспортированного груза в течение 1 года – 11388 кг (1460 оборотов/год $\times$ 1 захват/оборот порции груза в 10 кг за вычетом 2,2 кг в качестве РТ СТД).

Цена вывода КА с НОО на ВЭО традиционными ракетно-космическими технологиями составляет 15–30 тысяч долларов. Таким образом, грузовые КА, направляемые к Луне, вместо скорости около 3000 м/с набирают меньшую скорость, равную 1500–2000 м/с, что дает увеличение полезной нагрузки в несколько раз, затем стыкуются в перигее с коллектором, выполняющим функцию заправочной станции, заправляют топливные баки и продолжают полет к Луне или на ГСО. Цена топлива в этих ОЗС на ВЭО превышает цену вывода на НОО всего на 2230 долл/кг.

На завершающем этапе за счет низкой стоимости реголита и лунных конструкционных материалов на НОО создаются коллекторы для улавливания грузов многоразовых суборбитальных ракет-носителей (МСРН) с относительной скоростью до 7800 м/с.

Технико-экономические параметры МСРН:

- Стоимость – 1,5–2 млн долл.
- Межполетное обслуживание – 2000 долл.
- Ресурс 1 – до 200 полетов (до 3,5 ч. работы ЖРД).
- Ресурс 2 – до 6000 полетов (до 100 ч. работы ЖРД).
- Полезный груз – 50–100 кг.
- Цена доставки – 95–240 долл/кг (ресурс 1) плюс стоимость топлива.
- Цена доставки – 23–47 долл/кг (ресурс 2) плюс стоимость топлива.

Цена доставки сокращается до 20–50 долл/кг. На этой стадии преодолевается ценовой барьер, препятствующий превращению космонавтики в рентабельное направление промышленной деятельности. Масштабирование технологии Sattrap понижает стоимость доступа к космосу до 1 долл/кг.

Литература



1. **Майборода А. О.** Лунная и инопланетная база – новые возможности создания и эксплуатации. // Актуальные проблемы российской космонавтики: Труды XXXVII академических чтений по космонавтике. Москва, январь-февраль 2013 г. / Под общей редакцией А. К. Медведевой. – М.: Комиссия РАН по разработке научного наследия пионеров освоения космического пространства. 2013. С. 293–296.
2. **Майборода А.** How to build a Moon base cheaply // ROOM No. 1. 12. 04. 2017. С. 70–73.
3. **Уваров В. Б.** 5 марта в Точке кипения Агентства стратегических инициатив состоялось очередное заседание Спейснет. // Журнал «Крылья Родины» в социальных сетях. 7 марта 2018 г. Национально-авиационный портал KR-media. <http://kr-media.ru/news/kosmos/5-marta-v-tochke-kipeniya-agentstva-strategicheskikh-initsiativ-sostoyalos-ocherednoe-zasedanie-spey/> (Дата обращения 10.03.2018).
4. **Иван Чеберко.** Академик Галимов: «Нужно налаживать производство на Луне». / Известия из. ru. 29 ноября 2016.
5. Луна – шаг к технологиям освоения Солнечной системы // Под научной редакцией В. П. Легостаева и В. А. Лопоты. – М.: РКК «Энергия». 2011. С. 528.
6. **Агеев В. П., Островский В. Г.** Магнитоплазмоси динамический двигатель большой мощности непрерывного действия на литии // Изв. РАН. Энергетика. 2007. № 3. С. 82–95.
7. После даты необратимости ничто не останавливает глобальное потепление / Коммерсант.ru Наука 21.04.2015. <https://www.kommersant.ru/doc/2718294> (Дата обращения 10.03.2018).
8. Ядерные энергетические установки для космических аппаратов высокоор-

битального базирования/База данных «Федерального информационного фонда отечественных и иностранных каталогов на промышленную продукцию». 2005 год. <http://xn--80aajzhcnfck0a.xn--p1ai/PublicDocuments/0520627.pdf> (Дата обращения 10.03.2018).

9. **Александр Грек.** Взорвать по-мирному: Мы по взрывам – впереди планеты всей // «Популярная механика» № 12, Декабрь 2006. <https://www.popmech.ru/made-in-russia/5908-vzorvat-po-mirnomu-my-po-vzryvam-vperedi-planety-vsey/> (Дата обращения 10.03.2018).

References

1. **Mayboroda A. O.** Lunnaya i inoplanetnaya baza – novye vozmozhnosti sozdaniya i ehkspluatcii. // Aktual'nye problemy rossijskoj kosmonavtiki: Trudy XXXVII akademicheskikh chtenij po kosmonavtike. Moskva, yanvar'-fevral' 2013 g. / Pod obshchey redakciej A. K. Medvedevoy. – M.: Komissiya RAN po razrabotke nauchnogo naslediya pionerov osvoeniya kosmicheskogo prostranstva. 2013. pp. 293–296.
2. **Mayboroda A.** How to build a Moon base cheaply // ROOM No. 1. 12. 04. 2017. pp. 70–73.
3. **Uvarov V. B.** 5 marta v Tochke kipeniya Agentstva strategicheskikh initsiativ sostoyalos' ocherednoe zasedanie Spejsnet. // Zhurnal «Kryl'ya Rodiny» v social'nyh setyah. 7 marta 2018 g. Nacional'no-aviacionnyj portal KR-media. <http://kr-media.ru/news/kosmos/5-marta-v-tochke-kipeniya-agentstva-strategicheskikh-initsiativ-sostoyalos-ocherednoe-zasedanie-spey/> (Retrieval date: 10.03.2018).
4. **Ivan Cheberko, Akademik Galimov:** «Nuzhno nalazhivat' proizvodstvo na Lune». / Izvestiya iz. ru. 29 noyabrya 2016.
5. Luna – shag k tekhnologiyam osvoeniya Solnechnoj sistemy // Pod nauchnoj redak-

ciej V. P. Legostaeva i V. A. Lopoty. – M.: RKK «Ehnergiya». 2011. p. 528.

6. **Ageev V. P., Ostrovskij V. G.** Magnitoplazmosi dinamicheskij dvigatel' bol'shoj moshchnosti nepreryvnogo dejstviya na litii // Izv. RAN. EHnergetika. 2007. № 3. Pp. 82–95.

7. Posle daty neobratimosti ничто не ostanovit global'noe poteplenie / Kommersant.ru Nauka 21.04.2015. <https://www.kommersant.ru/doc/2718294> (Retrieval date: 10.03.2018).

8. Yadernye ehnergeticheskie ustanovki dlya kosmicheskikh apparatov vysokoorbital'nogo bazirovaniya / Baza dannyh «Federal'nogo informacionnogo fonda otechestvennyh i inostrannyh katalogov na promyshlennuyu produkciyu». 2005 god. <http://xn--80aajzhcnfck0a.xn--p1ai/PublicDocuments/0520627.pdf> (Retrieval date: 10.03.2018).

9. **Aleksandr Grek.** Vzorvat' po-mirnomu: My po vzryvam – vperedi planety vsej // «Populyarnaya mekhanika» № 12, Dekabr' 2006. <https://www.popmech.ru/made-in-russia/5908-vzorvat-po-mirnomu-my-po-vzryvam-vperedi-planety-vsey/> (Retrieval date: 10.03.2018).

© Майборода А. О., 2018

История статьи:

Поступила в редакцию: 12.03.2018
Принята к публикации: 13.03.2018

Модератор: Бурдакова Т. В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Майборода А. О. Как создать лунную базу и орбитальную станцию на 80% дешевле // Воздушно-космическая сфера. 2018. № 1. С. 22–31.

THE ACTIVE PROTECTION SYSTEM OF THE CRIMEAN BRIDGE

Alexander G. LUZAN,
Doctor of Technical Science,
laureate of State prizes,
Lieutenant General, Retired, Moscow, Russia,
lag2.37@mail.ru

ABSTRACT | The article discusses the most appropriate structure and elements of the Crimean bridge self-protection system which are determined by the bridge characteristics as of the object of protection. The possible types of air and space threats are also considered. A complex system, combining traditional antimissile defense and novel means employing new physical principles, is proved to provide a reliable protection of the Crimean Bridge.

Keywords: *Crimean bridge, active defense system, anti-aircraft missile system, unmanned aerial vehicle, cruise missile*



Использованы фото: most.life, мост.рф



Александр Григорьевич ЛУЗАН,
доктор технических наук,
лауреат Государственной премии,
генерал-лейтенант в отставке, Москва, Россия,
lag2.37@mail.ru

АННОТАЦИЯ | В статье рассматриваются наиболее приемлемые структура и состав системы активной защиты Крымского моста, обусловленные его особенностью как объекта защиты и возможным типажом средств воздушно-космического нападения. Обосновывается, что обеспечить надежную защиту Крымского моста может комплексная система, включающая в свой состав как классические средства ПРО-ПВО, так и средства, построенные на новых физических принципах.

Ключевые слова: Крымский мост, система активной защиты, зенитная ракетная система, беспилотный летательный аппарат, крылатая ракета

СИСТЕМА АКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ КРЫМСКОГО МОСТА

ПОЛУОСТРОВ КРЫМ И КРЫМСКИЙ МОСТ

Для полномасштабного включения Республики Крым в состав Российской Федерации и ликвидации по сути блокадной ситуации руководством страны было принято решение о строительстве моста, соединяющего полуостров с материковой частью России. Строительство подобного моста рассматривалась и ранее, но такой острой потребности в его сооружении не возникало.

Проведенные изыскания показали, что возводимый мост должен быть комбинированным: автомобильным и двухколейным железнодорожным. Его протяженность составляет 19 километров. Он строится в рамках целевой программы развития Крыма и Севастополя до 2020 года за счет средств федерального бюджета. Запуск автомобильного движения по нему запланирован на конец текущего года, а железнодорожного – на декабрь 2019-го.

Строящийся мост, который соединит Краснодарский край и Крымский полуостров, – самый крупный в Европе, сооружается российскими фирмами, из российских материалов, по российскому проекту и на основе российских технологий.

Безусловно, Крымский мост – колоссальное событие экономического характера, грандиозный инфраструктурный проект страны. Он представляет собой стратегическую артерию, с помощью которой Россия обеспечит экономический рост Крыма, а также снабжение своей войсковой группировки на полуострове. Но одновременно Крымский мост – это стратегически важный объект и с военной точки зрения, потенциальная цель для ударов средств воздушно-космического нападения (СВКН).

Давайте в этой связи вспомним высказывание одного из патриархов нашей военной науки, ветерана Великой Отечественной войны, президента Академии военных наук генерала армии М. Гареева, который отметил, что «...ведущие государства мира главную ставку делают на проведение в самом начале войны массированных воздушно-космических операций с нанесением ударов по стратегическим и жизненно важным объектам». Это как раз наш случай.

А результаты агрессии США и стран НАТО против Югославии? Ведь практически все мосты через Дунай, в том числе в Белграде, были уничтожены в ходе вторжения, что фактически прервало всякое сообщение внутри страны.

Таким же стратегическим и жизненно важным объектом является и Крымский мост, и он требует скорейшей разработки и создания высокоэффективной системы активной защиты (САЗ).

Разговоры о том, что мост защищен в общей системе противовоздушной обороны региона, не выдерживают критики.

Размещение зенитной ракетной системы (ЗРС) С-400 в районе Севастополя, о чем сообщают в СМИ, вряд ли усилит защиту Крымского моста от ударов средств воздушно-космического нападения (СВКН). Нужны средства непосредственного прикрытия, размещаемые вблизи или в составе самого объекта прикрытия. Это косвенно подтверждают и удары боевых дронов в Сирии по нашим авиабазам в январе текущего года. Именно средства непосредственного прикрытия, выполнявшие функции системы активной защиты, предотвратили возможный ущерб от ударов.

СРЕДСТВА ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКОГО НАПАДЕНИЯ, КОТОРЫЕ МОГУТ ПРИМЕНЯТЬСЯ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ УДАРОВ ПО КРЫМСКОМУ МОСТУ

Для ударов по Крымскому мосту как объекту атак наиболее вероятно применение тактических и оперативно-тактических баллистических ракет (ТБР и ОТБР) и крылатых ракет наземного и морского базирования (КРНБ и КРМБ). Нанесение авиаударов по мосту менее вероятно из-за достаточно эффективной и дальнбойной системы ПВО Крыма.

Однако нанесение ударов с территории Украины по Крымскому мосту с помощью ОТБР типа «Гром-2» или КР типа «Коршун» практически возможно только в период развертывания полномасштабных боевых действий с Российской Федерацией, то есть войны, что само по себе маловероятно.

Более вероятно нанесение ударов по Крымскому мосту с помощью беспилотных летательных аппаратов (БЛА) – боевых дронов. Руководству Украины такие удары можно легко отнести на счет «нелегальных» террористических группировок или псевдопатриотов, якобы не подчиняющихся центральным властям, как это было, скажем, с отключением Крыма от энергоснабжения или с железнодорожной блокадой.

В Сирии террористы ИГ (запрещенной в России террористической организации) для ударов по нашим базам применили самодельные БЛА, правда, оснащенные ультрасовременным навигационным оборудованием (скорее всего, производства США или Израиля).

На Украине и этого делать не надо. Так, еще в 2016 году все теми же США на Украину были поставлены беспилотники RQ-11B на общую сумму более 12 млн долларов. Сейчас там используются



Полуостров Крым

Керчь

КРЫМСКИЙ МОСТ – стратегический и жизненно важный объект, который требует скорейшей разработки и создания высокоэффективной системы активной защиты (САЗ)

БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ (БЛА) – боевые дроны – основные потенциальные средства нанесения ударов по Крымскому мосту с территории Украины

Керченский пролив



Мост не создает преград для движения судов



Крымский мост способен будет выдерживать землетрясение силой до **9 баллов** по шкале Рихтера

о. Тузла



4 полосы движения



до **40 000** автомобилей в сутки



Российский проект. Строительство ведут российские фирмы на основе отечественных технологий, используя российские материалы



2 железнодорожных пути
до **47 пар** поездов в сутки

Коса Тузла

Автомобильное движение по Крымскому мосту планируют открыть уже в конце 2018 года, а железнодорожное – в декабре 2019 года

КРЫМСКИЙ МОСТ – самый длинный в России и Европе, его протяженность – 19 км (на сегодняшний день самый длинный действующий мост в Европе – мост Васко да Гама – 17,2 км)

Краснодарский край

Тамань

Черное море

беспилотники собственного производства, а также БЛА, приобретенные в других странах, прежде всего в США, Израиле, Польше и Франции. Пока это в основном БЛА разведывательного типа, но дооборудование их в боевые дроны никакой сложности не представляет. Да и «интеллектуализация» БЛА, и применение их в виде самонастраивающихся роев также достижимы.

В связи с изложенным как раз ударные БЛА, в том числе в виде роев, и следует рассматривать в качестве основных потенциальных средств нанесения ударов по Крымскому мосту с территории Украины.

ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ АКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ КРЫМСКОГО МОСТА

Назначение, состав, решаемые задачи и возможная структура типовых САЗ обоснована и подробно изложена в статьях автора «Быстрый глобальный контрудар» и «Система активной защиты объектов», опубликованных в СМИ в 2017 году [1], [2]. Возможная система защиты Крымского моста представлена в статье В. Мураховского и А. Леонкова «Крымский мост: всеракурсная защита» [3].

Однако в статьях автора рассмотрены типовые структуры САЗ, не привязанные к конкретным объектам, эти работы ориентированы в первую очередь на противостояние концепции «быстрого глобального удара», разрабатываемой США. Статья В. Мураховского и А. Леонкова о защите Крымского моста не в полной мере учитывает возможный типаж и состав СВКН, которые могут применяться для нанесения ударов, структуры объекта прикрытия и носит, скорее, заявочный характер. В связи с этим хотелось бы более подробно и основательно остановиться на конкретных особенностях САЗ Крымского моста.

Из рассмотрения типажа и состава СВКН, которые вероятнее всего могут быть использованы для нанесения ударов по Крымскому мосту, следует, что это высокоточные оперативно-тактические ракеты, крылатые ракеты нового поколения наземного и морского базирования, применяемые с территории Украины или акваторий Азовского и Черного морей, и в первую очередь – боевые беспилотные летательные аппараты (боевые дроны).

В связи с этим активные средства, составляющие основу подсистемы защиты от ударов СВКН, да и систему защиты Крымского моста в целом, должны иметь в своем составе компоненту борьбы с ОТБР с дальностью пуска 200–500 километров, компоненту борьбы с КР, способными ле-

теть в боевой зоне к цели на предельно малых высотах с огибанием рельефа местности, а также высокоэффективную и малозатратную компоненту борьбы с боевыми дронами.

Эту триединую достаточно сложную задачу можно эффективно решить при сочетании в системе обороны современных зенитных ракетных средств и средств, использующих нетрадиционные способы поражения воздушных целей, в первую очередь боевых дронов. Возможная структура и размещение на местности средств такой системы для активной защиты Крымского моста приведены на рис. 1.

Оценка возможностей современных зенитных ракетных средств показывает, что одновременную эффективную борьбу с высокоточными ОТБР, в том числе использующими в полете как баллистические, так и аэробаллистические траектории, а также с крылатыми ракетами, действующими на предельно малых высотах, способна обеспечить многоканальная зенитная ракетная система (ЗРС) средней дальности «Бук-М2».

Максимальная скорость поражаемых этой системой баллистических целей составляет до 1200 м/с, а минимальная эффективная отражающая поверхность – менее 0,1 м². Но главной особенностью ЗРС «Бук-М2», ее изюминкой, являются значительно расширенные возможности по борьбе с современными крылатыми ракетами, летящими на предельно малых высотах, за счет введения в состав ЗРС радиолокатора подсвета и наведения (РПН) с высокоподнятой антенной системой, что существенно расширяет радиогоризонт и увеличивает дальность обнаружения и поражения КР.

ЗРС «Бук-М2» обеспечивает высокую вероятность поражения ОТБР и КР за счет высокоточного наведения зенитных управляемых ракет (ЗУР), а также реализации режима распознавания (автоматического определения) типа цели и адаптации боевого снаряжения ЗУР для максимального эффективного поражения распознанной цели. Этот же режим позволяет сократить средний расход ракет на одну сбитую цель.

Учитывая такие возможности ЗРС «Бук-М2», именно ее следует рассматривать как основу подсистемы борьбы с СВКН в САЗ Крымского моста. Применение в этой системе зенитных ракетных средств других типов (ЗРС ДД С-400 «Триумф», ЗРС СД нового поколения «Бук-М3» и других) неоправданно, так как подобные системы менее эффективны для прикрытия такого специфического объекта, как Крымский мост, по ряду характеристик избыточны и в результате существенно проигрывают ЗРС «Бук-М2» по критерию «эффективность – стоимость».

ВОЗМОЖНАЯ СТРУКТУРА И РАЗМЕЩЕНИЕ НА МЕСТНОСТИ СРЕДСТВ СИСТЕМЫ АКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ КРЫМСКОГО МОСТА



Учитывая возможности зенитной ракетной системы «Бук-М2», именно ее следует рассматривать как основу подсистемы борьбы с СВКН в системе активной защиты Крымского моста



Активные средства, составляющие систему защиты Крымского моста в целом, должны иметь в своем составе компоненту борьбы с ОТБР с дальностью пуска 200–500 км, компоненту борьбы с КР, способными лететь в боевой зоне к цели на предельно малых высотах с огибанием рельефа местности, а также высокоэффективную и малозатратную компоненту борьбы с боевыми дронами

Остаются нерешенными еще два вопроса: защита ЗРС «Бук-М2» от возможных ударов противорадиолокационными ракетами (ПРР) и борьба с боевыми дронами.

На сегодня доказано и понятно, что для защиты ЗРС «Бук-М2» от ударов ПРР ее нужно применять совместно с многоканальным зенитным ракетным комплексом (ЗРК) «Тор-М2», что снижает вероятность поражения такой системы в 8–12 раз и в целом в разы повышает ее боевую эффективность. В связи с этим ЗРК «Тор-М2» должен быть включен в состав САЗ Крымского моста.

Но в САЗ Крымского моста ЗРК «Тор-М2» используется не только для активной защиты ЗРС «Бук-М2» от ударов ПРР. Он обеспечивает поражение малогабаритного скоростного высокоточного оружия (ВТО) и БЛА среднего класса на дальностях 6–8 км, крылатых ракет на дальностях 8–10 км и пилотируемых средств воздушного нападения (СВН) на дальностях 12–15 км, практически реализуя принцип «одна ракета – одна цель». По интегральной оценке боевых характеристик и по критерию «эффективность – стоимость» ЗРК «Тор-М2» не имеет аналогов в мире, превосходя новейшие зарубежные ЗРК, в том числе французский «Кроталь-НЖ».

Однако этих возможностей ЗРК «Тор-М2» недостаточно для обеспечения высокоэффективной борьбы с БЛА малого и сверхмалого классов, особенно оснащенных элементами искусственного интеллекта и применяемых в виде роев и воздушных стай. Борьба с роями малогабаритных БЛА по принципу «одна ракета – одна цель» даже при использовании недорогой ракеты ЗРК «Тор-М2» неоправданно затратна и малопродуктивна.

Учитывая значительную насыщенность БЛА бортовым радиоэлектронным оборудованием (БРЭО), представляется возможным реализовать функциональное поражение БЛА (вывод из строя БРЭО) с помощью электромагнитного излучения (ЭМИ) – сверхмощного ультракороткого (наносекундного) электромагнитного импульса. В прессе уже промелькнула информация о том, что «российские "оборонщики" нашли управу на роевой интеллект. Специалисты Объединенной приборостроительной корпорации (ОПК), входящей в состав Ростеха, сообщили, что противороевое оружие в России уже создано» [4]. Речь идет о наземных генераторах ЭМИ (ГЭМИ), обеспечивающих функциональное поражение БРЭО БЛА.

В то же время имеющийся на сегодня опыт показывает, что наземные ГЭМИ, функционально поражая БРЭО основных целей – БЛА, через боковые лепестки антенной системы способны вывести из строя радиоэлектронику своих рядом стоящих боевых средств. Другими словами, возникает проблема электромагнитной совместимости

своих же радиоэлектронных средств (РЭС). В связи с этим наземные ГЭМИ правильнее было бы рассматривать как первый этап, но, учитывая ограниченные сроки, связанные с введением Крымского моста в эксплуатацию, рекомендовать их к применению в составе САЗ.

Более перспективным способом функционального поражения БРЭО малого и сверхмалого классов БЛА, особенно используемых в виде роев, следует считать применение взрывомagnetных генераторов (ВМГ), которыми возможно оснащать ЗУР вместо классической боевой части [5].

ВМГ обеспечивает прямое преобразование энергии взрыва смесового заряда в энергию электромагнитного импульса с помощью специального встроенного СВЧ-генератора. При массе ВМГ до 12–15 кг, что приемлемо для ЗУР, применяемой в ЗРК «Тор», излучаемой СВЧ-боеприпасом энергии достаточно для функционального поражения бортовой электроники роя БЛА в радиусе до 300–500 м от точки подрыва, что обеспечивает реализацию принципа «одна ракета – N целей роя».

Возможные пути совершенствования средств ПВО малой дальности для обеспечения эффективной борьбы со сверхмалыми и малыми БЛА и средствами ВТО путем их функционального поражения показаны на рис. 2.

Применение в составе ЗРК «Тор-М2» ЗУР с ВМГ не требует дополнительного решения задач электромагнитной совместимости своих РЭС, приведет к упрощению структуры САЗ и может быть реализовано в кратчайшие сроки при минимальных затратах. Введение в состав ЗРК «Тор-М2» второго типа ЗУР приемлемо, такая ситуация уже применялась и применяется в других системах и комплексах, а наличие в составе РЭС ЗРК «Тор-М2» режима распознавания типов целей позволит расчету использовать необходимый тип ракеты для максимально эффективно их поражения.

Кроме подсистемы защиты от ударов СВКН в САЗ Крымского моста входит подсистема РЭП GPS, комплексный узел разведки СВКН, командный пункт системы, подсистема борьбы с наземным противником, охраны и обороны, а также группа технического обслуживания. Их структура и назначение рассмотрены в статьях «Быстрый глобальный контрудар» и «Система активной защиты объектов» [1], [2].

Необходимо особо отметить, что для эффективной защиты Крымского моста от потенциально опасных СВКН в САЗ пришлось использовать совместно классические средства ПРО-ПВО и средства, построенные на новых физических принципах (рис. 3), что и предопределило высокую эффективность и долговечность создаваемой системы.

НЕКОТОРЫЕ ВЫВОДЫ

Литература



1. **Лузан А. Г.** Быстрый глобальный контрудар. «Томагавкам» не суждено достичь целей // Военно-промышленный курьер. 2017. №12. С. 6–7; №13. С. 4.
2. **Лузан А. Г.** Система активной защиты объектов // Арсенал Отечества. 2017. №5. С. 50–57.
3. **Мураховский В. И., Леонков А. В.** Крымский мост: всеракурсная защита // Арсенал Отечества. 2017. №5. С. 58–62.
4. Рой получит по мозгам // Военно-промышленный курьер. 2016. № 42. С. 10.
5. **Слюсар В. И.** Генераторы супермощных электромагнитных импульсов в информационных войнах // Электроника. Наука. Технология. Бизнес. 2002. №5. С. 60–67.

References

1. **Luzan A. G.** Bystryy global'nyy kontrudar. «Tomagavkam» ne suzhdeno dostich' tseley. Voennno-promyshlennyy kur'er, 2017, no. 12, pp. 6–7, no. 13, p. 4.
2. **Luzan A. G.** Sistema aktivnoy zashchity ob'ektov. Arsenal Otechestva, 2017, no. 5, pp. 50–57.
3. **Murakhovskiy V. I., Leonkov A. V.** Krymskiy most: vserakursnaya zashchita. Arsenal Otechestva, 2017, no. 5, pp. 58–62.
4. Roy poluchit po mozgam. Voennno-promyshlennyy kur'er, 2016, no. 42, p. 10.
5. **Slyusar V. I.** Generatory supermoshchnykh elektromagnitnykh impul'sov v informatsionnykh voynakh. Elektronika. Nauka. Tekhnologiya. Biznes, 2002, no. 5, pp. 60–67.

© Лузан А. Г., 2018

История статьи:

Поступила в редакцию: 18.02.2018

Принята к публикации: 22.02.2018

Модератор: Дмитрий С. В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Лузан А. Г. Система активной защиты Крымского моста // Воздушно-космическая сфера. 2018. №1. С. 32–40.

Строительство Крымского моста действительно является событием, значимость которого трудно переоценить. На Украине понимают, что с введением в строй моста через Керченский пролив экономическая связь Крыма с остальными регионами России многократно усилится, вот только примириться с этим не могут, угрозы со стороны радикальных националистических группировок и даже официальных лиц Украины только возрастают.

В связи с этим создание современной активной защиты Крымского моста, способной парировать возможные удары СВКН, является крайне актуальным. Проведенный анализ и расчеты показывают, что противостоять возможным типам СВКН, которые вероятнее всего могут быть применены для нанесения ударов по Крымскому мосту, может комплексная система активной защиты, включающая в свой состав как классические средства ПРО-ПВО, так и средства, построенные на новых физических принципах. Прогноз показывает, что именно с помощью таких комбинированных систем, функционирующих на разных физических принципах, удастся добиться высоких результатов и сохранить за ними статус современного оружия вплоть до 2030–2035 года.

В качестве классических средств ПРО-ПВО в САЗ Крымского моста предлагается использовать ЗРС СД «Бук-М2» и ЗРК МД «Тор-М2». В связи с этим целесообразно рассмотреть вопрос о расширении серийного производства этих средств.

В настоящее время ЗРК «Тор-М2» выпускается как на гусеничном шасси, так и на колесном и в контейнерном исполнении, что наиболее подходит для его использования в составе САЗ. ЗРС «Бук-М2» выпускается только на гусеничном шасси, но следует напомнить, что в модификации «Бук-М2-1», которая специально разрабатывалась для ЗРВ Войск ПВО страны и в свое время успешно прошла государственные испытания, боевые сред-

ства ЗРС размещались на колесных шасси. На базе этой модификации ЗРС возможно создание системы и в контейнерном исполнении в короткие сроки при незначительных затратах.

В качестве средств функционального поражения БРЭО крылатых ракет, ВТО и БЛА, в том числе с элементами роевого эффекта, на первом этапе предлагается использовать наземный генератор ЭМИ, разработанный Объединенной промышленной корпорацией, входящей в состав Ростеха. В последующем для решения этих задач целесообразно разработать и использовать в составе ЗРК «Тор-М2» специальную зенитную ракету, оснащенную взрывомagnetным генератором (ВМГ).

САЗ Крымского моста, будучи автономной и самодостаточной, должна обеспечивать взаимодействие с системами и средствами ПРО-ПВО, развернутыми в Крыму и в Краснодарском крае, и являться одним из звеньев общей системы ПРО-ПВО ВКС.

Предлагаемая САЗ Крымского моста ориентирована на применение серийно выпускаемого вооружения, и ее создание не требует больших затрат. Скорее всего, расходы будут значительно меньше, чем возможный предотвращенный ущерб.

«Стратегически важные, дорогостоящие объекты рано или поздно будут нуждаться в средствах активной защиты и нести на себе, как панцирь, эти средства», – считает генеральный конструктор «Научно-производственной корпорации "КБМ"» В. М. Кашин, который еще в советские годы под руководством легендарного С. П. Непобедимого занимался разработкой и созданием системы защиты шахтных пусковых установок от ударов МБР. С этим трудно не согласиться.

Хорошо, если бы с этим согласилось и руководство Минобороны, и руководство ВПК, а быть может – и других ведомств.

Уж очень нам дороги престиж и безопасность нашей Родины.

ВОЕННО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ КУРС

ВПК ПЕРВЫЙ ПО ВСЕМ СТАТЬЯМ!

Подписка по всем отделениям связи России

Подписные индексы:

КАТАЛОГ «РОСНЧАТЬ» - 25933

КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ - 60514

Тел. (495) 780-5436

www.vpk-news.ru



ОБЩЕРОССИЙСКАЯ
ЕЖЕНЕДЕЛЬНАЯ
ГАЗЕТА

Выходит с 19 августа 2002 года

СИЛОВИКИ
ПОВЯЗАНЫ
ФРУКТАМИ

ВОЕННО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ КУРС
ВПК

ЖИВЫЕ МИШЕНИ
РОССИЙСКИХ
ЭСМИНЦЕВ

ДВОЙНАЯ
БУХГАЛТЕРИЯ
ВЕРМАХТА

**БЫСТРЫЙ
ГЛОБАЛЬНЫЙ
КОНТРУДАР**



500
образцов

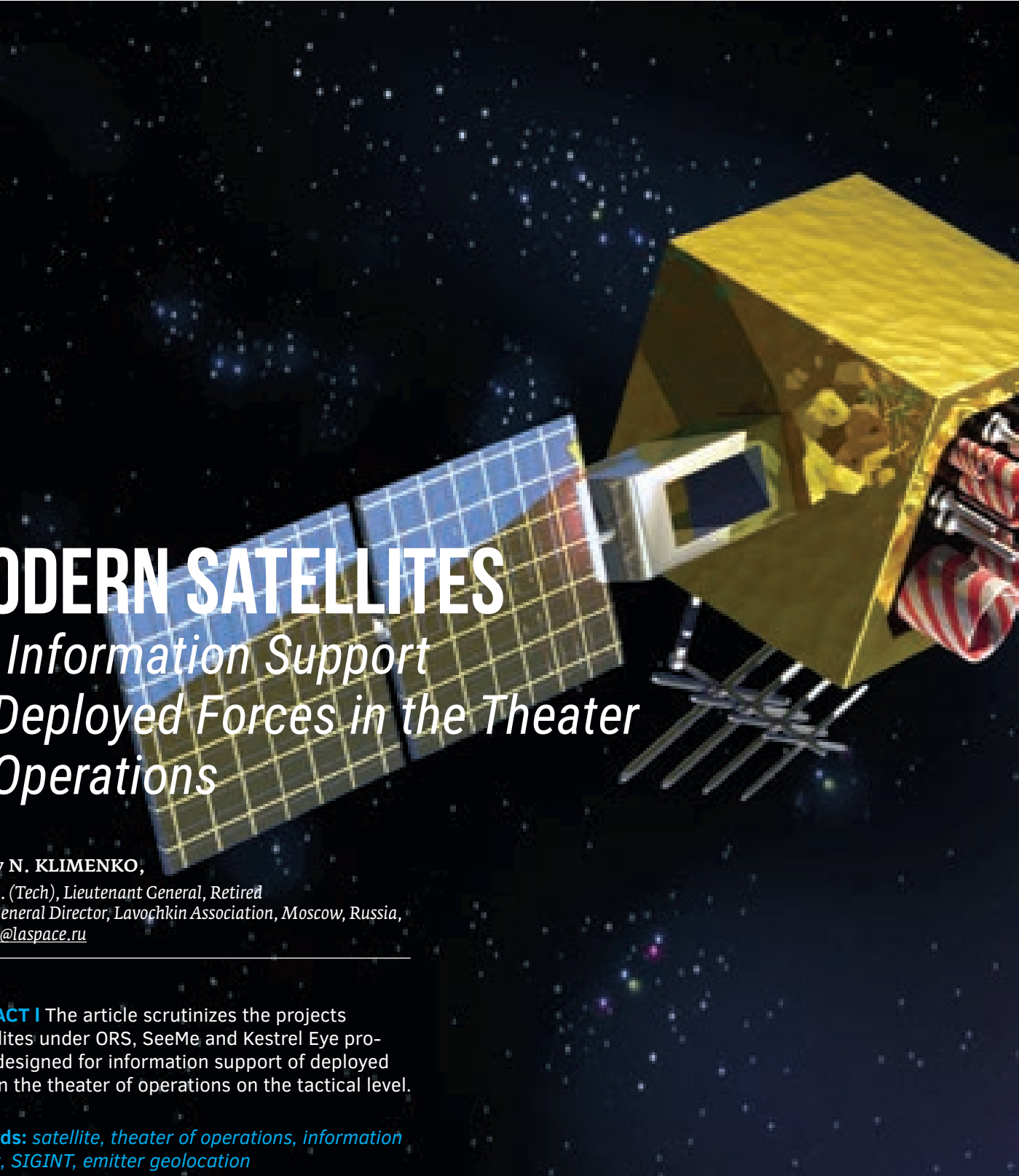
70
маявок



служба
в вооруженных
сил

АНЕ

илограммо



MODERN SATELLITES

for Information Support of Deployed Forces in the Theater of Operations

Nikolay N. KLIMENKO,

Cand. Sci. (Tech), Lieutenant General, Retired

Deputy General Director, Lavochkin Association, Moscow, Russia,

klimenko@laspace.ru

ABSTRACT | The article scrutinizes the projects of satellites under ORS, SeeMe and Kestrel Eye programs designed for information support of deployed forces in the theater of operations on the tactical level.

Keywords: *satellite, theater of operations, information support, SIGINT, emitter geolocation*



СОВРЕМЕННЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ

*для информационного обеспечения
группировок войск на театре военных
действий*

Николай Николаевич КЛИМЕНКО,

*кандидат технических наук, генерал-лейтенант запаса,
заместитель генерального директора по прикладной тематике
АО «НПО Лавочкина», Москва, Россия,
klimenko@laspace.ru*

АННОТАЦИЯ | В статье детально рассмотрены проекты космических аппаратов по программам ORS, SeeMe и Kestrel Eye, предназначенных для информационного обеспечения войск на театре военных действий и на тактическом уровне.

