

ВКС

ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКАЯ СФЕРА

AEROSPACE SPHERE JOURNAL (ASJ)

Научно-технический журнал | Scientific and technical journal

4(109) 2021

ISSN 2587-7992

#SIRIUS-21:

ЗАПИСКИ КОСМИЧЕСКОГО
ВРАЧА ИЗ АСГАРДИИ

#ВНЕКОРАБЕЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

#ЯДЕРНАЯ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ ЛУНЫ

#ПЕРСПЕКТИВЫ МНОГОРАЗОВЫХ
ТРАНСПОРТНЫХ КОСМИЧЕСКИХ
СИСТЕМ

#ФОРПОСТЫ
ЧЕЛОВЕЧЕСТВА
НА ОКОЛОЗЕМНОЙ
ОРБИТЕ

#СИНДРОМ КЕССЛЕРА:
БУДЕТ ЛИ ЗАКРЫТА ДОРОГА
В КОСМОС?

#СФЕРОМАХИЯ ЛЕМА КАК УГРОЗА КОСМИЧЕСКОЙ ЭКСПАНСИИ

ВКС

5 лет





**Кирилл Валерьевич Плетнер,
главный редактор журнала «Воздушно-космическая сфера»:**

В этом году журналу «ВКС» — пять лет.

В честь этого небольшого юбилея мы составили опрос и отправили его читателям, авторам и редколлегии.

Отзывы ученых нас обрадовали.

Почти все признают, что научно-технический журнал «Воздушно-космическая сфера», созданный пять лет назад по идее Игоря Рауфовича Ашурбейли, состоялся как серьезное научное издание и имеет большое общественное значение.

Удивительно, как идеи этого человека, по слову поэта и нобелевского лауреата Иосифа Бродского, «одеваются в кость».

Заданный вектор души становится материальным.

Должно быть, так происходит, когда ты занимаешься служением.

Космосу, людям, всему человечеству, еще чему-то... трансцендентному, если угодно.

И это действительно большое счастье и везение: разгадать свою роль в пьесе Творца. И делать то, чему не противится душа, быть в согласии с собой.

Этого мы от всего сердца и желаем нашим дорогим читателям, авторам и редколлегии: согласия и мира.

Будьте, пожалуйста, здоровы и счастливы! С наступающим Новым годом!

Полностью с отзывами можно ознакомиться на сайте <https://www.vesvks.ru/vks>



**Игорь Анатольевич ШЕРЕМЕТ,
доктор технических наук, профессор, заместитель директора по науке Российского
фонда фундаментальных исследований, член-корреспондент РАН:**

Я искренне признателен И.Р. Ашурбейли за издание журнала «Воздушно-космическая сфера», который, на мой взгляд, является серьезным и престижным научным изданием, имеющим высокий авторитет среди ученых и специалистов, работающих в области воздушно-космической обороны и многих смежных областях.



**Сергей Владимирович КРИЧЕВСКИЙ,
доктор философских наук, профессор, главный научный сотрудник ИИЕТ
имени С.И. Вавилова РАН:**

У журнала «ВКС» уникальная идея, замечательный и яркий бренд, научная ниша, а также широкая аудитория, с большим потенциалом роста. Он удачно сочетает историю, современность и перспективы развития аэрокосмической науки и техники, теории и практики воздушно-космической сферы. По ряду новых идей, направлений, позиций и креативности журнал является лидером в стране и мире.



**Николай Николаевич КЛИМЕНКО,
кандидат технических наук, генерал-лейтенант, заместитель генерального директора
АО «НПО Лавочкина»:**

Считаю, что журнал «ВКС» состоялся как серьезное научное издание. Он имеет авторитет в научных кругах: среди читателей журнала – генеральные и главные конструкторы, специалисты ракетно-космической промышленности, военные специалисты.

Так держать!



Станислав Сергеевич ВЕНИАМИНОВ,
доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник НИИЦ (г. Москва)
ФГБУ «ЦНИИ ВКС» Минобороны России:

На мой взгляд, журнал определенно состоялся как серьезное научное издание. Он имеет достаточно высокую репутацию в научных кругах ракетно-космического направления. Статьи журнала довольно разношерстные, но среди них есть весьма и весьма интересные. Перспективы журнала, на мой взгляд, связаны, в первую очередь, с привлечением молодых авторов.



Олег Игоревич ОРЛОВ,
академик РАН, доктор медицинских наук, директор ГНЦ РФ – ИМБП РАН:

Примите мои искренние поздравления с завершением этого плодотворного издательского года!

Журнал «Воздушно-космическая сфера» по праву занял свою нишу среди научных журналов. С одной стороны, он представляет собой серьезное научное издание из перечня ведущих рецензируемых научных журналов, включенных Высшей аттестационной комиссией России в список изданий, рекомендуемых для опубликования основных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук и доктора наук. И как член редакционного совета, я хотел бы отметить возрастающий с каждым годом уровень статей, публикуемых в журнале.

С другой стороны, журнал интересен широкому кругу читателей. Благодаря актуальности затрагиваемых тем и качественному дизайну он привлекает внимание не только специалистов, но и простых читателей, увлеченных космонавтикой.

Хочу пожелать журналу дальнейшего развития и процветания!



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

Благодарю за предоставленную возможность обсудить вопросы дальнейших перспектив журнала «Воздушно-космическая сфера»!

Журнал отличается системным подходом к изложению проблем исследования, освоения практического использования человечеством воздушного космического пространства. Обсуждается широкий спектр вопросов научно-технического, исторического, правового, медико-биологического, финансового и социального характера.

Авторами публикуемых материалов являются выдающиеся ученые, руководители организаций, имеющие глубокие знания, многолетний опыт практической деятельности по конкретным направлениям. Публикуемые статьи являются интересными, актуальными, значимыми. Все это свидетельствует о том, что журнал «Воздушно-космическая сфера» состоялся.



Михаил КОРНИЕНКО,
летчик-космонавт, Герой России:

Вместе с журналом «ВКС» и его коллективом мы делаем одно большое дело: популяризуем космос, рассказываем об открытиях, исследуем и изучаем новое в космонавтике. Я неоднократно выступал в роли героя материалов, интервью и всегда рад получить журнал в живом виде — напечатанным. Сейчас о космосе говорят немало — и понятно почему. Но качественного продукта, качественной подачи — буквально по пальцам пересчитать. И СМИ «ВКС» — лучший представитель в этом направлении.



Марк Самуилович БЕЛАКОВСКИЙ,
кандидат медицинских наук, заведующий отделом ИМБП РАН,
заслуженный работник здравоохранения РФ:

Для меня как постоянного автора журнала «Воздушно-космическая сфера» большая честь поздравить редакцию и редколлегия журнала с завершением очередного года.

Хотел бы отметить высокую ценность «ВКС» не только как научного журнала, но и как просветительского СМИ. Широкий спектр затрагиваемых тематик превращает каждый выпуск в обзорный сборник по различным направлениям космической науки и техники.



Дмитрий Иванович БОРИСЕНКО,
кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник
НИЦ «Курчатовский институт»:

Многие специалисты по тематике журнала если не цитируют «ВКС» в официальных источниках, то ссылаются кулуарно. А это, по-моему, и есть объективный показатель авторитета. Общий уровень научных статей журнала высок. Все принципиальные идеи обосновываются — ссылками, выводами, аргументами. Структурированная и четкая подача информации.

За счет своей уникальности «ВКС» удается одновременно быть и серьезным научным, и научно-популярным (как за счет широкого спектра освещаемых вопросов, так и за счет дизайна) журналом одновременно. Поэтому «ВКС» не остается узким «междусобойчиком», а втягивает в орбиту своих читателей все новые лица. А это и есть популяризация науки — то, во многом за счет чего в прошлом веке наша страна лидировала в воздушно-космической сфере.



Вячеслав Александрович БОБИН,
доктор технических наук, заведующий отделом Института проблем
комплексного освоения недр РАН:

Благодаря широкому охвату тем журнал, с моей точки зрения, завоевал заслуженный авторитет у аудитории не только маститых ученых, и у молодых инженеров и исследователей, которым предстоит в ближайшие 10–20 лет расширить горизонты наших достижений в космосе. Научная общественность по достоинству оценила научную и практическую направленность в деятельности редакции журнала. О научной значимости материалов, печатаемых в журнале, свидетельствует и тот факт, что иностранные научные журналы с удовольствием перепечатывают отдельные статьи на своих страницах.



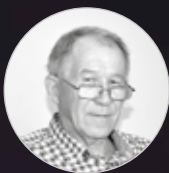
Валерий Юрьевич КЛЮШНИКОВ,
доктор технических наук, главный научный сотрудник ЦНИИмаш, Роскосмос:

«ВКС» отличается широкий охват тематических направлений — обо всем, что летает. Это очень важно с точки зрения обмена информацией между специалистами смежных областей, работающих в авиации, космонавтике, ракетостроении, для расширения их эрудиции. Трансфер идей может творить чудеса! И, наоборот, в замкнутой, изолированной системе увеличение энтропии, как меры хаоса, способствует застою и деградации.



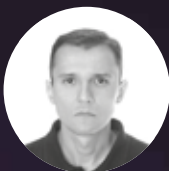
Валентин Борисович КАТЬКАЛОВ,
старший научный сотрудник лаборатории Военного института
(научно-исследовательского) Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского:

Журнал состоялся вне всяких сомнений. Исходя из публикаций, его репутация подтверждается научным и практическим уровнем знаний авторов, а также затрагиваемыми темами. Отношение к журналу в наших кругах положительное. Однако, как нам кажется, о журнале знает не так много специалистов, преподавателей и научных работников по всей стране.



Александр Михайлович ПЫЖОВ,
доцент, кандидат технических наук в области технологий получения и использования высокоэнергетических материалов, участник ракетных исследований ближнего космоса в средних и высоких широтах Земли:

В вашем журнале можно ознакомиться не только с перспективными проектами освоения космоса, но и с малоизвестными деталями истории исследования и освоения космического пространства при помощи космических аппаратов, что редко можно встретить даже в специализированных изданиях.



Владислав Александрович ЛЕОНОВ,
кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Института астрономии РАН:

Пожалуй, это один из немногих российских журналов по заданной тематике, где публикуются по-настоящему актуальные и нестандартные идеи и подходы, порой идущие в разрез с линией Роскосмоса и других ведомств. Журнал находится в большом отрыве от многих журналов по тематике воздушно-космической сферы. Хорошая полиграфия, качественный дизайн, достойное наполнение, отсутствие назойливой рекламы, оперативная связь с авторами — всего этого явно не хватает вашим конкурентам.



Владимир Петрович МИХАЙЛОВ,
подполковник авиации:

«ВКС» — это кладезь знаний. Каждый журнал — методическое пособие для молодого поколения, для высших учебных заведений, связанных с космосом и авиацией.

Особенно важно, что военные пенсионеры, к которым отношусь и я, имея огромные знания и опыт, могут поделиться ими в вашем журнале.

Журнал должен выпускаться: он нужен для миллионов людей — не только непосредственно относящихся к космической, авиационной и другим близким видам деятельности, но и для простых граждан, желающих понять, на каком уровне находятся наши технологии и к чему действительно нужно стремиться.



Александр Олегович МАЙБОРОДА,
директор научно-исследовательской компании ООО «АВАНТА-Консалтинг»:

По моим наблюдениям, журнал «ВКС» получил признание в научных кругах. Каждый выход очередного номера в свет — это событие. В журнале всегда есть информация, цепляющая воображение и побуждающая к новым творческим свершениям.

Общественная ценность журнала, по моему мнению, состоит, прежде всего, в устранении монополии на освещение проблемных вопросов развития космической сферы. Без свободного обсуждения, критики и визионерских идей развитие космонавтики остановится.



Александр МЕРЖАНОВ,
автор и режиссер документальных фильмов о космосе:

Каждый новый выпуск журнала сродни рождению маленького чуда. И создавать такое чудо как по часам, раз в квартал — очень нужное занятие!



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»:

Считаю его одним из лучших изданий в области ракетно-космической тематики как по качеству публикаций, так и по широте охвата тем. Причем это не только мое мнение, но и моих коллег. В журнале публикуется информация как о текущем состоянии, так и о перспективах развития отрасли.

2021 год

в «Воздушно-космической сфере» –
стратегия и достижения



1 В 2021 году журнал «ВКС» при поддержке Асгардии провел Международный конкурс творческих и исследовательских работ «Мост в космос», посвященный 60-летию полета Ю.А. Гагарина. В нем приняли участие художники из России, США, Узбекистана, Израиля, Италии и КНР.



60 669
просмотров



11 426
скачиваний



2 На сайте научной электронной библиотеки «КиберЛенинка» журнал «ВКС» просмотрели 60 669 и скачали 11 426 раз.



6-е место
по тематике «Космические исследования»

3 В рейтинге Elibrary по тематике «Космические исследования» журнал «ВКС» занимает 6-е место, обгоняя научные журналы таких флагманов ракетно-космической отрасли, как РКК «Энергия», ЦНИИмаш, НПО имени Лавочкина и др.

4 С 2016 года журнал «ВКС» опубликовал статьи более 150 авторов, среди которых космонавты, кандидаты и доктора наук, академики РАН, руководители и ведущие специалисты ракетно-космической отрасли.

5 лет

5 В общем рейтинге научных изданий SCIENCE INDEX за 2018-2021 год журнал «ВКС» поднялся на 1136 единиц вверх.



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

In accordance with the order 1027 of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation adopted on 23 October 2017 articles presented in the journal cover the 05.07.10 scientific field called "Innovative technologies in aerospace activities".

According to the order of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation № 21-p dated 12.02.2019, the journal was put in the List of scientific publications reviewed by the State Commission for Academic Degrees and Titles of the Russian Federation, in which data of theses for a candidate's or a doctor's degree can be published.

The journal is published quarterly. In the period 2001-2015 it was entitled "Aerospace Defence".

The journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology, and Mass Media (Roskomnadzor).

Registration number is ПИ № 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 – **Lotta Gess**

Science Editor – **Sergey Dmitryuk**, Cand. Sci.
(Philology)

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

Designer – **Elena Izaak**

Press-corrector – **Anastasia Dubovik**

Distribution Director – **Boris Cheltsov**

Photographer – **Irina Abramova**



Collage by Elena Izaak

Articles published by ASJ are indexed by several systems: Russian Science Citation Index (RSCI),
Electronic Scientific Library (eLibrary.ru), Crossref, Cyberleninka.

ACADEMIC ADVISORY BOARD

Floris L. WUYTS,

PhD in Physics University of Antwerp, Belgium

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. GULYAEV,

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

Andrey V. DEMIDYUK,

Deputy General Director, Associate Professor,
Scientific Director of Rubezh Engineering LLC

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

Sergey M. KOSTROMITSKY,

Corresponding Member of the National Acad-
emy of Sciences of Belarus, Dr. Sci. (Tech),
Professor (Minsk, Republic of Belarus)

Igor V. KOSYAK,

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

Sergey V. KRICHEVSKY,

Dr. Sci. (Philosophy), Professor, Chief Re-
searcher, 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

Oleg I. ORLOV,

Academician of the Russian Academy of
Sciences, MD, PhD, Director of the IBMP RAS

Alexander A. POTAPOV,

Dr. Sci. (Physics and Mathematics), Professor,
Chief Researcher, Kotelnikov Institute of Radio
Engineering and Electronics of the Russian
Academy of Sciences

Sergey L. STARCHAK,

Dr. Sci. (Tech), Professor, Moscow Research
Centre of the Central Scientific&Research
Institute of Aerospace Defence Forces,
Ministry of Defence of the Russian Federation

Vyacheslav F. FATEYEV,

Dr. Sci. (Tech), Professor, chief research
scientist of "ISC "Vypel" public company,
Director of VNIIFTRI Scientific&Technical
Centre for Metrological Assurance of Gravi-
metric Measurements

Igor A. SHEREMET,

Corresponding Member of the Russian Acade-
my of Sciences, Dr. Sci. (Tech), Professor

Sergey V. YAGOLNIKOV,

Dr. Sci. (Tech), Professor, Major-General

Mikhail V. YAKOVLEV,

Dr. Sci. (Tech), Deputy Director, TsNIIImash
Systems Engineering Centre

Published by Nonprofit Non-Government Expert Society on Space Threat Defense (NGES STD)

FOUNDER: SOCIUM-A JSC

The author of the idea is **Igor Ashurbeyli**

Leningradsky prospect, 80/16, Moscow, Russia

Tel.: +7 (499) 654-07-51, +7 (499) 654-00-40;

E-mail: info@oaokb1.ru; vko@vko.ru

www.vesvks.ru



Подписной индекс: Каталог «Роспечать» – 82530

Тираж 1000 экземпляров

Отпечатано в типографии ООО ИПО «Измурдный город»

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 специальности 05.07.10 – Инновационные технологии в аэрокосмической деятельности (технические науки).

