ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКАЯ СФЕРА
AEROSPACE SPHERE JOURNAL (ASJ)
Научно-технический журнал | Scientific and technical journal
2(95) 2018
ISSN 2587-7992

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

Накануне выпуска этого номера состоялся телефонный разговор.

«Лет семнадцати мальчонка стал у девочки просить, не подумай на худое – дай колечко поносить», – неожиданно звонким голосом запел мне по телефону профессор, доктор военных наук генерал- полковник Хюпенен.

На эту тему разговор «вырулил» случайно, когда герой нашего номера, 90-летний юбиляр, стал рассказывать о своей матери.

Мазилкина Прасковья Васильевна – из семьи крепких крестьян-середняков. Предчувствуя скорое наступления голода в осажденном Ленинграде, осенью 1941 года она посылала старшего, Толю, на окраину города, на брошенные поля, собирать капустные кочерыжки, в деревню к тетке – копать картошку. Эти запасы и спасли потом семью от голодной смерти.

– Великая труженица была, – рассказывает Анатолий Иванович, – и шила, и вязала, и одеяла стегала. Отец пропадал на партийной работе, на матери весь дом держался. Строгая была, но веселая и звонкая. На гитаре играла, на гармошке, частушки очень любила деревенские.

Слушая Анатолия Ивановича, с какой любовью он рассказывает о своей маме, думаешь: крестьянская основательность и трудолюбие есть и в нем. Ведь военные подразделения, которыми он командовал – начиная от метеостанции до Зенитно-ракетных войск ПВО страны, – это тоже по большому счету хозяйство, требующее и дисциплины, и рачительного отношения.

Анатолий Иванович и не скрывает, что очень похож на маму и внешне, и характером:

– Мазилкин я, а не Хюпенен *(фамилия отца.– Прим. ред.)*. Но не серьезно как-то генералу-зенитчику называться Мазилкиным, – смеется он.

Но мы-то все точно знаем, что прославленный генерал-полковник, патриот и государственник Хюпенен ни разу не промазал, защищая отечество.

Редакция поздравляет с 90-летием выдающегося военачальника, председателя Объединенного совета Союза ветеранов войск ПВО генерал-полковника, доктора военных наук Анатолия Ивановича Хюпенена.

ИЗДАТЕЛЬ:

Вневедомственный экспертный совет
по вопросам воздушно-космической сферы,
Россия, 125190, Москва, Ленинградский просп.,
д. 80, корп. 16, подъезд № 1
Тел.: +7 (499) 654–07–51
vko@vko.ru, ***vesvks.ru***

ВЭС ВКС

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»

ISSN 2587-7992

SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL # 2(95) 2018

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

Scientific journal of Astronomy (01.03.00) and Aerospace technologies (05.07.00) (Order of the Ministry of education and science of the Russian Federation 23 october 2017 г. № 1027).

4 issues per year. The journal has been published since 2001–2015 as «Aerospace Defence».

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)

Editor-in-Chief – **Kirill Pletner**

Editorial Director – **Tatiana Burdakova**

Editors – **Sergey Dmitryuk,** Cand. Sci. (Philology)**, Vera Fyodorova**

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

Designer – **Elena Izaak**

Press-corrector – **Anastasia Dubovik**

Photographer – **Aleksander Omelyanchuk**

Distribution Director – **Boris Cheltsov**

The materials of this publication may be reproduced only by permission of the editorial board. The views and opinions expressed by independent authors in this publication may not coincide with those of the editorial board. It is the authors who are responsible for the credibility of the information published and for the preservation of state secrecy.

ACADEMIC ADVISORY BOARD

Ruslan I. ASHURBEYLI,
Cand. Sci. (Tech), CEO, JSC «Socium-A»

Kazbek S. BAKTYBEKOV,
Dr. Sci. (Physics and Mathematics), Professor, Director, Informational&Educational Department for Space Technologies of Space Researches and Technologies National Centre (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, Moscow Research Centre of the Central Scientific&Research Institute of Aerospace Defence Forces, Ministry of Defence of the Russian Federation

Yuri V. VLASOV,
Cand. Sci. (Tech), General Director, URSC

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

Yuri V. GULYAEV,
Full Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Physics and Mathematics), Professor

Andrey V. DEMIDYUK,
Deputy General Director, JSC "Research&Production Enterprise "Kant"

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 - Deputy Commander-in-Chief of the Aerospace Forces

Sergey M. KOSTROMITSKY,
Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Dr. Sci. (Tech), Professor (Minsk, 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, S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology of the Russian Academy of Sciences

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 of the Russian Academy of Sciences

Mikhail Yu. SPOKOYNY,
PhD, Professor, Managing Director, Aerospace International Research Center GmbH (Vienna, Austria)

Sergey L. STARCHAK,
Dr. Sci. (Tech), Professor, Bauman MSTU Military Institute

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

Anatoly I. KHYUPENEN,
Dr. Sci. (Military), Professor, Colonel General, Chairperson, Joint Board of Air Defence Force Veteran Council

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

Vladimir I. TOLSHMYAKOV,
Dr. Sci. (Polit), Professor, National Security Department, General Staff Academy

Vyacheslav F. FATEYEV,
Chief Researcher, PJSC «ISC «Vympel» Director, VNIIFTRI Scientific&Technical Centre for Metrological Assurance of Gravimetric Measurements

Alexey P. SHKADAREVICH,
Full Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Dr. Sci. (Physics and Mathematics), Professor (Minsk, Republic of Belarus)

Sergey V. YAGOLNIKOV,
Dr. Sci. (Tech), Professor, Director, Central Scientific&Research Institute of Aerospace Defence Forces, Ministry of Defence of the Russian Federation

Mikhail V. YAKOVLEV,
Dr. Sci. (Tech), Deputy Director, TsNIImash Systems Engineering Centre

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

Статьи, представленные в журнале, соответствуют номенклатуре специальностей научных работников (Приказ Минобрнауки России от 23 октября 2017 г. № 1027 «Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени») по научным направлениям 01.03.00 Астрономия и 05.07.00 Авиационная и ракетно космическая техника.

Выходит 4 раза в год. С 2001 по 2015 годы журнал назывался «Воздушно-космическая оборона».

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**

Выпускающий редактор – **Татьяна Бурдакова**

Редакторы – **Сергей Дмитрюк**, кандидат филологических наук, **Вера Федорова**

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

Дизайн и верстка – **Елена Изаак**

Корректор – **Анастасия Дубовик**

Фотограф – **Александр Омельянчук**

Директор по распространению – **Борис Чельцов**

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 ВВКО

ВЛАСОВ Юрий Вениаминович, кандидат технических наук, генеральный директор ОРКК

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

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

ДЕМИДЮК Андрей Викторович, заместитель генерального директора по развитию 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, генерал-лейтенант, заместитель генерального директора 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 (Вена, 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, главный научный сотрудник ПАО «МАК "Вымпел"», начальник научно-технического центра метрологического обеспечения гравиметрии ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ВНИИФТРИ)

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 ВВКО МО РФ

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

CONTENTS

ANNIVERSARY

/Igor V. Kosyak/
Socially Responsible Business: «Socium» Celebrates its 30th Anniversary 6

/Kirill V. Pletner/
Defender of the Sky. Anatoly Khyupenen 10

NEW SPACE AGE

/Valery Yu. Klyushnikov/
Industrialization As A Strategic Paradigm For The Exploration And Exploitation Of Outer Space 14

/Anatoly V. Zaitsev, Dmitry V. Petrov, Vladimir N. Nogin, Vasily P. Elsukov, Dmitry A. Krasnoslabodtsev, Vadim A. Simonenko, Alexander I. Soroka/
Multi-Purpose Expiditions Towards Asteroids Flying Near The Earth 22

/Alexander O. Mayboroda/
Satpush System: Exploitation of Extraterrestrial Potential and Kinetic Energy Resources for Space Launches 30

AEROSPACE DEFENSE

/Yury V. Krinitsky, Yegor A. Kulikov/
Aerospace Forces Military Equipment: Generations Concept 40

NEW TECHNOLOGIES

/Nikolay N. Klimenko/
Modern Leo Satellites For Geolocation And Identification Of Radio Emitters 48

/Ozan Kara, Roger Birkeland, Lihui (Lydia) Zhang, Umuralp Kaytaz/
Future Cubesat Swarms Pose Significant Communications Challenges 58

/Maxim N. Falileyev/
Remedy Against Weightlessness 66

EXPERIMENT

/Natalia L. Burtseva/
«Dry Floatation» 74

LIVE BROADCAST

/Natalia L. Burtseva/
A New Scientific&Energetic Unit For The Iss Russian Segment. One Day Of Test In A Report From The RSC «Energia» 82

/Natalia L. Burtseva/
Sergey Prokopiev's Plasma Crystal 90

ANALYTICS

/Boris I. Kryuchkov, Maxim M. Kharlamov, Andrey A. Kuritsyn, Vitaliy M. Usov/
Cosmonaut Selection: Experience And Forecasts 96

HISTORY

/Alexander I. Merzhanov/
Lunar Base «Barmingrad». A Project Ahead of its Time 108

EXHIBITION

/Ye. Mulyun, L. Fokeyeva/
Russian-Armenian Military&Technical Cooperation 118

СОДЕРЖАНИЕ

ЮБИЛЕЙ

/И. В. Косяк/
Социально ответственный бизнес: «Социум» отмечает 30-летний юбилей 6

/К. В. Плетнер/
Защитник неба. Анатолий Хюпенен 10

НОВАЯ КОСМИЧЕСКАЯ ЭРА

/В. Ю. Клюшников/
Индустриализация как стратегическая парадигма освоения и использования космического пространства 14

/А. В. Зайцев, Д. В. Петров, В. Н. Ногин, В. П. Елсуков, Д. А. Краснослободцев, В. А. Симоненко, А. И. Сорока/
Многоцелевые экспедиции к астероидам, пролетающим вблизи Земли 22

/А. О. Майборода/
Система Satpush: использование внеземных запасов потенциальной и кинетической энергий для космических запусков 30

ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКАЯ ОБОРОНА

/Ю. В. Криницкий, Е. А. Куликов/
Военная техника ВКС: принципы поколений 40

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

/Н. Н. Клименко/
Современные низкоорбитальные космические аппараты для геолокации и идентификации источников радиоизлучения 48

/Озан Кара, Роджер Берклэнд, Лиуи (Лидия) Чжан, Умуральп Кайтац/
Революционный вызов роев CubeSat 58

/М. Н. Фалилеев/
Лекарство от невесомости 66

ЭКСПЕРИМЕНТ

/Н. Л. Бурцева/
«Сухая иммерсия» 74

ПРЯМОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ

/Н. Л. Бурцева/
Новый научно-энергетический модуль для российского сегмента МКС. Один день испытаний – в репортаже из РКК «Энергия» 82

/Н. Л. Бурцева/
Плазменный кристалл Сергея Прокопьева 90

АНАЛИТИКА

/Б. И. Крючков, М. М. Харламов, А. А. Курицын, В. М. Усов/
Отбор космонавтов: опыт и прогнозы 96

ИСТОРИЯ

/А. И. Мержанов/
Лунная база «Барминград». Проект, опередивший время 108

ВЫСТАВКА

/Е. Мулюн, Л. Фокеева/
Военно-техническое сотрудничество России и Армении 118

СОЦИУМ
ХОЛДИНГ

**БОЛЬШОЕ В МАЛОМ,
МАЛОЕ В БОЛЬШОМ!**

Социально ответственный бизнес: «Социум» отмечает 30-летний юбилей

Группа компаний «Социум» создана 10 июня 1988 года

Сегодня это крупный многопрофильный холдинг, включающий около 40 компаний, расположенных в разных городах России.

Предприятия и компании «Социума» занимаются самыми разнообразными видами деятельности: производят широкую номенклатуру научно-технической продукции, разрабатывают IT-технологии, изготавливают медицинское оборудование, развивают сельское хозяйство, ведут банковскую деятельность, управляют и эксплуатируют имущественные комплексы, охраняют объекты и др.

40 компаний в разных городах России

Более **8,5** тысяч сотрудников

«"Социум" – полностью частная и абсолютно чистая компания без каких-либо государственных привилегий. Мы работаем "в белую", что подтверждено многочисленными многолетними проверками различных компетентных органов».

Игорь АШУРБЕЙЛИ,
создатель и бенефициар холдинга

30 лет в науке и промышленности

В цехе АО «КБ-1»

В холдинг входят предприятия оборонно-промышленного комплекса – градообразующий Арзамасский приборостроительный завод имени П. И. Пландина, лидер отечественной микроэлектроники АО «НИИ "Элпа"», разработчики и производители военной техники ПВО: АО «Конструкторское бюро-1», ООО «ФазАР», НПЦ завода «Красное знамя».

Гальванический цех АО «АПЗ»

На ежегодной конференции руководящего состава ГК «Социум»

Создатель и бенефициар холдинга – доктор технических наук Игорь Ашурбейли. В сферу его интересов входят наука и промышленность, общественная деятельность и благотворительность. Ныне одно из важнейших для него направлений – создание и развитие проектов, связанных с освоением космического пространства и защитой планеты Земля от космических угроз.

Игорь Ашурбейли является основателем первого в мире космического государства Асгардия, главой комиссии ЮНЕСКО по космосу, главным редактором международного космического журнала ROOM.

Вневедомственный экспертный совет по вопросам воздушно-космической сферы, издание журнала «ВКС» – общественно значимые проекты в области поддержки космической деятельности, реализованные Игорем Ашурбейли в России.

АО «НИИ „Элпа“» – единственное предприятие в России, где разработана и внедрена технология тонкопленочной пьезокерамики

30 лет назад, в эпоху заката СССР, на заре дикого капитализма Игорь Ашурбейли создал социально ответственный бизнес. Добровольно брать на себя определенные обязательства перед обществом, участвовать в решении социальных проблем – вот неотъемлемые компоненты философии, которой «Социум» придерживается и поныне.

Около **800** млн рублей было потрачено на благотворительные проекты за период 2011-2017 гг.

В АО «НИИ "ЭЛПА"»

Вневедомственный экспертный совет по вопросам воздушно-космической сферы поздравляет сотрудников холдинга «Социум» и его создателя с замечательным юбилеем!

На сегодня компании «Социума» охватывают фактически все сферы научной, производственной, культурной и социальной деятельности. Это мудрые, сильные, полные энергии партнеры, взаимодействие с которыми неуклонно укрепляет веру в светлое будущее нашей страны!

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

СОЦИУМ
ХОЛДИНГ

Защитник неба. Анатолий Хюпенен

Текст: Кирилл ПЛЕТНЕР
Фото: Константин КОЛОДЯЖНЫЙ

В своей военной биографии генерал-полковник, доктор военных наук, профессор Анатолий Иванович Хюпенен прошел путь от начальника метеостанции до командующего зенитно-ракетными войсками ПВО страны. Но впервые он встал на защиту неба во время блокады Ленинграда в сентябре 1941 года, когда тринадцатилетним мальчишкой поднимался на крышу своего дома, к бочкам с водой и ящикам с песком, чтобы тушить зажигательные бомбы.

Бомбардировки Ленинграда Анатолий Иванович вспомнит в декабре 1972 года, когда его – командира дивизии ПВО – отправят в спецкомандировку в Ханой старшим военным советником, чтобы обучать вьетнамских товарищей отражать удары авиации США. Генерал-майор Хюпенен прилетит в Ханой к началу американской наступательной воздушной операции под кодовым названием «Лайнбекер-2». Основу этого массированного налета будут составлять стратегические бомбардировщики B-52.

Вьетнамцы назовут эти сражения «воздушным Сталинградом». Ханойские зенитно-ракетные войска победят американские B-52, а своим успехом зенитчики Вьетнама будут во многом обязаны именно советским военным советникам.

Анатолий Иванович Хюпенен будет награжден за Вьетнам орденом Красного Знамени и вьетнамским орденом «За боевую солидарность в победе над американцами».

Биография этого человека настолько богата событиями, что достойна большого художественного высказывания – книги или фильма.

Чего стоит одно только детство в блокадном Ленинграде. Легко можно представить кадры фильма.

Вот мальчик Толя смотрит в окно своего дома под номером 41 а на улице Опочинина и видит, как в небе над Финским заливом, над Кронштадтской военно-морской базой появляется черная гудящая туча немецких бомбардировщиков.

Он же – в апреле 1942 года с мамой, младшими братом и сестрой едет в кузове полуторки по Дороге жизни Ладожского озера. Лед тает, машина по бампер утопает в воде.

Младшего брата Олега снимают опухшего от голода с эвакуационного эшелона в районе Урала, и больше его никто никогда не видит. А через несколько дней по той же причине снимают с поезда нашего героя. Анатолий выживает в пристанционной больнице, но теряет мать и сестру и полгода проводит в детском доме.

Потом – скачок во времени, и мы видим Хюпенена в форме генерал-полковника. Он рассказывает слушателям академии об удивительном зрелище: как разрывается стратегический бомбардировщик B-52. Как падает самолет громадными горящими кусками, и на земле еще долго догорают его обломки.

Отдельную главу можно назвать «Золотой век Хюпенена». Так в Военной академии воздушно-космической обороны имени Маршала Советского Союза Г. К. Жукова называют 1985-1990 годы – в это время ей командовал Анатолий Иванович. Существует мнение, что именно тогда уникальная кузница военных кадров получила запас прочности, позволивший ей сохраниться во время развала Советского Союза.

А в 2013 году, когда решался вопрос о закрытии родной академии,

генерал-полковник запаса Хюпенен на торжественном приеме в Кремле прорвался к президенту и обратился к Путину со словами: «Товарищ президент, разрешите обратиться к вам как к главнокомандующему!».

Хюпенен будет десять минут докладывать президенту о том, что закрытие тверской военной академии ВКО – преступление, которое может подорвать обороноспособность страны.

За академию боролись многие военачальники, но, возможно, именно разговор Хюпенена с президентом оказался решающим, тверская академия до сих пор существует и процветает. А на фасаде ее задания Анатолию Ивановичу Хюпенену посвящена памятная доска.

Выйдя в запас, Анатолий Иванович по-прежнему в строю, уже больше двадцати лет он бессменный председатель Объединенного совета ветеранов Войск ПВО.

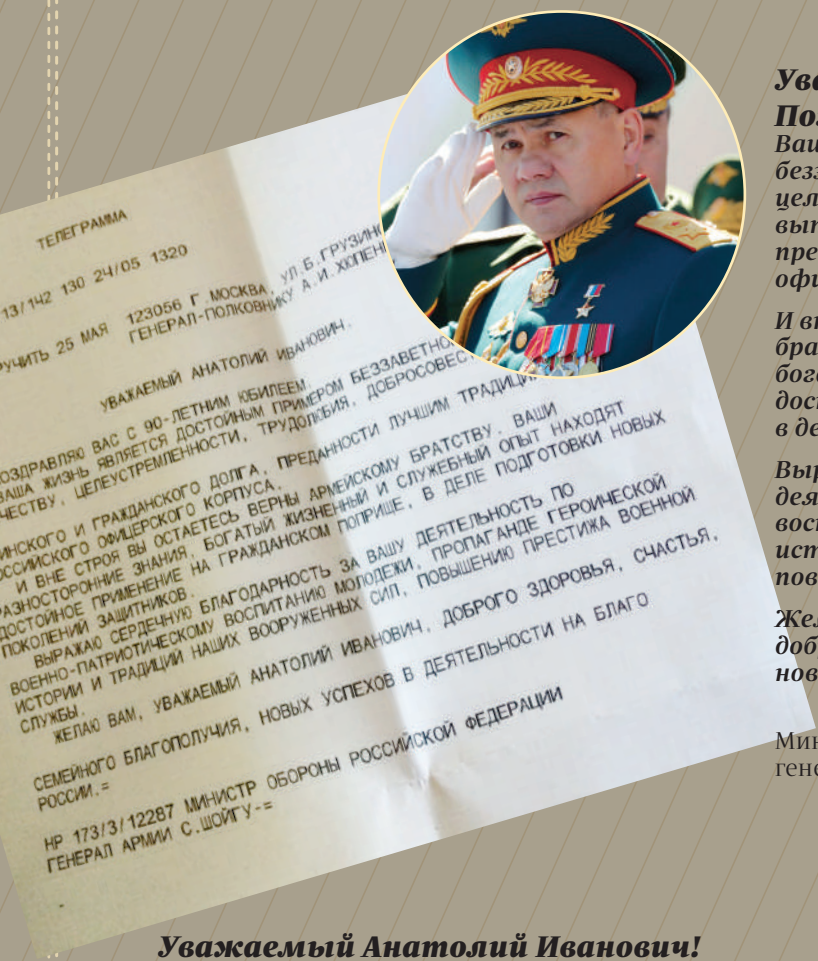
В его компетенции и теперь вопросы государственной важности. Это военно-патриотическое воспитание, вопросы социального обеспечения. Хюпенен печется, чтобы у ветеранов ПВО были достойные условия жизни. Мало того, командование Воздушно-космических сил продолжает высоко ценить точку зрения доктора военных наук Анатолия Ивановича Хюпенена, защитившего диссертацию на материале собственного военного опыта во Вьетнаме.

На вопрос, считает ли он себя везучим человеком, Анатолий Иванович ответил так: «В целом я везучий человек, но это не значит, что мой путь усыпан розами, были и шипы, и иглы, но ядовитых игл было мало. И если бы мне предложили снова пройти свой путь, то я бы прошел его снова, чтобы решить те вопросы, которые остались без ответа».

Редакция журнала «Воздушно-космическая сфера» горячо поздравляет Анатолия Ивановича Хюпенена с 90-летием!

Сил Вам, здоровья на многие годы, хорошего настроения и всего самого наилучшего, дорогой Анатолий Иванович!

“Службу свою нес исправно, потому что девиз мой «Жизнь моя, судьба моя – армия!». Но карьеризмом я не занимался, все шло своим чередом. Я просто выполнял свои служебные и должностные обязанности от и до. Причем коллектив понимал мою требовательность. А без коллектива никакой полководец свою задачу не решит.”



Уважаемый Анатолий Иванович!

Поздравляю Вас с 90-летним юбилеем.

Ваша жизнь является достойным примером беззаветного служения Отечеству, целеустремленности, трудолюбия, добросовестного выполнения воинского и гражданского долга, преданности лучшим традициям российского офицерского корпуса.

И вне строя Вы остаетесь верны армейскому братству. Ваши разносторонние знания, Ваш богатый жизненный и служебный опыт находят достойное применение на гражданском поприще в деле подготовки новых поколений защитников!

Выражаю сердечную благодарность за Вашу деятельность по военно-патриотическому воспитанию молодежи, пропаганде героической истории и традиций наших Вооруженных сил, повышению престижа военной службы.

Желаю Вам, уважаемый Анатолий Иванович, доброго здоровья, счастья, семейного благополучия, новых успехов в деятельности на благо России.

Министр обороны Российской Федерации
генерал армии С.К. Шойгу

Уважаемый Анатолий Иванович!

Генералы и офицеры Главного командования Воздушно-космических сил горячо и сердечно поздравляют Вас со знаменательной датой – днем Вашего 90-летия!

Всю Вашу жизнь Вы посвятили служению своему народу.

Трудясь на различных должностях, Вы внесли огромный и неоценимый вклад в дело вооруженной защиты Родины и повышения боевой готовности войск, являясь замечательным примером самоотверженного служения Отчизне.

За время службы на благо страны Вы руководили различными воинскими коллективами, неизменно проявляя глубокие знания военного дела, а своим трудом и личным примером укрепляли доверие и признательность народа к людям, работающим на благо обороны страны.

Все это снискало Вам высокий авторитет среди военнослужащих Воздушно-космических сил, от солдата до генерала, и высоко ценится Главным командованием Воздушно-космических сил. Вы всегда были и остаетесь образцом принципиальности, профессионального мастерства, высоких нравственных качеств и заботливого отношения к людям.

От всей души желаем Вам, уважаемый Анатолий Иванович, крепкого здоровья, счастья и благополучия, бодрости и оптимизма, дальнейших успехов в Вашей деятельности на благо Отечества.

С уважением,
главнокомандующий Воздушно-космическими силами
генерал-полковник С.В. Суровикин

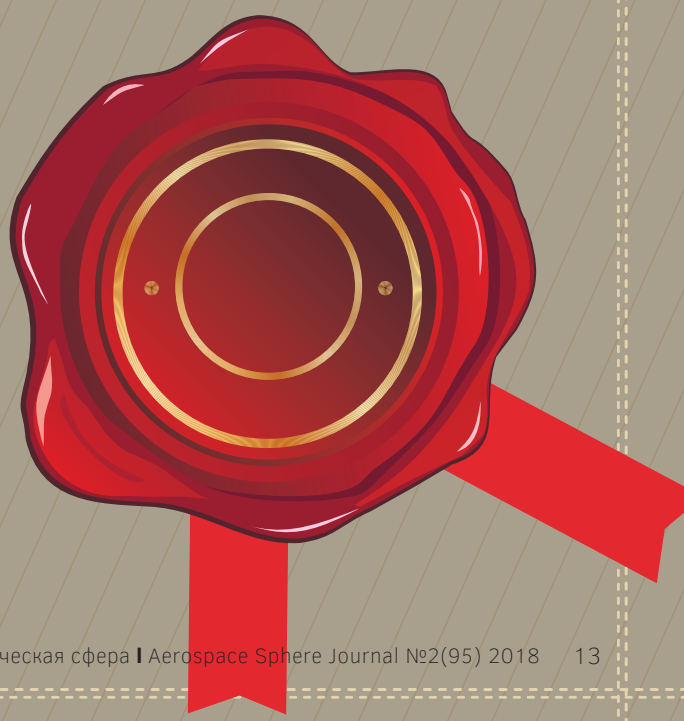
Уважаемый Анатолий Иванович!
Примите мои искренние поздравления с юбилеем – 90-летием со дня рождения!

Ваш славный воинский путь от курсанта Ленинградского подготовительного училища до генерал-полковника, начальника Военной командной академии противовоздушной обороны имени Маршала Советского Союза Г.К. Жукова, является образцом верности присяги, бескорыстного служения Отечеству, продолжения лучших традиций отечественного офицерского корпуса.

На всем протяжении Ваши глубокие знания, богатый жизненный опыт, добросовестное отношение к выполнению служебных обязанностей снискали Вам заслуженное уважение и авторитет у друзей и подчиненных.

В Генеральном штабе Вооруженных сил Российской Федерации Вас знают как истинного патриота, авторитетного военачальника, грамотного командира, неутомимого труженика, человека большой душевной щедрости и справедливости.

С уважением,
начальник Генерального штаба
Вооруженных сил Российской Федерации –
первый заместитель министра обороны
Российской Федерации
генерал армии В. Г. Герасимов



УДК 629.78 | DOI: 10.30981/2587-7992-2018-95-2-14-21

INDUSTRIALIZATION AS A STRATEGIC PARADIGM FOR THE EXPLORATION AND EXPLOITATION OF OUTER SPACE

Valery Yu. KLYUSHNIKOV,
Dr. Sci. (Tech), Senior Fellow, Chief Researcher, FSUE "Central Research Institute for Machine Building", ROSCOSMOS, Moscow, Russia,
wklj59@yandex.ru

ABSTRACT I The article analyses the strategic paradigm of outer space development and use based on stepwise space industrialization. The process of space industrialization must begin with the organization of mass production of materials and products according to technologies tested on manned space stations and automated research spacecraft. The final goal of industrialization is to transfer space and missile industry as well as maybe some other industries to outer space.

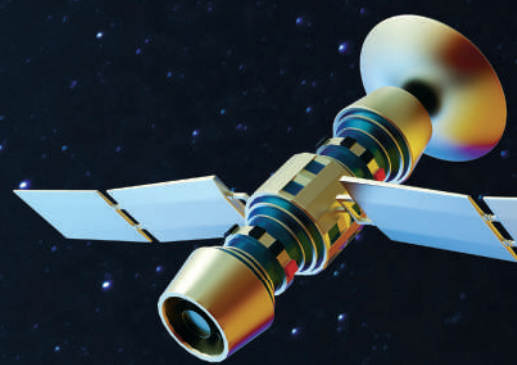
Keywords: *industrialization of outer space, industrial space infrastructure, space factory, large-scale design, technology*

ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ КАК СТРАТЕГИЧЕСКАЯ ПАРАДИГМА ОСВОЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

Валерий Юрьевич КЛЮШНИКОВ,
доктор технических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения», Роскосмос, Москва, Россия,
wklj59@yandex.ru

АННОТАЦИЯ | В статье анализируется стратегическая парадигма освоения и использования космического пространства на базе пошаговой индустриализации космоса, начиная с организации серийного выпуска материалов и препаратов по технологиям, апробированным к настоящему времени на пилотируемых орбитальных станциях и исследовательских автоматических космических аппаратах. Конечной целью индустриализации является перенос в космос ракетно-космической промышленности и, возможно, других отраслей.

Ключевые слова: *индустриализация космоса, промышленная космическая инфраструктура, космическая станция-завод, крупногабаритная конструкция, технология*



Исследовать – не значит осваивать

В мировой космонавтике нарастают кризисные тенденции, имеющие не частный технологический, экономический или кадровый, а системный характер.

Практически все национальные космические агентства декларируют в своей деятельности освоение космоса. Однако для того, чтобы это понятие было не декларативным, не хватает его смыслового наполнения. Нельзя называть программы исследования космоса программами его освоения. «Освоение» космоса здесь сводится, по сути, к предоставлению космических информационных услуг различным потребителям и к «демонстрации присутствия» человека в ближнем космосе [1].

Анализ показывает, что в последние десятилетия темпы научно-технического прогресса замедляются не только в ракетно-космической отрасли, но и в других наукоемких и высокотехнологичных отраслях.

В массовом сознании и в научном сообществе сложилось относительно ясное представление о «космическом будущем человечества», связанном с освоением Солнечной системы и, возможно, с межзвездными полетами. Вопрос лишь в способе перехода к этому будущему. По перечисленным выше причинам на пути к началу космической экспансии человечества стоит своего рода потенциальный барьер – барьер нечеткого целеполагания и неготовности технологий к решению больших задач в космосе.

О ПРОМЫШЛЕННОМ ОСВОЕНИИ КОСМОСА ГОВОРИЛ ЕЩЕ К. Э. ЦИОЛКОВСКИЙ. ИМЕННО ЭТА ИДЕЯ МОЖЕТ СТАТЬ СТЕРЖНЕМ ВСЕЙ НАШЕЙ КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ДОЛГОСРОЧНУЮ ПЕРСПЕКТИВУ.

Шесть шагов в будущее

Новой стратегической парадигмой освоения и использования космоса, которая позволит снизить остроту описанных выше проблем, может стать индустриализация. Причем пространством индустриализации должен явиться околоземный и, в перспективе, дальний космос.

Сама по себе идея промышленного освоения космоса не нова. Об этом говорил еще К. Э. Циолковский [2]. Но ни разу этот вопрос не поднимался в практической плоскости. Между тем идея индустриализации космоса может стать стержнем нашей космической деятельности на долгосрочную перспективу. Целью индустриализации космоса является создание материально-технической базы исследования, освоения и использования Солнечной системы и последующего массового выхода человечества за пределы планеты Земля на основе пошагового развертывания в космосе промышленного производства. Процесс достижения данной цели может быть представлен в виде последовательного осуществления следующих шагов (технологических задач):

1. Обслуживание космических объектов на орбите.
2. Получение и распределение электрической энергии в космосе.
3. Производство в космосе уникальных материалов и препаратов.
4. Сборка на орбите сложных крупногабаритных конструкций.
5. Добыча и переработка минерально-сырьевых ресурсов планет, астероидов и других небесных тел.
6. Массовое производство в космосе различных видов продукции для нужд космической отрасли.

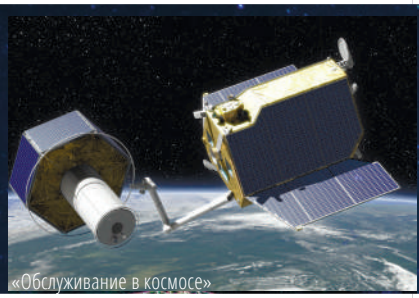
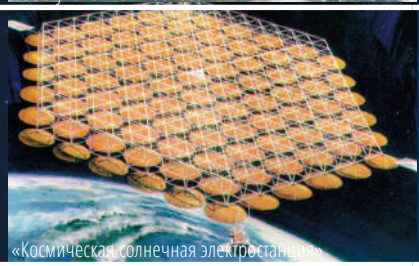
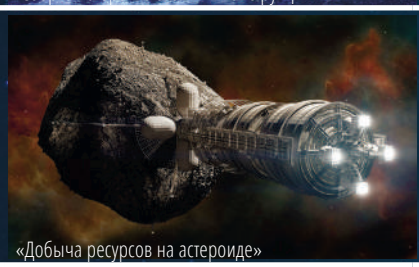
Какие при этом будут задействованы объекты производственной инфраструктуры и какой ожидается эффект от решения каждой из задач, показано в *таблице 1*.

Конечным результатом осуществления данного комплекса задач должен стать перенос в космос ракетно-космической промышленности в целом.

Государственно-частный подход

Представляется, что организационно-экономическим механизмом индустриализации может выступить государственно-частное партнерство с ситуативной сменой лидера, определяемой финансовыми рисками, размерами инвестиций и периодом окупаемости. Так, например, запуск процесса индустриализации целесообразно осуществить с широким при-

Таблица 1. Пошаговая индустриализация космоса

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ	ВИЗУАЛИЗАЦИЯ	**ОБЬЕКТЫ** (элементы) производственной космической инфраструктуры	ЭФФЕКТ
Обслуживание космических объектов на орбите	 «Обслуживание в космосе»	• хранилища ракетного топлива • заводы по производству компонентов топлива • космическая система технического (сервисного) обслуживания и модернизации КА на орбите • космическая система ликвидации (утилизации) космического мусора	Ускорение развития космической техники за счет возможности модернизации КА в течение срока активного существования. Снижение стоимости эксплуатации орбитальной группировки
Получение и распределение электрической энергии в космосе	 «Космическая солнечная электростанция»	• солнечные электростанции • атомные электростанции	Повышение энерговооруженности орбитальной группировки КА
Производство в космосе уникальных материалов и препаратов	«Малогабаритный промышленный модуль»	• малогабаритные промышленные модули	Получение веществ, производство которых на Земле или невозможно, или обходится дороже, чем в космосе
Сборка на орбите сложных крупногабаритных конструкций	«Сборка на орбите сложных конструкций»	• орбитальные доки	Отказ от средств выведения полезных грузов на орбиту сверхтяжелого класса
Добыча и переработка минерально-сырьевых ресурсов планет, астероидов и других небесных тел	 «Добыча ресурсов на астероиде»	• космическая система разведки минерально-сырьевых ресурсов • космическая грузовая транспортная система • космические комбинаты по добыче и переработке минерально-сырьевых ресурсов	Независимость космической промышленности от земного сырья. Решение проблемы истощения невозобновимых ресурсов на Земле
Массовое производство в космосе различных видов продукции для нужд космической отрасли	«Производство продукции в космосе»	• крупные промышленные предприятия в точках либрации • склады и хранилища сырья, комплектующих и готовой продукции	Самодостаточность производственной космической инфраструктуры

ПАРАДИГМА РАЗВИТИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ КОСМОСА ПОЗВОЛИТ ОТКАЗАТЬСЯ ОТ СОЗДАНИЯ ДОРОГОСТОЯЩИХ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ (РН) СВЕРХТЯЖЕЛОГО КЛАССА И СОСРЕДОТОЧИТЬ УСИЛИЯ НА СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ЛЕГКИХ И СРЕДНИХ РН, АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКИХ И ДРУГИХ СРЕДСТВ ВЫВЕДЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ДЕШЕВОЙ ДОСТАВКИ ПЕРСОНАЛА НА ОБЪЕКТЫ ПКИ И ВОЗВРАЩЕНИЯ НА ЗЕМЛЮ ПРОДУКЦИИ, ПРОИЗВЕДЕННОЙ В КОСМОСЕ.

влечением частного бизнеса к обслуживанию КА на орбите, производству уникальных материалов и препаратов и к строительству первых космических солнечных электростанций. А вот строительство орбитальных доков и космического флота для разведки и разработки минерально-сырьевых ресурсов Солнечной системы должно возглавить государство (или, что предпочтительнее, группа государств) с постепенным привлечением предпринимателей.

Однажды начавшись, общий процесс индустриализации космоса со временем будет ускоряться под воздействием взаимного синергетического эффекта развития отдельных элементов производственной космической инфраструктуры (ПКИ). Так, например, задачи индустриализации космоса будут стимулировать прежде всего развитие средств транспортно-технического обеспечения ПКИ. Неизбежно понадобятся совсем другие темпы пусков средств выведения, на порядки превышающие существующие в настоящее время. Это позволит снизить себестоимость пуска и удельную стоимость выведения на орбиту единицы массы полезного груза. Сама парадигма развития космической деятельности на основе индустриализации космоса позволит отказаться от создания дорогостоящих ракет-носителей (РН) сверхтяжелого класса (на орбите можно собрать сколь угодно тяжелую конструкцию) и сосредоточить усилия на совершенствовании легких и средних РН, авиационно-космических и других средств выведения, вплоть до безракетных технологий, необходимых для дешевой доставки персонала на объекты ПКИ и возвращения на Землю продукции, произведенной в космосе. Необходимость поддержания ПКИ даст импульс развитию технологий обслуживания КА в космосе и так далее.

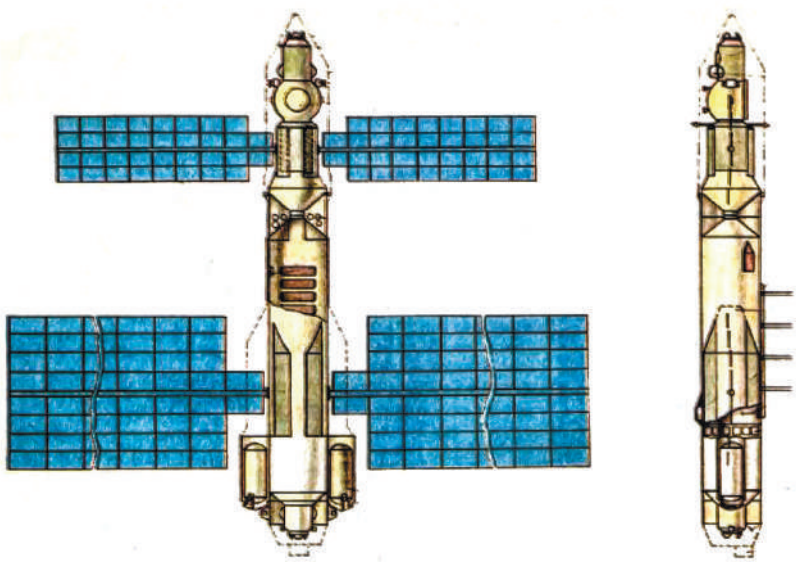


Рис. 1. КА «Технология»

Опыт не бывает лишним

К настоящему времени накоплен достаточный практический опыт получения в условиях космоса сверхчистых и бездефектных сплавов, полупроводниковых материалов и кристаллов, сверхчистых биопрепаратов и других уникальных веществ. Разработаны технологии построения в космосе крупногабаритных конструкций, которые можно было бы реализовать уже в настоящее время [3, 4, 5]. Речь идет, прежде всего, о результатах прикладных экспериментов, проведенных на борту российских (советских) орбитальных станций, в частности на станциях «Салют-6» [6] (1977–1981 гг.), «Салют-7» [7] (1982–1991 гг.), «Мир» [8] (1986–2001 гг.), на Международной космической станции (МКС), а также в ходе полетов экспериментальных автоматических космических аппаратов серии «Фотон» [9].

В конце 1980-х годов в КБ «Салют» была разработана программа развития орбитальной промышленности, которая включала в себя запуск космического аппарата «Технология», а также проект орбитального завода весом около 100 тонн для серийного производства высокочистых полупроводниковых материалов [10] *(рис. 1)*. Космическая станция-завод не была выведена на орбиту из-за прекращения программы «Энергия» – «Буран» и отсутствия необходимой для этого РН сверхтяжелого класса.

Вернуть «ОКА-Т-МКС»

Полученные к настоящему времени в условиях космоса образцы материа-

Рис. 2. Орбитальный космический аппарат технологический «ОКА-Т»

а) Общий вид

б) Общий вид в орбитальном полете

лов и препаратов имеют существенно лучшие свойства по сравнению с изготовляемыми в земных условиях. Однако экономическая целесообразность производства того или иного конкретного материала или препарата в космосе окончательно пока не подтверждена. Помимо высоких затрат на доставку груза на орбиту и обратно, это связано с несовершенством существующих установок и неотработанностью технологических процессов.

В этой связи крайне непродуманным представляется исключение из российской федеральной космической программы проекта создания космического комплекса «ОКА-Т-МКС» [10] на основе обслуживаемого в инфраструктуре МКС автоматического космического аппарата, предназначенного для изготовления уникальных полупроводниковых эпитаксиальных структур, выращивания кадмий-ртуть-теллуровых монокристаллов, получения хрящевых структур, биологически активных веществ и других препаратов и образцов со свойствами существенно лучшими, чем у земных аналогов *(рис. 2)*.

По сути, производство и коммерческая реализация продукции, получаемой на борту комплекса «ОКА-Т-МКС», могла бы стать новым перспективным бизнесом, но при этом:

– представилась бы возможность отработки в натурных условиях технологий промышленного производства в космосе;

– возник бы импульс для формирования рынка материалов, веществ, препаратов, полученных в условиях космоса;

– были бы созданы условия для внебюджетных инвестиций в развитие космической индустрии; в этих целях из прибыли от реализации продукции, полученной в космосе, можно было бы постепенно формировать специальный фонд индустриализации космоса.

В общем случае и в перспективе ориентация производства в космосе исключительно на земные нужды – ошибочный путь. Существенные технологические проблемы и чрезмерно высокая себестоимость продукции станут непреодолимыми препятствиями. Но, с другой стороны, **именно земные нужды могут стать инициатором первых шагов на пути индустриализации космоса**.

В дальнейшем, возможно, будут сформированы специализированные рынки земного использования материалов и изделий, произведенных в космосе. Но они, видимо, будут относительно узкими и явятся, скорее всего, побочным результатом индустриализации космоса.

Новый смысл прежних целей, задач и миссий

Еще и еще раз следует подчеркнуть, что парадигма освоения и использования космического пространства на базе пошаговой индустриализации космоса позволит систематизировать и объединить поставленные цели, решаемые в настоящее время задачи, проектируемые космические миссии и наполнить их новым смыслом. Индустриализация космоса способна стать ПУТЕМ, движение по которому позволит:

1. Более рационально подойти к так называемым амбициозным космическим проектам. При условии достаточного развития космической индустрии исследования и освоение Солнечной системы можно будет осуществлять планомерно и непрерывно за счет финансовых ресурсов космической экономики.

Поскольку растущая космическая индустрия будет вынуждена использовать внеземные минерально-сырьевые ресурсы, приобретают вполне определенный смысл и полеты к планетам и астероидам (помимо задач фундаментальных космических исследований и наряду с ними!). Ценным сырьем для космической промышленности может стать накопившийся на околоземных орбитах космический мусор.

2. Решить проблему ограниченной энергоемкости биосферы Земли. Считается, что допустимый предел производства энергии на нашей планете составляет примерно 0,1% от солнечной энергии, поступающей через атмосферу на земную поверхность. Это соответствует примерно 90 ТВт (90×10^{12} ватт) [1]. При переходе через этот предел в земной среде начинаются необратимые процессы разрушения условий обитания. При сохранении существующих тенденций промышленного роста в 2100 году общее производство энергии должно возрасти до 98 ТВт, то есть допустимая норма будет превышена со всеми вытекающими из этого роковыми для человечества последствиями. И только развитие энергоемких отраслей промышленности в космосе позволит коренным образом оздоровить окружающую среду и превратить Землю в цветущий сад.

3. Решить проблему исчерпания ряда невозобновимых природных ресурсов Земли, необходимых для наукоемких отраслей, например осмия, палладия, платины, рения, родия, рутения и других.

4. Решить проблему перенаселенности Земли за счет постепенного расселения человечества в Солнечной системе, используя для этого как искусственно созданные поселения (типа Стэнфордского тора или сферы Бернала), так и терраформирование планет (Венеры, Марса и других).

5. Минимизировать фатальные последствия вероятных глобальных катастроф. С расширением зоны обитания и индустриальной деятельности человечества облегчается задача мониторинга и парирования астероидно-кометной опасности для Земли. Даже в случае гибели всего живого на Земле в космосе останутся человеческие поселения, достаточные для сохранения человека как вида.

Очевидно, пошаговая индустриализация космоса потребует времени, последовательных шагов и отсутствия крупных социально-экономических потрясений. Но именно индустриализация космоса, как стратегическая парадигма его освоения и использования, позволит наконец человечеству уверенно и окончательно выйти за пределы своей «колыбели» – планеты Земля.