Ключевые слова: *космический аппарат, театр военных действий, информационное обеспечение, радиоэлектронное наблюдение, геолокация источников радиоизлучения*

ВВЕДЕНИЕ

Концепция создания и применения космических средств наблюдения длительное время формировалась исходя из решения «медленных» стратегических задач, требующих предельно возможного разрешения на местности при планово-периодическом глобальном наблюдении. Для традиционных космических средств характерны уникальность и техническая сложность, предельно возможный срок активного существования (САС) и, как следствие, высокая стоимость КА и средств их выведения на орбиту. Для информационного обеспечения группировок войск на ТВД требуется высокопериодическая, преимущественно площадная съемка (в пределах – непрерывное нахождение над заданным локальным районом), а также обнаружение и слежение за подвижными (и, в первую очередь, за критическими по времени) объектами в масштабе времени, близком к реальному при высокой точности привязки результатов космической съемки к местности. При этом требования по глобальности наблюдения, а также по высокой надежности и САС не предъявляются. Указанные требования противоречивы и практически нереализуемы в рамках единого технического решения. Попытка разрешить это противоречие за рубежом в рамках перспективной концепции видового наблюдения по программе FIA не увенчалась успехом. Это привело к формированию новой концепции оперативного реагирования из космоса по программе ORS, в рамках которой разработана серия экспериментальных «тактических» КА класса TacSat. Программа ORS была ориентирована на отработку средств и способов оперативного обеспечения космическими снимками группировок войск на ТВД и, прежде всего, на обеспечение ОЦК, наиболее остро испытывающего необходимость в космической съемке. При этом работы по созданию перспективных КА для решения стратегических задач не прекращались, а результаты испытаний по программе ORS планировалось учесть при уточнении программы FIA.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ ORS

Программа ORS имела целью ускорение применения инновационных технических решений для сокращения сроков разработки и запуска «тактических» КА. С этой целью решались задачи сокращения сроков задействования существующих КА в интересах группировок войск на ТВД до нескольких часов и нескольких суток, изготовленных КА нового поколения – до нескольких дней, а изготовленных новых КА для усиления орбитальной группировки – до нескольких месяцев.

До развертывания программы ORS уже велись работы по созданию КА нового поколения по программе TechSat, закрытой из-за превышения финансирования. Однако полученный научно-технический задел был использован для разработки КА Roadrunner, впоследствии, после включения в программу ORS, получившего название TacSat-2.

Первым по программе ORS в 2003–2004 годах разрабатывался КА радиоэлектронного наблюдения (КА РЭН) TacSat-1 [1], задел по которому впоследствии был интегрирован в КА TacSat-2. КА TacSat-1 – это технологический demonstra-

ционный КА для проведения экспериментов по программе ORS (рисунк1). На разработку и запуск отводился один год при стоимости проекта не превышающей 15 млн долларов. В ходе экспериментов необходимо было подтвердить следующие возможности:

- межмашинное взаимодействие аппаратуры РЭН, устанавливаемой на КА и на авиационном носителе, и совместное определение местоположения источников радиоизлучения (ИРИ);
- управление бортовой аппаратурой РЭН и доведение информации с КА до тактических потребителей с использованием наземной засекреченной сети обмена данными SIPRNet;
- космическая съемка и идентификация подвижных объектов – носителей ИРИ путем наведения бортовой аппаратуры оптико-электронного наблюдения (ОЭН) по данным бортовой аппаратуры РЭН;
- применение в космосе адаптированной бортовой аппаратуры из состава БПЛА Global Hawk в герметичном исполнении;
- выдача команд управления на борт КА с взаимодействующего самолета и/или через сеть SIPRNet в реальном масштабе времени;
- оперативный и недорогостоящий вывод на орбиту.

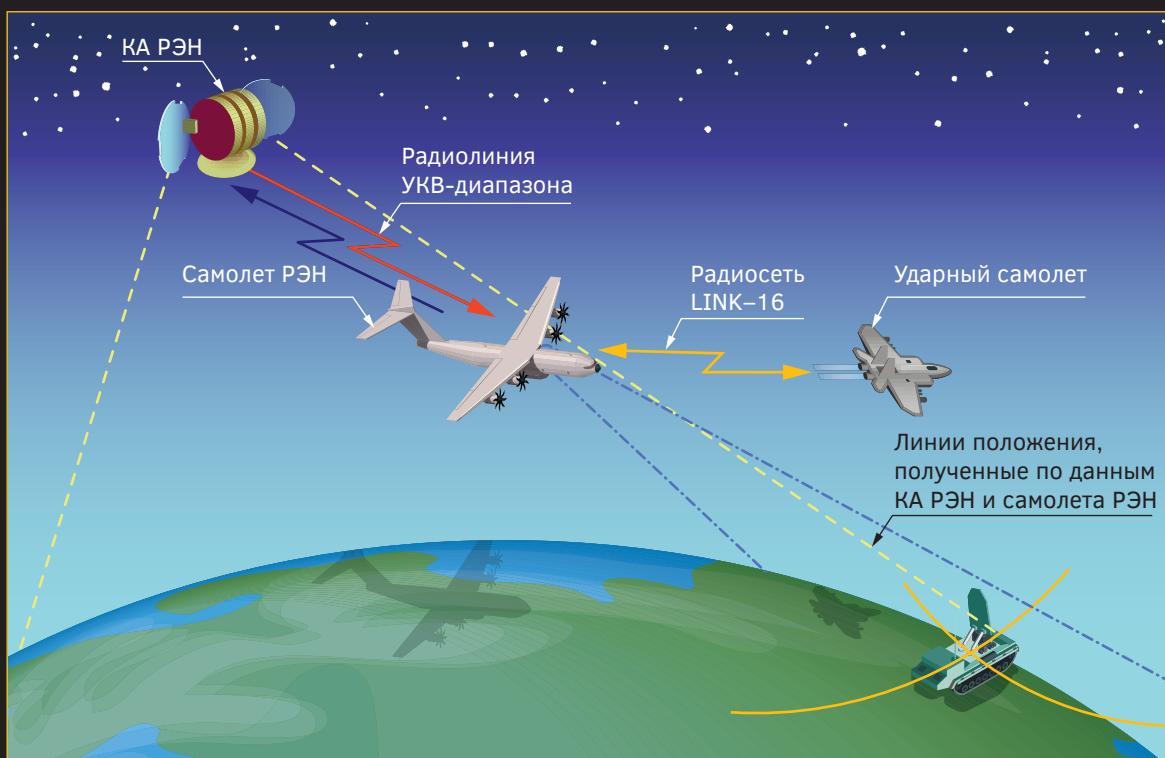
Рисунок 1. Космический аппарат TacSat-1



Рисунок 2. Бортонная аппаратура радиоэлектронного наблюдения Copperfield-2



Рисунок 3. Взаимодействие КА РЭН и самолета РЭН для определения координат источников радиоизлучения



Функции КА РЭН

- Прием и регистрация радиосигналов по целеуказанию от самолета РЭН
- Ретрансляция принятых радиосигналов на самолет по радиолинии УКВ-диапазона
- Ожидание целеуказаний от самолета

Функции самолета РЭН

- Прием и регистрация радиосигналов от источников радиоизлучения, представляющих оперативный интерес
- Нацеливание КА РЭН на прием радиосигналов от источников радиоизлучения, представляющих оперативный интерес, по радиолинии УКВ-диапазона
- Корреляционная обработка принятых радиосигналов и точное определение координат источников радиоизлучения
- Выдача точных координат источников радиоизлучения, представляющих оперативный интерес, ударному самолету или иному средству поражения

СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С КА TACSAT-1

КА TacSat-1 разработан на базе космической платформы MicroSat компании OSC с трехосной стабилизацией на магнитных исполнительных органах. КА весом 100 кг, диаметром 1,05 м и высотой 0,5 м планировалось запустить на орбиту высотой 500 км и наклонением 64 градуса с САС один год. Стоимость разработки не превышала 10 млн долларов. В составе полезной нагрузки аппаратура РЭН Copperfield-2 (из состава БПЛА Global Hawk), оптико-электронная камера видимого диапазона с разрешением 70 м и ИК-диапазона с разрешением 850 м. Аппаратура РЭН Copperfield-2 (рисунки 2) – ключевой элемент полезной нагрузки – обеспечивала обнаружение и идентификацию импульсных радиосигналов, описание которых хранилось в бортовой базе данных, а также межмашинный обмен информацией с самолетами РЭН EP-3 и Rivet Joint для совместного определения местоположения ИРИ. Бортовая аппаратура РЭН помещается в герметичный корпус с охлаждением вентиляторами.

КА TacSat-1 с использованием аппаратуры РЭН Copperfield-2 должен был обеспечить идентификацию и определение направления на источники ИРИ, представляющие оперативную ценность для тактических потребителей, с последующим наведением по этим данным других сенсоров. Рабочие программы для управления полезной нагрузкой предусматривалось разрабатывать непосредственно по заявкам тактических потребителей, а закладку их на борт КА осуществлять с использованием сети SIPRNet и наземной станции MIST. Для этого потребитель мог зайти на интернетоподобный сайт в сети SIPRNet и ввести для передачи на борт КА координаты объектов для съемки или описание интересующих радиосигналов ИРИ с использованием простейших алгоритмов.

Ключевой эксперимент заключался в горизонтальной интеграции и взаимодействии между космическими и авиационными комплектами аппаратуры РЭН [2]. В рамках эксперимента планировалось наведение КА РЭН по данным самолета РЭН для совместного местоопределения ИРИ (рисунки 3). Информационной основой этого взаимодействия служили результаты идентификации ИРИ по описаниям радиосигналов, хранящихся в базах данных аппаратуры РЭН Copperfield-2 на космическом и авиационном носителях. Это обеспечивало избирательный целенаправленный поиск и прием радиосигналов ИРИ, представляющих оперативный интерес для тактических потребителей на ТВД.

СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С КА TACSAT-2

Запуск КА TacSat-1 не состоялся из-за длительных задержек с готовностью ракеты-носителя SpaceX Falcon 1, тем более что в 2006 году был осуществлен запуск КА TacSat-2, на котором были предусмотрены средства для проведения аналогичных экспериментов с улучшенными характеристиками: аппаратура ОЭН с более высоким разрешением, аппаратура РЭН с пониженным на порядок энергопотреблением. В разработке КА TacSat-1 и TacSat-2, проведенной под эгидой ВМС и ВВС соответственно, наблюдалась своеобразная синергия: по существу, КА TacSat-2 стал последующей усовершенствованной «итерацией» возможностей КА TacSat-1. При этом разработчики данных КА задумывали изменить коренным образом отношение тактических потребителей к получению данных из космоса, обеспечив им такой же доступ к космическим данным, как и к данным передовых артиллерийских и авианаводчиков.

Технологические демонстрационные эксперименты с КА TacSat-2/Roadrunner [3] имели цель подтвердить следующие возможности:

- разработка КА от замысла до готовности к запуску за 14 месяцев;
- перевод КА из состояния хранения в рабочее состояние на орбите за семь дней;
- интеграция КА в тактическую сеть обмена данными на ТВД;
- съемка объектов на ТВД с «тактическим» разрешением 1 м;
- одновременное местоопределение ИРИ и съемка ассоциированных с ними объектов на одном пролете над ТВД.

КА TacSat-2 разработан на базе космической платформы компании Microsat Systems, имеющей следующие основные технические характеристики: трехосная стабилизация с точностью 0,15 градуса, точность знания оптической системы координат 0,05 градуса, скорость перенацеливания 0,34...0,64 градуса в секунду, генерируемая мощность 550 Вт, запас характеристической скорости 154 м/с, размеры 2x1, 1x1 м, масса 370 кг, САС один год. Впервые использовались солнечные батареи с тонкопленочными фотоэлектрическими преобразователями и аккумуляторная батарея емкостью 30 А*час.

Первоначально планировался запуск КА TacSat-2/Roadrunner на солнечно-синхронную орбиту, что оптимально для обеспечения глобального наблюдения. Однако для наблюдения локальных районов оптимальной является орбита,

Рисунок 4. Схема проведения экспериментов с космическим аппаратом TacSat-2

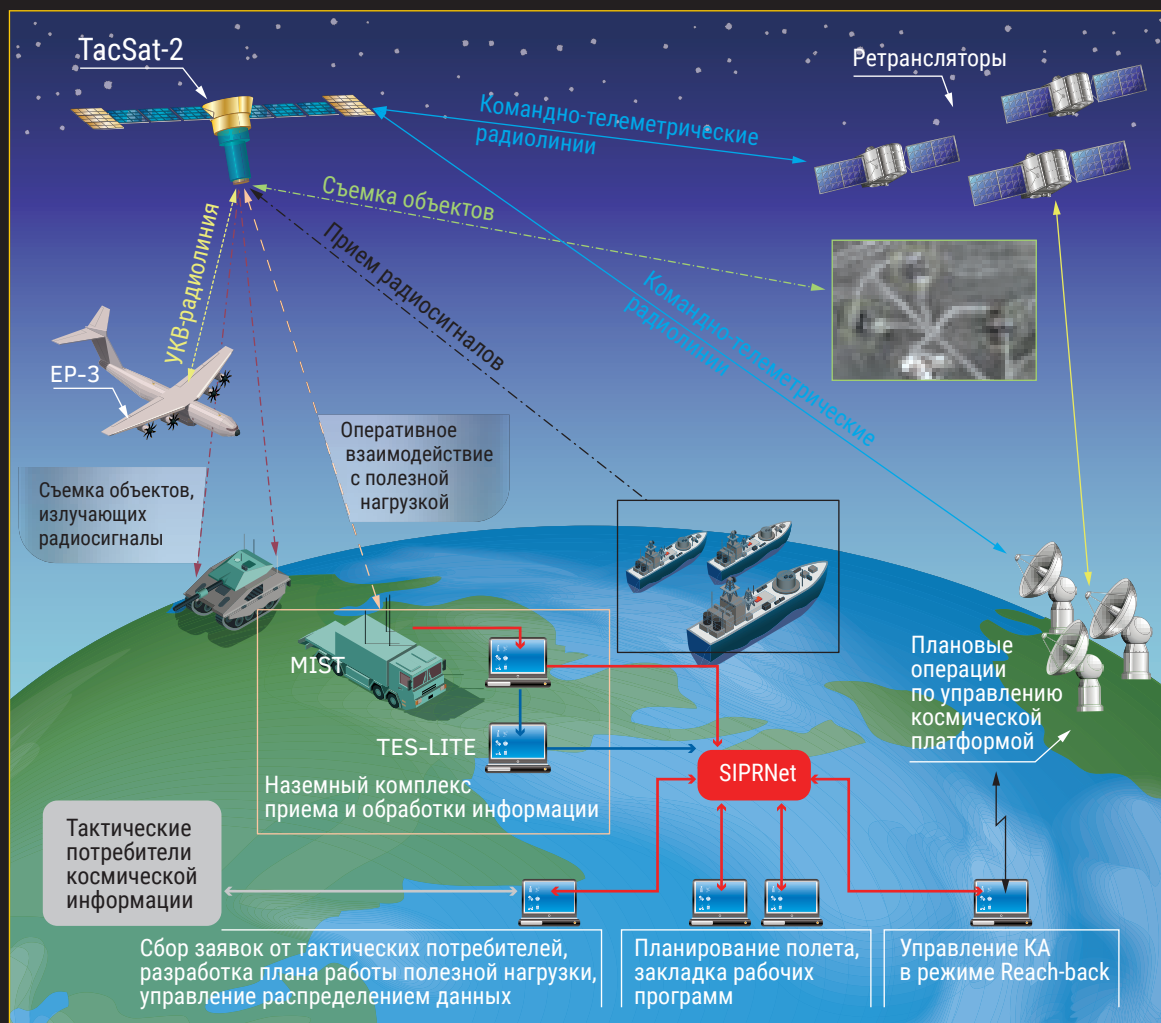


Рисунок 5. Космический аппарат ORS-1



Рисунок 6. Бортовая аппаратура опто-электронного наблюдения SYERS-2



наклонение которой на 3...8 градусов превышает широту наблюдаемого района. Поскольку в качестве ТВД для экспериментов с КА TacSat-2 использовался район China Lake на широте 36 градусов, то и запуск КА был осуществлен на орбиту высотой 420 км и наклонением 40 градусов.

С использованием КА TacSat-2, несущем 13 типов полезной нагрузки, проведены 140 испытаний по программе полета. Однако наибольший интерес (в частности, со стороны ВМС и морской пехоты) вызвали эксперименты по обнаружению и идентификации целей по заявкам тактических потребителей под названием TIE – Target Indication Experiment [4]. Полезная нагрузка для проведения экспериментов TIE обеспечивала прием в реальном масштабе времени радиосигналов ИРИ в диапазоне частот 0,5...18 ГГц с использованием аппаратуры РЭН Copperfield-2, применяемой на ряде авиационных носителей и планировавшейся к применению в составе КА TacSat-1. Впервые был обеспечен прием из космоса сигналов автоматической системы идентификации морских судов AIS. Наряду с широкополосным приемом радиосигналов и обнаружением ИРИ в ходе экспериментов TIE осуществлялась идентификация ИРИ, представляющих оперативный интерес, по эталонным описаниям их радиосигналов, закладываемых как априорно, так и по заявкам тактических потребителей в базу данных аппаратуры Copperfield-2. Определение местоположения ИРИ осуществлялось разностно-дальномерным методом путем определения разности времен приема идентифицированных радиосигналов на борту КА и самолета EP-3 (или Rivet Joint) по аналогии с тем, как это применительно к соответствующему эксперименту с КА TacSat-1 [5]. Аппаратура Copperfield-2 перепрограммировалась под вновь выявленные цели, включая перепрограммирование антенной системы, состоящей из 11 антенн. Предусматривалась программная настройка под конкретный радиосигнал ИРИ, представляющего оперативный интерес. В состав полезной нагрузки для эксперимента TIE функционально включалась аппаратура ОЭН с диаметром апертуры телескопа 50 см, обеспечивающим съемку объектов с «тактическим» разрешением 1 м в полосе захвата шириной 5 км.

Эксперимент TIE включал четыре составных части, получивших название Copperfield, SEI, TAC, AIS, и проводился в двух режимах: автономно – путем закладки рабочих программ на борт КА с наземной станции – и в режиме наведения КА на объект по данным самолета или наземных средств РЭН. Эксперимент Copperfield заключался в подтверждении возможности применения адаптированной аппаратуры РЭН в космическом исполнении для приема радио-

сигналов ИРИ, их идентификации с использованием бортовой базы эталонов радиосигналов и местоопределения ИРИ совместно с идентичной аппаратурой на авиационном носителе [6]. Эксперимент TAC проводился в режиме наведения КА по данным самолета РЭН в реальном масштабе времени с последующим приемом на самолете ретранслированных средствами КА сигналов для местоопределения ИРИ разностно-дальномерным методом (рисунок 4). Эксперимент AIS состоял в приеме сигналов системы AIS, содержащих данные о кораблях, включая их координаты. Сопоставление информации от системы AIS с данными местоопределения средствами РЭН исключает и даже вскрывает возможные намерения по введению в заблуждение. В ходе эксперимента значительное внимание уделялось отработке фазированной антенной решетки диапазона VHF для снижения воздействия мешающих сигналов на прием сигналов системы AIS. При проведении эксперимента TIE на КА выдавались команды на прием сигналов от ИРИ, представляющих интерес для тактических потребителей, а также на подключение соответствующих антенн и на задание длительности приема каждого сигнала, что обеспечивало избирательный целенаправленный сбор информации в интересах тактических потребителей. При этом в режиме TAC выдача определенного подмножества команд управления полезной нагрузкой, а также команд для последующего приема информации с КА осуществлялась с использованием тактических радиостанций. В других режимах обмен информацией с КА впервые осуществлялся по тактической радиолинии общего назначения CDL с мобильных комплексов приема и обработки информации MIST и TES-LITE, к которым тактические потребители подключились по сети SIPRNet. Аналогично обмен информацией с тактическими потребителями осуществлялся при применении и других добывающих средств, в частности БПЛА Global Hawk. Это создавало предпосылки для дальнейшей отработки способов совместного применения КА класса TacSat и БПЛА различных классов.

Отработанная в рамках экспериментов с КА TacSat-2 схема доведения информации до тактических потребителей в дальнейшем была закреплена при испытаниях КА TacSat-3, разработанного с использованием технологии Plug-and-Play и оснащенного панхроматической и гиперспектральной камерами. Информация с КА после приема наземной станцией MIST и обработки в комплексе TES-LITE поступала через сеть SIPRNet непосредственно тактическим потребителям, а также (в так называемом режиме Reach-back) в высшие органы управления.

Рисунок 7. Космический аппарат по проекту SeeMe

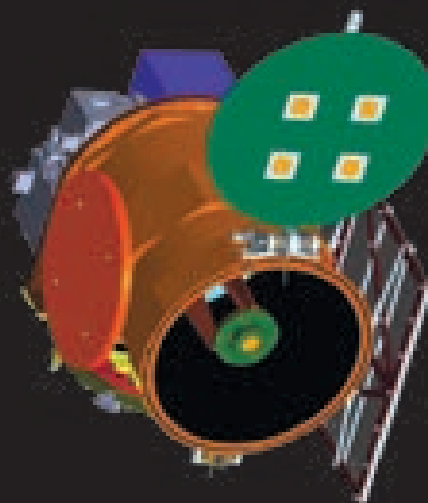
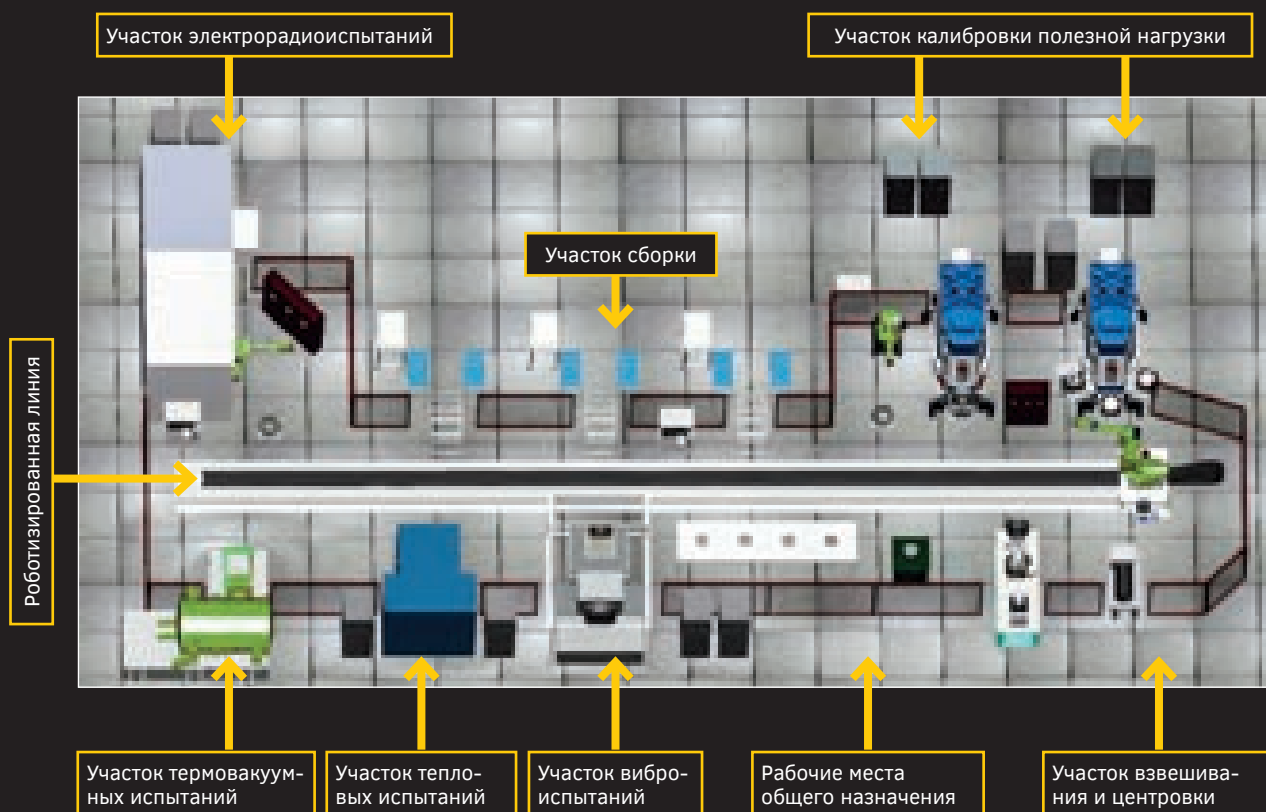


Рисунок 8. Перспективная линия сборки и испытаний космического аппарата по проекту SeeMe компании Raytheon



КА ORS-1 – ПРАКТИЧЕСКИЙ РЕЗУЛЬТАТ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ ORS

Одним из практических результатов программы ORS стала разработка и запуск в интересах ОЦК КА ORS-1 [7] для информационного обеспечения группировок войск в Афганистане, Ираке и других потенциальных зонах военных действий на Ближнем Востоке и в Юго-Восточной Азии. КА запущен на орбиту высотой 400 км и наклоном 40 градусов. Это первый КА в оперативном использовании с непосредственным сбросом информации на ТВД, минуя аналитиков на континенте. Компания ATK Space разработала КА ORS-1 (рисунк 5) на базе научно-технического задела по КА TacSat-3 и адаптации авиационной аппаратуры ОЭН SYERS-2 [8], разработанной компанией Goodrich для применения на самолете U2. Аппаратура SYERS-2 (рисунк 6) имеет диаметр апертуры 40 см, что обеспечивает разрешение 1 м с высоты 300 км. Полоса обзора и полоса захвата с этой высоты имеют ширину 346 км и 10,9 км соответственно. Это обеспечивает периодичность наблюдения одним КА 4–5 раз в сутки, а орбитальной группировкой из 3–4 КА – наблюдение заданного объекта каждые 90 минут.

Рисунок 9. Космический аппарат Kestrel Eye



МИКРО- И НАНО- КА ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТАКТИЧЕСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

В целом реализация программы ORS дала революционные технологические возможности для решения тактических задач космическими средствами по приемлемой стоимости и с сокращением сроков изготовления и запуска КА. Однако так же, как и программа FIA, программа ORS не смогла удовлетворить потребности тактических потребителей в бригадном звене. Для тактических потребителей требуется непрерывность информационного обеспечения, что может быть достигнуто за счет орбитальной группировки из множества недорогостоящих микро- и наноКА. К таким КА не предъявляются требования по глобальности наблюдения, высокой надежности и САС. Ресурс микро- и наноКА достаточно сосредоточить в ограниченном географическом районе. Прием информации должен осуществляться непосредственно по запросу тактических потребителей с использованием штатных радиостанций и ПЭВМ по аналогии с приемом навигационной информации. С этой целью за рубежом в интересах тактических потребителей бригадного звена разрабатываются и проходят демонстрационные технологические испытания микро- и наноКА по проектам SeeMe, Kestrel Eye, NanoEye, SATS. Разработка этих КА осуществлялась на базе технологий CubeSats.

Проект SeeMe [9] на первом этапе осуществлялся на конкурсной основе по заказу управления DARPA. В соответствии с условиями контракта предусматривается разработка шести КА-прототипов и 24 КА для оперативного использования без ограничений на параметры орбиты. Орбитальная группировка полного состава должна обеспечивать наблюдение заданных районов с разрывами не превышающими 90 минут, что должно затруднить проведение мероприятий по маскировке и введению в заблуждение. Тактические потребители должны иметь возможность сделать заявку на космическую съемку и получение результатов съемки с использованием штатного носимого терминала в масштабе времени, близком к реальному, то есть в пределах 90 минут, путем нажатия одной кнопки на терминале. При этом стоимость КА не должна превышать 500 тыс. долларов.

Компания Millenium Space разработала КА Altair [10] по программе SeeMe для военных, гражданских и коммерческих задач на базе космической платформы типа 27U CubeSat размером 36×36×37 см и весом 20 кг при массе полезной нагрузки 25 кг.

Базовый замысел применения КА предполагает получение заявки на съемку и сброс информации на тактическую радиостанцию на пролете над ТВД с выводом на орбиту высотой 200–350 км с любым наклоном. Существует возможность вывода КА на орбиту высотой 600 км для увеличения САС. Управление КА может осуществляться с использованием ПЭВМ, подключенной к тактической радиостанции. Телескоп по схеме Ричи – Кретьена с диаметром апертуры 25 см обеспечивает разрешение 0,5 м с высоты 300 км, что соответствует разрешению 0,7...1,2 м в надири в зачетных условиях. Система управления ориентацией и стабилизацией типового состава обеспечивает точность наведения 6 угловых секунд, точность стабилизации при отслеживании наземных объектов не хуже 0,3 угловой секунды в пределах кадра, скорость разворота 10 градусов в секунду. Разворот на 90 градусов осуществляется за 14 секунд. Точность наведения соответствует точности привязки к местности 10 м при углах возвышения до 60 градусов с высоты 350 км. Минимальный САС без специальных двигателей для компенсации торможения атмосферой составляет 45 суток. Вывод КА на орбиту планировалось осуществить с использованием авиационного комплекса по проекту ALASA. Стоимость такого запуска не превышает одного миллиона долларов.

Выигравшая конкурс компания Raytheon [11] планирует запускать КА по проекту SeeMe (рис. 7) с характеристиками, в основном соответствующими рассмотренным выше, на круговую орбиту высотой 400 км и наклоном 51 градус. Рассматривается вариант эллиптической орбиты высотой 450×720 км с наклоном 98 градусов.

Компания Raytheon получила преимущество за счет проекта создания многофункциональной роботизированной линии сборки и испытания КА по программе SeeMe [12]. Такая линия, схематично показанная на рисунке 8, в совокупности с применением электрорадиоизделий, используемых в автомобильной промышленности, процессоров с обыкновенных ПЭВМ и даже клапанов, используемых в медицине, дает весомую экономию при массовом производстве микроКА с небольшим САС и выигрыш в сокращении сроков их изготовления до 90 дней. Такая организация массового промышленного производства микроКА может представлять интерес для отечественной космической отрасли.

КА по проекту Kestrel Eye (рис. 9) разработан компанией Adcole Maryland Aerospace. КА весом 14 кг оснащен телескопом с диаметром апертуры 25 см, обеспечивающим разрешение

1,5 м в зачетных условиях. САС не превышает одного года. Замысел применения КА предусматривает выдачу заявки, съемку и получение снимка тактическим потребителем в течение 10 минут после выдачи заявки на пролетающий над ТВД КА. При этом тактический потребитель определяет по карте на экране носимого терминала координаты интересующих объектов и/или участков местности и нажатием кнопки или иконки на экране терминала отправляет автоматически сформированную рабочую программу на борт КА. После выполнения съемки осуществляется немедленный сброс результатов съемки на терминал тактического потребителя. Оценку тактическим возможностям КА Kestrel Eye дадут в ходе плановых учений.

Компания Microcosm разработала КА NanoEye стоимостью 1,4 млн долларов. Основное отличие этого КА состоит в возможности снижения орбиты для производства снимков с высоким разрешением с последующим возвращением на базовую орбиту. Для этого КА оснащается специальной двигательной установкой, компенсирующей торможение атмосферой, а также небольшими солнечными батареями, конструктивное исполнение которых обеспечивает снижение аэродинамического сопротивления в атмосфере.

КА SATS весом 32 кг обладает разрешением 1,5...2 м и САС 36 месяцев. Предусмотрена возможность съемки нескольких объектов на пролете над ТВД по запланированным координатам, а также видеосъемки в реальном масштабе времени с участием оператора в контуре наведения и слежения за целью.

Для запуска микро- и наноКА разрабатывается многоцелевая «наноракетная» система MNNS на базе пусковых установок ОТР АТАСМС и РСЗО MLRS. Стоимость запуска при этом не превышает 1 млн долларов. Перевод системы MNNS из гарнизонного хранения в готовность к пуску КА не превышает 24 часов.

На базе КА по проектам SeeMe и/или Kestrel Eye может быть создан особый недорогостоящий резервный запас космических средств наблюдения для оперативного наращивания возможностей повседневной орбитальной группировки в особые периоды военно-политической обстановки. Вместе с тем конкретный вариант усиления орбитальной группировки в этих целях еще не определен. Это обусловлено тем, что военные заказчики и потребители космической информации внимательно изучают и возможности коммерческих стартовых проектов, интенсивно разрабатываемых в ходе так называемой новой космической революции.

Литература / References



1. <https://digitalcommons.usu.edu/cgi?view-content.cgi?article=1677&content=smallsat>.
2. <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/t/tacsat-1>.*
3. <https://digitalcommons.usu.edu/cgi?view-content.cgi?article=1679&content=smallsat>.*
4. <https://digitalcommons.usu.edu/cgi?view-content.cgi?article=1477&content=smallsat>.*
5. [Picxxx.info/pml.php?action=GETCONTENT&md5=63705365c249d5889072b51704735207](http://picxxx.info/pml.php?action=GETCONTENT&md5=63705365c249d5889072b51704735207).*
6. <https://digitalcommons.usu.edu/cgi?view-content.cgi?article=1362&content=smallsat>.*
7. <https://digitalcommons.usu.edu/cgi?view-content.cgi?article=3213&content=smallsat>.*
8. <https://www.citeseers.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.536.1641>.*
9. <https://www.businessinsider.com/darpa-satellites-could-soon-provide-terrain-images-for-us-soldiers-2015-2>.*
10. <https://digitalcommons.usu.edu/cgi?viewcontent.cgi?article=3028&content=smallsat>.*
11. <http://www.militaryaerospace.com/articles/2012/12/raytheon-darpa-seeme>.*
12. <https://digitalcommons.usu.edu/cgi?referrer=https://google.ru/&httpsredir=1&article=3067&content=smallsat>.*
13. <https://globaldefensenews.com/satellite-provide-military-troops-view-battlefield>.*
14. <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/9534645>.*

*Дата обращения 09.01.2018

*Retrieval date: 09.01.2018

© Клименко Н. Н., 2018

История статьи:

Поступила в редакцию: 11.01.2018

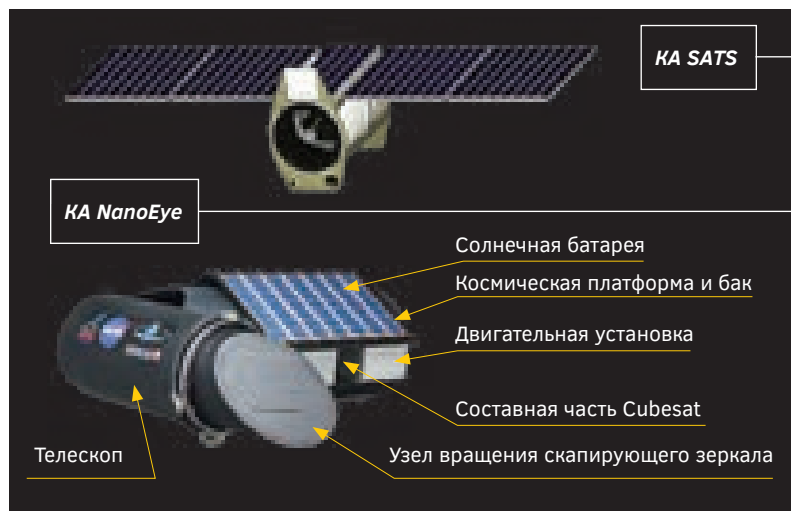
Принята к публикации: 17.02.2018

Модератор: Плетнер К. В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Клименко Н. Н. Современные космические аппараты для информационного обеспечения группировок войск на театре военных действий // Воздушно-космическая сфера. 2018. №1. С. 42–53.