Распоряжением Минобрнауки России от 12 февраля 2019 г. № 21-р журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий Высшей аттестационной комиссии, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

Выходит 4 раза в год. С 2001 по 2015 год 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 Косьяк**,
кандидат военных наук, исполнительный директор ВЭС ВКС

Главный редактор – **Кирилл Плетнер**

Выпускающий редактор – **Лотта Гесс**

Научный редактор – **Сергей Дмитриук**, кандидат филологических наук

Переводчик – **Анна Клименко**, кандидат исторических наук

Дизайн и верстка – **Елена Изаак**

Корректор – **Анастасия Дубовик**

Директор по распространению – **Борис Чельцов**

Фотограф – **Ирина Абрамова**



Коллаж Елены Изаак

Опубликованные в журнале статьи индексируются в международных реферативных и полнотекстовых базах данных: Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) на базе научной электронной библиотеки eLibrary.ru (НЭБ), Crossref, Cyberleninka

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА «ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКАЯ СФЕРА»

БАУТС Флорис,

PhD по физике, Университет Антверпена

ВЕНИАМИНОВ Станислав Сергеевич,

доктор технических наук, профессор,
ведущий научный сотрудник НИИЦ
(г. Москва) ФГБУ «ЦНИИ ВКС»
Минобороны России

ГУЛЯЕВ Юрий Васильевич,

академик РАН, доктор физико-математических наук, профессор

ДЕМИДЮК Андрей Викторович,

доктор военных наук, доцент, научный руководитель ООО «Рубеж Инжиниринг»

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

КОСТРОМИЦКИЙ Сергей Михайлович,

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

КОСЯК Игорь Владимирович,

кандидат военных наук, исполнительный директор ВЭС ВКС

КРИЧЕВСКИЙ Сергей Владимирович,

доктор философских наук, профессор,
главный научный сотрудник ИИЕТ им. С.И. Вавилова РАН, Москва, Россия

МИХАЙЛОВ Николай Васильевич,

доктор экономических наук, гранд-доктор философии, профессор

ОРЛОВ Олег Игоревич,

академик РАН, доктор медицинских наук, директор ГНЦ РФ – ИМБП РАН

ПОТАПОВ Александр Алексеевич,

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

СТАРЧАК Сергей Леонидович,

доктор технических наук, профессор,
НИИЦ (г. Москва) ФГБУ «ЦНИИ ВКС»
Минобороны России

ФАТЕЕВ Вячеслав Филиппович,

доктор технических наук, профессор,
главный научный сотрудник ПАО «МАК "Вымпел"», начальник научно-технического центра метрологического обеспечения гравиметрии ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ВНИИФТРИ)

ШЕРЕМЕТ Игорь Анатольевич,

член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор

ЯГОЛЬНИКОВ Сергей Васильевич,

доктор технических наук, профессор,
генерал-майор

ЯКОВЛЕВ Михаил Викторович,

доктор технических наук, заместитель начальника Центра системного проектирования ЦНИИмаш

Издатель: Вневедомственный экспертный совет по вопросам воздушно-космической сферы (ВЭС ВКС)

УЧРЕДИТЕЛЬ: АО «СОЦИУМ-А»

Автор идеи – **Игорь Ашурбейли**

Россия, 125190, Москва, Ленинградский просп., д. 80, корп. 16;

Тел.: +7 (499) 654-07-51, +7 (499) 654-00-40;

E-mail: info@oaokb1.ru; vko@vko.ru

www.vesvks.ru



Подписной индекс: Каталог «Роспечать» – 82530

Тираж 1000 экземпляров

Отпечатано в типографии ООО ИПО «Изумрудный город»

CONTENT



NEW SPACE AGE

<i>/Kirill V. Pletner, Lotta A. Hess/</i> SIRIUS-21: the Asgardian Space Doctor's Notes.....	10
<i>/Natalya L. Burtseva/</i> Extravehicular Activity.....	20
<i>/Valery Yu. Klyushnikov/</i> Kessler's Syndrome: will the Road to Space be Closed?.....	32
<i>/Alexander B. Zheleznyakov/</i> Forposts of Humanity in Near-Earth Orbit.....	44
<i>/Vladislav A. Leonov/</i> Permanent Lunar Station as Russia's Priority in Space Resources Development.....	56
<i>/Alexander O. Mayboroda/</i> Nuclear Industrialization of the Moon.....	68
<i>/Anna K. Yusupova/</i> History of Space Psychology and Overview of its Contemporary Problems.....	78



ANALYTICS

<i>/Nikolay N. Klimenko, Valentin B. Katkalov, Maria Lv. Morozova/</i> The Perspectives of Reusable Space Transport Systems. Part I.....	88
<i>/Yuri V. Kuzmin/</i> The History of Retracted Landing Gear.....	100



HISTORY

<i>/Anton I. Pervushin/</i> Lem's Spheromachia as a Threat to Space Expansion.....	110
---	-----

СОДЕРЖАНИЕ



НОВАЯ КОСМИЧЕСКАЯ ЭРА

/К.В. Плетнер, Л.А. Гесс/ SIRIUS-21: записки космического врача из Асгардии.....	10
/Н.Л. Бурцева/ Внекорабельная деятельность.....	20
/В.Ю. Ключников/ Синдром Кesslerа: будет ли закрыта дорога в космос?.....	32
/А.Б. Железняков/ Форпосты человечества на околоземной орбите.....	44
/В.А. Леонов/ Постоянная лунная станция как приоритет России в освоении ресурсов космоса.....	56
/А.О. Майборода/ Ядерная индустриализация Луны.....	68
/А.К. Юсупова/ История космической психологии и обзор современной проблематики.....	78



АНАЛИТИКА

/Н.Н. Клименко, В.Б. Каткалов, М.Л. Морозова/ Перспективы многоразовых транспортных космических систем. Часть I.....	88
/Ю.В. Кузьмин/ История создания убирающегося шасси.....	100



ИСТОРИЯ

/А.И. Первушин/ Сфероматия Лема как угроза космической экспансии.....	110
--	-----



SIRIUS-21:
the Asgardian Space Doctor's Notes

SIRIUS-21: записки космического
врача из Асгардии



Kirill V. PLETNER,
editor-in-chief of the Aerospace Sphere Journal, Moscow, Russia,
gersch@yandex.ru

Кирилл Валерьевич ПЛЕТНЕР,
главный редактор журнала «Воздушно-космическая сфера», Москва, Россия,
gersch@yandex.ru



Lotta A. HESS,
editorial director, Aerospace Sphere Journal, Moscow, Russia,
etojazz@yandex.ru

Лотта Адольфовна ГЕСС,
выпускающий редактор журнала «Воздушно-космическая сфера», Москва, Россия,
etojazz@yandex.ru

Автор фотографий —
Олег Волошин,
руководитель пресс-
службы ИМБП РАН

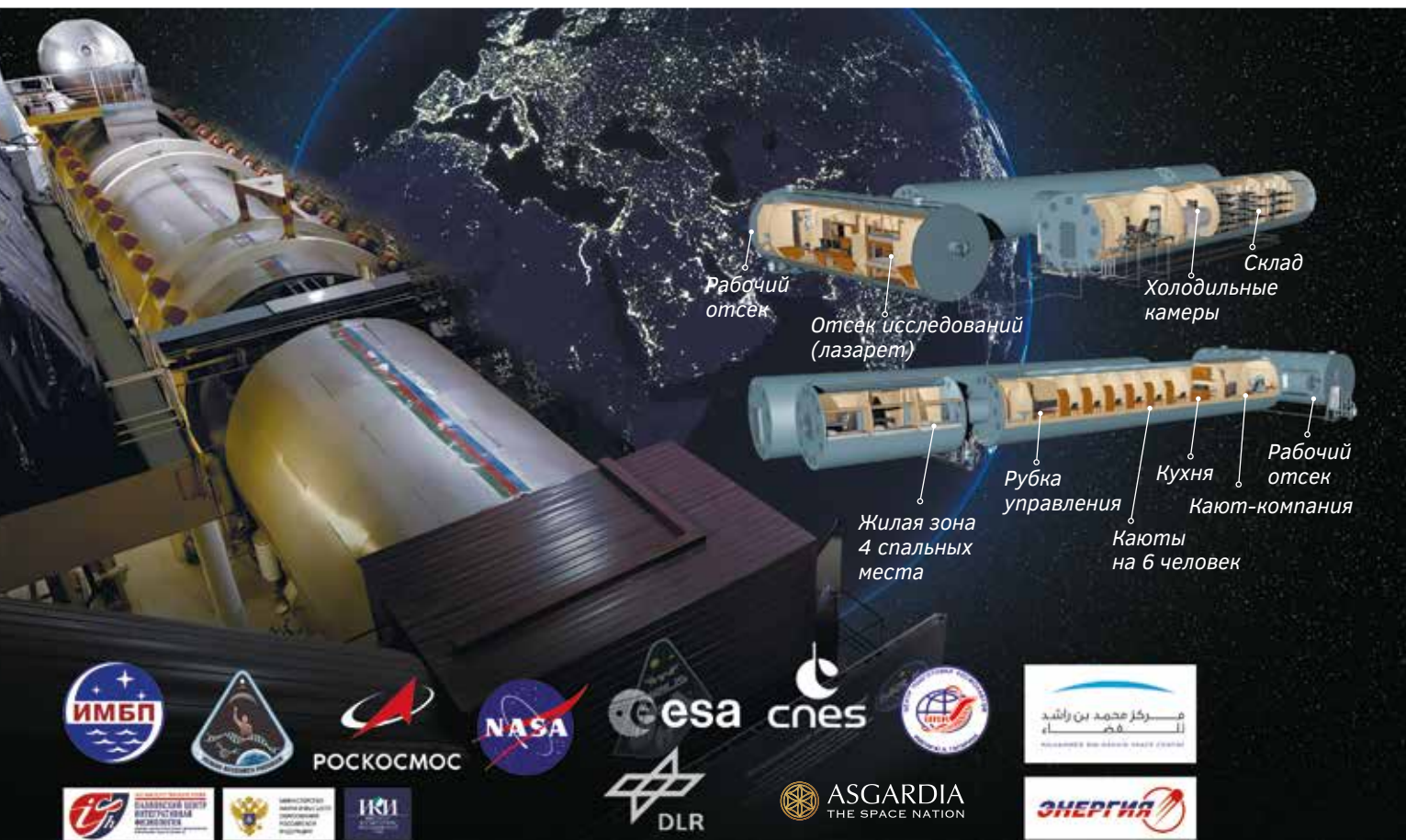
The author of the photos is
Oleg Voloshin, Head of the
press service of the IMBP RAS

On November 4, 2021, on the basis of the Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences, with the support of Asgardia, the SIRIUS-21 international isolation experiment, simulating a long lunar mission, started. Six specialists will be in isolation for 240 days in order to gain experience that will help humanity in organizing long-distance space flights.

The ASJ editor-in-chief had spoken with Victoria Kirichenko, an Asgardian and a crew doctor, before the experiment began. The editors also managed to get on-the-spot reports — at the hours marked in the scientific program as "time for rest", Victoria Vladimirovna keeps a diary.

Четвертого ноября 2021 года на базе Института медико-биологических проблем РАН при поддержке Асгардии стартовал международный изоляционный эксперимент SIRIUS-21, моделирующий длительную лунную миссию. Шесть специалистов будут находиться в изоляции 240 суток, чтобы получить опыт, который поможет человечеству в организации дальних космических полетов.

Главный редактор журнала «ВКС» побеседовал с Викторией Кириченко — резидентом Асгардии и врачом экипажа — перед началом эксперимента. Редакции также удалось получить сводки с места событий: в часы, отмеченные в научной программе как «время на отдых», Виктория Владимировна ведет дневник.



— Когда, как и почему возник интерес к космосу у вас, сосудистого хирурга?

— Все началось с того, что в перерывах между дежурствами мы с коллегами наблюдали запуски. Я стала следить за развитием космической отрасли и заинтересовалась влиянием полета на организм человека. Узнала, что именно в ИМБП изучают вопросы авиационно-космической медицины, поэтому и оказалась здесь. Сейчас работаю в отделе оперативного управления медицинского обеспечения космических полетов, езжу на старты и посадки, принимаю участие в экспериментах, имитирующих воздействие факторов космической среды, можно сказать, мечта сбылась!

— В качестве дежурного врача вы принимали участие в изоляционном модельном эксперименте SIRIUS-19. Какой опыт вы получили, наблюдая за участниками эксперимента снаружи? И что для вас оказалось самым ценным в этом опыте?

— Я пришла в Институт как раз в тот момент, когда начался этот эксперимент. Тогда и познакомилась с его спецификой, с научной программой, методиками и с участниками. То есть настоящее приобщение к космосу началось именно на проекте — это для меня очень ценно.

— Нам известно, что вы проходили отбор в отряд космонавтов. Отличаются ли требования к претендентам на изоляционный эксперимент от требований к будущим космонавтам?

— Участник проекта SIRIUS-21 должен быть мотивирован, профессионально пригоден и практически здоров: это, собственно, и есть подход к отбору претендентов в отряд космонавтов. А еще необходимо пройти строгий психологический и медицинский отбор, получить заключение врачебно-экспертной комиссии.

— Какова ваша личная цель участия в проекте? Может быть, необычный опыт, научный интерес?

— В первую очередь, это большой международный эксперимент, и он уникален. Не каждый день выпадает шанс принять участие в подобном. Ведь это возможность внести свой вклад в развитие космической науки! Полученные данные помогут нивелировать риски длительных космических полетов.

Более того, еще недавно мы все оказались в непростых условиях изоляции. Возможно, то, что мы узнаем в процессе этого эксперимента, поможет лучше разобраться в вопросе влияния депривации на человека.



Сценарий миссии **SIRIUS-21** основан на моделировании долгосрочной лунной миссии и включает апробацию элементов пилотируемой экспедиции к более удаленным космическим объектам. Во время миссии экипаж будет выполнять задачи, связанные с операциями космического полета. Такие, например, как ежедневный медицинский мониторинг и углубленная оценка состояния здоровья, регулярные физические тренировки и мероприятия, соответствующие сценарию полета (в том числе выходы на поверхность спутника Земли). Кроме того, экипаж будет выполнять программу научных исследований с целью изучения влияния изоляции в замкнутом пространстве на психологию и физиологию человека и отношения в малой группе. Также в рамках подготовки к дальним космическим миссиям будет продолжено тестирование технологий моделирования напланетной деятельности с использованием виртуальной реальности и получение данных для вычленения влияния микрогравитации на профессиональные навыки при выполнении внекорабельной деятельности.

И мне, безусловно, интересно испытать влияние длительной изоляции на себе.

— **Вы являетесь врачом экипажа SIRIUS-21. Чем определяется ваша зона ответственности как врача, в чем она состоит?**

— Оказание необходимой медицинской помощи, конечно. А кроме того — контроль за состоянием здоровья членов экипажа и взаимодействие с наземными медицинскими службами.

— **Запланированы ли нештатные ситуации на проекте?**

— Да, но их сценарий и время проведения членам экипажа неизвестны. Знаю лишь, что запланирована тренировка по медицинской тематике, точно будут операционно-технические нештатные ситуации, например перебой кабеля, отказ системы.

— **Во время изоляционного эксперимента 1968 года, который длился 366 суток, командир марсианского экипажа врач Герман Мановцев оказался перед выбором: закончить эксперимент и выйти из гермокамеры или сделать операцию самому себе. Мановцев выбрал операцию. Как бы вы поступили, оказавшись в такой ситуации?**

— Современные протоколы безопасности экспериментов ставят во главу угла здоровье испытателя — на это я и буду ориентироваться. Вернее — мы, ведь в любом экстренном случае будет принято коллегиальное решение.



Виктория Владимировна Кириченко — врач-хирург, младший научный сотрудник отдела оперативного управления медицинским обеспечением космических полетов ИМБП РАН, резидент Асгардии. Окончила Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова (РГМУ) по специальности «лечебное дело», интернатуру (специальность: «общая хирургия») и ординатуру (специальность: «рентгенэндоваскулярная диагностика и лечение») в Первом московском государственном медицинском университете имени И. М. Сеченова. Участвует в медицинском обеспечении во время поисково-спасательных операций при запусках и посадках пилотируемых космических кораблей серии «Союз» с членами экипажей Международной космической станции. В качестве дежурного врача принимала участие в 240-суточном изоляционном модельном эксперименте SIRIUS-19 (ИМБП РАН — HRP NASA) и в 7-суточном исследовании по имитации воздействия на организм человека факторов кратковременного космического полета. В 21-суточном эксперименте Immersion-21DSRC (ИМБП РАН) выполняла обязанности куратора по медицинской части.



Кандидаты в экипаж во время подготовки к эксперименту обучаются работе с одной из научных методик

— **Вы являетесь одним из исполнителей космического эксперимента «Альгометрия». Насколько космическая медицина продвинулась в исследовании боли? Как факторы космического полета влияют на восприятие боли? Проверили ли вы свой болевой порог на болеметре?**

— Альгометр я первым делом испытала на себе. Мы еще не так много знаем о боли даже в рамках земной медицины. Есть предварительные данные об изменении порога болевой чувствительности в сторону его увеличения в космосе, но необходимо дальнейшее изучение вопроса. Предстоит выяснить, например, какие именно из факторов играют ведущую роль в этом процессе.

— **Есть ли уникальные методики и эксперименты, которые будут тестировать именно в SIRIUS-21?**

— Намечается много работы с виртуальной реальностью: виртуальная стыковка с МКС, космическим кораблем и лунной станцией, выход на виртуальную лунную поверхность, виртуальная психологическая поддержка членов экипажа.

— **Только что завершен первый в истории освоения космоса полет на МКС съемочной группы. Знаю, что вы тоже принимали участие в отборочном конкурсе. Каковы ваши впечатления от этого проекта?**

— Участие в этом проекте определенно стало вызовом и для меня. Это был настоящий челлендж! Никогда не видела себя в актерской профессии. Нужно было прочесть письмо Татьяны к Онегину, и мне понравилось. Искренне радовалась за Юлию Пересильд, следила за ее полетом.

— **По сценарию проекта «Вызов» на Международную космическую станцию отправляется врач, чтобы провести операцию на сердце. Насколько этот сценарий достоверен? Можно ли сегодня в космосе, в отсутствие микрогравитации, проводить подобные медицинские манипуляции?**

— В настоящее время на МКС нет условий для проведения подобных операций: в экстренной ситуации космонавта доставят на Землю. Я убеждена в том, что рано или поздно мы найдем решение этой проблемы. В тот момент, когда мы достигнем Марса, возникнет острая необходимость в оказании экстренной помощи.

— **Как вы относитесь к идее Асгардии — государства без границ, объединяющего людей, работающих в космической отрасли и любящих космос?**

— Асгардия очень важна для продвижения космической науки: она много делает для популяризации космоса и вкладывается в его изучение — во всех смыслах.