Литература

1. **Рогозин Д. А.** Кризис цивилизации и космонавтика. Приглашение к размышлению [Электронный ресурс] // Synerjetics Group. URL: http://www.synerjetics.ru/article/crisis.htm (Дата обращения: 05.04.2018).
2. **К. Э. Циолковский.** Промышленное освоение космоса: сб. трудов / Сост. послесл. и коммент.: Т. Н. Желнина, Л. В. Лесков. М.: Машиностроение, 1989. 280 с.
3. **Гвамичава А. С., Кошелев В. А.** Строительство в космосе. М.: Знание, 1984. 64 с. (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Космонавтика, астрономия»; № 9, 1984 г.).
4. **Мельников В. М., Матюшенко И. Н., Чернова Н. А., Харлов Б. Н.** Проблемы создания в космосе крупногабаритных конструкций // Труды МАИ. Электронный журнал. № 78. URL: http://www.mai.ru/science/trudy (Дата обращения: 05.04.2018).
5. **Хамиц И. И.** и др. Трансформируемые крупногабаритные конструкции для перспективных пилотируемых комплексов // Космическая техника и технологии. 2016. № 2 (13). С. 23–33.
6. **Бессонов А. Ф.** Космический марафон // Наука в СССР. 1985. № 3. С. 40–43.
7. **Колесников Ю. В.** Возвращение «Салюта-7» // Земля и Вселенная. 1991. № 4. С. 41–44.
8. Альбом «Орбитальный комплекс "Мир" 1986–2001». М.: Росавиакосмос, 2001. 74 с.
9. **Кирилин А. Н, Аншаков Г. П., Ахметов Р. Н., Сторож Д. А.** Космическое аппаратостроение: научно-технические исследования и практические разработки. ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» / Под ред. д. т.н. А. Н. Кирилина. Самара: АГНИ, 2011. 280 с.
10. **Палло В. В.** Программа КБ «Салют»: космические дали или космические миражи? // Земля и Вселенная. № 2. 1992. С. 18–25.

References

1. **Rogozin D. A.** Krizis tsivilisatsii i kosmonavtika. Priglasheniye k razmyshleniyu. Available at: http://www.synerjetics.ru/article/crisis.htm (Retrieval date: 05.04.2018).
2. **K. E. Tsiolkovsky.** Promyshlennoye osvoyeniye kosmosa. Eds. T. N. Zhelnina, L. V. Leskov. Moscow: Mashinostroyeniye, 1989, 280 p.
3. **Gvamichava A. S., Koshelev V. A.** Stroitelstvo v kosmose. Moscow: Znanie, 1984, 64 p. (New in life, science, technology. Series «Astronautics, astronomy», No. 9, 1984).
4. **Melnikov V. M., Matyushenko I. N., Chernova N. A., Harlov B. N.** Problemy sozdaniya v kosmose krupnogabaritnyh konstruktsiy. Proceedings of the Moscow Aviation Institute. Issue 78. Available at: http://www.mai.ru/science/trudy (Retrieval date: 05.04.2018).
5. **Hamits I. I.** et al. Transformiruyemiye krupnogabaritniye konstruktsii dlya perspectivnyh pilotiruyemyh kompleksov. Kosmicheskaya tehnika i tehnologii, 2016, No. 2 (13), pp. 23–33.
6. **Bessonov A. F.** Kosmicheskiy marafon // Nauka v SSSR, 1985, No. 3, pp. 40–43.
7. **Kolesnikov Yu. V.** Vozvrasheniye «Salyuta-7». Zemlya i vselennaya, 1991, No. 4, pp. 41–44.
8. Album «Orbitalniy kompleks "Mir" 1986–2001». Moscow: Rosaviakosmos, 2001, 74 p.
9. **Kirilin A.N, Anshakov G. P., Ahmetov R. N., Storozh D. A.** Kosmicheskoye apparatostroeniye. GNPRKTs «TsSKB-Progress». Ed. by Dr. Sci (Tech) A. N. Kirilin. Samara: AGNI, 2011, 280 p.
10. **Pallo V. V.** Programma KB «Salut»: kosmicheskiye dali ili kosmicheskiye mirazhi? Zemlya i vselennaya, 1992, No. 2, pp. 18–25.

© Клюшников В. Ю., 2018

История статьи:
Поступила в редакцию: 12.04.2018
Принята к публикации: 27.04.2018

Модератор: Клименко А. Н.
Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:
Клюшников В. Ю. Индустриализация как стратегическая парадигма освоения и использования космического пространства // Воздушно-космическая сфера. 2018. № 2(95). С.14-21.

УДК 629.78 | DOI: 10.30981/2587-7992-2018-95-2-22-29

MULTI-PURPOSE EXPIDITIONS TOWARDS ASTEROIDS FLYING NEAR THE EARTH

Anatoly V. ZAITSEV,
Honorary Member, The Russian Academy of Cosmonautics named after K.E. Tsiolkovsky; Academician, International Futures Research Academy (IFRA); CEO, NPP "Planetary Defence Centre", Khimki, Russia,
zav-y@yandex.ru

Dmitry V. PETROV,
Dr. Sci. (Physics and Mathematics), Chief Designer, Russian Federal Nuclear Center – Zababakhin All-Russian Research Institute of Technical Physics, Snezhinsk, Russia

Vladimir N. NOGIN,
Cand. Sci. (Physics and Mathematics), Chief of Department, Russian Federal Nuclear Center – Zababakhin All-Russian Research Institute of Technical Physics, Snezhinsk, Russia

Vasily P. ELSUKOV,
Laboratory Chief; the Russian Federal Nuclear Center – Zababakhin n All-Russian Research Institute of Technical Physics, Snezhinsk, Russia

Dmitry A. KRASNOSLABODTSEV,
Research Associate, the Russian Federal Nuclear Center – Zababakhin All-Russian Research Institute of Technical Physics, Snezhinsk, Russia

Vadim A. SIMONENKO,
Dr. Sci. (Physics and Mathematics), Professor, Deputy Scientific Director, the Russian Federal Nuclear Center – Zababakhin All-Russian Research Institute of Technical Physics, Snezhinsk, Russia,
v.a.simonenko@vniitf.ru

Alexander I. SOROKA,
JSC Space Systems of Information, Moscow, Russia,
sorokaai@mail.ru

ABSTRACT | The paper argues in support of multi-purpose missions to near-Earth space objects to study their properties and to develop methods and means for establishing a planetary defense system. The characteristics of spaceships for the missions and their instrumentation and equipment are provided. Remote and on-site investigation methods are discussed, including gravity measurements and hyper-velocity impact experiments, and integration of collected results for the evaluation of object properties.

Keywords: *asteroid-comet hazard, planetary defense, spaceship, penetrator, hyper-velocity impact, gravi-gradiometry*

МНОГОЦЕЛЕВЫЕ ЭКСПЕДИЦИИ К АСТЕРОИДАМ, ПРОЛЕТАЮЩИМ ВБЛИЗИ ЗЕМЛИ

АННОТАЦИЯ | Обосновывается возможность организации многоцелевых экспедиций к астероидам, пролетающим в околоземном космическом пространстве, с целью изучения их планетофизических характеристик, а также одновременной отработки методов и средств для создания системы планетарной защиты от таких объектов. Приведены характеристики космических аппаратов для осуществления этих экспедиций и состава их исследовательской аппаратуры. Рассмотрены методы дистанционных и прямых исследований, включающие измерения гравитационных параметров объектов и проведение гиперскоростных ударных экспериментов, а также вопросы интеграции полученных измерений для оценки свойств этих объектов.

Ключевые слова: *астероидно-кометная опасность, планетарная защита, космический аппарат, пенетратор, гиперскоростной удар, гравиградиентометрия*

Анатолий Васильевич ЗАЙЦЕВ,
почетный член Российской академии космонавтики имени К. Э. Циолковского (РАКЦ), академик Международной академии исследований будущего (МАИБ), генеральный директор НП «Центр планетарной защиты», Химки, Россия,
zav-y@yandex.ru

Дмитрий Витальевич ПЕТРОВ,
доктор физико-математических наук, главный конструктор – начальник конструкторского бюро № 1 Российского федерального ядерного центра – ВНИИ технической физики имени Е. И. Забабахина, Снежинск, Россия

Владимир Николаевич НОГИН,
кандидат физико-математических наук, начальник отдела Российского федерального ядерного центра – ВНИИ технической физики имени Е. И. Забабахина, Снежинск, Россия

Василий Павлович ЕЛСУКОВ,
начальник лаборатории Российского федерального ядерного центра – ВНИИ технической физики имени Е. И. Забабахина, Снежинск, Россия

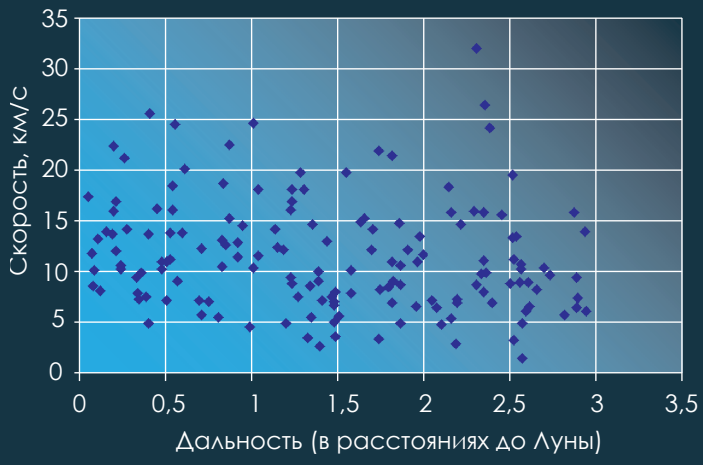
Дмитрий Александрович КРАСНОСЛАБОДЦЕВ,
научный сотрудник Российского федерального ядерного центра – ВНИИ технической физики имени Е. И. Забабахина, Снежинск, Россия

Вадим Александрович СИМОНЕНКО,
доктор физико-математических наук, профессор, заместитель научного руководителя Российского федерального ядерного центра – ВНИИ технической физики имени Е. И. Забабахина, Снежинск, Россия,
v.a.simonenko@vniitf.ru

Александр Иванович СОРОКА,
главный специалист АО «Пространственные системы информации», Москва, Россия,
sorokaai@mail.ru

ВПОЛНЕ РЕАЛЬНОЙ ЯВЛЯЕТСЯ ВОЗМОЖНОСТЬ ПОЛЕТА К АСТЕРОИДАМ, ОБНАРУЖЕННЫМ ПРИМЕРНО ЗА 7-10 СУТОК ДО ИХ СБЛИЖЕНИЯ С ЗЕМЛЕЙ

Рис. 1. Скорости пролета АСЗ в сфере притяжения Земли в 2016 году



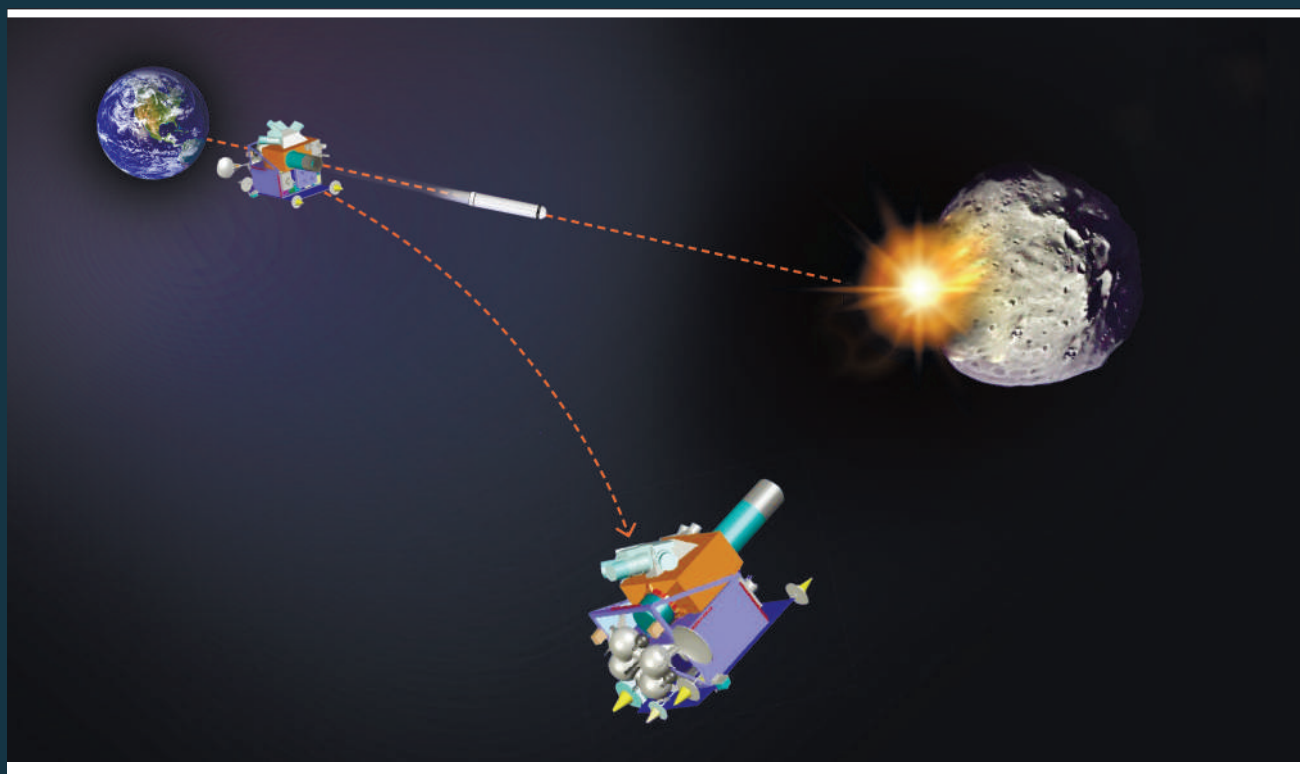
Наличие угрозы катастрофических столкновений с Землей астероидов и ядер комет обусловливает необходимость создания системы планетарной защиты (СПЗ) от астероидно-кометной опасности (АКО). Для этого потребуется осуществить не только отработку всех компонентов системы, но и провести детальные исследования планетофизических характеристик данных небесных тел. Для этих целей уже осуществлен ряд космических проектов – Deep Impact, Stardust, Rosetta – и разрабатываются новые. Одним из них может стать проект «Космический патруль» [1], предусматривающий запуски относительно недорогих космических аппаратов (КА) малого класса к астероидам, пролетающим в сфере притяжения Земли. При этом будет осуществляться изучение астероидов, сближающихся с Землей (АСЗ), и одновременно будут отрабатываться методы и средства их разведки и перехвата.

ВОЗМОЖНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ ЭКСПЕДИЦИЙ К АСТЕРОИДАМ, СБЛИЖАЮЩИМСЯ С ЗЕМЛЕЙ

По данным NASA [2], в настоящее время обнаружено свыше 18 000 АСЗ, причем многие из них были замечены только при подлете и даже во время пролета сферы притяжения Земли. Например, в 2016 году было обнаружено 143 таких астероида, 52 из которых приблизились к Земле на расстояние меньшее, чем от Земли до Луны. При этом диапазон их скоростей в момент максимального сближения с Землей составлял от 1,44 до 32 км/с *(рис. 1)*, а размеры от 2 до 90 м.

Интервал времени от обнаружения АСЗ до их минимального сближения с Землей составил от 1 до 17 суток, что позволяет в ряде случаев осуществить запуск КА для их изучения. Конечно, для этого необходимо будет иметь в состоянии готовности КА и средства для их оперативного запуска. Анализ длительности операций по подготовке к пуску существующих ракет-носителей (РН) показывает, что подготовка технических средств и разработка программно-алгоритмического обеспечения запуска могут быть выполнены в течение нескольких суток. Длительность же подготовки РН на старте может составлять, как показано на примере возможностей РН «Зенит», около полутора часов [3], а при использовании конверсионной РН «Днепр» – еще меньше.

Рис. 2. Схема многоцелевой экспедиции к АСЗ



Кроме подготовки к запуску КА, потребуется время для его перелета к АСЗ. Энергетически оптимальным будет перелет к АСЗ по эллиптической траектории. Например, длительность полета до орбиты Луны составит около пяти суток. При необходимости перелет к АСЗ может осуществляться также по ускоренным, гиперболическим траекториям.

Таким образом, вполне реальной является возможность полета к астероидам, обнаруженным примерно за 7–10 суток до их сближения с Землей. Кроме того, можно будет заранее выбрать из числа уже известных астероидов те из них, которые будут пролетать вблизи Земли в ближайшие годы, и заблаговременно подготовить экспедиции к ним.

ПРОЕКТ «КОСМИЧЕСКИЙ ПАТРУЛЬ»

В ходе реализации проекта «Космический патруль», при проведении экспедиций к АСЗ, планируется:

- изучение свойств АСЗ, включая доставку их грунта на Землю;
- изучение физики гиперскоростного удара (до 70–80 км/с);
- отработка кинетических средств воздействия на астероиды;
- отработка средств перехвата астероидов – КА-разведчиков и КА-перехватчиков.

При этом в ходе выполнения одной многоцелевой экспедиции могут быть осуществлены следующие эксперименты *(рис. 2)*:

1) «Пролет» – по отработке КА-разведчика и дистанционных средств изучения небесных тел;

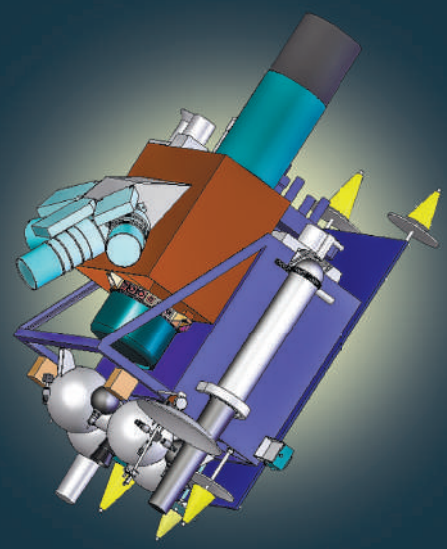
2) «Перехват» – по отработке средств перехвата опасных небесных тел (ОНТ);

3) «Удар» и «Внедрение» – по отработке кинетических средств воздействия на ОНТ и изучению их характеристик прямыми (контактными) методами при внедрении в грунт специальных зондов-пенетраторов [4, 5];

4) «Возврат» – по отбору и доставке образцов грунта АСЗ на Землю (в ряде случаев можно будет осуществить посадку КА на поверхность АСЗ).

Таким образом, околоземное космическое пространство можно будет использовать как своеобразный полигон для изучения свойств АСЗ и отработки средств воздействия на ОНТ с целью отражения угрозы их столкновений с Землей.

Рис. 3. КА-разведчик с зондами-пенетраторами



КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ-РАЗВЕДЧИК

Для реализации проекта необходимо создать КА-разведчик, на борту которого должны быть приборы для проведения траекторных измерений, получения изображений и ряд других. В частности, для осуществления эксперимента «Пролет» необходима установка лазерного дальномера и ротационного гравитационного вариометра [6], позволяющего определять плотностную неоднородность и массу ОНТ с погрешностью 5–10 % в зависимости от величины относительной скорости сближения (5–75 км/с) и на дальностях 5–50 км.

Для проведения экспериментов «Удар» и «Внедрение» в состав КА предполагается включить зонды-пенетраторы, предназначенные для проникания в грунт и изучения его свойств. В качестве базового образца низкоскоростного (до 80 м/с) пенетратора может быть использован пенетратор, разработанный для экспедиции «Марс-96». Высокоскоростной пенетратор, рассчитанный на внедрение в грунт со скоростями до 2,6 км/с, может быть создан на основе пенетратора для экспедиции «Луна-Глоб» [7]. Он может выдерживать перегрузки при соударении с поверхностью до 10 тысяч единиц.

Основой для создания КА-разведчика может послужить проект КА, представленный в работе [8]. Его масса составит 262 кг, включая бортовую исследовательскую аппаратуру массой 48 кг и два зонда-пенетратора массой по 15 кг. Общий вид КА-разведчика с высокоскоростными зондами-пенетраторами приведен на *рис. 3*.

Весьма перспективным для запуска КА-разведчиков представляется использование РН «Днепр» – конверсионного варианта стратегической ракеты РС-20 («Воевода»). В случае дооснащения ее разгонным блоком она обеспечит выведение КА не только на околоземные, но и на межпланетные траектории.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ

Определение свойств пролетающего тела – комплексная задача. Конечной целью является знание тех свойств, которые нужны для расчетно-теоретического предсказания результатов воздействия на тело выбранными средствами. По современным представлениям наиболее вероятными средствами противодействия малым телам будут кинетические ударники, крупным телам – ядерные взрывные

ПО СОВРЕМЕННЫМ ПРЕДСТАВЛЕНИЯМ НАИБОЛЕЕ ВЕРОЯТНЫМИ СРЕДСТВАМИ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ МАЛЫМ АСТЕРОИДАМ СТАНУТ КИНЕТИЧЕСКИЕ УДАРНИКИ, КРУПНЫМ - ЯДЕРНЫЕ ВЗРЫВНЫЕ УСТРОЙСТВА

ИЗ-ЗА ТРУДНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ОБРАЗЦОВ АСТЕРОИДОВ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ ПРИДЕТСЯ ОБРАЩАТЬСЯ К ОБРАЗЦАМ-АНАЛОГАМ, НАКОПЛЕННЫМ ПРИ ПАДЕНИЯХ МЕТЕОРИТОВ

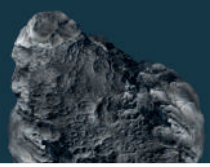
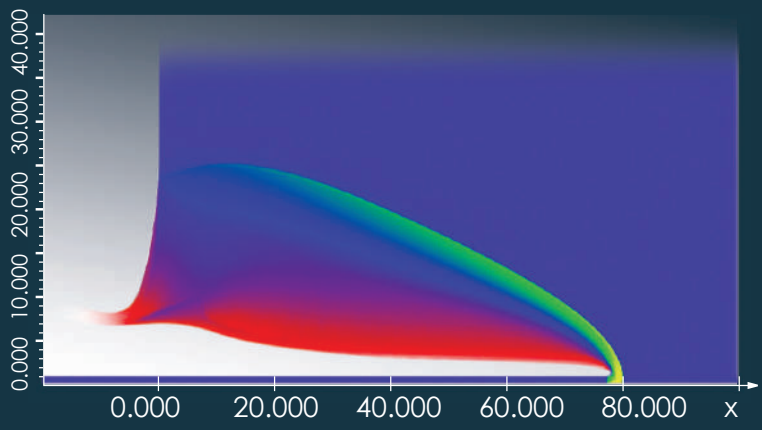


Рис. 4. Проникание металлического стержня в породу



устройства. Для надежного прогнозирования результатов воздействия необходимо знание локальных свойств пород (в каждой точке объекта) и обобщенных, характеризующих укрупненную структуру тела. К локальным свойствам относятся данные о сжимаемости и разгрузке, которые систематизируются в виде уравнений состояния пород, упругие и прочностные характеристики пород. При получении локальных свойств ценными являются данные о химическом, оксидном и минералогическом составе пород. Обобщенные свойства отражают наличие неоднородностей (по плотности пород и составу), наличие разломов и пустот.

Ввиду трудностей получения образцов для лабораторных исследований на начальном этапе с необходимостью придется обращаться к образцам-аналогам, накопленным при падениях метеоритов. Именно для подбора аналогов ценными являются данные по химическому, оксидному и минералогическому составу. Эти данные могут быть получены с помощью оптических наблюдений результатов столкновений ударников малой массы с исследуемыми телами. Для изучения распределения плотности вещества могут быть использованы пенетраторы большой длины (5–10 м и более). Определение уравнения состояния, упругих и прочностных характеристик на раннем этапе будет осуществляться по образцам-аналогам, взятым из метеоритов, имеющихся в запасниках. Дополнительно прочностные характеристики будут контролироваться по размерам кратеров, образованных ударниками, а уравнения состояния – по разлету вещества в ударных экспериментах.

Перечислим и прокомментируем предлагаемые методики (в дальнейшем их состав будет расширяться).

1. Оптические измерения. Данная методика позволяет определить геометрию объекта и его размеры, а также при наличии соответствующего оборудования дает возможность определять спектральный состав излучения вещества, разогретого при ударе.

2. Гравиметрия. Методика позволяет определить массу тела вдоль траектории пролета, что в совокупности с геометрическими данными дает возможность определить усредненную плотность вещества. С помощью гравиметрии можно также обнаружить местонахождение разломов и оценить пористость.

3. Воздействие на объект с помощью ударников. В качестве ударника могут выступать, например, металлические шары. Удар таким телом приводит к образованию кратера. С помощью математического моделирования рассчитывается весь процесс образования кратера. Такие расчеты достаточно хорошо откалиброваны. Окончательные форма и глубина кратера определяются значением прочности, которая необходима для решения задач разрушения тела. Дополнительный интерес представляет оценка прочности тела в зависимости от масштаба взаимодействия. Поэтому предполагается серия из трех-четырех ударников для проверки влияния масштабного эффекта.

Помимо оптических наблюдений общей картины развития явления удара большую ценность представляют оптические измерения в разных спектральных диапазонах. По горячей части

Рис. 5. Траектории движения выделенных элементов грунта на фоне окончательного размера кратера (в относительных единицах)

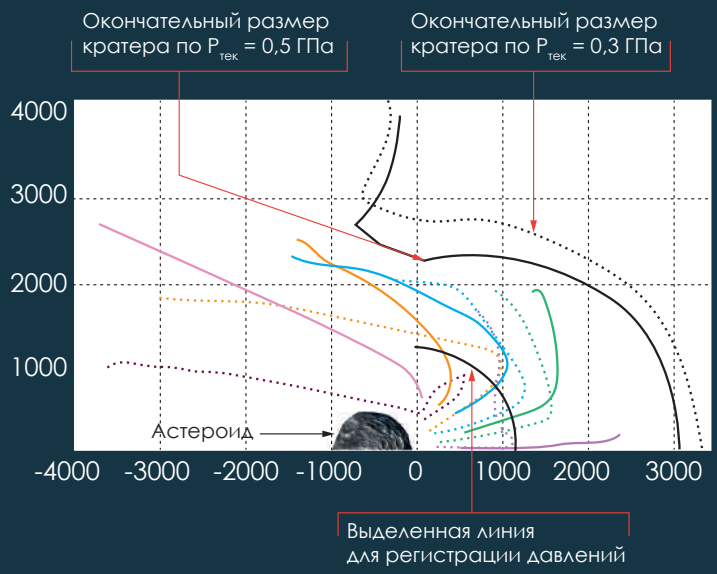
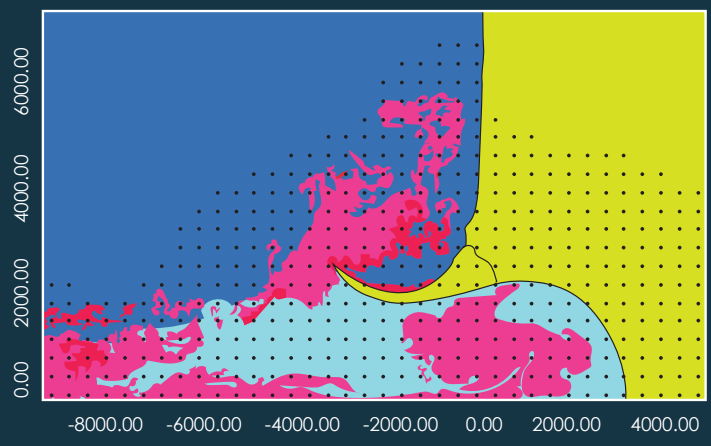


Рис. 6. Поля областей и векторы скоростей при образовании кратера



спектра определяется поэлементный состав вещества, по холодной – минеральный состав.

Планируется использовать также технологию проникания металлического стержня в грунт. Скорость проникания будет существенно зависеть от плотности грунта. По ходу проникания измеряется расход (длина) стержня во времени. Изменения скорости расхода будут обусловлены изменением плотности. Математическое моделирование позволит рассчитать весь процесс образования каверны и в этом случае *(см. рис. 4)*.

На *рис. 5* представлены схемы образования кратера, траектории движения выделенных элементов грунта и размеры в зависимости от прочности в случае удара сферическим телом. На *рис. 6* – поля расчетных областей и векторы скоростей при образовании кратера.

Выводы

1. Рост числа обнаруженных АСЗ открывает возможности для организации многоцелевых экспедиций к ним при их пролетах в околоземном космическом пространстве.

2. В ходе этих многоцелевых экспедиций возможно проведение широкого спектра экспериментов как по изучению АСЗ дистанционными и прямыми (контактными) методами, включая доставку образцов грунта на Землю, так и одновременно по отработке методов и средств системы планетарной защиты.

3. При проведении ударных экспериментов, в частности с применением зондов-пенетраторов, могут быть обеспечены скорости соударения от десятков метров в секунду до десятков километров с секунду.

4. Экспериментальные программы, включающие эксперименты с ударниками, пенетраторами, оптическими средствами и гравиметрией, в совокупности с накопленными данными по метеоритам дадут возможность определять локальные и обобщенные свойства малых тел, необходимые для предотвращения катастрофических последствий в случае сближения их с Землей по столкновительной орбите.

5. Осуществление многоцелевых экспедиций к пролетающим вблизи Земли астероидам существенно сократит сроки, снизит стоимость и повысит эффективность проведения космических экспедиций к малым небесным телам и послужит отработке средств планетарной защиты.

Литература

1. **Kovtunenko V., Rogovsky G., Chesnokov A., Sukhanov K., Papkov O., Bojor Ju., Zaitsev A., Kotin V., Maglinov I., Feshin I.** (1995). Space Patrol Project as a First Stage of the Earth Asteroid Protection System Deployment. IAF-95-Q.5.09. 10 p., ill.
2. https://cneos.jpl.nasa.gov/stats/totals.html (Дата обращения: 17.04.2018).
3. **Меньшиков В.** Байконур // Авиация и космонавтика. 1993. N 4. С. 8.
4. **Петров Д. В., Симоненко В. А., Шубин О. Н.** Способы экспериментального исследования свойств астероидов при космических миссиях // Известия Челябинского научного центра. 1997. Космическая защита Земли. Специальный выпуск. С. 4.
5. **Zaitsev A. V., Dobrov A. V., Kotin V. A., Simonov I. V.** Impact experiment for project Space Patrol. International Journal of Impact Engineering, 1997. Vol. 20. Proceedings of the 1996 Hypervelocity Impact Symposium, pp. 839–848.
6. **Сорока А. И.** Гравитационно-градиентные методы исследования плотностной неоднородности космических тел естественного и искусственного происхождения // Околоземная астрономия и проблемы изучения малых тел солнечной системы. Сб. научн. трудов конференции (г. Обнинск, 25–29 октября 1999 г.). М.: Косминформ, 2000. С. 308–318.
7. **Галимов Э. М.** Космические исследования в ГЕОХИ имени В. И. Вернадского. Достижения, проблемы, перспективы [Электронный ресурс]. URL: http://testpilot.ru/espace/bibl/ziv/1999/6/geohi.html (Дата обращения: 17.04.2018).
8. **Asushkin V. A., Ishin S. V., Pichkhadze K. M., Tikhonov V. A., Vlasenko O V., Zaitsev A. V.** (2005) Some Issues on Development of Space Defense Facilities Against Asteroids and Comets. Proceedings of European Conference For Aerospace Sciences (EUCASS). 2005. CD, EUCASS, 2.01.04.

References

1. **Kovtunenko V., Rogovsky G., Chesnokov A., Sukhanov K., Papkov O., Bojor Ju., Zaitsev A., Kotin V., Maglinov I., Feshin I**. (1995). Space Patrol Project as a First Stage of the Earth Asteroid Protection System Deployment. IAF-95-Q.5.09. 10 p., ill.
2. https://cneos.jpl.nasa.gov/stats/totals.html (Retrieval date: 17.04.2018).
3. **Men'shikov V.** Baykonur. Aviatsiya i kosmonavtika, 1993, No 4, P. 8.
4. **Petrov D.V., Simonenko V.A., Shubin O.N.** Sposoby eksperimental'nogo issledovaniya svoystv asteroidov pri kosmicheskikh missiyakh. Izvestiya Chelyabinskogo nauchnogo tsentra, 1997. Kosmicheskaya zashchita Zemli. Spetsial'nyy vypusk, p. 4.
5. **Zaitsev A. V., Dobrov A. V., Kotin V. A., Simonov I. V.** Impact experiment for project Space Patrol. International Journal of Impact Engineering, 1997. Vol. 20. Proceedings of the 1996 Hypervelocity Impact Symposium, pp. 839–848.
6. **Soroka A.I.** Gravitatsionno-gradientnye metody issledovaniya plotnostnoy neodnorodnosti kosmicheskikh tel estestvennogo i iskusstvennogo proiskhozhdeniya. Okolozemnaya astronomiya i problemy izucheniya malykh tel solnechnoy sistemy (Obninsk, October 25-29, 1999). Moscow, Kosminform, 2000, pp. 308-318.
7. **Galimov E.M.** Kosmicheskie issledovaniya v GEOKhI imeni V.I. Vernadskogo. Dostizheniya, problemy, perspektivy. Available at: http://testpilot.ru/espace/bibl/ziv/1999/6/geohi.html (Retrieval date: 17.04.2018).
8. **Asushkin V. A., Ishin S. V., Pichkhadze K. M., Tikhonov V. A., Vlasenko O V., Zaitsev A. V.** (2005) Some Issues on Development of Space Defense Facilities Against Asteroids and Comets. Proceedings of European Conference for Aerospace Sciences (EUCASS). 2005. CD, EUCASS, 2.01.04.

© Зайцев А. В., Петров Д. В., Ногин В. Н., Елсуков В. П.,
Краснослободцев Д. А., Симоненко В. А., Сорока А. И., 2018

История статьи:
Поступила в редакцию: 23.04.2018
Принята к публикации: 07.05.2018

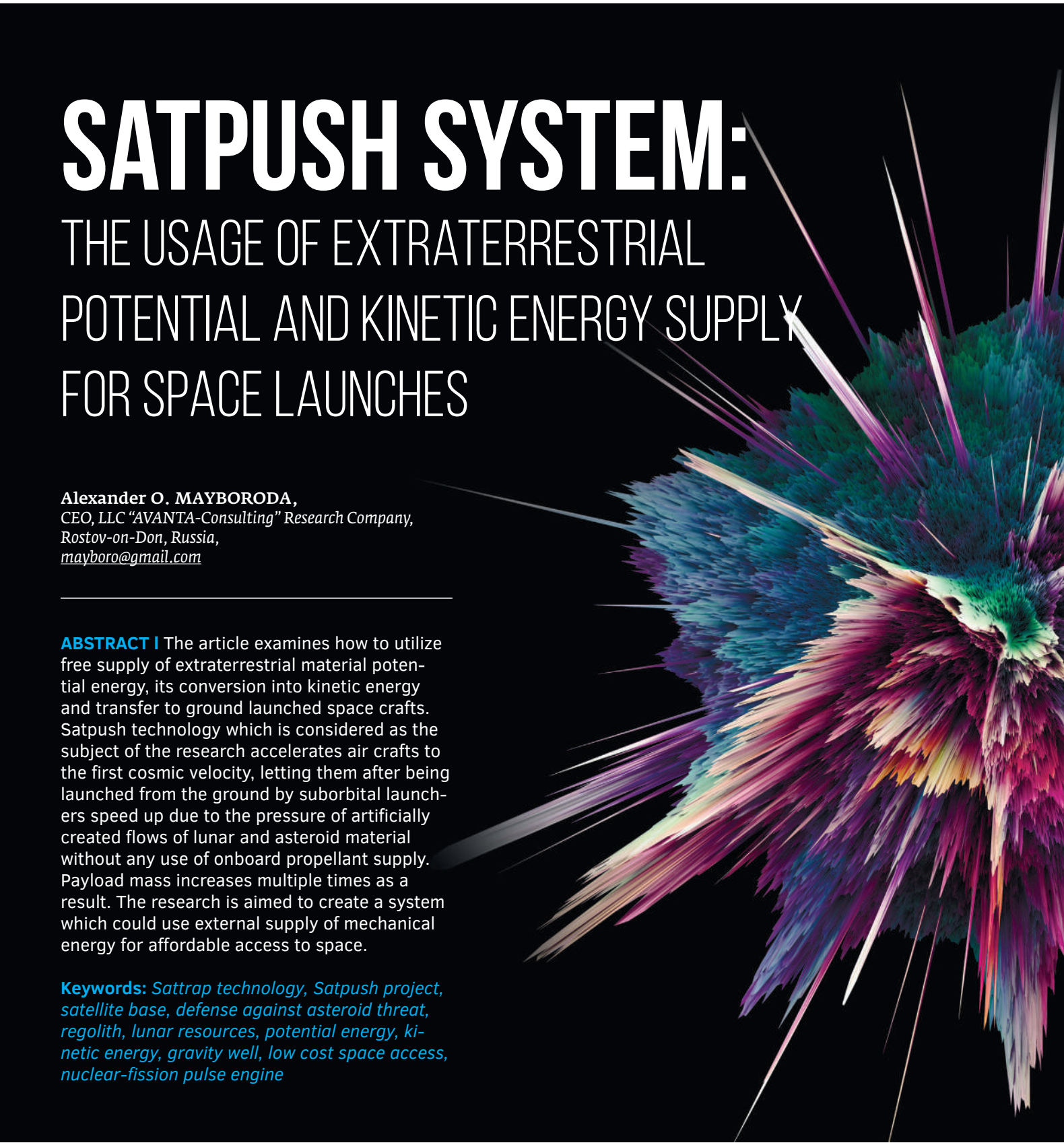
Модератор: Бурдакова Т. В.
Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:
Зайцев А. В., Петров Д. В., Ногин В. Н., Елсуков В. П., Краснослободцев Д. А., Симоненко В. А., Сорока А. И. Многоцелевые экспедиции к астероидам, пролетающим вблизи Земли // Воздушно-космическая сфера. 2018. №2(95). С. 22-29.

УДК 629.78 | DOI: 10.30981/2587-7992-2018-95-2-30-39

SATPUSH SYSTEM:

THE USAGE OF EXTRATERRESTRIAL POTENTIAL AND KINETIC ENERGY SUPPLY FOR SPACE LAUNCHES



Alexander O. MAYBORODA,
CEO, LLC "AVANTA-Consulting" Research Company, Rostov-on-Don, Russia,
mayboro@gmail.com

ABSTRACT I The article examines how to utilize free supply of extraterrestrial material potential energy, its conversion into kinetic energy and transfer to ground launched space crafts. Satpush technology which is considered as the subject of the research accelerates air crafts to the first cosmic velocity, letting them after being launched from the ground by suborbital launchers speed up due to the pressure of artificially created flows of lunar and asteroid material without any use of onboard propellant supply. Payload mass increases multiple times as a result. The research is aimed to create a system which could use external supply of mechanical energy for affordable access to space.

Keywords: *Sattrap technology, Satpush project, satellite base, defense against asteroid threat, regolith, lunar resources, potential energy, kinetic energy, gravity well, low cost space access, nuclear-fission pulse engine*

СИСТЕМА SATPUSH: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВНЕЗЕМНЫХ ЗАПАСОВ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ И КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИЙ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ ЗАПУСКОВ

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

АННОТАЦИЯ I Работа посвящена проблеме утилизации даровых запасов потенциальной энергии внеземного вещества – преобразованию ее в кинетическую энергию и передачу космическим аппаратам, стартующим с Земли. Предметом исследования является технология Satpush – технология ускорения до первой космической скорости летательных аппаратов, запускаемых с Земли суборбитальными ракетами и ускоряемых в последующем за счет силы давления искусственно создаваемых потоков лунного или астероидного вещества без использования бортовых запасов ракетного топлива, с многократно увеличенной в результате массой полезного груза. Целью работы является конструирование системы использования внешних запасов механической энергии для малозатратного доступа к космосу.

Ключевые слова: *технология Sattrap, проект Satpush, база на спутнике, защита от астероидной угрозы, реголит, лунные ресурсы, потенциальная энергия, кинетическая энергия, гравитационный колодец, недорогой доступ к космосу, ядерный импульсный двигатель*

НЕДОСТАТКИ РАКЕТНОГО ТРАНСПОРТА ОТМЕЧАЮТ МНОГИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ ПРОБЛЕМЫ СОКРАЩЕНИЯ ЗАТРАТ НА ДОСТУП В КОСМОС

ВВЕДЕНИЕ

Ракета открыла дорогу в космос, но возможности ракеты на химическом топливе ограниченны, и необходимо искать ей замену. Недостатки ракетного транспорта отмечают многие исследователи проблемы сокращения затрат на доступ в космос.

Вот описание ситуации академиком А. Коротеевым: «Мы имеем сегодня неэкономичные транспортные средства. Представьте, из каждых 100 тонн, улетающих с Земли, в полезную нагрузку в лучшем случае превращается три процента. Это для всех современных ракет. Все остальное выбрасывается в виде сгоревшего топлива... Космонавтика сегодня испытывает состояние, близкое к тому, в котором авиация оказалась после Второй мировой войны, когда стало ясно, что с поршневыми двигателями уже невозможно... иметь экономически выгодную авиацию. Тогда... в авиации произошел скачок, и от поршневых двигателей перешли к реактивным. Примерно та же ситуация сейчас в космической технике» [1].

Космонавт-испытатель С. Кричевский характеризует современное состояние ракетно-космического транспорта так: «С научной точки зрения космическая ракета – это огромный "паровоз" с КПД всего одинтри процента, остальная же часть стартовой массы превращается в отходы, продолжая создавать проблемы для окружающей среды. Безальтернативный, чисто ракетный этап в развитии космической деятельности подходит к концу. А что придет ему на смену, зависит от нас. Надеюсь, совершенно новые технологии, которые изменят... ситуацию» [2].

В ОСНОВУ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ КОРАБЛЯ ORION ПОЛОЖЕНО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА ДЛЯ ИСПАРЕНИЯ ПОРЦИЙ РАБОЧЕГО ВЕЩЕСТВА И ПОЛУЧЕНИЯ УСКОРЯЮЩЕЙ ТЯГИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОТРАЖЕНИЯ КОРМОВЫМ ЭКРАНОМ УДАРНОЙ ВОЛНЫ ИЗ ПОТОКА ПЛАЗМЫ (рис. 1)

КОСМИЧЕСКАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА ORION

Проект пилотируемого ядерно-импульсного космического корабля Orion, который разрабатывался в США в 1950-60-х годах [3, 4, 5] – это не что иное, как попытка решить проблему низкой эффективности ракет на химическом топливе.

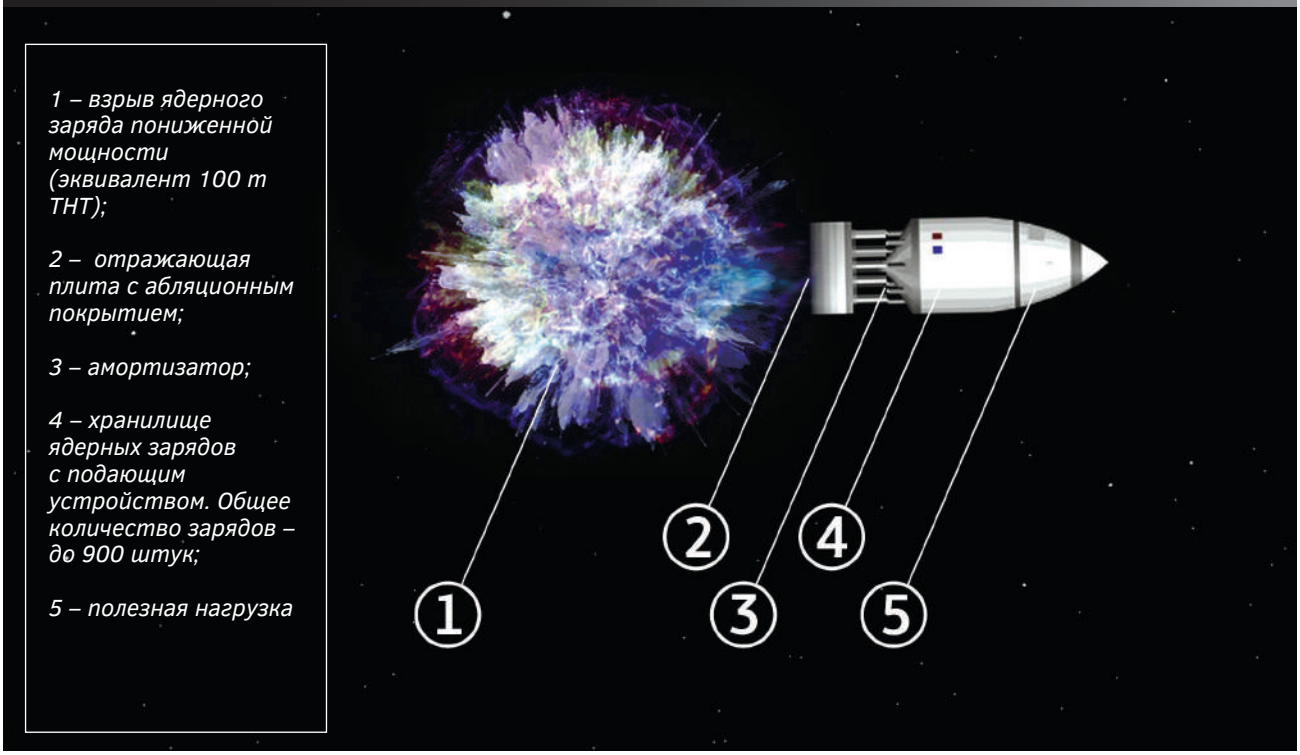
В основу работы двигателя корабля положено использование энергии ядерного взрыва для испарения порций рабочего вещества и получения ускоряющей тяги в результате отражения кормовым экраном (отражающей плитой) ударной волны из потока плазмы *(рис. 1)*. Из космического корабля в направлении, противоположном полету, с небольшими интервалами выбрасываются ядерные заряды и взрываются на небольшом расстоянии от аппарата. Массивная отражающая плита принимает на себя импульс и передает его кораблю через систему амортизаторов для пилотируемых версий или без амортизаторов для беспилотных версий. Перед каждым взрывом отражающая тяговая плита при помощи разбрызгивающего устройства покрывается графитовой смазкой в качестве защитного абляционного покрытия.

Устойчивость отражающей тяговой плиты корабля была подтверждена не только расчетами, но и экспериментами на моделях, приводимых в движение взрывами зарядов химической взрывчатки и взрывами термоядерных зарядов – покрытые графитом стальные сферы, размещенные в девяти метрах от эпицентра взрыва, остались неповрежденными.

Разгонять космические корабли с помощью маломощных ядерных взрывов предложили американские физики Станислав Улам и Корнелиус Эверетт в 1955 году.