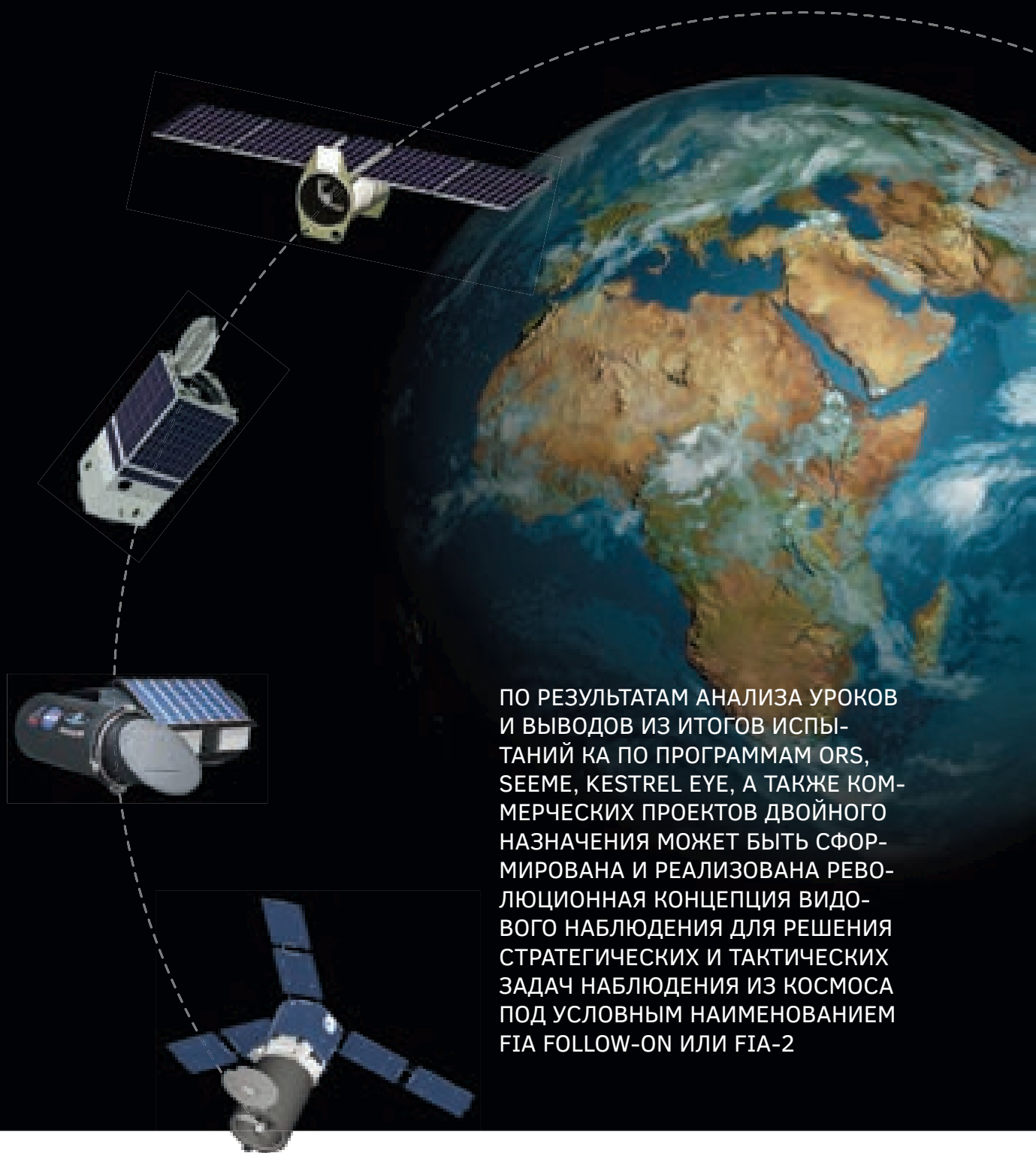
ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье рассмотрены возможные подходы к усилению отечественной орбитальной группировки КА наблюдения в особые периоды обстановки на основе анализа современных зарубежных проектов в этой области.

Выявлен ряд новых устойчивых закономерностей в рассматриваемой области, таких как:

- формирование резервного запаса «тактических» КА, недорогих, оперативно изготовленных и развернутых на орбите, с небольшими сроками активного существования, для наращивания возможностей орбитальной группировки в интересах информационного обеспечения группировок войск на ТВД;
- совместное применение КА и пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов для геолокации источников радиоизлучения на ТВД для последующего наведения на соответствующие или ассоциированные объекты (прежде всего на подвижные) средств оптико-электронной съемки космического базирования на пролете;
- сброс результатов съемки тактическим потребителям по их запросам непосредственно на пролете над их зоной ответственности.

По результатам анализа уроков и выводов из итогов испытаний КА по программам ORS, SeeMe, Kestrel Eye, а также коммерческих проектов двойного назначения может быть сформирована и реализована революционная концепция видового наблюдения для решения стратегических и тактических задач наблюдения из космоса под условным наименованием FIA Follow-on или FIA-2. Как представляется, критический анализ зарубежного опыта должен способствовать формированию и отечественной концепции, и основных направлений развития космических средств наблюдения в первой половине XXI века.



ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АНАЛИЗА УРОКОВ И ВЫВОДОВ ИЗ ИТОГОВ ИСПЫТАНИЙ КА ПО ПРОГРАММАМ ORS, SEEME, KESTREL EYE, А ТАКЖЕ КОММЕРЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ МОЖЕТ БЫТЬ СФОРМИРОВАНА И РЕАЛИЗОВАНА РЕВОЛЮЦИОННАЯ КОНЦЕПЦИЯ ВИДОВОГО НАБЛЮДЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ СТРАТЕГИЧЕСКИХ И ТАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ НАБЛЮДЕНИЯ ИЗ КОСМОСА ПОД УСЛОВНЫМ НАИМЕНОВАНИЕМ FIA FOLLOW-ON ИЛИ FIA-2

УДК 629.78

DOI: 10.30981/2587-7992-2018-94-1-54-63

ON ESTIMATING THE POTENTIAL



DANGER OF SPACE OBJECTS BREAKUPS FOR SPACE FLIGHTS

Vitaly V. ADUSHKIN

Full Member of RAS, Dr. Sci. in Physics and Mathematics, Professor
Institute of Geosphere Dynamics, RAS, Moscow, Russia,
adushkin@idg.chph.ras.ru

Oleg Yu. AKSENOV

Dr. in Tech. Sci., Professor,
professor Scientific Research Centre «Kosmos», MoD, Moscow, Russia,
aks974@ya.ru

Stanislav S. VENIAMINOV

Dr. in Tech. Sci., Professor,
professor Scientific Research Centre «Kosmos», MoD, Moscow, Russia,
sveniami@gmail.com

Stanislav I. KOZLOV

Dr. Sci. in Physics and Mathematics
Institute of Geosphere Dynamics, RAS, Moscow, Russia,
s_kozlov@inbox.ru

ABSTRACT | The increase in exploration intensity in the near-Earth space (NES) and of its technogenic contamination, along with a consequent growth of space objects (SO) breakups and collisions threatening space flights turn the problem of danger estimations into an acute and urgent issue, its validity being among the most important aspects. However, in practice, due to complexities in obtaining accurate estimates caused by large initial data uncertainty, one often has to dramatically simplify calculations neglecting multiple factors of great importance. The article touches upon the problems of defining and applying the estimates of potential danger of SO breakups, danger of collisions between active spacecraft and SO, as well as describes the possible ways to make estimations more correct.

Keywords: *near-Earth space, space objects, spacecraft, space breakup, collision, danger*



О ПОДХОДАХ К ОЦЕНКЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ РАЗРУШЕНИЙ И СТОЛКНОВЕНИЙ КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Виталий Васильевич АДУШКИН,

доктор физико-математических наук, профессор, академик РАН,
Институт динамики геосфер РАН, Москва, Россия,
adushkin@idg.chph.ras.ru

Олег Юрьевич АКСЕНОВ,

доктор технических наук, профессор,
НИИЦ ЦНИИ ВВКО МО РФ, Москва, Россия,
aks974@ya.ru

Станислав Сергеевич ВЕНИАМИНОВ,

доктор технических наук, профессор,
НИИЦ ЦНИИ ВВКО МО РФ, Москва, Россия,
sveniami@gmail.com

Станислав Иванович КОЗЛОВ,

доктор физико-математических наук,
Институт динамики геосфер РАН, Москва,
s_kozlov@inbox.ru

АННОТАЦИЯ | Рост интенсивности освоения околоземного космического пространства (ОКП) и его техногенной засоренности, а вместе с этим и степени опасности разрушений космических объектов (КО), в частности, в результате взрывов КО и столкновений действующих космических аппаратов (КА) между собой и с космическим мусором (КМ), делает все более актуальной проблему оценки этой опасности. При этом весьма важным фактором является адекватность последней. Настораживает то, что на практике, ввиду сложности получения точных оценок из-за большой степени неопределенности в исходных данных, часто приходится идти на значительное упрощение расчетов, отбрасывая множество факторов, в том числе и существенные. В статье рассматриваются некоторые проблемы формирования и использования оценок потенциальной опасности разрушений КО, опасности столкновений КА с КМ и возможные пути их уточнения.

Ключевые слова: околоземное космическое пространство, космические объекты, космические аппараты, космический мусор, разрушения, столкновения, опасность

Ввиду и по мере постоянного роста интенсивности освоения околоземного космического пространства (ОКП) и его техногенной засоренности неуклонно возрастает и степень опасности разрушений космических объектов (КО) в результате их взрывов и столкновений (действующих космических аппаратов (КА) между собой, с космическим мусором (КМ) и КМ с КМ) [1], что делает все более актуальной проблему оценки этой опасности и, конечно же, адекватности последней. Строго говоря, с точки зрения безопасности космической деятельности объективно опасно как само разрушение, так и слишком упрощенный подход к оценке его опасности.

Отдельно следует рассматривать опасность столкновений действующих КА с КМ для их дальнейшего функционирования. В частности, практически общепринятым является признание опасным столкновения Международной космической станции (МКС) с КО размером более 1 см [2, 11]. Но на самом деле эта опасность зависит не столько от размера атакующей частицы, сколько от ее массы m , а еще больше от относительной скорости ее сближения с КА $v_{отн}$ (конкретно, от квадрата этой скорости). Более того, два этих фактора лишь частично и не напрямую характеризуют выделяющуюся при столкновении энергию $E_{разр.}$, направленную на разрушение КА или какого-либо его элемента. Точнее:

$$E_{разр.} = kmv_{отн}^2,$$

где k – коэффициент пропорциональности, зависящий от ряда конкретных обстоятельств столкновения, в частности от угла вектора скорости атакующей частицы по отношению к поверхности КА, от степени уязвимости места удара, от хрупкости и температуры плавления материала частицы и др.

Часто недооценивается опасность для космической деятельности мелкого КМ. Степень опасности мелкого КМ для действующих КА определяется не только и не столько массой отдельных его частиц, сколько их количеством и относительной скоростью их столкновения с «потенциальной жертвой» (с КА).

Ярким примером опасности столкновения с очень мелким КМ служит столкновение 22.01.2013 российского метрологического ИСЗ «Блиц» с микрочастицей КМ массой ~ 0,035 г размером ~ 3 мм при относительной скорости ~ 12,3 км/с. (В ряде источников масса микрочастицы определена < 0,08...0,1 г.) Спутник был разрушен, два осколка каталогизированы.

Кстати, плотность потока мелкого КМ в области разрушения спутника «Блиц» на 4–5 порядков превышает плотность каталогизированных КО, что говорит само за себя [2, 8].

Мелкий КМ (в первую очередь низкоорбитальный) сгорает сравнительно быстро (из-за большего, чем у крупных КО, отношения площади поверхности к массе), а наблюдается его все же постоянно много. Отсюда следует, что на самом деле его образуется гораздо больше, чем подтверждается прямыми наблюдениями. То есть нам удается пронаблюдать лишь крайне незначительную его часть (ввиду недостаточности средств, позволяющих его наблюдать, особенно на больших высотах). Этот вывод подтверждается и нашими расчетными кривыми времени орбитального существования мелких фрагментов различных размеров с учетом только влияния атмосферного торможения в периоды максимального и минимального уровней солнечной активности (влияние которой на плотность атмосферы весьма существенно) (рис. 1, 2) и данные НАСА [10] (таблица 1).

Вместе с тем эти графики наглядно показывают, насколько

радикально время орбитального существования мелкого КМ зависит от его размеров, высоты орбит и уровня солнечной активности.

Многочисленные результаты моделирования [8] показывают, что в результате столкновений КО ежегодно образуется порядка 30 000 000 мелких фрагментов (размером 1...2,5 мм), из которых в результате атмосферного торможения 10 % сгорает. **Основной источник образования мелких фрагментов – взаимные столкновения именно некаталогизированных КО.**

Вклад его в образование КМ размером 1...10 мм по крайней мере на порядок больше вклада взаимных столкновений каталогизированных КО. Например, на высоте 830 км число частиц размером меньше 2,5 мм на 4–5 порядков превышает число каталогизированных КО.

Наконец, непосредственный послеполетный лабораторный анализ длительное время экспонированных в космосе поверхностей КО, возвращенных на Землю, дает следующие неоспоримые данные о плотности потоков мелкого КМ (см. таблицу 2). К сожалению, эти чрезвычайно важные для составления представления о потоках мелкого КМ эксперименты оказались практически возможным провести лишь на высотах приблизительно 600 км. На больших высотах существует огромный дефицит весьма востребованных измерений, не позволяющий составить подобные сводки для таких высот.

Эти данные относятся к периоду с 1980 по 1993 год. Если бы подобные эксперименты проводились в наше время, результаты оказались бы значительно более впечатляющими, поскольку бортовые детекторы ударов КМ указывают на существенный рост интенсивности таких ударов во всех орбитальных областях.

Таким образом, упомянутый общепринятый подход к оценке опасности КМ для космической

рис. 1

ВРЕМЯ ОРБИТАЛЬНОГО СУЩЕСТВОВАНИЯ
МЕЛКОГО КМ НА ВЫСОТЕ 600 КМ В ПЕРИОДЫ
МАКСИМАЛЬНОЙ И МИНИМАЛЬНОЙ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

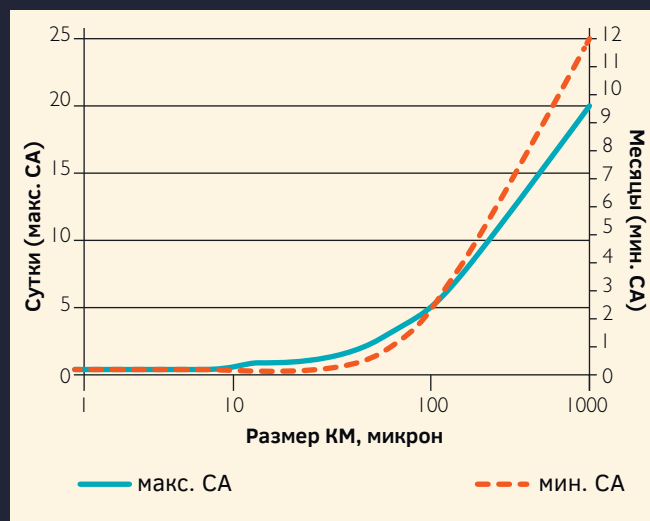


рис. 2

ВРЕМЯ СУЩЕСТВОВАНИЯ МЕЛКОГО КМ
НА ОРБИТЕ 600 КМ / 1400 КМ В ПЕРИОДЫ
МАКСИМАЛЬНОЙ И МИНИМАЛЬНОЙ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

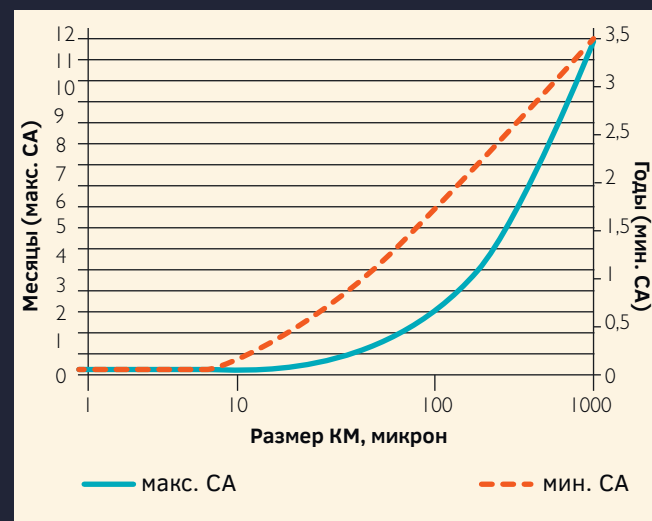


ТАБЛИЦА 1. Время орбитального существования фрагментов различных размеров с учетом только атмосферного торможения. В круглых скобках – при максимуме солнечной активности, в квадратных – при минимуме [10].



Орбита	1 микрон	10 микрон	100 микрон	1 мм
200 / 200	< 1 сут.	< 1 сут.	< 1 сут.	< 1 сут.
200 / 1000	< 1 сут.	< 1 сут.	< 1 сут.	(< 1 сут.) [2 сут.]
600 / 600	< 1 сут.	(< 1 сут.) [4 сут.]	(3 сут.) [1,5 мес.]	(20 сут.) [1 год]
600 / 1400	(< 1 сут.) [9 сут.]	(5 сут.) [3 мес.]	(2 мес.) [2 года]	(1год) [3,5 года]

ТАБЛИЦА 2. Количество ударов частиц размером порядка 100 микрон при полете КА в 50-км зоне указанной средней высоты [10].



ПРОГРАММА	Средняя высота (км)	Число ударов	Время эксп. (лет)	Площ. эксп. поверхн. (м ²)	Поток (уд. на м ² в год)
LDEF	350–500	855	5,7	150	1
Solarmax	575	20	4	204	2
Mir	375	5	1,6	0,2	0,9
EuReCa	502	1080	0,9	40	30
Hubble (s. p.)	614	750	3,6	21	10

рис. 3

СРАВНЕНИЕ ВЫХОДА
ФРАГМЕНТОВ РАЗЛИЧНЫХ
РАЗМЕРОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ
ВЗРЫВА И СВЕРХЗВУКОВОГО
СТОЛКНОВЕНИЯ [9]

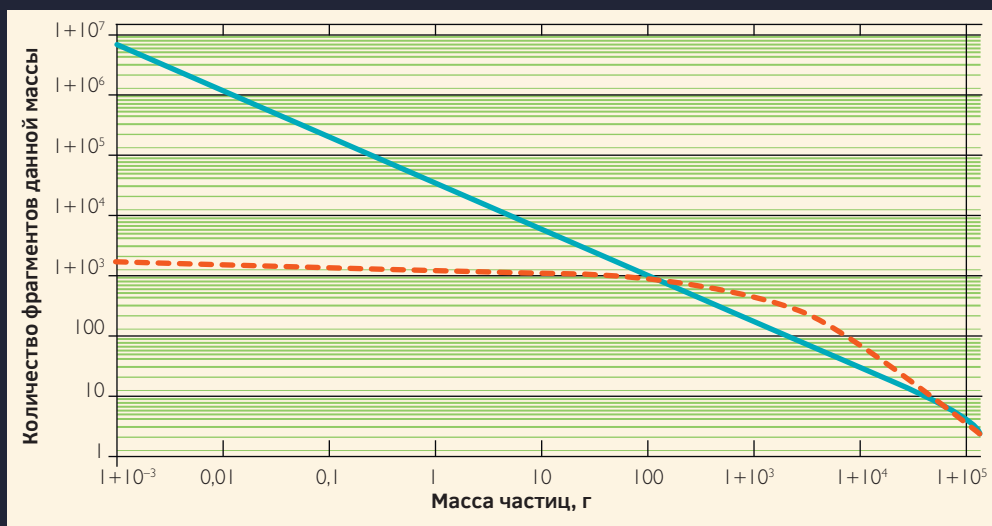


ТАБЛИЦА 3. Ранжирование опасности разрушений

Наименование КО	Год запуска	Год разрушения	Высота разрушения	Каталогизировано N_1	Остаются на орбитах N_2	Причина разрушения	R_1	R_2
Fengyun-1C	1999	2007	850 км	3428	2880	намеренное столкновение	1	1
Cosmos-2251	1993	2009	790 км	1668	1141	случайное столкновение	2	2
PH Step-2	1994	1996	625 км	754	84	случайный взрыв	3	11
Iridium-33	1997	2009	790 км	628	364	случайное столкновение	4	3
Cosmos-2421	2006	2008	419 км	509	0	неизвестна	5	16
PH SPOT-1	1986	1986	805 км	498	32	случайный взрыв	6	14
PH OV2-1/LCS2	1965	1965	740 км	473	33	случайный взрыв	7	13
PH CBERS1/SACI	1999	2000	740 км	431	210	случайный взрыв	8	6
PH Nimbus-4	1970	1970	1075 км	376	235	случайный взрыв	9	5
PH TES	2001	2001	670 км	372	80	случайный взрыв	10	12
USA-193	2006	2008	250 км	360	0	намеренное столкновение	11	17
Cosmos-1275	1981	1981	980 км	346	289	взрыв батарей	12	14
Solwind (P78-1)	1979	1985	530 км	285	0	намеренное столкновение	13	15
PH Cosmos-2227	1992	1992	830 км	279	199	случайный взрыв	14	8
PH Nimbus-6	1975	1991	1090 км	274	199	случайный взрыв	15	7
PH NOAA-3	1973	1973	1515 км	201	179	случайный взрыв	16	9
PH NOAA-5	1976	1977	1510 км	184	174	случайный взрыв	17	10

деятельности является слишком грубым, если не сказать некорректным, и его нужно менять.

Вообще говоря, опасность столкновения КО – понятие растяжимое. Например, одно дело – опасность столкновения действующего КА с КМ для его дальнейшего функционирования. Другое – опасность столкновения КО с точки зрения дальнейшего засорения ОКП. В первом случае для функционирования КА опасность представляет столкновение даже с самым мелким КМ, который из-за огромных относительных скоростей может вызвать пробой и вообще разрушение КА и существенно повредить чувствительные рабочие поверхности (солнечные панели, оптику и т. п.). Во втором случае столкновение крупных КО неизмеримо опаснее, чем мелких, так как порождает обломки в значительно большем количестве, большей массы и кинетической энергии, что чревато заметным вкладом в потенциальное развитие каскадного эффекта.

Другой аспект проблемы касается не только столкновений КМ с действующими КА, но и вообще разрушений КО по разным причинам [3, 11]. Опасность столкновений КО и их разрушений как для космических полетов, так и для дальнейшего засорения ОКП и развития феномена Кesslera можно проиллюстрировать так называемым эффектом гранаты, состоящим в следующем: брошенная граната, если она не разорвется, может травмировать одного человека; если же граната разорвется, от ее осколков может пострадать (в том числе летально) множество людей.

Итак, обратимся к оценке опасности разрушений на орбитах для космической деятельности, в частности для космических полетов. На первый взгляд, наиболее опасны для действующих КА разрушения КО, производящие наибольшее число обломков. И это более или менее справедливо в ближайший к моменту

разрушения период времени. Однако в более отдаленной перспективе порядок в списке наиболее потенциально опасных разрушений будет меняться хотя бы потому, что в зависимости от высоты и эксцентриситета орбит материнского КО и обломков, их размеров, отношения площади их поверхности к массе, характера разлета осколков и ряда других факторов фрагменты разрушения могут и быстро сгорать в атмосфере, и долго продолжать оставаться на орбитах. Поэтому, как справедливо заметил Ф. Анц-Медор [4], более правильным критерием опасности прошлого разрушения на орбите на текущий момент времени было бы количество обломков, оставшихся на орбитах к текущему моменту времени.

В составленную по данным каталога КО СККП США таблицу 3 включены 17 разрушившихся КО с наибольшим количеством образовавшихся при разрушении обломков [4, 5, 6, 11].

Итак, сначала о простых критериях опасности разрушений i -го КО ω_i . Здесь $R_i(\omega_i) = R_i(N_i^i)$ – ранг опасности разрушения, определяемый как номер в списке, зависящий от числа фрагментов N_i^i на момент разрушения (в порядке убывания ω_i), i – индекс КО. $R_2(\omega_i) = R_2(N_2^i)$ – ранг опасности разрушений, определяемый количеством обломков N_2^i , остающихся на орбитах на текущий момент времени (в данном случае на январь 2016 года).

Значения R_i (не только в данной таблице, но и применительно ко всему каталогу разрушений КО) остаются практически постоянными и могут изменяться лишь при появлении новых особенно мощных разрушений с образованием особенно большого числа обломков, тогда как ранг опасности разрушения R_2 (определяемый более объективно, чем R_i) может существенно и быстро меняться с течением времени не только с появлением новых мощных разрушений, но и с учетом различных темпов

входа в плотную атмосферу обломков от старых разрушений. В этом отношении особенно показателен пример КА «Космос-2421» (см. таблицу 3 (в ней РН – ракета-носитель)).

Вместе с тем можно наблюдать и наличие разрушений с весьма стойкими ко времени рангами опасности. Как видно из табл. 3, несмотря на существенное изменение с течением времени порядка (ранг R_2) большинства КО в ранжировании опасности их разрушений, к настоящему времени по обоим критериям ($R_i(N_i^i)$ и $R_2(N_2^i)$) продолжают лидировать знаменитые «Фенгюн-1С», «Космос-2251» и «Иридий-33», мощность разрушения и высота орбит которых преодолели влияние времени.

Таблица 3 и ранги опасности разрушений R_i и R_2 основаны исключительно на фактах их обнаружения и отслеживания последствий по информации СККП. Поэтому они и их динамика более объективны и информативны, чем умозрительный анализ.

Анализ таблицы 3 позволяет сделать ряд интересных и практически полезных выводов. Сравним, например, разрушения «Фенгюн-1С» и РН SPOT-1. Казалось бы, опасность конкретного факта разрушения определяется прежде всего высотой разрушения, от которой зависит темп сгорания обломков. Однако оба указанных разрушения произошли в близких высотных диапазонах, а темп изменения их опасности R_2 резко различается. У первого разрушения ранг опасности остается стабильным ($R_i = R_2$), а у второго резко снизился – с 6 до 14. Вероятнее всего, это явилось следствием существенного влияния характера разрушения (размеров образовавшихся обломков и векторов разлета осколков).

Таблица 3 также наглядно показывает, насколько удачно (или неудачно) были выбраны орбитальные области испытаний кинетического оружия (ср.

ранги опасности разрушений Fengyun-1C, USA-193 и Solwind (P78-1)) с точки зрения минимизации засорения ОКП.

На пути дальнейшего уточнения оценки опасности разрушения i -го КО ω_i можно учитывать плотность распределения объектов в орбитальной области движения рассматриваемого (i -го) КО и среднюю относительную скорость v_{icp} сближения объектов именно в этой области (насколько последнее существенно, см. ниже):

$$\omega_i = N_i \cdot \int dV_{icp}^2.$$

Для оценки опасности разрушения существенны также степень и характер фрагментации КО: чем мельче образовавшиеся осколки в совокупности, тем менее опасны для действующего КА последствия столкновения с ними и тем быстрее они будут оседать в плотные слои атмосферы. Однако тем больше их количество и, следовательно, тем больше вероятность вторичных столкновений в данной орбитальной области («эффект гранаты»).

Нужно также иметь в виду, что при столкновении КО образуется относительно больше мелкого КМ (как, кстати, и крупного, массой более 50 кг [1, 9]), чем при взрыве (см. рис. 3), что может быть учтено соответствующим корректирующим (нормирующим) коэффициентом.

При столкновении КА с КМ, кроме массы и относительной скорости частицы КМ, важно, в какое место КА и под каким углом к поверхности КА ударяет атакующий КО, какова плотность, хрупкость и температура плавления материала частицы и так далее.

Таким образом, опасность последствий столкновения действующего КА с КО зависит от многих факторов, и некоторые из них трудно учесть.

Можно предложить следующий критерий опасности столкновения действующего КА с конкретным КО массой m при относительной скорости сближения $v_{отн}$ при попадании КО в область КА, имеющую степень уязвимости k_y , под углом к его поверхности φ :

$$W_o = k_{норм} k_y k_{пр} \sin \varphi m v_{отн}^2,$$

где $k_{норм}$ – нормирующий коэффициент, $k_{пр}$ – коэффициент, учитывающий прочие факторы (плотность, хрупкость, точку плавления материала атакующего КО), если есть сведения о них.

На основе этого критерия можно построить критерий W_s опасности столкновения КА с отслеживаемыми (каталогизированными) КО в данной орбитальной области S , а также критерий W_s^{cp} опасности столкновений КА с мелким КМ (его потоками), усредненный для данной орбитальной области:

$$W_s = k_{норм} \sum_{n=1}^N W_{он} p_n,$$

где n – индекс КО, p_n – вероятность столкновения КА с n -м КО, а суммирование осуществляется по всем каталогизированным КО в рассматриваемой орбитальной области. Это, по определению, точное значение опасности, и очевидно, что вычисление значений некоторых его компонент проблематично, хотя и возможно с помощью различных инженерных моделей засоренности ОКП и только для известных и отслеживаемых КО.

Заметим, что точность расчета вероятности столкновений упирается в точность определения орбит, что, в свою очередь, зависит от точности и периодичности измерений положения и скорости КО. А на существенное улучшение последних в ближайшее время рассчитывать не приходится из-за определенного «штатного насыщения» обеих систем контроля космоса (российской и американской)

средствами наблюдения.

Для сильно засоренных некаталогизированным мелким КМ орбитальных областей можно воспользоваться следующим более простым статистически локально усредненным критерием:

$$W_s^{cp} = k_{норм} k_y^{cp} k_{пр}^{cp} q \sin \varphi_{cp} m_{cp} v_{cp}^2,$$

где v_{cp} – средняя относительная скорость сближения потенциально сталкивающихся с данным КА объектов или их потоков в рассматриваемой орбитальной области, m_{cp} – средняя масса частицы КМ в потоке, q – плотность набегающего потока КМ. При вычислении усредненных параметров k_y^{cp} , $k_{пр}^{cp}$, φ_{cp} можно воспользоваться средними характеристиками набегающих потоков КМ. И они будут тем точнее и определеннее, чем уже рассматриваемая орбитальная область и короче интересующий нас интервал времени. Для этого, конечно же, нужно иметь соответствующую динамическую модель КМ в данной орбитальной области с необходимыми статистическими характеристиками [7].

Поскольку в большинстве орбитальных областей есть индивидуально контролируемые КО и скопления среднеразмерного и мелкого КМ, учитываемого лишь статистически, естественно построить общую дифференцированную оценку потенциальной опасности столкновений КА с КМ (и КО вообще):

$$W_\Sigma = W_s + W_s^{cp} = k_{норм} \left(\sum_{n=1}^N W_{он} p_n + k_y^{cp} k_{пр}^{cp} q \sin \varphi_{cp} m_{cp} v_{cp}^2 \right).$$

Здесь первое слагаемое в правой части отвечает за индивидуально отслеживаемый (каталогизированный) КМ, а второе – за статистически учитываемые потоки мелкого КМ в данной орбитальной области.

Возможно, для более тонкой структуры оценки и необходимого согласования обоих слагае-

мых придется для каждого из них ввести свой нормирующий коэффициент $k_{\text{норм}}, i = 1, 2$.

В зависимости от высоты области ОКП эти показатели (как и сама опасность столкновения) могут существенно изменяться как из-за различных плотностей распределения КО в соответствующих областях, так и из-за различных скоростей сближения КО, характерных для разных высотных диапазонов ОКП. При этом оба последних параметра могут значительно различаться [1]. Так, для области низких орбит средняя относительная скорость сближения $v_{\text{ср}}$ составляет приблизительно 10 км/с (максимальная – 17 км/с), на полусинхронных круговых орбитах около 4 км/с (максимальная – 7,8 км/с), а на геостационарной орбите (ГСО) – 0,5 км/с (максимальная теоретически составляет 6 км/с, но это почти невероятный случай в виду того, что на ГСО все КО движутся в основном в одну сторону) [1].

Важно заметить, что типичные значения априорно рассчитываемой вероятности столкновения каталогизированных КО составляют $p_n = 10^{-4} \dots 10^{-7}$. Поэтому сравнение составляющих W_s и W_{s^*} имеет сугубо практический смысл для космонавтики и управляемых космических полетов в целом и может служить инструментом анализа и выработки решений об уклонении КА от столкновения с КО. Если второе слагаемое окажется соизмеримым или большим первого, то маневр уклонения от столкновения с каталогизированным КО теряет смысл (эффективность его низка) по крайней мере по двум причинам. Во-первых, он не избавляет с достаточной вероятностью от столкновения КА с КО, и маневр ухода от столкновения с данным каталогизированным КО может с достаточно высокой вероятностью привести к столкновению с другим, ненаблюдаемым КО. Во-вторых, маневр гарантированно снижает ресурс «активной» жизни КА, возможность поддержания заданной орбиты функционирования, что означает детерминированное сокращение потенциального срока его применения.

Используя предложенный подход к оценке потенциальной опасности столкновений КО, можно построить

карту опасности столкновений для различных классов КА и различных орбитальных областей в ОКП. В международной практике обычно принято деление орбитальных областей по высотам орбит. Наибольшей вероятностью столкновений характеризуется низкоорбитальная область, конкретно, диапазоны высот от 700 до 1000 км и от 1400 до 1500 км. Опасность и вероятность столкновений, конечно, коррелируют с такой характеристикой, как плотность КО в данной орбитальной области. Однако некоторые орбитальные области вносят

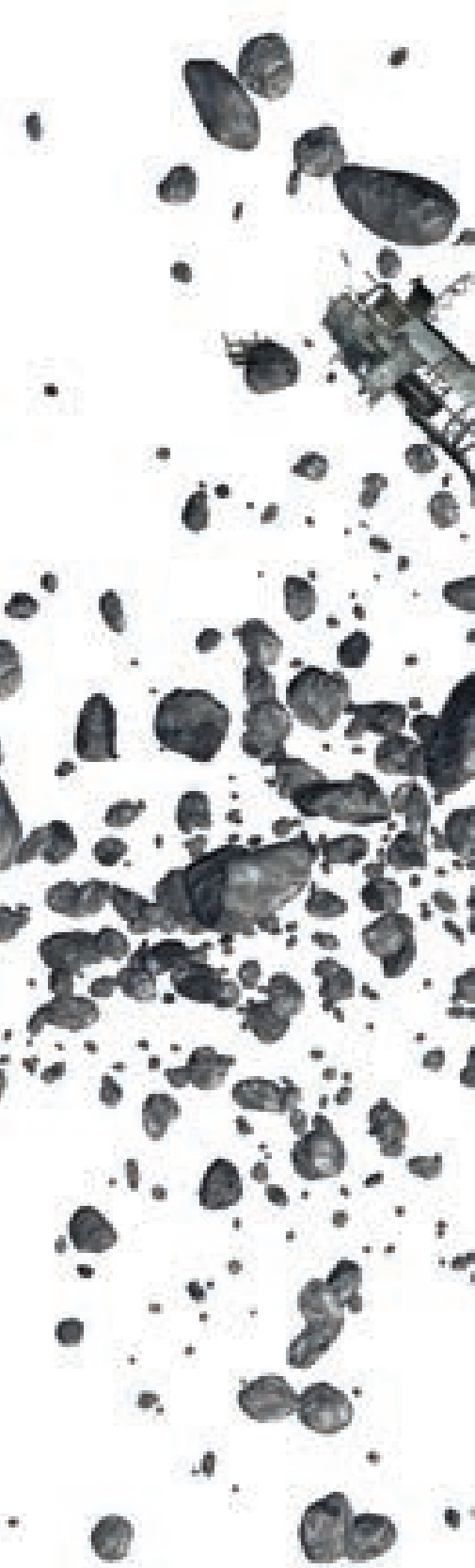
существенные поправки в эту корреляцию. Например, в геостационарном поясе орбит, в котором плотность КО весьма высока, вероятность столкновений и особенно их опасность довольно низки. Это объясняется общим движением КО в основном в одну сторону и малой относительной скоростью их сближения в этом поясе [7].