Олег Игоревич ОРЛОВ,
директор ИМБП РАН, об участии
Асгардии в эксперименте SIRIUS-21

В 2021 году было заключено соглашение о сотрудничестве Асгардии и ИМБП, которое должно стать платформой для постоянного обмена опытом и идеями, обогащения контактов между вовлеченными учеными и специалистами в области космической биологии и медицины.

Наше взаимодействие будет способствовать активной популяризации космической биологии и медицины среди широких слоев населения разных стран. Участие в проекте SIRIUS — первый шаг в этом направлении.

В условиях космического полета на околоземной орбите (а в дальнейшем и при освоении дальнего космоса) рождение ребенка теоретически возможно, но требует, прежде всего, обширных и фундаментальных исследований репродуктивной функции человека в условиях действия различных факторов космического полета.

Рождение ребенка — это сложный акт, требующий обоснованного медицинского сопровождения в условиях невесомости. А если речь идет о дальних экспедициях — еще и в условиях полной автономности полета. Но и это еще не все. Мы должны быть уверены, что рожденный в таких условиях малыш сможет нормально развиваться. И только тогда можно считать, что цель достигнута.

Экспериментальная программа SIRIUS-21 посвящена изучению адаптационных процессов, происходящих в организме человека, в том числе женском организме, при моделировании комплекса факторов космического полета в условиях изоляции в гермообъекте с искусственной средой обитания. Мы движемся к поставленной цели.

Кроме проекта SIRIUS-21 в Институте проводится программа биологических исследований влияния условий космического полета на репродуктивную функцию. В то же время Институт уделяет большое внимание изучению влияния факторов космического полета на женский организм с помощью различных анало-

говых моделей, позволяющих имитировать действие комплекса таких факторов. Например, в 1993–1994 годах проводился уникальный эксперимент: 120-дневная гипокинезия с участием 8 женщин-добровольцев. В 2015 году в молодежном инициативном проекте «Луна-2015» моделировали полет женского экипажа (6 женщин) на Луну. В 2019 году проведен эксперимент с женской иммерсией, планируется его продолжение в следующем году.

Очевидно, что освоение дальнего космоса возможно только смешанными экипажами. Поэтому проект SIRIUS представляет собой площадку для моделирования дальних космических полетов, а также для сравнения воздействия факторов космического полета на мужской и женский организм.



*Испытания подвесного стенда для
виртуальных прогулок по Луне*



Виктория обучается работе с силовым тренажером

«Не каждый день выпадает шанс принять участие в большом международном эксперименте! Это реальная возможность внести свой вклад в развитие космической науки».

— Одна из главных целей государства Асгардия — это рождение ребенка в космосе. Как далеко продвинулась космическая медицина в исследовании женского здоровья в космосе, влияния на него вредных космических воздействий? И какую роль в продвижении этих исследований может сыграть конкретно эксперимент SIRIUS?

— На данный момент не так много женщин побывало в космосе. И, безусловно, для научной среды изучение женского организма представляет большой интерес. Все чаще женщины становятся испытуемыми в экспериментах с имитацией условий космической среды. В рамках «Сириуса» — одного из таких проектов — подробно изучается влияние длительной изоляции в герметичном объекте — именно те условия, в которых окажутся покорители дальнего космоса.

— Готовы ли вы стать участником эксперимента по репродукции человека в космосе?

— Это интересный вопрос! Но пока малоизученный. Я готова стать участником подобного эксперимента в роли исследователя.

— Известно, что кроме вашего основного дела — медицины — вы увлечены музыкой и живописью. Можно ли сказать, что это своего рода арт-терапия в условиях длительного межпланетного полета?



Виктория во время нагрузочных проб на велоэргометре

— Я взяла с собой разрешенный графический материал: акварель, карандаши. Еще буду учиться играть на флейте. Это арт-терапия — однозначно! Более того, я предполагаю, что мы с экипажем сможем проводить совместные арт-сеансы.

— Вы — молодая женщина. Как вы смотрите на перспективу отказаться от личной жизни на такой длительный срок? И в целом — не страшно ли вам: с одной стороны, оказаться в изоляции, а с другой — быть под постоянным наблюдением восемь месяцев подряд?

— Я не отказываюсь от личной жизни: у меня есть друг, который поддерживает меня и ждет. Мы будем общаться на протяжении всей изоляции. Нет, мне не страшно. Находиться под наблюдением в течение восьми месяцев — меньшая из проблем, с которыми нам предстоит столкнуться.

Каждый из членов экипажа SIRIUS-21 ведет дневник: он помогает «не потеряться» во времени даже в обычной жизни, а в условиях изоляции становится незаменимым средством психологической самоподдержки. Возможно, когда-нибудь этот дневник станет не только хранителем драгоценной личной памяти, но и историческим документом. Мы публикуем первые пять записей Виктории Кириченко.

От редакции: по сообщению ИМБП, на 33 сутки эксперимента произошла реальная нештатная ситуация — один из членов экипажа, Екатерина Карякина, получила нетяжелую травму руки во время тренировки на действующем макете многофункционального силового тренажера. Экипаж, находясь в тесном взаимодействии с наземными службами обеспечения эксперимента, оказал Е. Карякиной необходимую медицинскую помощь и содействовал в диагностических мероприятиях. Для консультации был оперативно привлечен главный внештатный травматолог-ортопед Департамента здравоохранения города Москвы доктор медицинских наук, профессор Вадим Дубров. Согласно его рекомендации руководством проекта SIRIUS было принято решение вывести Карякину из экспериментального комплекса. На текущий момент ее здоровью ничего не угрожает, состояние удовлетворительное. Выполнение научной программы 240-суточного изоляционного эксперимента SIRIUS-21 продолжается согласно циклограмме исследований в полном объеме.

Профессор Дубров отметил, что во время данной нештатной ситуации экипаж, и в первую очередь врач экипажа Виктория Кириченко, отработал в высшей степени профессионально и слаженно, выступив как единая команда.



Олег Блинов во время обучения работе по дистанционному управлению роботом. Виктория ассистирует



Кандидаты в экипаж во время подготовки к эксперименту обучаются работе с одной из научных методик на бегущей дорожке



Во время нагрузочных проб на велоэргометре. Исследователь показывает Виктории ее параметры газообмена при максимальных нагрузках



**Главный менеджер проекта SIRIUS
Марк Самуилович БЕЛАКОВСКИЙ о ходе
эксперимента с участием Асгардии:**

В научную программу эксперимента входит совместное исследование Асгардии и ИМБП, посвященное оценке влияния 8-месячной изоляции на организм женщины. Член экипажа от Асгардии врач Виктория Кириченко ответственна за его реализацию. У этой программы три основных направления:

- исследование микробиологического статуса;
- исследование иммунологического статуса;
- исследование минерально-костного обмена.

Эксперимент непосредственно связан с главной миссией Асгардии — рождением человека в космосе. Его результаты помогут нам готовиться к основному эксперименту, который планируем проводить в будущем.

Каждый из членов экипажа SIRIUS-21 ведет дневник: он помогает «не потеряться» во времени даже в обычной жизни, а в условиях изоляции становится незаменимым средством психологической самоподдержки. Возможно, когда-нибудь этот дневник станет не только хранителем драгоценной личной памяти, но и историческим документом. Мы публикуем первые пять записей Виктории Кириченко.

температуру и вес тела, осуществляют контроль уровня стресса. Когда видишь сводку медицинских параметров, собранных за последние две недели, начинаешь относиться к своему организму внимательнее, прислушиваешься к нему. В этот момент важно не дать волю мнительности. Но если показатели заставляют переживать, с тревогой можно справиться привычным методом — заняться йогой, размять свои сонные косточки. В эти минуты меня сопровождает любимая музыка. Иногда мелодия сама задает настроение, иногда, ориентируясь на состояние, подбираю подходящие мотивы. Например, сейчас звучит песня Billie Holiday.

11.11.21

В делах и заботах время мчится с удивительной скоростью — вот уже настал седьмой день лунной миссии. Всю неделю в промежутках между отработкой научных методик обживаем наш корабль, делаем пространство уютным и удобным для жизни. Как ни странно, оно не кажется тесным, места достаточно для всех нас. При необходимости всегда можно уединиться. Сублимированная пища оказалась вполне съедобной! Отмечу, что она часто кажется однообразной, схожей по вкусу. Но в этом случае гастрономических красок добавляет питание, разработанное специально для проекта SIRIUS. Например, мы все влюблены в витаминный салат из свеклы, кабачковую и тыквенную икру. В целом еды достаточно, но без излишеств. Готовим компоты, десерты из подручных продуктов (сублимированных ягод и творога). Вес, в отличие от времени, стоит на своем обычном месте, а тренировки еще под запретом, поэтому следующие несколько недель мы будем изнывать от гиподинамии. Однако живем дружно, учим языки, в свободное время смотрим фильмы или играем в настольные игры. Очень любопытно, что будет дальше.

18.11.21

Радует вот что: в условиях изоляции удастся сохранить важные составляющие привычного распорядка. Как и в обычной жизни, мой день начинается примерно в 6 часов утра. Но экспериментальные условия, разумеется, вносят свои коррективы.

Важным этапом на пути к моему утреннему ритуалу стал тоннель, своеобразный мост, подземный ход, ведущий в медицинский модуль. Чувствую себя Алисой, ныряющей в кроличью нору.

Полагаю, научно-экспериментальная мышь ощущает себя примерно так же — прежде чем она получит свой завтрак, ей необходимо претерпеть ряд манипуляций: трижды измеряют артериальное давление, узнают тем-





Фото сделано экипажем миссии

25.11.21

Международный экипаж — это здорово! Помимо того, что мы целенаправленно изучаем языки, происходит ежедневный обмен знаниями — своеобразный языковой клуб. Делимся культурными особенностями наших стран. Обсуждаем гастрономические предпочтения своих семей. Сегодня экипаж отмечает День благодарения. Поздравления достигают нашего космического корабля всеми доступными средствами: через сообщения наземного пункта управления и письма из дома, которые по внутренней сети доставляет служба психологической поддержки. Специально для этого дня мы составили праздничное меню. Кухня преимущественно французская, но есть и традиционные американские блюда. Как и полагается, в этот день во главе стола красуется индейка — правда, в нашем случае в виде паштета.

02.12.21

Ледяные хлопья опускаются на московскую зимнюю жижу, под неутешительные дорожные прогнозы замуровывая автолюбителей и пассажиров, которые осмеливаются добираться до пункта Б наземным транспортом.

Экипажу корабля SIRIUS-21 «не страшны ни дождь, ни слякоть» — внутри гермообъекта поддерживается стабильная температура с незначительными колебаниями. Пожалуй, наибольшему изменению подвержен газовый состав среды обитания. Уровень CO_2 особенно возрастает во время физической активности. С началом декабря мы покончили с гиподинамией и приступили к тренировкам. Вчера тестировали велоэргометр на субмаксимальной нагрузке. Сегодня нам предстоит начать тренировки на пассивной и активной беговых дорожках. Кроме этого, мы празднуем пятидесятилетие объединения Арабских Эмиратов. ЦУП передел наземный пункт управления в национальные флаги. Наш коллега принимает поздравления и угощает национальными сладостями. Нет предела восторгу — и пусть на слух это так же приторно-сладко, как вкус пахлавы.

09.12.21

Позади треть декабря. Ребята говорят, до окончания изоляции осталось всего шесть месяцев, потому что последний месяц не учитывается — будем готовиться к приземлению, и он пролетит незаметно. Несколько дней назад космическая бездна поглотила нашего стойкого товарища — мы отшлюзовали Н. Родилось странное ощущение умножившейся пустоты: «бочка» стала шире.

Вообще, любой стрессовый триггер здесь, в металлических стенах, концентрируется и воздействует, умножаясь на три. Но как раз для этого мы здесь: ощутить, примерить на себя все тяготы длительной изоляции, чтобы передать этот опыт следующим экспедициям. Мы привыкаем к новым условиям. Главное сейчас — перераспределение обязанностей и ресурсов для успешного продолжения миссии.



Фото сделано экипажем миссии

Продолжение следует в новых выпусках журнала!

© Плетнер К.В., Гесс Л.А., 2021

История статьи:

Поступила в редакцию: 23.10.2021

Принята к публикации: 08.11.2021

Модератор: Дубовик А.Г.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Плетнер К.В., Гесс Л.А. SIRIUS-21: записки космического врача из Асгардии // Воздушно-космическая сфера. 2021. № 4. С. 10 – 19.

EXTRAVEHICULAR ACTIVITY ВНЕКОРАБЕЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ





Natalia L. BURTSEVA,

Professor, Department of Journalism, Institute of Mass Media,
Russian State University for the Humanities, postgraduate student,
Korolev, Russia,
natalya.burtseva@rsce.ru

Наталья Леонидовна БУРЦЕВА,

преподаватель факультета журналистики Института
массмедиа РГГУ, аспирант, Королёв, Россия,
natalya.burtseva@rsce.ru

Extravehicular activity – this is how cosmonauts call exit into airless, unsupported space outside the Earth. Under the everyday words "typical operations" there is such work, where the price of a mistake, the price of simple connivance, is death. A person is one-on-one with an aggressive environment. However, every cosmonaut strives to look at the Earth through the helmet of the spacesuit, and not just from the window. Since the beginning of the space era, there have been almost 500 space walks in the world, three of which were performed by pilot-cosmonaut, Hero of Russia Oleg Novitsky. On October 17, 2021, after six months on the ISS, he returned from orbit.

Внекорабельная деятельность — так называют космонавты выход в открытый космос — безвоздушное, безопорное пространство за пределами Земли. Под будничными словами «типовые операции» скрывается такая работа, где цена ошибки, цена простого попустительства — смерть. Человек один на один с агрессивной средой. Однако каждый космонавт стремится взглянуть на Землю через шлем скафандра, а не только из иллюминатора.

С начала космической эры в мире совершено почти 500 выходов в открытый космос, три из которых совершил Олег Новицкий — летчик-космонавт, Герой России. 17 октября 2021 года, после полугода на МКС, он вернулся с орбиты.

Олег Викторович НОВИЦКИЙ — российский космонавт, космонавт-испытатель Научно-исследовательского испытательного центра подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина, полковник.

Порядковый номер среди участников космических полетов — **114** (СССР и России), **529** (мира).

Герой Российской Федерации, обладатель почетного звания «Летчик-космонавт РФ» (2014).

Награжден орденом «За заслуги перед Отечеством» IV степени (13 ноября 2018 г.), медалями Министерства обороны Российской Федерации: «За участие в боевых действиях», «За воинскую доблесть» II степени, «За отличие в военной службе» I, II и III степени, «За службу в Военно-воздушных силах», «За личное мужество».

Кавалер ордена Почетного легиона.



— **Олег Викторович, как в целом оцениваете проделанную работу?**

— Пусть прозвучит пафосно, но пафос здесь оправдан — это стало исполнением мечты. Космонавт, который готовится по полной программе к работе на орбите, и должен реализовать себя по полной программе. К сожалению, в первых двух полетах внекорабельной деятельности не было, зато в третьем я отработал каждый — за все сразу. И получил истинное удовольствие!

— **А как долго космонавт готовится к внекорабельной деятельности?**

— С самого начала общекосмической подготовки. На этапе отработки типовых операций каждый из нас участвует в учебной ВКД. А непосредственно перед полетом начинается подготовка к конкретному выходу, запланированному программой, — на тренажерах, в гидролаборатории. Это достаточно длительный период. Все этапы подготовки к ВКД важны в совокупности, поскольку каждый представляет собой подготовку в каком-то узком и важном секторе. В гидролаборатории мы работаем особенно долго. Именно здесь начинаешь понимать, как распределять ресурсы, чтобы хватило на весь реальный выход. Нахождение в барокамере — важнейший психологический момент, потому что ты пребываешь в вакууме. И понимаешь, что среда, которая тебя сейчас окружает, — по сути та же, в которой тебе предстоит оказаться.

Такой опыт делает нас сильнее.

— **Помните свой первый вход в скафандр «Орлан-МКС»?**

— Конечно! Когда я вошел в него, понял, что придется полностью довериться ему — автономной работе всех его систем. Было немного не по себе. Но очень скоро я понял, что работать в нем комфортно и безопасно. Это лучшее изобретение для космоса. Все жизненно важные системы дублированы, и надежность его на-



столько высока, что ты можешь абсолютно спокойно работать 7–8 часов, абсолютно ни о чем лишнем не задумываясь.

С каждым выходом становилось легче — привыкаешь к этому другу-костюму и уже чувствуешь, как, что и когда надо делать.

— Удивил ли вас вид Земли при взгляде на нее через остекление скафандра, а не через иллюминатор станции?

— Вау-эффект настиг меня на втором выходе. Потому что в первый раз я был максимально сосредоточен на работе, требовалось быть очень внимательным. Даже времени не нашел взглянуть на Землю. Хотелось скорее приступить к своим обязанностям и выполнить их хорошо — насколько это возможно.

— Каковы отличия реального выхода от тренировок?

— Разница, разумеется, колоссальная. В реальной работе есть совокупность всех ощущений: и продолжительность, и распределение внима-



Гидролаборатория Центра подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина — сложное сооружение, в состав которого входит комплекс технологического оборудования, специальных систем, аппаратуры и механизмов. Это одно из основных тренажных средств подготовки космонавтов к внекорабельной деятельности на всех этапах на российском сегменте Международной космической станции по комплексной программе «Выход».

Для работы под водой полагается три аквалангиста на одного оператора в скафандре. Также есть специалист, занимающийся подводной фото- и видеосъемкой. Отдельно присутствуют аквалангисты, которые работают с материальной частью, подают инструменты, балластируют оборудование.