Экономические показатели системы Orion были настолько хороши, что Луна, Марс, спутники Юпитера могли быть освоены еще в прошлом веке. Экологические же показатели, наоборот, были настолько отрицательными, что это привело к закрытию проекта в 1965 году в связи с его противоречием международному соглашению 1963 года о запрете всех ядерных взрывов, за исключением подземных.

Рис. **1.** *Проект Orion. Ускорение космического корабля серией ядерных взрывов низкой мощности*



КОСМИЧЕСКАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА SATPUSH

Отказ от реализации проекта Orion произошел по причине осознания международным сообществом экологической опасности использования ядерных взрывных устройств на Земле и в околоземном пространстве. Таким образом, развитие космонавтики ограничилось ракетами на химическом топливе, которые достигли потолка совершенствования и на пределе возможностей обеспечивают вывод КА из гравитационного колодца Земли. Это определило длительную стагнацию космонавтики. Есть ли иные способы выбраться из гравитационной ямы Земли?

Ракета как средство доставки и передвижения людей и грузов в космосе имеет принципиальное ограничение – она не использует внешние вещественные и энергетические ресурсы, а ее запасы топлива ограниченны. В энергетическом аспекте ракета подобна галере и на длинных дистанциях проигрывает парусным судам, использующим даровые внешние ресурсы кинетической энергии. Имеются ли в космосе аналоги ветра, которые обеспечили бы независимость КА от неэффективных химических и опасных ядерных источников энергии? Теоретическая космонавтика давно изучает эту проблему и обнаружила несколько решений по использованию даровых запасов механической энергии околоземного и дальнего космоса.

В работе [6] описан проект изменения орбиты одного из астероидов за счет образования на его пути «облака» измельченного материала (реголита) другого астероида.

В работе [7] рассмотрен способ управления траекториями КА, находящихся на средних околозем-

В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ АСПЕКТЕ РАКЕТА ПОДОБНА ГАЛЕРЕ И НА ДЛИННЫХ ДИСТАНЦИЯХ ПРОИГРЫВАЕТ ПАРУСНЫМ СУДАМ, ИСПОЛЬЗУЮЩИМ ДАРОВЫЕ ВНЕШНИЕ РЕСУРСЫ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

ПРОЕКТ SATPUSH – ЭТО КОНЦЕПЦИЯ КОСМИЧЕСКОГО КОРАБЛЯ – АНАЛОГА ORION. ЕГО СУТЬ ЗАКЛЮЧАЕТСЯ В ТОМ, ЧТО УДАРЫ ПОРЦИЙ ВЕЩЕСТВА ОЧЕНЬ НИЗКОЙ ПЛОТНОСТИ, ПОРЯДКА 0,1–1 КГ/М^3 В АБЛЯЦИОННУЮ ПЛИТУ НА КОРМЕ КОРАБЛЯ НЕ ОКАЗЫВАЮТ РАЗРУШИТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И ПРИ ЭТОМ СОЗДАЮТ ЗНАЧИТЕЛЬНУЮ СИЛУ, КОТОРАЯ СПОСОБНА РАЗОГНАТЬ КОРАБЛЬ ДО ОРБИТАЛЬНЫХ СКОРОСТЕЙ.

ДЛЯ РАЗГОНА КОРАБЛЯ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ КОРТЕЖ ПУШЕРОВ, КОТОРЫЕ МОГУТ ИЗГОТОВЛЯТЬСЯ ИЗ НЕДОРОГИХ МЕЗОПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПРОСТЕЙШИХ ВИДОВ КРЕМНИЕВОГО АЭРОГЕЛЯ.

ных орбитах при помощи давления, создаваемого потоками лунной пыли. Пыль в контейнерах выбрасывается из сферы притяжения Луны при помощи электромагнитных ускорителей, а затем рассеивается вдоль траектории движения к Земле. В районе перигея пылевое облако максимально увеличивает кинетическую энергию, которая утилизируется посредством воздействия на абляционные экраны ускоряемых КА.

Оба способа ускорения космических объектов, описанные в [6] и [7], аналогичны, по сути, способу ускорения корабля Orion: гиперзвуковой поток вещества оказывает давление на объект и ускоряет его в заданном направлении. Вместе с тем это воздействие осуществляется относительно внеземных объектов и не может применяться для запуска в космос, как в системе Orion.

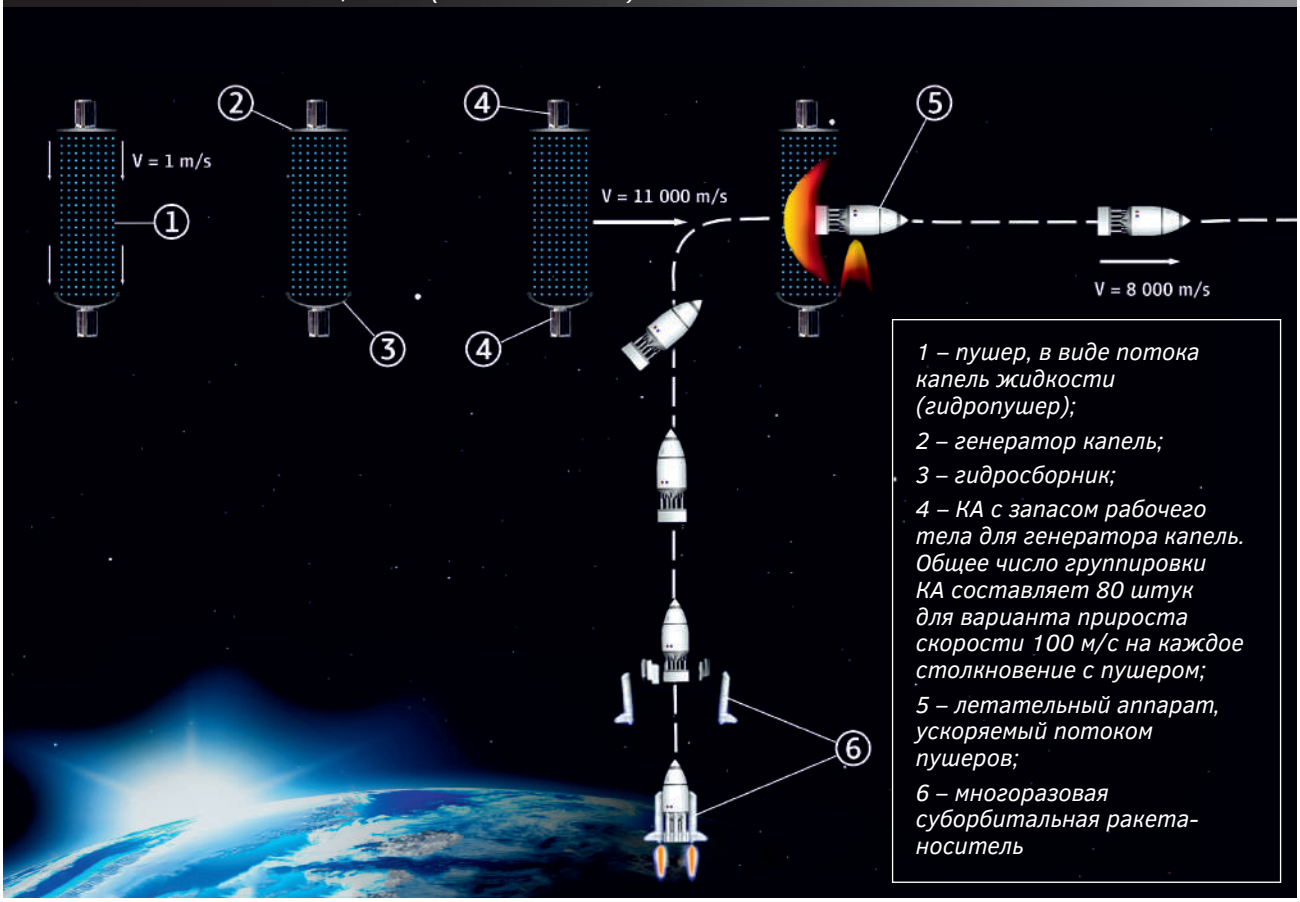
В работе [8] предложен способ применения гиперзвукового потока вещества для ускорения суборбитального КА до орбитальной скорости *(рис. 2)*, то есть дается решение проблемы запуска КА с Земли за счет даровых внеземных ресурсов. Ускоряемый КА освобожден от запасов химического или ядерного топлива, что обеспечивает увеличение массы полезного груза на один порядок и соответственно, сокращает удельную стоимость запуска. Для запуска КА необходимо применять вспомогательную ракету-носитель (РН), но ее роль ограничивается подъемом КА на высоту 110-120 км в зону перигея ускоряющего потока. Отсутствуют и существенные затраты на создание ускоряющего потока вещества в связи с тем, что кинетическая энергия потока создается за счет дарового запаса потенциальной энергии при сбросе внеземного вещества в гравитационный колодец Земли. Затраты энергии на сброс вещества составляют около пяти процентов при использовании лунного сырья и десятые и сотые доли процента при использовании сырья некоторых околоземных астероидов.

Проект, изложенный в работе [8], основан на описании группы изобретений в патенте RU2385275, где рассмотрены различные способы ускорения КА и на основе работы [9] обоснована возможность разгона КА не только попутными потоками, но и встречными. Космическая транспортная система (КТС) на основе встречных потоков весьма перспективна, так как обеспечивает разгон КА до скорости, в несколько раз превышающей скорость встречного потока. К примеру, при наличии базы на одном из спутников Юпитера возможен разгон КА до 200 км/с, что актуально при создании системы защиты Земли от астероидной угрозы. Вместе с тем по причине простоты и низкой стоимости операций по разгону КА попутным потоком эта технология заслуживает более детального рассмотрения и развития.

Satpush – рабочее название КТС с разгоном КА попутным гиперзвуковым потоком (от слов satellite – спутник и push – толчок, давление, удар, напор). Таким образом, проект Satpush – это концепция космического корабля, аналога Orion, движущей силой которого вместо ядерных взрывов будут удары – регулярные толчки порций вещества, извлеченного из Луны, астероидов или полученного из иных недорогих источников, в том числе орбитальных накопителей атмосферных газов (Земли, Марса, Венеры), и разогнанного за счет превращения собственной потенциальной энергии в кинетическую при сбросе в гравитационный колодец Земли. Реализация такого варианта проекта Orion не ограничивается действующими международными соглашениями.

Суть проекта Satpush в том, что удары порций вещества очень низкой плотности, порядка 0,1–1 кг/м^3, в абляционную плиту на корме корабля не оказывают разрушительного воздействия и при этом создают значительную силу, которая способна разогнать корабль до орбитальных скоростей. Оказываемое на плиту давление в начале разгона составляет 120–1200 бар. При скорости толкающих порций вещества, или пушеров (от слова pusher – толкатель), около 11 км/с корабль разгоняется до 8–9 км/с. При этом суммарная масса пушеров (для случая идеально упругого отражения потока вещества)

Рис. **2.** *Проект Satpush. Ускорение космического корабля дискретным гиперзвуковым потоком внеземного вещества (высота 120 км)*

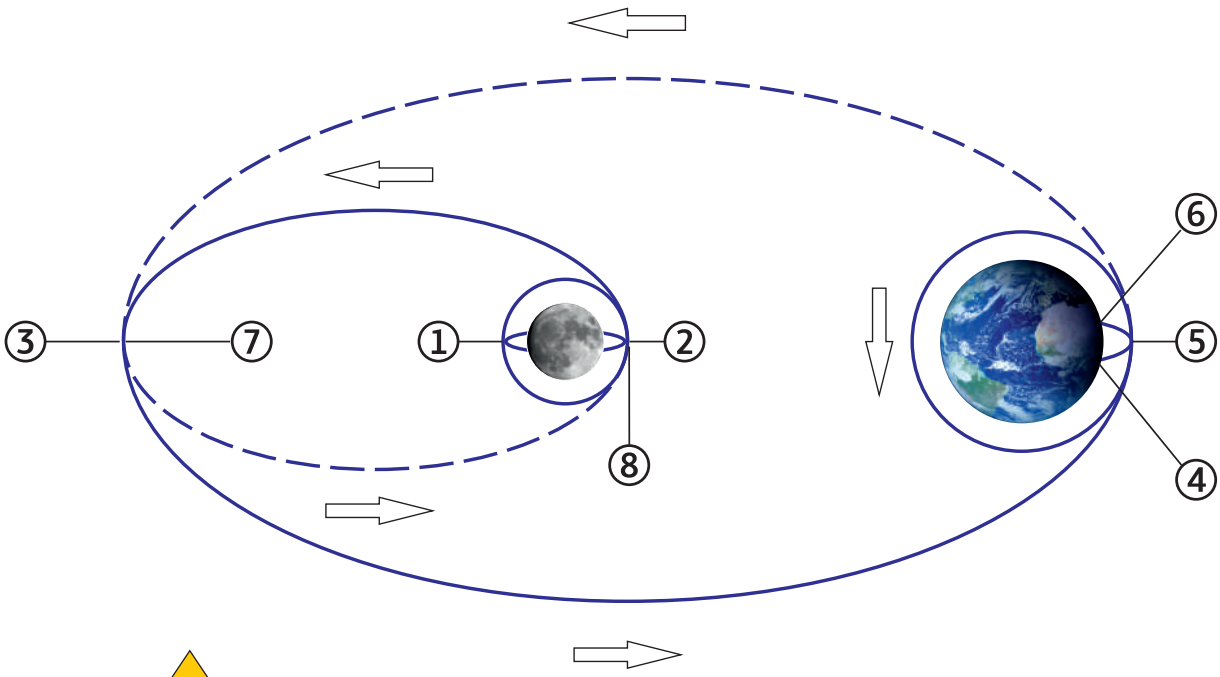


составляет 80 % массы разгоняемого корабля. Потоки из последовательности пушеров создаются кортежами КА из бортовых запасов внеземного вещества. Формирование таких запасов наиболее выгодно за счет лунных ресурсов *(рис. 3)* в случае использования технологии Sattrap *(рис. 4)*, сокращающей затраты на экспорт лунного сырья до 390 долл/кг [11]. Последующее развертывание системы Sattrap дополнительно сокращает затраты на один порядок.

Пушер – объект низкой плотности. Пушеры могут изготовляться из недорогих мезопористых материалов и простейших видов кремниевого аэрогеля – хрупкость аэрогеля в условиях невесомости и другие недостатки не являются фактором, препятствующим применению пушеров. При этом могут использоваться не цельные блоки высокопористого материала, а тонкопленочные мешки, заполненные порошками аэрогеля, что упрощает производство. Надувные баллоны с аэрозолем из мелкодисперсного материала в качестве основного наполнителя также перспективны для изготовления пушеров. Удобным конструкционным материалом могут стать замороженные пены высокой кратности из водных растворов. Пушеры могут формироваться непосредственно перед применением в виде облака из капель и микрокристаллов водных растворов и других жидкостей, например жидкого азота и твердой двуокиси углерода. Устройство формирования таких капельных образований известно – это генератор потока монодисперсных капель жидкости для космических холодильников-излучателей [10].

Для разгона корабля используется кортеж пушеров – последовательность объектов, движущихся по единой траектории или в пределах заданного коридора. До момента столкновения с кораблем пушер находится в сцепке с КА-носителем. Отделение пушера от КА-носителя происходит за несколько секунд до столкновения с кораблем. Капельно-пылевой пушер (как облако частиц вещества) создается за несколько секунд до столкновения, при этом часть вещества, не вступившего в контакт, улавливается вспомогательным КА и используется повторно. Ча-

Рис. 3. *Траектории подачи лунного сырья для вывода суборбитальных летательных аппаратов на НОО*



1 – аккумуляция лунной воды и реголита в орбитальном коллекторе системы Sattrap, производство ракетного топлива из реголита;

2 – перенос воды и топлива в межорбитальный буксир, старт буксира и выход на переходную орбиту;

3 – коррекция траектории полета буксира и переход на высокоэллиптическую околоземную орбиту;

4 – старт многоразовой суборбитальной ракеты-носителя (МСРН) и подъем летательного аппарата на высоту 120 км;

5 – отделение от буксира КА с запасами воды и генераторами потока капель, рассредоточение и создание кортежа КА, разгон гидропушерами летательного аппарата до орбитальной скорости, сосредоточение КА и стыковка с буксиром;

6 – посадка МСРН;

7 – коррекция траектории полета буксира и переход на высокоэллиптическую окололунную орбиту;

8 – стыковка с орбитальным коллектором системы Sattrap и загрузка новой порции воды и топлива для буксира

сти пластин из мезопористого материала, не столкнувшиеся с тяговой плитой корабля, также утилизируются.

В следующем десятилетии начнутся операции по разработке ресурсов астероидов и Луны. Planetary Resource, Deep Space, Moon Express, Shackleton Energy, Luxembourg, ESA и NASA – организации, которые ведут подготовку к коммерческой добыче внеземных ресурсов. Часть вещества будет доставляться в околоземное пространство на орбитальные станции. В основном это будут поставки ракетного топлива, произведенного из воды астероидов и Луны.

Вместе с тем современная концепция использования внеземных ресурсов воды для производства ракетного топлива иррациональна. Запас энергии водородно-кислородного ракетного топлива – 13 МДж/кг, что требует для его получения из воды затрат порядка 30 МДж/кг. Вместе с тем при сбросе капсул с топливом на низкие околоземные орбиты (НОО) груз в перигее разгоняется: до скорости около 11 км/с при сбросе с Луны и до 12–14 км/с при сбросе с околоземных астероидов. Его даровая кинетическая энергия составляет соответственно 61 МДж/кг и 72–98 МДж/кг. Таким образом, от 50 до 67 % энергии придется бесполезно рассеивать при торможении капсул с грузом в атмосфере, не считая избыточных затрат на производство ракетного топлива из воды.

Инновационная система Satpush позволяет использовать теряемую кинетическую энергию. За счет этой даровой энергии КТС Satpush способна выводить грузы с Земли на орбиту с минимальным использованием ракеты для разгона груза. Сообщение скорости грузу за счет ракеты сокращается в пять раз, что увели-

чивает грузоподъемность типовой ракеты в 16 раз (с 3% до 50%) при уменьшенной в полтора раза стоимости запуска. В результате удельная стоимость запуска сокращается в 24 раза. Для многоразовых ракет удельная стоимость запуска сокращается на два-три порядка.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ, ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. В настоящей статье рассмотрена логистика доставки грузов с малых небесных тел и спутников планет на Землю с точки зрения устранения потерь кинетической энергии грузов, ее эффективной утилизации и применения для вывода новых грузов с Земли в космос, устранения избыточных и лишних энергетических операций на базе достигнутого научно-технического уровня.

2. Проведен анализ технического базиса космических грузоперевозок, на основе которого предложена концептуально новая система доставки грузов в космос – КТС Satpush.

3. Показано, что для реализации КТС Satpush не требуется разработка принципиально новых устройств и технологий – необходима в основном интеграция и адаптация известных и апробированных технических решений, таких как абляционная термозащита космических аппаратов – прототип буферной плиты, воспринимающей давление гиперзвукового потока, система генерации потока капель жидкости в условиях орбитального полета – прототип генератора пушеров низкой плотности, система высокоточного наведения суборбитальных ракет на искусственные спутники – прототип системы выведения суборбитального аппарата в точку встречи с орбитальным кортежем из генераторов пушеров.

4. Разработанные технологии решают практически важную задачу создания концепции КТС, которая многократно понижает стоимость доступа к космосу за счет внеземных

1 – самодвижущийся комплекс с агрегатами сборки, обогащения и метания порций сырья в точку встречи с орбитальным коллектором;

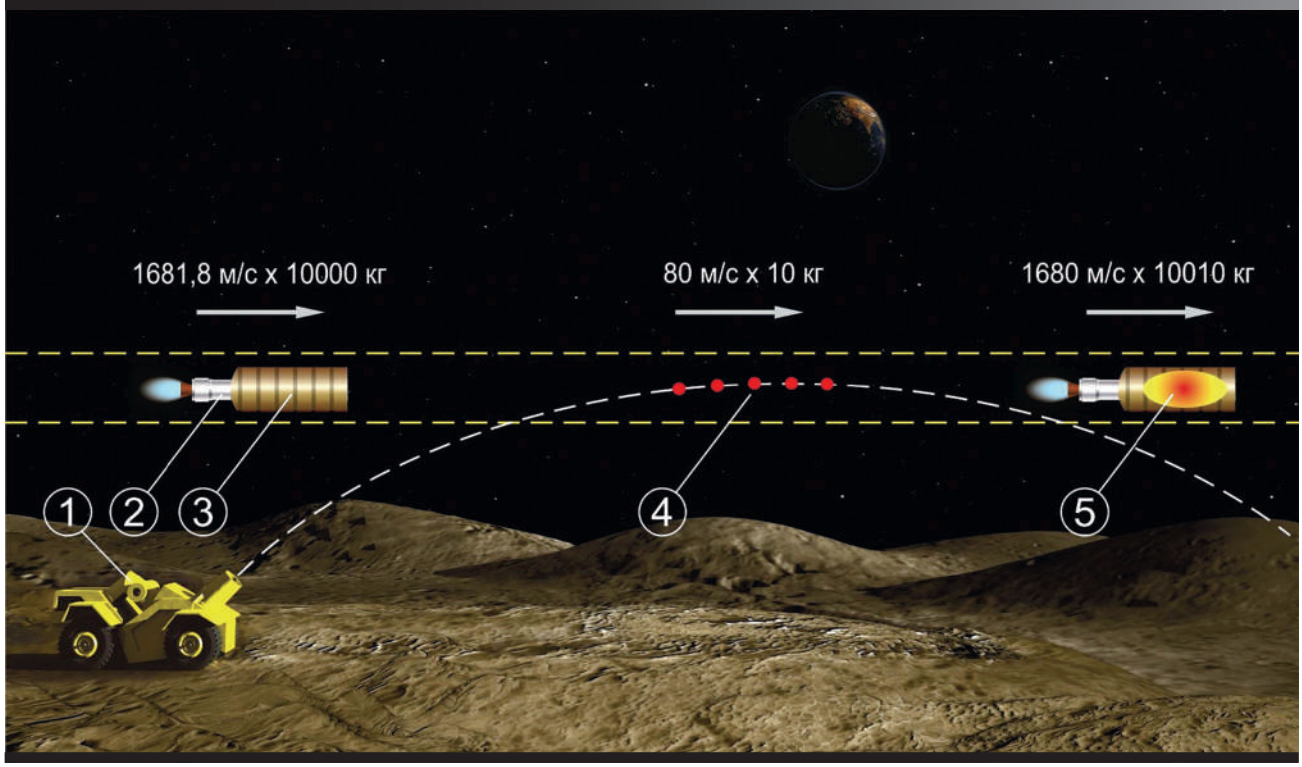
2 – часть орбитального коллектора – межорбитальный буксир;

3 – часть орбитального коллектора – контейнер-ловушка с реголитом;

4 – порции сырья (водяной лед и/или гранулированный реголит) в точке перехвата коллектором;

5 – зона накопления порций сырья внутри контейнера-ловушки

Рис. **4.** *Технология экспорта сырья с Луны на окололунную орбиту*



ПРЕДЛАГАЕМАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЗАПУСКА БУДЕТ ВОСТРЕБОВАНА В ПЕРИОД РАЗРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ АСТЕРОИДОВ И ЛУНЫ, ПОСКОЛЬКУ ПРИ ПЛАНИРУЕМЫХ ПОТОКАХ ВНЕЗЕМНОГО ВЕЩЕСТВА НА ЗЕМЛЮ ПОСТАВКИ ВЕЩЕСТВА ДЛЯ ПУШЕРОВ БУДУТ ПОПУТНЫМИ И ПОТОМУ НЕДОРОГИМИ, НО ПРИ ЭТОМ МНОГОКРАТНО СОКРАТЯТ РАСХОДЫ НА ПОСЛЕДУЮЩИЕ ЗАПУСКИ КА С ОБОРУДОВАНИЕМ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ РЕСУРСОВ АСТЕРОИДОВ И ЛУНЫ.

ресурсов. Исследование показало, что при использовании ранее разработанной и апробированной в США технологии ускорения летательного аппарата (проект Orion) ударными волнами от серии малых ядерных взрывов возможен разгон космических аппаратов за счет ударного воздействия пушеров – порций внеземного вещества. Получение и доставка этих порций требует незначительных затрат при разработке ресурсов некоторых групп околоземных астероидов и/или Луны в случае использования транспортной технологии Sattrap.

5. КТС Satpush, в отличие от КТС Orion с импульсным ядерным двигателем, не имеет нижнего предела своей массы, что позволяет запускать летательные аппараты с минимальной массой в пределах 10–100 кг и расширяет область применения КТС.

6. КТС Satpush имеет верхний предел массы, определяемый 35–40% стартовой массы ракет космического назначения. Это позволяет создать КТС сверхтяжелого класса на базе ракет-носителей среднего класса с грузоподъемностью от 5 до 20 т. К примеру, суборбитальная ракета на основе РН типа «Протон» способна доставлять в зону орбитального потока пушеров аппараты с максимальной массой до 250 тонн в одноразовом исполнении и до 150 тонн в варианте многократной РН. Таким образом, дорогостоящая разработка классических ракет сверхтяжелого класса может быть исключена из планов космических агентств.

7. КТС Satpush может применяться не только для разгона КА, но и для торможения. Это актуально для мягкой посадки КА на небесные тела без атмосферы, к примеру, на Луну. Торможение за счет лунных вещественных ресурсов обеспечивает увеличение массы доставляемого груза в три-четыре раза за счет сокращения посадочной характеристической скорости КА с 2600–2800 м/с до 100–200 м/с без расхода ракетного топлива. Таким способом могут доставляться микроКА с полезной нагрузкой от 10 до 100 кг. На стадии отработки технологии КТС Satpush может эксплуатироваться без лунных ресурсов за счет запасов рабочего тела для пушеров, доставленного с Земли, что также обеспечивает экономический эффект благодаря высокому тормозному импульсу от действия встречных пушеров (2400–4800 м/с для неупругого столкновения и 4800–9600 м/с для упругого). Таким образом, НИОКР по КТС Satpush должны частично окупаться за счет экономии при доставке КА на Луну.

8. Предлагаемая технология запуска будет востребована в период разработки минеральных ресурсов астероидов и Луны, так как при планируемых потоках внеземного вещества на Землю поставки вещества для пушеров будут попутными и потому недорогими, но при этом многократно сократят расходы на последующие запуски КА с оборудованием для разработки ресурсов астероидов и Луны.

9. На основании вышеизложенного делается вывод, что масштабная разработка внеземных ресурсов может состояться значительно раньше сроков, намеченных без учета указанных технических новаций.

10. Для реализации этой перспективы рекомендуется включение проекта КТС Satpush в планы НИОКР по развитию космических технологий.

11. Источником финансирования предлагается сделать средства, высвобожденные в результате прекращения НИОКР по ракетам сверхтяжелого класса. Для дополнительного финансового обеспечения НИОКР предлагается создание государственно-частного партнерства с привлечением зарубежных инвесторов из стран БРИКС как наиболее заинтересованных членов и кандидатов «космического клуба» в приобретении «прорывных технологий» для преодоления отставания от других космических держав. Прием инвестиций из США и Евросоюза также рекомендуется в связи с патентами в США и ЕС на технологию Sattrap, ключевую для построения КТС Satpush.

Литература

1. Академик Анатолий Коротеев: «Ядерная энергетика способна обеспечить качественный скачок в развитии космонавтики» (2010) // Ракетная техника. 18 июля. URL: http://rbase.new-factoria.ru/news/akademik-a-s-koroteev-yadernaya-energetika-sposobna-obespechit-kachestvennyj-skachok-v-razvitii-kosmonavtiki-2/ (Дата обращения: 30.04.2018).
2. **Лескова Н.** (2013). Космонавт-испытатель Сергей Кричевский: Ракетный этап космической деятельности подходит к концу // Вечерняя Москва. 12 апреля. URL: http://vm.ru/news/2013/04/12/kosmonavt-ispitatel-sergej-krichevskij-raketnij-etap-kosmicheskoj-deyatelnosti-podhodit-k-kontsu-191808.html (Дата обращения: 30.04.2018).
3. **Everett, C.J.; Ulam S.M.** On a Method of Propulsion of Projectiles by Means of External Nuclear Explosions. Part I. University of California, Los Alamos Scientific Laboratory, August 1955. See p. 5.
4. **Nance, J.C.** (1965). Nuclear Pulse Propulsion. IEEE Transactions on Nuclear Science, 12, p. 177-182. URL: http://dx.doi.org/10.1109/TNS.1965.4323511 (Дата обращения: 30.04.2018).
5. **Dyson, F.J.** (1968). Interstellar Transport. Physics Today, 21, p. 41-45. Available at: http://dx.doi.org/10.1063/1.3034534 (Дата обращения: 30.04.2018).
6. **Singer, C.E.** Collisional Orbital Change of Asteroidal Materials // AIAA 79-1434, Fourth Princeton/AIAA Conference on Space Manufacturing Facilities, Princeton, NJ, May 14-17, 1979.
7. **Андреев А.В.** Некоторые вопросы транспортировки лунного вещества // Труды XIX Чтений К.Э.Циолковского. Секция «Проблемы ракетной и космической техники». М.: ИИЕТ АН СССР, 1986. С. 87-96.
8. **Майборода А.О.** (2015). Проект «Орион II»: использование внеземных ресурсов для выхода из гравитационного колодца Земли // Московский космический клуб. 9 апреля. URL: http://mosspaceclub.ru/1news/OrionTwo.pdf (Дата обращения: 30.04.2018).
9. **Меркулов И.А.** Проблема космических воздушно-реактивных двигателей // Известия АН СССР. Энергетика и транспорт. 1965. № 5. С. 159-172.
10. **Конюхов Г.В., Коротеев А.А.** Капельные холодильники-излучатели космических энергетических установок нового поколения // Труды МАИ. 2006. №. 25. С. 3-272.
11. **Майборода А.О.** Как создать лунную базу и орбитальную станцию на 80% дешевле // Воздушно-космическая сфера. 2018. № 1. С. 22–31.

References

1. Akademik Anatoliy Koroteev: Yadernaya energetika sposobna obespechit' kachestvennyy skachok v razvitii kosmonavtiki. Raketnaya tekhnika. 18.07.2010. Available at: http://rbase.new-factoria.ru/news/akademik-a-s-koroteev-yadernaya-energetika-sposobna-obespechit-kachestvennyj-skachok-v-razvitii-kosmonavtiki-2/ (Retrieval date: 30.04.2018).
2. **Leskova N.** Kosmonavt-ispytatel' Sergey Krichevskiy: Raketnyy etap kosmicheskoy deyatel'nosti podkhodit k kontsu. Vechernyaya Moskva. 12.04.2013 . Available at: http://vm.ru/news/2013/04/12/kosmonavt-ispitatel-sergej-krichevskij-raketnij-etap-kosmicheskoj-deyatelnosti-podhodit-k-kontsu-191808.html (Retrieval date: 30.04.2018).
3. **Everett, C.J.; Ulam S.M.** On a Method of Propulsion of Projectiles by Means of External Nuclear Explosions. Part I. University of California, Los Alamos Scientific Laboratory, August 1955. See p. 5.
4. **Nance, J.C.** (1965). Nuclear Pulse Propulsion. IEEE Transactions on Nuclear Science, 12, p. 177-182. Available at: http://dx.doi.org/10.1109/TNS.1965.4323511 (Retrieval date: 30.04.2018).
5. **Dyson, F.J.** (1968). Interstellar Transport. Physics Today, 21, p. 41-45. Available at: http://dx.doi.org/10.1063/1.3034534 (Retrieval date: 30.04.2018).
6. **Singer, C.E.** Collisional Orbital Change of Asteroidal Materials // AIAA 79-1434, Fourth Princeton/AIAA Conference on Space Manufacturing Facilities, Princeton, NJ, May 14-17, 1979.
7. **Andreev A.V.** Nekotorye voprosy transportirovki lunnogo veshchestva. Trudy 19th Chteniy K.E.Tsiolkovskogo. Sektsiya «Problemy raketnoy i kosmicheskoy tekhniki». Moscow: IIET AN USSR, 1986, pp. 87-96.
8. **Mayboroda A.O.** Proekt «Orion II»: ispol'zovanie vnezemnykh resursov dlya vykhoda iz gravitatsionnogo kolodtsa Zemli. Moskovskiy kosmicheskiy klub. 09.04.2015. Available at: http://mosspaceclub.ru/1news/OrionTwo.pdf (Retrieval date: 30.04.2018).
9. **Merkulov I.A.** Problema kosmicheskikh vozdushno-reaktivnykh dvigateley. Izvestiya AN SSSR. Energetika i transport, 1965, No 5, pp. 159-172.
10. **Konyukhov G.V., Koroteev A.A.** Koroteev A.A. Kapel'nye kholodil'niki-izluchateli kosmicheskikh energeticheskikh ustanovok novogo pokoleniya. Trudy MAI, 2006, No 25, pp. 3-272.
11. **Mayboroda A.O.** Kak sozdat' lunnuyu bazu i orbital'nuyu stantsiyu na 80% deshevle. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2018, No 1, pp. 22–31.

© Майборода А. О., 2018

История статьи:
Поступила в редакцию: 03.05.2018
Принята к публикации: 17.05.2018

Модератор: Бурдакова Т. В.
Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:
Майборода А. О. Система Satpush: использование внеземных запасов потенциальной и кинетической энергий для космических запусков // Воздушно-космическая сфера. 2018. №2(95). С. 30-39.

УДК 623.418 | DOI: 10.30981/2587-7992-2018-95-2-40-47

AEROSPACE FORCES MILITARY EQUIPMENT: GENERATIONS CONCEPT

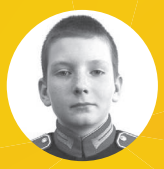
Yury V. KRINITSKY,
Cand. Sci (Military), Professor; Corresponding Member, Academy of Military Sciences; Senior Fellow, Marshal of the Soviet Union Zhukov Military Academy of Aerospace Defence; additional education teacher, Tver Suvorov Military School, Tver, Russia,
kriniza@rambler.ru

Yegor A. KULIKOV
educatee, Tver Suvorov Military School, Tver, Russia,
kriniza@rambler.ru

ABSTRACT I Familiar approaches to the means of armed fight division into generations are analyzed. It is substantiated that combat effectiveness and new physical principals of operation put in the latest generation of military equipment should be its main characteristics. The author's view on the Aerospace Forces military equipment generations is stated.

Keywords: *Aerospace Forces, air defence, military equipment generation, anti-aircraft missile system*

ВОЕННАЯ ТЕХНИКА ВКС: ПРИНЦИПЫ ПОКОЛЕНИЙ



Юрий Владимирович КРИНИЦКИЙ,
кандидат военных наук, профессор, член-корреспондент АВН, старший научный сотрудник Военной академии ВКО имени Маршала Советского Союза Г. К. Жукова, педагог дополнительного образования ФГКОУ «Тверское суворовское военное училище МО РФ», Тверь, Россия,
kriniza@rambler.ru

Егор Андреевич КУЛИКОВ,
учащийся ФГКОУ «Тверское суворовское военное училище МО РФ», Тверь, Россия,
kriniza@rambler.ru

АННОТАЦИЯ | В статье проанализированы известные подходы к делению средств вооруженной борьбы на поколения. Обосновывается, что новые физические принципы функционирования и боевая эффективность являются главными признаками очередного поколения военной техники. Изложен авторский взгляд на поколения военной техники Воздушно-космических сил.

Ключевые слова: *Воздушно-космические силы, противовоздушная оборона, поколение военной техники, зенитная ракетная система*

РАЗОБРАТЬСЯ В ПОНЯТИЯХ

Научно-технический прогресс неизбежно ведет к совершенствованию военной техники Воздушно-космических сил. Эволюционные периоды ее развития связаны с внедрением новых идей и решений, улучшающих отдельные характеристики вооружения. Но приходит момент, когда количественные изменения переходят в качественные. Прорыв в технологиях приводит к резкому возрастанию эффективности применения авиации или средств ПВО. В этом случае принято говорить о появлении нового поколения средств вооруженной борьбы.

Однако сама категория «поколение» применительно к военной технике нормативно не определена. Поэтому конструкторы, военные ученые и командиры вольно распоряжаются данным термином, используя его по необходимости, как кому удобно. Любое новое средство, разработанное в КБ, рекламируется как оружие нового поколения. При этом не всегда понятно, какое оно по счету и что за поколения предшествовали этому оружию. Смысловая неоднозначность создает путаницу в понятиях.

Для того чтобы разобраться в категории «поколение оружия» применительно к военной технике ВКО, необходимо:

– проанализировать существующие подходы к делению вооружения ВКС на поколения;

– установить существенные признаки, по которым оружие ВКС следовало бы относить к тому или иному поколению.

СОВРЕМЕННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О ПОКОЛЕНИЯХ ЗРК

Начнем с анализа существующего положения дел.

Самая большая неразбериха в вопросе с поколениями наблюдается в оценках зенитных ракетных систем. Например, производители самого массового ЗРК С-75 находят поколения внутри его собственной биографии. Первым поколением они называют СА-75 «Двина». Вторым – С-75 «Десна». Третьим – С-75 М «Волхов». С четвертого по шестое соответственно – С-75 М2, М3 и М4 семейства «Волхов». На этом счет поколений прекращается, поскольку в стране начат выпуск новых, более современных систем ПВО. И опять все повторяется, но уже применительно к другому комплексу: С-300 ПТ, ПС, ПМ и так далее. Что здесь вызывает сомнения? Во-первых, поколение – это всегда некое множество объектов, целый ряд изделий с заложенными в них общими принципами построения и функционирования. Они произведены в определенный промежуток времени и близки по характеристикам. Во-вторых, нельзя сказать, что каждый новый образец являет собой новое поколение оружия. Только накопление новых технологий дает необходимую базу, на которой появляется принципиально новая военная техника. Средства ПВО двух разных поколений должны существенно отличаться друг от друга как техническими характеристиками, так и своей боевой эффективностью. Но, к примеру, все образцы С-75 являются буксируемыми, одноканальными по цели и трехканальными по ракете. Их зоны поражения почти одинаковы. Во всех ЗРК реализована радиокомандная система телеуправления одного вида. Заряжание пусковых установок неавтоматизированное. Защищенность боевого расчета низкая. Список отличий этих комплексов значительно скромнее. Например, «Волхов-М4» отличался от «Волхова-М3» только тем, что имел канал оптического сопровождения цели, которым и ранее оснащались другие ЗРК.

Согласно другому подходу, поколения ЗРК различаются по хронологии их создания. Здесь первым поколением считается система С-25. ЗРК С-75, С-125 и С-200 относят ко второму поколению. С-300 – к третьему. С-400 – к четвертому. Перспективный С-500 – пятое поколение. Этот подход тоже спорный. Во-первых, во многих источниках говорится, что С-300, С-400 и С-500 составляют линейку оружия, построенного на одних и тех же физических принципах. Во-вторых, отсутствуют строгие критерии поколений, из-за чего трудно сравнить российские ЗРК с их зарубежными аналогами [1].

САМАЯ БОЛЬШАЯ НЕРАЗБЕРИХА В ВОПРОСЕ С ПОКОЛЕНИЯМИ НАБЛЮДАЕТСЯ В ОЦЕНКАХ ЗЕНИТНЫХ РАКЕТНЫХ СИСТЕМ

ПОКОЛЕНИЯ БОЕВЫХ САМОЛЕТОВ И ВЕРТОЛЕТОВ

Значительно более стройной оказалась классификация поколений самолетов и вертолетов. В авиации нашлось и наиболее точное определение этой категории: «Поколением считается совокупность летательных аппаратов, обладающих сопоставимыми боевыми возможностями и созданных на основе сходных технических решений».

МиГ-29

4-е поколение истребителей

МиГ-25

3-е поколение истребителей

Су-7

2-е поколение истребителей

МиГ-15

1-е поколение истребителей

Як-15

0-е поколение истребителей

КЛАССИФИКАЦИЯ ИСТРЕБИТЕЛЕЙ

Вот как распределены по поколениям истребители.

Исходная точка отсчета – послевоенное время [2]. Первые реактивные истребители так называемого нулевого поколения – это обычные вчерашние поршневые машины, на которые были установлены реактивные двигатели. Например, поршневой Як-3 после замены двигателя превратился в Як-15. Еще сюда относятся МиГ-9, Як-17, Як-23, Ла-150.

Для истребителей первого поколения характерны появление стреловидного крыла, наличие радиоприцела и систем антирадарного предупреждения, скорость дозвуковая или незначительно сверхзвуковая. Основное вооружение пушечное, но в качестве вспомогательного могли применяться неуправляемые ракеты. Представителями первого поколения считаются истребители МиГ-15, МиГ-17, Ла-15, Як-25. Самолеты первого поколения прошли испытание Корейской войной.

Принципиальными отличиями второго поколения истребителей являются сверхзвуковая скорость, штатная РЛС, система дозаправки в воздухе; основное средство воздушного боя – ракета. Кроме того, были изменения в схеме крыла и компоновке самолета. Типичными представителями самолетов второго поколения являются МиГ-19, Су-7, МиГ-21, Як-28, Су-11, Су-15. Некоторые из них успешно воевали во Вьетнаме.

Основными признаками истребителей третьего поколения стали улучшенная аэродинамика, в том числе изменяемая стреловидность крыла, более мощные радары, оснащение ракетами большой и средней дальности и многорежимность полетов. Это истребители МиГ-23, МиГ-25, Су-17.

Для четвертого поколения истребителей характерны улучшенные маневренные характеристики за счет неустойчивой аэродинамической схемы планера, двухконтурные турбореактивные двигатели с пониженным расходом топлива, интегральная схема и применение композиционных материалов; управляемое оружие [3]. Классическими представителями самолетов четвертого поколения являются истребители Су-27, МиГ-29, МиГ-31.

Истребители пятого поколения начали разрабатываться с конца XX века и отличаются от предшественников широким применением стелс-технологий, размещением вооружения внутри фюзеляжа и более совершенной авионикой (например, применением фазированных антенных решеток). В России истребителем пятого поколения будет передовой авиационный комплекс фронтовой авиации (ПАК ФА), он же – Т-50.

В соответствии с перспективными программами развития военной авиации уже сформулированы характеристики истребителя шестого поколения. Это гиперзвуковая скорость, сверхманевренность, многофункциональность при наращивании стелс-технологий и повышении качества композитных материалов [4].

Естественно, что граница между двумя соседними поколениями достаточно условна [3]. Поэтому иногда говорят о промежуточных поколениях, например, 4+ и даже 4++. Эту нишу занимают самые современные российские истребители Су-30 и Су-35С.

ДАВНО СТОИТ ВОПРОС О ПЕРЕХОДЕ ОТ МЕТОДА УНИЧТОЖЕНИЯ «ЖЕЛЕЗА ЖЕЛЕЗОМ» К МЕТОДУ УНИЧТОЖЕНИЯ «ЖЕЛЕЗА ЭНЕРГИЕЙ». ЭТОТ ПРИНЦИП, СКОРЕЕ ВСЕГО, ЛЯЖЕТ В ОСНОВУ СРЕДСТВ ВКО ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ.

КЛАССИФИКАЦИЯ БОЕВЫХ ВЕРТОЛЕТОВ

В ВКС имеется также классификация боевых вертолетов. В ее основу положены следующие признаки поколений.

Во-первых, конструкция и технический уровень исполнения несущих винтов вертолета. Во-вторых, технический уровень силовой установки. В-третьих, аэродинамические характеристики, особенно максимальная скорость горизонтального полета. В-четвертых, отношение веса пустого вертолета к его максимальному взлетному весу. В-пятых, комфортабельность машины (особенно уровень виброперегрузок и шумов). В-шестых, соотношение управляемости и физических усилий, необходимых для управления. В-седьмых, коэффициент перегрузки, которым оценивается маневренность вертолета.

Исходя из данного перечня признаков, выделяют четыре поколения боевых вертолетов. К первому относится Ми-4. Ко второму – Ми-8. К третьему – Ка-50 и Ми-28. К четвертому – Ка-52.

К-52

4-е поколение боевых вертолетов

Ми-28

3-е поколение боевых вертолетов

МАКСИМАЛЬНО ТОЧНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИИ «ПОКОЛЕНИЕ» НАШЛОСЬ В АВИАЦИИ: «ПОКОЛЕНИЕМ СЧИТАЕТСЯ СОВОКУПНОСТЬ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, ОБЛАДАЮЩИХ СОПОСТАВИМЫМИ БОЕВЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ И СОЗДАННЫХ НА ОСНОВЕ СХОДНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ».

Ми-8

2-е поколение боевых вертолетов

Ми-4

1-е поколение боевых вертолетов

РИС. 1. «Нулевое» поколение наземных средств ПВО

РИС. 2. Первое поколение наземных средств ПВО

РИС. 3. Второе поколение наземных средств ПВО

КЛАССИФИКАЦИЯ ПОКОЛЕНИЙ НАЗЕМНЫХ СРЕДСТВ ПВО

На основе проведенного анализа, определив общие принципы разделения вооружения и военной техники на поколения, можно вернуться к началу рассуждений и попробовать установить поколения наземных средств ПВО. Подчеркнем: не какого-то типа ЗРК, и даже не зенитно-ракетного оружия, а всех наземных средств ПВО.

Предлагаемая классификация будет выглядеть следующим образом.

«Нулевое» поколение. Его признаками является то, что данное оружие не было специально предназначено для борьбы со средствами воздушного нападения противника [5]. Это трехдюймовые полевые орудия образца 1900 и 1902 годов на поворотных лафетах, а также обычные пулеметы максим. Некоторые средства, например счетверенная установка М4, применялись даже в годы Великой Отечественной войны *(рис. 1)*.