Для определения опасности столкновений с конкретным КА (это, например, необходимо делать при выборе нужной орбиты в конкретном проекте, а также при расчете манев-

ров уклонения КА от столкновений) можно ограничиваться довольно узкой орбитальной областью, учитывая не только высоту орбиты, но и другие ее параметры – наклонение, эксцентриситет и прочее. В этом случае исходные данные о засоренности орбитальной области будут более определенными, а результаты расчета опасности столкновений – более точными. В этом существенную помощь может оказать дальнейшее совершенствование динамических моделей техногенной засоренности ОКП.

ВЫВОДЫ

1. При рассмотрении вопросов безопасности космических полетов нужно с настоятельностью относиться к упрощенным оценкам опасности столкновений, например к использованию обобщенных и усредненных оценок, определению опасных КО исходя только из их размера и тому подобного.
2. Предложено в основу процедуры принятия решения об уклонении действующего КА от столкновения с КМ положить взвешенное сравнение составляющей оценки опасности, касающейся столкновения с конкретным каталогизированным КО, и статистической составляющей (учитывающей некаталогизированные популяции мелкого КМ).
3. Анализ динамики рангов опасности происшедших в прошлом разрушений КО позволяет оценить, насколько удачно были выбраны орбитальные области для проведения потенциально опасных космических экспериментов.
4. Узким местом при построении точных оценок является в первую очередь информация о плотности и динамике мелких фракций КМ. Требуется совершенствование способов и средств их наблюдения и, соответственно, моделей потоков мелкого КМ.
5. Ввиду большого дефицита измерений мелкого КМ (из-за недостатка средств наблюдения с соответствующими возможностями) и с учетом его значительной опасности для космической деятельности крайне актуально сотрудничество владельцев всех имеющихся в мире источников таких измерений. В частности, весьма полезно было бы наладить регулярный обмен каталогами КО, в первую очередь, между СККП США и РФ как наиболее содержательными.



Литература

1. **Вениаминов С.** Космический мусор – угроза человечеству. Изд. 2-е, исправл. и дополн. М.: ИКИ РАН, 2013. 207 с.
2. **Adushkin V., Veniaminov S., Kozlov S., Silnikov M.** Orbital missions safety – a survey of kinetic hazards // *Acta astronautica*, 126 (2016). Pp. 510-516; <http://dx.doi.org/10.1016/j.actaastro.2015.12.053>
3. Воздействие ракетно-космической техники на окружающую среду / Под ред. **В. Адушкина, С. Козлова, М. Сильникова. М.:** «ГЕОС», 2016.
4. **Anz-Meador, P.** Top Ten Satellite Breakups Reevaluated // *Orbital Debris Quarterly News*. 2016. Vol. 20. I. 1&2.
5. **Grego, L.** A History of Anti-Satellite Weapons Programs, 2006; online: Union of Concerned Scientists, http://www.ucsusa.org/global_security/space_weapons/a-history-of-asat-programs.html (дата обращения 29.12.2017)
6. **Kaufman, M., White, J.** Navy missile hits dying spy satellite, says Pentagon // *Washington Post*, 21 February 2008.
7. **Adushkin V., Veniaminov S., Kozlov S., et al.** Natural and technogeneous contamination of near-Earth space // *Acta astronautica*, 135 (2017). Pp. 6-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actaastro.2016.12.038>
8. **Назаренко А. И.** Моделирование космического мусора. М.: ИКИ РАН, 2013.
9. **Potter, A.** Early detection of Collisional cascading // *Proceedings of the 1st European Conference on Space Debris*, ESA/ESOC, Darmstadt, Germany, 1993
10. **McKnight, D.** The Need For Wake Debris Modeling // *Orbital Debris Quarterly News*. 1997. Vol. 2. I. 1. Pp. 4-5.
11. **Адушкин В., Аксенов О., Вениаминов С., Козлов С.** Об оценке потенциальной опасности разрушений и столкновений космических объектов // IV Международный симпозиум «Безопасность космических полетов», ЗАО «НПО СМ», СПб, 2017.

References

1. **Veniaminov S.** Kosmicheskij musor – ugroza chelovechestvu. Izd. 2-e ispravl. i dopoln. M.: IKI RAN, 2013. 207 p.
2. **Adushkin V., Veniaminov S., Kozlov S., Silnikov M.** Orbital missions safety – a survey of kinetic hazards // *Acta astronautica*, 126 (2016). Pp. 510-516; <http://dx.doi.org/10.1016/j.actaastro.2015.12.053>
3. *Vozdejstvie raketno-kosmicheskoy tekhniki na okruzhayushchuyu sredu. Pod red. V. Adushkina, S. Kozlova, M. Sil'nikova. M.: «GEOS», 2016.*
4. **Anz-Meador, P.** Top Ten Satellite Breakups Reevaluated // *Orbital Debris Quarterly News*. 2016. Vol. 20. I. 1&2.
5. **Grego, L.** A History of Anti-Satellite Weapons Programs, 2006; online: Union of Concerned Scientists, http://www.ucsusa.org/global_security/space_weapons/a-history-of-asat-programs.html (Retrieval date: 29.12.2017)
6. **Kaufman, M., White, J.** Navy missile hits dying spy satellite, says Pentagon // *Washington Post*, 21 February 2008.
7. **Adushkin V., Veniaminov S., Kozlov S., et al.** Natural and technogeneous contamination of near-Earth space // *Acta astronautica*, 135 (2017). Pp. 6-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actaastro.2016.12.038>
8. **Nazarenko A. I.,** *Modelirovanie kosmicheskogo musora. M.: IKI RAN, 2013.*
9. **Potter, A.** Early detection of Collisional cascading // *Proceedings of the 1st European Conference on Space Debris*, ESA/ESOC, Darmstadt, Germany, 1993
10. **McKnight, D.** The Need For Wake Debris Modeling // *Orbital Debris Quarterly News*. 1997. Vol. 2. I. 1. Pp. 4-5.
11. **Adushkin V., Aksenov O., Veniaminov S., Kozlov S.** *Ob ocenke potencial'noj opasnosti razrushenij i stolknovenij kosmicheskikh ob'ekto* // IV Mezhdunarodnyj simpozium «Bezopasnost' kosmicheskikh poletov», ZAO «NPO SM», SPb, 2017.

© Адушкин В. В., Аксенов О. Ю., Вениаминов С. С., Козлов С. И., 2018

История статьи:

Поступила в редакцию: 10.01.2018

Принята к публикации: 16.02.2018

Модератор: Плетнер К. В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Адушкин В. В., Аксенов О. Ю., Вениаминов С. С., Козлов С. И. О подходах к оценке потенциальной опасности разрушений и столкновений космических объектов // *Воздушно-космическая сфера*. 2018. №1. С. 54–63.

A NEW APPROACH TO COOL MULTICHANNEL SRM IN APAR

Anatoly T. BEKISHEV,
CEO, General Designer
Salut Scientific Production Enterprise, JSC, Mos-
cow, Russia, Dr. in Tech. Sci., Professor
Full member of the International Informatization
Academy, info@smp-salyut.ru

Anatoly A. SMOLYAKOV,
First Deputy CEO, Deputy General Designer
Salut Scientific Production Enterprise, JSC, Mos-
cow, Russia, Dr. in Tech. Sci.
smolyakov@smp-salyut.ru

Mikhail V. ISAKOV,
Deputy CEO for Science, Head of Design Engineer-
ing Department, Salut Scientific Production Enter-
prise, JSC, Moscow, Russia, Cand. in Engineering,
isakov_mv@smp-salyut.ru

Alexander A. POPEL,
Administrative Director, JSC ORKK, Moscow,
Russia, Cand. in Tech. Sci., honored investigator of
space-system engineering, spopel@list.ru

Dmitry L. PONOMAREV,
First Deputy CEO, JSC TsNPO SVYATOCH,
Krasnogorsk, Russia, Director at R&D Department,
Cand. in Military Science, Associate Professor,
podile2007@yandex.ru

ABSTRACT | The article describes a problem-solving proposal for cooling of multichannel send-receive modules (SRM) in active phased antenna arrays (APAR) with high-density heat transfer rate. The fluid cooling device for SRM presented by the author provides uniform cooling for each channel.

Keywords: active phased antenna array, send-receive module, air-cooling, fluid cooling, cooling device, low-freezing-point liquid, APAR cooling system, multichannel SRM

НОВЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ОХЛАЖДЕНИЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩИХ МОДУЛЕЙ АФАР

Анатолий Тимофеевич БЕКИШЕВ,
доктор технических наук, профессор,
генеральный директор – генеральный
конструктор АО «Научно-производственное
предприятие „Салют“», Москва, Россия,
действительный член Международной
академии информатизации,
info@smp-salyut.ru

Анатолий Андреевич СМОЛЯКОВ,
доктор технических наук, первый
заместитель генерального директора –
генерального конструктора АО «Научно-
производственное предприятие „Салют“»,
Москва, Россия,
smolyakov@smp-salyut.ru

Михаил Владимирович ИСАКОВ,
кандидат технических наук, заместитель
генерального директора по науке – начальник
КБ АО «Научно-производственное
предприятие „Салют“», Москва, Россия,
isakov_mv@smp-salyut.ru

Александр Анатольевич ПОПЕЛЬ,
кандидат технических наук, директор
Дирекции АО «ОРКК», Москва, Россия,
заслуженный испытатель космической
техники, spopel@list.ru

Дмитрий Леонидович ПОНОМАРЕВ,
кандидат военных наук, доцент, первый
заместитель генерального директора –
директор Департамента НИОКР ОАО
«ЦНПО „СВЯТОЧ“», Москва, Россия,
podile2007@yandex.ru

АННОТАЦИЯ | В статье рассматривается предложение по решению задачи обеспечения охлаждения многоканальных приемо-передающих модулей (ППМ) активной фазированной антенной решетки (АФАР) с высокой плотностью теплового потока. Предлагается устройство жидкостного охлаждения таких ППМ, обеспечивающее равномерное охлаждение каждого канала.

Ключевые слова: активная фазированная антенная решетка, приемо-передающий модуль, воздушное охлаждение, жидкостное охлаждение, устройство охлаждения, низкотемпературная жидкость, система охлаждения АФАР, многоканальный ППМ

ЧТОБЫ ОБЕСПЕЧИТЬ
 ТЕМПЕРАТУРНЫЙ
 РЕЖИМ РАБОТЫ ПО-
 ЛУПРОВОДНИКОВЫХ
 КРИСТАЛЛОВ В СО-
 СТАВЕ ППМ, НЕОБ-
 ХОДИМО РЕШИТЬ
 ЗАДАЧУ ОТВОДА
 ТЕПЛА ИЗ ЗАКРЫТО-
 ГО МАЛОГАБАРИТНО-
 ГО ПРОСТРАНСТВА
 УСТРОЙСТВА (БЛОКА,
 МОДУЛЯ) В УСЛОВИЯХ
 РАЗМЕЩЕНИЯ ВНУ-
 ТРИ НЕГО ЭЛЕМЕН-
 ТОВ – ИСТОЧНИКОВ
 ТЕПЛОТЫДЕЛЕНИЯ
 В РАБОЧЕМ РЕЖИМЕ.

В современных условиях с появлением новых требований по увеличению спектра задач, изменению мощностей элементов РЭА, в том числе входящих в состав АФАР, возникают задачи по обеспечению необходимого режима функционирования АФАР в различных условиях окружающей среды.

Важным фактором поддержания заданных параметров АФАР является обеспечение температурных режимов работы полупроводниковых кристаллов в составе приемно-передающих модулей (ППМ), основных источников выделения тепла.

Одной из труднореализуемых задач является задача отвода тепла из закрытого малогабаритного пространства устройства (блока, модуля) в условиях размещения внутри него элементов – источников тепловыделения в рабочем режиме.

Существует множество вариантов отведения тепла от корпуса модуля, но, как показывает практика, этого недостаточно. Важным аспектом является поиск возможности отведения тепла от самих тепловыделяющих элементов.

Такому новому подходу отвода избыточного тепла с поверхности тепловыделяющих элементов приемно-передающего модуля АФАР посвящен представляемый на обсуждение материал.

Температура кристалла усилителя, для обеспечения его долговременной работы, не должна превышать $+80^{\circ}\text{C}$, поскольку при более высокой температуре существенно снижаются показатели его надежности и коэффициент полезного действия. Так, в разрабатываемом восьмиканальном ППМ кристаллы выделяют до 25 Вт тепловой мощности при площади контакта 12 мм^2 (плотность выделяемого теплового потока эквивалентна 208 Вт/см^2). Общая тепловая мощность, выделяемая ППМ, 1 кВт, то есть каждый канал выделяет 125 Вт тепловой мощности (рис. 1), которая должна быть рассеяна в окружающем пространстве.

Предварительный тепловой расчет воздушного охлаждения разрабатываемого ППМ показал, что для снятия теплового потока такой мощности на корпусе ППМ (ППМ не установлен в антенном полотне) должен быть

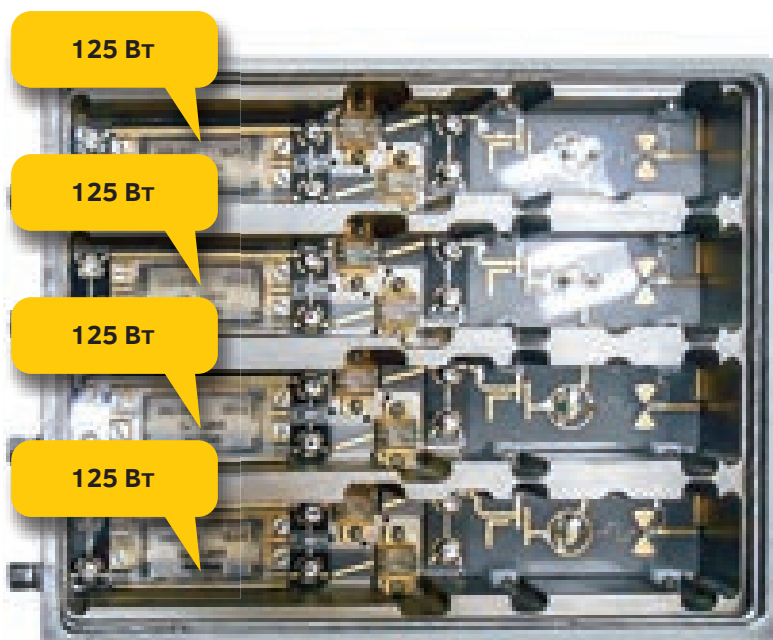


Рисунок 1. Области выделяемой тепловой мощности в образце четырехканального ППМ

НАИБОЛЕЕ ПРИЕМЛЕМЫЙ ВАРИАНТ ДЛЯ ОТВОДА ТЕПЛА ИЗ ЗАКРЫТОГО ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩЕГО МОДУЛЯ – ПРИМЕНЕНИЕ ЖИДКОСТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ППМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НИЗКОЗАМЕРЗАЮЩЕЙ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ.



установлен радиатор воздушного охлаждения размером 150 мм на 500 мм с ребрами высотой 30 мм и двумя вентиляторами мощностью по 100 Вт. Учитывая плотность установки ППМ на антенном полотне и размещение тепловыделяющих кристаллов в закрытом пространстве на некотором расстоянии от радиатора, этот вариант охлаждения оказался неприемлемым.

Для отвода тепла из закрытого ППМ наиболее приемлемым вариантом является применение жидкостного охлаждения ППМ с использованием низкозамерзающей охлаждающей жидкости, так как функционирование АФАР предполагается в широком диапазоне наружных температур от +40 °С до -40 °С (для морских судов), с высокой теплоемкостью, принудительно циркулирующей по каналам внутри ППМ. Для жидкостного охлаждения восьмиканального ППМ предложено устройство охлаждения, которое устанавливается внутри ППМ.

Штуцера для входа и выхода охлаждающей жидкости расположены на верхней торцевой поверхности ППМ. Охлаждающие магистрали ППМ подключаются параллельно к общей системе охлаждения АФАР. Для обеспечения быстрой замены отказавших модулей, без слива охлаждающей жидкости из системы, подключение ППМ осуществляется через герметичные быстроразъемные соединения.

Система охлаждения АФАР состоит из следующих элементов:

- жидкостного насоса с электродвигателем и частотным регулятором;
- теплообменного аппарата;
- охлаждающей жидкости;
- трубопроводов;
- трубопроводной арматуры;
- расширительного бачка;
- датчиков температуры;
- фильтра;
- системы управления.

Мощность электродвигателя, расход охлаждающей жидкости, размеры трубопроводов, теплообменного аппарата определяются количеством ППМ, установленным на АФАР. Предварительный тепловой расчет показал, что для охлаждения одного ППМ с прогнозируемыми характеристиками тепловыделения необходимо обеспечить расход охлаждающей жидкости типа «Экосол-40» 60 см³/сек при перепаде температуры между входом и выходом 5 °С.

Предлагаемое устройство охлаждения восьмиканального ППМ состоит из двух продольных трубопроводов прямоугольного сечения для подвода и отвода охлаждающей жидкости и восьми поперечных теплообменных устройств по коли-

честву каналов в ППМ. Размеры теплообменных устройств равны размерам плат, где размещаются электронные элементы усилителей сигналов.

Устройство охлаждения изготавливается из металла с высоким коэффициентом теплопроводности, это алюминиевые сплавы типа АМГ, АМЦ или медь толщиной 1–1,5 мм. Детали устройства охлаждения соединяются между собой сваркой или твердосплавным припоем.

В продольных трубопроводах, через которые подается и отводится охлаждающая жидкость, в местах примыкания теплообменных устройств, вырезаны прямоугольные отверстия с размерами, равными размерам проходных каналов теплообменных устройств. Поперечное сечение прямоугольных трубопроводов определяется количеством проходящей охлаждающей жидкости и выбранной скоростью ее течения.

Теплообменное устройство представляет собой прямоугольный трубопровод, состоящий из двух деталей, соединенных между собой сваркой или пайкой. Сторона, через которую передается тепловой поток, имеет толщину 8 мм, и на поверхности, которую омывает охлаждающая жидкость, отфрезерованы ребра высотой 3 мм, толщиной 1 мм, причем в средней части канала 1/3 часть общей длины ребер смещена и располагается в промежутках между ребрами начальной и конечной

частей канала. Такая конструкция проходного канала позволяет повысить теплосъем за счет увеличения турбулентности потока.

Верхняя и боковые части проходного канала теплообменного устройства выполнены из П-образного профиля толщиной 1–1,5 мм и высотой 4 мм. На лицевой поверхности теплообменного устройства закрепляются тепловыделяющие элементы канала ППМ, такая конструкция позволит сократить количество слоев, участвующих в теплопередаче от тепловыделяющих элементов до потока жидкости, и уменьшить общее тепловое сопротивление. Конструкция устройства охлаждения показана на рисунке 2.

Для нормального функционирования ППМ температура тепловыделяющих элементов в разных каналах должна быть примерно одинаковой, для чего необходимо обеспечить равномерное распределение охлаждающей жидкости по восьми теплообменным устройствам. Это достигается конструкцией, точностью изготовления составных частей и сборки устройства охлаждения.

В настоящее время ведется отработка технологии изготовления устройства охлаждения и проектирование стенда для проведения испытаний вариантов жидкостного охлаждения ППМ и подтверждения расчетных данных.

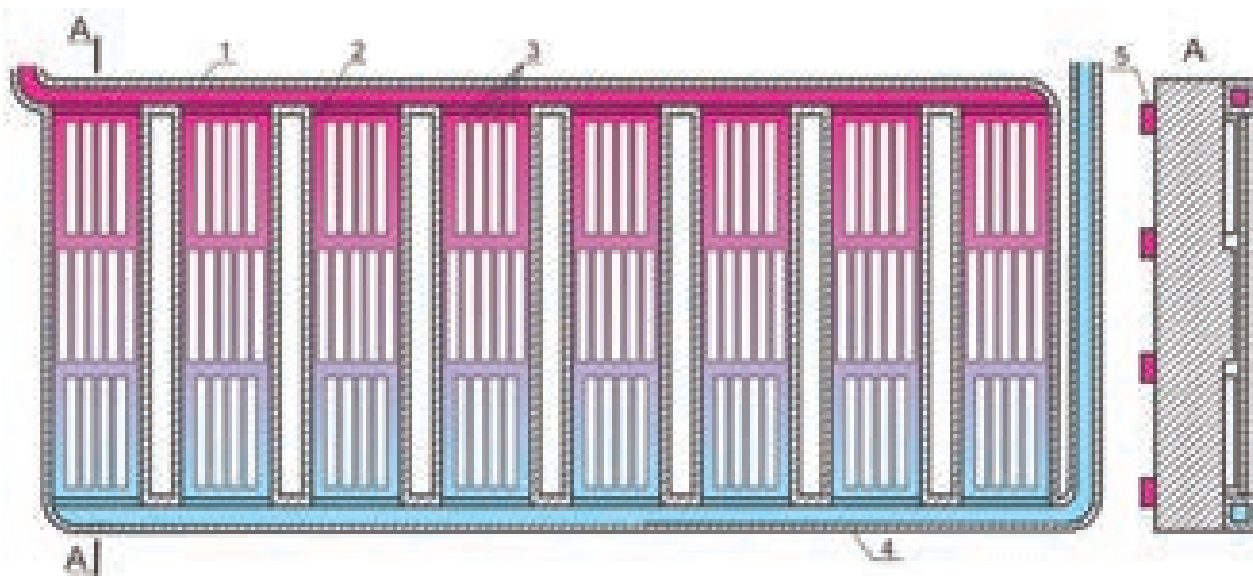
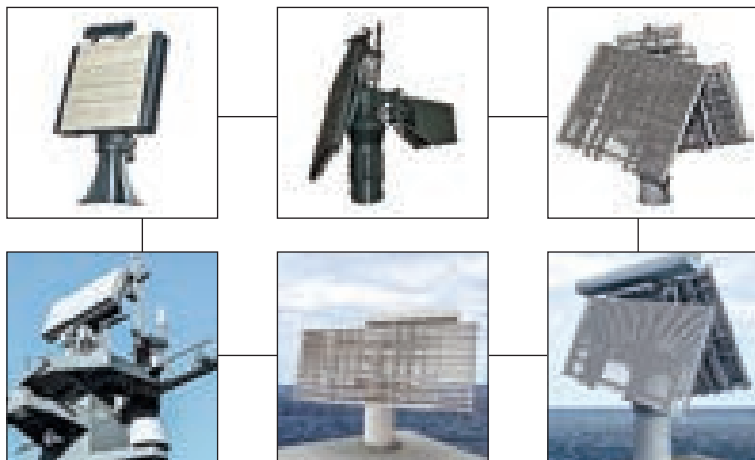
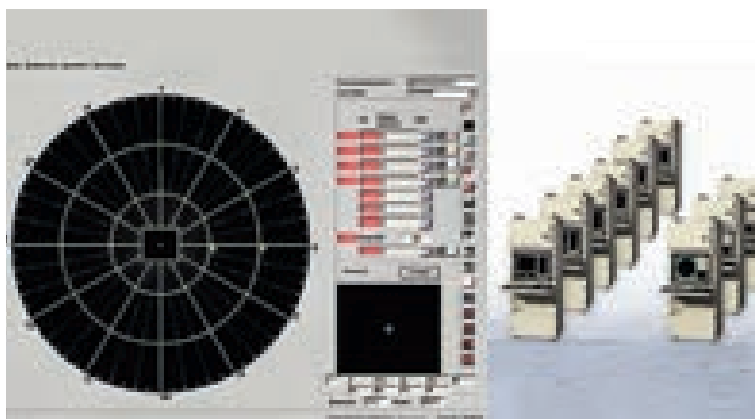


Рисунок 2. Конструкция устройства охлаждения

1. Трубопровод отвода охлаждающей жидкости; 2. Теплообменное устройство; 3. Ребра охлаждения;
4. Трубопровод подвода охлаждающей жидкости; 5. Тепловыделяющие элементы.



Радиолокационные корабельные станции с АФАР различного диапазона



Система обработки радиолокационной информации

Литература

1. Иванов К. Л., Осиповский А. А., Редька Ал. В., Редька Ан. В., Тихомиров А. В. Шестиканальный ППМ для АФАР X-диапазона: передающий тракт // Электронная техника. Серия 2. Полупроводниковые приборы. 2015. Выпуск 2-3 (236-237). С. 21-31.
2. Крахин О. И., Радченко В. П. Проблема теплоотвода приёмо-передающих модулей и АФАР с высоким уровнем теплового излучения // Сборник докладов III Всероссийской конференции «Радиолокация и радиосвязь» (Москва, 26-30 октября 2009 г.). М.: ИРЭ им. В. А. Котельникова РАН, 2009. С. 716-719. [Электронное издание]. URL: <http://jre.cplire.ru/jre/library/3conference/pdffiles/s007.pdf> (Дата обращения: 05.03.2018)
3. Егоров В. И., Казак А. В., Кораблев В. А., Попов Ю. Ю., Пугин И. В., Шарков А. В. Обеспечение теплового режима большеразмерной активной фазированной антенной решетки // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. 2005. Выпуск 18. С. 38-41.

References

1. Ivanov K. L., Osipovsky A. A., Redka Al. V., Redka An. V., Tikhomirov A. V. SIX-CHANNEL SRM FOR APAR (active phased array antenna) OF X-BAND: THE TRANSMIT PATH. Electronics. Series 2. Semiconductor device. 2015. Issue 2-3 (236-237). Pp.21-31.
2. Krakhin O. I., Radchenko V. P. THE HEAT REMOVING OF SEND-RECEIVE MODULES (SRM) AND APAR (active phased array antenna) WITH A HIGH LEVEL OF THERMAL RADIATION. III all-Russian conference "Radar and radio" – IRE RAS, 26-30th of October, 2009. Pp. 716-719. URL: <http://jre.cplire.ru/jre/library/3conference/pdffiles/s007.pdf> (Retrieval date: 05.03.2018)
3. Egorov V. I., Kazak A. V., Korablev V. A., Popov U. U., Pugin I. V., Sharkov A. V. . THERMAL control of LARGE ACTIVE PHASED ARRAY ANTENNA: Scientific and technical Bulletin of ITMO University, Issue 18, 2005. Pp. 38-41.

© Бекишев А. Т., Смоляков А. А., Исаков М. В., Попель А. А., Пономарев Д. Л.

История статьи:

Поступила в редакцию: 03.03.2018

Принята к публикации: 04.03.2018

Модератор: Косяк И. В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Бекишев А. Т., Смоляков А. А., Исаков М. В., Попель А. А., Пономарев Д. Л. Новый подход к решению задачи охлаждения многоканальных приёмо-передающих модулей АФАР // Воздушно-космическая сфера. 2018. №1. С. 64–69.

УДК 629.7.01.

DOI 10.30981/2587-7992-2018-94-1-70-75



FANSTREAM: A WALK IN SPACE

Algirdas Z. RUBIS,
ITAR-TASS
Editor at Analytical Department
vko@vko.ru

*The author of 3D graphics –
Dmitriy Khmel*

ABSTRACT | The project of a new supersonic passenger plane under the code name Fanstream was developed by a Russian engine designer Alexander A. Gomberg. The plane incorporates the best Soviet technologies and is designed to become a universal aircraft not only for intercontinental business flights, but also for suborbital tourist trips into space. In his interview to the ATJ Alexander A. Gomberg reveals the details of his development.

Keywords: *supersonic passenger aircraft, aircraft engine, aviation, safety*



FANSTREAM: ПРОГУЛКА В КОСМОС

Альгирдас Зенонасович РУЙБИС,
ИТАР-ТАСС,
редактор отдела справочно-аналитической информации,
vko@vko.ru

Автор 3D-графики
Дмитрий Хмель

АННОТАЦИЯ | Проект нового сверхзвукового пассажирского самолета российского двигателя Александра Гомберга под рабочим названием Fanstream вобрал в себя лучшие советские технологии и призван стать универсальным самолетом не только для межконтинентальных бизнес-полетов, но и для суборбитальных туристических путешествий в космос. Подробнее о Fanstream Александр Аркадьевич Гомберг рассказал в интервью журналу «ВКС».

Ключевые слова: *сверхзвуковые пассажирские самолеты, двигатель самолета, авиация, безопасность*



Александр Аркадьевич ГОМБЕРГ,
российский двигателист

С тех пор как сверхзвуковые пассажирские самолеты (СПС) Ту-144 и «Конкорд» завершили свои полеты, умы авиаконструкторов будоражит идея создания СПС нового поколения, в котором были бы учтены все недостатки своих именитых предшественников. Проектов сверхзвуковых бизнес-джетов в России и мире за последние годы придумано немало. Но по тем или иным причинам, связанным с дороговизной создания и испытаний подобного самолета и с отсутствием технологий и материалов, способных решить конкретные технические задачи, ни один замысел сверхзвукового лайнера нового поколения так и не был осуществлен.

НЕБЕСНАЯ РОСКОШЬ

– Александр Аркадьевич, каковы экономические обоснования вашего проекта?

– Несмотря на то, что сверхзвуковые пассажирские самолеты уже давно не летают, спрос на них в мире существует, прежде всего среди тех людей, кто может себе позволить «прокатиться на сверхзвуке», ведь это недешевый полет.

Правда, несколько лет назад ведущие авиакомпании мира с ужасом обнаружили, что количество перелетов сильно сокращается. Раньше бизнесмен летал из Европы в Америку пять-шесть раз в год, для того чтобы пообщаться с клиентами, партнерами, а сейчас есть Skype и другие способы оперативной связи. Многие деловые поездки отменяются. Теперь он слетает один раз в год, чтобы пожать руку своему океанскому партнеру, но для этого достаточно простого самолета.

– Богатых людей в мире много. И все же, сколько из них захотят иметь подобный самолет?

– Когда компании, проектирующие сверхзвуковые лайнеры, заявляют, что могут построить 100 самолетов, – они лукавят. Я думаю, что реально построить 10–20 сверхзвуковых бизнес-джетов. Цена такого самолета приближается к цене «Аэробуса А380». Стоимость производства очень высокая.

Благодаря моей идее затраты на разработку и испытания будут относительно небольшие, поскольку используемые нами отечественные технологии давно проверены на практике. А вот продать такой самолет можно будет очень дорого. Полет на Fanstream из России в Америку или наоборот обойдется в 30 тысяч евро. Но наслаждение от передвижения со скоростью «быстрее собственного визга» окупит его с лихвой.

АЛ-31 – ЛУЧШИЙ МОТОР ДЛЯ FANSTREAM

– Самое главное в самолете – это двигатель. Какие двигатели будут стоять на вашем самолете?

– Создать новый двигатель гораздо сложнее, чем любой самолет с этим двигателем. Поэтому нужно исходить из того, что уже есть. Двигатели – вечное большое место отечественной авиации. Счастливое исключение, созданное за последние десятилетия, – двигатель АЛ-31, который стоит на всех современных истребителях Су. В проектах новейших СПС предварительно (на рисунках) устанавливают три двигателя, хотя и двух было бы вполне достаточно, если бы они обладали тягой необходимой величины.

Даже в варианте с тремя двигателями в иностранных проектах СПС все равно нужно будет создавать новый мотор, с тягой около 20 тонн. Похожий по параметрам двигатель стоит на межконтинентальном сверхзвуковом бомбардировщике Ту-160. На Fanstream будут установлены четыре двигателя АЛ-31. Они оптимизированы под работу на больших скоростях в дозвуковом режиме на средних высотах и очень хорошо подходят для сверхзвуковых режимов. Эти параметры полностью соответствуют нашему проекту, ведь частный бизнес-джет будет вынужден часто летать над сушей на дозвуковых скоростях, на сверхзвуке предполагаются полеты только над океаном. Если самолет будет совершать один рейс в день, ресурса АЛ-31Ф – 1000 часов – хватит на год до его замены.



Fanstream («Фанстрим») – fantastic gulfstream – предварительное название сверхзвукового бизнесджета нового поколения, спроектированного Александром Гомбергом

ЛЕТАТЬ ВЫШЕ И ТИШЕ

– От вопроса про двигатели логично перейти к вопросу о звуковой безопасности. Ведь сверхзвуковые самолеты, мягко говоря, очень сильно шумят?

– Действительно, когда сверхзвуковой самолет движется на оптимальной для него высоте от 18 до 20 километров над поверхностью земли, от него идет косой скачок звукового уплотнения. Ударная волна проходит через здания и наши уши, превышая в децибелах допустимый уровень шума от самолетов в два-три раза. Поэтому СПС запрещалось летать над сушей, хотя Ту-144 это делал!

Fanstream сравнительно небольшой по размерам и напоминает Су-27, практически подобен ему по аэродинамике, только в полтора раза больше. Остальные же проекты СПС – это «длинные стрелки», вытянутые больше, чем «Конкорд» или Ту-144, где места в кабине меньше, чем у нас. Наши конкуренты утверждают, что в продувках на сверхзвуке (дорогостоящий эксперимент) им удастся снизить уровень воздействия удар-

ной волны. Но эти заявления по меньшей мере весьма спорны. Никому пока не удастся снизить уровень ударной волны до допустимых значений. Чтобы это получилось, летать надо выше. С 30 километров волна до земли вообще не доходит. Но это не самый оптимальный режим для полета.

В СОДРУЖЕСТВЕ С ВВС

– Если вам не удастся минимизировать шум во время полета над землей, то при посадке и взлете мощные истребительные моторы тоже дадут о себе знать?

– Да, шум от них существенно превзойдет допустимый уровень для гражданских аэропортов. И ни один гражданский аэропорт в мире не согласится на такие регулярные рейсы. Но по всему миру бок о бок с гражданскими существуют военные аэродромы. Придется договариваться, чтобы они пускали к себе. У многих наших потенциальных клиентов – не бедных, так скажем, людей – есть свои аэродромы на собственных островах. Для обычного «Гольфстрима»

нужна дистанция 1200 метров. Значит, взлет и посадка бизнесджета должны осуществляться с маленького аэродрома. За счет уникальной конструкции именно наш проект сможет взлетать с маленьких частных взлетно-посадочных полос, а также успешно на них садиться.

СПРАВА ПО БОРТУ – ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ

– Александр Аркадьевич, ваш самолет будет не только перевозить пассажиров быстрее скорости звука, но и запускать их в суборбитальный полет, то есть практически совершать путешествие в космос. Как вам пришла такая идея и благодаря чему она сможет быть реализована на практике?

– Перегрузки от +7,5 до -5,5 g, которые будут закладываться в расчеты, существенно выше, чем любые перегрузки на дозвуковом гражданском самолете. Когда я понял, что перегрузки на Fanstream близки к требованиям, предъявляемым к суборбитальным космическим аппаратам, то подумал: почему бы

не запустить его в космос? В обоих случаях есть воздействие температуры. Четырех двигателей вполне хватит для прыжка на 50 километров. Установка дополнительного жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) позволит достичь высоты в 300 километров. Сейчас в Нижнем Новгороде предлагают услуги полета на истребителях, в том числе полеты на большие высоты и сверхзвуковые режимы. Часовой полет стоит около 20 тысяч евро. Тем более что у нас были проекты суборбитального аттракциона на основе МиГа-31 с встроенным в него пороховым ускорителем.

– Для выхода в верхние слои атмосферы нужен жидкостный ракетный двигатель, как у ракеты?

– Более того, в нашем проекте ЖРД должен быть кислородно-керосиновый, потому что основное топливо – керосин. Тяга нужна небольшая, от 20 до 100 тонн. Но у двигателя должно быть приличное время работы и хороший ресурс по запускам. И приемлемая цена...