В толще воды, в условиях земной гидроневесомости, космонавты устанавливают новые поручни для передвижения, заменяют вышедшую из строя антенну и прокладывают кабели для научной аппаратуры — словом, делают все, что им предстоит в открытом космосе.



”

— Для тренировок космонавтов лучше гидролаборатории ничего не придумаешь. В воде действовать, с одной стороны, даже сложнее, чем в невесомости, — есть сопротивление воды. Поэтому когда мы отрабатывали выход здесь, в космосе он проходит проще.

”



Михаил КОРНИЕНКО,
летчик-космонавт, Герой России

ния, и вакуум, работа по циклограмме, общение с ЦУП. Но в каждый из этих моментов ловил себя на мысли: «Как хорошо, что мы заранее все отработали!»

— Скафандр был специально собран на вас или подгоняли?

— Подгоняли, но так, что это сравнимо с индивидуальным пошивом. Мы работали от НПП «Звезда» с Геннадием Глазовым. Индивидуальную подгонку скафандра произвели идеально. В открытом космосе я это оценил.

— В прессе сложно найти комментарии по поводу этого знаменитого скафандра «в работе». Почему, как думаете?

— Верно, в результате наших выходов журналисты остались без своего хлеба — информационного повода. Думаю, оттого, что мы прислушивались к специалистам «Звезды» и делали все правильно. За все три выхода у нас не было ни синяков, ни потертостей, и мы не похудели. Руки немного устали — это да, поскольку вся работа выполняется руками. Но в плане готовности к следующему выходу мы каждый раз были в форме и чувствовали себя хорошо.

— Значит, можно сказать, вы подружились со скафандром?

— Да, мы однозначно подружились с «Орланом». Потому что к скафандру относишься как к живому существу. Особенно после выхода — в прямом смысле испытываешь благодарность. Ты за ним ухаживаешь, чистишь, сушишь, настраиваешь системы, готовишь к следующему выходу и понимаешь: как ты относишься к нему, так же он ответит тебе в своей работе.

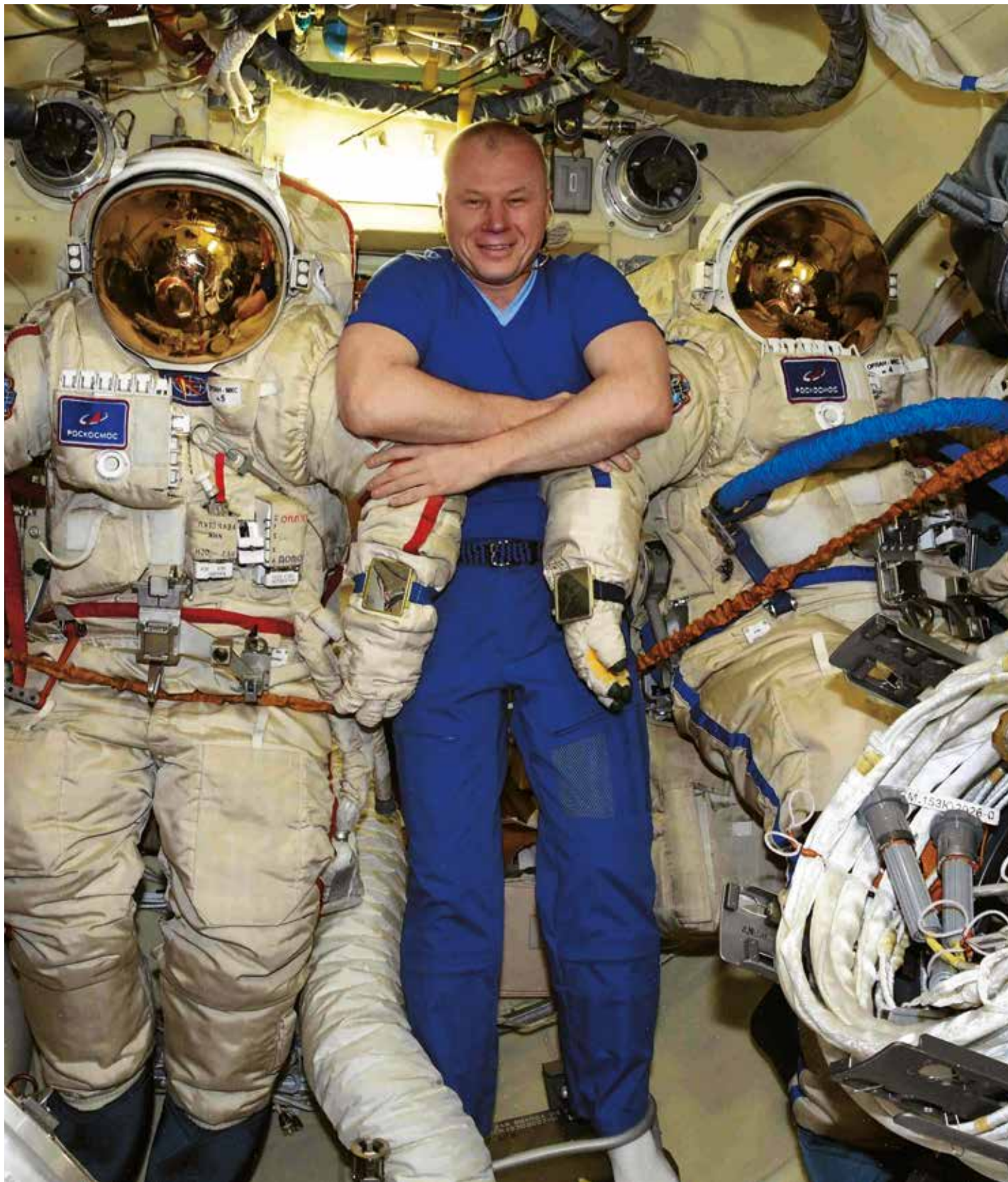
— Погрузились бы еще раз в скафандр?

— С удовольствием! Это по-настоящему мужская работа — тяжелая, но приятная. Есть, что называется, отдача! В хорошем смысле.

— А пожелания к усовершенствованию костюма у вас есть? Что, по-вашему, можно изменить в лучшую сторону?

— Я бы увеличил обзор шлема в прозрачной части. Возможно, стоит еще расширить размерный ряд перчаток. К счастью, все наши пожелания отправляются напрямую в НПП «Звезда» и учитываются.

Отмечу, что система терморегулирования работает отлично. В «Орлане-МК» (предыдущая версия скафандра. — Прим. ред.) надо было самому контролировать тепло — холод. А здесь — все выставили и забыли. Мне было комфортно как на световой стороне, так и на теневой.

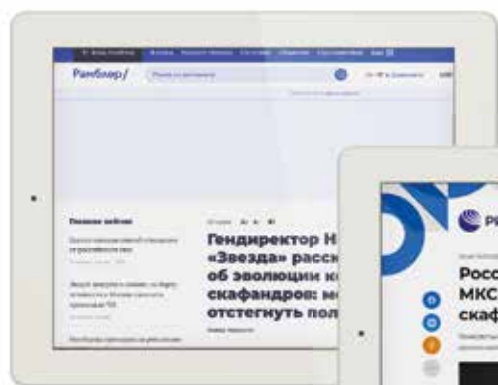


А ЧТО У НАС СО СКАФАНДРАМИ?

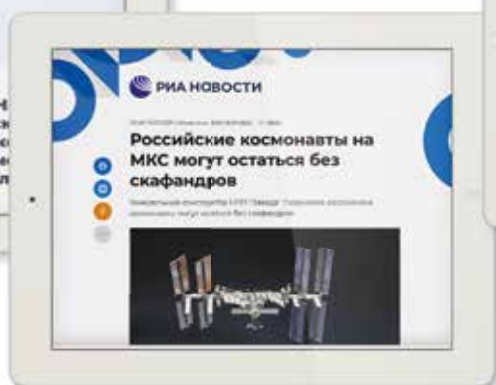
Фотограф – Кристина Мережка
Photographer – Kristina Merezka



Редакции журнала не раз приходилось обращать внимание на сообщения других СМИ о технических и административных проблемах, связанных с производством скафандров «Орлан».



<https://news.rambler.ru/tech/46857823-gendirektor-npo-zvezda-rasskazal-ob-evolyutsii-kosmicheskikh-skafandrov-mozhno-otstegnut-polovinu/>



<https://ria.ru/20210719/skafandr-1741800140.html>



<https://vz.ru/news/2021/7/19/1109650.html>

Чтобы прояснить ситуацию, мы поручили нашему корреспонденту побеседовать с главным специалистом НПП «Звезда» Геннадием Глазовым.

С 1975 года Геннадий Михайлович — инженер по изделию «Орлан». Все скафандры для ВКД прошли через его руки: создание, испытания, эксплуатация на орбитальных станциях — невероятно кропотливая работа. С 1977 года он участвовал в подготовке всех космонавтов, которые готовились к выходу в открытый космос, и помогал подгонять «Орланы» для каждого из них. Он может ответить на любой вопрос о скафандре, так как сам провел в нем не один час, и неизменно присутствовал на операциях в ЦУП.

Специально для «Воздушно-космической сферы» Геннадий Глазов поделился планами на 2022 год и рассказал о перспективах работы.



Геннадий Глазов — главный специалист НПП «Звезда»



Научно-производственное предприятие «Звезда» имени Г. И. Северина (ранее — завод № 918 МАП) — российское предприятие-разработчик систем жизнеобеспечения высотных полетов и космических исследований, средств спасения при авариях и систем дозаправки самолетов топливом в полете.

Направления научных разработок включают в себя космические скафандры, катапультные кресла, средства аварийного покидания самолетов, кислородное оборудование для пилотов самолетов, спасательные жилеты, огнетушители, другую спасательную, альпинистскую и медицинскую технику.



— Как мы понимаем, «Орлан-МКС» — это самый современный скафандр? Как много сейчас скафандров для ВКД?

— «Орлан-МКС» — последняя модификация скафандров семейства «Орлан», которые в данный момент эксплуатируются на МКС. Их сделано немного. Если раньше «Орланы-Д», «Орланы-ДМА» изготавливали десятками — и для испытаний, и для тренировок, и для работы на борту, — сейчас их в разы меньше. В штатном варианте «Орланов-МКС» существует всего пять: два для испытаний и три для эксплуатации на борту станции.

К сожалению, один из скафандров во время доставки на МКС был утрачен. Это произошло в 2016 году при аварийном запуске грузового корабля «Прогресс». Сейчас на борту всего два действующих «Орлана-МКС». К сожалению, это противоречит практике. На борту должно находиться три скафандра: для замены в случае неисправности. Мы стараемся бережно относиться к каждому, чтобы обеспечить программы полетов.

— Насколько насыщенным по ВКД планируется 2022 год?

— В 2022 году запланировано 10 выходов. Такого давно не было, но для ввода в строй модулей «Наука» и «УМ» необходимо выполнить именно это количество выходов. Запланировано испытание манипулятора ERA — это аналог манипулятора, который есть на американском сегменте.

— Каков срок службы скафандра? Справятся ли «Орланы» с поставленной задачей?

— Срок службы этих скафандров — 5 лет, но время летит быстро. На одном скафандре уже 9 выходов, на втором — 7. Формальное количество всех выходов, допущенных по документации, — 15.

«Орланы МК» были надежными скафандрами и эксплуатировались на станции почти 10 лет. И даже состоялся выход, в котором один космонавт был в «Орлане-МК», а один — в только что прибывшем «Орлане-МКС». У первого на тот момент срок службы составлял более 8 лет.

На Земле «Орлана-МКС» для доставки на орбиту нет, поскольку те два, что остались после испытаний, уже выработали свой ресурс.

— Простая математика: 9 совершенных выходов плюс запланированных 10. Скафандры будут работать сверх проверенных норм?

— Мы надеемся, что скафандры, находящиеся на орбите, справятся с существенно возросшей нагрузкой. Если что-то пойдет не по плану — будем ремонтировать. Ведь и раньше бывали проблемы с отказами, которые приходилось устранять прямо на борту станции: доставляли необходимые агрегаты для замены, писали методики для ремонта.

От отказов никто не застрахован. У американцев, например, они происходят часто.

— А может ли космонавт или астронавт выйти в открытый космос в другом скафандре? Например, американцы — в нашем, или мы — в американском?

— Космонавт Геннадий Падалка и астронавт Майкл Финк выходили в скафандрах «Орлан-М» для устранения неисправности на американском сегменте. В июле 2004 года оказалось, что из трех американских скафандров два вышли из строя и требовали ремонта.

Тогда экипаж состоял из трех человек, и они предварительно тренировались в обоих типах скафандров — наши в скафандрах ЕМУ, американцы — в «Орланах», была взаимозаменяемость. Когда выяснилось, что в ЕМУ нельзя выходить, они вышли в «Орланах» и устранили неисправность.



Скафандр «Орлан-МКС» и его предшественники

«Орлан-Д» — долговременный, «Орлан-ДМ» — модернизированный. Оба скафандра во время ВКД работали по электрофалу (электрофал — провод, по которому в скафандр поступает электричество, когда космонавт еще находится на борту. — *Прим. ред.*). А когда возникла необходимость в полной независимости от рабочих систем станции, создали «Орлан-ДМА» — автономный, со своей радиостанцией, аккумулятором.

На завершающем этапе работы станции «Мир» появился «Орлан-М». Впоследствии его модернизировали, и первые «Орланы», которые работали на МКС, — тоже «Орланы-М».

Следующий, «Орлан-МК», имел встроенный компьютер, который отображал работу систем на дисплее скафандра и самостоятельно их контролировал, если не было связи с ЦУП. Этот компьютер мог показывать отклонения всех показателей, он выдавал необходимую информацию для выхода из нештатной ситуации.

А самый последний — «Орлан-МКС» — синтетический. Для него разработали систему, не имеющую аналогов в мире, — автоматическое терморегулирование. Все космонавты без исключения положительно оценивают эту систему — она работает по принципу «включил и забыл». Космонавты, не отвлекаясь от выполнения задач ВКД, пребывают в комфортном состоянии: не перегреваются и не переохлаждаются.



Наталья Бурцева — корреспондент «ВКС», Дарья Симакина — начальник Центра просвещения НПП «Звезда», Геннадий Глазов

Изначально этот выход планировали осуществить 10 июня в американских скафандрах ЕМУ, все наземные службы и экипаж корабля готовились именно к этой дате. Однако в процессе генеральной репетиции вдруг обнаружилось, что в одном из скафандров не работает система охлаждения. От американского оборудования пришлось отказаться и задействовать российские скафандры «Орлан-М». В связи с этим был пересмотрен весь график орбитальных работ: Падалке и Финку пришлось выходить в открытый космос из российского сегмента МКС, и сам эксперимент был перенесен на 16 июня (прим. ред.).

— Олег Новицкий в этом полете трижды вышел в открытый космос. Помните, как он готовился к своей ВКД?

— Все космонавты стремятся к выходу в открытый космос. Это очень яркие эмоции и большие впечатления. Готовился Олег Новицкий тщательно, изучал качество подгонки на Земле.

”

— «Орлан-МКС» — это лучший костюм в моей жизни. Благодаря коллективу НПП «Звезда» у нас есть такие скафандры. Я был рад работать с ними в процессе его создания и испытаний на Земле и горжусь этим сотрудничеством. Во внекорабельной деятельности «Орлан-МКС» показал себя блестяще: комфортная температура, удобство в движениях, отличная слышимость. Надеюсь, что многие технологические находки, к которым мы пришли в процессе разработки и испытаний, найдут применение и в будущих скафандрах НПП «Звезда».



Федор Николаевич ЮРЧИХИН
был первым космонавтом, который испытывал скафандр «Орлан-МКС»



Испытания очередных усовершенствований скафандра «Орлан-МКС». Артем Шибалов — инженер первой категории — и Андрей Радзивинович — техник (слева направо)





Тренировка по скафандру проводится и на борту: ведь работа в нем продолжительна, в среднем восемь часов. А были выходы с пребыванием почти в одиннадцать часов. Поэтому очень тщательно все подгоняют. Если что-то сделано не идеально, во время выхода уже не исправишь, придется терпеть неудобства.

Все космонавты, которые приходят в отряд, на завершающем этапе подготовки обязательно должны проходить тренировку в барокамере. 100 километров вакуума — и ты один в «Орлане». Он ни разу не подводил.

— А что дальше? Сейчас работаете над усовершенствованием «Орлана»?

— Все зависит от задач и целей высшего руководства, заказчиков. В НПП «Звезда» идет постоянная работа: повышаем подвижность скафандра, совершенствуем его характеристики, прислушиваясь непосредственно к тем, чья жизнь зависит от качества изделия, — космонавтам. При условии продолжения работы предприятия и адекватного финансирования можно многое сделать для того, чтобы «Орлан» стал еще лучше, а также появились новые уникальные скафандры.