Первое поколение. Основным признаком специального зенитного оружия был неуправляемый снаряд, полет которого подчинялся законам баллистики. Первой была пушка Лендера-Тарновского 1914 года. Сюда же относятся все зенитные орудия времен Великой Отечественной войны, в том числе и укомплектованные приборами ПУАЗО. Последние в данном ряду – зенитные артиллерийские комплексы С-60 и КС-19, снятые с вооружения Российской армии в 90-е годы XX столетия *(рис. 2)*.

Второе поколение. Управляемое оружие ПВО [6]. Это одноканальные по цели комплексы. Стационарные или буксируемые, они имели большое время свертывания и развертывания. Для отнесения к одному поколению не имеет значения различное предназначение и дальность применения ЗРК. К ним можно отнести системы С-25, С-75, С-125, С-200 всех модификаций *(рис. 3)*.

Третье поколение наземных средств ПВО имеет следующие отличительные признаки: многоканальность по цели; мобильность; новая элементная база; принципиально новые технологии в радиолокации (например, фазированная антенная решетка). К третьему поколению средств ПВО можно отнести С-300 и С-400 *(рис. 4)*.

В перспективе просматривается появление оружия **четвертого поколения**. Это системы, которые будут решать задачи не только в воздушном пространстве, но и в ближнем космосе. Речь идет о полноценных системах воздушно-космической обороны. Для них будет характерна модульность построения, высокая степень автоматизации и алгоритмизации всех процессов, комфортность и безопасность боевого расчета.

Так же, как в авиации, некоторые образцы оружия ВКО не вписываются четко в схему определенного поколения. Здесь возможно выделение переходных поколений. Напри-

РИС. 4. Третье поколение наземных средств ПВО

мер, некоторые модификации С-300, а также С-400 обладают хотя и ограниченной, но все же способностью борьбы с баллистическими ракетами. Возможно, что их следует отнести к промежуточному поколению 3+. Некоторые системы, такие как «Панцирь», «Тунгуска», сочетают в себе зенитные пушечные и зенитные ракетные каналы. Их идентификация сложна и требует большей конкретизации признаков поколений, чем это предложено в данной работе.

Можно попытаться представить себе пятое поколение средств ВКО. В эпоху покорения космоса и гиперзвука становится все сложнее поразить цель снарядом или ракетой. А по своим затратам средство поражения становится дороже, чем воздушно-космическая цель. В этих условиях давно стоит вопрос о переходе от метода уничтожения «железа железом» к методу уничтожения «железа энергией». Что это будут за новые физические принципы? Будет ли перспективное оружие ВКО пучковым, микроволновым, лазерным, электромагнитным, инфразвуковым, геофизическим, аннигиляционным, психотропным, акустическим, гравитационным или еще каким-нибудь – пока сказать трудно. Однако когда оно появится, триллионные расходы наших оппонентов на создание дорогостоящих СВКН, скорее всего, окажутся потраченными напрасно.

В заключение отметим, что никакая классификация поколений вооружения и военной техники ВКС не будет объективной до тех пор, пока базовое понятие «поколение» применительно к оружию не будет установлено нормативно и не займет свое место в военных словарях и руководящих документах.

Литература

1. **Петухов С. И., Шестов И. В.** История создания и развития вооружения и военной техники ПВО Сухопутных войск России. М.: ВПК, 1998. 320 с.
2. **Шавров В. Б.** История конструкций самолетов в СССР. М.: «Машиностроение», 1986. С. 540–544.
3. **Пономарев А. Н.** Авиация настоящего и будущего. М.: Воениздат, 1984. 256 с.
4. **Левин М. А., Ильин В. Е.** Современные истребители. Энциклопедия техники. М.: Хоббикнига, 1994. 292 с.
5. **Смирнова Л. Н.** Всемирная история артиллерии. М.: Вече, 2002. 512 с.
6. **Василин Н. Я., Гуринович А. Л.** Зенитные ракетные комплексы. Минск: Белорусский дом печати, 2002. 463 с.

References

1. **Petuhov S. I., Shestov I. V.** Istoriya sozdaniya i razvitiya vooruzheniya i voennoj tehniki PVO Suhoputnih vojsk Rossii. Moscow, VPK, 1998, 320 p.
2. **Shavrov V. B.** Istoriya konstrukcij samoljotov v SSSR. Moscow, Mashinostroenie, 1986, pp.540–544.
3. **Ponomarjov A. N.** Aviaciya nastoyashcego i budushcego. Moscow, Voenizdat, 1984, 256 p.
4. **Levin M. A., Ilyin V. E.** Sovremennye istrebiteli. Enciklopediya tehniki. Moscow, Hobbikniga, 1994, 292 p.
5. **Smirnova L. N.** Vsemirnaya istoriya artillerii. Moscow, Veche, 2002, 512 p.
6. **Vasilin N. Y., Gurinovich A. L.** Senitnye raketnye kompleksy. Minsk, Belorusskiy dom pechati, 2002, 463 p.

© Криницкий Ю.В., Куликов Е.А., 2018

История статьи:
Поступила в редакцию: 10.04.2018
Принята к публикации: 30.04.2018

Модератор: Дмитрюк С. В.
Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:
Криницкий Ю.В., Куликов Е.А. Военная техника ВКС: принципы поколений // Воздушно-космическая сфера. 2018. № 2(95). С. 40-47.

УДК 629.78(091) | DOI: 10.30981/2587-7992-2018-95-2-48-57

MODERN LEO SATELLITES FOR GEOLOCATION AND IDENTIFICATION OF RADIO EMITTERS

Nikolay N. Klimenko,
Cand. Sci. (Tech), Lieutenant General retired, Deputy General Director, Lavochkin Association, Moscow, Russia,
Klimenko@laspace.ru

ABSTRACT I THE ARTICLE CONSIDERS IN DETAIL THE PROJECTS OF LEO SATELLITES ESSAIM, ELISA, CERES, AS WELL AS SIMILAR PROJECTS OF THALES ALENIA SPACE AND HAWKEYE 360 COMPANIES, DESIGNED FOR GEOLOCATION AND IDENTIFICATION OF RADIO EMITTERS.

Keywords: *LEO satellites, satellite clusters, standardized satellite bus, radio emitter, geolocation, identification*

СОВРЕМЕННЫЕ НИЗКООРБИТАЛЬНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ ДЛЯ ГЕОЛОКАЦИИ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ИСТОЧНИКОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ

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

АННОТАЦИЯ I В СТАТЬЕ ДЕТАЛЬНО РАССМОТРЕНЫ ПРОЕКТЫ НИЗКООРБИТАЛЬНЫХ КА ESSAIM, ELISA, CERES, А ТАКЖЕ АНАЛОГИЧНЫЕ ПРОЕКТЫ КОМПАНИЙ THALES ALENIA SPACE И HAWKEYE 360, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЕ ДЛЯ ГЕОЛОКАЦИИ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ИСТОЧНИКОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ.

Ключевые слова: *низкоорбитальные КА, баллистически связанные группы КА, унифицированная космическая платформа, источник радиоизлучения, геолокация, идентификация*

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее эффективно геолокация и идентификация источников радиоизлучения (ИРИ) может осуществляться высокоорбитальными КА. Их применение обеспечивает длительный непрерывный контакт с ИРИ, что, как правило, требуется для их геолокации и идентификации, а также обеспечивает анализ режимов их работы, предназначения и содержания передаваемой информации, достаточно высокоточное определение координат в высокочастотных диапазонах. Вместе с тем для обеспечения электромагнитной доступности к ИРИ в этом случае требуется создание и применение сложных крупногабаритных антенных систем, а также уникальных дорогостоящих КА. Остронаправленные антенны не позволяют в полной мере реализовать преимущества высоких орбит по непрерывности наблюдения. При этом затруднена селекция сигналов и высокоточное определение координат в УКВ-диапазоне, в котором функционирует большинство подвижных ИРИ. Указанные ограничения привели к возрастанию интереса к низкоорбитальным КА радиоэлектронного наблюдения (РЭН). В 2000-е годы наряду с модернизацией низкоорбитальной системы SB-WASS (или NOSS-SSU) в ряде стран развернуты работы по созданию принципиально новых низкоорбитальных КА РЭН на базе унифицированных космических платформ (УКП) и цифровой бортовой специальной аппаратуры. При этом для реализации разностно-дальномерно-доплеровского метода (РДДМ) геолокации ИРИ формируются баллистически связанные группы (БСГ) из двух-четырех разнесенных на орбите КА. Создание и применение низкоорбитальных КА РЭН для геолокации и идентификации ИРИ имеют свои особенности и закономерности, рассмотренные ниже на конкретных примерах.

ПРОЕКТЫ НИЗКООРБИТАЛЬНЫХ КА РЭН ESSAIM, ELISA И CERES ДЛЯ ГЕОЛОКАЦИИ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ИСТОЧНИКОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ

Ведущее положение по разработке современных низкоорбитальных космических средств для геолокации и идентификации ИРИ занимают компании Airbus Defense&Space и Thales Alenia Space, реализующие с 2004 года программу создания БСГ КА РЭН. Начало программе положил запуск БСГ из четырех КА РЭН ESSAIM.

В 2011 году на смену БСГ КА ESSAIM осуществлен запуск второй БСГ из четырех КА РЭН ELISA [1].

КА РЭН из состава БСГ ESSAIM и ELISA разработаны на базе УКП Myriade, созданной в рамках специальной программы для реализации концепции маломассогабаритных КА (МКА) и предназначенной для создания недорогостоящих МКА для демонстрации новых технологических возможностей и проведения научных исследований. Замыслом программы предусмотрено создание на базе УКП Myriade МКА для научных и технологических исследований Demeter, Parasol, Taranis, Microscope, Picard и других, а также для создания военных КА ESSAIM, ELISA, SPIRALE [2].

Общий вид УКП Myriade и ее типовой приборный состав представлен на *рисунке 1*. УКП представляет собой параллелепипед размером 60×60×80 см, весом 130 кг. Система энергоснабжения включает солнечную батарею площадью 0,9 кв. м на арсениде галлия, генерирующую электроэнергию мощностью 200 Вт, и аккумуляторную батарею на Li-Ion емкостью 14 ампер-часов. Аккумуляторная батарея выдает в тени мощность 60 Вт, а на освещенных участках – 90 Вт. Система управления ориентацией и стабилизацией состоит из стандартного набора приборов, показанных на *рисунке 1*. Каждый КА заправляется гидразином массой 4,5 кг. При этом запас характеристической скорости составляет 80 м/сек.

Запуск БСГ КА ESSAIM осуществлялся на орбиту высотой 658 км и наклонением 98,3 градуса. БСГ КА ELISA запускалась на орбиту высотой 700 км и наклонением 98,3 градуса. Пространственное положение КА в БСГ ELISA на орбите иллюстрируется *рисунком 2*. КА из состава БСГ ESSAIM имели на орбите аналогичную пространственную конфигурацию.

Особенностью применения БСГ КА РЭН ESSAIM и ELISA является необходимость синхронизации их бортовой шкалы времени (БШВ) и поддержания расчетной геометрии баллистического построения БСГ. Синхронизация КА в БСГ осуществлялась по сигналам навигационных КА GPS или Galileo. Для поддержания пространственного положения КА в БСГ осуществлялось автоматическое (по программе, рассчитываемой на борту КА) проведение маневров поддержания каждые две недели.

Отметим, что запуск КА ELISA *(рис. 3)* и разведение их на орбите для построения в БСГ, как показано на *рисунке 2*, осуществлялся с использованием разгонного блока «Фрегат», разработанного НПО имени С. А. Лавочкина. Схематичное изображение КА ELISA, установленных на разгонный блок «Фрегат», показано на *рисунке 4*. На *рисунке 5* изображен процесс установки КА ELISA на адаптер для последующей установки на разгонный блок «Фрегат».

РИС. 1.
Общий вид УКП Myriade и ее типовой приборный состав

РИС. 2.
Пространственное положение КА РЭН в БСГ ELISA

РИС. 3.
Космический аппарат РЭН ELISA

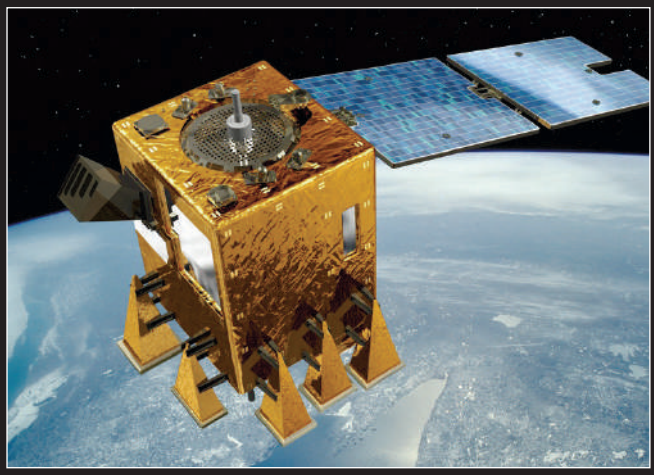
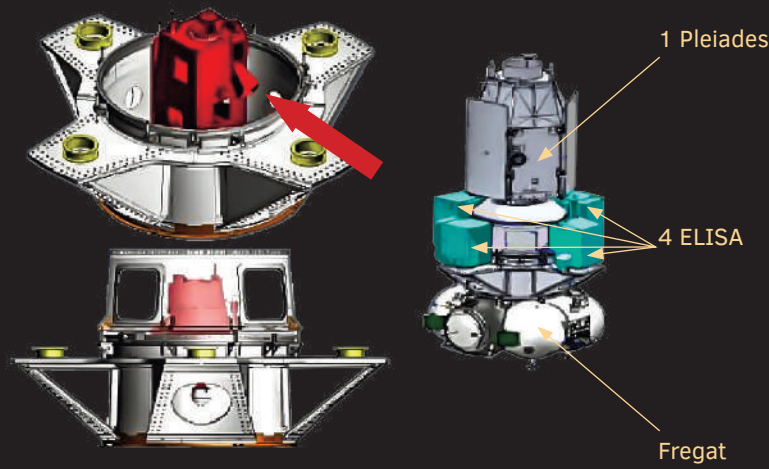


РИС. 4.
Схема размещения КА РЭН ELISA на разгонном блоке «Фрегат»



Отработка технологии геолокации и идентификации ИРИ с использованием БСГ КА ESSAIM и ELISA имела целью формирование научно-технического задела для создания и принятия в 2020 году на вооружение перспективной системы CERES [3]. Замысел ее применения состоит в использовании нескольких БСГ КА РЭН, создаваемых на базе модификаций космической платформы Elitebus разработки компании Thales Alenia Space.

РИС. 5.
Установка КА ELISA на адаптер

Отработка технологии геолокации и идентификации ИРИ с использованием БСГ КА ESSAIM и ELISA имела целью формирование научно-технического задела для создания и принятия в 2020 году на вооружение перспективной системы CERES [3]. Замысел ее применения состоит в использовании нескольких БСГ КА РЭН, создаваемых на базе модификаций космической платформы Elitebus разработки компании Thales Alenia Space. Внешний вид КА из состава системы CERES приведен на *рисунке 6*. Космическая платформа Elitebus будет иметь вес 450 кг и размеры стороны, обращенной к Земле, 3×1,6 м. При этом планируется использование полезной нагрузки весом не менее 300 кг и энергопотреблением не менее 1000 Вт (по другой информации – 550 кг и 2500 Вт). В состав каждой БСГ планируется включить три КА, запускаемых на орбиту высотой 700–800 км и наклонением в диапазоне 70...80 градусов.

В заключение следует отметить, что БСГ КА РЭН ESSAIM, ELISA и CERES обеспечивают геолокацию ИРИ с использованием комбинированного разностно-дальномерного и разностно-доплеровского метода.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО НАБЛЮДЕНИЯ КОМПАНИИ THALES ALENIA SPACE И ОСНОВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

В инициативном порядке компания Thales Alenia Space прорабатывает упреждающий проект МКА на базе перспективной УКП двойного назначения Elitebus класса микро [4]. Замысел проекта *(рис. 7)* предусматривает возможность оперативного запуска КА с различной полезной нагрузкой, включая БСА радиоэлектронного, радиолокационного и оптико-электронного наблюдения, в течение нескольких суток после поступления заявки на запуск. Такая орбитальная группировка дополнит существующую орбитальную группировку КА радиолокационного наблюдения CosmoSkyMed. Запуск КА планируется на орбиты высотой 300...400 км. УКП, изготавливаемая по стелс-технологии, будет иметь форму куба с размером ребра 0,5 м (по другим данным – 0,8 м), вес 100...150 кг, энерговооруженность 200...250 Вт. При этом масса полезной нагрузки может достигать 45 % от массы микроКА. Одна из целей проекта – обеспечить стоимость КА, сопоставимую со стоимостью беспилотных летательных аппаратов. Для этого также будет исключено резервирование бортовой аппаратуры. Считается, что оправданным будет «резервирование» за счет оперативного восполнения орбитальной группировки недорогостоящими КА.

КА РЭН в составе такой орбитальной группировки предназначены для геолокации и идентификации ИРИ в диапазоне частот 400 МГц...20 ГГц. Данные о местоположении ИРИ предназначены также для наведения КА оптико-электронного и радиолокационного наблюдения на соответствующие районы. Применяемые в составе бортовой аппаратуры широкодиапазонные конические логопериодические антенны обеспечивают моноимпульсную пеленгацию ИРИ в широком угле зрения. Предусмотрена возможность адаптивного управления диаграммой направленности и усилением применяемой антенной системы *(рис. 8)*. Для повышения точности моноимпульсной пеленгации осуществляется многократное определение направления на ИРИ с различных точек орбиты с последующей обработкой результатов пеленгования. Повышенная точность определения координат ИРИ реализуется за счет фазового и разностно-дальномерного методов с использованием БСГ из двух и более КА с синхронизированными БШВ.

Синхронизация БШВ в БСГ может осуществляться двумя способами: непосредственно по информации с наземного специального комплекса (НСК) или путем ретрансляции этой информации через геостационарный КА-ретранслятор *(рис. 9)*. Наряду с синхронизацией БШВ осуществляется относительная навигация КА из состава БСГ. Для этого при прохождении БСГ КА РЭН зоны видимости КА-ретранслятора для каждого из них передаются «свои» команды управления и общий синхросигнал. Одновременно КА из состава БСГ передают на НСК информацию о своем местоположении (по данным бортовой аппаратуры спутниковой навигации Galileo) с привязкой к БШВ. В НСК по результатам обработки этой информации формируются корректирующие данные для закладки на борт КА РЭН в следующем сеансе связи.

В заключение следует отметить, что создание перспективной микроплатформы Elitebus характеризуется наличием технических рисков. Поэтому в качестве гарантированной в [5] рассматривается космическая платформа PRIMA-S класса мини, имеющая размеры 1,3×1,3×1,3 м, массу 400–500 кг, включая массу полезной нагрузки до 200 кг, и энерговооруженность до 1500 Вт. Такая космическая платформа получила летную квалификацию в составе КА Globalstar, O3b и Iridium Next.

Замысел упреждающего проекта МКА на базе перспективной УКП двойного назначения Elitebus класса микро [4] (рисунок 7), который в инициативном порядке прорабатывает компания Thales Alenia Space, предусматривает возможность оперативного запуска КА с различной полезной нагрузкой, включая БСА радиоэлектронного, радиолокационного и оптико-электронного наблюдения, в течение нескольких суток после поступления заявки на запуск. Такая орбитальная группировка дополнит существующую орбитальную группировку КА радиолокационного наблюдения Cosmo-SkyMed.

РИС. 7.
Орбитальная группировка КА компании Thales Alenia Space

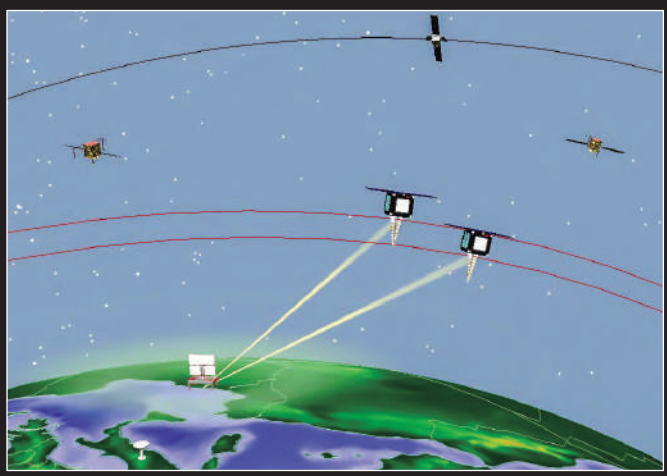


РИС. 9.
Передача информации с КА РЭН на НСК через геостационарный ретранслятор

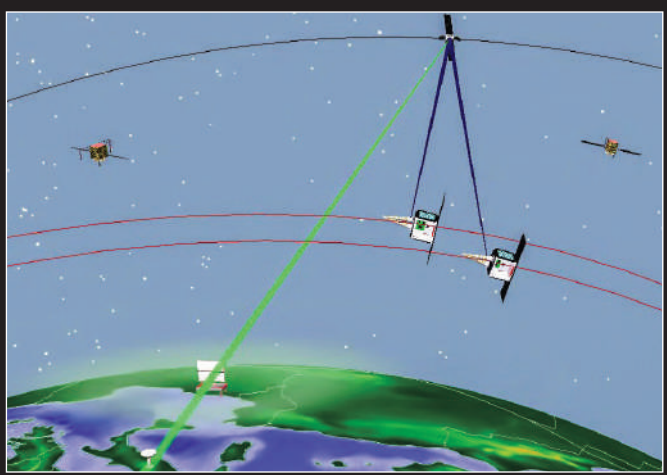
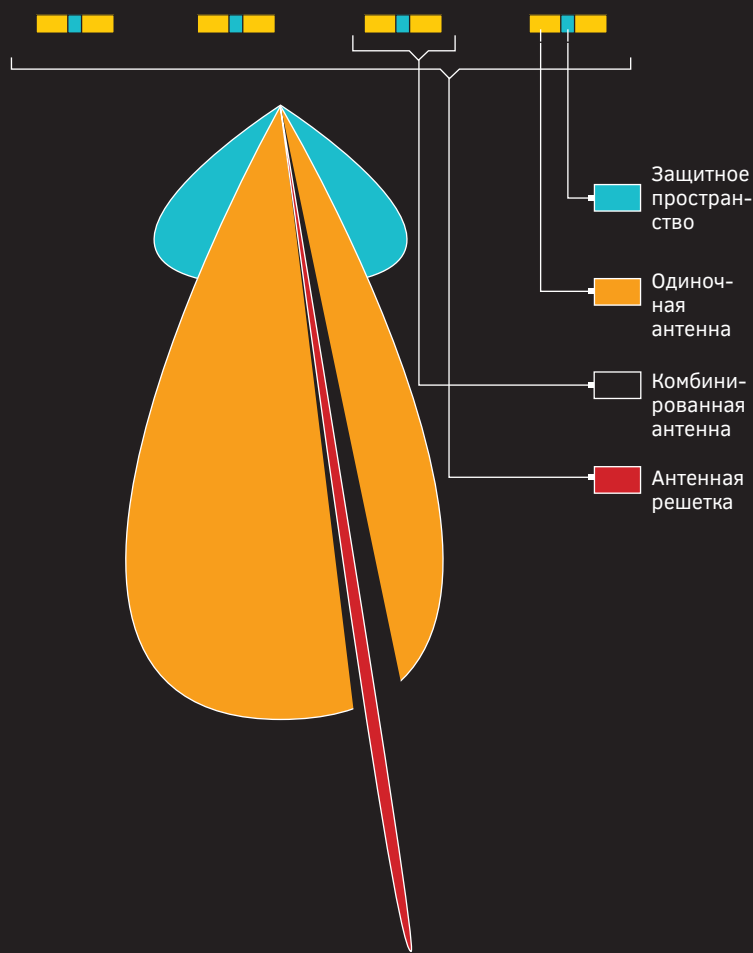


РИС. 6.
Космический аппарат РЭН CERES

РИС. 8.
Диаграмма направленности антенной системы КА РЭН компании Thales Alenia Space



ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО НАБЛЮДЕНИЯ КОМПАНИИ HAWKEYE 360

Компания HawkEye 360 создает орбитальную группировку МКА РЭН *(рис. 10)*, предназначенных для картографирования загрузки радиоспектра, выявления изменений в радиоспектре с привязкой к местности в реальном масштабе времени и наведения по этим данным других КА, например КА оптико-электронного наблюдения компании BlackSky Global *(рис. 11)* [6]. Орбитальная группировка будет включать шесть баллистически связанных групп Pathfinder из трех МКА Hawk по две группы в трех плоскостях солнечно-синхронной орбиты высотой 575 км с наклонением 97, 44 и 63,5 градуса. Два МКА будут отстоять друг от друга на 125–250 км, третий МКА будет на удалении 10 км от базовой плоскости орбиты [7]. Такое построение орбитальной группировки обеспечит периодичность наблюдения заданных районов на широте 30–60 градусов от 35 до 45 раз в сутки. Выбор солнечно-синхронной орбиты обусловлен стремлением повысить частоту закладки на борт рабочих программ полярными НСК. Рассматривается также вариант БСГ, в которой КА будут разнесены на орбите на 40 и 1 км. Для поддержания заданной геометрии БСГ в течение трех лет применяется электротермальный микродвигатель COMET-1, работающий на воде и обеспечивающий запас характеристической скорости 100 м/сек. Отработка управления КА с использованием микродвигателя COMET-1 предварительно проведена в ходе испытаний КА COMET-1. Для картографирования радиоспектра применяется РДДМ определения координат источников радиоизлучения на базе научно-технического задела, полученного в рамках реализации проекта SAMSON [8]. Высокая точность геолокации ИРИ обеспечивается за счет измерения разности времен приема радиосигналов на борту КА из состава БСГ со среднеквадратичной погрешностью 20 нс и разности доплеровских сдвигов частоты этих сигналов со среднеквадратичной погрешностью 0,5 Гц. При этом запатентованный алгоритм «слепой когерентной идентификации» BCI позволяет осуществлять местоопределение ИРИ без знания структуры и форматов их радиосигналов, что представляет новую и весьма эффективную технологию, рожденную так называемой новой космической революцией.

Алгоритм BCI [9] состоит в реализации следующих операций. Для заданного включения бортовой аппаратуры РЭН осуществляется разбивка наблюдаемого района на ячейки, размеры которых определяются планируемой погрешностью местоопределения ИРИ, которые потенциально могут находиться в их пределах. Для каждой ячейки рассчитываются прогнозируемые разность времен прихода и разность доплеровских сдвигов частоты по отношению к текущему положению и скорости движения БСГ КА на орбите, и формируется сетка этих расчетных параметров, соответствующих сетке значений координат центров пространственных ячеек. Для определения местоположения ИРИ при обработке принятого сигнала формируется множество его копий путем введения в него поправок на прогнозируемые задержку и доплеровский сдвиг в соответствии со сформированной сеткой значений. Затем вычисляются их когерентные взаимокорреляционные функции с исходным принятым на борту КА сигналом в цифровой форме. При этом соответствующему ИРИ присваиваются координаты той ячейки, прогнозируемый сигнал из которой дает максимум взаимокорреляционной функции. Для отработки алгоритмов геолокации ИРИ проведены их натурные испытания с использованием авиационных, в том числе беспилотных, носителей по сигналам системы идентификации кораблей AIS. При этом учитывались сравнительно невысокие точности определения положения носителя аппаратуры РЭН и составляющих его скорости в полете (среднеквадратическая погрешность 10 м и 1 см/сек соответственно) аппаратурой спутниковой навигации. Для снижения влияния этих погрешностей на точность геолокации ИРИ применяется алгоритм решения обратной навигационной задачи для уточнения положения КА на орбите путем приема и обработки сигналов ИРИ с априорно известными высокоточными координатами.

Базовыми элементами КА Hawk являются космическая платформа NEMO-15, получившая летную квалификацию в составе КА GHGSat, NORSAT-1,2, NEMO-AM, и полезная нагрузка – цифровой приемо-передающий радиокомплекс SDR, применяемый как для приема и обработки по целевому предназначению радиосигналов ИРИ, представляющих оперативный интерес, так и для обеспечения обмена информацией с НСК. Космическая платформа имеет размеры 40×30×20 см и массу 10 кг. Внешний вид космической платформы и вид ее в разрезе показаны на *рисунках 12, 13*. Полезная нагрузка включает антенную систему, высокочастотную часть, процессор для аналого-цифрового преобразования радиосигналов на промежуточной частоте и встроенный процессор для цифровой обработки радиосигна-

РИС. 10.
Космический аппарат РЭН компании HawkEye 360

Компания HawkEye 360 со своей международной кооперацией совершила революционный переворот, впервые планируя выйти на внутренний и международный рынок информационных услуг с детальной и оперативной информацией о глобальной радиоэлектронной обстановке, добываемой совместно космическими и наземными средствами. Она установила сотрудничество с компанией KRATOS – ведущим провайдером АНБ – для объединения наземной сети радиоэлектронного наблюдения компании KRATOS и орбитальной группировки МКА компании HawkEye 360.

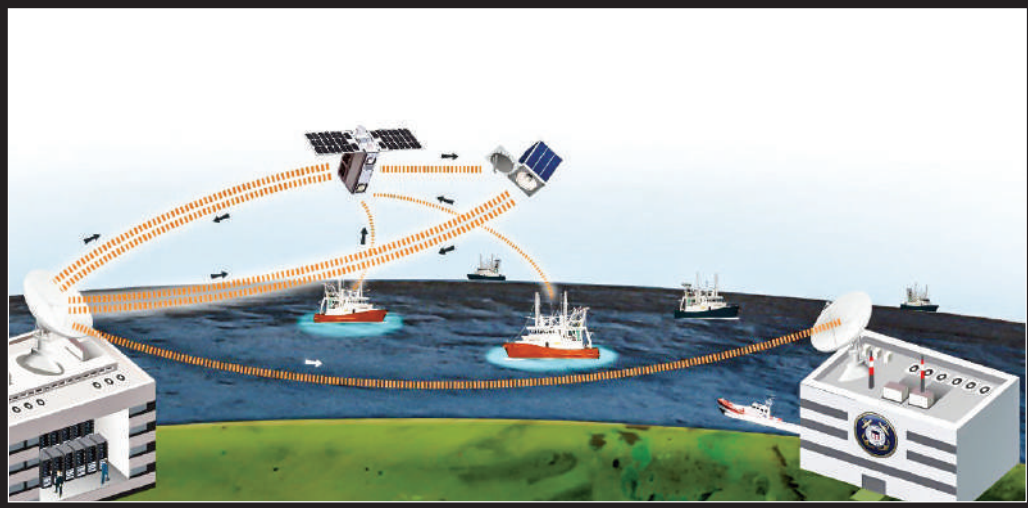
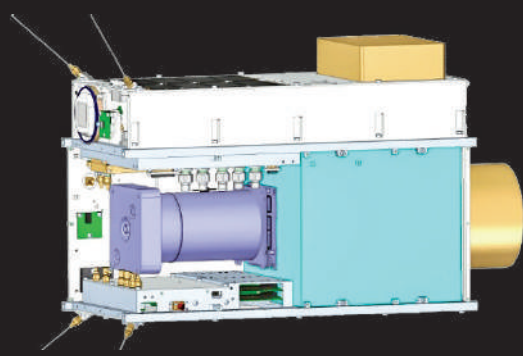


РИС. 11.
Наведение КА Blacksky по данным КА РЭН Hawk

РИС. 12.
Космическая платформа NEMO-15

РИС. 13.
Космическая платформа NEMO-15 в разрезе



лов, включая их демодуляцию. Антенная система состоит из четвертьволновых диполей, плоских антенн и широкополосного рупора *(рисунок 10)*. Высокочастотная часть радиокомплекса построена с использованием приемопередатчика AD9361 в составе модулей TR-600 (разработчик – компания GomSpace) и/или USRP E310 *(рисунок 14)* (разработчик – компания Ettus Research) [10, 11] и обеспечивает прием радиосигналов в диапазоне частот 70 МГц...6 ГГц в перепрограммируемой мгновенной полосе пропускания в диапазоне 200 кГц...56 МГц. Цифровая часть радиокомплекса построена на модулях FPGA, процессорах Xilinx Zynq-7030, ARM Cortex-A9 MPCore, программируемых на языках Python и C++ в операционной системе Linux. Все цифровые устройства в космическом исполнении получили летную квалификацию. Ядром цифрового радиокомплекса является специальное программное обеспечение GNU Radio, в котором запрограммированы алгоритмы обработки и анализа сигналов ИРИ, представляющих оперативный интерес для потребителей информации.

Применение цифрового радиокомплекса SDR, перепрограммируемого на борту в полете, позволяет оперативно менять схемы демодуляции и полной обработки радиосигналов, адаптируя радиокомплекс под вновь появляющиеся в процессе полета сигнальные конструкции без доработки бортового оборудования. Для преобразования радиосигналов в цифровую форму применяется 12-битное аналого-цифровое преобразование со скоростью до 10 миллионов отсчетов в секунду.

Бортовые цифровые модули обладают необходимым ресурсом для проведения полной обработки радиосигналов на борту КА. Однако на начальном этапе после предварительной обработки на борту сформированная цифровая информация будет передаваться на НСК, где будет производиться ее полная обработка, включая решение задач геолокации и идентификации ИРИ.

Компания HawkEye 360 установила сотрудничество с компанией KRATOS – ведущим провайдером АНБ – для объединения наземной сети радиоэлектронного наблюдения компании KRATOS и орбитальной группировки МКА компании HawkEye 360. МКА из состава БСГ Pathfinder будут осуществлять поиск и местоопределение заданных источников радиоизлучения по сигналам, взятым из банка данных компании KRATOS. В наземных центрах будут выявляться изменения в радиоэлектронной обстановке – выход на излучение известных или ожидаемых источников радиоизлучения в искомых или ранее не излучающих районах. Выявление изменений в радиоэлектронной обстановке будет осуществляться путем сравнения спектральных карт, полученных в разные периоды времени, и имеет целью установление частотных каналов, диапазонов частот, используемых в ходе локальных войн и вооруженных конфликтов, в другие особые периоды военно-политической обстановки.

Для различения «своих» («ожидаемых») сигналов на фоне «чужих» в их составе передаются специальные идентификационные сигналы CID, которые генерируются и хранятся в банке данных компании KRATOS [12]. CID представляют собой маломощные (уровень на 27,8 дБ ниже уровня информационного сигнала) сигналы с расширением спектра за счет фазовой модуляции несущего колебания псевдослучайными последовательностями, однозначно идентифицирующими передающие их ИРИ. Такая псевдослучайная несущая используется также для передачи информации о MAC-адресе демодулятора и/или серийного номера его изготовителя, а также данные о долготе и широте ИРИ. Специальный приемник осуществляет захват такой псевдослучайной несущей и формирование ее CID для последующей идентификации с использованием банка данных CID компании KRATOS.

Предусматривается также эффективное слежение за кораблями, в том числе по сигналам системы AIS, оценка радиоэлектронной обстановки в интересах планирования радиосвязи, включая оценку помеховой обстановки. Планируется предоставление аналитических материалов по результатам объединения данных от других источников, прежде всего от КА оптико-электронного и радиолокационного наблюдения, для чего данные об изменении радиоэлектронной обстановки будут использоваться для их наведения на районы, представляющие оперативный интерес. Подготовка таких данных будет осуществляться в геопространственной среде.

Информационные услуги компании HawkEye 360 предназначены как для государственных, так и для коммерческих потребителей. Геолокация и идентификация ИРИ из космоса обеспечит телекоммуникационным компаниям возможность эффективно планировать развертывание систем связи и передачи данных с учетом реальной помеховой обстановки в интересуемых районах. Мониторинг ИРИ воздушного, морского и наземного базирования обеспечит эффективное управление транспортными потоками.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные КА РЭН создаются на базе прорывных технологий, позволяющих из набора готовых и получивших летную квалификацию модулей служебных систем и полезной нагрузки оперативно собирать, испытывать и выводить на орбиту КА в требуемой конфигурации. Такой подход к созданию КА становится актуальным при необходимости быстрого наращивания орбитальной группировки во внезапно возникающие особые периоды обстановки длительностью, как правило, до одного года. Для реализации современных требований, предъявляемых заказчиками к КА РЭН, сформировалась концепция их создания на базе УКП и развертывания БСГ таких КА, реализующих разностно-дальномерный и разностно-доплеровский методы местоопределения ИРИ. При этом разработка УКП осуществляется в рамках создания КА для технологических и научных исследований, что позволяет сосредоточить усилия на отработке решения целевых задач.

Появлению современных низкоорбитальных КА РЭН класса мини и микро для геолокации и идентификации ИРИ способствует технологический прогресс в области миниатюризации цифровых радиокомплексов на базе цифровых перепрограммируемых в полете модулей FPGA и концепции GNU Radio, возможность их оперативной программной адаптации под различные, в том числе неизвестные, сигнальные конструкции, а также формирование соответствующих этим конструкциям признаковых описаний для идентификации ИРИ в непрерывно усложняющейся радиоэлектронной обстановке.

Компания HawkEye 360 со своей международной кооперацией совершила революционный переворот, впервые планируя выйти на внутренний и международный рынок информационных услуг с детальной и оперативной информацией о глобальной радиоэлектронной обстановке, добываемой совместно космическими и наземными средствами. Объединение этих данных с данными от других космических средств, порождаемых так называемой новой космической революцией, позволит заинтересованным потребителям получать беспрецедентную геопространственную информацию для решения уникальных и немыслимых ранее задач.

РИС. 14.
Полезная нагрузка USRP E310 из состава КА РЭН Hawk

Современные КА РЭН создаются на базе прорывных технологий, позволяющих из набора готовых и получивших летную квалификацию модулей служебных систем и полезной нагрузки оперативно собирать, испытывать и выводить на орбиту КА в требуемой конфигурации.

Литература/References

1. https://satelliteobservation.net/2016/11/06/history-of-the-french-reconnaissance-system (Дата обращения: 26.03.2018).
2. https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/m/myriade (Дата обращения: 26.03.2018).
3. https://www.airforce-technology.com/projects/ceres-sigint-satellite-system (Дата обращения: 26.03.2018).
4. http://www.cesmamil.org/worldpress/wp-content/uploads/2014/5.10.30.-TA-SI-The%20-Vision-of-Thales-Alenia-Space.pdf (Дата обращения: 26.03.2018).
5. https://sspd.gsfc.nasa.gov/workshop_2012/Kato_final_presentation_2012_workshop.pdf (Дата обращения: 26.03.2018).
6. www.he360.com/applications (Дата обращения: 24.04.2018).
7. https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3379&context=smallsat (Дата обращения: 26.03.2018).
8. http://dssl.technion.ac.il/DSSL//userdata/SendFile.asp?DBID=1&LNGID=1&GID=551 (Дата обращения: 26.03.2018).
9. http://www.freepatentsonline.com/9661604.html (Дата обращения: 26.03.2018).
10. https://gomspace.com/Shop/subsystems/docks/nanodock-sdr.aspx (Дата обращения: 26.03.2018).
11. https://www.ettus.com/product/details/USRP-N310 (Дата обращения: 26.03.2018).
12. https://www.satellitetoday.com/uncategorized/2014/08/26/mitigating-satellite-interference-through-carrier-identification (Дата обращения: 26.03.2018).

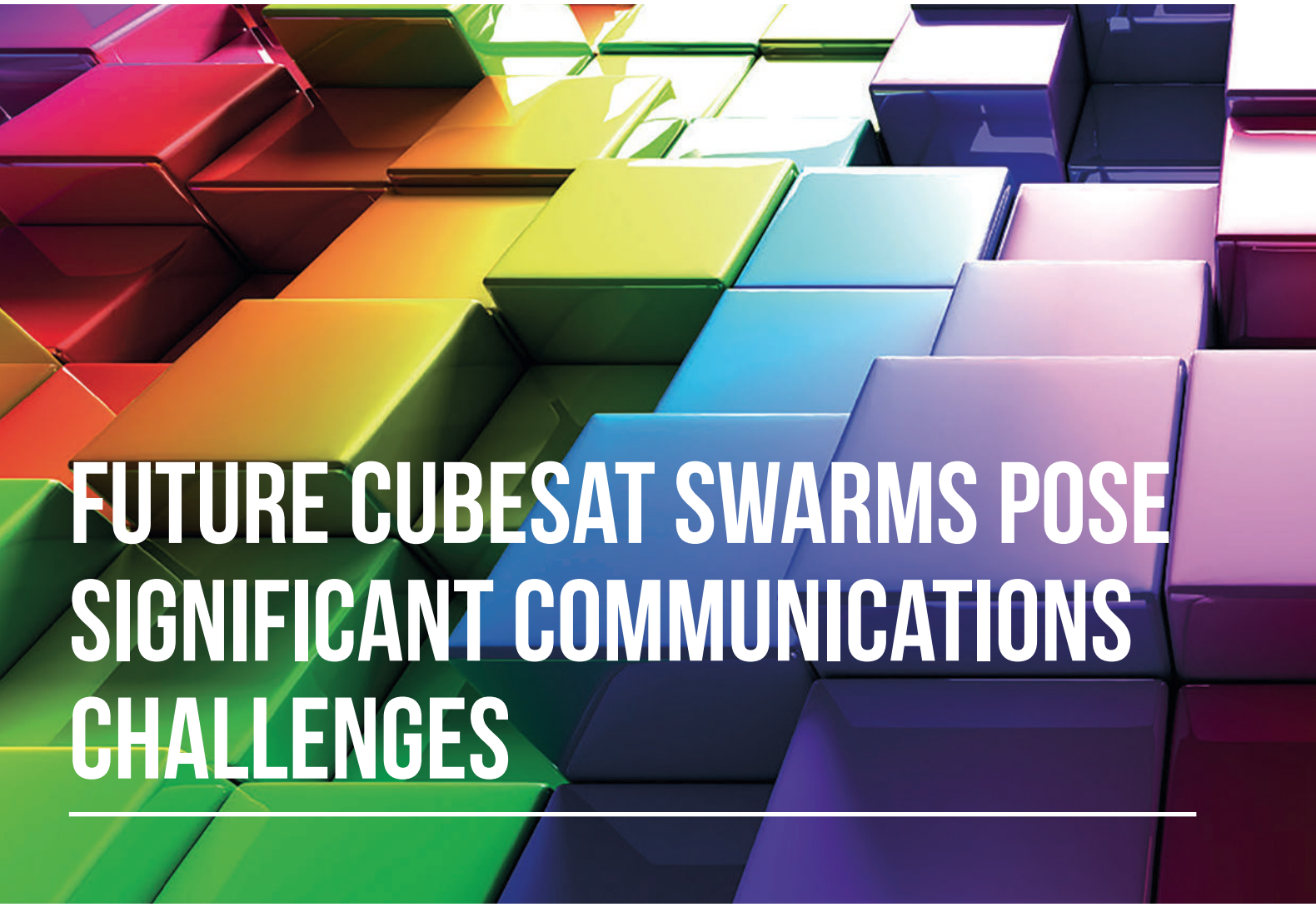
© Клименко Н. Н., 2018

История статьи:
Поступила в редакцию: 05.04.2018
Принята к публикации: 20.04.2018

Модератор: Бурдакова Т. В.
Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:
Клименко Н.Н. Современные низкоорбитальные космические аппараты для геолокации и идентификации источников радиоизлучения // Воздушно-космическая сфера. 2018. № 2(95). С. 48-57.

УДК 629.78 | DOI: 10.30981/2587-7992-2018-95-2-58-65



FUTURE CUBESAT SWARMS POSE SIGNIFICANT COMMUNICATIONS CHALLENGES

ABSTRACT I THERE IS AN INCREASING TREND TOWARDS USING CUBESAT SWARMS TO PERFORM EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND OBSERVATION MISSIONS. IN THE ARTICLE THE ADVANTAGES OF CUBESATS AND THE REASONS OF THEIR POPULARITY ARE CONSIDERED.

Keywords: *CubeSat swarm, communication system, low-Earth orbit (LEO), data rate, satellite cross-link, frequency, remote sensing*

Ozan KARA,
PhD student, Koç University, Istanbul, Turkey

Roger BIRKELAND,
PhD student, Norwegian University of Technology & Science, Trondheim, Norway

Lihui (Lydia) ZHANG,
postgraduate student, Northampton, Massachusetts, USA

Umuralp KAYTAZ,
PhD student, Koç University, Istanbul, Turkey

РЕВОЛЮЦИОННЫЙ ВЫЗОВ РОЕВ CUBESAT

Озан КАРА,
аспирант университета Коç, Стамбул, Турция

Роджер БЕРКЛЭНД,
аспирант Норвежского научно-технологического университета, Тронхейм, Норвегия

Лиуи (Лидия) ЧЖАН,
выпускница университета Нортгемптон, Массачусетс, США

Умуральп КАЙТАЦ,
аспирант университета Коç, Стамбул, Турция

АННОТАЦИЯ I СУЩЕСТВУЕТ РАСТУЩАЯ ТЕНДЕНЦИЯ В ИСПОЛЬЗОВАНИИ РОЕВ CUBESAT ДЛЯ УЧЕБНЫХ, НАУЧНЫХ И НАБЛЮДАТЕЛЬНЫХ ПОЛЕТОВ. В СТАТЬЕ РАССМАТРИВАЮТСЯ ДОСТОИНСТВА КУБСАТОВ И ПРИЧИНЫ ИХ ПОПУЛЯРНОСТИ.

Ключевые слова: *рой кубсатов, система связи, низкая околоземная орбита (НОО), скорость передачи данных, межспутниковая линия связи, частота, дистанционное зондирование*

Рои CubeSat (кубсатов) – это инновационные и экономичные орбитальные группировки малых космических аппаратов, обеспечивающие улучшенную автономную пространственную и временну́ю разрешающую способность. Системы связи на основе роев CubeSat имеют существенные достоинства, такие как взаимодействие сетей связи, более высокая скорость передачи данных, экономия полосы частот, снижение частоты выхода из строя, способность обеспечивать глобальную зону покрытия и измерений. Эти спутники также имеют значимые преимущества по массе, объему и по ограничениям на мощность, а также в плане стандартизации политики лицензирования частот. В данной статье авторы предлагают к рассмотрению межспутниковую и внутриспутниковую архитектуру связи «интеррой» и «интрарой», основанную на применении роя низкоорбитальных МКА CubeSat с четырьмя основными типами каналов передачи данных.