Я бы вообще не занимался этим проектом, если бы не одно обстоятельство: такой двигатель у нас есть! Эти двигатели, предназначенные для второй ступени ракет, полностью прошли испытания еще в 1970-х годах. Их нужно расконсервировать и испытать. За небольшое время работы такой двигатель поднимет наш самолет на 100 километров. На высоте 20 километров пилот Fanstream включит ЖРД, который вытолкнет самолет еще на 70 километров. Ресурс данного двигателя – 1000 секунд, то есть его хватит на несколько полетов. За то время, пока мы будем расходовать их ресурс, можно восстановить производство.

– А нет ли угрозы столкновения самолета в космосе с космическим мусором?

– Наша конструкция позволяет сделать суборбитальный полет не на 100 километров, а на 300, но по международным правилам безопасности летать выше 100

километров на суборбитальном аппарате нельзя. Он на орбиту не выходит, и скорости относительно Земли у него нет никакой – это лифт. А космический мусор летает с первой космической скоростью – девять километров в секунду. Никакая броня не выдержит гайку, летящую с такой скоростью. Считается, что на высоте 100 километров мусор не держится, а выше 100 километров такая плотность мусора, что вероятность столкновения становится достаточно большой.

После выхода в космос пассажиры смогут парить в невесомости пять с половиной минут. До тех пор, пока самолет не начнет тормозиться в верхних слоях атмосферы. Входить в атмосферу он будет по более пологой траектории, чем «Спейс шаттл». У нас предусмотрены газовые струйные рули на концах крыльев. Более пологая траектория позволит получить температуру около 500 градусов на кромке крыла. Для суборбитального варианта, возможно, нам придется заменять предкрылки на титан или нержавеющей сталь.

БЕЗОПАСНОСТЬ ПРЕВЫШЕ ВСЕГО

– И все же, насколько безопасными будут перелеты на таком самолете?

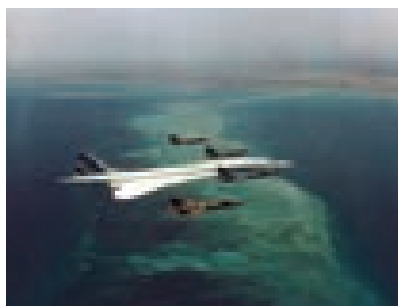
– Безопасность любых СПС как минимум в 10 раз меньше той, что достигнута на практике в гражданской авиации. Безопасность рассчитывается из статистики и теории вероятности. В нашем случае она на уровне военных истребителей-бомбардировщиков.

– На которых стоят кресла-катапульты, в 80 случаях из 100 спасающие жизнь летчикам...

– Обеспечить каждого пассажира катапультным креслом невозможно. По сравнению с другими СПС салон и кабина нашего самолета представляют собой сравнительно небольшую капсулу. Ее спасти вполне реально, используя



Ту-144 на аэродроме Раменское



Англо-французский сверхзвуковой лайнер «Конкорд» в небе над Атлантикой в сопровождении британских истребителей



разработки лучшего в мире катапультного кресла К-36ДМ и десантирования техники с экипажем, испытанные еще в СССР.

– Как это будет выглядеть на практике?

– Предположим, возникла внештатная ситуация. Самолет переходит в режим спасения. Срабатывают пиротехнические взрывные болты между кабиной и планером самолета; топливо, двигатели – все, что может взорваться и сгореть, – остается в планере. Бронированная пассажирская кабина отделяется. Выпускаются стабили-

зирующие системы, которые задают правильное движение кабины. В таком стабильном состоянии со скоростью 500-600 километров в час самолет (вернее, оставшиеся от него салон и кабина) снижается. Дальше все происходит автоматически. Кабина планирует до высоты четыре километра и на скорости 400 километров в час выпускается основная парашютная система. За 10-12 метров до земли срабатывает датчик касания. Купола отбрасываются, а пиротехнические тормоза кабины позволяют приземлить ее с нулевой перегрузкой для пассажиров.

Кабина после отделения



© Руйбис А. З., 2018

История статьи:

Поступила в редакцию: 10.01.2018

Принята к публикации: 16.02.2018

Модератор: Плетнер К. В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Руйбис А. *Fanstream: прогулка в космос // Воздушно-космическая сфера. 2018. №1. С. 70–75.*

ON MODERN MEANS OF CONTROL AND MEASUREMENT AT LAUNCH COMPLEXES (COSMODROMES)

Alexander G. LUZAN,
Doctor of Technical Science,
laureate of State prizes,
Lieutenant General, Retired,
lag2.37@mail.ru

ABSTRACT | The article reports the most satisfying structure and composition of the ground-based system to control the booster flight from the moment of its launch at the cosmodrome to the ascent to the referenced (intermediate) orbit. The radar station of programmed scanning 'Imbir' is most suitable as a main control means. It is also suggested to be used to create a system of ground-based control of the spacecraft descent and module landing

Keywords: *ground-based control system, space control system, radar station of programmed scanning, phased antenna array, beam electronic scanning*

НОВОМУ КОСМОДРОМУ — СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ И ИЗМЕРЕНИЙ

Александр Григорьевич ЛУЗАН,
доктор технических наук,
лауреат Государственной премии,
генерал-лейтенант в отставке,
lag2.37@mail.ru

АННОТАЦИЯ | В статье рассматриваются наиболее приемлемые структура и состав системы внешнетраекторного контроля полета ракеты-носителя от момента ее пуска на космодроме до выхода на опорную (промежуточную) орбиту. В качестве основного инструмента контроля предлагается использовать наиболее подходящую для этих целей радиолокационную станцию программного обзора «Имбирь». Эту же станцию предложено использовать и для создания системы внешнетраекторного контроля спуска космического корабля с орбиты и приземления посадочного модуля.

Ключевые слова: *система внешнетраекторного контроля, система контроля космического пространства, радиолокационная станция программного обзора, фазированная антенная решетка, электронное сканирование луча*

2017 год вошел в историю космонавтики как год ввода в эксплуатацию новой российской космической гавани – космодрома Восточный. Несмотря на то, что первые пуски с Восточного прошли не вполне удачно, космодром функционирует и, скорее всего, на достаточно долгую перспективу. Это, безусловно, вызывает чувство гордости у россиян и надежду на то, что мы вернем себе пальму первенства в области космонавтики. Однако для этого нужна кропотливая целенаправленная работа, планомерное развитие не только космической отрасли, но и освоение экономической страны новых технологических укладов.

В свое время космонавтика явилась катализатором развития всей научно-промышленной базы Советского Союза. Были созданы новые производства и целые отрасли промышленности, разработана новая элементная база и освоено ее производство, началось развертывание и совершенствование принципиально новых средств измерений, контроля и телекоммуникаций.

ПЕРВЫМИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫМИ СРЕДСТВАМИ КОНТРОЛЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА В СОВЕТСКОМ СОЮЗЕ СТАЛИ ДВЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СТАНЦИИ «ДНЕСТР» СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ О РАКЕТНОМ НАПАДЕНИИ.

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

Еще в начале 60-х годов прошлого столетия после запуска первых спутников и начала полномасштабного освоения космоса руководство страны осознало необходимость организации непрерывного наблюдения за космическими объектами в околоземном космическом пространстве.

Так, уже в 1962 году было принято решение о создании отечественной системы контроля космического пространства (СККП) [1]. Первыми специализированными средствами контроля космического пространства стали две радиолокационные станции (РЛС) «Днестр» системы предупреждения о ракетном нападении, развернутые к тому времени. Их общая работа позволяла создать линию наблюдения протяженностью 5000 км на высотах до 3000 км. В дальнейшем всего было задействовано восемь подобных РЛС.

В последующие годы были приняты меры по расширению радиолокационного поля, модернизации РЛС и созданию в интересах СККП специализированных средств разведки и распознавания космических объектов. Это, в первую очередь, оптико-электронный комплекс «Окно», способный автономно в автоматическом режиме решать задачи контроля космических объектов и сбора информации по ним, а также радиооптический комплекс распознавания космических объектов «Крона», введенные к настоящему времени в эксплуатацию и несущие боевое дежурство.

Современные средства СККП сопровождают тысячи космических аппаратов и объектов, непрерывно ведут Главный каталог космической обстановки и выдают оперативные данные по ней заинтересованным структурам. СККП взаимодействует с информационными средствами систем предупреждения о ракетном нападении (ПРН) и противоракетной обороны (ПРО).

В настоящее время, кроме работ по совершенствованию и количественному наращиванию средств наблюдения и возможностей отечественной СККП, предпринимаются шаги по созданию международной системы наблюдения за околоземным космическим пространством под эгидой ООН с привлечением средств и систем России, США, Франции, Китая, Англии, Японии, Бразилии и других заинтересованных стран. Такая система должна расширить сферу своего действия на окосолнечное пространство, в том числе с задачей заблаговременного оповещения об астероидной и кометной опасности.

Однако средства СККП обеспечивают контроль космического пространства на высотах от 120 до 3500 км и более. Чтобы осуществлять внешнетраекторный контроль полета ракеты-носителя от момента старта до вывода космического объекта на начальную (опорную) орбиту, нужны другие современные средства, которыми космодромы, в том числе Восточный, не оснащены. Используемые с этой целью оптико-электронные средства (об их применении промелькнула информация по телевидению в репортаже с Восточного) полномасштабно решить данную задачу не могут.

РАДИОЛОКАТОР ПРОГРАММНОГО ОБЗОРА «ИМБИРЬ»

Решение нашлось, как это часто бывает, в совершенно другой области. В 70-х годах прошлого столетия для решения задач противоракетной и противовоздушной обороны театров военных действий и фронтов (ПРО-ПВО ТВД) была задана разработка зенитной ракетной системы (ЗРС)

САМЫЕ ЭФФЕКТИВНЫЕ НА СЕГОДНЯШНИЙ ДЕНЬ СРЕДСТВА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА (СККП) – ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЙ КОМПЛЕКС «ОКНО» И РАДИООПТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС РАСПОЗНАВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ «КРОНА» – ВЫПОЛНЯЮТ СЛЕДУЮЩИЕ ФУНКЦИИ:

- СОПРОВОЖДАЮТ ТЫСЯЧИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И ОБЪЕКТОВ,
- НЕПРЕРЫВНО ВЕДУТ ГЛАВНЫЙ КАТАЛОГ КОСМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ,
- ВЫДАЮТ ОПЕРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ ЗАИНТЕРЕСОВАННЫМ СТРУКТУРАМ,
- ВЗАИМОДЕЙСТВУЮТ С ИНФОРМАЦИОННЫМИ СРЕДСТВАМИ СИСТЕМ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ О РАКЕТНОМ НАПАДЕНИИ (ПРН) И ПРОТИВОРАКЕТНОЙ ОБОРОНЫ (ПРО).



С-300В. В рамках этой не имеющей аналогов в мире системы для обеспечения автономности, особенно в режиме ПРО, предусматривалась разработка многофункционального радиолокатора программного обзора (РЛС ПО) «Имбирь» (9С19). Данный радиолокатор должен был автономно обнаруживать типовые баллистические цели [2].

Типовая баллистическая цель – это головная часть баллистической ракеты средней дальности «Першинг-2», летящая со скоростью 4500 м/с и более и имеющая эффективную отражающую поверхность менее 0,01 м². Для того чтобы ее обнаружить, многофункциональный радиолокатор программного обзора оснащен фазированной антенной решеткой (ФАР), обеспечивающей электронное сканирование узкого луча (примерно 1°×1°) в угломестной и азимутальной плоскостях. В режиме баллистической цели РЛС ПО «Имбирь» в настоящее время (штатно) обеспечивает электронное сканирование луча в секторах 90° по азимуту и от 26° до 75° по углу места при статическом наклоне антенны 35°.

Величины секторов электронного сканирования при необходимости могут быть изменены программным способом, а угол статического наклона антенной системы – механически.

При обнаружении высокоскоростной цели радиолокатор ПО производит завязку ее трассы и автоматическую передачу информации (траекторных параметров) на командный пункт (потребителям) по цифровым каналам связи. Максимальное количество сопровождаемых трасс баллистических целей – до 16, а темп обновления информации – 1 сек.

В РЛС ПО применяются современные сигналы и способы их обработки (линейно-частотно-модулированные сигналы с последующим сжатием и цифровой обработкой, алгоритмы быстрого преобразования Фурье, фильтровая обработка, в том числе цифровая ЧПК с автоматической компенсацией скорости ветра, «плавающий» порог и др.).

Высокопотенциальное передающее устройство («квазитвердотельный» передатчик со средней мощностью более 16 кВт, патент на который имеет и автор) в сочетании с ФАР с большим коэффициентом направленности и низким уровнем боковых лепестков, а также другими эксклюзивными техническими решениями обеспечивают высокую помехозащищенность станции и делают ее уникальной. Подобного радиолокационного средства, которое автономно выполняло бы функции предупреждения о ракетном нападении, ни одна из известных зарубежных и отечественных зенитных ракетных систем дальнего действия, кроме ЗРС ДД ряда С-300В, не имеет.

Вместе с тем, как показала жизнь, автономность – это не только и не столько тактико-техническая характеристика системы, сколько экономический показатель стоимости ее эксплуатации и эффективности боевого применения. Если ЗРС С-300ВМ благодаря наличию в системе РЛС ПО «Имбирь» обеспечивает автономное обнаружение головных частей БРСД типа «Першинг-2» в полете и их уничтожение (даже без инициирования ядерного заряда, если ГЧ оснащены таковым), то совсем иначе обстоят дела в американском ЗРК «Пэтриот», не имеющем таких штатных средств обнаружения.

Например, для обеспечения целеуказания многофункциональной РЛС (МФ РЛС) ЗРК «Пэтриот» в Персидском заливе даже при борьбе с оперативно-тактическими ракетами типа «Скад» с неотделяемой головной частью, которая имеет отражающую поверхность более 2 м², США во время проведения операции «Буря в пустыне» вынуждены были организовать следующую схему:

- 1) осуществлять обнаружение пусков «Скад» с помощью РЛС СПРН, дислоцируемой в Турции (Дияр-Бахыр), и с помощью средств разведки космического эшелона;
- 2) передавать полученную информацию о цели через спутниковую систему связи на КП НОРАД (США, Колорадо-Спрингс);
- 3) решать на КП НОРАД задачи отождествления целей и выработки информации целеуказания;
- 4) передавать через спутниковую систему связи данные целеуказания на КП группировки ЗРК «Пэтриот» в район Персидского залива (Эр-Риад);
- 5) транслировать данные целеуказания на выбранную МФ РЛС ЗРК «Пэтриот» для обнаружения и захвата ею стартовавшей баллистической цели и последующего пуска противоракеты по ней.

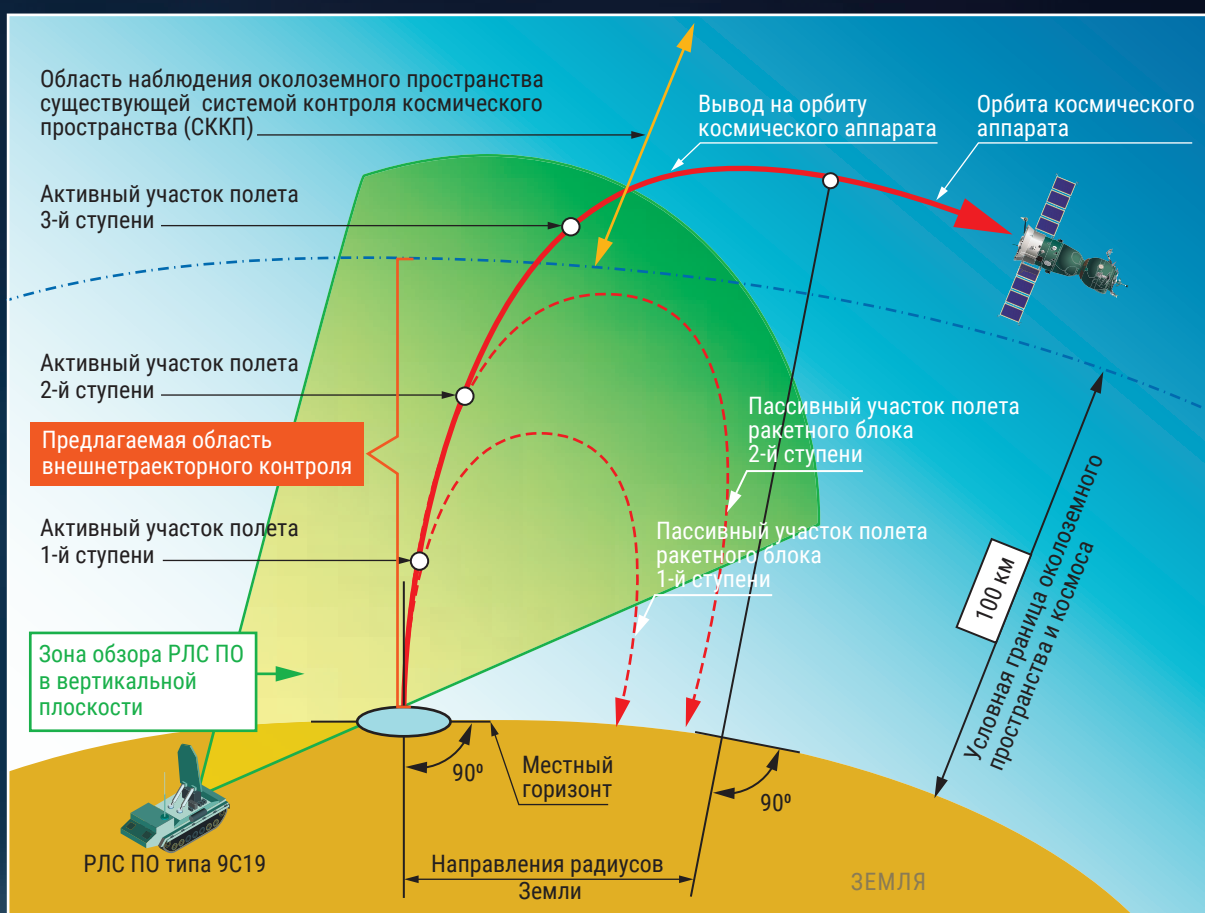
Такова плата за отсутствие собственных средств разведки баллистических целей в составе ЗРК «Пэтриот». Представляется, что оценивать эту структуру обмена информацией по критерию «стоимость – эффективность» нецелесообразно.

Таким образом, РЛС ПО «Имбирь» нашла свое достойное место в системе вооружения, она востребованна, в полной мере отвечает возложенным на нее требованиям. Более того, вероятно, что именно из-за наличия в системе С-300В РЛС ПО «Имбирь» и ряда других инновационных решений США в 90-годы прошлого века купили у нашей страны боевые элементы этой системы (уникальный случай!): какие-то из реализованных технических решений они пытались внедрить у себя в разрабатываемую мобильную систему тактической ПРО ТНААД.

РАДИОЛОКАЦИОННУЮ СТАНЦИЮ ПРОГРАММНОГО ОБЗОРА МОЖНО РАССМАТРИВАТЬ НЕ ТОЛЬКО КАК ОСНОВУ СИСТЕМЫ ВНЕШНЕТРАЕКТОРНОГО КОНТРОЛЯ ПОЛЕТА РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ ОТ МОМЕНТА ЕЕ ПУСКА ДО ВЫХОДА НА ОПОРНУЮ (ПРОМЕЖУТОЧНУЮ) ОРБИТУ, НО ТАКЖЕ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ЕЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ВНЕШНЕТРАЕКТОРНОГО КОНТРОЛЯ СПУСКА КОСМИЧЕСКОГО КОРАБЛЯ С ОРБИТЫ.

ПРЕДЛАГАЕМАЯ СИСТЕМА ВНЕШНЕТРАЕКТОРНОГО КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА ВЫВЕДЕНИЯ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЕМ (РН) ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКИ (КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА) НА ОКОЛОЗЕМНУЮ ОРБИТУ

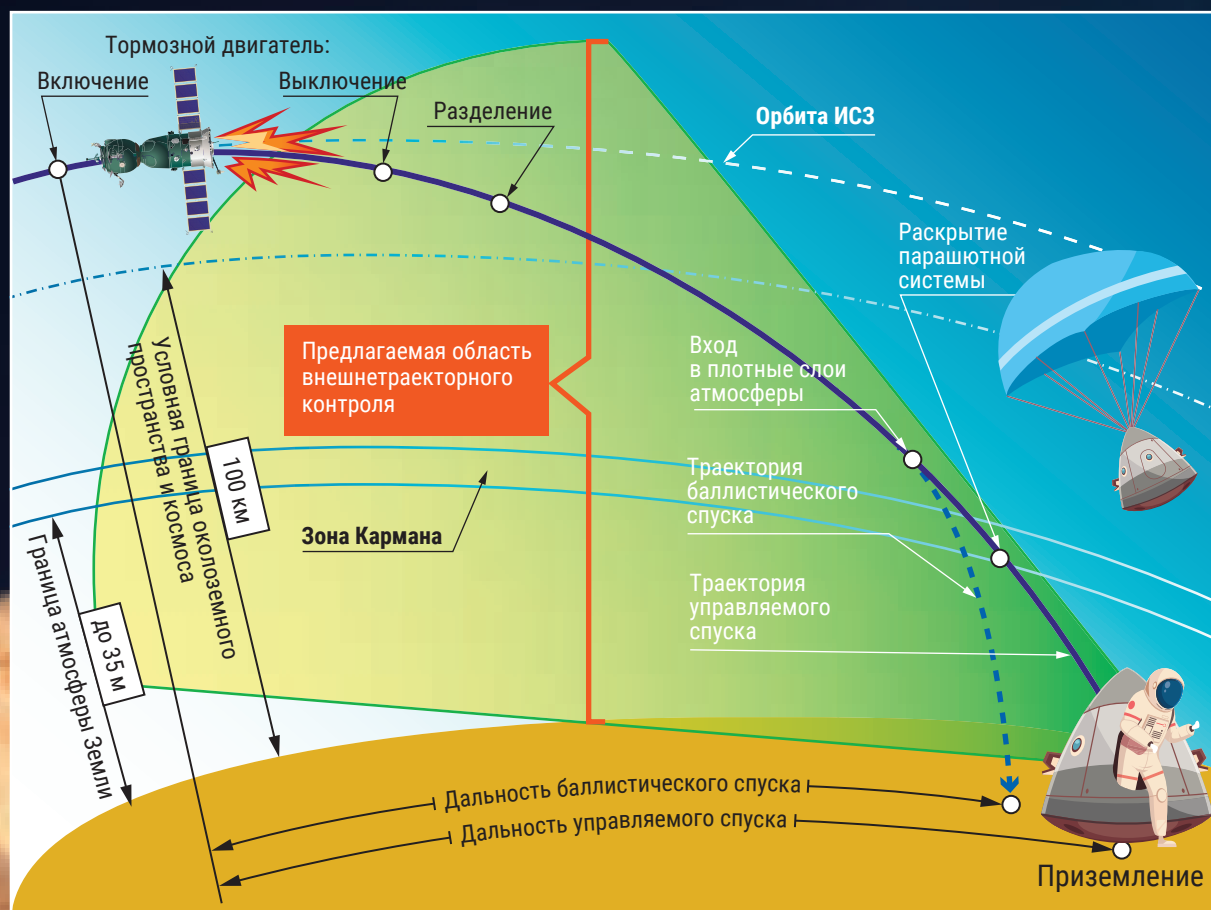
рис. 1



ПРИ ОБНАРУЖЕНИИ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ЦЕЛИ РАДИОЛОКАТОР ПРОГРАММНОГО ОБЗОРА ПРОИЗВОДИТ ЗАВЯЗКУ ЕЕ ТРАССЫ И АВТОМАТИЧЕСКУЮ ПЕРЕДАЧУ ИНФОРМАЦИИ (СТРАЕКТОРНЫХ ПАРАМЕТРОВ) НА КОМАНДНЫЙ ПУНКТ (ПОТРЕБИТЕЛЯМ) ПО ЦИФРОВЫМ КАНАЛАМ СВЯЗИ. МАКСИМАЛЬНОЕ КОЛИЧЕСТВО СОПРОВОЖДАЕМЫХ ТРАСС БАЛЛИСТИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ – ДО 16, А ТЕМП ОБНОВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ – 1 СЕК.

ПРЕДЛАГАЕМАЯ СИСТЕМА ВНЕШНЕТРАЕКТОРНОГО КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА СПУСКА КОСМИЧЕСКОГО КОРАБЛЯ С ОРБИТЫ

рис. 2



ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РЛС ПО «ИМБИРЬ» ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ВНЕШНЕТРАЕКТОРНОГО КОНТРОЛЯ НА КОСМОДРОМЕ

Предварительные проработки показывают, что технические характеристики, структура и возможности РЛС ПО типа «Имбирь» позволяют рассматривать ее как основу системы внешнетраекторного контроля полета ракеты-носителя от момента ее пуска до выхода на опорную (промежуточную) орбиту (рис. 1).

Как это уже было с РЛС «Днестр» системы ПРН, которую применили в СККП, о чем говорилось выше, так возможно и с «Имбирем» для организации внешнетраекторного контроля полета ракеты-носителя и измерения параметров траектории, а также определения координат районов падения отработавших ракетных блоков 1-й и 2-й ступеней. Сейчас на их поиски уходят сутки.

Информация с РЛС ПО типа «Имбирь» передается потребителям в цифровом виде в реальном масштабе времени (в режиме онлайн), ее отображение и использование на КП космодрома или в других необходимых местах никаких сложностей не предполагает.

Зона обзора РЛС ПО «Имбирь» также может быть оптимизирована под решаемые ею задачи теперь уже как средства внешнетраекторного контроля, при этом требуемые величины секторов электронного сканирования луча устанавливаются программным способом. Увеличение дальности действия по сравнительно крупногабаритным целям, таким как ракета-носитель или ее отдельные ступени, значительных вопросов также не вызывает и вполне реализуема.

Дополнительные проработки показывают, что РЛС ПО можно использовать и для создания системы внешнетраекторного контроля спуска космического корабля с орбиты (рис. 2). Сейчас, насколько известно, этот процесс производится только визуально, использовать современные средства для автоматизации процесса вполне возможно.

Хотелось бы отметить, что предложения на использование в системах внешнетраекторного контроля средств на базе серийно выпускаемой РЛС ПО «Имбирь» позволяют существенно снизить затраты на их создание. Представляется, что эти предложения должны быть рассмотрены специалистами в области космической техники и средств ее обслуживания. Окончательный вердикт – за ними, но хотелось бы еще раз напомнить, что развертывание работ в космической области, несомненно, будет способствовать сохранению Россией статуса великой державы. А новый космодром Восточный как раз и является перспективной дорогой в космос.

Литература



1. Анисимов В. Д., Батырь Г. С., Меньшиков А. В., Шилин В. Д. Система контроля космического пространства Российской Федерации / ОАО МАК «Вымпел», 2006 г. // Сайт инициативных астрономических проектов ПулКОН и LFVN. 2006 – 2011. [Электронный ресурс]. URL: <http://lfvn.astronomer.ru/report/0000006/p000006.htm> (Дата обращения: 24.02.2018).
2. Лузан А. Г. Есть отнюдь не мифический «Антей» в нашем Отечестве. О «кирпичах» и «кирпичиках», из которых можно построить отечественную ПРО-ПВО // Независимое военное обозрение. 2012. №9. С. 6-7.

References

1. Anisimov V. D., Batyr' G. S., Men'shikov A. V., Shilin V. D. Sistema kontrolya kosmicheskogo prostranstva Rossiyskoy Federatsii. OAO MAK «Vypel», 2006 g. Sayt initsiativnykh astronomicheskikh projektov PulKON i LFVN. 2006 – 2011. <http://lfvn.astronomer.ru/report/0000006/p000006.htm> (Retrieval date: 24.02.2018).
2. Luzan A. G. Est' otnyud' ne mificheskii «Antey» v nashem Otechestve. O «kirpichakh» i «kirpichikakh», iz kotorykh mozno postroit' otechestvennuyu PRO-PVO. Nezavisimoe voennoe obozrenie, 2012, No. 9, Pp. 6-7.

© Лузан А. Г., 2018

История статьи:

Поступила в редакцию: 25.02.2018
Принята к публикации: 26.02.2018

Модератор: Дмитриук С. В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Лузан А. Г. Новому космодрому – современные средства контроля и измерений // Воздушно-космическая сфера. 2018. №1. С. 76–83.

SPACE ROBOTICS: PAST EXPERIENCE AND FUTURE CONSIDERATIONS

Pavel P. BELONozhko,
Associate Professor,
Cand. in Tech. Sci., Senior Researcher
Chair of Computer Aided Design Systems
Department of Robotics and Complex Automation
Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia,
byelonozhko@mail.ru

ABSTRACT | The paper analyzes the logic of space robotics development and summarizes the long-term experience of orbital unique objects operation, that of Canadarm, Canadarm-2 manipulators, and the mobile service system of the ISS. The robotic elements in the assembly of the Mir space station: cargo booms and the docking manipulator, the Buran remote manipulator system are evaluated. Directions for further space robotics development are suggested. It is shown that one of the most urgent is the problem of automated installation and maintenance of advanced modular multifunctional stackable space systems.

Keywords: *space robotics, modular principle of space objects construction, robotic docking, space assembly and service robotic systems*

КОСМИЧЕСКАЯ РОБОТОТЕХНИКА: ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Павел Петрович БЕЛОНОЖКО,
*Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана, факультет «Робототехника
и комплексная автоматизация», кафедра «Системы
автоматизированного проектирования», Москва,
Россия, доцент, кандидат технических наук, старший
научный сотрудник,
byelonozhko@mail.ru*

АННОТАЦИЯ | В статье проанализирована логика развития космической робототехники. Обобщен многолетний опыт орбитальной эксплуатации уникальных объектов – манипуляторов Canadarm и Canadarm-2, мобильной системы обслуживания МКС. Рассмотрены роботизированные элементы в составе станции «Мир» – грузовые стрелы и манипулятор-перестыковщик, манипулятор системы «Буран». Выделены направления дальнейшего развития робототехники космического назначения. Показано, что одной из актуальных является задача автоматизированного монтажа и обслуживания перспективных модульных многофункциональных наращиваемых космических систем.

Ключевые слова: *космическая робототехника, модульный принцип построения космических объектов, роботизированная стыковка, космические монтажно-сервисные робототехнические системы*

ВВЕДЕНИЕ

Современный этап развития космической техники позволяет выделить некоторые общие тенденции ее развития. В частности, могут быть определены базовые элементы конструктивного облика, особенности создания и эксплуатации перспективной космической инфраструктуры. Необходимо подчеркнуть роль ключевых технологий, к которым относятся и технологии монтажно-сервисного роботизированного обеспечения [1–25].

Выделим три группы задач, предполагающих использование средств космической робототехники:

- задачи, успешно решенные на сегодняшний день с использованием отработанных в орбитальных условиях робототехнических средств космического назначения;
- задачи, решаемые сегодня с использованием отрабатываемых, в том числе в орбитальных условиях, средств робототехники;
- перспективные задачи, следующие из логики развития космической техники, определяющие пути ее дальнейшего развития и требующие разработки и создания новых средств космической робототехники.

Таким образом, направления развития космической робототехники в значительной мере определяются историей ее развития, с одной стороны, и нарастающей потребностью в робототехническом обслуживании применительно к перспективным объектам космической техники – с другой [1–25].

МОДУЛЬНЫЙ ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ. КОНЦЕПЦИЯ РОБОТИЗИРОВАННОЙ СТЫКОВКИ

Перспективную космическую инфраструктуру в качестве сферы применения средств робототехники можно рассматривать как совокупность космических объектов, различающихся функциональным назначением и конструктивным исполнением и объединенных потребностью в автоматизации задач, связанных с их созданием, эксплуатацией и утилизацией [1–3, 7, 8, 20, 21].

Выделим наиболее важные элементы конструктивного облика и особенности создания и эксплуатации многофункциональных наращиваемых космических систем, в том числе не имеющих аналогов и прототипов, являющихся необходимым элементом перспективной космической инфраструктуры:

- значительные масса и габариты конструкции;
- модульный принцип построения, реконфигурируемость;
- формирование окончательного облика системы в течение некоторого времени в соответствии с заранее разработанной стратегией;
- поддержание работоспособности и изменение (расширение) функциональности за счет регулярного сервисного обслуживания, в частности путем замены унифицированных блоков.

Очевидным примером реализованных систем рассматриваемого класса служат орбитальные

станции [1–3, 6–9, 14, 15, 17–19, 21, 22]. Рассматривая сами станции как прообразы космических систем будущего, естественно полагать в качестве прототипов перспективных космических робототехнических систем те средства робототехники, которые использовались при их создании и эксплуатации. Следует отметить важную роль преемственности проектов и актуальность универсальных технологий, в первую очередь – технологии стыковки.

Модульный принцип построения сложился еще на ранних этапах развития ракетно-космической техники. Он явился естественным следствием целесообразности, а в ряде случаев и необходимости, выделения составных частей изделия, разнородных с конструктивной, технологической и функциональной точек зрения [1–3, 8–10, 14, 15, 17–19, 21, 22]. Следует отметить, что идея сборки на орбите, в том числе с применением средств робототехники, также зародилась на заре развития практической космонавтики. Таким образом, концепцию стыковки в космосе можно считать естественным логическим следствием модульного принципа построения космических объектов, а саму технологию стыковки – основой для развития перспективных роботизированных технологий орбитальной сборки [9–14, 16–18].

Как отмечал С. П. Королёв, «одной из важнейших задач является проблема встречи в космосе с другим кораблем-спутником либо с орбитальной станцией, система подхода и стыковки их на орбите...» [9] Первый эскизный проект комплекса для облета Луны, утвержденный С. П. Королёвым в декабре 1962 года, содержал

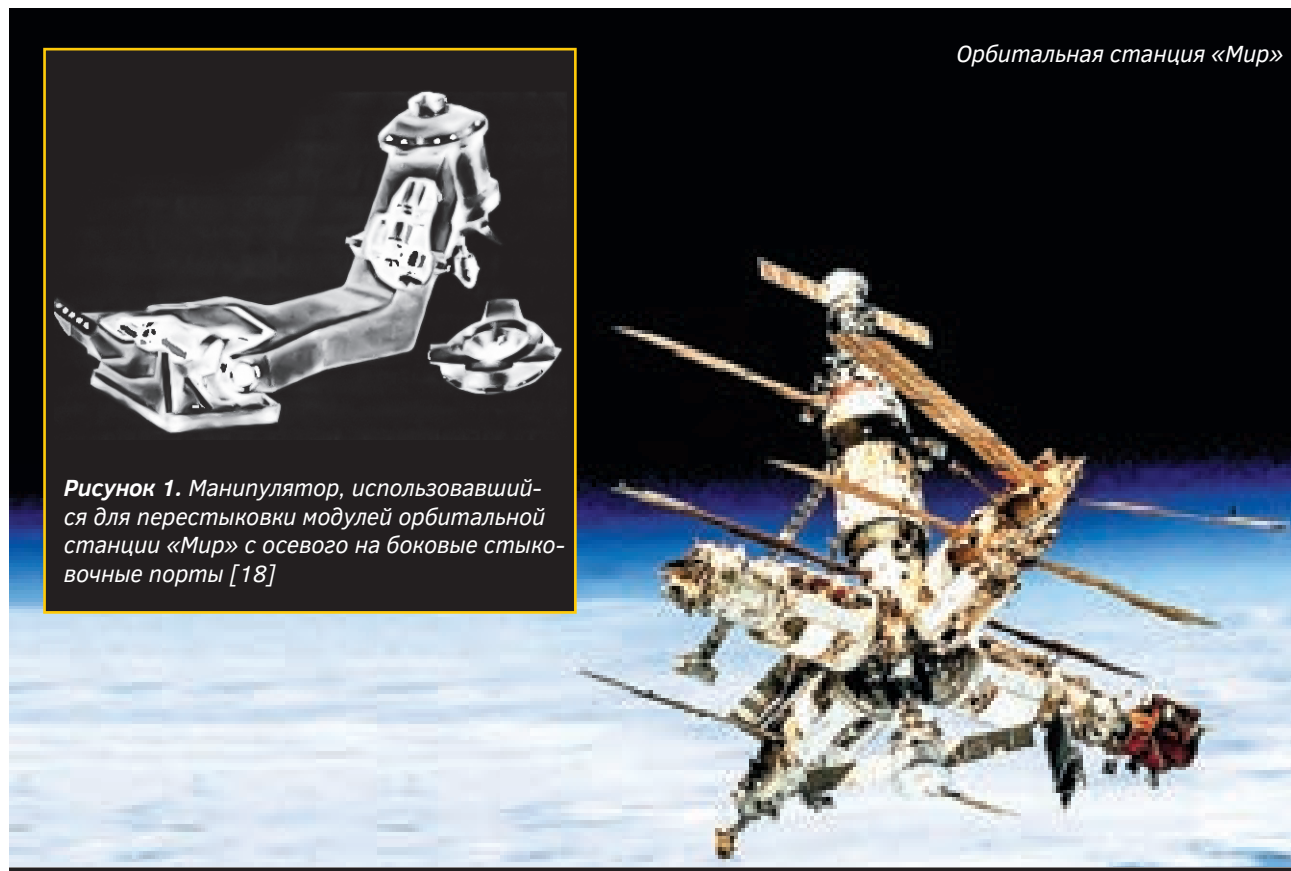
основные положения и общие сведения по проекту «Союз», описание составных частей комплекса, направления дальнейших работ и требования к разработке.