Европейский манипулятор ERA (European Robotic Arm) — дистанционно управляемый космический робот-манипулятор, созданный Европейским Космическим Агентством для сборочных работ и обслуживания Российского сегмента МКС



© Бурцева Н.Л., 2021

История статьи:

Поступила в редакцию: 21.11.2021

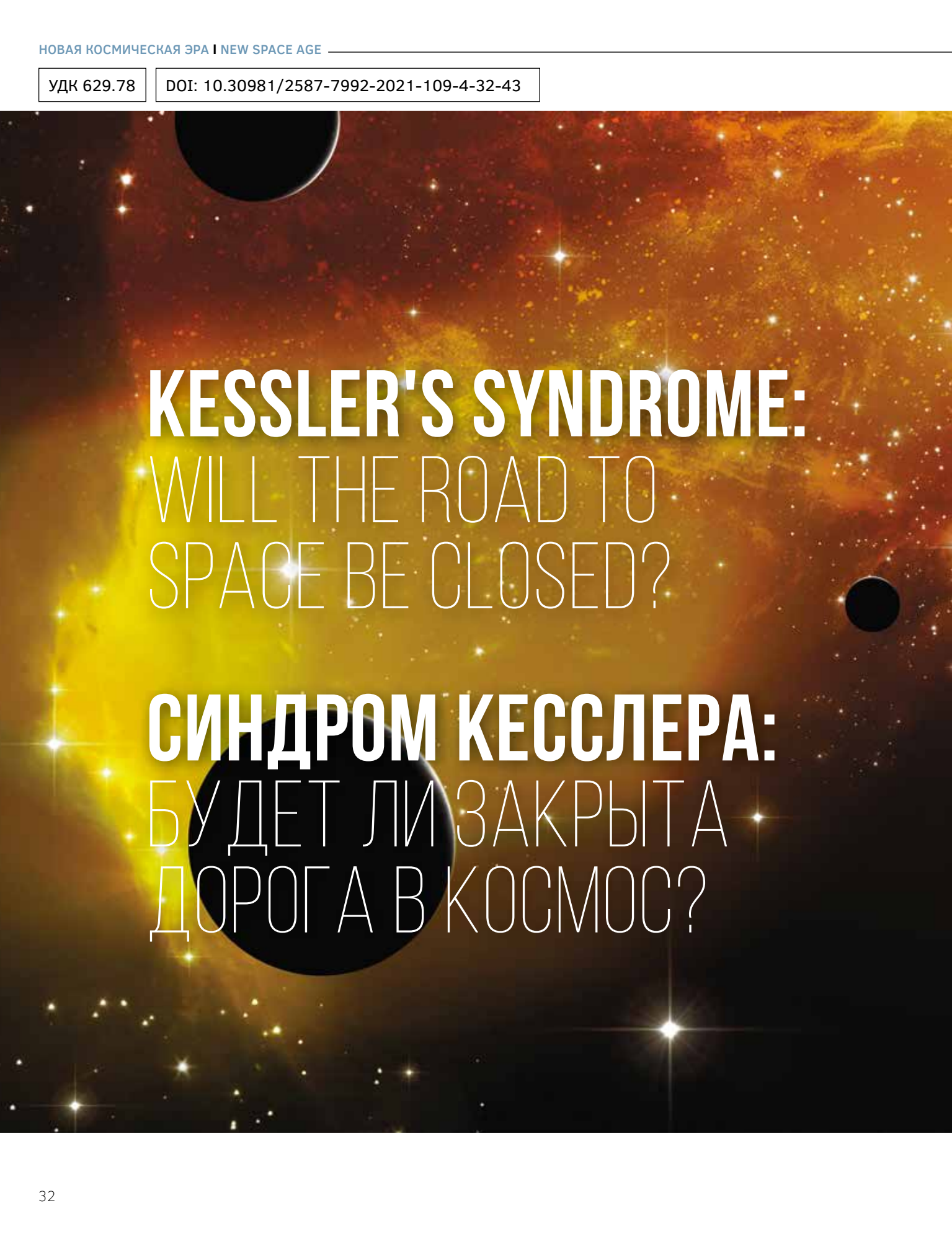
Принята к публикации: 07.12.2021

Модератор: Гесс Л.А.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Бурцева Н.Л. Внекорабельная деятельность // Воздушно-космическая сфера. 2021. № 4. С. 20 – 31.



KESSLER'S SYNDROME: WILL THE ROAD TO SPACE BE CLOSED?

СИНДРОМ КЕССЛЕРА: БУДЕТ ЛИ ЗАКРЫТА ДОРОГА В КОСМОС?



Valery Yu. KLYUSHNIKOV,
Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher,
Chief Researcher of Central Research Institute of Mechanical Engineering,
Roscosmos, Moscow, Russia,
wklj59@yandex.ru

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

ABSTRACT | The article deals with the precedents and physical mechanisms of collisions of space objects. Factors contributing to the onset of an uncontrolled process of cascade collisions of space debris fragments — Kessler syndrome are analyzed.

Keywords: *space debris fragment, near-earth space, collision, Kessler syndrome*

АННОТАЦИЯ | В статье рассмотрены прецеденты и физические механизмы столкновений космических объектов. Проведен анализ факторов, способствующих наступлению неконтролируемого процесса каскадных столкновений фрагментов космического мусора — синдрома Кesslera.

Ключевые слова: *фрагмент космического мусора, околоземное космическое пространство, столкновение, синдром Кesslera*

Рис. 1. Загрязнение околоземного космического пространства



ВВЕДЕНИЕ

Околоземные орбиты становятся все более похожими на свалку космического мусора (КМ). Одних только крупных техногенных объектов — размером более 10 см — в космосе находится уже более 34 тысяч. Количество фрагментов размером от 1 см до 10 см — порядка 1 млн, и более 120 млн — размером менее 1 см (рис. 1). Даже мелкие объекты, двигаясь с космической

скоростью, могут полностью уничтожить или вывести из строя работающий спутник в случае столкновения с ним. И таких случаев становится все больше. В недалеком будущем может наступить ситуация, когда цепная реакция разрастания космического мусора сделает использование космического пространства невозможным.

Гипотеза о каскадном саморазмножении космического мусора в результате взаимных столкновений обломков впервые была выдвинута консультантом НАСА Дональдом Кесслером в 1978 году [1].

В статье анализируется реальная опасность синдрома (эффекта) Д. Кесслера, а также способы и сценарии очистки околоземного пространства от космического мусора в случае реализации эффекта.

ГИПОТЕЗА О КАСКАДНОМ САМОРАЗМНОЖЕНИИ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА В РЕЗУЛЬТАТЕ ВЗАИМНЫХ СТОЛКНОВЕНИЙ ОБЛОМКОВ ВПЕРВЫЕ БЫЛА ВЫДВИНУТА КОНСУЛЬТАНТОМ НАСА ДОНАЛЬДОМ КЕССЛЕРОМ В 1978 ГОДУ.

1. СОСТОЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКОЛОЗЕМНОГО КОСМОСА

С 1957 года масса находящихся на орбите объектов неуклонно возрастала и в настоящее время составляет почти 8000 т, а число каталогизированных объектов, которые можно отслеживать с Земли (размером 10 см на низких околоземных орбитах (НОО) или размером 1 м в области геостационарной орбиты (ГСО)), достигло 26000 (рис. 1) [2]. Такой значительный рост может показаться удивительным с учетом того, что число успешных запусков существенно уменьшилось (140 в 1967 году и 52 в 2005 году) и на протяжении более чем 20 лет, а именно с 1995 года, применяются международные нормы, призванные противодействовать росту засоренности орбит.

ПОЛОВИНУ КАТАЛОГИЗИРОВАННЫХ ОБЪЕКТОВ СОСТАВЛЯЮТ ЦЕЛЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ, ОТРАБОТАВШИЕ СПУТНИКИ, ОСТАВШИЕСЯ НА ОРБИТЕ ВЕРХНИЕ СТУПЕНИ И ОТХОДЫ КОСМИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ. ВТОРАЯ ПОЛОВИНА – РАЗЛИЧНОГО РАЗМЕРА ФРАГМЕНТЫ, ВОЗНИКШИЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ СТОЛКНОВЕНИЙ ИЛИ ВЗРЫВОВ НА ОРБИТЕ.

В настоящее время из 26000 занесенных в каталог объектов около 2700 являются действующими спутниками, а остальные — космическим мусором, на долю которого приходится 92% находящихся на орбите объектов. Наиболее засорены низкие околоземные орбиты в диапазоне высот от 600 до 1200 км и область геостационарной орбиты на высоте 35800 км. Половину каталогизированных объектов составляют целые элементы — отработавшие спутники, оставшиеся на орбите верхние ступени и отходы космических операций, а вторую половину составляют различного размера фрагменты, возникшие в результате столкновений или взрывов на орбите.

Помимо этих занесенных в каталог крупных объектов на околоземных орбитах находится около 900000 объектов размером более 1 см и свыше 128 млн объектов размером более 1 мм.

Конечно, пространственная плотность космического мусора крайне невелика и в наиболее засоренных областях околоземного космоса составляет максимум 0,1 объекта на 1 млн км³ (10^{-7} – 10^{-8} км⁻³) [3]. Тем не менее уже сейчас имеются прецеденты столкновений космических объектов на орбите, после которых наблюда-

лось скачкообразное увеличение плотности загрязнения отдельных областей околоземного космического пространства.

2. СТОЛКНОВЕНИЯ НА ОРБИТЕ

Первое естественное столкновение спутника с орбитальным мусором произошло уже в 1996 году [4], а о другом столкновении сообщалось в 2002 году [5].

Первым космическим объектом, разрушившимся в космосе, оказалась вторая ступень РН Thor-Ablestar, которая в июне 1961 года вывела на орбиту спутник Transit 4A [6]. Взрыв был связан с самовоспламенением остатков топлива в последней ступени РН (аэрозин-50 — смесь гидразина и несимметричного диметилгидразина). В период с 1973 по 1981 год взорвалось не менее семи вторых ступеней РН Delta [7].

13 ноября 1986 года на орбите разрушилась третья ступень РН Ariane. Фрагментация произошла в точке с подспутниковыми координатами 7° северной широты, 42° восточной долготы на высоте 805 км, наклонение орбиты — 98,7°. Разрушение РН Ariane могло произойти в результате удара небольшого фрагмента КМ по топливному баку, находящемуся под давлением. Всего образовалось 463 фрагмента ступени Ariane [8].

3 июня 1996 года на орбите взорвалась четвертая ступень HAPS (Hydrazine Auxiliary Propulsion System) РН Pegasus (США) с остатками самовоспламеняющегося топлива. Ступень находилась на орбите высотой 625 км; при ее взрыве образовалось примерно 150 некаталогизированных обломков на высотах 300 – 1600 км [9].

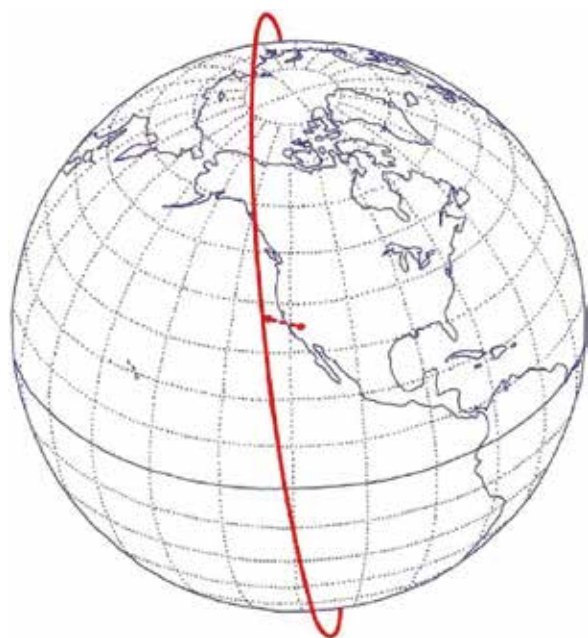
Последующие разрушения космических аппаратов и ступеней ракет-носителей на орбите, помимо самовоспламенения остатков топлива, были связаны также с взрывами никель-кадмиевых аккумуляторных батарей (например, в 2015 году в спутниках DMSP-F13 [10] и NOAA-16 [11]), а также с преднамеренными и случайными столкновениями.

Так, в 1980-х годах США осуществили два эксперимента с преднамеренными столкновениями в космосе.

В результате первого из этих экспериментов, проведенного 13 сентября 1985 года при помощи противоспутниковой авиационно-космической системы ASAT, был разрушен спутник наблюдения за Солнцем Solwind P78-1 (рис. 2, 3)¹. Скорость встречи кинетического блока системы ASAT со спутником в точке с подспутниковыми координатами 40° северной ши-

¹ 13 сентября 1985 года перехватчик F-15 взлетел с Edwards Air Force Base и, набрав на форсаже высоту 24 384 м, практически из вертикального положения произвел пуск ракеты по спутнику Solwind P78-1, обращающемуся на высоте 555 км. Цель была поражена с первого раза [12].

Рис. 2. Схема поражения спутника Solwind P78-1



роты, 232° восточной долготы, на высоте 525 км, составила порядка 7 км/с, угол — порядка 50° .

Через 11 часов в результате разрушения спутника Solwind образовалось 267 фрагментов [13].

Данные радиолокационных наблюдений за образовавшимися фрагментами спутника позволили оценить распределение фрагментов КМ по скоростям. Группы осколков со схожими возмущениями скорости были интерпретированы как признаки последовательной фрагментации [14]. Дело в том, что при гиперскоростном столкновении, в результате соударения, в обоих столкнувшихся объектах под воздействием ударных волн образуются поверхностные трещины, приводящие к их разрушению. Неполные трещины в разлетающихся фрагментах, в свою очередь, распространяются дальше, образуя новые фрагменты. Причем изменения импульсов дополнительных фрагментов идентичны по направлению и величине. Этот факт и позволил зафиксировать явление последовательной фрагментации космических объектов при их столкновении. По сути — это некий аналог цепного (каскадного) процесса разрушения.

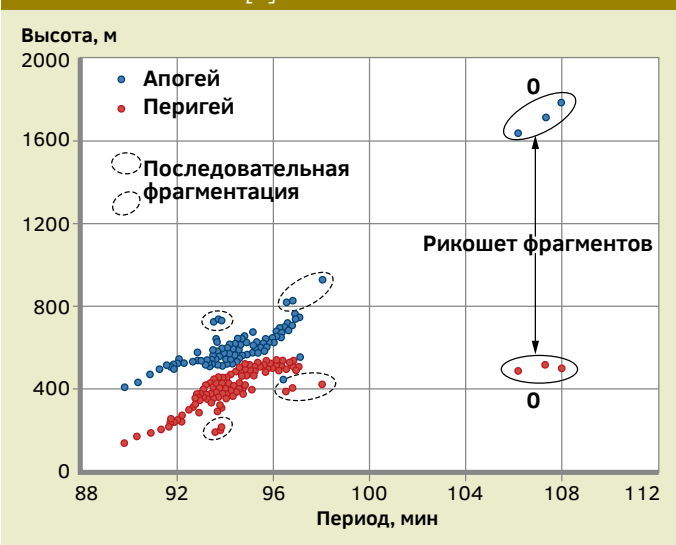
Другой важный вывод из эксперимента Solwind — возможность образования в процессе разрушения космического объекта фрагментов, обладающих аномально большой скоростью (и энергией) по сравнению со скоростями столкнувшихся объектов (рис. 3, фрагменты группы 0).

Анализ диаграммы Габбарда для фрагментации спутника Solwind P78 привел к предположению, что фрагменты КМ группы 0 (рис. 3) на самом деле являются следствием рикошетного явления в космосе [14].

Второй эксперимент, Delta 180, был проведен 5 сентября 1986 года Организацией по стратегической оборонной инициативе (Strategic Defense Initiative — SDIO). В ходе запланированного эксперимента управляемый разгонный блок (полезная нагрузка) PH Delta массой 930 кг был направлен на 1370-килограммовую вторую ступень этой же ракеты. Столкновение произошло над Тихим океаном в точке с подспутниковыми координатами $14,82^\circ$ северной широты, $167,7^\circ$ восточной долготы, на высоте 217,5 км, при относительной скорости 3 км/с, угол встречи — $19,1^\circ$ [15]. За столкновением специалисты наблюдали при помощи радара с фазированной антенной решеткой, расположенного на атолле Кваджалейн. Относительно небольшая высота столкновения гарантировала, что основная часть фрагментов КМ, образовавшихся в результате столкновения, войдет в атмосферу и сгорит в течение от нескольких дней до нескольких месяцев.

Эксперимент Delta 180 дал новые неожиданные результаты в феноменологии столкновений в космосе [15]. Разгонный блок и вторая ступень ракеты образовали собственные облака фрагментов КМ (соответственно, облако из 191 фрагмента разгонного блока на орбите с наклонением 39° и облако из 190 фрагментов второй ступени ракеты на орбите с наклонением

Рис. 3. Диаграмма Габбарда для фрагментации спутника Solwind P78-1 [8]



ем 23°), что свидетельствует о практическом отсутствии передачи импульса при столкновении (рис. 4). Импульс был передан всего лишь нескольким фрагментам, разбросанным между двумя облаками. И четыре фрагмента КМ, по два принадлежащих каждому облаку, были выброшены на высокоэнергетические орбиты с большим возмущением скорости, напоминающим «рикошетирующие фрагменты» при разрушении спутника Solwind [14].

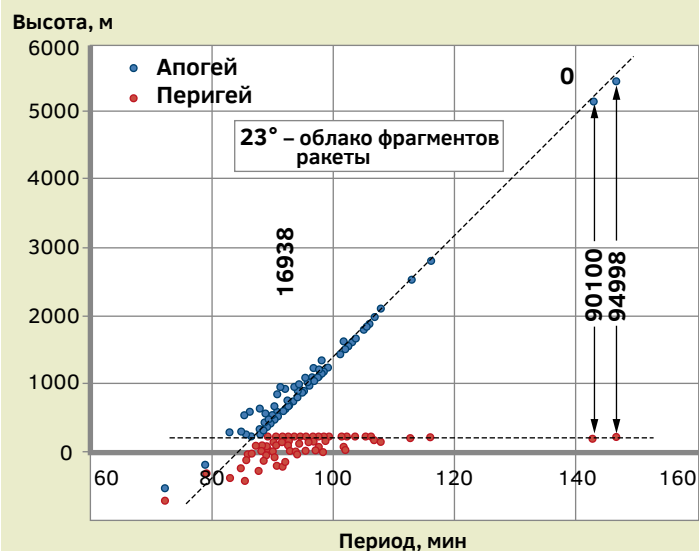
11 января 2007 года КНР провела аналогичный эксперимент с разрушением своего метеорологического спутника Fengyun-1C [16]. Разрушение спутника произошло в точке с подспутниковыми координатами 35° северной широты, 100° восточной долготы, на высоте 860 км. Относительная скорость соударения кинетического блока и спутника составляла 8 км/с, угол встречи — 288° .