Возрастающий спрос на орбитальные группировки МКА требует наличия эффективной архитектуры связи при решении научных задач, таких как картографирование гравитационного поля, отслеживание лесных пожаров, нахождение водных источников или обнаружение разносчиков болезней на Земле.

МКА CubeSat все чаще используют для учебных, научных и наблюдательных полетов благодаря их низкой стоимости и простоте изготовления. Компания SpaceWorks Enterprises, Inc. приводит подробные данные новейших обзоров и обозначает тенденции на рынке запусков наноспутников в своем прогнозе рынка нано- и микроКА на 2017 год (2017 Nano/Microsatellite Market Forecast) *(рис. 1)* [1]. В соответствии с данными за 2009–2016 годы, 42% произведенных нано- и микроспутников (включая кубсаты) находились в категории «Технология» и 43% – в категории «Наблюдение за поверхностью Земли/Дистанционное зондирование». Однако, согласно рыночному прогнозу компании SpaceWorks на 2017–2019 годы, первый показатель снижается до 14%, а второй – увеличивается до 64%.

МКА CubeSat все чаще используют для учебных, научных и наблюдательных полетов благодаря их низкой стоимости и простоте изготовления.

Перспективные прогнозы SpaceWorks *(рис. 2)* показывают, что более 2400 нано- и микроспутников могут быть запущены до 2023 года. Космическое сообщество работает над тем, чтобы сократить стоимость запуска наноспутника на орбиту. Общая стоимость конструирования одного МКА класса 1U CubeSat (10×10×10 см) составляет около 30 тысяч долларов, а минимальная стоимость запуска – 12 тысяч долларов. В рамках своей концепции малых ракет-носителей, которая может начать реализовываться к 2020 году, Boeing намерен снизить стоимость запуска до 300 тысяч долларов за вывод 45 кг полезной нагрузки на низкую околоземную орбиту (около семи тысяч долларов за килограмм) [2].

СВЯЗЬ НА БАЗЕ КУБСАТОВ – НА ПЕРВЫЙ ВЗГЛЯД

Возрастающая потребность в решении задач наблюдения за поверхностью Земли и ее дистанционного зондирования посредством кубсатов подразумевает наличие эффективных и гибких подсистем связи и наземных станций с целью обеспечения эффективного глобального покрытия, сбора большего объема данных и оптимизации времени передачи данных со спутника на Землю. На данный момент большинство кубсатов на низкой околоземной орбите используют передатчики диапазонов UHF/VHF с максимальной скоростью передачи данных около 38 Кбит/с. Всего несколько кубсатов имеют передатчики S-диапазона с максимальной скоростью передачи данных порядка 10 Мбит/с. В дополнение: передатчики X-диапазона имеют скорость передачи данных около 500 Мбит/с, а передатчики K/Ku/Ka-диапазонов – скорость передачи данных до 1,2 Гбит/с, но такие передатчики более эффективны при их использовании в составе МКА типа CubeSat [3].

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ И ОГРАНИЧЕНИЯ

Цель связной архитектуры на основе МКА CubeSat состоит в доставке пользователям как можно большего объема целевых данных по различным районам Земли. В своей исчерпывающей работе «Классификация систем связи на основе МКА CubeSat по показателям качества» (Ranking CubeSat Communication Systems Using a Value-centric Framework) Клэйтон Крэйл утверждает, что, если мы хотим увеличить объем данных, поступающих на наземную станцию, нам необходимо увеличить время доступа и скорость передачи [4].

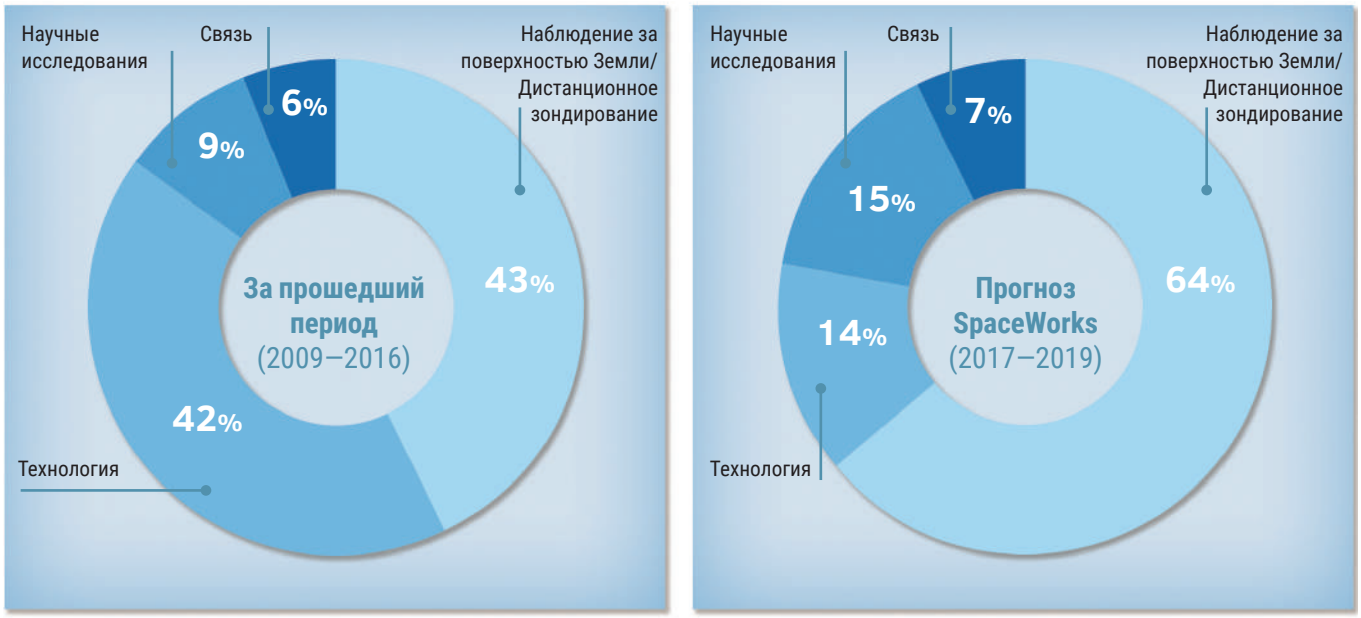


Рис. 1. ***Тенденции на рынке наноспутников по целям***

Крэйл также рассматривает альтернативные подходы, такие как использование большего количества наземных станций и межспутниковых линий с сетевой топологией для максимизации сбора данных. Увеличить число наземных станций довольно просто, но вместе с тем возникнет необходимость в разработке новых нормативных документов, привлечении новых сотрудников, в затратах на развертывание самих станций. С одной стороны, опция межспутниковой связи увеличивает время доступа, с другой стороны, возникает ряд технических трудностей, таких как переключение антенных лучей, доплеровский сдвиг частоты, необходимость применения направленных антенн, потеря в свободном пространстве и сниженния скорости передачи данных [4].

Усиление антенны – еще один ключевой параметр для установления эффективной связной сети на основе МКА CubeSat. Антенна с высоким коэффициентом усиления обеспечивает передачу большого объема данных. Коэффициент направленного действия антенны – это отношение плотности мощности направленной антенны к плотности мощности изотропного излучателя с той же общей мощностью излучения. Для повышения эффективности связи с использованием роя МКА CubeSat Эндрю Кеннеди дополнительно к направленным антеннам изучил двунаправленные антенные системы, применяемые в составе КА Iridium и Globalstar [5]. В то же время Скотт Шэйр в своей работе «Прошлый опыт и современные тенденции в вопросах связи и частоты в МКА CubeSat» (CubeSat Communication and Frequency Past Practice and Current Trends) [6] рассматривал альтернативные типы антенн, такие как стандартные плоские антенны для развертываемых антенн X- и S-диапазонов, от компании Boeing, надувные антенны, разработанные в Массачусетском технологическом институте (MIT), а также антенную решетку Ка-диапазона со скоростью передачи данных 100 Мбит/с, разработанную для ISARA. Существуют также инновационные проекты адаптивной (фазированной) антенны разработки Zanette et al [7], которая предлагает хорошие решения для кубсатов.

Усиление антенны – один из ключевых параметров для установления эффективной связной сети на основе МКА CubeSat. Антенна с высоким коэффициентом усиления обеспечивает передачу большого объема данных.

ОДИНОЧНЫЙ КА ИЛИ РОЙ?

Рой МКА CubeSat демонстрирует на низкой околоземной орбите улучшенные возможности межспутниковой и нисходящей связи, представляя собой малозатратную архитектуру и многофункциональную научную платформу. Одиночный космический аппарат имеет несколько недостатков в сравнении с роем спутников: ограниченная зона покрытия, неизменяемые измерения времени, ограниченные возможности модернизации, высокая штучная себестоимость. Рой же обеспечивает коррелированные во времени измерения, резервируемую надежность, изменяемые во времени измерения, масштабируемое покрытие Земли, гибкость, низкую себестоимость, масштабируемую систему связи. Архитектура в виде роя МКА также увеличивает частоту их попадания в зону видимости сети наземных станций, что позволяет получить географически рассредоточенные измерения.

КОНЦЕПЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ РОЯ МКА CUBESAT

Предложено несколько концепций применения роя наноспутников. Полеты по программам ARMADA и HiDEF были предложены в NASA в 2009 году в контексте гелиофизических полетов с целью изучения в малом масштабе физики плазмы в ионо- и термосфере. Полет по программе ARMADA задействует рой из 20–100 космических аппаратов на псевдослучайных орбитах с использованием GPS-приемников с радиозатмением. Проект HiDEF разработан как рой из 90 космических аппаратов на околоземной полярной орбите для мониторинга электрического поля и термосферной плотности полярного нижнего слоя термосферы и ионосферы [9]. Полет по программе ELISA был спроектирован Европейским космическим агентством (ESA) для обнаружения гравитационных волн. Программа полета предусматривает один материнский и два дочерних спутника, которые должны быть развернуты на трех разных орбитах. Связь между материнским космическим аппаратом и наземными станциями будет осуществляться по радиолинии X-диапазона [2].

В дополнение к предложенным концепциям существует еще несколько функциональных программ полетов, таких как EDSN (Edison Space Network) и Iridium, на базе роя МКА CubeSat. EDSN включает рой из восьми кубсатов на низкой околоземной орбите высотой 450–550 км. Каждый космический аппарат в рое осуществляет сбор космических данных о погоде и обменивается ими с другими аппаратами в УВЧ-диапазоне со скоростью 9,6 Кбит/с. После обмена данными по межспутниковой линии материнский спутник передает научные данные на наземную станцию, используя S-диапазон. Так, для сравнения, хотя это не кубсаты, система Iridium насчитывает 66 штатных спутников в 6 плоскостях по 11 аппаратов в каждой на полярной низкой околоземной орбите на высоте 780 км [5]. Каждая полезная нагрузка имеет скорость передачи данных до 100 Кбит/с на 90 % орбиты и < 1 Мбит/с для оставшихся 10 % [10].

ВЫБОР ЧАСТОТЫ И ЛИЦЕНЗИРОВАНИЕ

Университеты и негосударственные учреждения предпочитают использовать любительские радиочастоты для кубсатов из-за низкой стоимости, более простых регуляторных процессов и более короткого подготовительно-наладочного периода. Существует тенденция повышения несущей частоты сигнала и скорости передачи данных вследствие точных измерений в ходе наблюдения за поверхностью Земли и дистанционного зондирования на низкой околоземной орбите. С увеличением частоты с УВЧ до Ка-диапазона также растет возможность повышения скорости передачи данных.

Финансируемые государством кубсаты, использующие американские частоты для радиолюбителей, могут нарушать правила радиолюбительской службы связи и правила Национальной телекоммуникационной информационной администрации (NTIA). Фонд национальной науки (NSF) провел исследование с целью найти подходящий государственный диапазон частоты для кубсатов, и, возможно, этот диапазон удовлетворит необходимость в эффективной модуляции и схемах кодирования для кубсатов [6].

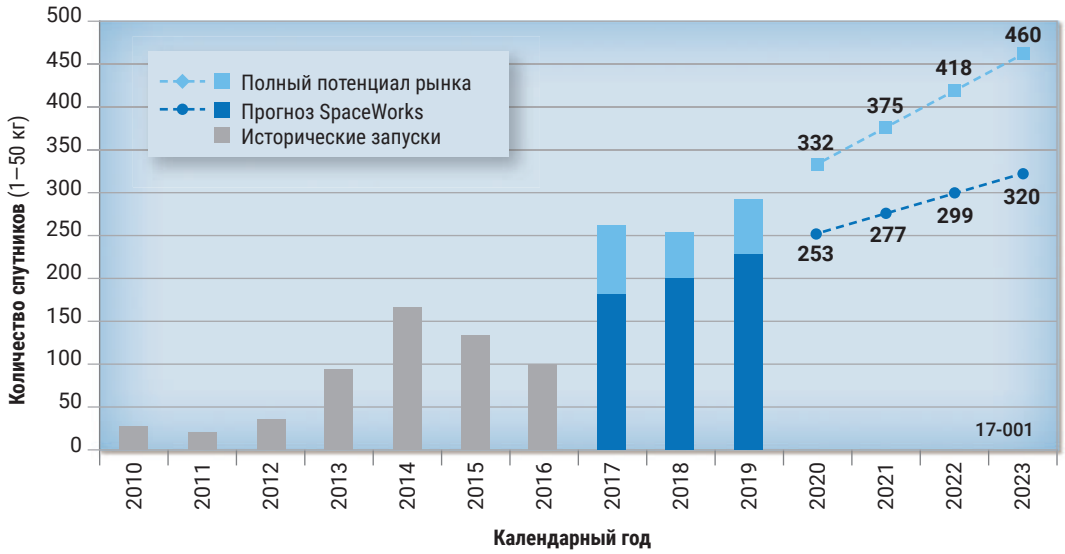
НИЗКООРБИТАЛЬНАЯ АРХИТЕКТУРА «ИНТРАРОЙ»

Для обеспечения устойчивой связи в первую очередь должна быть рассмотрена орбитальная группировка, получившая название «интрарой». Орбитальная группировка «интрарой» – это кубсаты, образующие единый рой МКА на орбите*. В составе зарегистрированного роя находится один материнский спутник, немного крупнее по габаритам и мощнее по техническим возможностям по сравнению с дочерними спутниками. Он функционирует как магистральный провайдер для обеспечения связи с различными наземными станциями.

Отдельные кубсаты связываются друг с другом и с магистральным провайдером, используя радиолинии связи на традиционных частотах, но магистральный провайдер использует

** В отечественной литературе это баллистически-связанная группа МКА (прим. переводчика).*

Рис. 2. *Запуск наноспутников: история и прогноз*



оптические линии связи в свободном пространстве, которые «становятся все более и более интересными в качестве вспомогательных или альтернативных по отношению к связи в радиочастотных диапазонах» [12].

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ АРХИТЕКТУРЫ «ИНТРАРОЙ»

Оптическая связь рассматривается в рамках архитектуры «интрарой» как средство расширения диапазона частот, снижения проблемности в области использования спектра и безопасности, а также как средство удовлетворения потребности в высокоскоростной и надежной связи. До тех пор, пока эти требования не выполняются в рамках технологии CubeSat, оптическая связь может осуществляться более крупным материнским спутником. Кроме того, эффективность оптической связи ухудшается под влиянием сильных замираний в результате турбулентности показателя преломления и возникновения помех по причине облачности, снегопада и дождя в атмосфере [12].

НИЗКОРБИТАЛЬНАЯ АРХИТЕКТУРА «ИНТЕРРОЙ»

Более крупная связная сеть, состоящая из низкоорбитальных кубсатов, получившая название «интеррой», представляет собой «рой роев». «Интеррой» – это совокупность различных роев кубсатов, одновременно находящихся на орбите.

Архитектура сети типа «интеррой» будет основываться на радиорелейной связи космического базирования с использованием каналов оптической и/или радиочастотной связи между магистральными провайдерами в каждом рое и различными наземными станциями. Поэтому каждый кубсат, находящийся на орбите, должен быть зарегистрирован в рое для обеспечения доступа к сети. В рамках архитектуры «интеррой» рекомендуется использовать устойчивые к задержке сети (DTN) для минимизации потери данных и повышения надежности действующих линий связи.

Устойчивая к задержке сеть независима от времени и предназначена для эффективной работы на экстремальных дальностях, например на дальности связи между роем спутников на орбите и наземной станцией.

В ЗАКЛЮЧЕНИЕ ОБ АРХИТЕКТУРЕ ОРБИТАЛЬНЫХ ГРУППИРОВОК «ИНТРАРОЙ» И «ИНТЕРРОЙ»

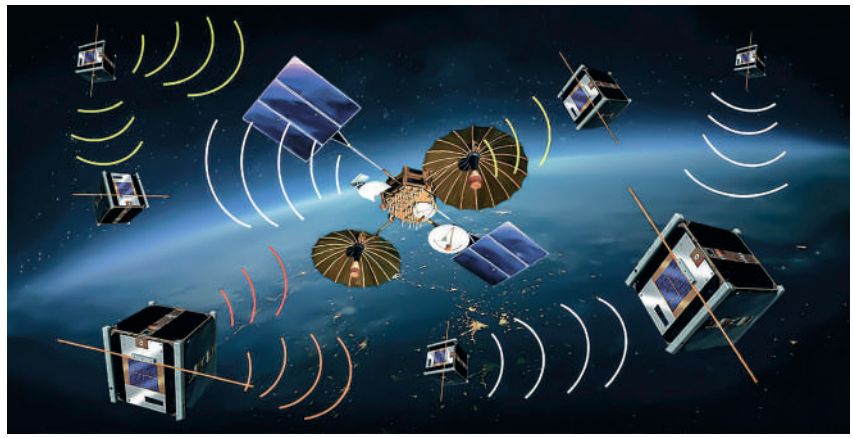
Для обеспечения непрерывного информационного потока в архитектуре типа «рой кубсатов» необходимы полноценные и надежные протоколы. Протоколы управления доступом к среде (MAC), которые контролируют порядок использования частот и выделение диапазона частот в устойчивых к задержке сетях, были тщательно проанализированы для сценариев подводной беспроводной связи. Тем не менее проект MAC-протокола пока является открытым для научных исследований. Главными трудностями для передачи данных в рамках архитектуры типа «рой кубсатов» являются ограничения по ресурсу, рациональное использование энергии (например,

при столкновении сообщений, при отводе тепла, при формировании служебной информации), стабильность топологии сети и информационный трафик.

ЧЕТЫРЕХСЕГМЕНТНАЯ АРХИТЕКТУРА

Предложенная архитектура связной сети для роя кубсатов состоит из четырех основных типов линий связи: кубсат – земля, рой – земля, кубсат – кубсат, рой – рой. Канал передачи данных кубсат – кубсат действует между различными спутниками или узлами роев. Канал передачи данных рой – рой формируется в первую очередь между материнскими или специальными центральными узловыми спутниками отдельных роев, чтобы установить связь в рамках архитектуры «интеррой».

Хотя материнские спутники будут функционировать как главные источники информации на линиях связи «вверх» и «вниз» с наземными станциями посредством канала связи рой – земля, отдельные кубсаты из состава роя также способны передавать и получать данные с наземных станций через канал связи кубсат – земля, когда это необходимо. Каждому кубсату в глобальной сети может быть присвоен идентификационный номер. Главная сеть состоит из нескольких наземных станций. Далее, множественные рои кубсатов, состоящие из отдельных сетей меньшего масштаба (внутри каждого роя), могут иметь структуру, аналогичную сети Интернет. По большому счету, может существовать бесконечное число спутников и наземных станций, способных войти в космическую сеть и получить к ней доступ, так же, как новое электронное устройство может получать доступ к Интернету в течение того времени, пока эта услуга оплачивается или существует доступ к беспроводной сети.



Модель внутриспутниковой архитектуры связи «интрарой»

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ

Согласно рекомендации рабочей группы Консультативного совета SGAC «Рои КА CubeSat – сети связи и политические проблемы» (CubeSat Swarms – Communication Networks and Policy Challenges), сеть на основе роя кубсатов должна иметь архитектуру, аналогичную сети Интернет, так чтобы каждый спутник в сети имел свой уникальный адрес. В этой связи Консультативную группу по взаимодействию между агентствами (IOAG) и Международный союз по телекоммуникациям – сектор по стандартизации телекоммуникаций в составе ITU (ITU-T) следует рассматривать как органы, способные стандартизировать протоколы космической сети и присваивать каждому кубсату сетевой адрес.

Важно спроектировать систему связи для более высокой скорости передачи данных, которая бы соответствовала энергетическому потенциалу кубсатов.

Стандартизация весьма важна для обеспечения наибольшей совместимости, взаимодействия, безопасности, повторяемости и качества системы. Рабочая группа предложила, чтобы каждому кубсату в глобальной сети был присвоен идентификационный номер, и ожидается, что операторы спутниковой связи выполнят это требование. Взамен операторам будет обеспечена упрощенная регистрация, высокая скорость по нисходящему каналу, равные приоритеты на передачу данных.

Также рабочая группа предложила организовать сеть таким образом, чтобы пользователь мог зарегистрировать свое устройство для получения доступа. Это будет очень похоже на то, как смартфон подключается к сети Wi-Fi; пользователь должен будет ввести свой пароль и начать использовать сеть для получения доступа к своему кубсату. Это значительно сократит время регистрации спутников.

Модель внутриспутниковой архитектуры связи «интрарой»

К РАССМОТРЕНИЮ

Высокоскоростная связь по программам полета роев кубсатов может радикально изменить процесс наблюдения за Землей. Оптическая связь способна открыть области применения, где необходима большая полоса частот. Следующей целью для оптической нисходящей линии связи может стать увеличение скорости до 100 Мбит/с. Для сравнения: с Марса данные с орбитального летательного аппарата передаются со скоростью 6 Мбит/с. Кубсаты могут использовать X-диапазон, чтобы уменьшить размер и вес приемопередатчика. Адаптивная антенная решетка также может стать удачным технологическим решением для более эффективной нисходящей передачи данных.

Важно спроектировать систему связи для более высокой скорости передачи данных, которая бы соответствовала энергетическому потенциалу кубсатов. Еще одним значимым фактором являются потери в атмосфере. Низкоорбитальные спутники CubeSat претерпевают наименьшие потери, когда находятся прямо над наземной станцией, и наибольшие – когда видны только на малых высотах над горизонтом: в этих наихудших условиях сигнал проходит под более острым углом по отношению к горизонту и подвергается более серьезным атмосферным потерям. Таким образом, предложенная схема связи может совмещать радиочастотную и оптическую связь и энергосберегающую модуляцию. Также предполагается, что нерегламентированный многостанционный доступ может быть рассмотрен как общая архитектура для программ полетов роя спутников.

Наконец, протоколы, разработанные для автономных сетей (например, сенсорных сетей, автономных аппаратов и так далее), могут быть использованы для разбиения роя, создания и поддержания будущих применений согласно концепции «Интернет для всех».

References

1. http://spaceworkseng.com/spaceworks-releases-2017nanomicrosatellite-market-assessment/
2. **R. Radhakrishnan, W. W. Edmonson, F. Afghah, R. M. Rodriguez-Osorio, F. Pinto and S. C. Burleigh**. Survey of Inter-Satellite Communication for Small Satellite Systems: Physical Layer to Network Layer View; IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 18, no. 4, pp. 2442-2473, Fourth quarter 2016.
3. Small Spacecraft Technology State of Art, Mission Design Division Staff, NASA Ames Research Center, NASA/TP–2014–216648/REV1, July 2014.
4. **Crail, B. Clayton**. Ranking CubeSat Communication Systems Using a Value-centric. Framework; MBA and MSc in Aeronautics and Astronautics Thesis, MIT, June 2013.
5. **Kennedy, Andrew Kitrell**. Resource Optimization Algorithms for an Automated Coordinated CubeSat Constellation; MSc in Aeronautics and Astronautics Thesis, MIT, August 2015.
6. **Schaire, Scott**. CubeSat Communication and Frequency Past Practice and Current Trends; NASA Goddard Space Flight Center, June 2014.
7. **Zanette, Luca;** Reyneri, Leonardo; Bruni, Giuseppe. Communication and Mutual Physical Position Estimation System for CubeSat; 8th European CubeSat Symposium, londra, 7-9 September 2016, pp. 57-58.
8. EDSN: Edison Demonstration for SmallSat Networks Overview, Small Spacecraft Technology Program, Space Technology Mission Directorate, NASA.
9. **Spangelo, Sara C.** Modeling and Optimizing Space Networks for Improved Communication Capacity; PhD Thesis, University of Michigan, 2013.
10. https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/i/ iridium-next.
11. **Kara, Ozan, et al.** Communication Architecture and International Policy Recommendations Enabling the Development of Global CubeSat Space Networks. IAC 2015, IAC2015 Jerusalem, Israel.
12. **Henniger, H., Wilfert, O.** An Introduction to Free-space Optical Communications. Radioengineering, Vol. 19, No. 2, June 2010, pp. 203-212.
13. **Schier James.** Future of Space Communication. Human Spaceflight Knowledge Sharing Forum, NASA Space Communications and Navigation, November 2016.

© ROOM
© Ozan Kara, Roger Birkeland, Lihui (Lydia) Zhang, Umuralp Kaytaz, 2018

История статьи:
впервые опубликована в журнале ROOM #1(15) 2018.
Печатается с разрешения редакции
Принята к публикации: 07.05.2018

Перевод: Клименко А. Н.
Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:
Озан Кара, Роджер Берклэнд, Лиуи (Лидия) Чжан, Умуральп Кайтац. Революционный вызов роев CubeSat // Воздушно-космическая сфера. 2018. №2(95). С. 58-65.

УДК 531.5 | DOI: 10.30981/2587-7992-2018-95-2-66-73

REMEDY AGAINST WEIGHTLESSNESS

Maxim N. FALILEYEV,
Leading Specialist, FSUE "TsENKI", Moscow, Russia,
moojaa@mail.ru

ABSTRACT I WEIGHTLESSNESS (MICROGRAVITATION) HAS AN ADVERSE EFFECT ON THE HUMAN BODY. FROM THE 1960S SCIENTISTS HAVE BEEN SEEKING WAYS TO CUSHION AND IN PROSPECT TO ELIMINATE THIS EFFECT. A NEW APPROACH TO THE PROCESS OF HUMAN ADAPTATION TO WEIGHTLESSNESS STUDY, BASED ON PROTEOMIC TECHNOLOGIES, IS CONSIDERED IN THE ARTICLE. IN THE SCIENTISTS' OPINION PROTEOMICS IS THE SCIENCE THAT WILL OFFER A DRASTIC METHOD TO OVERCOME THE NEGATIVE INFLUENCE OF MICROGRAVITATION.

Keywords: *weightlessness (microgravitation), proteomics, mass-spectrometry, target proteins*

ЛЕКАРСТВО ОТ НЕВЕСОМОСТИ

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

АННОТАЦИЯ I НЕВЕСОМОСТЬ (МИКРОГРАВИТАЦИЯ) ОКАЗЫВАЕТ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА НЕГАТИВНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ. НАЧИНАЯ С 60-Х ГОДОВ XX СТОЛЕТИЯ УЧЕНЫЕ ВЕДУТ ПОИСКИ СПОСОБОВ, ПОЗВОЛЯЮЩИХ ЕГО СМЯГЧИТЬ И В ПЕРСПЕКТИВЕ УСТРАНИТЬ. В СТАТЬЕ РАССМАТРИВАЕТСЯ НОВЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ ПРОЦЕССА АДАПТАЦИИ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОРГАНИЗМА К НЕВЕСОМОСТИ, ОСНОВАННЫЙ НА ПРОТЕОМНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ. ПО МНЕНИЮ УЧЕНЫХ, ПРОТЕОМИКА В БУДУЩЕМ ПРЕДЛОЖИТ КАРДИНАЛЬНЫЙ СПОСОБ ПРЕОДОЛЕНИЯ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ВЛИЯНИЯ МИКРОГРАВИТАЦИИ.

Ключевые слова: *невесомость (микрогравитация), протеомика, масс-спектрометрия, таргетные белки*

ЭФФЕКТ НИКОЛАЕВА И РЕКОРД ПОЛЯКОВА

Парадокс: к состоянию невесомости на орбите человек приспосабливается быстрее, чем после полета – снова к земному притяжению. И даже сегодня, когда разработаны различные программы для быстрого восстановления, последствия пребывания в невесомости космонавты ощущают довольно долго.

Со стороны невесомость выглядит едва ли не как приятное дополнение к космическому полету, однако ее воздействие на организм человека может быть поистине катастрофическим.

В первые дни полета, когда организм приспосабливается к невесомости, у некоторых космонавтов появляется состояние, схожее с так называемой морской болезнью. Впервые подобные симптомы испытал Герман Титов во время суточного полета в августе 1961 года: чтобы выполнить программу исследований, ему пришлось перебороть тошноту, головную боль и головокружение, общую слабость и повышенное потоотделение.

Наблюдала Земля и за тем, как негативно действовала невесомость на первую женщину в космосе. Первые три витка Валентина Терешкова перенесла спокойно и улыбалась с телеэкрана. Однако очень скоро в ЦУПе обратили внимание: мимика стала скупой, исчез эмоциональный подъем речи, ответы стали односложными, речь монотонной...

История экспериментов по приручению невесомости (по-научному – микрогравитации) начались с космонавта № 3 Андрияна Николаева, который в 1970 году вместе с Виталием Севастьяновым провел на орбите 18 суток. Для того времени это было испытанием на пределе возможностей. После приземления космонавты смогли самостоятельно встать на ноги только спустя неделю – настолько сильными были атрофия мышц и поражение сердца. Обоим потребовался продолжительный курс реабилитации. Андриян Николаев в течение года после полета перенес два инфаркта и в космос больше не летал. Тогда же в медицине появился термин «эффект Николаева», который описывал деградацию организма от обездвиженности в условиях микрогравитации. Медики сделали вывод: 18 суток являются предельным сроком пребывания человека на космической орбите.

Именно после этого полета и у нас, и в США было прекращено дальнейшее наращивание сроков, а все силы бросили на разработку средств профилактики неблагоприятного воздействия невесомости. Решение вопроса, как «приручить» невесомость, оказалось простым: необходимо создать имитацию гравитацион-

ного воздействия, то есть нагрузить скелетно-мышечную систему космонавта.

Всего 20 лет спустя после экспедиции Николаева и Севастьянова, в середине 1990-х, космонавт и врач Валерий Поляков провел на станции «Мир» эксперимент над самим собой. Он находился там 437 дней – до сих пор это рекорд по непрерывному пребыванию на орбите!

Система защиты космонавта, работавшая на «Мире» и действующая на МКС сегодня, включает в себя, прежде всего, бег на специальной дорожке и работу на велоэргометре – во многом именно занятия спортом позволили Полякову преодолеть человеческие возможности. Также для постоянной загрузки костно-мышечного аппарата космонавтов на МКС используются уникальные разработки российских инженеров, например вакуумный комплект «Чибис» – специальный нагрузочный костюм, своеобразный герметичный мешок, в котором можно создавать разрежение для оттока крови к ногам. Другой помощник космонавтов – костюм «Пингвин», имеющий особое натяжение вдоль оси. В таких костюмах космонавты выполняют повседневную работу.

БЕЛКИ НЕВЕСОМОСТИ

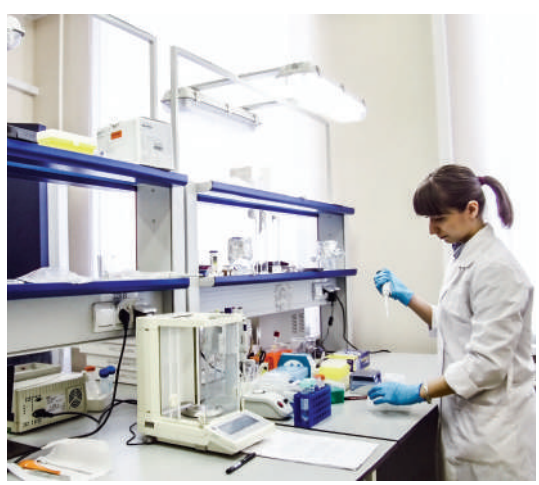
Исследования возможностей человеческого организма сегодня снова в центре внимания. Недавно Михаил Корниенко и Скотт Келли провели почти год на Международной космической станции. В это время на Земле врачи внимательно наблюдали за братом-близнецом Скотта, Марком Келли, чтобы затем сопоставить, какие изменения происходят у «космического» близнеца по сравнению с «земным». Уже опубликованы сенсационные результаты: у Скотта Келли удлинились теломеры, концевые участки хромосом. В НАСА это явление назвали «феномен Скотта». Дело в том, что в процессе жизни длина теломер лишь уменьшается при каждом делении клетки. Данное явление объясняют биологическим старением организма, которое, в конце концов, когда длина теломер становится слишком малой, приводит к смерти. У астронавта же эти самые кончики отросли – так, словно он помолодел на десяток лет.

Уникальные исследования провели в Сколково с участием специалистов Института медико-биологических проблем РАН (ИМБП РАН) и канадской группы ученых из Центра геномики и протеомики Университета Виктории. Результаты были опубликованы в журнале группы Nature "Scientific Reports". Изучив кровь 18 российских космонавтов после длительного пребывания в космосе, ученые обнаружили белки, отвечающие за невесомость – точнее, за изменения в организме человека в условиях невесомости.

ВОЗДЕЙСТВИЕ НЕВЕСОМОСТИ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА МОЖЕТ БЫТЬ ПОИСТИНЕ РАЗРУШИТЕЛЬНЫМ – В ПЕРВУЮ ОЧЕРЕДЬ СТРАДАЕТ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ СИСТЕМА, АТРОФИРУЮТСЯ МЫШЦЫ.

Евгений НИКОЛАЕВ, *профессор МФТИ, член-корреспондент РАН, руководитель лаборатории масс-спектрометрии РАН*

НЕДАВНО В СКОЛКОВО РОССИЙСКИЕ И КАНАДСКИЕ УЧЕНЫЕ ПРОВЕЛИ УНИКАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И ОБНАРУЖИЛИ БЕЛКИ, ОТВЕЧАЮЩИЕ ЗА ИЗМЕНЕНИЯ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ НЕВЕСОМОСТИ.



ПРОТЕОМИКА – СРАВНИТЕЛЬНО МОЛОДАЯ НАУКА. ОНА ПОЯВИЛАСЬ ПОСЛЕ РАСШИФРОВКИ ГЕНОМА ЧЕЛОВЕКА И ИЗУЧАЕТ БЕЛКИ, КОТОРЫЕ СИНТЕЗИРУЮТСЯ В НАШЕМ ОРГАНИЗМЕ.

Ирина ЛАРИНА, *заведующая лабораторией протеомики Института медико-биологических проблем*

УЧЕНЫЕ ИЗ МГУ ИМЕНИ М. В. ЛОМОНОСОВА ИССЛЕДОВАЛИ БЕЛКИ В КОНДЕНСАТЕ ВЫДЫХАЕМОГО КОСМОНАВТАМИ ВОЗДУХА И ОБНАРУЖИЛИ ЗНАЧИТЕЛЬНОЕ УВЕЛИЧЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА БЕЛКОВ ПОСЛЕ ПОЛЕТА ПО СРАВНЕНИЮ С ПРЕДПОЛЕТНЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ.

«Микрогравитация не является фактором эволюции человека – на разных стадиях своего развития человек никогда не пребывал в невесомости. Разумеется, поэтому его организм не знает, как на нее реагировать, и включает адаптационные механизмы, известные ему, в том числе механизмы, которые включаются как реакции на болезнь», – рассказывает профессор Сколковского института науки и технологий (Сколтех), профессор МФТИ, член-корреспондент РАН, руководитель лаборатории масс-спектрометрии РАН Евгений Николаев.

Учеными было установлено: содержание белков в крови изменяется и восстанавливается не сразу. Это результат адаптации организма к невесомости и отражение тех негативных изменений, которые происходят со здоровьем космонавтов, в частности вымывания из костей кальция. Подобные исследования проводились и ранее, но впервые изменения белкового состава крови были зафиксированы на молекулярном уровне.

Почему именно белки? Объясняет Ирина Ларина, заведующая лабораторией протеомики Института медико-биологических проблем: «Все наше тело состоит из белков, а самое главное то, что все функции, всю работу, которую выполняет человеческий организм, делают белки – это и движение, и регуляция, и защита от инородных агентов, пищеварение-всасывание, передача всех импульсов работы почек и так далее. Изучение белков может показать, как человеческий организм приспосабливается к тем или иным условиям, в том числе к невесомости».

Кроме того, белки являются наиболее специфически информативным объектом: они отличаются по строению и функциям, и наличие какого-то белка уже само по себе говорит о том, что именно происходит в организме, какие физиологические процессы запущены... Поэтому белок служит для ученых хорошим информатором или маркером.

Протеомика – сравнительно молодая наука. Она появилась после расшифровки генома человека и изучает белки, которые синтезируются в нашем организме. В прошлом году лаборатория протеомики в ИМБП отметила свое десятилетие. Один из главных методов исследований в протеомике – масс-спектрометрия, высокоточное измерение масс атомов и молекул, составляющих любое вещество. Благодаря такому методу возможно не просто идентифицировать молекулы, но даже узнать, как расположены атомы внутри каждой из них.

«Вообще, масс-спектрометрия – важнейший метод исследования Вселенной. Практически все, что мы знаем о составе грунта и атмосферы планет, мы знаем из масс-метрических измерений. С помощью спектрального анализа изучают лунный грунт. Кроме того, масс-спектрометры посылались и на Марс, и на Венеру, и на спутники Сатурна, например на Титан, и даже на комету Чурюмова – Герасименко, куда были отправлены два

орбитальных и два посадочных масс-спектрометра», – объясняет Евгений Николаев.

Сегодня масс-спектрометрия используется практически везде – от агрономии до нейрохирургии. Методы, которые давно и успешно работают в современной медицине, применили в космосе. Обладая знанием, какие белки должны быть в нашем организме, специалисты Сколтеха и ИМБП научились их идентифицировать, измерять количество белков в физиологических жидкостях, в том числе в крови, и определять, как белки реагируют на то или иное заболевание, например на появление опухолей.

ДЫХАНИЕ КОСМОСА

В другом эксперименте, который провели в Московском государственном университете имени М. В. Ломоносова, исследовали… дыхание космонавтов. Те же белки, но уже в конденсате выдыхаемого воздуха – до и после полета. Методика, разработанная нашими учеными, проста и эффективна. Устройство для сбора конденсата выглядит как трубка с мундштуком. Непосредственно перед сбором анализов на трубку надевается предварительно замороженный конденсор, а сам механизм получения данных напоминает детскую забаву – дышать на морозное стекло.

Изучив конденсат воздуха, взятого у космонавтов после полета, специалисты обнаружили значительное увеличение количества белков по сравнению с предполетными показателями. По словам Анны Рябоконь, научного сотрудника кафедры химической энзимологии химфака МГУ, там присутствует и кровь, и следы воспаления.

Евгений Николаев уверен – протеомика может помочь существенно облегчить реадаптацию космонавтов после полета: «Если мы найдем тагетные белки, которые по какой-то причине изменяются и приводят к необратимым эффектам для здоровья космонавтов, мы можем купировать эти биохимические пути, ингибировать их и не давать им развиваться. Для этого будут разрабатываться соответствующие лекарства, так, как это делается для других заболеваний, хоть и нельзя считать, что реакция организма на невесомость является заболеванием – это просто адаптивная реакция организма».

Правда, могут быть и побочные эффекты, и проводить подобные исследования необходимо с большой осторожностью. «Теоретически и практически это реально, когда мы имеем дело со здоровым человеком с его невероятной способностью к адаптации. В случае с космонавтами этот подход еще рано предлагать и даже рассматривать по той простой причине, что мы не знаем, каким образом изменения белков у космонавта после полета скажутся на остальных процессах в его организме и в конечном счете на его здоровье… Наш организм предложил адаптивные реакции именно для того, чтобы дать ему возможность остаться здоровым, и мы не можем просто взять и зачеркнуть это данное природой преимущество», – говорит Ирина Ларина.

ОТПРАВИВШИСЬ НА ДОЛГОЕ ВРЕМЯ В КОСМОС, ЧЕЛОВЕК НЕ ПЕРЕСТАНЕТ БЫТЬ HOMO SAPIENS, НО, ВОЗМОЖНО, ПЕРЕСТАНЕТ БЫТЬ ЧЕЛОВЕКОМ ЗЕМНЫМ – ЧУВСТВОВАТЬ СЕБЯ ЗДОРОВЫМ ОН СМОЖЕТ ТОЛЬКО В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕННОЙ ГРАВИТАЦИИ.

Кристина ФЕДОРЧЕНКО, *ассистент Международного биотехнологического центра МГУ имени М. В. Ломоносова*

© Фалилеев М.Н., 2018

История статьи:
Поступила в редакцию: 10.04.2018
Принята к публикации: 25.04.2018

Модератор: Плетнер К. В.
Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:
Фалилеев М.Н. Лекарство от невесомости // Воздушно-космическая сфера. 2018. № 2(95). С. 66-72.

КОСМОС ИЗМЕНИТ ЧЕЛОВЕКА

Этот и другие эксперименты – лишь небольшая часть исследований по всему миру в попытках разобраться, что произойдет с организмом космонавта во время длительных перелетов. Например, к Марсу. Помимо невесомости, на пути к Красной планете космонавтов ожидают высокий уровень радиации и другие опасности. До сих пор неизвестно, как поведет себя в условиях такого полета сердечно-сосудистая система, какие изменения произойдут в костях.

Патриарх космической медицины Олег Газенко считал, что «космическая раса» будущих покорителей Вселенной будет напоминать героев картин Эль Греко – длинные худые тела, вытянутые лица...

Ирина Ларина уверена – отправившись на долгое время в космос, человек не перестанет быть homo sapiens, он будет принадлежать к тому же виду, но, возможно, перестанет быть человеком земным: «В том смысле, что вернуть его на Землю здоровым с какого-то времени станет невозможно. Он просто не будет здесь полностью здоров... Да, он будет здесь жить, дышать, его сердце будет биться, но для того, чтобы оставаться здоровым, ему надо будет жить там – на станции или на другой планете с измененной гравитацией. Не радиация, не измененная газовая среда, а именно гравитация перестроит человеческий организм».

Одна из главных задач на ближайшее время – получить данные об изменениях белков не только до и после полета, но и во время пребывания космонавтов на станции. Результаты, полученные в первые сутки после полета, не совсем верно отражают объективную картину, ведь во время посадки космонавты испытывают дополнительные воздействия – перегрузки, эмоциональный стресс и так далее. Именно поэтому в ИМБП сегодня готовят новый эксперимент со сбором сухой крови у космонавтов на борту МКС. «Это будет капелька из пальца, капнутая на маленький квадратик специального листа ватмана. Во-первых, это очень маленькая кровопотеря. Во-вторых, взятый материал ничего не весит, не имеет объема, его легко хранить и легко спускать, поместив в блок-пакеты с закрывающейся дверцей. А на Земле уже есть методики и технологии, как из этого сухого пятнышка экстрагировать вещества, которые необходимы для исследований: те же белки, протеины, метаболиты и так далее», – объясняет Ирина Ларина.

Сегодня исследованиями белков занимаются все крупнейшие космические агентства, в чьих приоритетах пилотируемые полеты к другим планетам. Протеомика может ответить, как бороться с негативными влияниями космоса на человеческий организм. И возможно, в будущем с ее помощью ученые смогут создать эффективное лекарство – таблетку или микстуру – от невесомости.

ВОЕННО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ КУРЬЕР
ВПК
ПЕРВЫЙ ПО ВСЕМ СТАТЬЯМ!
Подписка во всех отделениях связи России
Подписные индексы:
КАТАЛОГ «РОСПЕЧАТЬ» - 25933
КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ – 60514
Тел. (495)780-5436
www.vpk-news.ru

ОБЩЕРОССИЙСКАЯ ЕЖЕНЕДЕЛЬНАЯ ГАЗЕТА
Издается с 19 августа 2003 года

СИЛОВИКИ ПОВЯЗАНЫ ФРУКТАМИ 02

ВОЕННО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ КУРЬЕР
ВПК

ЖИВЫЕ МИШЕНИ РОССИЙСКИХ ЭСМИНЦЕВ 09

ДВОЙНАЯ БУХГАЛТЕРИЯ ВЕРМАХТА 10

ТЕМА

БЫСТРЫЙ ГЛОБАЛЬНЫЙ КОНТРУДАР

«ТОМАГАВКАМ» НЕ СУЖДЕНО ДОСТИЧЬ ЦЕЛЕЙ

Александр ЛУЗАН, доктор технических наук, лауреат Государственной премии РФ, генерал-лейтенант

Читайте материал на стр. 06

ОТ И ДО

500 образцов

вооружения и специальной техники показали российские компании на XIV международной выставке авиационно-космической и военно-морской техники LIMA 2017. Этот оружейный салон, устраиваемый правительством Малайзии на острове Лангкави, считается крупнейшим в Юго-Восточной Азии. Свои разработки представили 42 российские организации, по оценкам Рособоронэкспорта, приходится около 45 процентов всех поставок российского оружия за рубеж.

70 заявок

было подано на соискание премий Министерства обороны РФ в области культуры и искусства.