В состав комплекса входили (в порядке предполагаемого выведения на орбиту): ракетный блок 9К для старта к Луне, который выводился на орбиту в незаправленном состоянии; танкеры-заправщики 11К, автоматически стыковавшиеся с ракетным блоком и заправлявшие его окислителем и горючим; пилотируемый корабль 7К, осуществлявший стыковку с заправленным 9К. При этом в ходе исследований различных вариантов строительства на орбите пилотируемого ракетно-космического комплекса для полетов к Луне, наряду с успешно реализованной впоследствии автоматической стыковкой, рассматривался также вариант «космического стапеля» с манипуляторами-захватами для соединения частей комплекса.

Несмотря на последующее внесение в проект существенных изменений и возникновение новых задач, важным результатом его развития является корабль «Союз» – изделие 7К различных модификаций. При этом, как отмечается

в [9], спроектированная по схеме «штырь – конус» система стыковки и внутреннего перехода является одной из фундаментальных разработок НПО «Энергия», позволивших создать и эксплуатировать орбитальные станции «Салют» и «Мир», а затем и российский сегмент Международной космической станции (МКС). В [9] также отмечается, что многомодульность явилась основой построения орбитального комплекса «Мир».

Модульный принцип построения обеспечил возможность оперативного выполнения ремонтно-профилактических мероприятий как внутри модулей, так и на внешней поверхности комплекса, и в конечном итоге явился одним из факторов, позволивших эксплуатировать комплекс «Мир» в течение срока, в пять раз превысившего изначально запланированный. Важно отметить наличие в составе модулей орбитальной станции «Мир» специального манипулятора, обеспечивавшего их перестыковку (рис. 1) на боковые стыковочные порты [18]. Для перемещений космонавтов к зонам работ использовались телескопические 15-метровые грузовые стрелы [9, 18]. Упомянутые



Орбитальная станция «Мир»

Рисунок 1. Манипулятор, использовавшийся для перестыковки модулей орбитальной станции «Мир» с осевого на боковые стыковочные порты [18]

элементы можно считать функциональным и в определенной степени конструктивным прообразом средств робототехники, эксплуатируемых в составе МКС.

В соответствии со сложившейся терминологией [11, 12, 24, 25] может быть выделена собственно стыковка (docking) и стыковка при помощи манипулятора, причаливание (berthing).

При непосредственной стыковке (docking) средствами систем управления поступательным движением и ориентацией стыкуемых объектов на момент касания должны быть обеспечены требуемые начальные условия стыковки (взаимное положение и относительные линейная и угловая скорости) [16–18]. После касания стыковочное устройство последовательно обеспечивает амортизацию, компенсацию начального промаха, сцепку (образование первичной связи), выравнивание, стягивание, совмещение стыка с окончательным выравниванием, жесткое соединение. При этом требования к стыку могут предъявляться по точности, жесткости, прочности, герметичности [16–18].

К устройствам, реализующим данный тип стыковки, относятся система «штырь – конус», андрогинный стыковочный агрегат (АПАС).

Данный тип стыковки успешно реализован, в частности, при эксплуатации орбитальных станций «Салют», «Мир», в рамках программ «Аполлон» – «Союз», «Мир» – «Шаттл», а также при стыковках шаттлов к МКС. На сегодняшний день используется при стыковке кораблей «Союз» и «Прогресс» к российскому сегменту МКС [11, 16–19, 21, 22].

Стыковка при помощи манипулятора (berthing), благодаря наличию на одном из стыкуемых объектов управляемого механизма-посредника, позволяет осуществить захват второго объекта при их взаимной неподвижности, уменьшить ударные воздействия в момент касания. Этот способ стыковки был успешно реализован при создании негерметичной ферменной структуры МКС (рисунк 2), используется для стыковки к американскому сегменту МКС грузовых кораблей HTV, Cygnus, Dragon (рисунк 3). Важными элементами системы стыковки при помощи манипулятора являются концевой захват-эффектор манипулятора (рисунк 4), стыковочные узлы CBM (Common Berthing Mechanism, рисунок 3) [11, 16–19, 21, 22, 24, 25].



Рисунок 2. Негерметичная ферменная структура – Integrated Truss Structure (ITS) в составе МКС. Протяженность более 100 м. Предназначена для размещения различного оборудования, в первую очередь крупногабаритных панелей солнечных батарей. Собрана посредством стыковки фрагментов при помощи манипулятора [11], фото NASA



Рисунок 3. Орбитальный корабль Dragon для доставки грузов на МКС. Оснащен пассивным стыковочным узлом CBM. Пристыковывается к МКС при помощи манипулятора Canadarm-2 [11], фото NASA

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ КОСМИЧЕСКОЙ РОБОТОТЕХНИКИ

Одной из актуальных тенденций современной космической робототехники можно считать совершенствование отработанных прототипов в направлении расширения функциональных возможностей системы без принципиальных изменений конструкции.

Важнейшим устройством с точки зрения обеспечения возможности роботизированной стыковки является манипулятор Canadarm-2 (Space Station Remote Manipulator System – SSRMS, рисунки 5, 6), разработанный на базе манипулятора Canadarm (Shuttle Remote Manipulator System – SRMS, рисунок 5).

В значительной степени Canadarm олицетворяет уровень развития космической робототехники в 1980–90-х годах и считается одним из наиболее эффективных и надежных устройств, которые эксплуатировались в составе транспортных кораблей многоразового использования Space Shuttle [1, 11–13]. Впервые Canadarm был успешно испытан в космосе в ходе второй миссии Space Shuttle (STS-2) в ноябре 1981 года. Последний полет состоялся в июле 2011 года (миссия STS-135). Таким образом, манипулятор успешно эксплуатировался в течение 30 лет.

Canadarm предназначен для перемещения полезного груза из грузового отсека в некоторую точку рабочей зоны с требуемой ориентацией, например при выведении спутника на орбиту. Он способен захватить свободнолетающий объект, разместить и зафиксировать его в грузовом отсеке. При помощи манипулятора Canadarm осуществлялась поддержка астронавтов, работающих в открытом космосе, в том числе их перемещение. Достаточно часто использовалась совместная работа астронавтов, один из которых закреплен на манипуляторе, а второй имеет возможность свободно перемещаться в зоне проведения работ.

После разрушения шаттла Columbia (миссия STS-107) в ходе каждой последующей миссии Canadarm совместно с системой Orbiter Boom Sensor System (OBSS), содержащей инструменты, размещаемые на удлинителе манипулятора, использовался для тщательного обследования внешней поверхности челнока с целью обнаружения возможных повреждений теплозащитного покрытия.

Рабочее место оператора манипулятора в кормовой части орбитального корабля оснащено ручными органами управления вращением и поступательным перемещением груза. Операторы манипулятора наблюдают за производимыми ими действиями как непосредственно через

Рисунок 6. Canadarm-2 в составе мобильной системы обслуживания МКС [12], фото NASA

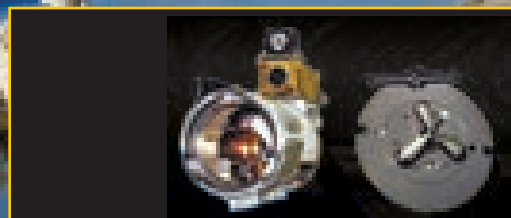


Рисунок 4. Концевой захват-эффектор манипуляторов Canadarm и узел захвата [11, 13]



Рисунок 5. Совместное использование Canadarm и Canadarm-2 [12], фото NASA

иллюминаторы, так и при помощи экранов системы наблюдения, расположенных рядом с органами управления, при этом один из членов команды может ассистировать в качестве оператора видеокамеры. Видеокамеры закреплены также на самом манипуляторе (в локтевой и кистевой части). Длина манипулятора Canadarm составляет около 15 м, диаметр звеньев немногим более 30 см.

Всего было изготовлено пять манипуляторов Canadarm.

Характерным примером использования RMS может служить успешно осуществленная в мае 2009 года миссия шаттла Atlantis (STS-125) по обслуживанию телескопа Hubble. Движущийся по орбите телескоп был захвачен манипулятором и размещен в грузовом отсеке на специальной вращающейся платформе, обеспечивающей удобство доступа к нему астронавтов при проведении сервисных работ. По окончании работ телескоп был извлечен при помощи манипулятора из транспортного отсека и снова выведен на орбиту [1, 2, 11, 12].

Манипулятор для космического корабля «Буря» (рис. 7), функционально и конструктивно подобный манипулятору Canadarm, был разработан в Государственном научном центре – Центральном научно-исследовательском и опытно-конструкторском институте робототехники

и технической кибернетики (ГНЦ ЦНИИ РТК РФ) (Санкт-Петербург) [23].

Сравнение, приведенное в [11], иллюстрирует характер усовершенствований, расширяющих функциональные возможности Canadarm-2 по сравнению с Canadarm. Например, реализована возможность постоянного пребывания манипулятора на орбите, добавлена седьмая степень подвижности и обеспечена симметричность манипулятора – схват может быть зафиксирован относительно станции и служить основанием, усовершенствована конструкция шарниров для увеличения возможного угла поворота смежных звеньев, добавлены датчики сил и моментов.

В состав мобильной системы обслуживания МКС (Mobile Servicing System – MSS, рис. 6, 8) кроме манипулятора Canadarm-2 также входят манипулятор Dextre (Special Purpose Dexterous Manipulator – SPDM), мобильный транспортер (Mobile Transporter – MT), перемещающийся по направляющим, проложенным вдоль основной фермы МКС, мобильная базовая система (Mobile Base System – MBS), устанавливаемая на мобильном транспортере.

SPDM, введенный в эксплуатацию на МКС в 2008 году, предназначен для выполнения сверхточных операций, включая монтаж и удаление малых полезных нагрузок типа буферных

батарей, источников питания и компьютеров. Этот робот может также манипулировать инструментами типа специализированных гаечных ключей и отверток. SPDM оборудован светильниками, видеокамерами, платформой и держателями для инструмента. Важной особенностью SPDM является наличие силовых и моментных датчиков, благодаря которым на органы управления могут передаваться ответные реакции и оператор манипулятора имеет возможность чувствовать прикосновение SPDM к объектам. SPDM – один из наиболее ярких примеров dexterous-устройств космической робототехники.

Известны примеры проектов, реализующих концепцию системы обслуживания космических аппаратов (КА), выработавших рабочее тело, но остающихся работоспособными с точки зрения основных функций. В соответствии с ней сервисные КА после сближения и стыковки с обслуживаемым КА либо осуществляют его дозаправку, либо функционируют в дальнейшем совместно с ним в качестве маневрового двигателя для удержания на рабочей орбите [1, 2, 11, 12]. Отработка операций подобного рода проводилась, например, в ходе экспериментов ETS-VII и Orbital Express.

В целом разработку и использование робототехнических средств можно считать наиболее актуальными для обеспечения таких тенден-

ций развития космической техники, как стремление к расширению ее функциональности, увеличению срока активной эксплуатации, повышению степени автономности, увеличению размеров с сохранением жесткости и прочности конструкции, ее несущей способности.

Важно отметить, что за счет применения перспективных средств космической робототехники возможны как автоматизация операций, выполнение которых может быть обеспечено и другими средствами, в том числе при непосредственном участии человека, так и освоение качественно новых операций, решение которых в принципе невозможно без робототехнического обеспечения.

Крупногабаритные многофункциональные наращиваемые космические системы могут быть выделены как класс перспективных космических объектов, реализуемость которых в ряде случаев может зависеть от возможности использования средств космической робототехники.

В ряду перспективных задач, подлежащих автоматизации робототехническими средствами, следует прежде всего выделить проблему орбитального монтажа космических объектов, которая подразумевает как транспортировку к месту сборки фрагментов монтируемых конструкций, так и автоматизацию собственно сборочных операций, а также проблему орбитального сервисного обслуживания, объединяющую задачи



Рисунок 7. Манипулятор космического корабля «Буран» [23], с сайта buran.ru



Рисунок 8. Мобильная система обслуживания МКС – Mobile Servicing System (MSS), [11]

инспекции технического состояния обслуживаемых космических объектов, роботизированной поддержки деятельности человека в космическом пространстве, замены функциональных блоков КА, дозаправки КА на орбите, перемещения КА в пределах орбиты и между орбитами, уборки космического мусора. Разнородность перечисленных задач подразумевает использование различных конструкций роботизированных устройств [1–15], а также различных механизмов стыковки [1–7, 15–17, 20, 21, 24, 25].

ВЫВОДЫ

Период с начала 1980-х годов по настоящее время может рассматриваться как время отладки технологий роботизированной стыковки. Возможность освоения технологий роботизированного монтажа МКС в значительной мере обусловлена наличием предшествующего опыта создания и эксплуатации орбитальных пилотируемых станций, построенных по модульному принципу.

Потребность в создании перспективных многофункциональных наращиваемых космических систем, требующих для создания, эксплуатации и утилизации разработки новых классов автономных устройств, является одним из факторов, определяющих перспективы космической робототехники.

Можно выделить следующие тенденции развития средств космической робототехники:

- совершенствование отработанных прототипов в направлении расширения функциональных возможностей системы без принципиальных изменений конструкции;
- разработка взаимосвязанной совокупности средств космической робототехники, предполагающих модульность и реконфигурируемость, для решения широкого круга разнородных задач;
- согласованное проектирование обслуживаемых космических объектов и обслуживающих робототехнических средств.

В частности, необходима разработка универсальных захватных устройств для объектов, не оснащенных захватными интерфейсами.

Целесообразным может быть использование совокупности монтажно-сервисных автономных роботизированных космических модулей, каждый из которых обладает разумной степенью универсальности, но ориентирован на предпочтительное использование в одном из возможных режимов функционирования [1, 2].

Литература

1. **Белоножко П. П.** Космическая робототехника. Современное состояние, перспективные задачи, тенденции развития. Аналитический обзор//Наука и образование (МГТУ им. Н.Э. Баумана). Электрон. журн. 2016. № 12. С. 110–153. DOI: 10.7463/1216.0853919.
2. **Белоножко П. П.** Перспективные монтажно-сервисные роботизированные космические модули//Робототехника и техническая кибернетика. 2015. № 2 (7). С. 18–23.
3. Робототехническое обеспечение для объектов перспективной космической инфраструктуры/**А. А. Градовцев, А. С. Кондратьев, А. Н. Тимофеев**//Международная научно-техническая конференция «Экстремальная робототехника» (23–25 ноября 2011 г., ГНУ ЦНИИ РТК, Санкт-Петербург) [Электронный ресурс]. URL: http://er.rtc.ru/old/docs/2011-ER_PlenarDoclad.pdf (Дата обращения: 06.03.2018).
4. Управление подвижными объектами. Библиографический указатель. В 3 выпусках. Вып. 1. Космические объекты/Учреждение Российской академии наук Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН. М., 2011. 268 с.: ил.
5. **H. A. Thronson, D. Akin, J. Lester** The Evolution and Promise of Robotic In-Space Servicing//AIAA SPACE 2009 Conference&Exposition (14–17 September 2009, Pasadena, California). AIAA 2009–6545. Available at: <http://www.enu.kz/repository/2009/AIAA-2009-6545.pdf> (Retrieval date: 27.02.2018).
6. **Лысый С. Р.** Научно-технические проблемы и перспективы развития робототехники специального (космического) назначения//Экстремальная робототехника. Труды международной научно-технической конференции. Санкт-Петербург: «Политехника-сервис», 2015. С. 29–32.
7. **Лопота В. А., Юревич Е. И.** О некоторых перспективных направлениях развития космической робототехники [Электронный ресурс]//ПКК «Энергия» им. С. П. Королёва. URL: https://www.energia.ru/ru/news/news-2011/public_07-21_2.pdf (Дата обращения: 06.03.2018).
8. Этапы и перспективы развития модульного принципа построения робототехнических систем/**А. В. Лопота, Е. И. Юревич**//Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2013. № 1. С. 98–103.
9. **Королев С. П.** Энциклопедия жизни и творчества/Под ред. В. А. Лопоты, В. П. Легостаева. М.: Энергия, 2014. 704 с.
10. Космонавтика XXI века/под ред. Б. Е. Чертока. М.: РТСофт, 2010. 864 с.
11. NASA//NASA: official website. Available at: <http://www.nasa.gov/>, retrieval date: 27.02.2018.
12. CSA//CSA: official website. Available at: <http://www.asc-csa.gc.ca/eng/default.asp> (Retrieval date: 27.02.2018).
13. **E. Kaupp, E. Bains, R. Flores, G. Jorgensen, Y. M. Kuo, H. White** Shuttle Robotic Arm//Engineering Innovations/P. 286–301. Available at: http://www.nasa.gov/centers/johnson/pdf/584734main_Wings-ch4h-pgs-286-301.pdf (Retrieval date: 27.02.2018).
14. **B. Stockman, J. Boyle, J. Bacon** International Space Station Systems Engineering Case Study. Available at: <http://space.nasa.gov/uploads/imag->



es/ISS/ISS%20SE%20Case%20Study.pdf (Retrieval date: 27.02.2018).

15. **C. Ower, L. Poynter, A. Keenan.** The role of dexterous robotics in ongoing maintenance of the ISS. 63rd International Astronautical Congress 2012 (IAC 2012), Naples, Italy, 1–5 October 2012, Volume 5 of 14: IAC-12.B3.4-B6.5.6.

16. **Сыромятников В.С.** Стыковочные устройства космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1984. 216 с.

17. **Сыромятников В.С.** 100 рассказов о стыковке и других приключениях в космосе и на Земле. Часть 1: 20 лет назад. М.: Логос, 2003. 568 с.

18. **Сыромятников В.С.** 100 и других приключениях в космосе и на Земле. Часть 2: 20 лет спустя рассказов о стыковке. М.: Университетская книга; Логос, 2010. 568 с.

19. Международная энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение/Гл. ред. А. Г. Братухин. – М.: ОАО «НИЦ АСК», 2015. 608 с.

20. **Далаяев И. Ю., Шардыко И. В., Кузнецова Е. М.** Перспектива создания роботизированных сервисных спутников для технического обслуживания и продления сроков

активного существования космических аппаратов//Робототехника и техническая кибернетика. 2015. № 3 (8). С. 27–31.

21. Проектирование орбитальных станций. Учебное пособие/С. Е. Пугаченко. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. 175 с.

22. **Гапонов В. А., Железняков А. Б.** Станция «Мир»: от триумфа до... СПб.: СИСТЕМА, 2007. 380 с.

23. <http://www.buran.ru> (Retrieval date: 27.02.2018).

24. **John Cook, Valery Aksamentov, Thomas Hoffman, Wes Bruner** ISS Interface Mechanisms and their Heritage. Available at: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20110010964.pdf> (Retrieval date: 27.02.2018).

25. https://en.wikipedia.org/wiki/Docking_and_berthing_of_spacecraft (Retrieval date: 27.02.2018).

References

1. **Belonozhko P. P.** Kosmicheskaya robototekhnika. Sovremennoe sostoyaniye, perspektivnye zadachi, tendentsii razvitiya. Analiticheskiy obzor. Science and Education of Bauman MSTU, 2016, No. 12, pp. 110–153. DOI: 10.7463/1216.0853919
2. **Belonozhko P. P.** Perspektivnye montazhno-servisnye robotizirovannye kosmicheskie moduli. Robototekhnika i tekhnicheskaya kibernetika, 2015, No. 2 (7), pp. 18–23.
3. **Gradovtsev A. A., Kondrat'ev A. S., Timo-**

feev A. N. Robototekhnicheskoe obespecheniye dlya ob'ektov perspektivnoy kosmicheskoy infrastruktury Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya «Ehktremal'naya robototekhnika», 23–25 November, the Central Research and Experimental Design Institute for Robotics and Engineering Cybernetics, Saint Petersburg, 2011, available at: http://er rtc.ru/old/docs/2011-ER_PlenarDoclad.pdf (Retrieval date: 06.03.2018).

4. Upravleniye podvizhnymi ob'ektami. Bibliograficheskiy ukazatel'. Vol. 1. Kosmicheskie ob'ekty. Moscow, Institut problem upravleniya im. V. A. Trapeznikova of the Russian Academy of Sciences, 2011, 268 p.

5. **H. A. Thronson, D. Akin, J. Lester** The Evolution and Promise of Robotic In-Space Servicing//AIAA SPACE 2009 Conference and Exposition (14–17 September 2009, Pasadena, California). AIAA 2009–6545. Available at: <http://www.enu.kz/repository/2009/AIAA-2009-6545.pdf> (Retrieval date: 27.02.2018).

6. **Lysyj S. R.** Nauchno-tekhnicheskie problemy i perspektivy razvitiya robototekhniki special'nogo (kosmicheskogo) naznacheniya. Ehktremal'naya robototekhnika. Trudy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Saint Petersburg: Politehnika-servis, 2015, pp. 29–32.

7. **Lopota V. A., Yurevich E. I.** O nekotorykh perspektivnykh napravleniyakh razvitiya kosmicheskoy robototekhniki. S. P. Korolev RSC Energia. available at: https://www.energiya.ru/ru/news/news-2011/public_07-21_2.pdf (Retrieval date: 06.03.2018).

8. **Lopota A. V., Yurevich E. I.** Ehtapy i perspektivy razvitiya modul'nogo principa postroyeniya robototekhnicheskikh system. Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Saint Petersburg state polytechnical university, 2013, No. 1, pp. 98–103.

9. **Korolev S. P.** Ehntsiklopediya zhizni i tvorchestva. Eds. V. A. Lopota, V. P. Legostaev. Moscow: Energiya, 2014, 704 p.

10. Kosmonavtika XXI veka. Ed. **B. E. Chertok**. M.: RTSoft, 2010, 864 p.

11. NASA//NASA: official website. Available at: <http://www.nasa.gov/>, accessed 27.02.2018.

12. CSA//CSA: official website. Available at: <http://www.asc-csa.gc.ca/eng/default.asp> (Retrieval date: 27.02.2018).

13. **E. Kaupp, E. Bains, R. Flores, G. Jorgensen, Y. M. Kuo, H. White.** Shuttle Robotic Arm. Engineering Innovations, pp. 286–301. Available at: http://www.nasa.gov/centers/johnson/pdf/584734main_Wings-ch4h-pgs286-301.pdf (Retrieval date: 27.02.2018).

14. **B. Stockman, J. Boyle, J. Bacon.** International Space Station Systems Engineering Case

Study. Available at: <http://space.nasa.gov/uploads/images/ISS/ISS%20SE%20Case%20Study.pdf> (Retrieval date: 27.02.2018).

15. **C. Ower, L. Poynter, A. Keenan.** The role of dexterous robotics in ongoing maintenance of the ISS. 63rd International Astronautical Congress 2012 (IAC 2012), Naples, Italy, 1–5 October 2012, Volume 5 of 14: IAC-12.B3.4-B6.5.6.

16. **Syromyatnikov V. S.** Stykovochnye ustrojstva kosmicheskikh apparatov. Moscow: Mashinostroeniye, 1984, 216 p.

17. **Syromyatnikov V. S.** 100 rasskazov o stykovke i drugih prikluycheniyah v kosmose i na Zemle. Part 1: 20 let nazad. Moscow: Logos, 2003, 568 p.

18. **Syromyatnikov V. S.** 100 rasskazov o stykovke i drugih prikluycheniyah v kosmose i na Zemle. Part 2: 20 let spustya. Moscow: Universitetskaya kniga; Logos, 2010, 568 p.

19. Mezhdunarodnaya ehnciklopediya CALS. Aviacionno-kosmicheskoe mashinostroeniye. Ed. **A. G. Bratuhin**. Moscow: ОАО «НИЦ АСК», 2015, 608 p.

20. **Dalyaev I. Yu., Shardyko I. V., Kuznetsova E. M.** Perspektiva sozdaniya robotizirovannykh servisnykh sputnikov dlya tekhnicheskogo obsluzhivaniya i prodleniya srokov aktivnogo sushchestvovaniya kosmicheskikh apparatov. Robototekhnika i tekhnicheskaya kibernetika, 2015, No. 3 (8), pp. 27–31.

21. **Pugachenko S. E.** Proektirovaniye orbital'nykh stanciy. Moscow: Bauman MSTU, 2009, 175 p.

22. **Gaponov V. A., Zheleznyakov A. B.** Stanciya «Mir»: ot triumfa do... Saint Petersburg: SISTEMA, 2007, 380 p.

23. <http://www.buran.ru> (Retrieval date: 27.02.2018).

24. **John Cook, Valery Aksamentov, Thomas Hoffman, Wes Bruner.** ISS Interface Mechanisms and their Heritage. Available at: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20110010964.pdf> (Retrieval date: 27.02.2018).

25. https://en.wikipedia.org/wiki/Docking_and_berthing_of_spacecraft (Retrieval date: 27.02.2018).

© Белоножко П. П., 2018

История статьи:

Поступила в редакцию: 06.03.2018
Принята к публикации: 07.03.2018

Модератор: Плетнер К. В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Белоножко П. П. Космическая робототехника. Опыт и перспективы развития // Воздушно-космическая сфера. 2018. № 1. С. 84–93.

BLACK HOLES:

LIGHT-EATERS, EVOLUTION ASSISTANTS, AND DOORS TO OTHER UNIVERSES

Maxim N. FALILEYEV,

Main expert

Centre for Ground-Based Space Infrastructure Operation,

Moscow, Russia,

moojaa@mail.ru

ABSTRACT | To understand the nature of black holes, unique space objects, scientists around the world are currently working on a number of ambitious research projects.

One of them is the Russian space observatory Millimetron.

On the modern concepts of black holes and their significance in understanding the Universe speaks Vyacheslav I. Dokuchaev, Dr. Sci. in Physics and Mathematics, the leading researcher of the Institute for Nuclear Research, RAS.

Keywords: *black holes, space observatory, quasar*

ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ:

«ПОЖИРАТЕЛИ» СВЕТА, ПОМОЩНИКИ ЭВОЛЮЦИИ И ДВЕРИ В ДРУГИЕ ВСЕЛЕННЫЕ

Максим Николаевич ФАЛИЛЕЕВ,

ведущий специалист федерального государственного унитарного предприятия «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры», Москва, Россия,
mo0jaa@mail.ru

АННОТАЦИЯ | Чтобы понять природу черных дыр, уникальных космических объектов, ученые всего мира готовят сегодня несколько амбициозных проектов по их изучению. Один из них – российская космическая обсерватория «Миллиметрон».

Что такое черные дыры с точки зрения современной науки и какое значение имеет их исследование для понимания Вселенной, рассказывает ведущий научный сотрудник Института ядерных исследований РАН доктор физико-математических наук Вячеслав Иванович ДОКУЧАЕВ.

Ключевые слова: черные дыры, космическая обсерватория, квазары



Вячеслав Иванович ДОКУЧАЕВ,
ведущий научный сотрудник
Института ядерных
исследований РАН, доктор
физико-математических наук

«ЗООПАРК» ИЗ ЧЕРНЫХ ДЫР

– Вячеслав Иванович, что же такое черные дыры?

– Это очень загадочные и нетривиальные объекты, с одной стороны – очень сложные, с другой – очень простые. Сегодня мы называем «черной дырой» очень сильно сжавшийся массивный объект, например звезду или слившиеся многие звезды, которые имеют размер настолько маленький, что даже свет оттуда не может вылететь. По-простому говоря, для изучавших физику или астрономию в школьном курсе, это означает, что вторая космическая скорость на поверхности этого тела больше скорости света, и потому фотоны света не могут оттуда вырваться.

Черные дыры – очень важный объект для физики, фундаментальных исследований, и благодаря развитию технологий космических исследований, в частности вкладу российских ученых, физики в последние годы получили прорывные сведения об устройстве черных дыр.

В 2017 году американскими учеными даже была получена Нобелевская премия, косвенно связанная с черными дырами, а именно премия за открытие гравитационных волн, когда физики с помощью сложнейших лазерных интерферометров сумели зафиксировать слияния черных дыр, генерирующие гравитационные волны. Эти волны были зарегистрированы, и уникальность сигнала свидетельствует, что никакой другой объект, кроме черных дыр, такую форму сигнала обеспечить не может. Поэтому мировое научное сообщество довольно быстро согласилось, что это выдающийся результат, и буквально через год после их открытия была получена премия, это довольно нетипичный случай.

Понимание о черных дырах существует и развивается интенсивно в последние 40 лет, с тех пор как во Вселенной были открыты

очень мощные источники излучения, так называемые квазары, квазизвездные объекты. Квазары являются самыми мощными излучателями во Вселенной, а сейчас мы знаем, что это – аккрецирующие черные дыры с массами в миллионы и миллиарды масс Солнца, расположенные в центре очень далеких галактик.

Можно привести и такую аналогию: в зоопарке есть животные распространённые, например всем привычные зайцы или волки, о которых все знают, а есть редкие животные – бегемоты или носороги, о которых до известных пор слышали только специалисты, а широкая публика их не видела и не представляла. Вот так же и черные дыры. Это последняя стадия жизни массивных звезд, самые массивные звезды с массами много раз больше массы Солнца, в 20–30 раз, они в конце своей жизни взрываются, часть вещества сбрасывается, а большая часть сжимается и образуются черные дыры.

И таких черных дыр в нашей галактике Млечный Путь среди примерно 100 миллиардов звезд – миллионы, десятки миллионов... И это, можно сказать, самая длительная стадия жизни звезды. В нормальной жизни звезда живет несколько миллиардов лет, потом она превращается либо в нейтронную звезду, либо просто сжимается – остывающий карлик, либо превращается в черную дыру. Вот такой зоопарк из этих объектов находится в нашей Галактике.

Исследование этих объектов подстегнуло теоретические исследования.

В настоящее время активно разрабатывается так называемый телескоп горизонта событий и ведется подготовка к наблюдениям.

– Почему он так называется – «горизонт»?

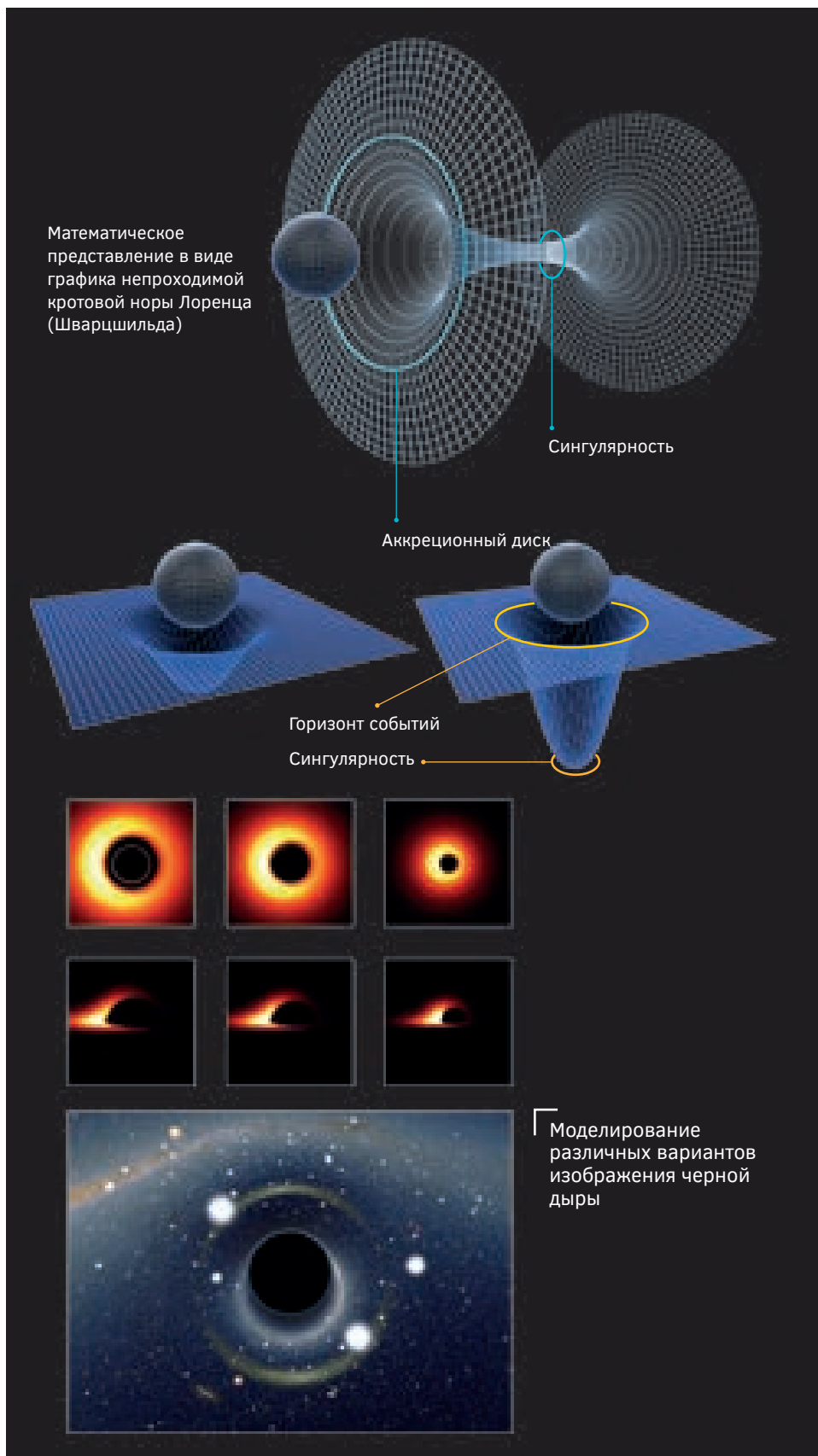
– Дело в том, что у черной дыры существует некая область, окружающая этот объект, внутри которого мы ничего не видим,

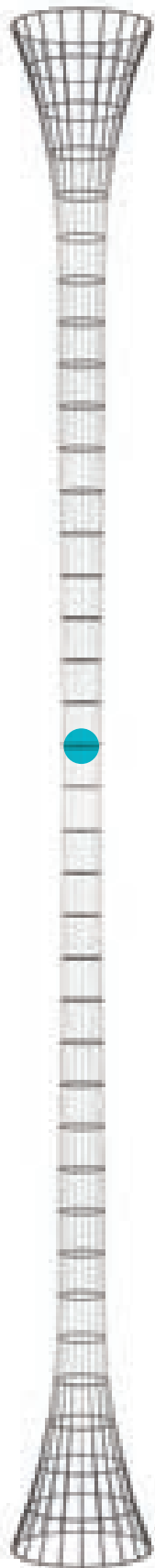
а граница этой области называется «горизонт событий черной дыры». И он называется именно горизонтом, потому что это та предельная часть пространства, из которой свет еще может выходить, как горизонт, к примеру, на земном шаре, когда корабли уплывают за линию горизонта и мы их перестаем видеть, а здесь мы перестаем видеть свет, выходящий оттуда.