Этот эксперимент почти следовал сценарию Solwind P78-1, но энергия, затраченная на разрушение спутника, была более высокой, в связи с чем образовалось самое большое количество отслеживаемых фрагментов в истории фрагментации спутников на орбите [16]. Было каталогизировано более 3000 отслеживаемых фрагментов Fengyun-1C, что составляет более 50% от объема орбитальной группировки КМ, наблюдавшейся на тот момент [17, 18].

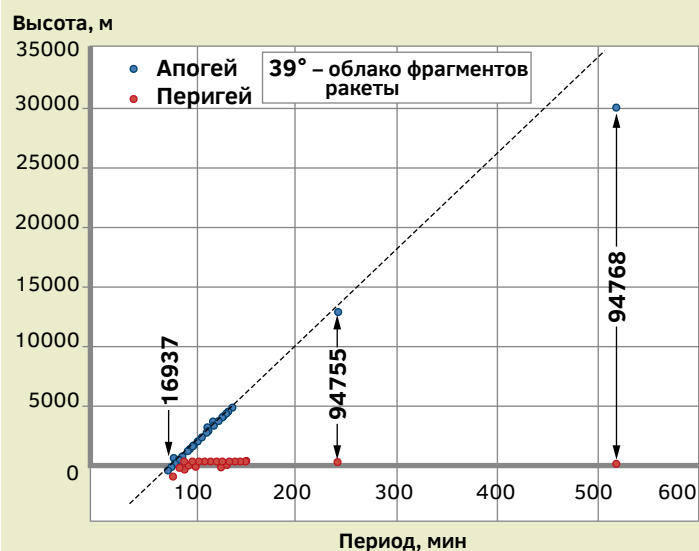
На рис. 5 представлены данные о динамике роста наблюдаемых фрагментов космического мусора с начала космической эры до 2015 года. Как видно из графика, к скачкообразному росту орбитальной группировки КМ действительно приводили крупные события, связанные с взрывами и столкновениями космических аппаратов, а также последних ступеней ракет-носителей.

Следует также учитывать, что на околоземных орбитах находится множество мелких некаталогизированных фрагментов КМ, способных вывести из строя космический аппарат. Так, энергия столкновения спутника с частицей КМ размерами всего лишь 1 мм составляет 1 килоджоуль, что эквивалентно энергии шара для боулинга, брошенного со скоростью 100 км/ч [2]. Согласно результатам ряда исследований, вероятность потери спутника из-за столкновения с КМ за срок активного существования составляет порядка 0,05 [2]. В настоящее время космический мусор является главной причиной выхода из строя спутников, находящихся на орбите. Поскольку мелкий космический мусор по определению является некаталогизированным и потому не отслеживается, предотвратить такие столкновения невозможно.

Рис. 4. Диаграммы Габбарда для фрагментов разгонного блока и ракеты Delta [8]



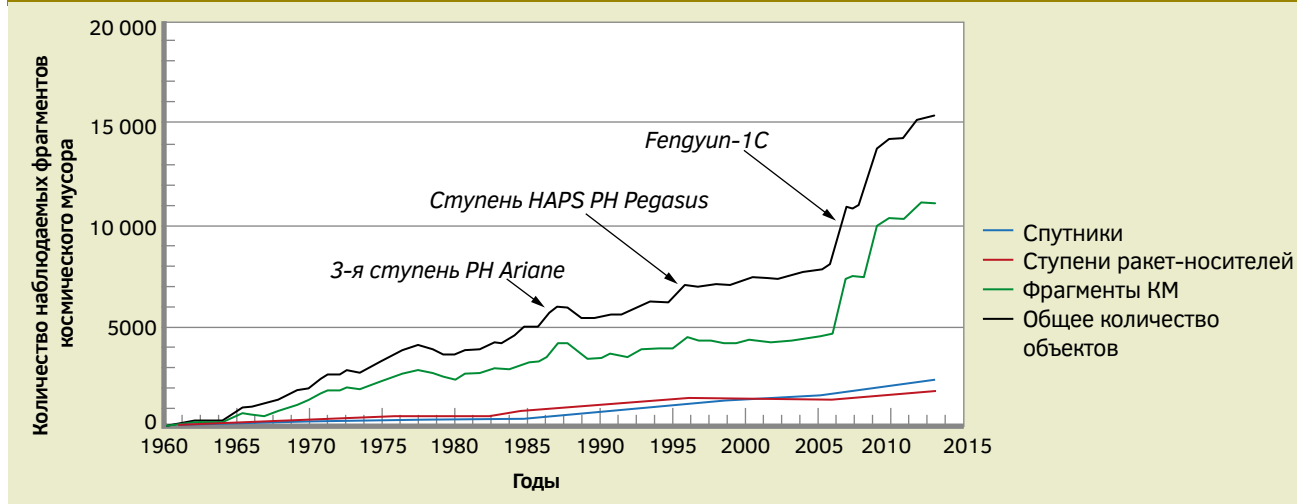
а) Фрагментация второй ступени РН Delta



б) Фрагментация разгонного блока (полезной нагрузки) РН Delta

В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ КОСМИЧЕСКИЙ МУСОР ЯВЛЯЕТСЯ ГЛАВНОЙ ПРИЧИНОЙ ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ СПУТНИКОВ, НАХОДЯЩИХСЯ НА ОРБИТЕ.

Рис. 5. Рост наблюдаемых фрагментов космического мусора [26]



3. СИНДРОМ Д. КЕССЛЕРА: ПОПЫТКИ ПРОГНОЗА

Синдром Кesslerа (также называемый эффектом Кesslerа [19] или каскадом столкновений), описан ученым НАСА Дональдом Дж. Кesslerом (рис. 6) в 1978 году. Он представляет собой сценарий, в котором плотность объектов на околоземных орбитах достигает такого уровня, что столкновения между космическими объектами могут вызвать каскад столкновений: каждое из них порождает обломки, и это увеличивает вероятность дальнейших столкновений [1]. Одним из следствий такого сценария является то, что распространение КМ на околоземных орбитах может сделать исследование, освоение и использование космоса невозможным для многих поколений.

Результаты моделирования, проводимого НАСА и семью космическими агентствами — членами Межагентского координационного комитета по космическому мусору (МККМ), указывают на то, что даже при полном прекращении космической деятельности засоренность околоземных орбит в ближайшие годы будет возрастать [2].

На сегодняшний день существует множество попыток спрогнозировать наступление синдрома Кesslerа на основе различных моделей и сценариев образования космического мусора [20]. Результаты такого прогноза варьируются от отрицания возможности каскадного эффекта до заключения о его наступлении уже сейчас на некоторых орбитах, по крайней мере в среде мелкой, ненаблюдаемой фракции космического мусора.

Экстраполяция текущих темпов роста загрязнения околоземного космического пространства приводит к нестабильной ситуации с экспоненциально возрастающей частотой столкновений (рис. 7).

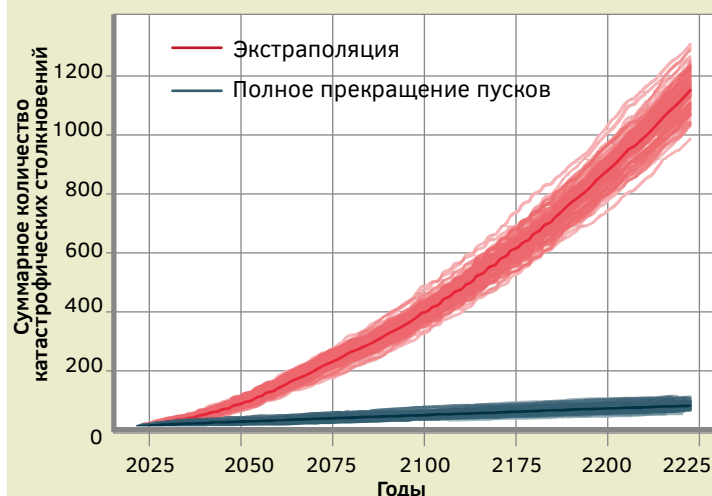
Одним из основных принципов предотвращения образования КМ является удаление космических объектов, прекративших активное существование, из защищаемых областей околоземного космического пространства — низких околоземных орбит и геостационарных орбит, где отсутствует естественный механизм самоочищения [21]. Однако от 20 до 40% спутников на НОО, окончивших активное существование в течение последнего десятилетия, неспособны самостоятельно сойти с орбиты [22].

Рис. 6. Дональд Дж. Кessler



Практически для всех геостационарных спутников, срок активного существования которых истек в течение последнего десятилетия (но они продолжают активно функционировать), предусмотрены мероприятия по их уводу с точек стояния на ГСО. При этом вероятность успешного увода составляет от 0,6 до 0,9 [22].

Рис. 7. Прогноз частоты столкновений на основе модели LEOIADC с учетом принятых сценариев долгосрочного развития космической деятельности [20]



4. ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ТРИГГЕРЫ СИНДРОМА КЕССЛЕРА

Непредсказуемо инициировать каскадный эффект взаимных столкновений космических объектов с фатальными последствиями для космической деятельности в целом способны два фактора:

- увеличение размерности и количества многоспутниковых группировок;
- прекращение активного функционирования крупногабаритных космических аппаратов, по разным причинам длительное время остающихся на своих рабочих орбитах.

За два последних года количество активных и неработающих спутников на НОО увеличилось более чем на 50%, примерно до 5000 (по состоянию на 30 марта 2021 года). Одна только SpaceX собирается добавить еще 11000 спутников по мере создания своей мегагруппировки Starlink и уже подала заявку в Федеральную комиссию по связи (FCC) на разрешение еще 30000 спутников. У других компаний есть аналогичные планы, в том числе у OneWeb, Amazon, Telesat и CW². Всего

сейчас на НОО имеется более 12000 наблюдаемых фрагментов КМ размерами более 10 см.

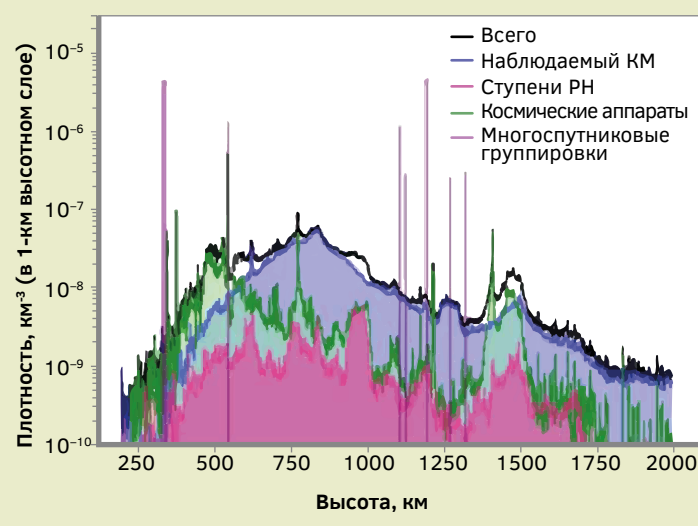
Моделирование долгосрочной эволюции КМ показывает, что область НОО находится на грани начала синдрома Кесслера [24]. Развертывание на НОО многоспутниковых группировок еще больше усугубляет ситуацию (рис. 8). Необходимы безотлагательные меры по очистке области НОО от фрагментов КМ.

Плотность загрязнения некоторых областей НОО, в частности рабочих орбит многоспутниковых группировок, превышает 10^{-6} км^{-3} .

Оценки [24] показывают, что вероятность поражения спутника Starlink на высоте 550 км в течение года фрагментом ненаблюдаемого мусора составляет 0,003. Если поток ненаблюдаемого мусора через орбитальную оболочку толщиной 1 км будет составлять 230 фрагментов в секунду, то существует 50%-я вероятность, что за год произойдет не менее одного столкновения между спутниками и фрагментами КМ.

Даже если столкновения с техногенными фрагментами КМ можно было бы избежать, постоянную угрозу будут представлять метеороиды. Кумулятивный поток метеороидов массой более 10^{-2} г , опасных для спутников, составляет около $1,2 \times 10^{-4}$ метеороидов $\text{м}^{-2} \text{ год}^{-1}$. Для группировки Starlink из 12000 спутников (начальная фаза развертывания) существует примерно 50%-я вероятность более чем 15 столкновений с метеороидами в год.

Рис. 8. Распределение плотности загрязнения низкой околоземной орбиты с учетом многоспутниковых группировок Starlink и OneWeb [22]



²Китайская государственная компания

Рис. 9. Envisat – самый крупный спутник, запущенный Европейским космическим агентством



Одним из основных потенциальных источников КМ, способного образоваться в результате столкновения, является самый большой из объектов, занесенных в каталог КМ, — спутник Envisat (англ. Envisat, Environmental Satellite), запущенный Европейским космическим агентством 1 марта 2002 года и прекративший активное существование 8 апреля 2012 года (рис. 9). Масса спутника составляет 8211 кг. Высота орбиты — 790 ± 10 км, наклонение $98,6^\circ$. Продолжительность баллистического существования спутника на этой орбите составит 150 лет (конечно, при отсутствии столкновений и разрушения).

При определенном соотношении между потоком сведения с НОО КА, прекративших активное функционирование, крупных фрагментов КМ и частотой столкновений может начаться неконтролируемый каскад столкновений.

5. СИНДРОМА КЕССЛЕРА НАСТУПИЛ. ЧТО ДЕЛАТЬ?

Американский ученый Гурудас Гангули (Gurudas Ganguli) из Исследовательской лаборатории ВМФ США предложил метод радикальной очистки низких околоземных орбит от малоразмерного КМ при помощи вольфрамовой пыли [25]. Идея метода состоит в том, чтобы выбросить на высоте 1100 км пылевое облако вольфрамовых частиц, создав вокруг Земли сферическую оболочку толщиной 30 км (рис. 10).

Для этого потребуется примерно 20 т пыли. Размер частиц пыли — около 30 мкм. Атмосферное трение приведет к медленному сужению оболочки и ее приближению к Земле. Примерно за 10 лет облако опустится до критической высоты в 900 км, после чего сужение пойдет быстрее. Облако вольфрамовой пыли будет тормозить мелкие фрагменты КМ и увлекать их за собой. По расчетам, на полную очистку ОКП в зоне НОО уйдет примерно 25 лет.

Авторы проекта уверены, что большого вреда активно функционирующим космическим аппаратам пыль не принесет. Однако пыль может повредить чувствительные системы работающих КА, в частности панели солнечных батарей. Да и в случае с крупными фрагментами такая технология работать не будет.

Это предложение можно рассматривать только в крайнем случае — как своего рода «перегрузку» для полного очищения низких околоземных орбит при наступлении синдрома Кесслера, конечно, в сочетании со сведением с НОО крупных фрагментов КМ [21].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Последствием реализации синдрома Кесслера на космических объектах (фрагментах космического мусора, включая отработавшие ступени ракет-носителей и разгонные блоки активно функционирующих космических аппаратов) может явиться полное прекращение доступа всех стран в околоземное космическое

пространство: любое выведение на орбиту космического аппарата будет достаточно быстро заканчиваться столкновением с другим объектом и разрушением.

2. Существует множество попыток спрогнозировать наступление синдрома Кessler на основе различных моделей и сценариев образования космического мусора. Результаты такого прогноза варьируются от отрицания возможности каскадного эффекта до заключения о его наступлении на некоторых орбитах, по крайней мере в среде мелкой, ненаблюдаемой фракции космического мусора.

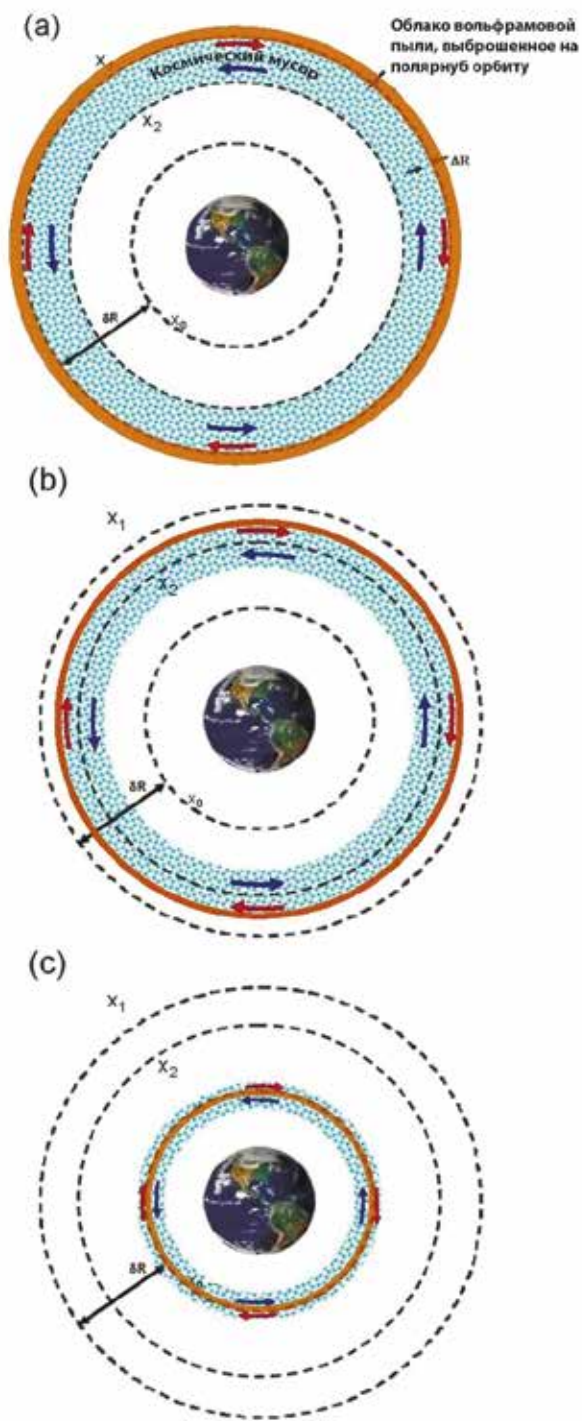
3. Инициировать синдром Кessler могут непрогнозируемые события, приводящие к скачкообразному росту орбитальной группировки космического мусора. Речь идет прежде всего о взрывах и столкновениях крупных космических аппаратов, как функционирующих, так и прекративших активное функционирование, а также последних ступеней ракет-носителей и разгонных блоков.