Первая церемония награждения прошла в День работника искусств в Центральном академическом театре Российской армии. Премия присуждается в девяти номинациях. Первым за «Культурно-просветительские проекты» ее получил Валерий Гергиев. Лауреатами также стали Даниил Гранин («Литературное искусство»), Людмила Чурсина («Театральное искусство»), Александра Пахмутова и Николай Добронравов («За вклад в развитие культуры»), Денис Мацуев («Музыкальное искусство»), Федор Бондарчук («Произведение аудиовизуальных искусств»).

ТЕНДЕНЦИИ

Дмитрий Медведев подписал постановление правительства об индексации социальных пенсий с 1 апреля на 1,5 процента. Средний размер выплат увеличится на 129 целковых.

Леонтий ШЕВЦОВ:

«Государство тратит на изготовление подводного ракетного крейсера миллиарды. Если он пропадет, то подарит...

ТАЙНОЕ ЯВНОЕ

Комплекс Андрея СЕЛИНА

АНТ

СЛУЖБА В ВОС

килограммо

телеуправляемый аппарат

черноморский флот

адмиралом

УДК 612 | DOI: 10.30981/2587-7992-2018-95-2-74-81

DRY FLOATATION

Natalia L. BURTSEVA,
Video Content Creation&Promotion Chief Specialist, RSC "Energia", Korolev, Russia,
natalya.burtseva@rsce.ru

ABSTRACT I THE ARTICLE IS DEDICATED TO THE DRY FLOATATION EXPERIMENT. IT'S A ZERO-G EXPERIMENT THAT WAS FINISHED IN THE INSTITUTE OF BIOMEDICAL PROBLEMS A WHILE AGO. FOR THE PERIOD OF FIVE DAYS THE RESEARCHERS WERE LEFT IN THE IMMERSION TANK IN THE HYPOGRAVITY STATE WITH HARDLY ANY OPPORTUNITY TO MOVE. DURING ALL THAT PERIOD SCIENTISTS WERE UNINTERRUPTEDLY MONITORING CHANGES IN THE RESEARCHERS' BODY FUNCTION.

Keywords: *zero-gravity, zero-gravity simulation, dry floatation, hypogravitation, experiment*

Автор фото: Олег Волошин

«СУХАЯ ИММЕРСИЯ»

Наталья Леонидовна БУРЦЕВА,
главный специалист по созданию и продвижению видеоконтента ПАО «РКК "Энергия"», Королёв, Россия,
natalya.burtseva@rsce.ru

АННОТАЦИЯ | СТАТЬЯ ПОСВЯЩЕНА ЭКСПЕРИМЕНТУ «СУХАЯ ИММЕРСИЯ» ПО ИЗУЧЕНИЮ СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА В НЕВЕСОМОСТИ, КОТОРЫЙ НЕДАВНО ЗАВЕРШИЛСЯ В ИНСТИТУТЕ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ РАН (ИМБП). В ТЕЧЕНИЕ ПЯТИ СУТОК ИСПЫТАТЕЛИ НАХОДИЛИСЬ ПРАКТИЧЕСКИ БЕЗ ДВИЖЕНИЯ В ИММЕРСИОННОЙ ВАННЕ, ОЩУЩАЯ НА СЕБЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ФАКТОРОВ ГИПОГРАВИТАЦИИ. ВСЕ ЭТО ВРЕМЯ УЧЕНЫЕ ВЕЛИ НЕПРЕРЫВНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ИЗМЕНЕНИЯМИ В РАБОТЕ ОРГАНИЗМА ИСПЫТАТЕЛЕЙ.

Ключевые слова: *невесомость, моделирование невесомости, сухая иммерсия, гипогравитация, эксперимент*

Пять дней без движения и опоры. В Институте медико-биологических проблем РАН (ИМБП) завершился очередной эксперимент по изучению состояния человека в невесомости

Минимум движения – максимум работы. Как бы противоречиво это ни звучало, в этом суть эксперимента «Сухая иммерсия», цель которого – извлечь из отсутствия движения пользу для космической науки. Пять суток испытатель не должен двигаться, а в это время ученые получают массу информации. На сей раз среди испытателей – представитель РКК «Энергия».

10 испытателей один за другим погружались в «ванну невесомости» – каждый на пять суток, чтобы провести 120 часов при отсутствии опоры. В ИМБП проходил эксперимент «Сухая иммерсия». В научной работе ИМБП принимают участие сотрудники разных ведомств Роскосмоса. Вместе они формируют научную базу для полетов в космос.

На Земле воссоздают условия невесомости, чтобы получить ответы на ряд важных вопросов. В чем причина невыносимой ноющей боли в спине в период адаптации к отсутствию земного притяжения? Как на невесомость реагируют мышцы, кости, сердечно-сосудистая, дыхательная, нервная системы человека? Как в условиях гипогравитации (давления под водой) работают вестибулярный аппарат, тактильная, болевая, слуховая, зрительная системы и другие сенсорные каналы организма?

12 апреля 2018 года – День космонавтики, 9:00. ИМБП

Руководитель летно-испытательного отдела РКК «Энергия» Марк Серов погружается в иммерсионную ванну. С этого момента начинается отсчет 120 часов исследований.

Это только с первого взгляда кажется – лежи себе да отдыхай. На самом деле, как отмечают специалисты, эти пять суток без опоры не из легких.

Илья Рукавишников, ответственный врач эксперимента «Сухая иммерсия» ИМБП:

– Может показаться, что это отчасти отдых. Возможно, так и есть, но только в самом начале эксперимента, когда после интенсивного этапа подготовки испытатель лег и расслабился. В первые часы мы наблюдаем эффекты, похожие на релаксацию и восстановление. Но дальше начинается настоящее испытание: с каждой минутой на человека все сильнее воздействуют отрицательные факторы гипогравитации, начинается адаптация организма к новым условиям. Для испытателя участие в таком эксперименте – это серьезная задача и работа над собой.

Погружение в иммерсионную ванну больше напоминает подготовку человека к операции. Небольшой бассейн наполнен теплой водой, покрыт специальной непроницаемой пленкой. На дне бассейна платформа, которая поднимается с помощью механизма. Распластанный медузой, защищенный от воды пленкой испытатель погружается в сухую пучину испытаний.

Мы наблюдали подготовку и представляли себе, как приятно было бы полежать в такой ванне. Днем температура в ней составляет примерно 32 градуса. В ночное время испытатели, как правило, просят на пару градусов «сделать теплее».

Марк Серов, руководитель летно-испытательного отдела РКК «Энергия»:

– Приятного, на самом деле, мало. Ты не просто находишься в подвешенном безопорном состоянии, на тебя еще давит объем воды, в котором ты пребываешь, несмотря на то, что вода отделена пленкой. Тело сдавлено со всех сторон. Ощущается давление на внутренние органы. Кроме того, поза не очень привычная и удобная.

Испытатель ограничен в движениях: не может перевернуться. По правилам эксперимента, шевелиться он должен как можно меньше. В любой момент можно попросить помощи: у Марка под рукой кнопка вызова медицинского персонала.

У испытателя есть несколько минут, чтобы обустроить свое пространство: положить поближе планшет, книгу, которую запланировал почитать, телефон. Затем сразу начинаются медицинские исследования. Для наблюдателей – специалистов ИМБП – важна каждая минута «Сухой иммерсии».

Илья Рукавишников, ответственный врач эксперимента «Сухая иммерсия» ИМБП:

– Режим дня стандартный, приближен к обычному режиму человека, с одним нюансом: в расписании испытателя есть циклограмма, в которой строго расписаны по суткам и по часам все методики. К участнику эксперимента приходит исследователь, проводит все необходимые измерения, стараясь минимизировать время, которое испытатель проводит вне условий иммерсии. Вечером по показаниям возможны гигиенические процедуры, но даже на эти несколько минут испытатель не изменяет своего горизонтального положения. Мы перемещаем его на помывочную кушетку, стараясь, чтобы двигался он как можно меньше. Если превысить получасовое пребывание вне ванны, допустимое за сутки, можно потерять все накопленные эффекты.

Марк Серов, руководитель летно-испытательного отдела РКК «Энергия»:

– Пока привыкаю к новым ощущениям, не до кон-

ца могу их осознать. Тем более трудно передать их словами. Как с невесомостью, так и с сухой иммерсией: чтобы понять, надо попробовать. Перед началом эксперимента я представлял, как проведу эти пять суток. Основное – это напряженная научная программа, на которой я буду сосредоточен. Для досуга приготовил книги и фильмы. Борьба с самим собой и со своим организмом, думаю, тоже займет какое-то время. Надеюсь, мы между собой договоримся о том, как лучше пережить этот опыт.

13 апреля. Второй день эксперимента. Напряжение и боль

Как прошла первая ночь в испытании? Удалось ли поспать, поворачиться как в домашних условиях? Снятся ли сны в земной «ванне невесомости»?

Многочисленные исследования во время иммерсии

Карточка испытателя Марка Серова

СПОСОБЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕВЕСОМОСТИ

Полет на самолете Ил-76 МДК по параболической траектории позволяет создать 30-секундное состояние невесомости. Этот способ наиболее точно имитирует отсутствие гравитации. В таком полете тренируется вестибулярный аппарат космонавтов.

Антиортостатическая гипокинезия (АНОГ) – способ изучить влияние невесомости на кровеносную и лимфатическую системы. Испытуемый лежит вниз головой на специальной кровати под углом от 6 до 30 градусов. Такое положение тела, в зависимости от времени, проведенного под наклоном, влияет и на костно-мышечный аппарат. Чем дольше лежит испытатель, тем сильнее воздействие. Рекордное время для эксперимента АНОГ в ИМБП – один год вниз головой.

Сухая иммерсия – специальная ванна, где между водой и испытателем находится водонепроницаемая пленка, то есть тело с водой не соприкасается. В этом исследовании влияние невесомости проявляется намного быстрее – уже на третьи сутки. Максимальный срок пребывания испытателя в подобном эксперименте – 56 дней. Этот рекорд поставлен в ИМБП в 1973 году.

Космонавт Александр Калери поддерживает испытателей во время иммерсии

Исследования до и после испытания. Исследования глаз

Марк Серов отвечает на наши вопросы:

– Здесь невозможно не то что «поваляться», а даже перевернуться с боку на бок. Тебе дана одна поза, и ты можешь только повращаться, покрутиться, что не особо помогает. Даже сейчас, когда я просто с вами разговариваю, у меня напрягается шея, на шее «висит» весь мой вес, остальное тело расслаблено. Это особенность, о которой меня заранее предупредили.

Сны мне не снились. Даже немного жаль. Словно провалился в сон.

Ночью испытатели в полной мере ощущают, что такое боль в спине в условиях невесомости. Космонавты на орбите живут с неприятными ощущениями в пояснице на протяжении всего полета – поясница ноет, как при радикулите. Мышцы расслабляются и буквально отключаются из работы по поддержке позвоночника. У космонавтов есть возможность принимать обезболивающие, но испытатели в ИМБП стараются этого не делать для чистоты эксперимента.

Илья Рукавишников, ответственный врач эксперимента «Сухая иммерсия» ИМБП:

– Бывают жалобы на боли в спине, связанные отчасти с перераспределением мышечного тонуса, отчасти с увеличением роста, отчасти с отсутствием аксиальной нагрузки в течение длительного времени. Возможны эффекты переутомления. Так или иначе, все эти проблемы – комплекс адаптационного приспособления организма. Мы стараемся это нивелировать, помочь испытателю все преодолеть без ущерба для научного материала, который получаем от эксперимента.

Для испытателя каждое утро начинается с медосмотра: с измерения температуры и артериального давления. Медики интересуются общим самочувствием. На завтрак каша. Марк отметил, что аппетит у него значительно снизился из-за отсутствия обычной активной нагрузки, к которой он привык в своей повседневной жизни.

Дальше вновь начинаются эксперименты.

Третий день эксперимента. Ряженка и боль

Самый приятный эксперимент – ряженка. Испытатель выпивает стакан кисломолочного продукта. Интересно, что этот эксперимент рассчитан не столько на хорошее функционирование желудочно-кишечного тракта, сколько на сохранение здоровья ротовой полости испытателя: в составе ряженки есть особые бактерии, которые снижают риск развития кариеса.

И снова обычный день в сухой иммерсии.

Марк Серов, руководитель летно-испытательного отдела РКК «Энергия»:

– Мне, как деятельному человеку, очень сложно лежать без движения. Я каждое утро делаю зарядку, здесь это просто невозможно. Мне буквально приходится себя пересиливать, чтобы не двигаться. Я все привык делать сам, а здесь мне все подают, я ощущаю себя зависимым от бригады врачей.

Третий день исследования очень важен для специалистов. У испытателей острее проявляются ощущения невесомости. У многих начинает болеть спина, кто-то жалуется на головные боли. Все это происходит из-за перераспределения жидкости в организме. Без привычной нагрузки ноют мышцы, они растягиваются и словно стремятся вернуться в исходное положение.

– Вспоминается рассказ космонавта Георгия Гречко, – говорит Марк. – Когда у него спросили, что ощущает космонавт в невесомости, он ответил: «Что ощущает? Представьте, что вы приходите на работу, вас вешают вверх ногами над столом на несколько суток, а потом приходит оператор с камерой, и вы говорите, улыбаясь: "Все хорошо!"»

Марк улыбается и старается приподнять голову, общаясь с нами. Кажется, он делает это с трудом. Просим Марка показать, чем он пользуется и как достает телефон, если позвонит кто-то из членов семьи.

– Вот эта кнопка – для вызова бригады, – комментирует свои жесты Марк. – Нашел свой телефон, планшет. То есть двигаться в каком-то ограниченном диапазоне я могу. Но и это нежелательно, на инструктаже меня предупредили, что для получения более полной и точной картины надо минимизировать всяческие перемещения.

Перед сном испытателя взвешивают и измеряют его рост. В среднем за пятидневный эксперимент человек теряет в весе около трех килограммов и прибавляет в росте порядка двух-трех сантиметров.

Душ принимается на кушетке, только в положении лежа. Кстати, именно по гигиеническим соображениям в эксперимент «Сухая иммерсия» допускаются исключительно мужчины. Представительницы прекрасного пола каждый год просятся в исследование, но пока для них существует непреодолимый барьер.

Илья Рукавишников, ответственный врач эксперимента «Сухая иммерсия» ИМБП:

– Много заявок на участие в эксперименте поступает от девушек. Они хорошо настроены, у них много энергии, с которой по силам преодолеть любые трудности. Надеюсь, что в ближайшее время мы сможем организовать подобное исследование

для представителей обоих полов на равных условиях. Раз уж поставлена задача упростить пребывание в космосе для всех, мы будем ее решать.

Четвертый день эксперимента. Ток. Испытания болью

День испытателя – сплошные врачебные наблюдения, анализы и исследования. Специалисты стараются изучить каждую клеточку человека, помещенного в безопорное пространство.

На этот раз трижды в день испытателя подвергают воздействию тока – низкочастотной низкоинтенсивной электростимуляции. Марка приподнимают на подъемнике и крепят к его ногам электроды. От этой процедуры улучшается микроциркуляция крови в нижних конечностях и создается эффект ходьбы. Все данные будут исследованы, а результаты обнародованы через определенное время.

Испытатели до и после иммерсии

Олег ВОЛОШИН, пресс-секретарь Института медико-биологических проблем РАН: «Я заставлял себя быть водорослью»

– Испытателем в «Сухой иммерсии» я был дважды (правда, с перерывом в девять лет) и очень хорошо помню все впечатления. Самым удивительным было ощущение, будто я не лежу, а подвешен в воздухе. В полной тишине это ощущение усиливалось.

Ощущения, схожие с невесомостью, возникают только при полной неподвижности. На уровне сенсорных систем организма этот обман работает гораздо лучше. Наибольший дискомфорт возникает от сенсорной депривации – от отсутствия ощущений, вызванных движением. Я заставлял себя терпеть. Ведь чем меньше двигается и чувствует испытатель, тем ценнее результаты эксперимента. Так что я буквально вынуждал себя быть водорослью.

Илья РУКАВИШНИКОВ, ответственный врач эксперимента «Сухая иммерсия» ИМБП: «Пришлось побороться с собой»

– В 2010 году я участвовал в пятисуточной иммерсии в качестве испытателя и получил массу впечатлений, положительных и не только. Пришлось побороться с собой. Для меня это был хороший опыт, который мне понравился. И если еще раз пригласят в эксперимент – я буду очень рад. Но обычно мы стараемся брать людей, которые не участвовали в исследовании прежде, чтобы организм и сознание испытателя не были заранее подготовлены опытом. Тогда исследование получается более чистым.

Легкий завтрак «в постель»

Эксперименты и исследования ждут испытателей

– Испытание болью – наверное, основное в «Сухой иммерсии», – замечает Марк. – Хоть у меня болевой порог существенно ниже, чем у многих других, с болью я здесь встречаюсь весьма часто. Помимо трехразовой ежедневной электростимуляции, несколько раз в день прохожу исследования на приборе альгометр, который как раз и измеряет болевой порог.

Марк помещает палец в альгометр, где на него давит острый щуп. Задача – терпеть боль, что называется, до последнего. Когда становится невмоготу, испытатель убирает палец и нажимает специальную кнопку. Такой же принцип – терпения до последнего – реализуется и при испытании термовоздействием, когда к коже прикладывают нагретую металлическую пластину.

Пятый день эксперимента. Отставить разговорчики!

Соседнюю ванну подготовили для следующего испытателя. Предстоит смена «экипажа». Задача исследователей не потерять ни одного дня, поэтому один испытатель готовится к выходу из эксперимента, а другой входит в эксперимент.

Появление нового соседа, конечно, радость, но все же вдоволь пообщаться с ним не удастся. Когда у одного активная фаза исследований, второй читает или переписывается с родными. Отход ко сну в одно и то же время: в 23:00. А дальше надо соблюдать тишину, беречь друг друга. Ведь подъем, как в больнице, в семь утра для взятия анализов.

К концу 2018 года в ИМБП планируют провести испытание сухой иммерсией в течение 21 суток. Желающие уже подают заявки. Поэкспериментировав на себе, Марк Серов теперь планирует, что в будущих испытаниях примут участие сотрудники его подразделения – летно-испытательного отдела РКК «Энергия»:

– В планах у нас сформировать группу людей из РКК «Энергия» для участия в таких экспериментах. Нам необходимо испытать на себе многие факторы космического полета хотя бы здесь, на Земле, чтобы применять этот опыт в практике создания и реализации космической программы. И конечно, мы надеемся на то, что кому-то из этой группы удастся принять участие в космических полетах в качестве членов экипажа, и тогда этот земной опыт пригодится уже для успешного выполнения программы полета.

Шестой день. Вход – рубль, выход – два

Утром врачи тыкают тело Марка специальной палочкой – проверяют и замеряют жесткость мышц. Медики проводят ряд заключительных исследований, затем извлекают испытателя из ванны, везут на кушетке на ультразвуковое исследование и... просят встать.

Марк встает быстро и легко. Его предупреждают, что может закружиться голова, но он не отмечает такого эффекта. 10 минут он стоит ровно. Потом признается, что это нелегко: ноги будто наполнились свинцом и начали болеть:

– Кажется, теперь я понимаю космонавтов, которые только что вернулись на Землю. Представляю, как их ноги наливаются кровью, как начинают ныть мышцы. Да, этого я не ожидал.

По словам Марка Серова, ему словно пришлось учиться заново ходить – это обратный эффект, когда так называемые позные (от слова «поза») мышцы возвращаются в привычное положение под тяжестью земной гравитации. Происходят изменения в биомеханике движения человека.

– Время после эксперимента – самое интересное. Я много слышал и знал про адаптацию внутри эксперимента, когда организм приспосабливается к безопорному пространству. А про послеполетные изменения мало кто говорит. Я очень остро почувствовал эту обратную адаптацию – когда сделал первые шаги и несколько минут стоял. Мне пришлось буквально заново учиться ходить.

После приземления космонавтов достают из спускаемого аппарата и на руках переносят в медицинскую палатку для фоновых измерений.

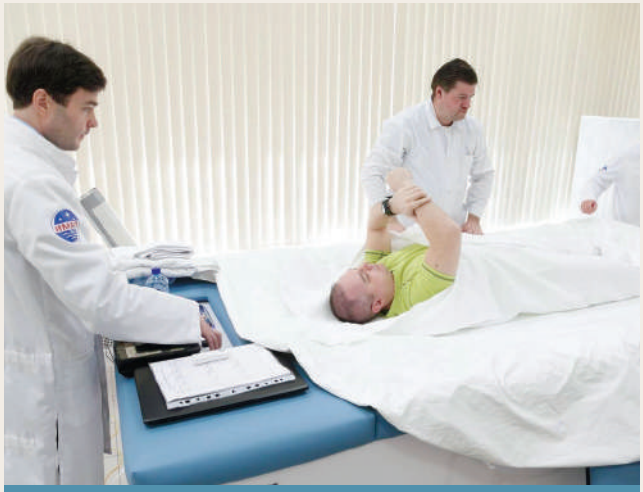
Задача медиков ИМБП заключается в том, чтобы разработать методику профилактических мероприятий, максимально снижающую негативные факторы влияния невесомости на человеческий организм. Тех, кто когда-нибудь отправится на другие планеты, встречать там точно никто не будет. Марсонавты обязаны самостоятельно привести себя в порядок, чтобы сразу приняться за тяжелую работу.

После сухой иммерсии, которая частично моделирует состояние невесомости, понимаешь, насколько сложным испытанием для человека окажется светлое будущее межпланетных перелетов. Но огромный шаг к нему делается уже сейчас – в ИМБП, в лаборатории изучения гравитационной физиологии.

Лечебная иммерсия

С подачи исследователей из ИМБП иммерсионные ванны эффективно применяются в медицинских клиниках – например, чтобы снять повышенный тонус мышц и напряжение у пациентов, испытывающих серьезный стресс. Эта методика позволяет человеку по-настоящему расслабиться и прийти в себя без каких-либо медикаментов. Правда, лечебная иммерсия длится часы, а не дни.

Исследования после испытания



Процесс погружения

Погружение в иммерсионную ванну

В среднем за пятидневное пребывание в сухой иммерсии человек теряет в весе около трех килограммов и прибавляет в росте порядка двух-трех сантиметров

Врач Илья Рукавишников объясняет, как реагировать на изменения ощущений во время испытаний

© Бурцева Н. Л., 2018

История статьи:
Поступила в редакцию: 03.05.2018
Принята к публикации: 17.05.2018

Модератор: Плетнер К. В.
Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:
Бурцева Н. Л. «Сухая иммерсия» // Воздушно-космическая сфера. 2018. №2(95). С. 74-81.

УДК 629.78 | DOI: 10.30981/2587-7992-2018-95-2-82-89

A NEW SCIENTIFIC-ENERGETIC UNIT FOR THE ISS RUSSIAN SEGMENT

ONE DAY OF TEST IN A REPORT FROM THE RSC «ENERGIA»

Natalia L. BURTSEVA,
Video Content-Promotion Chief Specialist,
RSC "Energia", Korolev, Russia,
natalya.burtseva@rsce.ru

ABSTRACT I THE ARTICLE COVERS THE TEST OF A NEW UPGRADED SCIENTIFIC-ENERGETIC UNIT, WHICH SOON IS GOING TO TAKE ITS PLACE IN THE RUSSIAN SEGMENT OF THE INTERNATIONAL SPACE STATION. IN PROSPECT IT'S CONSIDERED TO BECOME THE BASIC BUILDING BLOCK OF THE RUSSIAN ORBITAL BASE AND TO BE USED IN LUNAR AND MARS PROGRAMS.

Keywords: *scientific-energetic unit, experiment, International Space Station, cosmonaut, Institute of Biomedical Problems of the RAS, Mission Control Centre, S.P. Korolev Rocket and Space Corporation "Energia", State Space Corporation ROSCOSMOS*

АННОТАЦИЯ I В СТАТЬЕ РАССКАЗЫВАЕТСЯ ОБ ИСПЫТАНИЯХ НОВОГО УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО НАУЧНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МОДУЛЯ, КОТОРЫЙ ВСКОРЕ ДОЛЖЕН ЗАНЯТЬ СВОЕ МЕСТО В РОССИЙСКОМ СЕГМЕНТЕ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ, А В ПЕРСПЕКТИВЕ СТАТЬ ОСНОВОЙ РОССИЙСКОЙ ОРБИТАЛЬНОЙ БАЗЫ И ПРИМЕНЯТЬСЯ В ЛУННОЙ И МАРСИАНСКОЙ ПРОГРАММАХ.

Ключевые слова: *Научно-энергетический модуль, эксперимент, Международная космическая станция, космонавт, Институт медико-биологических проблем РАН, Центр управления полетами, Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С. П. Королева, госкорпорация «Роскосмос»*

НОВЫЙ НАУЧНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ ДЛЯ РОССИЙСКОГО СЕГМЕНТА МКС

ОДИН ДЕНЬ ИСПЫТАНИЙ – В РЕПОРТАЖЕ ИЗ РКК «ЭНЕРГИЯ»

Наталья Леонидовна БУРЦЕВА,
главный специалист по созданию и продвижению видеоконтента ПАО «РКК "Энергия"», Королёв, Россия,
natalya.burtseva@rsce.ru

НАЧАЛО КОСМИЧЕСКОГО РАБОЧЕГО ДНЯ НА ЗЕМЛЕ. «ДРАКОНЫ» НА СВЯЗИ

– ЦУП-Москва, «Драконы» на связи, – голос командира экипажа космонавта Андрея Борисенко звучит в наушниках у руководителя бригады Центра управления полетами в РКК «Энергия». Начинается рабочий день. – Доброе утро, на борту порядок. Самочувствие экипажа хорошее. Контрольный осмотр модуля проведен. Компьютеры перезагружены, замечаний нет. Смотрим радиограмму, приступаем к работе.

В корпусе по наземной отработке модулей развернули Центр управления полетами и испытательную базу НЭМ – научно-энергетического модуля, предназначенного для обеспечения энергетической независимости российского сегмента Международной космической станции. Условный экипаж с позывным «Дракон» приступил к эксперименту по моделированию бортовой деятельности на макете модуля.

Для испытаний сформировано два условных экипажа, состоящих из ученых, инженеров, конструкторов и космонавтов. Сотрудники летно-испытательного отдела РКК «Энергия» совместно с представителями Института медико-биологических проблем (ИМБП РАН) и Центра подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина провели типовой рабочий день по космической циклограмме.

Модули МЛМ, УМ и НЭМ должны войти в состав Международной космической станции и завершить развертывание российского сегмента МКС. В настоящее время заканчиваются статические испытания модуля, осуществляются сборка макета для динамических испытаний и комплектация летного изделия

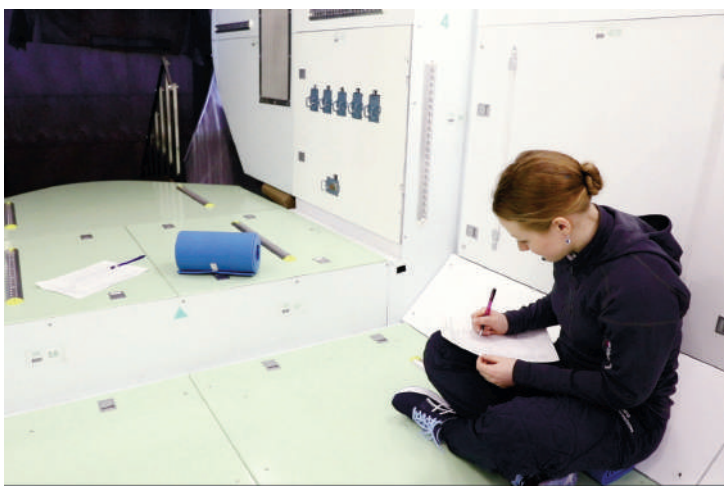
Внутри модуля просторно и светло. Пока еще не все оборудование установлено, но уже понятно – это пространство гораздо комфортнее того, которым сейчас располагают космонавты на МКС.

Проработан условный «план полета». Цель эксперимента – оценить на практике взаимодействие между членами экипажа в данных условиях, эффективность и удобство работы с оборудованием, возможности функциональных зон модуля.

– Просим вас привезти с Земли очередным «Прогрессом» аккумуляторы для фотоаппарата, – раздается в переговорном устройстве ЦУПа голос бортинженера.

– Принято, загружаем, – ответ с Земли.

Аккумуляторы тут же доставлены на модуль. Но это в виде исключения. Потому что, несмотря на то, что полет условный, задача испытателей все-таки работать автономно, в условиях, максимально приближенных к условиям реальной экспедиции на МКС.



Евгений Микрин, генеральный конструктор РКК «Энергия»:

– Такие эксперименты – неотъемлемая часть процесса создания изделия, предназначенного для космической деятельности. Я наблюдал за ходом эксперимента – смотрел, как работает экипаж, поскольку руководитель обязан досконально понимать, как идет развитие проекта на любой его стадии. Иначе космическая техника и не делается.

Психологические и медицинские тесты, полноценная уборка модуля, чистка фильтров и работа за панельным пространством – все как в обычной орбитальной работе, только невесомости нет.

У врача экипажа своя программа. Медицинских тестов и наблюдений в космосе невероятное множество. Задача: следить за самочувствием членов экипажа и провести как можно больше исследований. В дальних космических полетах врач в экспедиции просто необходим. Влияние невесомости и других факторов космического полета на организм человека до конца не изучен.

В ходе эксперимента был смоделирован рабочий день экипажа, состоящего из трех человек: имитировались ручной режим стыковки с грузовым кораблем, работа с научной аппаратурой, техническое обслуживание и ремонт модуля.

На следующем этапе создания НЭМ оценка эргономики будет проводиться уже на летном изделии.

ЭКИПАЖ БУДУЩЕГО

Андрей БОРИСЕНКО,
один из испытателей НЭМ,
космонавт Роскосмоса, Герой России:

– Экипаж сформирован из специалистов разных профессий. Я космонавт, Евгений Прокопьев – инженер, который является одним из разработчиков этого модуля, Стефания Федяй – ученый, она проводит эксперименты от ИМБП и тоже участвует в работе экипажа.

Сейчас мы отработали эргономику в новом модуле, чтобы понять, насколько здесь удобно находиться и выполнять поставленные задачи. Я оцениваю все с позиции космонавта, с учетом тех особенностей, с которыми приходится сталкиваться в космосе. Что-то там дается тяжелее, чем на Земле, а что-то гораздо легче. Некоторые операции, которые мы выполняем на МКС, на Земле вообще провести невозможно.

Программа и задачи у нас те же, что в космосе, но ощущения совсем другие. На МКС нас сопровождает не только невесомость, но и шум от безостановочно работающей системы вентиляции. А внутри макета очень тихо. Если бы так же было на орбите, работать там было бы гораздо комфортнее.

Постоянный шум негативно сказывается на состоянии человека – психологическом и физическом. Это достаточно вредно для здоровья, поскольку может повлечь за собой снижение слуха, особенно если полет длительный. При штатной работе на борту космонавты пользуются специальными защитными средствами: либо берушами, либо наушниками.

Настоящий космический день на орбите намного сложнее. В первую очередь потому, что там идет реальная работа с реальной аппаратурой, и мы должны получать реальные результаты. Здесь мы все-таки имитируем орбитальную деятельность – занимаемся тем, что прикидываем, как работать удобнее. В космосе прикидывать некогда.

Мне повезет, если доведется поработать на НЭМ в реальных космических условиях. НЭМ существенно больше действующего модуля на МКС, его размеры соответствуют размерам служебного модуля, даже превышают их. Очень хотелось бы видеть НЭМ в составе российского сегмента МКС.

Евгений ПРОКОПЬЕВ,
инженер летно-испытательного отдела:

– Мы работаем по циклограмме типового дня. У каждого члена экипажа свой распорядок. Где-то мы работаем вместе, где-то в одиночку. Только что провели тест по выполнению режима ТОРУ (телеоператор режима управления стыковки с грузовиком). Тест прошел успешно. Мы придерживаемся строгого графика, работы много, время ограниченно.

В большей мере происходит оценка совместной деятельности: важно понять, будут космонавты в этом модуле мешать друг другу или нет, насколько удобно им будет выполнять те или иные операции. Мы должны выявить слабые места сейчас, чтобы на МКС все было безупречно.

Я оцениваю досягаемость оборудования в запанельном пространстве, прокладку кабелей, установку оборудования: монтаж, демонтаж. Выполняю работу с различными дополнительными приспособлениями, которыми мы будем пользоваться потом.

У нас здесь даже сделан иллюминатор, где видна Земля, точно так, как из космоса.

ПАО «РКК "Энергия"» *– ведущее предприятие ракетно-космической отрасли промышленности, головная организация по пилотируемым космическим системам. Входит в ГК «Роскосмос». Корпорация ведет работы по созданию автоматических космических и ракетных систем (средств выведения и межорбитальной транспортировки), высокотехнологичных систем различного назначения для использования в некосмических сферах. С августа 2014 года корпорацию возглавляет Владимир Солнцев.*

Стефания ФЕДЯЙ,
младший научный сотрудник,
аспирант ИМБП РАН:

– Закрываю глаза и представляю, что я в космосе. Это совсем не сложно в такой рабочей атмосфере. Для меня это творческая работа. Нет ощущения, что это всего лишь макет. Кажется, что ты действительно находишься в каком-то рабочем аппарате.

В этом эксперименте я выступаю в роли космонавта-испытателя, выполняю ряд задач, предусмотренных циклограммой, и отслеживаю выполнение методик, связанных с измерением психофизиологических параметров.

Мне нужно понять, насколько комфортно - и возможно ли вообще - в этих условиях проведение наших методик: измерение болевой чувствительности, выполнение когнитивных тестов, оценка внимания, памяти, мышления и ношение актиграфа.

Сейчас мы работаем над возможностью оценивать двигательную активность экипажа круглосуточно. Проверяем, удобен ли актиграф: не цепляется ли за что-то, не мешает ли общей работе. В результате мы должны понять, насколько интенсивно члены экипажа двигаются в пространстве модуля, насколько длительны периоды покоя и как они чередуются с периодами активности.

Еще один эксперимент – альгометрия. Он проводится и на МКС: мы снимаем показания у космонавтов до, во время и после полета. Альгометр – прибор, измеряющий порог болевой чувствительности.

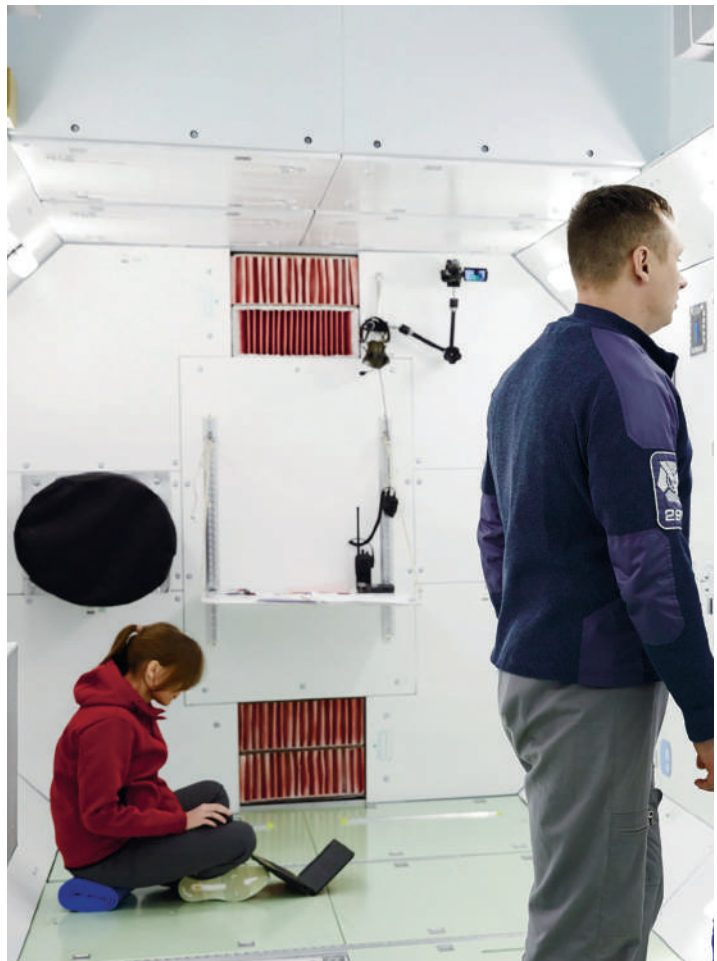
Марк СЕРОВ,
начальник летно-испытательного отдела РКК «Энергия»:

– Мы проводим серию натурных экспериментов в рамках эргономического обеспечения создания научно-энергетического модуля. Это завершающий этап перед испытаниями уже на летном изделии.

На эргономическом макете мы решали основные вопросы: зонирование модуля, создание рабочих мест, общей эргономики интерьера и так далее. Потом приняли решение провести комплексный эксперимент, в котором условный экипаж в течение рабочего дня будет имитировать типовые операции работы на орбите.

Испытательная бригада эксперимента состоит из экипажей и «наземной» группы поддержки, выполняющей функции ЦУПа. В наземную группу входят специалисты по эргономике пространства, по подготовке и отработке действий экипажа. У нас есть главный оператор, который выполняет функции оператора связи, есть медицинские специалисты, исследователи.

В состав экипажей вошли специалисты, участвовавшие в подготовке эксперимента: командир из ЦПК, инженер из «Энергии», исследователь – из ИМБП. По моему мнению, это модель экипажей будущего,



где каждый наиболее эффективно выполняет свою функцию и может привнести в общую работу опыт и знания, полученные в своей основной деятельности.

Результаты эксперимента доказывают, что проектанты грамотно подошли к разработке конструкции модуля, учли и предложения космонавтов, и вопросы технической эстетики. Предложений и замечаний оказалось не так уж и много, все они войдут в отчетную документацию. На переходе к стадии изготовления летного изделия можно смело сказать, что эргономическое обеспечение НЭМ проведено нами в полном объеме.

Следующий этап – интегрирование модуля в российский сегмент МКС. Он потребует выполнения множества задач по дооснащению модуля, макетированию оборудования, которое здесь не представлено, работам с бортовыми системами, по экспертной оценке, отработке бортовой документации и так далее.

***НЭМ** – научно-энергетический модуль, создается для обеспечения энергетической независимости РС МКС. Основные задачи:*

– наращивание ресурсов РС МКС путем увеличения количества вырабатываемой электроэнергии, предоставления рабочих мест и герметичных объемов для научной аппаратуры и СОЖ;

– отработка технологий создания мощных энергосистем.

В перспективе модуль будет использован как основа российской орбитальной базы. Модули на основе НЭМ будут применяться в лунной и марсианской программах.

***ГК «Роскосмос»** – государственная корпорация, созданная в августе 2015 года для проведения комплексной реформы ракетно-космической отрасли России. Госкорпорация «Роскосмос» обеспечивает реализацию госполитики в области космической деятельности и ее нормативно-правовое регулирование, а также размещает заказы на разработку, производство и поставку космической техники и объектов космической инфраструктуры. В функции государственной корпорации также входит развитие международного сотрудничества в космической сфере и создание условий для использования результатов космической деятельности в социально-экономическом развитии России.*

© Бурцева Н. Л., 2018

История статьи:
Поступила в редакцию: 11.05.2018
Принята к публикации: 25.05.2018

Модератор: Плетнер К. В.
Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:
Бурцева Н.Л. Новый научно-энергетический модуль для российского сегмента МКС. Один день испытаний – в репортаже из РКК «Энергия»// Воздушно-космическая сфера. 2018. №2(95). С.82-89.

УДК 629.78 | DOI: 10.30981/2587-7992-2018-95-2-90-95

SERGEY PROKOPIEV'S PLASMA CRYSTAL

Natalia L. BURTSEVA,
Video Content-Promotion Chief Specialist,
RSC "Energia", Korolev, Russia,
natalya.burtseva@rsce.ru

ABSTRACT I THE LAUNCH OF "SOYUZ MS-09" MANNED VEHICLE FROM THE BAIKONUR COSMODROME TO THE INTERNATIONAL SPACE STATION IS PLANNED FOR 06 JUNE 2018. THE INTERNATIONAL CREW OF THE VEHICLE IS HEADED BY ROSCOSMOS COSMONAUT SERGEY PROKOPIEV, WHO HAS GIVEN A PRE-LAUNCH INTERVIEW TO THE "ASJ".

Keywords: *"Soyuz MS-09" manned crew transfer vehicle, Sergey Prokopiev, International Space Station, Baikonur Cosmodrome, RSC "Energia"*

ПЛАЗМЕННЫЙ КРИСТАЛЛ СЕРГЕЯ ПРОКОПЬЕВА

Наталья Леонидовна БУРЦЕВА,
главный специалист по созданию и продвижению видеоконтента ПАО «РКК "Энергия"», Королёв, Россия,
natalya.burtseva@rsce.ru

АННОТАЦИЯ I НА 6 ИЮНЯ 2018 ГОДА НАЗНАЧЕН ЗАПУСК ПИЛОТИРУЕМОГО КОРАБЛЯ «СОЮЗ МС-09» С КОСМОДРОМА БАЙКОНУР К МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ. МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЭКИПАЖ КОРАБЛЯ ВОЗГЛАВЛЯЕТ КОСМОНАВТ РОСКОСМОСА СЕРГЕЙ ПРОКОПЬЕВ, КОТОРЫЙ ДАЛ ПРЕДСТАРТОВОЕ ИНТЕРВЬЮ ЖУРНАЛУ «ВКС».

Ключевые слова: *транспортный пилотируемый корабль «Союз МС-09», Сергей Прокопьев, Международная космическая станция, космодром Байконур, РКК «Энергия»*

Космодром Байконур, май 2018 года. Предстартовая подготовка экипажа космического корабля «Союз МС-09». Международный экипаж – космонавт Роскосмоса Сергей Прокопьев, астронавт Европейского космического агентства Александр Герст и астронавт НАСА Серина Ауньён-Ченселлор – уже на финишной прямой. Многочисленные сложнейшие тренировки позади, впереди испытание полетом. Командир корабля Сергей Прокопьев выкроил несколько минут, чтобы дать предстартовое интервью журналу «ВКС».

СПРАВКА: *«Союз МС-09» (МС – модернизированные системы) – российский пилотируемый космический корабль. Внешняя конфигурация «Союза МС» полностью соответствует кораблям предыдущих серий. Он состоит из трех отсеков: приборно-агрегатного, бытового и спускаемого аппарата.*

Длина по корпусу – 6,98 м,

максимальный диаметр – 2,72 м,

диаметр жилых отсеков – 2,2 м,

размах солнечных батарей – 10,7 м.

Стартовая масса корабля – 7,22 т,

масса спускаемого аппарата – около 2,9 т,

масса полезного груза – до 200 кг (при экипаже из трех человек).

«Союз МС» рассчитан на экипаж до трех человек (при росте космонавта 150–190 см и весе 50–95 кг). Полетный ресурс – 200 суток.

Стыковка с МКС может осуществляться как в автоматическом, так и в ручном режиме управления (командиром корабля).

Старт ракеты-носителя «Союз» с транспортным пилотируемым кораблем «Союз МС-09» намечен на 6 июня 2018 года. Это будет уже 136-й пилотируемый полет корабля «Союз». Первый состоялся в 1967 году.

– Сергей, как чувствует себя космонавт перед стартом? Он сдержан, сосредоточен, как перед экзаменом? Или полет – больше, чем экзамен?

– Космонавт перед стартом больше похож на спортсмена перед важными судьбоносными соревнованиями. Подготовка космонавтов очень длительная. Когда выходишь на финишную прямую и тебя допускают к полету, ощущаешь себя на пике профессиональной собранности. Поэтому я бы сейчас назвал себя спортсменом, который вступает в очень важный, решающий этап своей жизни.

– Вы участвовали в параде Победы в 2010 году. Помните тот полет над Красной площадью? Как это было? Что видно пилоту? Тогда и сейчас – сходные ощущения?

– Это было празднование 65-летия Великой Победы. В параде участвовало рекордное количество единиц авиатехники: если не ошибаюсь, 164 самолета. Были применены авиационные порядки, которые прежде над Красной площадью не применяли. Стратегические самолеты летели плотно друг к другу. Тренировались долго – около шести месяцев. Я был командиром корабля Ту-160, правым ведомым формации из трех самолетов. Это очень ответственный полет: необходимо быть сосредоточенным и смотреть на своего ведущего, чтобы выдержать все параметры боевого порядка. Хотелось, конечно, рассмотреть площадь, но мы были заняты только пилотированием. В том параде участвовали представители других государств. Горжусь тем, что там был.

Экипаж корабля «Союз МС-09»

Экипаж корабля «Союз МС-09»

– Какие эксперименты запланированы на время экспедиции? Может быть, какой-то из них для вас особенно интересен?

– Экспериментов с моим участием будет около шестидесяти. Некоторые займут много времени, например тот, что связан с выходом в открытый космос. Его жду с особенным нетерпением. Сам процесс выхода очень захватывающий. Необходимо вынести на поверхность станции большое количество научного оборудования из шлюзового отсека. Это хоть и сложная, но очень интересная работа, которую проделаем вместе с Олегом Артемьевым.

Как материалист, люблю исследования различных материалов, физико-химические эксперименты в условиях космоса – такие как «Плазменный кристалл».

Очень жду экспериментов, связанных с наблюдением и изучением Земли из космоса. Например, «Ураган»: фотографирование различных процессов, происходящих на нашей планете.

Из космоса можно рассмотреть и свои родные места, и те, в которых ты хотел бы побывать.

Не менее важны для меня эксперименты, связанные с образованием и популяризацией космических полетов и исследований. Очень интересным будет эксперимент «Ряска» – он должен показать, как развиваются водоросли в условиях невесомости. Посмотрим, куда будут направлены ростки. Водоросли мы будем выращивать на протяжении всего полета.

Футбол в космосе

Сын Сергея Прокопьева подарил отцу индикатор невесомости – талисман, который будет с космонавтом на орбите. Накануне старта чемпионата мира по футболу индикатором невесомости стал волк Забивака.