Именно поэтому очень амбициозный и очень сложный международный проект так и назвали – «телескоп горизонта событий». Это радиоинтерферометр, состоящий из нескольких десятков радиотелескопов, разбросанных по всему земному шару, которые в диапазоне миллиметровых/субмиллиметровых волн будут наблюдать центр нашей родной галактики Млечный Путь, где, как мы ожидаем и практически наверняка уже знаем, находится сверхмассивная черная дыра. Она пока не видна, но у нее уже известна масса, которая равна шести миллионам масс Солнца.

Через два года телескопы должны дать изображение этой черной дыры, что станет первым изображением черной дыры, предъявленным широкой публике. Изображение это по-научному называется «тень черной дыры».

А если эта черная дыра подсвечивается окружающим веществом, то мы на фоне этого светлого экрана увидим ее тень, границу области, откуда свет еще может выйти. И вот эту амбициозную задачу намеревается решить данный проект через два года – эта тень и будет тем открытием, которое сможет претендовать на Нобелевскую премию. Размер тени скажет, какая масса у черной дыры – уже не по движению звезд или вещества, а чисто из решений теории гравитации Эйнштейна – а искажение этой формы скажет нам, как быстро она вращается.





ПОМОЩНИКИ ЭВОЛЮЦИИ

– А что происходит в области изучения черных дыр сегодня?

– Сейчас частично для решения этой задачи используется наш замечательный космический аппарат «Радиоастрон», радиотелескоп сантиметрового диапазона, выдающее достижение российских космических исследований, который работает на орбите с 2011 года и в том числе наблюдает центр нашей Галактики и дает информацию о том, что происходит вблизи черной дыры. (См. ВКС № 3(92), 2017. – Прим. ред.)

Черная дыра в центре нашей Галактики в научной терминологии называется «дремлющий квазар», в том смысле что она неактивна. Ее активность начинается, когда на черную дыру падает какое-нибудь вещество или сжимается и нагревается газ. Если звезда падает, она разрывается приливными силами черной дыры, в результате чего выделяется гигантская энергия, эффективность выделения которой в десятки или даже сотни раз больше, чем при слиянии или разрушении атомных ядер.

Поэтому черные дыры – это еще и мощные объекты генерации излучений различных типов во Вселенной. Физики сегодня уже знают, что излучения черных дыр наполняют всю Вселенную различными формами радиации (эти излучения называются космическими лучами), которые обеспечивают сильнейший радиоактивный фон, в том числе падающий на Землю.

И оказывается, что черные дыры – это важнейший объект во Вселенной, потому что, во-первых, их очень много, во-вторых, это мощнейшие излучатели во Вселенной, искажающие своим гравитационным линзированием все окружающие объекты. Они могут оказаться принципиально важны и для возникновения жизни.

– Даже так?

– Да, мы знаем, например, что для эволюции жизни на Земле очень важны внешние излучения: они приводят к мутациям, а мутации необходимы для эволюции животного мира. Мутации поддерживают животный мир в некоем динамическом равновесии, приводя к возникновению не только нежизнеспособных, но и каких-то новых форм жизни, приспособленных или имеющих сопротивляемость к каким-то микробам и прочему, – благодаря радиации, в том числе и приходящей из космоса. А источником этой космической радиации в значительной степени являются черные дыры.

Согласно другим гипотезам, жизнь, зародившаяся в одном «пузыре» Вселенной, может просочиться в другую и так далее, то есть существовать вечно и переноситься не пришельцами с рожками, а в виде микроспор, микробов, вирусов и тому подобного. Главное, чтобы была информация. Природа заготовила такие объекты для распространения жизни в виде спиралей ДНК, которые в замороженном состоянии способны существовать миллионы и миллиарды лет и путешествовать в космосе.

Черные дыры важны еще и потому, что физики хорошо представляют, как они устроены снаружи, что происходит с веществом, когда оно туда падает, но огромная интрига связана с внутренним строением черных дыр. Мы до сих пор ничего не знаем об этом, за исключением некоторых научных фантазий.

ДВЕРИ В ДРУГИЕ МИРЫ

– Расскажите о самых невероятных из них?

– В рамках этих фантазий существуют самые фантастические гипотезы, например, что внутри черных дыр может быть бесконечный объем, там могут быть свои внутренние Вселенные, и при об-

разовании новой черной дыры внутри могут образовываться целые Вселенные с бесконечным объемом.

И тогда эта черная дыра превращается в некий «мост» или портал в другую Вселенную. Этот «мост» имеет название тоже в честь Эйнштейна – «мост Эйнштейна – Розена».

После того как в звезде заканчиваются ядерные реакции, она начинает сжиматься, этот процесс не может быть ничем остановлен и протекает все быстрее, доходит до состояния, когда свет уже не может выйти наружу, так образуется черная дыра. И в этот момент, когда начинает образовываться горизонт событий, внутри черной дыры начинает формироваться край новой Вселенной с бесконечным объемом. Таково одно из предсказанных решений общей теории относительности. Правильно оно или нет – придется выяснять в дальнейшем, но сегодня данная гипотеза активно обсуждается.

Другой вариант возникновения таких Вселенных – квантовые флуктуации. Сейчас весь научный физический мир думает о «теории всего и вся» или теории квантовой гравитации, но пока что самой теории нет, это, скорее, наука будущего. Она должна объединить квантовую механику и теорию гравитации. Если такая теория появится, мы сможем утверждать, что знаем о нашей Вселенной практически все. Сегодня же мы можем делать некие предсказания: если наш мир устроен так, что его свойства определяются свойствами квантовой гравитации, то во Вселенной могут возникать флуктуации в виде «затравочных» или «дочерних» Вселенных (микроскопический объект, который возникает во флуктуациях вакуума, подобно тому, как в переохлажденном паре возникают капельки воды, начинает очень быстро,

со скоростью света, расширяться). Мы их не видим только потому, что они находятся страшно далеко от нас – дальше, чем граница космологического горизонта (граница наблюдаемой Вселенной, откуда мы еще видим свет, примерно 14 миллиардов световых лет).

Сама же Вселенная имеет размеры гораздо больше этих 14 миллиардов световых лет, и для этой всеобъемлющей Вселенной физики придумали термин «Мультивселенная», Multiverse. В рамках этой гипотезы Мультивселенная состоит из бесконечного количества Вселенных типа нашей, а Большой взрыв,

давший 14 миллиардов лет назад начало нашей Вселенной, – лишь частный эпизод в жизни огромной Мультивселенной. У нее нет ни начала ни конца, и по-другому ее еще называют пространственно-временной пеной. Описать ее сейчас физики пока не могут, могут только лишь фантазировать, опираясь опять же на уравнения теории квантовой механики и теории гравитации. В рамках этих фантазий разновидностью черной дыры может быть так называемая кротовая нора, могут быть «белые дыры», откуда, наоборот, только все вылетает, но это все пока лишь гипотезы.



Художественная интерпретация (Alain r) червоточины с точки зрения наблюдателя, пересекающего горизонт событий червоточины Шварцшильда, которая является мостом между двумя Вселенными. Наблюдатель, подошедший справа, и другая Вселенная становятся видимыми в центре тени кротовой норы, когда пересекается горизонт событий. Наблюдатель видит свет, который попал внутрь черной дыры из другой Вселенной. Однако другая Вселенная недоступна в случае червоточины Шварцшильда, так как мост разрушится быстрее, чем наблюдатель пересечет его, и все, что попало за горизонт событий из любой Вселенной, будет раздавлено в сингулярности.

В ОЖИДАНИИ «МИЛЛИМЕТРОНА»

– С теорией разобрались, а что с практическим изучением? Вы упомянули открытие гравитационных волн, какие еще исследования ведутся сегодня?

– Наука экспериментальная уже вышла на такую стадию, что черные дыры становятся нашим повседневным объектом. Как я уже сказал, через два-три года мы увидим тень черной дыры в центре Галактики, и в том числе благодаря информации, которую получает наш «Радиоастрон».

А дальше нужно будет эту тень изучать более детально, и опять же, существует замечательный по своим идеям российский проект «Миллиметронтрон». Как видно из названия, это радиотелескоп миллиметрового диапазона электромагнитных волн, который позволит увеличить угловое разрешение в тысячу раз по сравнению с «Радиоастроном». Взаимодействие «Миллиметронтрона» с земными телескопами позволит нам уже детально изучать, что происходит вблизи черной дыры в центре Галактики. В том числе эти детали позволят нам проверить саму теорию относительности Эйнштейна, потому что она у нас в течение последних 100 лет проверялась в режиме слабого поля, когда луч света вблизи Солнца немножко отклоняется и происходит замедление времени небольшое между самолетом на Земле и самолетом, летящим на высоте 10 километров. Этот измеренный и наблюдаемый эффект называется слабым гравитационным полем, и наконец-то наука вышла на самые выдающиеся и нетривиальные предсказания теории относительности Эйнштейна – черные дыры.

Физики уже сейчас думают заранее о том, что, возможно, и сама теория относительности – не конечная теория гравитации, а су-

ществуют ее какие-то модификации, что называется, «обобщение теории гравитации». Этих модификаций уже сейчас существует огромное количество, и наш будущий проект «Миллиметронтрон» даст возможность ученым выяснять, какие теории, обобщающие теорию гравитации, правильные, и это подстегнет и теоретическую часть фундаментальной науки, и экспериментальную.

Современный уровень технологии позволяет реализовать проект «Миллиметронтрон», потому что для его реализации нужно иметь телескоп в субмиллиметровом диапазоне длин волн, такое зеркало металлическое, и таких телескопов на Земле уже десятки существуют, нужно только его забросить в космос и организовать сбор данных при взаимодействии его с остальными радиотелескопами на Земле такого же уровня.

И представляется, что открытие черной дыры в центре Галактики в виде ее изображения через два-три года подстегнет научное сообщество к тому, что на практике будет реализован и проект «Миллиметронтрон». Вот такие перспективы на ближайшие годы именно в этой науке.

Потому что, опираясь на это знание, мы ориентируемся в жизни. Мы знаем, как устроен мир, знаем, чего ожидать – от Вселенной, от нашей матушки-Земли, атмосферы, и это дает нам знание, откуда мы это знаем – потому что мы знаем законы природы. Поэтому наука необычайно важна для человечества, и недаром человечество тратило, тратит и будет тратить колоссальные усилия на ее развитие. И в частности, одна из основных целей Российской академии наук – изучение фундаментальных законов природы и открытие новых законов природы, а прикладные исследования – это уже второстепенная часть.

– Спасибо большое за интервью!

© Фалилеев М. Н., 2018



История статьи:

Поступила в редакцию: 10.01.2018

Принята к публикации: 16.02.2018

Модератор: Плетнер К. В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Фалилеев М. Н. Черные дыры: «пожиратели» света, помощники эволюции и двери в другие Вселенные // Воздушно-космическая сфера. 2018. №1. С. 94–101.

ПРОЕКТ «МИЛЛИМЕТРОН»

Теплозащитные
экраны

Криозэкранный
активного
охлаждения антенны

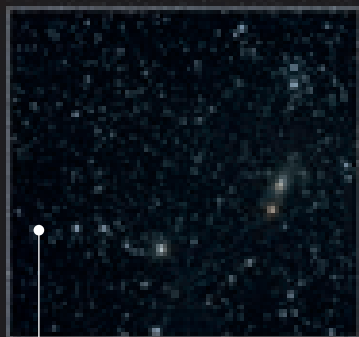
Радиаторы

Раскрываемая
параболическая
антенна:

- диаметр 10 м
- 24 лепестка из высокопрочного углепластика
- точность поверхности 10 мкм

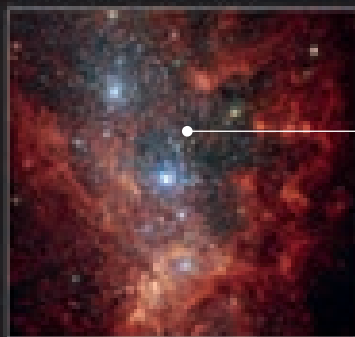
«Миллиметрон» – первый российский телескоп миллиметрового и субмиллиметрового диапазона на орбите

НАУЧНАЯ ПРОГРАММА МИССИИ «МИЛЛИМЕТРОН»



ФОНОВОЕ ИНФРАКРАСНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

- Максимум на длине волны 300 мкм
- Создано далекими галактиками, которых так много, что они почти сливаются
- «Миллиметрон» сможет наблюдать отдельные галактики



ОБЛАСТИ ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ

Пылевая оболочка скрывает от наблюдателя излучение в видимом и ближнем ИК-диапазонах

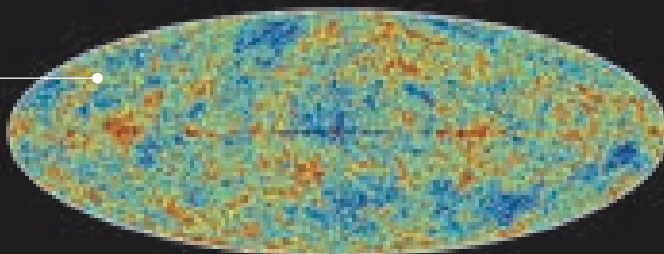
«МИЛЛИМЕТРОН» ПОЗВОЛИТ ИЗУЧАТЬ

- Кинематику турбулентных течений газа с помощью спектроскопии
- Роль магнитного поля с помощью измерений поляризации

ФОНОВОЕ МИКРОВОЛНОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

- Максимум интенсивности на длине волны 1 мм
- Реликтовое излучение, возникшее спустя 300 тыс. лет после Большого взрыва
- Наблюдение эффекта Сюняева – Зельдовича на скоплениях галактик
- Уточнения свойств темной энергии и темной материи

- 0,20



INTERSTELLAR MESSENGER — OUMUAMUA

Maxim N. FALILEYEV,
Main expert
Centre for Ground-Based Space Infrastructure Operation,
Moscow, Russia,
moojaa@mail.ru

ABSTRACT | ON OCTOBER 19, 2017, ASTRONOMERS DISCOVERED A TOTALLY UNIQUE ASTEROID IN THE SOLAR SYSTEM. THE DISCOVERY WAS CALLED ONE OF THE MOST IMPORTANT ASTRONOMICAL EVENTS OF 2017.

Keywords: *asteroid, celestial object, Oumuamua*

МЕЖЗВЕЗДНЫЙ ВЕСТНИК — ОУМУАМУА

Максим Николаевич ФАЛИЛЕЕВ,

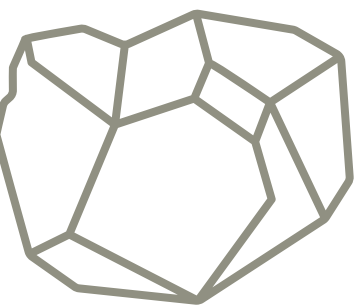
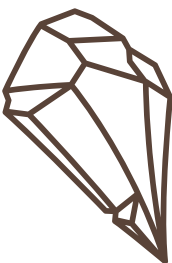
ведущий специалист федерального государственного унитарного
предприятия «Центр эксплуатации объектов наземной космической
инфраструктуры», Россия, Москва,
tooja@mail.ru

АННОТАЦИЯ | 19 ОКТЯБРЯ ПРОШЛОГО
ГОДА АСТРОНОМЫ ОБНАРУЖИЛИ В
СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ СОВЕРШЕННО
УНИКАЛЬНЫЙ АСТЕРОИД. ЕГО ОТКРЫТИЕ
ПО ПРАВУ ФИГУРИРУЕТ В СПИСКАХ
ВАЖНЕЙШИХ АСТРОНОМИЧЕСКИХ
СОБЫТИЙ 2017 ГОДА.

Ключевые слова: астероид, небесное
тело, Оумуамуа



Натан Андреевич ЭЙСМОНТ,
ведущий научный сотрудник
отдела космической динамики
и математической обработки
информации Института
космических исследований РАН,
кандидат технических наук



Астероид имеет удивительную форму – при его вытянутости по оси около 250 метров поперечник составляет всего 30–40 метров (ученые даже сравнили это космическое тело с сигарой).

Спектральный анализ астероида показал нехарактерный красноватый цвет – по одной из гипотез, это результат воздействия межгалактических лучей, что и привело к образованиям на поверхности астероида железистых окисляющих соединений. И главное – орбита, по которой «путешествовал» столь необычный объект, не оставляла сомнений: впервые в истории наблюдений ученые зафиксировали межзвездный объект, прилетевший в нашу Солнечную систему из-за ее пределов.

Загадочному гостю дали соответствующее имя – Оумуамуа, в переводе с гавайского – «вестник, прибывший издалека». Сотрудники гавайской обсерватории Мауна-Кеа стали первыми, кто обнаружил межзвездный объект, и долгое время, наблюдая за его орбитой, считали, что это одна из комет, появившихся из пояса Койпера или облака Оорта (областей скопления комет и астероидов на границе Солнечной системы: пояс Койпера расположен на расстоянии в 20 астрономических единиц, облако Оорта – в 200 астрономических единиц).

По мере наблюдений, впрочем, эта догадка не подтвердилась – ведь кометы оставляют за собой хвост газа или пыли, а у необычного астероида не было ни того ни другого.

Тогда и вспомнили про гипотезу, согласно которой время от времени в Солнечную систему залетают «пришлые» космические тела.

Говорит Натан Эйсмонт, ведущий научный сотрудник отдела космической динамики и математической обработки информации Института космических исследований РАН: «До сих пор подобные объекты заметить не удавалось,

и то, что сумели заметить астрономы на Гавайях, можно даже в некоторой степени назвать "везением". Дело в том, что обсерватория Мауна-Кеа, как и десятки подобных по всему миру, сегодня ведет целенаправленные наблюдения за астероидами, в первую очередь – за потенциально опасными для Земли».

В 2005 году был открыт астероид Апофис, максимальный размер которого 300 метров, была посчитана и вероятность его столкновения с Землей 12 апреля 2036 года – больше чем 1,5%! Это очень высокое значение, особенно если принять во внимание силу потенциального воздействия в случае его падения на поверхность Земли – 40–60 млн тонн.

После этого по всему миру были развернуты широкомасштабные подготовительные работы. Чтобы встретить потенциально опасные астероиды во всеоружии, необходимо было прежде всего хорошо определить их орбиту. Правительствами многих стран были выделены деньги на разработку и создание специальных телескопов. Телескоп Мауна-Кеа, который обнаружил первый межзвездный астероид, как раз и был создан в рамках этой программы.

Одна из важнейших специальных характеристик таких телескопов – довольно большое поле зрения. При этом, каким бы огромным ни было поле зрения, все равно всего неба одним телескопом не увидишь. Поэтому такие телескопы в соответствии с принятой программой смотрят то в одном направлении, то в другом. Оумуамуа попал в поле зрения телескопа на Гавайях довольно случайно, но после открытия астероида все наблюдательные мощности были направлены на дальнейшее его изучение.

Натан Эйсмонт продолжает: «Сейчас Оумуамуа удаляется от Земли, наблюдения будет проводить труднее. За это время наверняка удастся сделать еще какие-то измерения, конечно, но

РАЗМЕРЫ ДЛЯ СРАВНЕНИЯ:

ЧИКСУЛУБ
(один из самых крупных астероидов, столкнувшихся с Землей): около 10 км. Энергия удара оценивается в 100 терадтонн в тротиловом эквиваленте

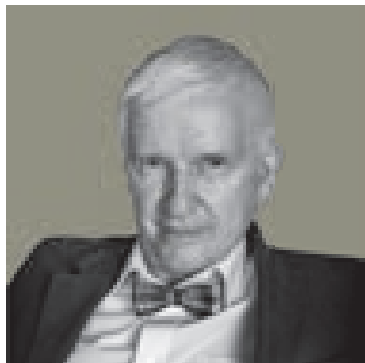
АПОФИС:
от 310 до 340 метров

ОУМУАМУА:
230 x 35 x 35 метров

ЧЕЛЯБИНСКИЙ МЕТЕОРИТ:
19,8 метра в поперечнике



ЗАГАДОЧНОМУ АСТЕРОИДУ ДАЛИ СООТВЕТСТВУЮЩЕЕ ИМЯ – ОУМУАМУА, В ПЕРЕВОДЕ С ГАВАЙСКОГО – «ВЕСТНИК, ПРИБЫВШИЙ ИЗДАЛЕКА». СОТРУДНИКИ ГАВАЙСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ МАУНА-КЕА СТАЛИ ПЕРВЫМИ, КТО ОБНАРУЖИЛ МЕЖЗВЕЗДНЫЙ ОБЪЕКТ.



Борис Михайлович ШУСТОВ,
член-корреспондент РАН,
Институт астрономии РАН
(ИНАСАН)

тем не менее такой уникальный случай – познакомиться с объектом, который прилетел из другой звездной системы, – это большая удача, и не воспользоваться этой удачей при существующих наблюдательных ресурсах было бы непростительным промахом. На данный момент Оумуамуа уже обогнул Солнце, пролетев где-то в районе орбиты Меркурия, и удаляется из Солнечной системы. Приблизительно в мае следующего года он пролетит в районе орбиты Юпитера и дальше, еще примерно через полгода, пролетит Сатурн, после чего улетит из нашей системы, покинув ее, по-видимому, навсегда».

Поскольку для обнаружения и наблюдения Оумуамуа, его параметров и характеристик были задействованы серьезные ресурсы, научное сообщество резонно ожидает каких-то новых результатов. Впереди – публикации в научных журналах сведений, касающихся этого астероида, которые, возможно, прольют свет на какие-то до сих пор не ожидаемые свойства такого рода объектов, – что затем можно будет попробовать сравнить с тем, что мы знали об астероидах до сих пор.

Впрочем, одну из загадок можно разрешить уже сегодня – откуда именно прибыл астероид Оумуамуа. Согласно некоторым гипотезам, «место рождения» уникального астероида – созвездие Лиры.



А В ИНСТИТУТЕ АСТРОНОМИИ РАН ПРЕДСТАВИЛИ СИСТЕМУ ОБНАРУЖЕНИЯ ДНЕВНЫХ АСТЕРОИДОВ СОДА – ПРОЕКТ, КОТОРЫЙ НАПРАВЛЕН НА ОБНАРУЖЕНИЕ ОПАСНЫХ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ, ПРИБЛИЖАЮЩИХСЯ К ЗЕМЛЕ СО СТОРОНЫ ДНЕВНОГО НЕБА.

СОДА ВО СПАСЕНИЕ

Еще до того, как глобальная система обнаружения астероидов была запущена, человечеству было известно около восьми тысяч так называемых потенциально опасных астероидов, орбита которых пересекает орбиту Земли. Что означает «потенциально опасный»? Если даже в ближайшие 100 или 1000 лет столкновения с Землей не случится, то полностью такую возможность исключать нельзя – просто в силу того, что подобные объекты регулярно пересекают плоскость и орбиту Земли. За 10 лет работы системы открыто уже около 18 тысяч потенциально опасных космических тел, то есть примерно по тысяче астероидов в год. Это не просто наблюдение – их открывают таким образом, что их орбиту можно дальше предсказать с различным уровнем точности, в том числе – на ближайшее столетие.

Подобные небесные тела нельзя обнаружить никакими наземными или околоземными оптическими телескопами и радаром. Оптические телескопы не работают по понятной причине – рассеянный свет забивает информа-

цию, которая приходит с дневного неба от небесных тел, а радары наиболее действенны на коротких расстояниях, когда обнаружение уже становится достаточно бессмысленным – за несколько минут до столкновения информацией не воспользуешься.

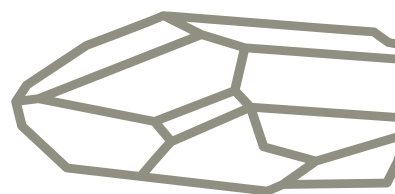
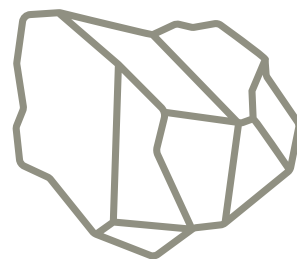
При этом таких тел много, статистика показывает, что как минимум половина из обнаруженных астероидов потенциально опасны. И обнаруживать их хотя бы с целью предупреждения, реализации простейших программ гражданской обороны просто необходимо. Все помнят метеорит, взорвавшийся в небе над Челябинском в феврале 2012 года, когда помимо причинения материального ущерба пострадали люди.

Говорит Борис Шустов, научный руководитель Института астрономии РАН (ИНАСАН): «У всех возникли естественные вопросы – почему астрономы нам заранее об этом не сообщили? Во-первых, Челябинский метеорит пришел со стороны Солнца. Решить эту проблему и призван проект СОДА. Система представляет собой в общем-то довольно простую идею – размещение телескопа на расстоянии примерно в 1,5 млн километров между Землей и Солнцем в окрестности так называемой точки Лагранжа (L1). Динамическая особенность этой точки такова, что тело, помещенное в эту точку или в окрестностях этой точки, будет без затраты всякого топлива сопровождать Землю, не отставая и не убегая. Сегодня точку Лагранжа используют для размещения аппаратов, которые наблюдают Солнце».

Борис Шустов уверен: для того чтобы обнаружить тело типа Челябинского метеорита, декаметровые и более, достаточно совсем небольшого телескопа диаметром до 30 см. Это весьма скромный по современным понятиям инструмент даже для космоса, однако вполне способный обнаруживать такие тела.

Предупрежден – значит вооружен. Но что дальше? Расчетное время действия системы – 3–4 часа. Пока СОДА не способна полностью предотвратить или тем более отменить столкновение. Отсюда и скромные задачи, то есть главная задача СОДА – предупредить о возможном столкновении. У астрономов уже сегодня существует серьезное взаимодействие с коллегами из МЧС. По расчетам специалистов по чрезвычайным ситуациям, времени в 3–4 часа достаточно для того, чтобы провести первичные меры по гражданской обороне и попытаться уменьшить ущерб. Поэтому СОДА должна обеспечить, чтобы за несколько часов до столкновения система не только обнаружила тело, но и позволила максимально точно вычислить его орбиту и точку входа в атмосферу. Затем физики, которые занимаются расчетами точки входа в атмосферу различных тел, могли бы очертить район максимального поражения, из которого может потребоваться эвакуация.

Данный проект уже был представлен на обозрение экспертам из Совета по космосу РАН, прошел оценку в ЦНИИмаш и получил положительные отзывы. Дело за реализацией и включением его в реальную программу. «Мы рассмотрели все составляющие проекта – и сам телескоп, и приемники излучения, и систему накопления и сброса информации, и орбитальные характеристики этого телескопа – и, в общем-то, показали, что задача по его созданию и выводу на орбиту вполне решаемая. Конечно, по стоимости это не то что наземный телескоп – космические проекты всегда дорогие, тем не менее мы рассматриваем его как проект небольшой стоимости, а главное – реализуемый, даже в короткое время», – заключает Борис Шустов.



© Фалилеев М. Н., 2018



История статьи:

Поступила в редакцию: 26.02.2018
Принята к публикации: 27.02.2018

Модератор: Дмитриук С. В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Фалилеев М. Н. Межзвездный вестник – Оумуамау // Воздушно-космическая сфера. 2018. № 1. С. 102–107.

CHELOMEY'S PLANETARY CONTROL

Alexandr I. MERZHANOV,
ASJ writer,
merzhanov@mail.ru

ABSTRACT | VLADIMIR CHELOMEY WAS THE MAN TO WIN THE NUCLEAR WAR. IT WAS HIS PERSONAL RESPONSIBILITY TO SECURE THE SAFETY OF THE USSR WITH THE HELP OF SPACE TECHNOLOGIES. HE WAS ONE STEP AHEAD OF HIS TIME AND SUCCESSFULLY COMPETED IN SPACE INVENTIONS WITH RESEARCHERS FROM OTHER COUNTRIES. THE EARTH WAS ONCE UNDER HIS ENTIRE CONTROL.

Keywords: *Vladimir Chelomey, designer, satellite, rocket, defense*

A full-page background image showing an astronaut in a white spacesuit standing on the rocky surface of the Moon. The astronaut's arms are slightly raised. In the background, the Earth is visible as a large, curved horizon with blue oceans and white clouds, set against the blackness of space with a bright sun or star on the left.

ПЛАНЕТАРНЫЙ КОНТРОЛЬ ЧЕЛОМЕЯ

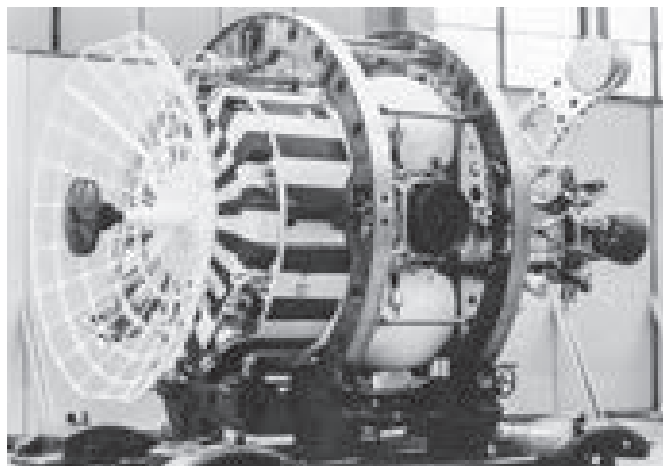
Александр Игоревич МЕРЖАНОВ,
сотрудник журнала ВКС,
merzhanov@mail.ru

АННОТАЦИЯ | ВЛАДИМИР ЧЕЛОМЕЙ – ЧЕЛОВЕК, КОТОРЫЙ ПОБЕДИЛ ЯДЕРНУЮ ВОЙНУ И ВЗЯЛСЯ ЛИЧНО ОТВЕЧАТЬ ЗА БЕЗОПАСНОСТЬ СВОЕЙ СТРАНЫ С ПОМОЩЬЮ КОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ. ОН БЫЛ НА ШАГ ВПЕРЕДИ И СВОЕГО ВРЕМЕНИ, И КОСМИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК ДРУГИХ СТРАН. ПОД ПОЛНЫМ КОНТРОЛЕМ ЕГО СИСТЕМ БЫЛА ВСЯ ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ.

Ключевые слова: Владимир Челомей, конструктор, спутник, ракета, оборона



В. Н. Челомей и первый заместитель главнокомандующего РВСН СССР, председатель Государственной комиссии по испытаниям орбитальной станции «Алмаз» М. Г. Григорьев в НПО машиностроения. Между ними – главный ведущий конструктор по орбитальной пилотируемой станции «Алмаз» В.А.Поляченко /1976/



ИС – «истребитель спутников»

ОРБИТАЛЬНЫЙ ИСТРЕБИТЕЛЬ

Юрию Гагарину принадлежит до сих пор не побитый мировой рекорд – высота полета на одноместном космическом корабле. Гордиться этим рекордом не принято: ракета-носитель вынесла первого космонавта на нерасчётную орбиту, и приземлялся он сложно, ведь по-настоящему управлять полетом космических аппаратов в те годы не умели. Поэтому запуск первого маневрирующего спутника «Полет-1» 1 ноября 1963 года стал сенсацией. Он управлялся с Земли и мог менять не только высоту, но и наклонение орбитальной плоскости относительно экватора. Но в сообщениях ТАСС умалчивались и фамилия генерального конструктора спутника Владимира Челомея, и истинное назначение самого аппарата.

– Это был прототип космического истребителя, – рассказывает почетный ветеран НПО машиностроения, заслуженный испытатель космической техники Владимир Абрамович Поляченко. – Система, на которой мне довелось быть ведущим конструктором, называлась ИС – «истребитель спутников». Маневрирование требовалось, чтобы сблизиться с аппаратом противника примерно до 400 метров, потом срабатывали осколочно-боевые части, выстреливая пучком шрапнели. Хотя взрыватели на штангах и вынесены вперед, наша машина тоже погибала, но противник выводился из строя гарантированно. В 1968-м был осуществлен первый перехват специально выведенного спутника-мишени, а в 1978-м система была принята на вооружение и простояла на боевом дежурстве до 1993-го.

Формально на вооружении стояла не совсем челомеевская система. Конструктору не дали даже закончить испытания после смещения Хрущева, все разработки передали в КБ-1 Госкомитета по радиоэлектронике, кроме работ по спутнику-перехватчику ИС. Однако и спутник, и вся идеология системы ИС остались практически в том виде, как их задумал Челомей.

– Эти аппараты дежурили не в космосе, – поясняет Владимир Поляченко, – они были «заряжены» в ракеты, хранившиеся на Земле в специальных укрытиях в 15–20-минутной готовности к старту. По тревоге ракета автоматически выезжала к стартовому столу, становилась в вертикальное положение, и – старт. Спутник выходил на орбиту, совершал один оборот, во время которого находил заданную цель, а на втором витке следовали коррекция и уничтожение. Можно сказать, что благодаря появлению этой системы и завязалась гонка вооружений в космосе – пресловутые «звездные войны». Но первыми начали создавать противоспутниковое оружие именно американцы, однако они не очень-то в этом деле преуспели.

Космические истребители Челомея были не наступательным, а оборонительным оружием глобальной космической разведывательной системы. И системой этой Владимир Николаевич задумал накрыть всю планету, еще когда космонавтика делала первые шаги. Тогда это казалось не только невозможным – этого просто никто не понимал.

– 1960 год, Сергей Павлович Королёв запустил свои спутники, – вспоминает Владимир Поляченко. – Это ведь экспериментальные машины были. Челомей же решил поставить космонавтику на оборонительные задачи страны.



Тренировка группы спецконтингента по прыжкам с парашютом (шестой слева – Д. А. Ююков)

И – сразу систему. То есть не один спутник, а сразу семь для беспропускного зондирования акватории Мирового океана. Мне доводилось бывать у Сергея Королёва, когда мы согласовывали запуски первых наших спутников на его ракетах – собственных у нас еще не было. Сергей Павлович изумлялся: «Вы что? Какая боевая система? Космос изучать надо!» Даже он не понимал наш подход к космонавтике, нашу систему.