4. Потенциальным фактором, также способным стать триггером синдрома Кessler, является развертывание на низких околоземных орбитах многоспутниковых группировок, состоящих из тысяч малых космических аппаратов с низким сроком активного существования и невысокой надежностью. В этой связи плотность загрязнения некоторых областей околоземного космоса уже в обозримом будущем в несколько раз превысит существующий уровень.

5. Для того чтобы по крайней мере отодвинуть срок наступления каскадного саморазмножения космического мусора, всем государствам «космического клуба» необходимо реализовывать на своих космических объектах технологии предупреждения образования, ликвидации, утилизации и увода неактивных техногенных фрагментов с околоземных орбит. При этом необходим тщательный учет баланса между положительным эффектом использования создаваемых технологий и возможными издержками от их применения (реализация этих технологий приведет к дополнительному загрязнению космоса).

6. При наступлении эффекта Кessler придется прекратить космические запуски на несколько десятилетий и использовать для очистки низких околоземных орбит от малоразмерного космического мусора радикальный метод, например на основе использования вольфрамовой пыли (проект «Вольфрамовый плуг»). Такого рода «перезагрузка» будет эффективна для полного очищения низких околоземных орбит, конечно, в сочетании со сведением с орбит крупных фрагментов космического мусора.

Рис. 10. Очистка низких околоземных орбит от малоразмерного КМ при помощи вольфрамовой пыли («вольфрамовый плуг») [23]



Литература

1. **Donald J. Kessler and Burton G. Cour-Palais.** Collision Frequency of Artificial Satellites: The Creation of a Debris Belt. *Journal of Geophysical Research*, 1978, vol. 83, iss. A6, pp. 2637 – 2646.
2. А/АС.105/С.1/115. Записка Секретариата Комитета Организации Объединенных Наций по использованию космического пространства в мирных целях. Научно-технический подкомитет. Пятьдесят шестая сессия. Вена, 11-22 февраля 2019 года. Пункт 7 предварительной повестки дня. Космический мусор. 15 с.
3. А/АС.105/С.1/115. Research on space debris, safety of space objects with nuclear power sources on board and problems relating to their collision with space debris // Committee on the Peaceful Uses of Outer Space Scientific and Technical Subcommittee Fifty-sixth session, Vienna, 11–22 February 2019. 13 p.
4. **N. Johnson.** First natural collision of cataloged earth satellite // *Orbital Debris Quarterly News*. 1996. Vol. 1. Iss. 2. Pp. 1–2, 11.
5. A new collision in space? // *Orbital Debris Quarterly News*. 2002. Vol. 7. Iss. 3. Pp. 1–2.
6. **N.L. Johnson, E. Stansbery, D.O. Whitlock, K.J. Abercromby & D. Shoots.** History of On-Orbit Satellite Fragmentations, NASA/TM-2008-214779. NASA, 2008.
7. **C.S. Gumpel.** Investigation of Delta Second Stage On-orbit Explosions, MDC Rept. H0047 (1982).
8. **Arjun Tan, Robert C. Reynolds.** Theory of Satellite Fragmentation in Orbit. World Scientific Publishing Company, 2020. 378 p.
9. **Тарасенко М.** Завершены испытания системы «Курс» // *Новости космонавтики*. 1996. Т. 6. № 12–13. С. 49–52. URL: <http://epizodsspace.airbase.ru/bibl/nk/1996/1/1996-1.pdf> (Дата обращения: 15.11.2021).
10. Recent Breakup of a DMSP Satellite // *Orbital Debris Quarterly News*. 2015. Vol. 19. Iss. 2. Pp. 1–2.
11. Recent NOAA-16 Satellite Breakup // *Orbital Debris Quarterly News*. 2016. Vol. 20. Iss. 1–2. P. 1.
12. Противоспутниковое оружие США [Электронный ресурс] // *Военные материалы*. 2012. 21 сентября. URL: <https://warfiles.ru/13621-protivosputnikovoe-oruzhie-ssha.html> (Дата обращения: 15.11.2021).
13. **R. Kling.** Postmortem of a hypervelocity impact, Teledyne Brown Engineering. Colorado Springs, CO. Report CS86 – LKD – 001, 1986
14. **A. Tan, G.D. Badhwar, F.A. Allahdadi & D.F. Medina.** Analysis of the Solwind fragmentation event using theory and computations // *Journal of Spacecraft and Rockets*. 1996. Vol. 33. Iss. 1. Pp. 79–85.
15. **R.L. Kusper & N.A. Young.** Delta 180 Collision and Fragmentation Analysis. Xontech (July 1987).
16. **T.S. Kelso.** Analysis of the 2007 Chinese ASAT Test and the Impact on the Space Environment. 2007 AMOS Conference, Maui, Hawaii, pp. 321–330.
17. An update of the FY-1C, Iridium 33, and Cosmos 2251 Fragments // *Orbital Debris Quarterly News*. 2013. Vol. 17. Iss. 1. Pp. 4–5.
18. Satellite Collision Leaves Significant Debris Clouds // *Orbital Debris Quarterly News*. 2009. Vol. 13. Iss. 2. Pp. 1–2.
19. **Richard Stenger.** Scientist: Space weapons pose debris threat [Электронный ресурс] // *CNN.com*. 2002. May 03. URL: <http://edition.cnn.com/2002/TECH/space/05/03/orbit.debris/index.html> (Дата обращения: 15.11.2021).
20. **Nikolaev S., Phillion D., Springer H. K., deVries W., Jiang M., Pertica A., Henderson J., Horsley M., Olivier S.** Brute force modeling of the Kessler syndrome // 2012 AMOS Conference, Maui, Hawaii, September 10–12, LLNL-CONF-579617, 12 p.
21. **Ключников В.Ю.** Как очистить околоземное пространство от космического мусора // *Воздушно-космическая сфера*. 2019. № 1. С. 96 – 107.
22. *ESA's Annual Space Environment Report*. Darmstadt. ESA Space Debris Office. 2021. May 27. 106 p.
23. *IADC Space Debris Mitigation Guidelines*. Inter-Agency Space Debris Coordination Committee. IADC-02-01. Revision 2. 2020.
24. **Boley A.C., Byers M.** Satellite mega-constellations create risks in Low Earth Orbit, the atmosphere and on Earth // *Scientific Reports* 11, 10642 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89909-7>
25. **Ganguli G., Crabtree C., Rudakov L., Chappie S.** A Concept For Elimination Of Small Orbital Debris // *Transactions of the Japan Society for aeronautical and Space Sciences, Aerospace technology Japan*. 2011. Vol. 10. P. 5. DOI:10.2322/tastj.10.Pr_23
26. **Marlon Sorge M., Peterson G.** How to Clean Space: Disposal and Active Debris Removal // *Crosslink*. 2015. Vol. 16. № 1. Pp. 46–51.



References

1. **Donald J. Kessler and Burton G. Cour-Palais.** Collision Frequency of Artificial Satellites: The Creation of a Debris Belt // Journal of Geophysical Research. 1978. Vol. 83. Iss. A6. Pp. 2637 – 2646.
- 2–3. **A/AC.105/C.1/115.** Research on space debris, safety of space objects with nuclear power sources on board and problems relating to their collision with space debris // Committee on the Peaceful Uses of Outer Space Scientific and Technical Subcommittee Fifty-sixth session, Vienna, 11–22 February 2019 (rus, eng).
4. **N. Johnson.** First natural collision of cataloged earth satellite. Orbital Debris Quarterly News, 1996, vol. 1, iss. 2, pp. 1–2, 11.
5. A new collision in space? Orbital Debris Quarterly News, 2002, vol. 7, iss. 3, pp. 1–2.
6. **N.L. Johnson, E. Stansbery, D.O. Whitlock, K.J. Abercromby & D. Shoots.** History of On-Orbit Satellite Fragmentations, NASA/TM-2008-214779. NASA, 2008.
7. **C.S. Gumpel.** Investigation of Delta Second Stage On-orbit Explosions. MDC Rept, H0047 (1982).
8. **Arjun Tan, Robert C. Reynolds.** Theory of Satellite Fragmentation in Orbit. World Scientific Publishing Company, 2020. 378 p.
9. **Tarasenko M.** Zaversheny ispytaniya sistemy "Kurs". Novosti kosmonavtiki, 1996, vol. 6, no. 12–13, pp. 49–52. Available at: <http://epizodsspace.airbase.ru/bibl/nk/1996/1/1996-1.pdf> (Retrieval date: 15.11.2021).
10. Recent Breakup of a DMSP Satellite. Orbital Debris Quarterly News, 2015, vol. 19, iss. 2, pp. 1–2.
11. Recent NOAA-16 Satellite Breakup. Orbital Debris Quarterly News, 2016, vol. 20, iss. 1–2, p. 1.
12. Protivospulnikovoe oruzhie SShA. Voennye materialy, 2012, September 21. Available at: <https://warfiles.ru/13621-protivospulnikovoe-oruzhie-ssha.html> (Retrieval date: 15.11.2021).
13. **R. Kling.** Postmortem of a hypervelocity impact. Teledyne Brown Engineering. Colorado Springs, CO. Report CS86 – LKD – 001, 1986.
14. **A. Tan, G.D. Badhwar, F.A. Allahdadi & D.F. Medina.** Analysis of the Solwind fragmentation event using theory and computations. Journal of Spacecraft and Rockets, 1996, vol. 33, iss. 1, pp. 79–85.
15. **R.L. Kusper & N.A. Young.** Delta 180 Collision and Fragmentation Analysis. Xontech (July 1987).
16. **T.S. Kelso.** Analysis of the 2007 Chinese ASAT Test and the Impact on the Space Environment. 2007 AMOS Conference, Maui, Hawaii, pp. 321–330.
17. An update of the FY-1C, Iridium 33, and Cosmos 2251 Fragments. Orbital Debris Quarterly News, 2013, vol. 17, iss. 1, pp. 4–5.
18. Satellite Collision Leaves Significant Debris Clouds. Orbital Debris Quarterly News, 2009, vol. 13, iss. 2, pp. 1–2.
19. **Richard Stenger.** Scientist: Space weapons pose debris threat. CNN.com. 2002. May 03. Available at: <http://edition.cnn.com/2002/TECH/space/05/03/orbit.debris/index.html> (Retrieval date: 15.11.2021).
20. **Nikolaev S., Phillion D., Springer H. K., deVries W., Jiang M., Pertica A., Henderson J., Horsley M., Olivier S.** Brute force modeling of the Kessler syndrome. 2012 AMOS Conference, Maui, Hawaii, September 10–12, LLNL-CONF-579617, 12 p.
21. **Klyushnikov V.Yu.** Kak ochistit' okolozemnoe prostranstvo ot kosmicheskogo musora. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2019, no. 1, pp. 96 – 107.
22. ESA's Annual Space Environment Report. Darmstadt. ESA Space Debris Office. 2021. May 27. 106 p.
23. IADC Space Debris Mitigation Guidelines. Inter-Agency Space Debris Coordination Committee. IADC-02-01. Revision 2. 2020.
24. **Boley A.C., Byers M.** Satellite mega-constellations create risks in Low Earth Orbit, the atmosphere and on Earth. Scientific Reports, 2021, vol. 11, 10642. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89909-7>
25. **Ganguli G., Crabtree C., Rudakov L., Chappie S.** A Concept For Elimination Of Small Orbital Debris. Transactions of the Japan Society for aeronautical and Space Sciences, Aerospace technology Japan, 2011, vol. 10, p. 5. DOI:10.2322/tastj.10.Pr_23
26. **Marlon Sorge M., Peterson G.** How to Clean Space: Disposal and Active Debris Removal. Crosslink, 2015, vol. 16, no. 1, pp. 46–51.

© Ключников В.Ю., 2021

История статьи:

Поступила в редакцию: 14.11.2021

Принята к публикации: 07.12.2021

Модератор: Гесс Л.А.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Ключников В.Ю. Синдром Кesslerа: будет ли закрыта дорога в космос? // Воздушно-космическая сфера. 2021. № 4. С. 32 – 43.

FORPOSTS OF HUMANITY IN NEAR-EARTH ORBIT

ФОРПОСТЫ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА НА ОКОЛОЗЕМНОЙ ОРБИТЕ

Автор рисунков - Александр Шлядинский





Alexander B. ZHELEZNYAKOV,
*Central Research and Development Institute for Robotics and Technical Cybernetics,
Advisor to the Director – Chief Designer, St. Petersburg, Russia,
zheleznyakov@rtc.ru*

Александр Борисович ЖЕЛЕЗНЯКОВ,
*Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники
и технической кибернетики (ЦНИИ РТК), советник директора – главного конструктора,
Санкт-Петербург, Россия,
zheleznyakov@rtc.ru*

ABSTRACT | In 2021, the question arose about the possible completion of the operation of the International Space Station (ISS), currently the largest outpost of mankind in near-earth orbit. Officially, the work on board the complex should last another three years. In Russia they started talking that this should be closure. Although many participants in this project have declared their interest in continuing the flight of the station, at least until 2028. However, it is not so important when the ISS will be de-orbited: in five or ten years. In any case, it has made its contribution to the history of space exploration and it is time to think about what will replace it. Various options are being considered, international and national. Each of them has its own advantages and disadvantages. Everyone has the right to life. It remains to be seen which of them will be able to go from idea to "embodiment in iron".

The article tells about the history of the creation and development of orbital space stations, about the flight of the ISS and the Chinese National Space Station, about the plans to create a circumlunar station and the Russian Orbital Service Station (ROSS), about modern views on the future of this direction of development of space technology.

Keywords: *Orbital Station, International Space Station, Russian Orbital Service Station - ROSS, orbital station module, Salyut orbital station, Almaz orbital station, Mir orbital complex*

АННОТАЦИЯ | В 2021 году остро встал вопрос о возможном завершении эксплуатации Международной космической станции (МКС) — крупнейшего на данный момент форпоста человечества на околоземной орбите. Официально работа на борту комплекса должна продлиться еще три года. В России заговорили, что на этом и надо поставить точку. Хотя многие участники этого проекта заявили о своей заинтересованности в продолжении полета станции как минимум до 2028 года.

Впрочем, не столь важно, когда МКС будет сведена с орбиты — через пять или через десять лет. В любом случае свою лепту в историю освоения космоса она внесла, и пришла пора думать о том, что придет ей на смену. Рассматриваются различные варианты, международные и национальные. Каждый из них имеет свои достоинства и свои недостатки. Каждый имеет право на жизнь. Остается дожидаться, какой из них сможет пройти путь от идеи до «воплощения в железо».

В статье рассказывается об истории создания и развития орбитальных космических станций, о полете МКС и Китайской национальной космической станции, о планах создания окололунной станции и Российской орбитальной служебной станции (РОСС), о современных взглядах на будущее этого направления развития космической техники.

Ключевые слова: *орбитальная станция, Международная космическая станция, Российская орбитальная служебная станция – РОСС, модуль орбитальной станции, орбитальная станция «Салют», орбитальная станция «Алмаз», орбитальный комплекс «Мир»*



НЕБОЛЬШОЙ ЭКСКУРС В ИСТОРИЮ

Идея создания орбитальных станций появилась задолго до того, как человечество приступило к освоению космического пространства. И гораздо раньше, чем в наш лексикон вошел сам термин «орбитальная станция».

Еще в начале XX века «отец теоретической космонавтики», наш великий соотечественник Константин Эдуардович Циолковский сформулировал теорию «эфирных поселений». В своей научно-фантастической повести «Вне Земли», ставшей продолжением его изыскательских работ по космонавтике, он описал функционирующую в космосе станцию, населенную людьми, с оранжереями и искусственной гравитацией [1].

Естественно, реализовать этот проект в те годы не представлялось возможным. Но определенный интерес он вызвал. Особенно в европейских странах, где у Циолковского нашлось немало сторонников и последователей.

В 1928 году австрийский ученый Герман Поточник (Herman Potočnik), более известный под фамилией Ноордунг (Noordung), опубликовал первый детальный чертеж и соответствующий проект-обоснование космической станции. Работа была снабжена сотней иллюстраций [2].

На его взгляд, станция должна была состоять из трех модулей, связанных между собой кабелем, «жилого колеса», которое должно было постоянно вращаться для создания искусственной силы тяжести, энергетических систем и обсерватории.

Несмотря на то, что книга Ноордунга была многими воспринята как фантазия — как в свое время и работа Циолковского, — она вдохновила специалистов-ракетчиков и надолго стала своеобразной классикой жанра.

Но все это было до начала космической эры. Начавшиеся полеты в космос достаточно быстро продемонстрировали, что право на жизнь имеют и другие варианты создания и использования космических станций.

ЗАЧЕМ НУЖНЫ ОРБИТАЛЬНЫЕ СТАНЦИИ

Прежде чем рассказать о том, как на практике воплощалась в жизнь идея внеатмосферных поселений, давайте разберемся, зачем же нужны при космических исследованиях орбитальные станции.

Можно назвать как минимум четыре причины, по которым человечеству необходимо иметь в своем арсенале орбитальные станции.