– Что пожелаете людям, которые тоже хотят побывать в космосе? Что необходимо, чтобы оказаться на вашем месте?

– Для будущих космонавтов желательно инженерное образование. Но главное – иметь мечту и огромное терпение. И выдержку, чтобы не сойти с дистанции. Надо постоянно поддерживать себя в тонусе, в форме (и не только физической), развиваться, укреплять себя психологически и морально, всегда быть открытым для новых знаний. И еще советую следить за своим здоровьем. Ценнее у человека ничего нет. Это наш главный инструмент, который всегда нужен. Поэтому следить за здоровьем надо с самого детства – уделять внимание спорту, закаливанию.

Для меня полет в космос – мечта детства. Я и в летчики пошел именно для того, чтобы попасть в отряд космонавтов. А потом просто воспользовался выпавшим шансом. Теперь я здесь, в составе международного экипажа. Время бежит, этап подготовки завершился. Так что, главное, повторяю, мечтать и все делать для того, чтобы эту мечту воплотить.

Космический полет – почетная и ответственная миссия, большое испытание и проверка себя. Это захватывающая работа, которую мы с нетерпением ждем.

– Что запланировали для досуга?

– Свободного времени на МКС немного. В основном «на досуге» общаемся с ЦУПом, с семьями, отвечаем на вопросы и наблюдаем за Землей, за космическими объектами. Иногда космонавтам приходится подниматься среди ночи, чтобы отследить какое-то явление или объект – вулкан например.

– Уже знаете, в какой каюте проведете следующие полгода?

– Это мой первый полет, я пока не знаком с каютами в пространстве модуля. Видел свою каюту только на макете. Сейчас в ней живет Антон Шкаплеров. Это вторая плоскость служебного модуля.

Очень жду своей первой встречи со станцией. После подготовки мне кажется, что я ее уже прекрасно знаю и понимаю. Наверное, когда прилечу на место, ощущения будут другие...

– Какие собственные идеи, задумки хотите реализовать в полете?

– Очень хочется самому сделать так называемый таймлапс – съемку орбитального полета – несколько кадров в секунду, которые потом собираются в одно видео. Интенсивной также будет съемка в открытом космосе камерой 360 градусов. Это очень интересно и, главное, полезно для обучения космонавтов, которые еще не побывали в космосе.

Не только чемпионату мира по футболу – 2018 быть в России, но и космическому футболу быть на МКС! Олег Артемьев привез на орбиту мяч. Члены экипажа обещают его надуть и сыграть матч. Однако в условиях МКС это будет непросто: надо оберегать аппаратуру, а в невесомости мяч может полететь куда угодно.

Кстати, возможность смотреть матчи в прямом эфире есть и на орбите.

Эмблема экипажа «Союз МС-09»

Члены экипажа сами думали над своей эмблемой и решили, что в ней должна быть отражена миссия экспедиции. На эмблеме – номер экспедиции, снежные вершины Алтая, космический корабль, имена космонавтов и три белых лебедя, символизирующие трех участников полета.

АНКЕТА КОСМОНАВТА:

блиц-ответы Сергея Прокопьева на вопросы о жизни и о нем самом

Какую книгу сейчас хотели бы прочесть? – Перечитал бы Стругацких.

Жаворонкам почет или любите поспать? – Мне, если честно, жалко времени на сон. Если бы была такая возможность, спал бы не больше пары часов в сутки. К сожалению, организм не обманешь, надо быть всегда в форме, поэтому необходим здоровый крепкий сон, чтобы восстанавливаться. Но я стараюсь поздно ложиться и рано вставать.

Вы хорошо запоминаете стихи? Есть любимое стихотворение? – Неплохо запоминаю. Вот сейчас пришли в голову строки Пушкина: «Друзья мои, прекрасен наш союз! Он, как душа, неразделим и вечен – неколебим, свободен и беспечен, срастался он под сенью дружных муз». Вот так Пушкин 200 лет назад писал про наш «Союз» – сейчас это стихотворение в тему, актуально, как всегда.

Рисовать, читать или лепить – что предпочитаете? – Интересный вопрос. Что бы я сейчас выбрал?.. Люблю читать, иногда люблю порисовать, с сыном люблю полепить. Не скажу, что я большой талант в рисовании и лепке, но читатель точно одаренный.

Лыжи и сноуборд или велосипед и ролики? – Зависит от сезона и настроения. Все могу: и на лыжах летом, если они роликовые.

Любимые цветы, которые нравится дарить? – Пионы.

Любимый иллюминатор – тот, из которого видно все, или тот, из которого виден родной город? – Пока для меня все иллюминаторы интересны. Выберу в процессе полета.

Что пожелаете землянам перед полетом? – Мира на земле, здоровья. А еще – почаще мечтать и смотреть в небо.

© Бурцева Н. Л., 2018

История статьи:
Поступила в редакцию: 10.05.2018
Принята к публикации: 24.05.2018

Модератор: Дмитрюк С. В.
Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:
Бурцева Н. Л. Плазменный кристалл Сергея Прокопьева // Воздушно-космическая сфера. 2018. №2(95). С. 90-95.

УДК 629.78.007 | DOI: 10.30981/2587-7992-2018-95-2-96-107

COSMONAUT SELECTION: EXPERIENCE AND FORECASTS

Boris I. KRYUCHKOV,
Dr. Sci. (Tech), State Organization "Gagarin Research-Test Cosmonaut Training Center", Star City, Moscow Region, Russia,
BKryuchkov@gctc.ru

Maxim M. KHARLAMOV,
State Organization "Gagarin Research-Test Cosmonaut Training Center", Star City, Moscow Region, Russia,
M.Kharlamov@gctc.ru

Andrey A. KURITSYN,
Dr. Sci. (Tech), State Organization "Gagarin Research-Test Cosmonaut Training Center", Star City, Moscow Region, Russia,
A.Kuricyn@gctc.ru

Vitaliy M. USOV,
Dr. Sci. (Med), State Organization "Gagarin Research-Test Cosmonaut Training Center", Star City, Moscow Region, Russia,
V.Usov@gctc.ru

ABSTRACT I THE PAPER ANALYZES THE DEVELOPMENT STAGES OF THE DOMESTIC SYSTEM OF COSMONAUT SELECTION, BEGINNING WITH THE FIRST STEPS IN SELECTING CANDIDATES FOR FLIGHTS TO SPACE. THE COMPARATIVE EVALUATION OF THE RUSSIAN AND FOREIGN TECHNOLOGIES OF SELECTION IS GIVEN. THE MAIN FEATURES OF PUBLIC COMPETITIVE SELECTIONS AS WELL AS THE FEATURES OF SELECTION FOR FLIGHT TO THE MOON AND TO DEEP SPACE ARE CONSIDERED.

Keywords: *cosmonauts, astronauts, selection, candidates for selection, selection system, competitive selection, development stages, requirements for cosmonauts, selection types, prolonged selection, State Space Corporation ROSCOSMOS*

ОТБОР КОСМОНАВТОВ: ОПЫТ И ПРОГНОЗЫ

Борис Иванович КРЮЧКОВ,
доктор технических наук, ФГБУ «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина», Звездный городок, Московская область, Россия,
BKryuchkov@gctc.ru

Максим Михайлович ХАРЛАМОВ,
ФГБУ «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина», Звездный городок, Московская область, Россия,
M.Kharlamov@gctc.ru

Андрей Анатольевич КУРИЦЫН,
доктор технических наук, ФГБУ «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина», Звездный городок, Московская область, Россия,
A.Kuricyn@gctc.ru

Виталий Михайлович УСОВ,
доктор медицинских наук, ФГБУ «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина», Звездный городок, Московская область, Россия,
V.Usov@gctc.ru

АННОТАЦИЯ. В СТАТЬЕ АНАЛИЗИРУЮТСЯ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ОТБОРА КОСМОНАВТОВ НАЧИНАЯ С ПЕРВЫХ ШАГОВ ПО ОТБОРУ ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ ПОЛЕТОВ В КОСМОС. ДАЕТСЯ СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РОССИЙСКОЙ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОТБОРА КОСМОНАВТОВ И АСТРОНАВТОВ. РАССМАТРИВАЮТСЯ ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОТКРЫТЫХ КОНКУРСНЫХ ОТБОРОВ КОСМОНАВТОВ. ОЦЕНИВАЮТСЯ ОСОБЕННОСТИ ОТБОРА КОСМОНАВТОВ ДЛЯ ПОЛЕТОВ НА ЛУНУ И В ДАЛЬНИЙ КОСМОС.

Ключевые слова: *космонавты, астронавты, отбор, претенденты на отбор, система отбора, конкурсный отбор, этапы развития, требования к космонавтам, виды отбора, пролонгированный отбор, госкорпорация «Роскосмос»*

ПЕРВЫЕ ШАГИ ПО ОТБОРУ ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ ПОЛЕТОВ В КОСМОС

Задача отбора людей для полетов в космос встала перед специалистами США и СССР практически одновременно.

Подготовка программы отбора первых астронавтов НАСА «Меркурий» началась в ноябре 1958 года. В декабре того же года президент США дал указание набирать для нее только военных летчиков-испытателей, поскольку они лучше других отвечали предъявляемым требованиям. Кроме соответствия медицинским и психологическим показателям, кандидаты в возрасте от 25 до 40 лет должны были иметь высшее образование, опыт службы в реактивной авиации, налет на самолетах не менее 1500 часов. Обязательной была готовность к опасностям, к работе со сложными техническими комплексами в экстремальной обстановке, к адекватному поведению в случае отказов техники или возникновения аварийных ситуаций.

Отбор астронавтов начался в 1959 году. Первоначально отобрали 508 кандидатов. Из них на первичное медицинское обследование попали лишь 36 человек. Затем четверо претендентов отказались от дальнейшего участия в отборе, оставшиеся 32 прошли предварительное обследование в одной из частных поликлиник и стационарное обследование в медицинском центре ВВС.

В итоге из 508 человек только семеро (1,4%) в возрасте от 32 до 38 лет были признаны годными и составили первый отряд астронавтов НАСА. Датой рождения отряда считается 2 апреля 1959 года. Впоследствии все эти астронавты выполнили космические полеты: М. Карпентер и Д. Слейтон – по одному, Л. Купер, Д. Гленн, В. Гриссом и А. Шепард – по два, У. Ширра – три.

Решение о первом отборе космонавтов в СССР также принималось на самом высоком уровне. В январе 1959 года вышло постановление ЦК КПСС, а в мае постановление Совета Министров СССР о подготовке человека к космическим полетам.

Отбор начался в октябре 1959 года и проходил исключительно в воинских частях истребительной авиации. К нему привлекались военные летчики в возрасте не старше 35 лет, ростом от 165 до 175 см и весом, не превышающим 75 кг. Они должны были иметь хорошую общеобразовательную подготовку, достаточно высокие технические знания и быть всесторонне физически развитыми. Кроме того, предъявлялись требования к морально-волевым качествам кандидатов.

Всего в отборе участвовали 3641 человек. По результатам рассмотрения документов для амбулаторных медицинских обследований и устных тестов было отобрано 347 претендентов. С ними также проводились индивидуальные беседы, после которых от дальнейшего участия в конкурсе отказались 53 человека. Негодными были признаны 74. В итоге для прохождения следующего этапа – стационарного медицинского обследования – осталось 220 летчиков, они проходили его группами по 30–40 человек в течение 15 дней. Положительное экспертно-медицинское заключение было сделано только по 29 летчикам. В первый отряд космонавтов вошло всего 20. Датой создания отряда считается 7 марта 1960 года. К занятиям космонавты приступили уже 14 марта 1960 года.

Из первого набора в космос слетали 12 человек (60%): П. И. Беляев, Ю. А. Гагарин, Г. С .Титов, Е. В. Хрунов, Г. С. Шонин – по одному разу; Б. В. Волынов, В. М. Комаров, А. А. Леонов, А. Г. Николаев, П. Р. Попович – по два; В. Ф. Быковский и В. В. Горбатко выполнили по три космических полета. Ю. А. Гагарин стал первым в мире человеком, совершившим космический полет.

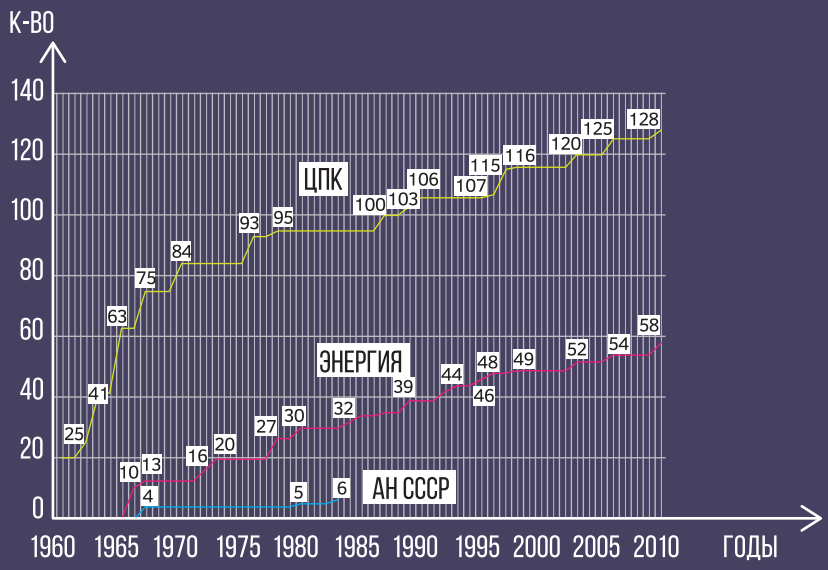
Таким образом, и в СССР, и в США первая процедура набора космонавтов и астронавтов носила конкурсный характер, хотя и в рамках оборонных ведомств. В Союзе на одно место в отряде претендовали 182 летчика-истребителя, в США – 72 летчика-испытателя.

С первых лет подготовки человека к полетам в космос в нашей стране закладывалась соответствующая нормативно-правовая база [1, 6, 9].

УЧАСТИЕ ВЕДОМСТВ И ОРГАНИЗАЦИЙ В ОТБОРЕ КОСМОНАВТОВ

Первоначально для полетов в космос отбирались лишь военные космонавты, которые базировались и готовились в Центре подготовки космонавтов МО СССР. Однако с 1966 года к отбору стали подключаться другие организации и ведомства. Состав кандидатов существенно расширился за счет гражданских специалистов (*рис. 1*), в первую очередь из АН СССР и головной организации – разработчика пилотируемых космических комплексов (ПКК). В целом это можно было бы считать положительным явлением, однако не было создано единого отряда космонавтов. Стали возникать обособленные группы и отряды космонавтов в организациях, проводящих самостоятельную политику отбора и подготовки к полетам. В 1966 году Военно-промышленная комиссия, а в 1967 году ЦК КПСС и СМ СССР приняли решения, узаконивающие этот порядок, что привело к дальнейшему «ветвлению» системы отбора космонавтов.

Рис. 1. Динамика отбора космонавтов ЦПК ВВС, АН СССР и ОКБ-1 (ныне ПАО «РКК "Энергия"»)



Первый открытый конкурсный отбор космонавтов в нашей стране был проведен в 2012 году

Рис. 2. Участие ведомств и организаций в отборе космонавтов

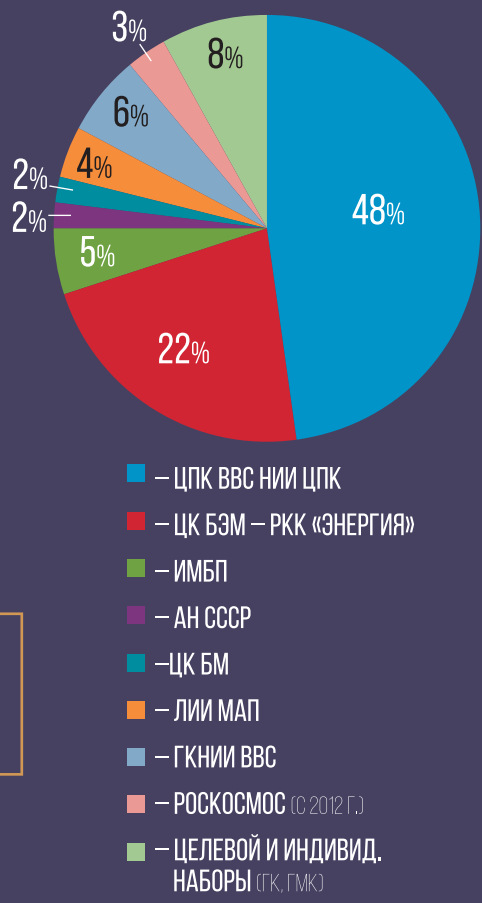
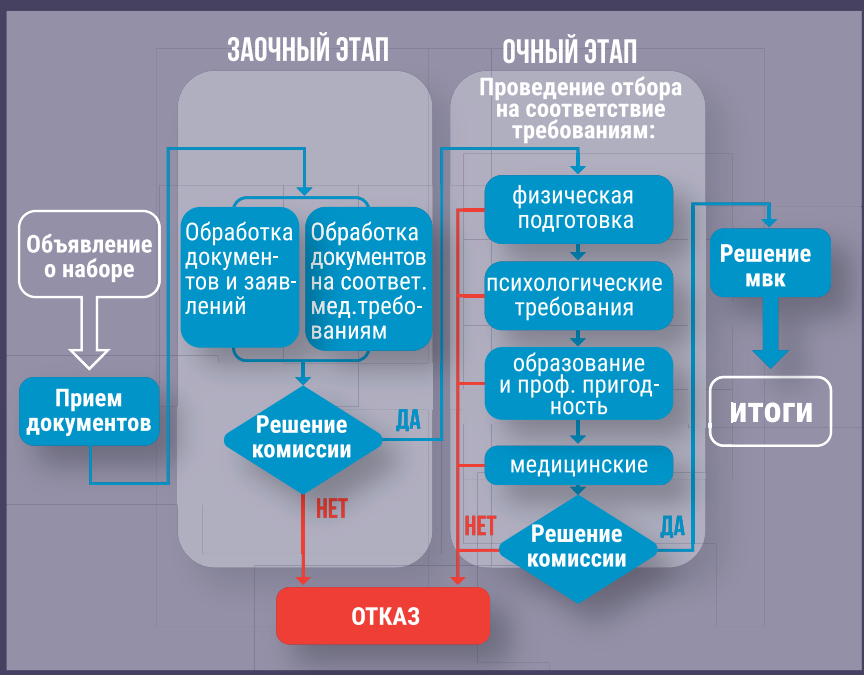


Рис. 3. Типовая блок-схема отбора космонавтов в 2012 и 2017 годах



Медобследование Ю. Гагарина

Первый отряд космонавтов

Общие итоги наборов космонавтов в СССР и РФ за период с 1960 по 2012 год показаны на диаграмме *(рис. 2)*. Из нее виден как состав организаций, имеющих свои отряды и группы космонавтов, так и их долевой вклад в отбор. Более всего космонавтов было отобрано в отряды ЦПК МО СССР и НПО «Энергия» МОМ СССР. Возможность реализации единой политики отбора и подготовки космонавтов была обеспечена лишь после создания Российского космического агентства (РКА «Роскосмос») [2, 3, 4].

ОТКРЫТЫЕ КОНКУРСНЫЕ ОТБОРЫ КОСМОНАВТОВ В РФ

До 2012 года открытых конкурсных отборов в СССР и РФ не проводилось. Единственный открытый конкурс был объявлен в 1989 году на отбор журналистов для участия в космическом полете. Тогда для подготовки в НИИ ЦПК отобрали шесть человек, однако полет ни одного из них не состоялся [1].

Кардинально ситуация с отбором космонавтов улучшилась после выхода Закона о космической деятельности в 1993 году и приказа Роскосмоса от 2010 года «О создании единого отряда космонавтов Федерального космического агентства». Решения о конкретном конкурсном наборе (сроки проведения, количество кандидатов, их квалификация) принимаются Межведомственной комиссией по отбору космонавтов и их назначению в составы экипажей пилотируемых кораблей и станций, руководит которой глава госкорпорации «Роскосмос». Виды отбора, требования к претендентам, содержание процедур, организации – участники отбора определяются соответствующим «Положением...», утверждаемым Роскосмосом.

Первый конкурсный открытый отбор космонавтов в нашей стране был проведен в 2012 году. Второй объявлен и начат в 2017 году и до настоящего времени не завершен. В обоих случаях общий порядок проведения конкурса соответствует типовой схеме, представленной на *рисунке 3*.

Однако некоторые отличия при проведении двух конкурсов все же были. В основном они касались возраста претендентов, требований к образованию и опыту работы. В 2017 году было введено тестирование на технических средствах для проверки операторских качеств *(рис. 4)*.

Обращает на себя внимание небольшое общее число участников отбора: в 2012 году – 304 человека, в 2017 году – 420. Несмотря на то, что в 2017 году претендентов стало на 36,3% больше, этот результат трудно признать вполне удовлетворительным. В работах [2, 3, 4] рассмотрены основные факторы, влияющие на данный показатель – социальные, организационные, управленческие.

В конкурсе 2012 года число представителей авиационно-космической отрасли (АКО) составляло 16,5% от общего числа претендентов. В 2017 году оно достигло 31,2% *(рис. 5)*. Другие показатели – число военных и гражданских претендентов, мужчин и женщин, средний балл успеваемости по окончании вузов и прочее – не различались в обоих конкурсах более чем на 10%.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ОТБОРА КОСМОНАВТОВ

В общем случае характер развития системы отбора космонавтов можно представить как эволюционно-бифуркационный *(рис. 6)*. Тенденции эволюционного развития определялись целым рядом «точек развития», характеризующих конкретные практические шаги, направленные на повышение «зрелости» системы. Перечислим основные из них:

1. Первый в истории отбор космонавтов (1960).
2. Первый отбор женщин (1962).
3. Решение АН СССР об отборе ученых (1965).
4. Утверждение Положения о космонавтах СССР (1981).
5. Создание РКА (отбор – одна из основных уставных задач ведомства, 1993).
6. Утверждение Положения о РГНИИЦПК (головной организации по отбору, 1996).
7. Принятие закона РФ «О космической деятельности» (1993).
8. Приказ двух министров МЗ СССР и МО СССР, вводящий «Положение о медицинском освидетельствовании...» (2001).
9. Приказ Роскосмоса о создании единого отряда космонавтов (2010).
10. Первый отбор на основе открытых конкурсов (2012).

Отметим, что на систему отбора оказывали влияние некоторые события бифуркационного характера (кривые a, b, c, d, e, f), приводящие время от времени к ее неустойчивому состоянию. На *рисунке 6* отмечены две точки бифуркации – B1 и B2. В точке B1 стабильность и единство развития системы нарушались изменениями порядка отбора, появлением отдельных ветвей отбора гражданских и военных космонавтов, созданием параллельной оргштатной структуры по отбору. В точке B2 неустойчивое состояние системы отбора было обусловлено принятыми и реализованными ре-

Рис. 4. Отличия в требованиях к претендентам и процедурам отбора космонавтов в 2012 и в 2017 годах

	2012	2017
Требования к образованию	Высшее образование без ограничения по специальностям	Высшее образование по инженерным или летным специальностям
Требования к возрасту	Предельный возраст **33 года**	Предельный возраст **35 лет**
Опыт работы	По специальности не менее пяти лет и не менее трех лет на одном месте	По специальности не менее трех лет

Новые методические аспекты отбора 2017 года:

– введено тестирование на технических средствах в интересах проверки способностей к операторской деятельности;

– разработано и размещено на сайте НИИ ЦПК "Справочное пособие..." для претендентов к сдаче тестов по образованию и профессиональной пригодности.

В настоящее время за отбор космонавтов в РФ законодательно отвечает госкорпорация «Роскосмос»

Рис. 5. Участие в отборе претендентов из авиационно-космической отрасли

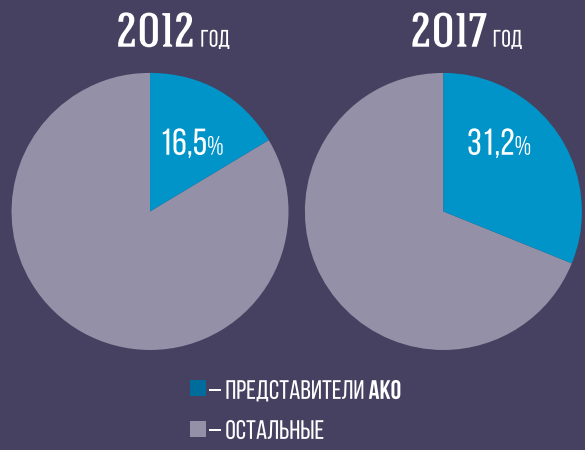


Рис. 6. Эволюционно-бифуркационный характер развития системы отбора космонавтов

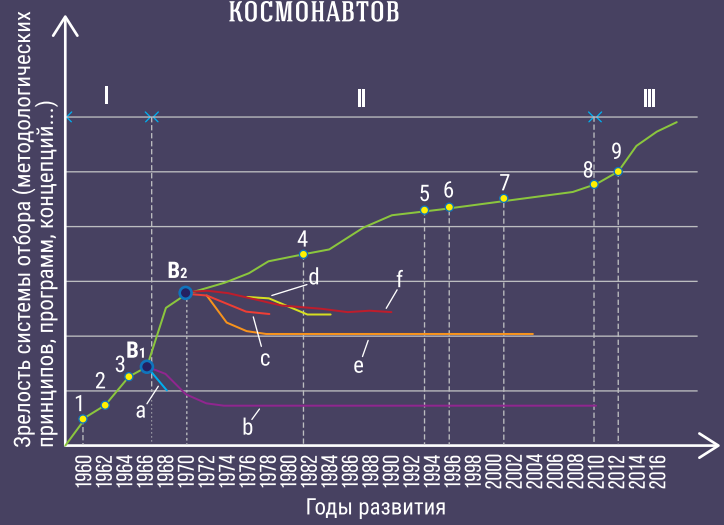


Рис. 7. Структура поэтапного пролонгированного отбора

Отбор космонавтов для зачисления в отряд и прохождения подготовки – лишь первая ступень отбора человека для полетов в космос. На практике мы всегда имеем дело с пролонгированным (продленным) отбором.

шениями по расширению числа организаций, проводящих наборы в свои отряды космонавтов (1970–2003 гг.). С учетом сказанного, I и III этапы развития системы можно считать этапами стабильного состояния, а этап II – этапом метастабильного состояния.

Система отбора космонавтов имеет устойчивые интеграционные связи с системами подготовки космонавтов и обеспечения космических полетов. Тип ПКК и программа полета определяют требования к квалификации космонавтов, а из них вытекают требования к подготовке экипажей и отбору претендентов для формирования последних. При этом отбор космонавтов для зачисления в отряд и прохождения подготовки является лишь первой ступенью отбора человека для полетов в космос. На практике мы всегда имеем дело с пролонгированным (продленным) отбором [9].

Его суть заключается в следующем. От момента зачисления в отряд и до выхода из него космонавт считается действующим (активным). В этот период на фоне подготовки к космическим полетам он многократно проходит различные отборочные процедуры *(рис. 7)*. В основном это медицинские обследования, психологические тестирования, теоретические экзамены на знание космической техники, проверка операторских способностей на тренажерах и умений выполнять исследовательские и испытательные задачи.

Пролонгированный отбор дает возможность более глубоко изучать личность космонавта, что, в свою очередь, позволяет корректировать и прогнозировать его профессиональную подготовку.

Важной характеристикой системы отбора является длительность нахождения отобранных космонавтов в числе действующих. С одной стороны, она позволяет оценить, в какой мере система обеспечивает профессиональное долголетие космонавтов, с другой – от нее зависит частота новых наборов. Представление о ней дает *рисунок 8*. Как видим, время пребывания в отряде более половины космонавтов (54,5%) в статусе действующих составляет от 10 до 25 лет.

В настоящее время за отбор космонавтов в РФ законодательно отвечает госкорпорация «Роскосмос». Ее полномочия в этой сфере определены Федеральным законом от 13.07.2015 № 215 «О Государственной корпорации по космической деятельности "Роскосмос"».

Отобранными в отряд космонавтов могут быть только граждане Российской Федерации и только на основе конкурса. Это условие закреплено в законе «О космической деятельности» (1993 г. № 5663-1 с изменениями от 13.07.2015, ст. 20). Порядок и условия конкурсов в общих чертах определяются Гражданским кодексом Российской Федерации, а основные правила их проведения устанавливает ГК «Роскосмос» конкретно для каждого набора. Основные правила включают: принятые принципы отбора (открытость, добровольность, индивидуальность и др.); состав видов отбора; состав комиссий, осуществляющих отбор; требования к претендентам по видам отбора; последовательность и содержание процедур отбора; общие методические подходы к проведению отбора кандидатов в космонавты [3, 11].

В рамках международного проекта МКС российская система отбора космонавтов и системы отбора партнеров получили необходимое сближение, что обеспечило реализацию общих принципов, регулирующих методы и критерии отбора, назначения, подготовки и сертификации членов экипажей МКС.

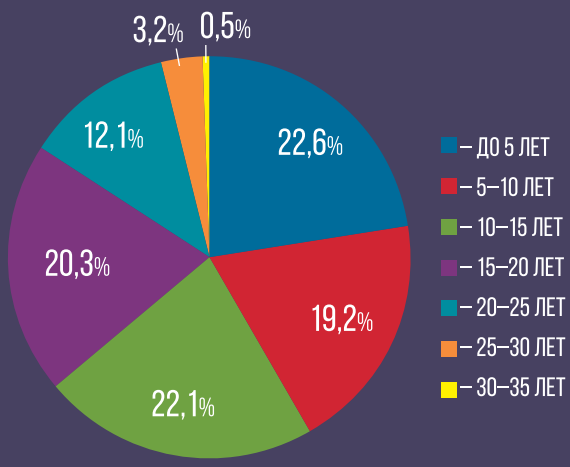
СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ОТБОРА КОСМОНАВТОВ С ЗАРУБЕЖНЫМИ

Современные системы отбора космонавтов в России и за рубежом довольно близки по структуре этапов, их содержанию, видам конкурсов и основным требованиям к претендентам (наличие гражданства страны, высшего технического, медицинского, летного образования и др.). Вместе с тем есть и отличия.

В США большинство конкурсов по отбору астронавтов были открытыми. По военным программам объявляли закрытые конкурсы и проводили индивидуальные наборы. Во всех конкурсах участвовали как военные, так и гражданские специалисты [9]. До 2017 года рекордным был конкурс 1978 года при наборе по программе «Спейс шаттл» – 229 человек на место.

На середину 2017 года в отряде НАСА числилось 43 действующих астронавта, что можно считать избыточным при действующей схеме полетов на МКС на российских «Союзах». Однако с учетом перспективы полетов на новых транспортных кораблях типа Orion, Crew Dragon, CST-100 космическое агентство США в 2017 году провело еще один, 22-й по счету, набор астронавтов [7]. Конкурс составил 1529 человек на место. Было отобрано 12 человек – семь мужчин и пять женщин в возрасте от 29 до 42 (!) лет. Интересно, что семеро имеют два высших образования и пятеро связаны с исследованиями морей и океанов – эта деятельность во многом схожа с работой в космосе, поскольку в обоих случаях человек находится в экстремальной среде обитания. Среди отобранных – один летчик-испытатель, один пилот-исследователь и два ученых. Остальные – летчики и инженеры. Один штурман и один пилот име-

Рис. 8. Относительная длительность нахождения космонавтов в отряде (наборы с 1960 по 2012 гг.)



Космонавты-испытатели
(первый открытый конкурсный отбор 2012 г.)

Рис. 9. Структура и состав факторов и условий, влияющих на профессиональную деятельность космонавтов в окололунном пространстве и на Луне

Факторы и условия на Луне

Факторы положения Луны в космическом пространстве

- Большая удаленность от Земли *(~384 тыс. км)*
- Наличие гравитации *(1/6 земной, g = 1,623 м/с^2)*
- Наличие освещенной и затененной зон (на поверхности и в кратерах)
- Большая длительность лунной ночи *(≈14 земных суток)*
- Температура на поверхности и в кратерах *~ (+120 ÷ –170) ^{0}C*

Геолого-географические факторы

- Сложный рельеф поверхности *(наличие горной местности с большим количеством кратеров со склонами до 40 град. и диаметром от 2 до 300 м; наличие относительно гладких морей; наличие прямых и извилистых борозд)*
- Пыль на поверхности *(средний размер частиц ~70 мкм)*
- Лунные туннели вулканического происхождения
- Слабое магнитное поле *(~ 10^{-4} от вел. земного)*
- Низкая теплопроводность поверхности слоев *(темпераетра грунта на глубине 1 м практически постоянна)*
- Наличие водяного льда *(~ 600 млн тонн)*

Факторы космического пространства

- Радиация при отсутствии магнитосферы Луны *(три источника: солнечная, протоны от солнечных вспышек, галактическое магнитное излучение)*
- Метеориты *(из-за отсутствия атмосферы все метеориты достигают поверхности Луны)*
- Вакуум *(p ~ 15×10^{-13} мм рт. ст)*

Отряд космонавтов 2018 г.

ют специальность врача. Все отобранные кандидаты будут проходить общекосмическую подготовку в Центре Джонсона в течение двух лет, аналогично тому, как ее проходят после отбора российские кандидаты в космонавты. Планируется, что все новые астронавты будут изучать русский язык.

Самостоятельно проводит отбор астронавтов Канадское космическое агентство (ККА). После отбора кандидаты на полеты прикомандировываются к отряду НАСА. К очередному отбору 2016 года отряд ККА состоял из двух человек. В 2017 году к ним добавились еще двое: один – военный летчик-испытатель в возрасте 35 лет, другая – гражданский разработчик космической техники в возрасте 29 лет. Конкурс 2017 года составлял 1886 человек на место.

Отбор астронавтов ККА отличают две особенности. После рассмотрения документов претенденты сдают традиционный экзамен поступающих на государственную службу [8]. Вторая особенность – тестирование на технических средствах (стендах манипулятора «Канадарм-2»), где оценивается обучаемость будущих астронавтов и способность к операторской деятельности. Схожая процедура введена при организации конкурсного отбора в НИИ ЦПК [3]. Соответствие претендентов другим требованиям – антропометрическим, медицинским, психологическим, по физической подготовленности, по образованию – оценивается по методикам, схожим с американскими и российскими.

Отбор в отряд Европейского космического агентства (ЕКА) проводится только на основе открытых конкурсов. Всего было осуществлено четыре набора, а в отряде состояло 28 астронавтов. Первый набор проходил в 1977 году, при этом все отборочные процедуры проводились в США. Начиная со второго набора тестирования, обследования и другие проверки претенденты проходили в Европе. Самый большой конкурс составил более 700 человек на место.

Кроме стандартных требований, касающихся возраста, образования, опыта работы, медицинских и психологических требований, к претендентам предъявлялись и другие: обязательные знания в области физики, химии, биологии, физиологии, способность проводить исследования, наличие операторских качеств. Как видим, принципы, положенные в основу отбора астронавтов ЕКА, очень близки российским.

Единый европейский отряд астронавтов был создан в 1998 году в количестве 16 человек.

В КНР три первых набора космонавтов (тайконавтов) были проведены в 1970–1986 годах [1]. Однако из-за неготовности космической техники к полетам отобранные кандидаты не были востребованы. Эти наборы считаются неофициальными. Первый официальный отбор в Китае состоялся в 1995–1998 годах и был связан с реализацией национальной пилотируемой программы «Шеньчжоу» [5]. Рассматривались кандидатуры 1504 военных летчиков, из которых в отряд отобрали 14 человек. К тайконавтам предъявлялись следующие требования: возраст не старше 35 лет; вес не более 70 кг; рост не более 170 см, налет не менее 600 часов, соответствие установленным критериям образовательного, медицинского и психологического отбора.

В наборе 2009–2010 годов в числе семи космонавтов, включенных в отряд, были две женщины. Все кандидаты были военнослужащими-пилотами.

Характерными чертами отбора тайконавтов являлись требования наличия высшего образования и владения летными навыками, а также проверка состава семьи. В целом требования по отбору были более жесткими, чем в других странах.

Продолжительность каждого отбора в КНР составляла не менее шести месяцев. Участники конкурса делились на группы в зависимости от возраста, состояния здоровья и направлялись на клинические и психологические обследования. Медицинский осмотр включал 100 пунктов, в том числе рассмотрение историй болезней членов семьи на протяжении трех поколений. На втором этапе претенденты проходили тесты на выявление лучших морально-психологических качеств.

В 2017 году в связи с расширением задач по использованию национальных орбитальных станций Китай объявил о включении в число претендентов на отбор гражданских инженеров и ученых.

Пять наборов астронавтов провела Япония: в 1984–1985 годах, в 1991–1992 годах, в 1995–1996 годах, в 1998 году и в 2008–2009 годах. Отобранные к полетам кандидаты выполняли космические миссии в кооперации с США и Россией. В числе особенностей отбора можно отметить повышенное внимание к образовательному статусу претендентов и опыту работы в области научных исследований – требовался стаж практической научной работы не менее трех лет. Проверку уровня физической подготовленности претенденты проходили в Центре Джонсона по методикам НАСА. При отборе 1998 года в дополнение к обычным процедурам на первом этапе были введены письменные экзамены по общеобразовательным дисциплинам, а на втором этапе по этим же дисциплинам проводились устные собеседования.

Как видим, процедуры отбора японских астронавтов по видам отбора, методам оценивания образовательного уровня в значительной мере схожи с российскими. Небольшие отличия не являются существенными.

ОСОБЕННОСТИ ОТБОРА КОСМОНАВТОВ ДЛЯ ПОЛЕТОВ В ОКОЛОЛУННОМ ПРОСТРАНСТВЕ И НА ЛУНУ

Факторы и условия, влияющие на качество профессиональной деятельности космонавтов на Луне, будут существенно отличаться от тех, которые имеются на орбите искусственного спутника Земли, где обычно работают экипажи ПКК. В основном эти факторы и условия определяются положением Луны в космическом пространстве, ее геолого-географическими особенностями, а также характеристиками окололунного космического пространства *(рис. 9)*.

ОСОБЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К КАНДИДАТАМ В КОСМОНАВТЫ В НЕКОТОРЫХ СТРАНАХ

Канада: *сдача традиционного экзамена поступающих на государственную службу*

Европейское космическое агентство: *проверка обязательных знаний в области физики, химии, биологии, а также способности проводить научные исследования*

Китай: *проверка состава семьи, рассмотрение историй болезней членов семьи на протяжении трех поколений*

Япония: *стаж практической научной работы не менее трех лет*

Отобранные космонавты должны быть способны не только длительно переносить специфические лунные условия, но и эффективно выполнять сложную творческую и операторскую деятельность. Главной чертой этой деятельности будет ее автономность на большом расстоянии от Земли без возможности экстренной поддержки в случае возникновения аварийных ситуаций. Экипажи лунных экспедиций должны уметь самостоятельно принимать решения по ликвидации нештатных ситуаций, оказывать медицинскую помощь друг другу, быть готовы, при необходимости, к экстренной эвакуации на Землю. Но и этого недостаточно.

Космонавты, участвующие в полетах в окололунном космическом пространстве и на Луну, должны обладать целым рядом так называемых профессионально важных качеств (ПВК). По сути, ПВК – это совокупность характеристик, свойств и компетенций, необходимых космонавту для выполнения профессиональной деятельности. К основным таким качествам можно отнести следующие [3, 9, 10]:

- функциональные (способность к автономной деятельности, выполнению операторских и научных задач на больших расстояниях от Земли, вне зон (или ограничениях) радиовидимости, на сложных траекториях полета, в точках либрации, на Луне и орбитах Луны; опыт самостоятельной работы со сложными техническими комплексами);
- психофизиологические (самообладание, выдержка, эмоциональная уравновешенность в условиях длительной работы на большом удалении от Земли и при воздействии экстремальных факторов; выносливость при большом объеме работ в открытом космосе, на Луне при гравитации 1/6 g и сложном рельефе поверхности; устойчивость (переключаемость) и др.);
- физические (выносливость, быстрота, гибкость, способность к формированию прикладных двигательных навыков в скафандрах; сила мышечных групп ног и рук);
- медико-физиологические (адаптация организма к труду в экстремальных условиях, уровень физической работоспособности, биомеханические возможности человека к длительному поддержанию позы стоя при минимальном утомлении соответствующих мышечных групп);
- образовательно-культурологические (знание физических и геолого-географических характеристик и свойств Луны, свойств окололунного пространства, историко-технических аспектов освоения Луны космическими средствами);
- интеллектуальные (умение понимать и оценивать научную информацию, понимать технологии виртуальной реальности; быть знакомым с технологиями робототехники; практическая направленность интеллекта);
- личностные (способность длительно работать в экипаже в автономных условиях; умение организовать и выполнять коллективную деятельность; степень тревожности в условиях нерасчетных ситуаций).

Профессиональные требования к отбираемым кандидатам будут формулироваться с учетом выбранных ПВК, конкретных данных по лунным космическим комплексам, задач исследований на Луне, новых научных данных по влиянию на человека опасных факторов окололунного пространства и среды обитания на Луне (радиация, микрометеориты, лунная пыль, гипомагнитная среда и др.), новой информации, получаемой по результатам полетов беспилотных (автоматических) космических аппаратов.

ВЫВОДЫ

1. Системы отбора космонавтов и астронавтов в СССР (РФ) и США формировались в течение почти 60 лет. В других странах и космических агентствах (КНР, Канада, ЕКА, Япония) технологии отбора в основном строились на базе концепций, принципов и методов, созданных в СССР (РФ) и США.

Основное отличие принципов и технологий отбора космонавтов и астронавтов на разных этапах развития пилотируемой космонавтики определялось характером и масштабами проводимых конкурсов (ведомственные, межведомственные, открытые).

2. К настоящему времени в РФ сформирована единая политика отбора космонавтов, которая обеспечивается:

- законодательной ответственностью ГК «Роскосмос» за отбор космонавтов;
- наличием единого отряда космонавтов Роскосмоса;
- открытостью конкурсных отборов;
- единством комиссий, проводящих отбор;
- единым порядком (правилами, требованиями) отбора для всех категорий претендентов и общностью процедур отбора.

3. Созданная система конкурсных отборов космонавтов может быть использована для обеспечения перспективных пилотируемых полетов в окололунном пространстве, на Луну и в дальний космос. По мнению авторов, кардинальной перестройки системы отбора не потребуется. В то же время должна быть осуществлена ее адаптация к новым космическим программам и условиям автономной деятельности космонавтов, находящихся на большом удалении от Земли.

Литература

1. **Афанасьев И.Б., Батурин Ю.М., Белозерский А.Г.** и др. Мировая пилотируемая космонавтика. История. Техника. Люди / Под ред. Ю.М. Батурина. М.: РТСофрт, 2005. 732 с.
2. **Крикалёв С.К., Крючков Б.И., Харламов М.М., Котов О.В., Волков С.А., Борисенко А.И., Почуев В.И., Матвеев В.П., Войтулевич Л.В., Рень В.А., Сохин И.Г., Корешев И.В., Рюмин О.О., Самарцев В.Ю., Назин В.Г., Троицкий С.С.** Открытый конкурс по отбору кандидатов в космонавты в РФ // Пилотируемые полеты в космос. 2014. № 1(10). С. 29-40.
3. **Власов П.Н., Курицын А.А., Крючков Б.И., Харламов М.М.** Отбор в отряд космонавтов Роскосмоса 2017-2018 гг. Гагаринский сборник: материалы XLV Общественно-научных чтений, посвященных памяти Ю.А.Гагарина. Гагарин: БФ Мемориального музея Ю. А. Гагарина, 2018 (в печати).
4. **Курицын А.А., Крючков Б.И., Маленченко Ю.И.** Исторические аспекты развития системы отбора космонавтов. ИИЕТ имени С.И.Вавилова РАН. Годичная научная конференция (2018). М.: Янус-К, 2018 (в печати).
5. **Чэнчжи Ли.** Развитие китайских космических технологий / Под ред. Бао Хан Ихуа, Ю.М. Батурина и др. СПб.: Нестор–История, 2013. 236 с.
6. История развития отечественной пилотируемой космонавтики / Под ред. Бармина И.В. М.: Издательский дом «Столичная энциклопедия», 2015. 752 с.
7. **Лисов И.А.** 22-й набор астронавтов США // Новости космонавтики. 2017. № 08(415). С. 23-25.
8. **Рыжков Е.** Четвертый набор астронавтов Канады // Новости космонавтики. 2017. № 09(416). С. 31.
9. Профессиональный отбор космонавтов / Под общ. ред. Крючкова Б.И., Харламова М.М. РГНИИ ЦПК имени Ю.А.Гагарина. 2009. 210 с.
10. **Крючков Б.И., Усов В.М., Ярополов В.И., Сосюрка Ю.Б., Троицкий С.С., Долгов П.П.** Об особенностях профессиональной деятельности космонавтов при осуществлении лунных миссий // Пилотируемые полеты в космос. 2016. №2(19). С. 35-57.
11. Отбор кандидатов в космонавты 2017 года [Электронный ресурс] // ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А.Гагарина». URL: http://www.gctc.ru/main.php?id=3736 (Дата обращения: 20.04.2018).