«ЛЕГЕНДА» ДЛЯ ПОВЕЛИТЕЛЕЙ ОКЕАНОВ

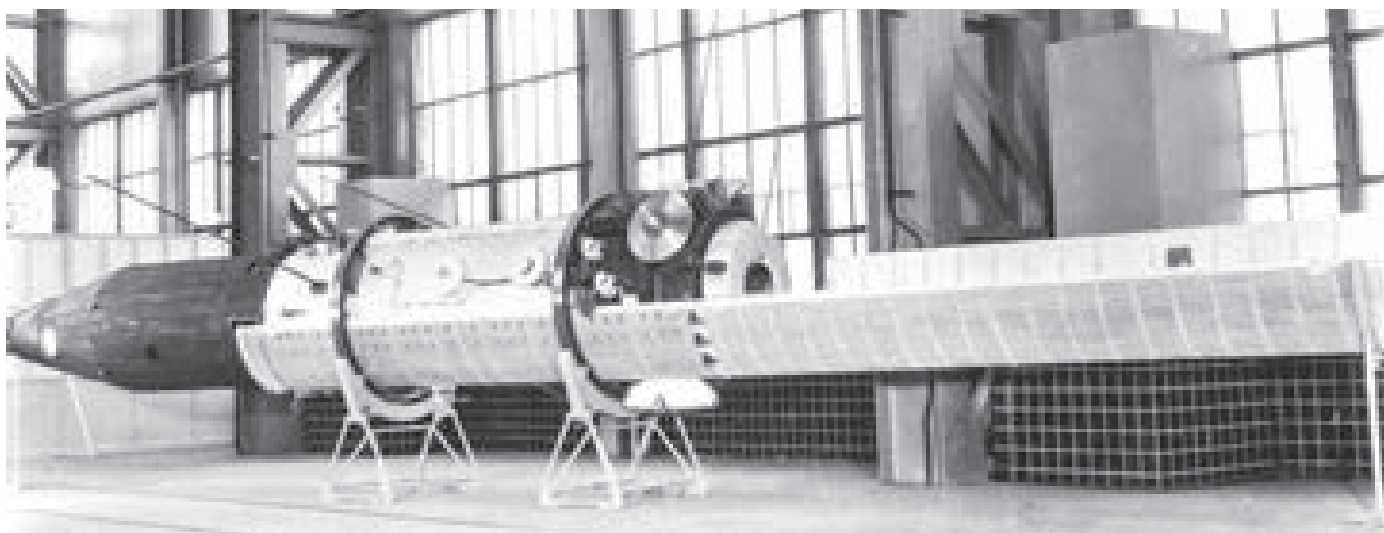
К началу 1960-х годов почти все противокорабельные ракеты советского ВМФ были детищами Владимира Челомея. Они позволяли открыть огонь по противнику, оставаясь невидимыми. Дальность в 300, 500 и более километров намного превышала возможности вражеских радаров обнаружения. Картину портила всего одна деталь – наши корабельные локации, которые должны были найти цель, были ничуть не лучше. Выход из тупика был один – космос. Нужен был спутник, а лучше сразу несколько, чтобы держать под тотальным контролем весь Мировой океан. Так родилась челомеевская «Легенда» – система морской космической разведки и целеуказания для ВМФ СССР.

– Владимир Николаевич и кооперацию создал! Спутниковая группировка требовала системы, которая надежно, а главное, оперативно доводила бы полученную информацию, – рассказывает Владимир Поляченко. – Такую сделали в КБ-1. Она могла принять информацию со спутника и сбросить на наземный пункт приема на территории СССР, отсюда в Главный штаб ВМФ

– Владимиру Николаевичу было всего 30 лет, когда он в 1944 году начал в собственном КБ заниматься крылатыми ракетами, их тогда называли самолеты-снаряды, – рассказывает Владимир Абрамович Поляченко. – Иногда говорят, что он копировал Фау-1. Естественно, что эти трофеи после войны передали ему, но пульсирующий воздушно-реактивный двигатель он разработал независимо от немцев. Делая крылатые ракеты в основном для ВМФ, именно он в 1950-х годах додумался до складывающегося крыла, чтобы уложить ракеты в специальный контейнер подводной лодки, где был свой постоянный микроклимат. Сейчас весь мир так делает – не придумано ничего нового. А уж когда к 1960-м годам его ракеты стали бить за радиогоризонт, Челомей и начал разработку космических аппаратов, чтобы от них получать целеуказания. Но мы ведь, ракетчики, в те времена где-то у Земли ползали и не понимали, что такое орбитальный, межпланетный полет, спуск с орбиты. Учились буквально на ходу. К нам прямо в КБ приезжали ведущие сотрудники ЦАГИ, НИИ-1, Академии наук и читали лекции – какая форма должна быть у спускаемого аппарата, где напряженность теплотока больше или меньше, что такое точка Лагранжа и так далее. И все это Владимир Николаевич заставлял не только нас учить – он сам слушал и учился.

Владимир Абрамович ПОЛЯЧЕНКО,

заслуженный испытатель космической техники, почетный ветеран предприятия НПО машиностроения, главный ведущий конструктор системы «ИС» с первым маневрирующим спутником «Полет» орбитальной пилотируемой станции «Алмаз»



УС-А (управляемый спутник активный)

и дальше – на корабль или подлодку. Везде вычислительные машины, моментальная обработка информации. Так постепенно завязывалась наша система.

Конечно, спутники-разведчики требовали управления. Их так и называли – УС, что значит «управляемый спутник». Их орбиту нужно было постоянно корректировать, чтобы они могли лучше видеть цель, максимально прижимаясь к Земле с ее атмосферным влиянием. Двигатели ориентации и стабилизации включались постоянно – топлива хватало на три месяца, после чего спутник топили в океане, а группировку дополняли новым. Но главная трудность оказалась отнюдь не в том, чтобы создать управляемый аппарат.

ЯДЕРНЫЕ ОРБИТЫ 1970-Х

Аккумуляторные батареи были тяжелыми и быстро разряжались, солнечные батареи не позволяла использовать атмосфера, в итоге опять пришлось быть первыми и ставить атомную энергоустановку. Она долговечна, компактна, и к тому времени такие в СССР делать научились. На вооружение система была принята в 1975 году, но первые испытания начались еще в 1968-м, и поначалу казалось, что для землян использование атомных установок абсолютно безопасно.

– Когда кончается топливо, спутник надо сводить с орбиты и топить в океане, – объясняет Владимир Абрамович. – А что же делать с атомной энергоустановкой? Придумали следующее. В конце срока существования спутника атомная установка отделялась, и собственные двигатели уводили ее на высоту захоронения – это пример-

но 800 километров. Сопротивления ведь там никакого нет – наши установки до сих пор там летают и еще сотни лет крутиться будут.

Но с этими спутниками случались аварии. К примеру, в январе 1978-го аппарат системы, зашифрованный как «Космос-954», потерял управление и упал в малозаселенный район Канады. Был международный скандал. В начале 1983 года в Атлантику упала не сумевшая выйти на орбиту захоронения атомная установка «Космос-1402». В итоге под давлением Запада в 1988 году работа над этой серией спутников была свернута. Но сама система морской космической разведки и целеуказания продолжила службу.

– Атомные энергоустановки стояли на спутниках серии УС-А (активный управляемый спутник), – продолжает наш собеседник, – но были и пассивные спутники. Аппараты не с локаторами, а с радиопеленгаторами. Ведь на боевых кораблях много своих радарных, то есть излучающих, систем, и их излучение прекрасно можно ловить в космосе. А по нему не только координаты определяются, но и тип судна. При этом спутники УС-П потребляют в разы меньше энергии и летают уже на высоте 470–475 км, а это позволяет развернуть солнечные батареи. И срок жизни такого аппарата – год и больше.

ВСЕВИДЯЩЕЕ ОКО: ОРБИТАЛЬНАЯ РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНАЯ КРЕПОСТЬ

В 1964 году Владимир Челомей начал создавать ядерный щит страны. Именно благодаря его баллистическим «соткам» – ракетам УР-100 – Советский Союз всего за три года достиг паритета с Соединенными Штатами.

Но конструктору этого было мало. Его ядерный щит – это слепая ударная система. В ракеты вкладывались данные о целях, но не было гарантии, что эти данные не устарели. Чтобы оживить систему, ей нужен был собственный оперативный и тотальный контроль территории потенциального противника.

Система морской разведки не годилась, нужно было видеть картину еще и из космоса. В те годы уже были и спутники-фоторазведчики «Зенит», и проект королёвского корабля-разведчика на базе «Союза». Трудность была в громоздкой фото- и телеаппаратуре, которую на небольших кораблях разместить было сложно.

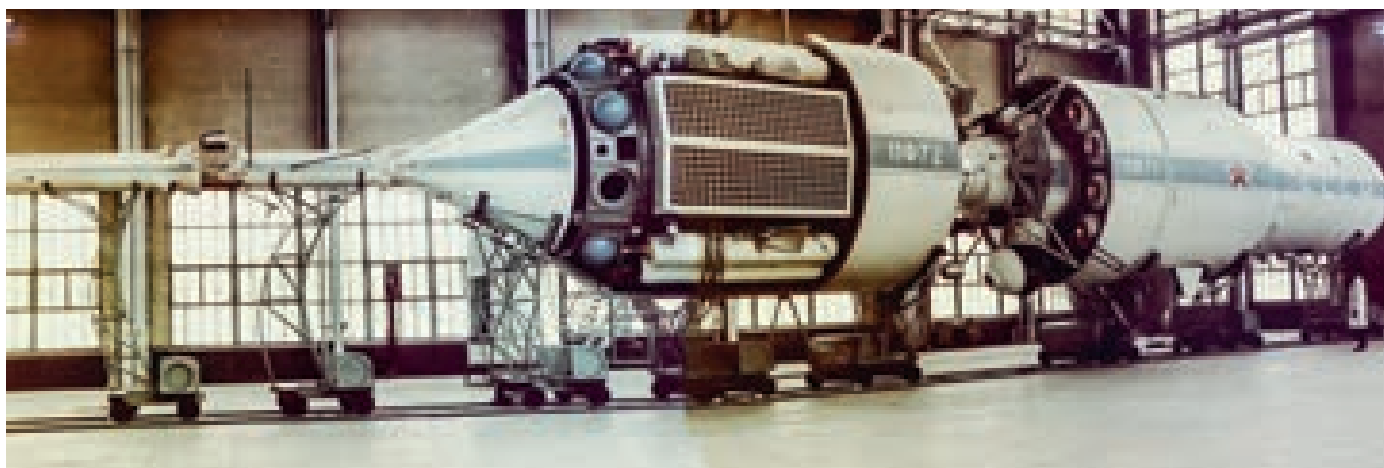
– В октябре 1964-го Челомей предложил проект разведывательной пилотируемой станции «Алмаз». В космос ее должна была выводить ракета «Протон», которая могла поднять на орбиту 20 тонн, – рассказывает начальник научно-исследовательского центра истории предприятия Леонард Дмитриевич Смиривский. – Военные идею приняли с восторгом. Значит, как Челомей видел этот комплекс. Сама орбитальная станция. Экипаж и необходимый груз до пяти тонн к ней доставляет выводимый «Протоном» транспортный корабль снабжения (ТКС) с возвращаемым аппаратом. Орбитальная станция начинена спецаппаратурой для разведки. Прежде всего, это длиннофокусный фотоаппарат «Агат-1» с фокусным расстоянием около 6,5 метров и тремя трактами: фотографическими и фототелевизионным. Помимо него было еще 14 различных фотокамер и аппаратура, на которой просматривали отснятый материал и отбирали наиболее интересные для разведки кадры. Их сбрасывали на Землю оперативно – по телевизионному каналу. А всю отснятую пленку отправляли в специальной капсуле. Первая развединформация с борта «Алмаза» поступила в 1974-м. Полковник Павел Попович и подполковник Юрий Артюхин с высоты около 250 километров две недели тихо исследовали военные секреты блока НАТО, чтобы отправить их в спускаемой капсуле. Дело было новое, поэтому решили не рисковать – отстрел капсулы произвели 23 сентября, когда на станции уже не было экипажа. Это был первый в мире сброс груза в заданный район Земли с орбиты, и сразу удачный.

– Американцы, кстати, зафиксировали этот сброс, – вступает в разговор руководитель одной из служб НПО машиностроения Дмитрий Ююков. – Испугались, даже говорили, что, мол, русские готовят бомбы из космоса сбрасывать.

Задачи бросать бомбы «Алмаз» не имел, но себя защитить мог – это тоже было впервые в мире. Американские боевые спутники –

– Я после окончания института попал на фирму Челомея сразу на программу создания ракеты УР-100, – вспоминает Дмитрий Ююков. – Это, как сейчас говорят, ракетно-ядерный щит родины. В полном смысле слова. В 1963 году у американцев было около 900 ракет на боевом дежурстве, а у нас – менее 200. Меня до сих пор поражает: гигантская программа была реализована всего за три года! Я пришел, когда она только началась в 1964-м, а уже в 1967-м было поставлено 900 изделий! Причем готовность к старту у них была всего три минуты. Потом Челомей весь наш коллектив вдруг отправил на «Протон». Не очень хорошо сначала он шел. Но, кстати, у Челомея частенько первые пуски были неудачными. А потом и «Луна-16», которая грунт на Землю доставила, и луноходы, полеты автоматических станций к Венере, Марсу. Это же все на «Протонах» выводилось – отладили мы его. А после – сам не знаю. То ли я у него как-то отразился, то ли кто-то порекомендовал, но в 1972-м Челомей лично выбрал меня и еще двоих человек. Я за год прошел все комиссии, тренировки и в 1973 получил звание космонавта-испытателя. Тогда как раз полным ходом готовился полет «Алмаза». Я тогда подумал: почему после таких программ не мог продолжить, скажем так, свою личную работу? Мы ведь именно на орбите на нем летать должны были, а не только на Земле дублировать. Но не срослось.

Дмитрий Андреевич ЮЮКОВ,
заслуженный испытатель космической техники, член группы спецконтингента, космонавт-испытатель ЦКБМ



Орбитальный комплекс «Алмаз» в составе транспортного корабля снабжения и орбитальной станции «Алмаз». Полноразмерный макет в цеху НПО машиностроения самого первого проекта – возвращаемым аппаратом с системой аварийного спасения снабжен не только ТКС, но и орбитальная станция (в окончательном варианте возвращаемый аппарат к станции не пристыковывался)

а подобных проектов за океаном хватало – могли столкнуться с системами «Щит-1» и «Щит-2». И если второй проект – ракеты класса «космос – космос» – так и не был реализован, то «Щит-1» поджидал гостей. Чтобы космонавты могли навести свое оружие на цель, имелся специальный перископ кругового обзора. Но стрелять можно было и в беспилотном режиме, по команде с Земли.

– Это была пушка на базе авиационной НР-23 системы Нудельмана – Рихтера, которую доработали для условий безвоздушного пространства, – рассказывает Леонард Смирничевский. – И она стреляла! Провели мы такие испытания опять-таки в беспилотном режиме, перед запуском станции. Телеметрия зафиксировала, что стрельба была, все произошло штатно.

СПЕЦКОНТИНГЕНТ ДЛЯ СПЕЦПОЛЕТОВ

Самым революционным решением на «Алмазе» было то, что рабочая зона помещалась словно внутри гигантского гироскопа, который позволял станции держать строгую ориентацию в пространстве практически не тратя топлива. А еще была беговая дорожка. Ее разместили в просторном предшлюзовом отсеке. Простенькое вроде приспособление, благодаря которому пилотируемая космонавтика превратилась в долговременную.

– В условиях невесомости это самый эффективный снаряд для поддержания физической формы при длительном нахождении в невесомости: дает нагрузку на нижнюю часть тела, а через нее на всю сердечно-сосудистую систе-

му, – объясняет Леонард Смирничевский. – Нельзя было без нее уже, ведь космическая вахта на станции должна была длиться до двух месяцев и более. Николаев с Севастьяновым, например, 18 суток на «Союзе» летали – просто больными вернулись, Николаеву потом из-за этого летать запретили. Кстати, я испытал эту дорожку в невесомости первым. Это было на летающей лаборатории Ту-104.

Леонард Дмитриевич не просто испытывал эту дорожку в летающей лаборатории, а делал это в рамках подготовки к космическому полету. Это был особо секретный отряд из инженеров-конструкторов КБ Челомея, названный «группа спецконтингента». Члены группы прошли жесткий отбор, готовились по полной программе подготовки космонавтов, но были и нюансы. Например, тренировки на аварийное приведение военных космонавтов, утвержденных на полет в «Алмазе». Кажется естественным, что проводились они в аналоге спускаемого аппарата «Союза» – ведь именно на этом корабле они стартовали к станции. Однако группа спецконтингента прошла эту тренировку сразу в аналоге возвращаемого аппарата ТКС.

– Это была идея Челомея – чтобы на его кораблях свои же космонавты летали, – объясняет Леонард Дмитриевич. – Ведь набирали из конструкторов и инженеров, которые эту технику непосредственно разрабатывали и знали ее, что называется, от и до. Дело-то новое, техника тоже. Случись что на орбите, когда помощи ждать неоткуда, – кто, как не мы, разберется? Я в самом первом составе этой группы начал испытания в 1966 году: 70 суток в сурдокамере, предельные перегрузки на центрифуге до 15 g в ГНИИИ авиационной и космической медицины. Позднее, в 1967 году,



Д. А. Ююков, член группы спецконтингента, космонавт-испытатель, в возвращаемом аппарате ТКС

уже официально вышло постановление правительства о привлечении к полетам сотрудников фирм космической отрасли и Академии наук. Через несколько лет в отряд пришел Дмитрий Ююков. Был среди нас и сын генерального – Сергей Челомей.

Генеральный конструктор пытался достичь абсолютной безопасности полетов с помощью спецподготовки космонавтов. По его приказу в одном из корпусов предприятия поставили аналог орбитального «Алмаза» – не макет, а полноценную станцию, которую можно было запустить в космос. И когда на орбитальном «Алмазе» находился экипаж, на его земном собрате жил – именно жил – и работал по той же программе экипаж спецконтингента. Любая нештатная ситуация, возникшая на орбите, решалась ими в аналоге, после инструкции передавались наверх. Так впервые в мире был осуществлен особо сложный ремонт, когда в октябре 1976-го буквально встал вопрос о ликвидации станции. Сначала экипаж Воынова и Жолобова досрочно ее покинул – космонавты сообщили, что чувствуют сильный запах гептила. А после их спуска на «Алмазе» отказал бортовой вычислительный комплекс (БВК). Менять на станции атмосферу и ремонтировать БВК отправились Горбатко с Глазковым, но успех миссии ковали челомеевские космонавты на Земле.

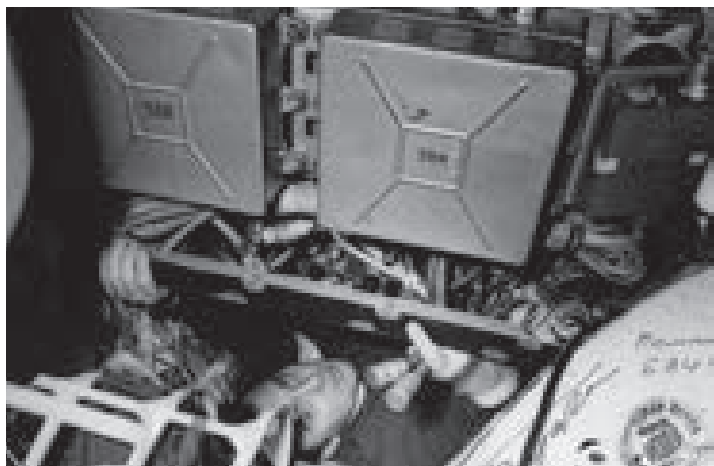
– Я здесь, на аналоге, искал подходы к сломанной аппаратуре – как подлезть, как дотянуться, вынуть, как заменить, – вспоминает бывший член группы спецконтингента, космонавт-испытатель Дмитрий Ююков. – Потом Глазков мои действия в космосе повторил, и БВК заработал. Далее атмосферу меняли, хотя с ней, по словам космонавтов и по данным исследований,

– Максимальный диаметр орбитальной пилотируемой станции «Алмаз» – 4,15 метра, это позволило разместить длиннофокусный фотоаппарат «Агат-1», – рассказывает Леонард Смирчевский. – Диаметр, кстати, взялся не просто так – это диаметр нашего «Протона», максимальный диаметр, который можно провезти всеми видами транспорта, в первую очередь по железной дороге, от Московского машиностроительного завода имени М. В. Хруничева до Байконура. Бытовой отсек имел диаметр 2,9 метра, при выведении станции он закрывался головным обтекателем ракеты-носителя. Здесь был столик, спальные места для двух человек, медицинская аппаратура для детального контроля. Впервые появилась такая вещь, как космический туалет. Под полом разместили инфракрасную аппаратуру для разведки. Может показаться, что станция рассчитана на силу тяжести – компоновка-то горизонтальная. Казалось бы, зачем занимать место, размещая тот же лежак горизонтально, если в невесомости без разницы. Но это ведь самые первые станции. Сначала она стояла в качестве стендового изделия в Институте авиационной и космической медицины, где в ней были отработаны многосуточные тренировочные программы. А когда действующий экипаж был на орбите, в станции-аналоге мог комфортно жить и работать наш экипаж инженеров из группы спецконтингента. Люди, которые в реальном времени должны были проанализировать любую нештатную ситуацию и выдать практически рекомендации работающим на орбите космонавтам.



Леонард Дмитриевич СМРИЧЕВСКИЙ,

заслуженный испытатель космической техники, член группы спецконтингента, космонавт-испытатель ЦКБМ



Космонавт-испытатель Д. А. Ююков отрабатывает ремонт БВК на аналоге «Алмаза» для выдачи рекомендаций экипажу действующей станции. Позднее это фото побывало в космосе (видна печать орбитальной станции)



Тренировка на невесомость (в центре Д. А. Ююков)

полный порядок был. Но Владимир Николаевич Челомей считал, что гарантия безопасности должна быть стопроцентной. И вот мы тут отработали, а потом на орбите по нашим «следам» частично стравливали воздух за борт до безопасного давления, а потом из запасных баллонов наполняли станцию. Мы показали, что в космосе можно работать, ремонтировать, обслуживать технику. Этого не надо бояться. Поломка – не конец экспедиции, не конец полета. Эту очень важную школу для будущих поколений космонавтов мы вместе на «Алмазе» прошли, который все знают как «Салют-5».

Военные пилотируемые станции «Алмаз» в космосе побывали трижды, но ни разу под своим именем – их шифровали под исследовательские «Салют-2», «Салют-3» и «Салют-5». Но то, что «Алмазы» вдруг стали «Салютами», сам Челомей назвал «пиратским набегом на его остров».

«АЛМАЗ» В ЧУЖОЙ ОГРАНКЕ

На «остров» Челомея влезла в первую очередь политика – приближалось 100-летие со дня рождения В. И. Ленина. Самым лучшим подарком к столь знатному юбилею было бы в очередной раз напомнить миру, «кто в космосе хозяин». Запуск первой в мире орбитальной станции был бы неоспоримым аргументом.

К 1970 году уже было готово несколько корпусов «Алмаза», а вот работа над системами жизнеобеспечения и двигателями затянулась. Запускать сырую станцию Челомей отказывался категорически – давить на него было бесполезно. Тогда группа конструкторов из Центрально-

го конструкторского бюро экспериментального машиностроения (ЦКБЭМ, нынешняя корпорация «Энергия») во главе с К. П. Феоктистовым предложила интересный выход из ситуации секретарю ЦК КПСС Д. Ф. Устинову, курировавшему ракетно-космическую промышленность. Тот вынес его на рассмотрение в Политбюро, где тут же вынесли соответствующее постановление о передаче уже готовых корпусов «Алмазов» в ЦКБЭМ.

– Феоктистов в своей книге «Траектория жизни» сам признался, что наши корпуса они забрали именно пиратским способом. Так и пошла станция в космос – наша, но и не наша, – разводил руками Леонард Смиричевский. – Взяли корпус нашего «Алмаза», начинили его системами «Союза», хотя это было подобно тому, что в тело взрослого человека поместить органы ребенка. Но все равно к юбилейной дате не успели. «Салют-1» взлетел только в 1971-м.

Спешка была такой, что возникла путаница в названиях. Станция улетела на орбиту с именем «Заря», потом вспомнили, что так уже назывался первый китайский спутник, запущенный недавно, и в сообщениях ТАСС о станции говорили как о «Салюте».

С тех пор изготовлением станций занялись сразу два КБ: ЦКБЭМ делало научно-исследовательские «Салюты», а челомеевская фирма «Машиностроение» – военные «Алмазы», которые в целях секретности тоже называли «Салют». Только конспирация оказалась, мягко говоря, не совсем уместной.

– Ежу было ясно, что это разные станции, – грустно усмехается Владимир Поляченко, – по составу экипажей, по орбите, по ориентации станции. Наши-то летали поближе к Земле,



Л. Д. Смирчевский показывает капсулу специнформации на стенде музея НПО машиностроения

чтобы вести разведку, а научные «Салюты» повыше, где экономится топливо, поскольку нет остатков атмосферы. Нам надо держать строжайшую ориентацию на земную поверхность, а «Салютам» она по большому счету не важна. Добавьте характер радиосообщений со станций, сброс наших капсул специнформации... В общем, что это военные станции, американцы поняли очень быстро. Пилотируемая разведка слишком заметная получилась. Кроме того, когда в 1976 году на «Салюте-5» – это же наш «Алмаз» – Воынову и Жолобову показалось, что там пахнет гептилом... Это наделало много шума. Конкуренты из «Энергии» в лице того же Валентина Петровича Глушко заговорили, что станция несовершенна.

«Салют-5» оказался последним пилотируемым «Алмазом» на орбите – военные к нему охладели. Появлялась новая аппаратура, нужен был курс на более выгодную беспилотную разведку.

У Челомея уже был проект беспилотных «Алмазов», которые поднимались на орбиту дважды – в 1987-м и в 1991-м при генеральном конструкторе предприятия Герберте Александровиче Ефремове. Начиненные аппаратурой, они прекрасно отработали военные и некоторые научные программы. Но уже было ясно, что будущее за малогабаритными спутниками-разведчиками. Тогда отряд челомеевских космонавтов еще существовал, но ряды его заметно поредели.

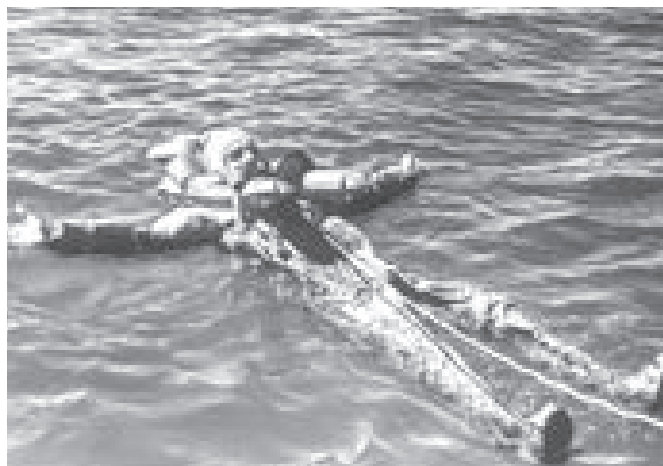
– Я ушел из группы, честно говоря, потому что надежду потерял. Тема закрывалась, – вздыхает Леонард Смирчевский. Занялся кандидатской диссертацией, защитился в 1983 году, стал начальником отдела по новой тематике.

– Капсула специнформации – это полноценный автоматический грузовой спускаемый аппарат со своей теплозащитой, только очень маленький, – рассказывает Леонард Смирчевский. – Специальным манипулятором космонавты загружали ее в пусковую камеру, которая находилась в нижней части шлюзовой камеры орбитальной станции, после чего открывался наружный люк и капсула выбрасывалась. У нее была своя двигательная установка: двигатели закрутки и двигатели раскрутки. Первые обеспечивали стабильный вход в атмосферу и баллистический спуск, а вторые были нужны для прекращения вращения капсулы перед раскрытием парашюта, чтобы стропы не перекрутились. Приземлялась она в Казахстане. Если бы по какой-то причине капсула приземлилась вне советской территории, то сработало бы взрывное устройство, которое уничтожило бы доставленные на Землю пленки и все оборудование.





Космонавт-испытатель Д. А. Ююков (второй слева) на парашютной подготовке



Д. А. Ююков на тренировке по выживанию

– У тех, кто оставался, вся надежда была только на ТКС – их выводить на орбиту еще планировали и, кстати, вывели. Вот мы и продолжали тренировки, – вспоминает Дмитрий Ююков. – Валерий Романов по программе подготовки к полету 10 суток просидел в ТКС, я – в возвращаемом аппарате.

ПОД БЕЗЛИКИМ ШИФРОМ «КОСМОС»

Транспортный корабль снабжения В.Н. Челомея – самый большой одноразовый пилотируемый корабль за всю историю космонавтики. С привычным «Союзом» даже не сравнить – по размерам он ненамного меньше орбитальной станции. Кроме того, у ТКС было два пульта управления: один в возвращаемом аппарате для выведения и посадки, второй в функционально-грузовом блоке для стыковки. Так же, как и на «Союзе», была предусмотрена система спасения экипажа в случае неудачного старта. Однако в отличие от спускаемого аппарата «Союза», возвращаемый аппарат ТКС – опять же впервые в мире – был многоразовым. ТКС трижды запускали в космос на «Протонах», всякий раз шифруя под безликим названием «Космос».

В июле 1977-го взлетел «Космос-929», задачей которого было отработать автономный полет и посадить возвращаемый аппарат. В апреле 1981-го к орбитальной станции «Салют-6» причалил «Космос-1267». Из-за гигантских размеров корабля именно «Салют-6», а вовсе не «Мир», можно считать первой в истории модульной станцией. К тому же совместный полет столь

крупного и тяжелого тандема и был программой испытаний – перейти в ТКС экипаж станции не мог из-за того, что разные стыковочные узлы не позволяли открыть люки. Полноценный полет ТКС состоялся в марте 1983-го, когда он стартовал под именем «Космос-1443».

– Это была полноценная стыковка со станцией «Салют-7». Работавшие на ней Александров и Ляхов высоко оценили наш корабль, – говорит Леонард Смирничевский. – Он легко разгружался, груз перемещался по рельсам. Подвез к люку стыковочного узла, отцепил и перебросил – всего и делов. Кроме того, мы впервые смогли не только доставить, но и вернуть на Землю сразу около 300 килограммов груза.

Пилотируемых полетов ТКС не было. Говорили, что старт запретили сверху из-за гептила, но на самом деле добро не давал сам Челомей. Он считал, что программа испытаний возвращаемого аппарата еще не отработана «до звона», и отказывался рисковать людьми. Но через год конструктора не стало. А потом вдруг выяснилось, что его мощному, комфортабельному и до сих пор современному кораблю просто... нечего возить.

– Стоит ли такой тяжелый и дорогой корабль с таким дорогим носителем использовать для снабжения станций типа «Салют», «Мир» и той же МКС? – говорит Владимир Абрамович Поляченко. – На мой даже взгляд, это будет неверно. Загрузить-то его под завязку, чтобы оправдать старт, просто нечем, даже МКС не требуется столько груза сразу. Это только «Алмазу» для военных целей нужно было много грузов, одних только капсул специформации ТКС привозил сразу восемь штук. ТКС – чисто военный корабль для военной же



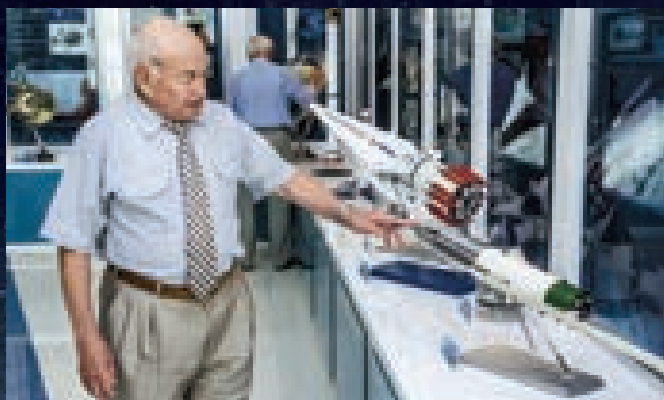
ТКС с возвращаемым аппаратом
и системой аварийного спасения



Макет орбитальной станции «Алмаз». В разрезе видно
расположение фотоаппарата «Агат 1», занимавшего
большую часть объема рабочего отсека. Рядом с макетом
фотоаппарата видно восемь капсул специнформации



Макет ИС в музее
НПО машиностроения



В. А. Поляченко с макетом УС-П (управляемый спутник
пассивный)



Мемориальный каби-
нет-музей академика
В. Н. Челомея по при-
казу генерального
директора – гене-
рального конструктора
Г. А. Ефремова
появился в 2001 году.
Восковая фигура
сделана скульптором
М. Ю. Нестеровым
в 2015 году

станции. Если бы мы вели интенсивную разведку, если бы это оправдалось, такие корабли требовалось бы запускать, может, даже чаще, чем раз в полгода.

К началу 1980-х было построено несколько корпусов для будущих кораблей ТКС, сегодня не осталось ни одного. К счастью, потому что все они пошли в дело – такой удачной оказалась конструкция. Один превратился в научный модуль «Квант» для орбитального комплекса «Мир», другой пригодился при создании прототипа военной лазерной станции «Скиф». Еще один до сих пор в космосе. Из него сделан модуль «Заря», самый первый блок, с которого на орбите началось строительство Международной космической станции. Так корабль, который было невыгодно к МКС запускать, стал ее родоначальником.

ПОСЛЕДНЯЯ ТАЙНА ЧЕЛОМЕЯ

Главной заслугой Владимира Николаевича Челомея был системный подход. У него было не так много отдельных проектов, он охватывал все и сразу. Создавал глобальные системы. Его ракетно-ядерный щит по-прежнему на дежурстве. Да, его ракеты УР-100 Н УТТХ постепенно заменяют на другие. Но ведь Челомей

создал саму структуру этого щита: от наземной, которая включала в себя не только шахтные старты, но и систему позиционных районов, командных пунктов, до орбитальной, которая оперативно отслеживала обстановку и могла себя защитить. Технические решения могли устареть, но система – это надолго.

При этом в последние годы Владимиру Николаевичу было весьма некомфортно работать – у него сложились сложные отношения с министром обороны Устиновым, от которого зависело принятие всех важных решений.

О Владимире Челомее говорили, что в своих проектах он опережал время. А он был всего лишь очень последователен и логичен. Если железная логика требовала невозможного, значит, это невозможное таковым не является – иначе это нелогично. Логично будет, отбросив эмоции, подумать и создать.

О последнем замысле Владимира Николаевича мы не узнаем никогда. А он был. И наверняка очень красивый, стройный, для всех неожиданный, а на самом деле логичный, как и все предыдущие. 8 декабря 1984 года он позвонил из больницы жене и возбужденно заговорил: «Я такое придумал, такое придумал! Я все понял!..» Потом – тишина. Трубка упала. Это были последние слова генерального.

© Мержанов А. И., 2018



История статьи:

Поступила в редакцию: 02.02.2018

Принята к публикации: 15.02.2018

Модератор: Плетнер К. В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Мержанов А. И. Планетарный контроль Челомей // Воздушно-космическая сфера. 2018. №1. С. 108–120.



**Акционерное общество
«Арзамасский приборостроительный
завод имени П. И. Пландина»**



КОНТРОЛЬ НА ЗЕМЛЕ И В ВОЗДУХЕ

607220, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. 50 лет ВЛКСМ, д. 8а

Тел.: +7 (831 47) 7-91-21, 7-93-16

Факс: +7 (831 47) 7-91-25

E-mail: apz@oaoapz.com

www.oapz.com



ВНЕВЕДОМСТВЕННЫЙ ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ
ПО ВОПРОСАМ ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКОЙ СФЕРЫ

ВЭС ВКС

Объединение
профессионалов
в области
космонавтики
и воздушно-
космической
обороны

Тел.: +7 (499) 654-07-51
Факс: +7 (499) 654-07-57

125190,
Россия, Москва,
Ленинградский пр.,
д. 80, корп. 16,
подъезд 1

vko@vko.ru

www.vesvks.ru

«ВКС» – издание Вневедомственного
экспертного совета по вопросам
воздушно-космической сферы

Подписаться на журнал
«Воздушно-космическая сфера»
можно в редакции

Подписные индексы:
Каталог «Роспечать» – 82530
Каталог Российской прессы – 10898

Телефон: 8 (499) 654-07-51