References

1. **Afanas'ev I.B., Baturin Yu.M., Belozerskiy A.G.** i dr. Mirovaya pilotiruemaya kosmonavtika. Istoriya. Tekhnika. Lyudi. Ed. Yu.M. Baturin. Moscow: RTSofrt, 2005, 732 p.
2. **Krikalev S.K., Kryuchkov B.I., Kharlamov M.M., Kotov O.V., Volkov S.A., Borisenko A.I., Pochuev V.I., Matveev V.P., Voytulevich L.V., Ren' V.A., Sokhin I.G., Koreshev I.V., Ryumin O.O., Samartsev V.Yu., Nazin V.G., Troitskiy S.S.** Otkrytyy konkurs po otboru kandidatov v kosmonavty v RF. Pilotiruemye polety v kosmos, 2014, No 1(10), pp. 29-40.
3. **Vlasov P.N., Kuritsyn A.A., Kryuchkov B.I., Kharlamov M.M.** Otbor v otryad kosmonavtov Roskosmosa 2017-2018 gg., in Gagarinskiy sbornik: materialy 45th Obshchestvenno-nauchnykh chteniy, posvyashchennykh pamyati Yu.A.Gagarina. Gagarin: BF Memorial'nogo muzeya Yu. A. Gagarina, 2018 (v pechati).
4. **Kuritsyn A.A., Kryuchkov B.I., Malenchenko Yu.I.** Istoricheskie aspekty razvitiya Sistemy otbora kosmonavtov. IIET im. S.I.Vavilova RAN. Godichnaya nauchnaya konferentsiya (2018). Moscow: Yanus-K, 2018 (v pechati).
5. **Chenchzhi Li.** Razvitie kitayskikh kosmicheskikh tekhnologiy. Eds. Bao Khan Ikhua, Yu.M. Baturin. St.Petersburg: Nestor–Istoriya, 2013. 236 p.
6. Istoriya razvitiya otechestvennoy pilotiruemoy kosmonavtiki. Ed. Barmin I.V. Moscow: Stolichnaya Entsiklopediya Publ., 2015. 752 p.
7. **Lisov I.A.** 22th nabor astronavtov SShA. Novosti kosmonavtiki, 2017, No 8(415), pp. 23-25.
8. **Ryzhkov E.** Chetvertyy nabor astronavtov Kanady. Novosti kosmonavtiki, 2017, No 9(416), pp. 31.
9. Professional'nyy otbor kosmonavtov. Eds. Kryuchkov B.I., Kharlamov M.M. Gagarin Research & Test Cosmonaut Training Center, 2009. 210 p.
10. **Kryuchkov B.I., Usov V.M., Yaropolov V.I., Sosyurka Yu.B., Troitskiy S.S., Dolgov P.P.** Ob osobennostyakh professional'noy deyatel'nosti kosmonavtov pri osushchestvlenii lunnykh missiy. Pilotiruemye polety v kosmos, 2016, No 2(19), pp. 35-57.
11. Otbor kandidatov v kosmonavty 2017 goda. FGBU «Gagarin Research & Test Cosmonaut Training Center». Available at: http://www.gctc.ru/main.php?id=3736 (Retrieval date: 20.04.2018).

© Крючков Б. И., Харламов М. М, Курицын А. А., Усов В. М., 2018

История статьи:
Поступила в редакцию: 10.05.2018
Принята к публикации: 24.05.2018

Модератор: Клименко А. Н.
Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:
Крючков Б. И., Харламов М. М, Курицын А. А., Усов В. М. Отбор космонавтов: опыт и прогнозы // Воздушно-космическая сфера. 2018. №2(95). С. 96-107.

УДК 629.78 | DOI: 10.30981/2587-7992-2018-95-2-107-117

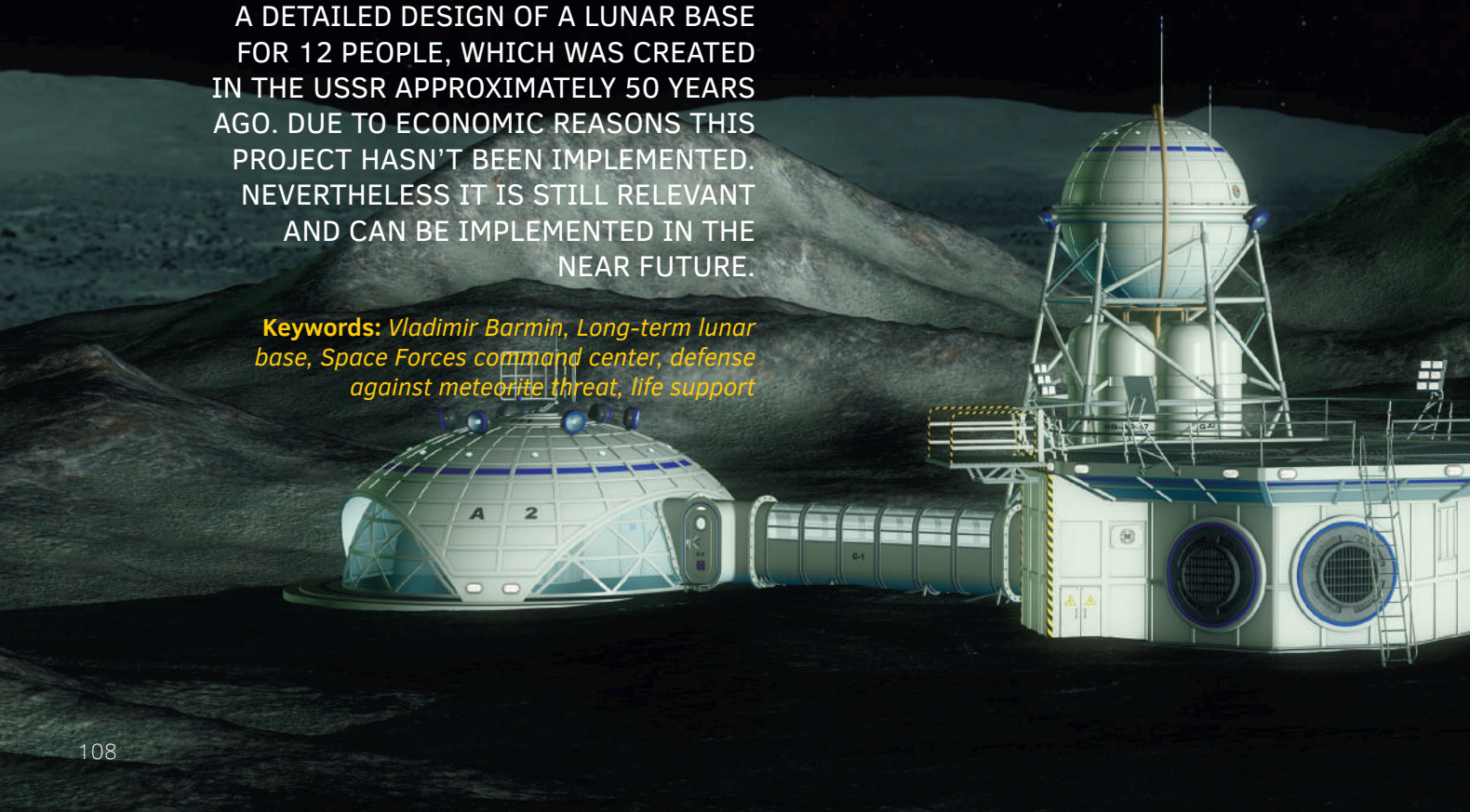
LUNAR BASE «BARMINGRAD»

A PROJECT AHEAD OF ITS TIME

Alexander I. MERZHANOV,
ASJ writer,
merzhanov@mail.ru

ABSTRACT I THE ARTICLE DEALS WITH A DETAILED DESIGN OF A LUNAR BASE FOR 12 PEOPLE, WHICH WAS CREATED IN THE USSR APPROXIMATELY 50 YEARS AGO. DUE TO ECONOMIC REASONS THIS PROJECT HASN'T BEEN IMPLEMENTED. NEVERTHELESS IT IS STILL RELEVANT AND CAN BE IMPLEMENTED IN THE NEAR FUTURE.

Keywords: *Vladimir Barmin, Long-term lunar base, Space Forces command center, defense against meteorite threat, life support*



ЛУННАЯ БАЗА «БАРМИНГРАД»

ПРОЕКТ, ОПЕРЕДИВШИЙ ВРЕМЯ

Александр Игоревич МЕРЖАНОВ,
сотрудник журнала ВКС,
merzhanov@mail.ru

АННОТАЦИЯ I В СТАТЬЕ ИДЕТ РЕЧЬ О ДЕТАЛЬНО ПРОСЧИТАННОМ ПРОЕКТЕ ЛУННОЙ БАЗЫ НА 12 ЧЕЛОВЕК, КОТОРЫЙ БЫЛ РАЗРАБОТАН В СССР ОКОЛО 50 ЛЕТ НАЗАД. ЭТОТ ПРОЕКТ НЕ БЫЛ РЕАЛИЗОВАН ПО ЭКОНОМИЧЕСКИМ ПРИЧИНАМ, НО НЕ УСТАРЕЛ И ВПОЛНЕ МОЖЕТ БЫТЬ ОСУЩЕСТВЛЕН В НЕДАЛЕКОМ БУДУЩЕМ.

Ключевые слова: *Владимир Бармин, долговременная лунная база, командный центр космических войск, защита от метеоритной угрозы, жизнеобеспечение*

Макет модуля основного сооружения ДЛБ

А. В. Егоров показывает схему окончательного проекта ДЛБ

НАЧАЛО ПРОЕКТА

Еще в самом начале 1960-х Сергей Королёв наметил основные этапы освоения нашего ночного светила, главными из которых были пилотируемый облет и высадка космонавта. Однако мечтал он о другом...

– У Королёва с детства была мечта о полетах на Марс, – рассказывает ветеран космической отрасли, начальник отделения космических технологий НИИСК Александр Егоров. – В 1960-м Сергей Павлович наконец выбил постановление ЦК и Совета Министров, где ставилась задача о полетах к ближайшим планетам Солнечной системы. Но первоочередным направлением в том постановлении была Луна.

Александр Викторович Егоров начал работу в ГСКБ «Спецмаш», которым руководил В. П. Бармин, в 1963-м, после окончания МВТУ имени Баумана, где сам Бармин читал лекции по проектированию наземных стартовых комплексов. Этим Егоров и собирался заниматься, и даже предположить не мог, что именно его Бармин назначит одним из ведущих конструкторов советской лунной базы.

– Эта история, по сути, началась еще в 1945-м, когда в Германию для изучения немецкой ракетной техники была направлена большая группа специалистов. Теперь их фамилии у всех на слуху – Глушко, Кузнецов, Пилюгин, Бармин и другие, – продолжает наш собеседник. – Но именно тогда у них стала складываться будущая специализация: Королёв делает саму ракету, Глушко – двигатели, наш будущий руководитель Владимир Павлович Бармин – стартовые комплексы... А после выхода постановления 1960-го года Королёв обратился к Бармину: мол, ты же отправляешь ракеты, вот ты и прими – там, на Луне. Сделай базу, чтобы космонавты могли прилететь и работать.

ПОЕЗД ИЗ АНТАРКТИДЫ НА ЛУНУ

Первый план создания лунной базы предполагал использовать в качестве укрытия естественные пещеры в горных местностях Луны. Но от него быстро отказались: на одни только поиски подходящего «помещения», его герметизацию и обустройство могли уйти годы. Решили использовать принципы строительства антарктических станций. Пригодился уникальный опыт создания человеческих колоний в условиях, максимально враждебных жизни.

На Луне в отличие от Антарктиды нет ветра. В остальном ледяной материк – курорт по сравнению с Луной. На естественном спутнике Земли в ночное время в два раза холоднее, чем зимой в Антарктиде. И это только на лунной равнине температура опускается до минус 153 градусов, а в кратерах еще на 100 градусов ниже. Между лунной ночью длиной тринадцать с половиной земных суток и лунным днем огромный перепад температур. Днем те же цифровые показатели, что и ночью, только со знаком плюс.

И все же опыт освоения Антарктиды помог. По аналогии с полярным санно-тракторным поездом был разработан «лунный поезд»,

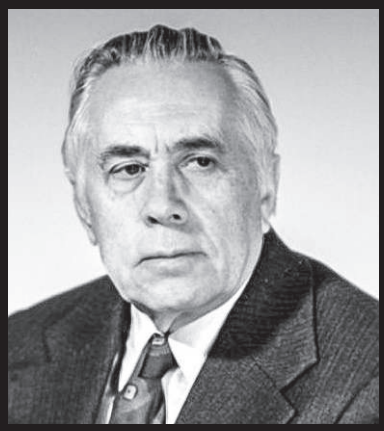
в котором должны были жить строители базы. Поезд состоял из тяжелого лунохода, к которому последовательно цеплялись жилой вагончик, изотопная энергоустановка мощностью 10 кВт и прицеп с буровой установкой и подъемным краном.

– Несмотря на аналогию с санно-тракторным поездом, никаких саней быть не могло, как и тракторных гусениц, – объясняет Александр Егоров, – поскольку на Луне сила тяжести в шесть раз меньше земной. Ход может быть только колесный, причем все колеса – ведущие. Каждое должно иметь свой электромотор и быть отдельно управляемым – это обеспечивает хорошую сцепку с грунтом. Поворот, как у танка: притормаживает один борт.

СКАНЕР ДЛЯ ПРЕОДОЛЕНИЯ ЛУННЫХ ПРЕПЯТСТВИЙ

Согласно планам Королёва и Бармина, во время орбитального облета Луны можно было сделать первую прикидку возможных мест расположения будущей базы. После этого автоматические аппараты должны были доставить на Землю образцы грунта. И лишь затем для строительства базы к Луне отправлялся первый автоматический корабль.

– Сначала отправляли тяжелый луноход, – продолжает Александр Викторович. – Поскольку он прилетал на Луну без космонавтов и должен был там их дожидаться, ему предстояло двигаться самостоятельно. В Ленинградском институте авиационного приборостроения разработали интересную систему – придумали сканер для фиксации препятствий, который крепился к луноходу спереди вверху. При возникновении препятствия сканер производил анализ: если оно преодолимое – машина продолжает идти прямо, если нет – принимается решение, с какой стороны его лучше обойти. Затем луноход автоматически возвращался на заданный курс – к месту посадки корабля с космонавтами, которые не могли сразу сесть в оптимальную для развертывания лунной базы точку, а садились там, где удобно спускаемому аппарату. Поэтому, как мы думали, с такого лунохода и должно начаться строительство базы. Впереди к машине крепился бульдозерный нож, чтобы ровнять выбранную площадку, после чего следовала установка направляющих, на которые лягут три первых модуля.



Владимир Павлович БАРМИН

(1909 – 1993)

Один из основоположников советской космонавтики.

Закончил Московский механико-машиностроительный институт (в будущем МВТУ имени Н. Э. Баумана).

С 1940 года – главный конструктор завода «Компрессор», который через несколько дней после начала Великой Отечественной войны начал производство реактивных снарядов и пусковых установок БМ-8, БМ-13 («катюши»).

После войны возглавил ГСКБ «Спецмаш» – предприятие по созданию стартового, подъемно-транспортного, заправочного и вспомогательного наземного оборудования ракетных комплексов.

Входил в состав созданного С. П. Королёвым Совета главных конструкторов.

С 1947 года руководил разработкой и созданием стартовых комплексов для ракет конструкции Королёва: Р-1, Р-2, Р-11, Р-5, Р-5 М (первой стратегической ракеты с ядерным боезарядом).

В 1957 году под его руководством завершены работы над стартовым комплексом первой в мире межконтинентальной баллистической ракеты Р-7, которая вывела на орбиту Земли первый искусственный спутник Земли и первого космонавта Юрия Гагарина.

Участвовал в создании шахтных комплексов для боевых ракет Р-12, Р-14, Р-9 А, УР-100.

Руководил созданием автоматических грунтозаборных устройств для исследования Луны и Венеры.

Руководил разработкой и созданием стартовых комплексов для РН «Протон» и многоразовой ракетно-космической системы «Энергия» – «Буран».

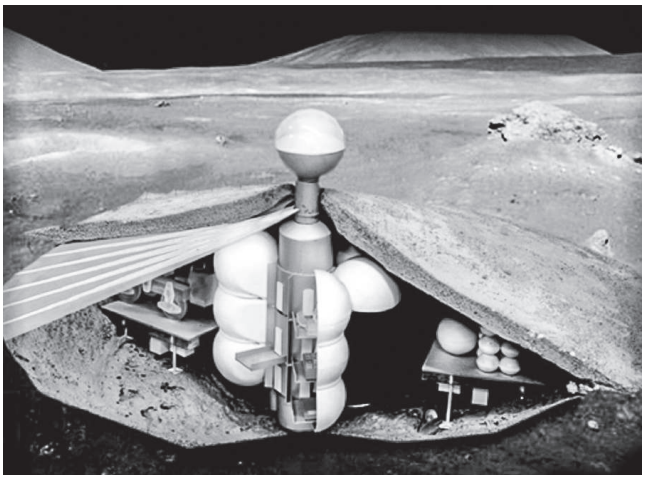
Основатель и первый заведующий кафедрой «Стартовые ракетные комплексы» МГТУ имени Н. Э. Баумана.

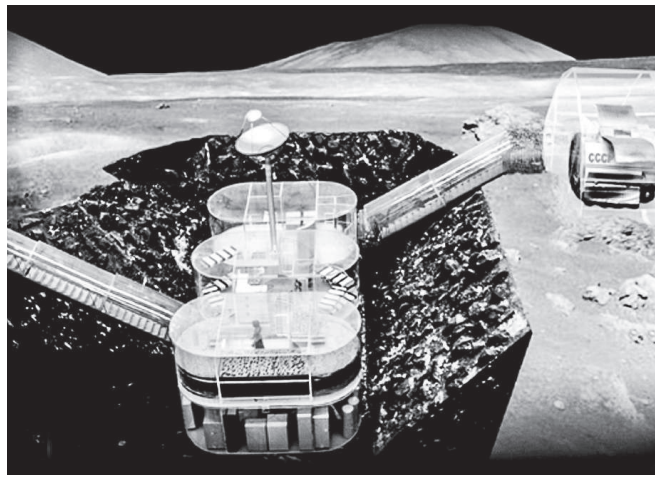
Доктор технических наук (1959 г.).

Академик АН СССР (1966 г., с 1991 г. – академик РАН).

Герой Социалистического Труда (1956 г.). Лауреат Ленинской премии (1957 г.). Четырехкратный лауреат Государственной премии СССР (1943, 1967, 1977, 1985 гг.). Награжден шестью орденами Ленина, орденами Октябрьской Революции, орденом Кутузова I степени, двумя орденами Трудового Красного Знамени и медалями.

Похоронен на Новодевичьем кладбище в Москве.





Два самых первых рабочих «подгрунтовых» проекта ДЛБ, от которых отказались

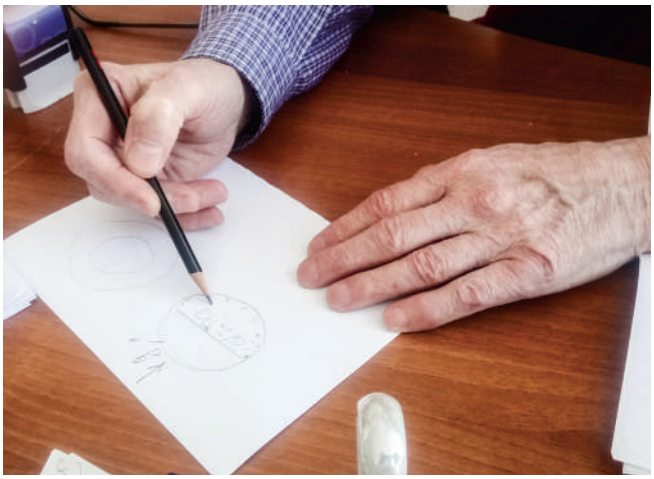
ДОЛГОВРЕМЕННАЯ ЛУННАЯ БАЗА В ДЕТАЛЯХ

Станция строилась в три этапа. Соответственно, рос экипаж. На каждом этапе устанавливалось по три модуля. На первом – технологический, медицинский (служил одновременно и спортзалом) и жилой для четырех человек. На втором этапе появлялся командный пункт и кают-компания, а также дополнительный жилой модуль, позволявший увеличить экипаж еще на четыре человека. На завершающем этапе происходила пристыковка двух научных лабораторий и еще одного жилого модуля, также рассчитанного на четырех космонавтов. Полностью смонтированная база из девяти модулей напоминала сверху косую восьмерку. Численность постоянного экипажа – 12 человек.

– И «лунный поезд», и корабли с космонавтами, и элементы конструкции самой базы предполагалось доставлять с помощью сверхтяжелой ракеты-носителя Н-1, которая примерно в это время должна была уже начать испытания, – рассказывает Александр Викторович. – Ее грузоподъемность позволяла одним стартом «забросить» на Луну сразу три модуля. Вес каждого – около восьми тонн, диаметр в сжатом состоянии – около четырех метров. При разворачивании базы внутрь модуля подавалось давление, и он вытягивался до восьми метров. Этот принцип мы «подсмотрели» у Леонова, когда он выходил в космос: его шлюз разворачивался, как гармошка. Было у нас и другое интересное решение – у одного модуля могло быть несколько функциональных назначений. Достигалось это за счет «двойного» корпуса – внутренний поворачивался вокруг оси. В одном положении получаем кают-компанию, где столы, кресла и прочее. Повернули на 120 градусов – и вот уже физкультурный зал с тренажерами. Еще поворот – еще что-то. Конечно, не каждый модуль был таким, только один – «общественный». Внутри сооружений мы создали очень комфортные условия, как на Земле. Это ведь очень важно – вахта на Луне предполагалась примерно на полгода. И до Земли далековато – в случае чего, домой, как с земной орбиты, не улетишь...

Именно в это время в Институте медико-биологических проблем проводился эксперимент по психологической совместимости космических экипажей. Трое добровольцев – врач и командир экипажа Герман Мановцев, техник Борис Улыбышев, биолог Андрей Божко – провели 366 дней в изоляции, в аналоге жилого отсека межпланетного корабля: душном и тесном помещении 3×4 метра. В такой обстановке сохранить нормальные человеческие отношения оказалось очень сложным. Со временем «земных космонавтов» стала раздражать даже манера соседей говорить или есть. Приступ ярости мог спровоцировать простой взгляд. Участники ссорились по пустякам.

– Ситуацию усугублял металлический корпус, который вибрировал от вечно гудящих вентиляторов, – объясняет наш собеседник, – у «космонавтов» не только нервы не выдерживали – начали разрушаться зубы! Даже шахматы вместо разгрузки стали камнем преткновения: когда техник Улыбышев стал бить командира Мановцева по голове шахматной доской, пришлось принимать срочные меры. Шахматы отобрали, но присоединили модуль-оранжерею, и это оказалось очень благоприятным фактором. В оранжерее можно было придти в себя – у каждого участника появились любимые растения.



Спустя полвека. Схема одного из модулей ДЛБ по памяти

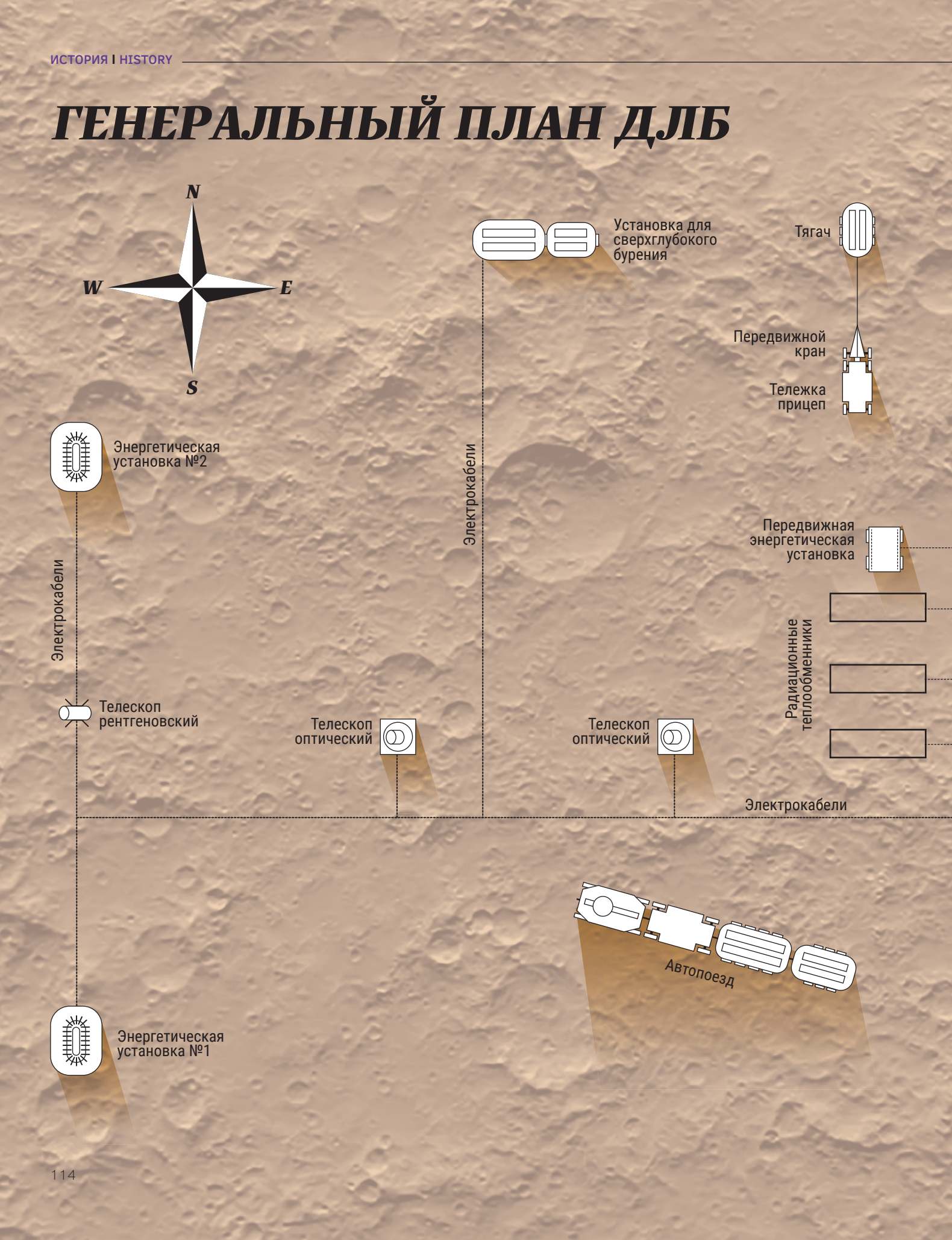
В создании архитектуры лунных баз принимали участие многие специалисты, а также студенты Московского архитектурного института. В здании на Бережковской набережной был сделан полноразмерный макет модуля, и космонавтам он очень понравился.

– Там все было выполнено оригинально, – продолжает Александр Егоров. – Например, поворачиваешь штырь, и перед тобой последовательно три позиции: умывальник, душ, туалет. Кстати, то, что уходило в туалет, естественно, никуда не выбрасывалось – все «возвращалось» после регенерации, которую обеспечивала особая водоросль хлорелла. Эта водоросль поглощает то, что человек выделяет, а выделяет то, что он поглощает. С системой жизнеобеспечения нам было проще, мы работали не с нуля: к тому времени уже подолгу летали корабли, создавались долговременные орбитальные станции. И на самой базе, и даже в тяжелом луноходе была регенеративная система жизнеобеспечения. Углекислый газ регенерировался в кислород, очищалась вода. А воду можно разлагать на кислород и водород: кислород пополнял запасы для дыхания, водород использовался в качестве топлива.

Где брать энергию для базы – такого вопроса тоже не возникало. Солнечные батареи не годились категорически. Во-первых, чтобы обеспечить необходимую мощность, они должны были быть поистине чудовищных размеров. А это, в свою очередь, сделало бы их абсолютно беззащитными перед метеоритами и пылью. Энергоустановка могла быть только ядерной, реактор же предполагалось защитить, закопав его в грунт. Вообще, вопрос безопасности, в том числе метеоритной, стоял на первом месте.

– Бармин, в отличие от Глушко и Королёва, к счастью, избежал репрессий, – рассказывает Александр Егоров. – Помню, он сам рассказывал мне, когда только сделали эскизный проект Р-7, министр вооружения СССР Устинов повел всех к Берии. Лаврентий Павлович курировал оборонную промышленность. Заходят в кабинет, Королёв начинает доклад. После слов, что его ракета долетит до Испании, Берия встрепенулся и спрашивает у Устинова: «Не врет?» «Нет, все проверено, долетит», – был ответ министра. «Мужики, так у вас тут, оказывается, серьезное дело! А я анкетки посмотрел – народ-то... в основном "порченый"! Договоримся так. Выйдете из кабинета – у меня там порученец сидит. Возьмете у него номер телефона. В течение трех дней каждый должен будет по нему позвонить и назвать фамилию полноценного – повторяю, полноценного! – заместителя. А то мало ли... А дело серьезное и должно продолжаться!» Бармин с коллегами вышли из кабинета, а тот самый порученец и говорит: «Повезло вам – у Лаврентия Павловича сегодня изумительное настроение!»

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН ДЛБ

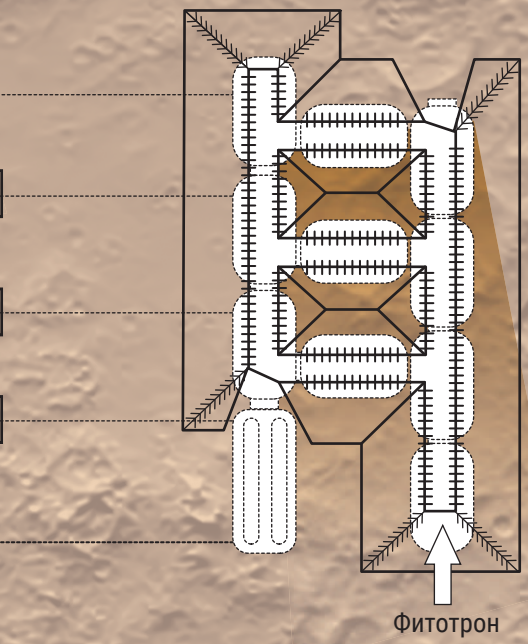


ЛУННЫЙ КОСМОДРОМ

1600 м (до центра)

Кислорододобывающая установка

КОМПЛЕКС ОСНОВНОГО СООРУЖЕНИЯ



Фитотрон

СОСТАВ ДЛБ

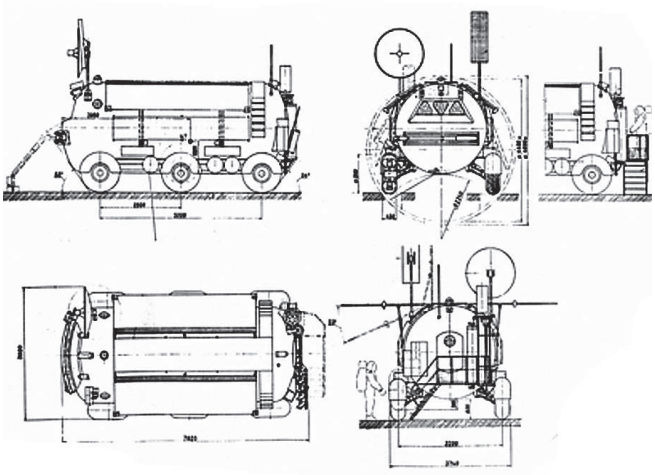
- **Комплекс основного сооружения**
- **Сооружения научно-технического комплекса:**

– обсерватории
– геофизическая станция с установкой сверхглубокого бурения

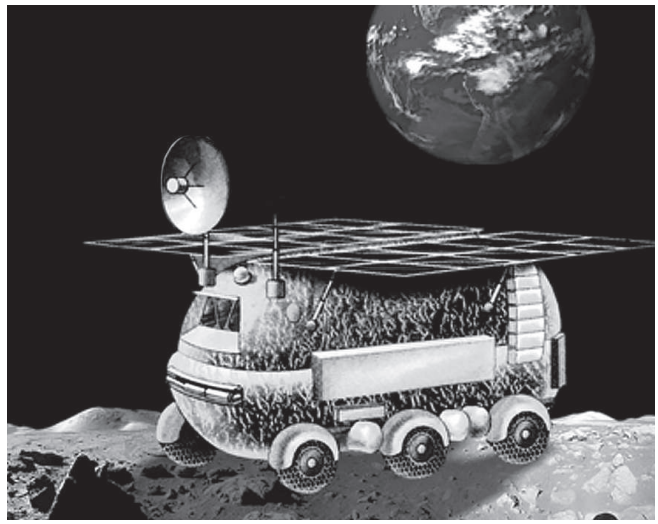
- **Энергетические установки**
- **Кислорододобывающая установка**
- **Лунный космодром**
- **Транспортные средства**

Официально работы над ДЛБ были прекращены в 1974 году, но проекты такого масштаба бесследно не исчезают.

– Руководитель Института геохимии и аналитической химии (ГЕОХИ) академик Виноградов говорил Бармину, что перед ними стоит задача определить прошлое Луны, – рассказывает Александр Викторович. – Для этого хорошо бы «забуриться» в нее метра на три, но керн надо взять без «перемешивания» – чтобы каждый сантиметр слоя остался на своем месте. А наши умельцы как раз занимались этим в рамках поиска места для ДЛБ и придумали (даже запатентовали) устройство вроде «чулка». Бур углублялся в грунт, керн входил во внутреннюю полость инструмента, а этим «чулком» его подтягивали. «Чулок» выдергивался и выстреливался в возвращаемый аппарат станции «Луна-24», которую делало КБ Лавочкина. Станция была запущена в 1976-м, а ее возвращаемый аппарат, стартовавший с Луны – для меня это было фантастикой, – приземлился на территории Советского Союза. Доставленный им грунт до сих пор хранится в ГЕОХИ. Это было «послесловием» нашей лунной базы – она придала ускорения всем этим исследованиям. В итоге дошли до грунтозаборного устройства на Венере! Естественно, оттуда на Землю ничего не доставляли – все химические анализы делала сама станция. Работа оказалась очень серьезной: атмосфера Венеры состоит из углекислого газа, а температура на ней 300–400 °С – там даже нержавейка делалась черной. Вот так потихоньку мы и переориентировались на космическое материаловедение – выращивание кристаллов, получение сплавов, – чем я и сегодня занимаюсь.



Проект тяжелого лунохода



– У нас был принцип: каждый модуль должен иметь выход наружу на случай аварии, – рассказывает Александр Викторович. – В каждом из них были скафандры, при разгерметизации специальная система несколько минут могла поддерживать давление. А чтобы не допустить разгерметизацию, стенки модулей делались по принципу сэндвича: сначала тонкий слой, затем теплоизоляция и в самом низу – основной прочный герметичный корпус. Когда метеорная частица со сверхвысокой скоростью врезается в первый слой, она хоть и повреждает его, но и сама взрывается. Образовавшиеся при этом осколки увязают в теплозащите, а основной корпус остается неповрежденным. При этом для лучшей защиты (и ударной, и тепловой, и радиационной) всю базу еще засыпали реголитом – лунным грунтом. Американские астронавты говорили, кстати, что он напоминает мокрый морской песок.

КОМАНДНЫЙ ПУНКТ КОСМИЧЕСКИХ ВОЙСК НА ЛУНЕ

В документах ГСКБ «Спецмаш», которое возглавлял В. П. Бармин, проект проходил под обозначением «ДЛБ» («Долговременная лунная база»). В королёвском ОКБ-1 его называли «Звезда», в военно-промышленной комиссии – «Колумб».

– Мы нашу базу называли «Большое кольцо», и это понятно: достаточно взглянуть на ее схему, – говорит Александр Егоров. – Почему проект назвали «Колумб», я уж и не вспомню. Ну а «Бармингра́д» придумали журналисты, когда проект рассекретили. Вообще, секретность была очень серьезная. Помню, Дмитрий Федорович Устинов нам так сказал: «Мужики, умоляю! Только чтобы американцы про эти ваши разработки не узнали. Тут же крик поднимут!»

Американская лунная база должна была появиться к 1983 году. Впрочем, были за океаном и другие аналогичные проекты, один из которых даже предполагал открытие базы уже в 1969-м. Но, как и «Бармингра́д», все эти проекты были засекречены. В начале 1960-х военные рассматривали Луну как идеальное место размещения командного центра космических войск. Представитель Министерства обороны США Эдсон говорил, что «лунная крепость» может стать залогом успешного решения соперничества с Советами на Земле.

– Такой командный центр почти неуязвим, – объясняет Александр Егоров. – На столь огромном расстоянии, даже хорошо зная координаты, ракету прямо в него «не уложить». На Земле неточность попадания ракеты компенсируется мощностью ядерного боезаряда, но на Луне атомный взрыв – бессмыслица. К тому же нацеленная с Земли ракета будет лететь не один день – ни о какой внезапности удара и речи не идет. Правда, есть минус: из-за того же расстояния будет запаздывание радиосигнала на Землю, но в данном случае не столь значительное – ведь центр будет управлять космическими средствами. Вот поэтому наши военные тоже занимались Луной, но свои планы от нас скрывали. Только все это не пошло... и даже не потому, что так и не смогли запустить Н-1.

НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА ЛУННУЮ БАЗУ

– Этим делом мы занимались плотно лет шесть-семь, – рассказывает Александр Егоров, – работа была замечательная, вот буквально: на работу как на праздник! И ведь надо было все вопросы с нуля решать. Мы собрали огромную кооперацию – около полусотни организаций-смежников, и, что удивительно, никто не сомневался, что все будет реализовано. В любом коллективе обычно есть скептики, а у нас – не было! Космонавтика развивалась настолько стремительно, что мы работали на реальный результат и были уверены, что Н-1 полетит! Когда подсчитали стоимость, честно указали, что одной стране такое не потянуть, но почему-то все равно были убеждены: в итоге денег хватит! По-моему, речь тогда шла о 18 миллиардах долларов, но мы ведь не экономисты, да и расчеты были самые первые – потом ведь обычно все оказывается значительно дороже…

По обе стороны океана строительство лунных баз решили отложить до лучших времен. Времена сменились, но не факт, что стали лучше. По крайней мере для космонавтики. И не только для нашей. Американский экономист, лауреат Нобелевской премии 2000 года Джеймс Джозеф Хэкман однажды сказал: «Научно-технический прогресс во второй половине XX века полностью определялся соревнованием США и СССР. И очень жаль, что это соревнование закончилось!»

Долговременная лунная база «Барминград» сильно опередила свое время. Вся ее документация сохранена. Но у специалистов, работающих над проектом, есть новый взгляд на его реализацию.

– Надо создавать лунную орбитальную станцию, – рассказывает Александр Егоров. – От нее должен курсировать челнок до Луны. А там – луноход и элементарное убежище – не постоянная, а посещаемая база, построить которую гораздо проще и дешевле, чем ДЛБ. Строить посещаемую лунную базу следует у Южного полюса. Есть сведения, что под реголитом есть лед, а значит, есть и вода. Днем Солнце прогревает поверхность Луны до 150 градусов, но на полюса солнечные лучи не попадают. Поэтому влага, «налетевшая» за миллионы лет на полюс вместе с метеорными частицами, сохранилась в виде льда. Это хорошие условия для базы. Но главное – создание орбитальной станции. Такой проект возможно реализовать в течение ближайших 20–30 лет.

– Когда нашу базу рассекретили, как раз стала модной тема гелия-3, который, дескать, можно добывать на Луне. Журналисты меня просто атаковали! – вспоминает Александр Викторович. – Специалисты тогда сказали ясно: это проблема даже не завтрашнего дня. Да, можно добыть гелий-3, перерабатывая реголит. Только подсчитали, что для этого придется перепахать половину Луны. Забросить туда несколько десятков тягачей типа нашего тяжелого лунохода плюс поставить станцию для переработки – это уже очень серьезное производство. К тому же, как положено гелию, гелий-3 очень текучий – уходит в малейшую микротрещину: пока до Земли довезешь – в чем его ни храни, – останется каких-то три-четыре процента. При этом атомщики заявили, что под гелий-3 пока нет реактора – задача сложная, и когда ее решат, неведомо.

© Мержанов А. И., 2018

История статьи:
Поступила в редакцию: 03.05.2018
Принята к публикации: 17.05.2018

Модератор: Бурдакова Т. В.
Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:
Мержанов А.И. Лунная база «Барминград». Проект, опередивший время // Воздушно-космическая сфера. 2018. №2(95). С. 108-117.

На международной выставке вооружений и оборонных технологий ArmHiTec–2018

ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО РОССИИ И АРМЕНИИ

Текст: **Екатерина МУЛЮН, Людмила ФОКЕЕВА**
Фото: Александра Барыкина

ДЕЛЕГАЦИЯ АРЗАМАССКОГО ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОГО ЗАВОДА ИМЕНИ П. И. ПЛАНДИНА В СОСТАВЕ ГЕНЕРАЛЬНОГО ДИРЕКТОРА ОЛЕГА ЛАВРИЧЕВА, ТЕХНИЧЕСКОГО ДИРЕКТОРА ВИКТОРА СИВОВА И КОММЕРЧЕСКОГО ДИРЕКТОРА АНАТОЛИЯ БЛИНОВА ПРИНЯЛА УЧАСТИЕ В МЕЖДУНАРОДНОЙ ВЫСТАВКЕ ВООРУЖЕНИЙ И ОБОРОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ARMHITEC-2018 В СТОЛИЦЕ АРМЕНИИ ЕРЕВАНЕ.

В составе официальной российской делегации выставку посетили заместитель председателя коллегии ВПК РФ Олег Бочкарев, замминистра промышленности и торговли России Олег Рязанцев, заместитель генерального секретаря ОДКБ Валерий Семериков, заместитель начальника департамента маркетинговой деятельности «Рособоронэкспорта» Владимир Гончаров во главе с заместителем директора Федеральной службы по ВТС России Владимиром Дрожжовым.

На территории в 1500 кв. м свою продукцию представили более 90 компаний из 11 государств. Единую экспозицию российских предприятий организовал «Рособоронэкспорт». Эта выставка проходила в рамках мероприятий Совета коллективной безопасности ОДКБ.

– В условиях современных вызовов и угроз, связанных с проявлением международного терроризма и экстремизма, с необходимостью обеспечения военной безопасности, защиты суверенитета и территориальной целостности, Совет коллективной безопасности в лице глав наших государств, Совет министров обороны уделяют большое внимание вопросам оснащения национальных вооруженных сил и коллективных сил ОДКБ современными образцами вооружения и военной техники как одной из основных составляющих системы безопасности государственных организаций,– обратился к участникам и гостям выставки заместитель генерального секретаря ОДКБ Валерий Семериков.

Основные направления развития производственной и научно-технической кооперации предприятий оборонных отраслей промышленности России и Республики Армении обсудили в ходе круглого стола совета коллегии Военно-про-

ОДКБ – ОРГАНИЗАЦИЯ ДОГОВОРА О КОЛЛЕКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ. В 2002 ГОДУ ОНА ПОЛУЧИЛА ПРАВОВОЙ СТАТУС, А В ДЕКАБРЕ 2004 ГОДА – СТАТУС НАБЛЮДАТЕЛЯ В ГЕНЕРАЛЬНОЙ АССАМБЛЕЕ ООН. ОСНОВНАЯ ЦЕЛЬ ОРГАНИЗАЦИИ – ПРОДОЛЖАТЬ И УКРЕПЛЯТЬ ОТНОШЕНИЯ ВО ВНЕШНЕЙ ПОЛИТИКЕ, ВОЕННОЙ И ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СФЕРАХ, КООРДИНИРОВАТЬ СОВМЕСТНЫЕ УСИЛИЯ В БОРЬБЕ С МЕЖДУНАРОДНЫМ ТЕРРОРИЗМОМ И ДРУГИМИ УГРОЗАМИ ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ.

Генеральный директор ОАО «Эчмиадзинский приборостроительный завод» Микаел Казарян и генеральный директор АО «Арзамасский приборостроительный завод имени П.И. Пландина» Олег Лавричев: договор подписан

На одной из экспозиций выставки

Делегация АПЗ на Эчмиадзинском приборостроительном заводе (Армения)

Рабочее место сборщика на ЭПрЗ

мышленной комиссии РФ и представителей заинтересованных министерств, ведомств и предприятий военно-промышленного комплекса Армении.

– В 2017 году показатель товарооборота между Россией и Арменией достиг 1,5 млрд долларов, рост составил почти 30 %. Российский экспорт в республику увеличился на 28 % и достиг 1 млрд долларов, российский импорт из Армении увеличился на 26 % и достиг полумиллиарда долларов. Может быть, цифры недостаточны. Но главное, что мы имеем положительную динамику наращивания сотрудничества, – отметил заместитель председателя коллегии Военно-промышленной комиссии РФ Олег Бочкарев.

Арзамасский приборостроительный завод одним из первых начал налаживать кооперационные связи с армянскими коллегами.

– С Эчмиадзинским приборостроительным заводом (ЭПрЗ) наше предприятие имело кооперационные связи с 1983 года по инициативе Министерства авиационной промышленности в целях унификации и централизации поставок некоторых деталей радиоэлектронной аппаратуры, – рассказал генеральный директор АПЗ Олег Лавричев. – Новая история наших отношений началась в 2016 году по инициативе Военно-промышленной комиссии РФ. Мы провели ряд встреч и совещаний, оценили производственные возможности, в результате чего на армянском предприятии была изготовлена пробная партия продукции. И сегодня мы можем сказать, что ЭПрЗ готов осуществлять поставки изделий по нашим заказам. Кроме того, мы проговорили возможности кооперации в сфере гражданского производства. В этом направлении рынок Армении нас также интересует.

В ходе круглого стола с армянским предприятием был подписан договор на 23 млн рублей. Делегация АПЗ посетила Эчмиадзинский приборостроительный завод, где оценила созданные производственные площади для выполнения этого контракта – это цех площадью 840 кв. м на 50 рабочих мест: сборочные и монтажные столы со статическим заземлением, современное оборудование, измерительные приборы, склад ПРБ и бытовые помещения. Все соответствует требованиям ГОСТа. Ранее специалисты этого предприятия прошли обучение на АПЗ в цехе № 41. После поставки комплектующих на Эчмиадзинском приборостроительном заводе начнется изготовление элементов для изделий «Квант» и сигнализаторов обледенения по заказам АПЗ. И, как отметил генеральный директор АПЗ Олег Лавричев, это старт совместной работы с коллегами из Армении, которую в дальнейшем планируется развивать.