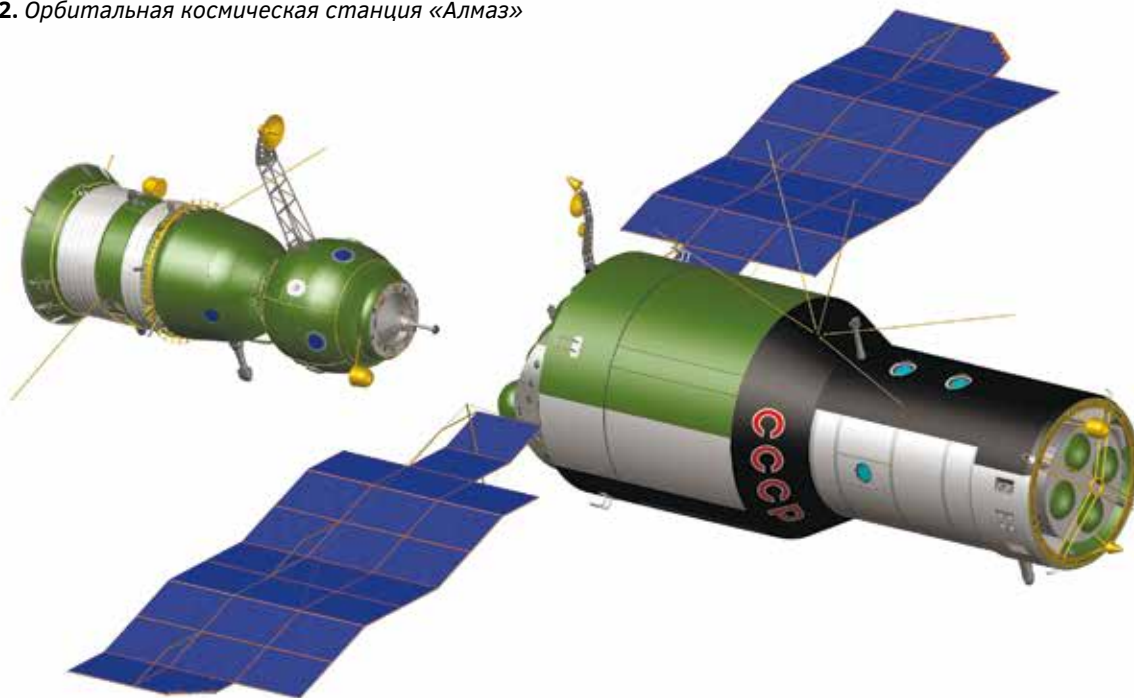
Во-первых, орбитальная станция — идеальное место для изучения поверхности Земли. В последнее время эта задача успешно решается и с помощью автоматических космических аппаратов. Но присутствие на борту спутника человека существенно расширяет наши возможности и масштаб этого изучения, делает наблюдения оперативными и весомыми.

Во-вторых, орбитальная станция — великолепное место для прикладных научных исследований. То, что невозможно сделать в условиях земного притяжения, можно осу-

Рис. 1. Орбитальная космическая станция «Салют» и космический корабль «Союз»



Рис. 2. Орбитальная космическая станция «Алмаз»



ществить в условиях отсутствия гравитации на борту станции.

В-третьих, орбитальная станция — уникальное место для изучения глубин Вселенной. То, что мы не можем увидеть с Земли (мешает атмосфера), мы довольно хорошо можем увидеть из космоса.

В-четвертых, орбитальная станция — весьма практичное место для отработки технических средств и технологий для изучения дальнего космоса. Их можно рассматривать как «космодромы подскока» для стартов к Луне, к Марсу, к астероидам. А в будущем — и для организации межзвездных полетов.

Для всего этого и нужны орбитальные станции.

ПЕРВЫЕ ПРОЕКТЫ ОРБИТАЛЬНЫХ СТАНЦИЙ

Разработки первых орбитальных станций начались в СССР и США в начале 1960-х годов. Как и практически все космические программы того времени, они имели ярко выраженную военную направленность. С борта станций планировалось вести разведку территории потенциального противника, а в перспективе — размещать на стан-

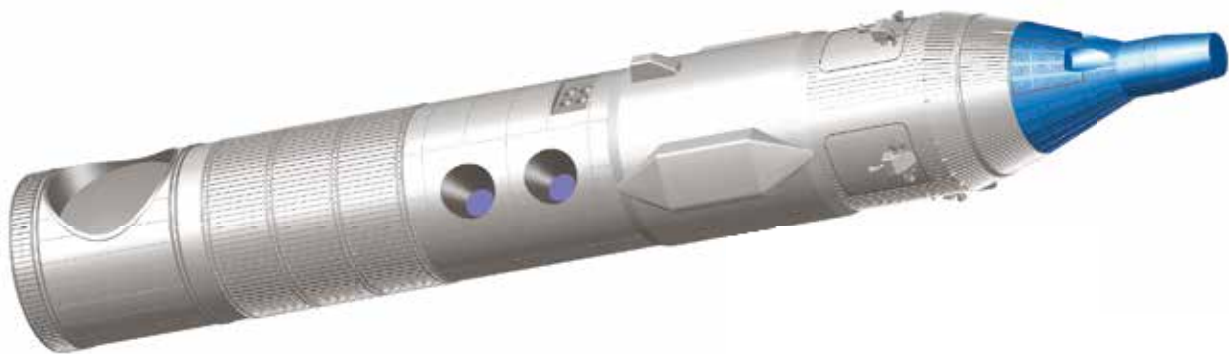
ции боевые системы для ведения «звездных войн». Военные обеих стран были заинтересованы в создании подобных космических аппаратов и давали на это деньги. Конструкторам же оставалось лишь воплотить заказ в «железо». Желательно при этом учесть и свои интересы. То есть «поработать на науку».

В нашей стране первый проект орбитальной станции родился в стенах ОКБ-1. Сергей Павлович Королёв лично руководил этой работой. Но довести проект до реализации ему не удалось — из-за большой нагрузки на конструкторское бюро в связи с работами над пилотируемыми кораблями и лунным проектом разработка орбитальной станции была поручена ОКБ-52 [3].

Возглавлявший в те годы ОКБ-52 Владимир Николаевич Челомей с энтузиазмом взялся за новый проект, идеально подходящий для его новой ракеты УР-500. Проект получил наименование «Алмаз» (рис. 2). Это был космический разведывательный пост со сроком жизни один-два года, для работы экипажа из двух-трех человек. Основным назначением станции было оборонное, хотя предусматривалось ее использование в народно-хозяйственной и научной областях.

Стартовая масса «Алмаза» должна была составить 18,9 тонны, внутренний герметичный объем — около 90 кубических метров.

Рис. 3. Американская станция MOL



Специально для снабжения станции был разработан транспортный корабль снабжения, представляющий собой сложный 20-тонный пилотируемый корабль. Кроме доставки и спуска экипажей и грузов он мог длительно осуществлять энергоснабжение, ориентацию и управление комплексом, имея большой запас топлива.

На первом этапе доставка экипажа на станцию должна была производиться кораблем «Союз», насчет чего была достигнута договоренность с ОКБ-1. И лишь после создания транспортного корабля снабжения планировалось «пересечь» на него [4].

Приблизительно в то же время, что и «Алмаз», в США разрабатывалась орбитальная станция MOL (рис. 3). Именно этот проект получил финансирование. Хотя в НАСА существовали и другие предложения по созданию национальной орбитальной станции. Может быть, даже лучшие в техническом плане, нежели MOL. Тем не менее военные выбрали этот вариант как отвечающий их запросам.

Станция общей массой не более 11,3 тонны должна была состоять из лабораторного отсека и транспортного корабля «Джемини-Би» с общим герметичным объемом 28,3–34,0 кубических метра. Предполагалось, что станция сможет маневрировать на орбите, хотя и в достаточно ограниченных пределах.

По своим техническим характеристикам MOL уступала «Алмазу». Зато американцы планиро-

вали одновременно разместить на околоземной орбите несколько таких станций, что существенно расширяло их возможности.

Первые пуски и «Алмаза», и MOL были запланированы на 1969–1970 годы. Но ни той ни другой не суждено было стать первыми станциями в своих странах. Американский проект сначала отложили, а потом и вовсе закрыли. А вот с советским проектом ситуация сложилась иная.

ОРБИТАЛЬНАЯ СТАНЦИЯ «САЛЮТ»

Строительство станции «Алмаз» началось в 1969 году. В следующем году были созданы корпуса восьми стендовых и двух летных блоков станции.

Однако в середине года появились сообщения о планах запуска в США станции «Скайлэб» (Skylab), и политическое руководство страны потребовало не упустить приоритет в космической гонке. В результате, под нажимом руководства Министерства общего машиностроения СССР, изготовленные корпуса станции, оснастка, часть аппаратуры и документация были переданы в Центральное конструкторское бюро экспериментального машиностроения (ЦКБЭМ), как после смерти Сергея Павловича Королёва стало называться ОКБ-1. Там на основе «Алмаза», с применением систем корабля «Союз», менее чем за год была создана долговременная орбитальная станция (ДОС) — «Изделие 17 К».

Специально под ДОС был модифицирован и корабль «Союз», получивший стыковочный агрегат новой конструкции.

Первая в мире орбитальная космическая станция, вошедшая в историю под наименованием «Салют», была запущена с космодрома Байконур 19 апреля 1971 года (рис. 1). К ней совершили полеты два пилотируемых космических корабля. К сожалению, вторая экспедиция на «Салют» закончилась трагически — при возвращении на Землю экипаж корабля «Союз-11» погиб из-за внезапной разгерметизации спускаемого аппарата. Поэтому дальнейшие полеты на первую орбитальную станцию были отменены.

Тем не менее Советский Союз завоевал приоритет в создании орбитальных космических станций, опередив США. Кроме того, на практике удалось доказать целесообразность создания орбитальных станций и оценить их эффективность в таких направлениях космической деятельности, как наблюдение за земной поверхностью, астрофизические наблюдения, изготовление в невесомости материалов и ряде других [5].

ДРУГИЕ «САЛЮТЫ», «АЛМАЗЫ», ОРБИТАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС «МИР»

В 1973–1982 годах в Советском Союзе было запущено еще шесть орбитальных станций: два «Алмаза» и четыре ДОС. Причем две последние станции («Салют-6» и «Салют-7») относились уже к станциям второго поколения: наличие двух стыковочных узлов позволяло снабжать станцию грузами и расходными материалами, а также производить смену экипажей без консервации станции (рис. 4) [5].

Пять станций эксплуатировались в пилотируемом режиме. Правда, с различной степенью успеха. Но с каждым новым полетом увеличивалось количество экипажей, побывавших на станциях, и продолжительность их эксплуатации в пилотируемом режиме, и количество экспериментов, которые проводили космонавты на их борту.

20 февраля 1986 года началось создание в космосе советского орбитального комплекса «Мир» — уникального сооружения, которым до сего-

Рис. 4. Орбитальная космическая станция «Салют-7», космический корабль «Союз-Т» и грузовой космический корабль «Прогресс»



дняшнего дня по праву гордится отечественная космонавтика.

По первоначальным замыслам, комплекс, состоящий из базового блока, стыковочного модуля и пяти специализированных модулей, планировалось развернуть на орбите в течение трех лет (рис. 5, 6). Однако сделать это в означенные сроки не удалось в силу ряда причин.

Во-первых, параллельно с развертыванием на орбите «Мира» шли работы над созданием многоразовой транспортной системы «Энергия» — «Буран». Ракетно-космическая отрасль СССР работала с перенапряжением и не смогла выдержать графики двух столь масштабных проектов. Поэтому сроки работ и по «Миру», и по «Бурану» постоянно сдвигались вправо.

Во-вторых, экономика Советского Союза во второй половине 1980-х годов начала испытывать серьезные трудности, которые не позволяли выделять в достаточном объеме средства, необходимые для быстрой реализации многих космических проектов. Сделать это не удалось, даже урезав финансирование многих других программ, в первую очередь народно-хозяйственного назначения.

В-третьих, в те же годы начали происходить бурные изменения на мировой политической арене, приведшие, в конце концов, к развалу Советского Союза и возникновению на постсоветском пространстве 15 независимых государств. Это негативно сказалось на ходе строительства орбитального комплекса. Впрочем, как и на многом другом.

Как бы то ни было, пусть и с опозданием на несколько лет, но комплекс «Мир» был развернут на околоземной орбите. Случилось это в 1996 году, когда был запущен и введен в строй модуль «Природа» (рис. 7). К сожалению, к тому времени многие составные части комплекса уже выработали свой гарантийный ресурс, и периодически в космосе возникали технические проблемы.

Как бы то ни было, орбитальный комплекс «Мир» эксплуатировался в течение 15 лет, в три раза дольше, чем это планировалось [6].

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОСМИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ

В тот период, когда еще только шло развертывание комплекса «Мир», родился проект станции «Мир-2». Она должна была стать еще более грандиозным сооружением, чем ее предшественница.

Но названные выше причины, которые затормозили ход работ по «Миру», привели к тому, что и создание «Мира-2» было предложено отложить до лучших времен. Возможно, так бы и поступили, если бы не настойчивость тогдашнего руководителя Научно-производственного объединения (ныне — Ракетно-космическая корпорация) «Энергия» Юрия Павловича Семёнова.

Он вошел в правительство России с предложением создавать новую станцию не собственными

Рис. 5. Модуль «Квант-2» комплекса «Мир»

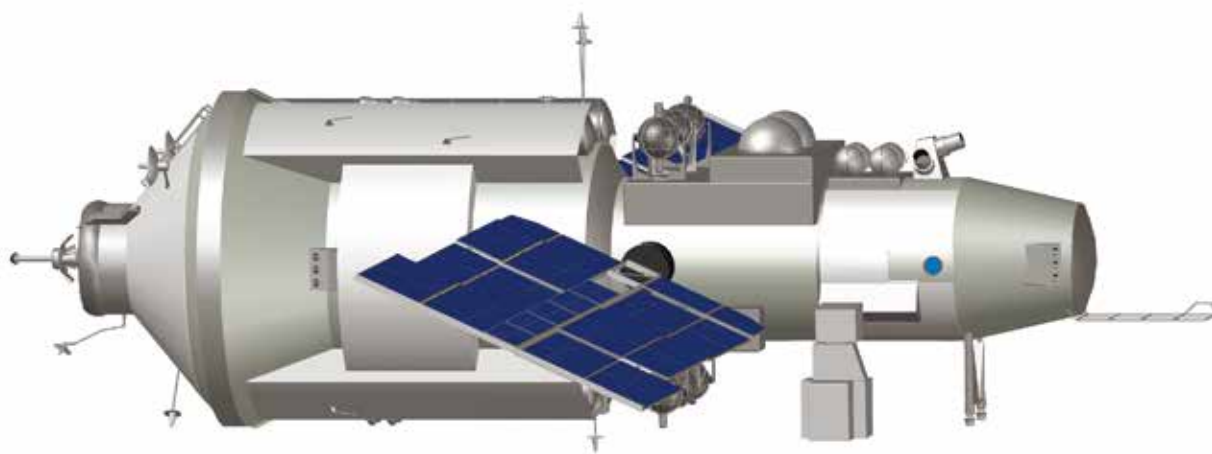
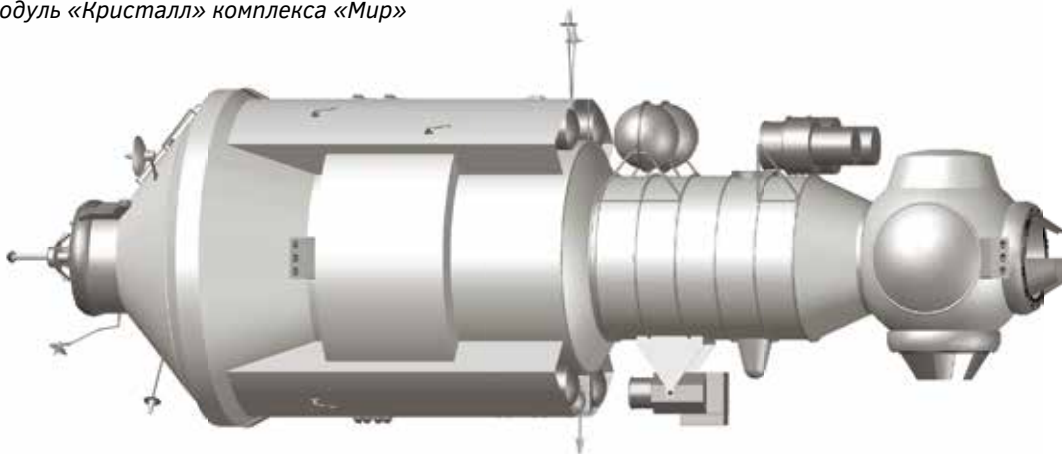


Рис. 6. Модуль «Кристалл» комплекса «Мир»



Разработку эскизного проекта Российской орбитальной служебной станции планируется начать в самое ближайшее время, но уже сегодня обозначены ее основные контуры. На станции не предполагается постоянного экипажа: космонавты будут работать на борту вахтовым методом.

ми силами, а в международной кооперации, учитывая окончание холодной войны и изменения на политической карте мира, тем более что такая позиция встретила поддержку и понимание у наших бывших противников.

Так родился проект, который привел к появлению в космосе Международной космической станции. В нем нашли воплощение идеи, которые закладывались в нашей стране в станцию «Мир-2», а также наработки, которые были сделаны в США по станции «Фридом».

Строительство «международного дома» началось в 1998 году запуском модуля «Заря». Он стал основой будущей станции, к нему стыковались другие модули.

Первоначально запланированные темпы по завершению строительства к 2005 году выдержать, увы, не удалось. Возможно, самым серьезным ударом, сказавшимся на сроках, стала катастрофа в 2003 году американского шатт-

ла «Колумбия». И хотя тот трагический полет проходил не по программе МКС, гибель корабля и экипажа заставила скорректировать сроки дальнейших полетов многоразовых кораблей, с помощью которых на орбиту доставлялись основные элементы конструкции станции.

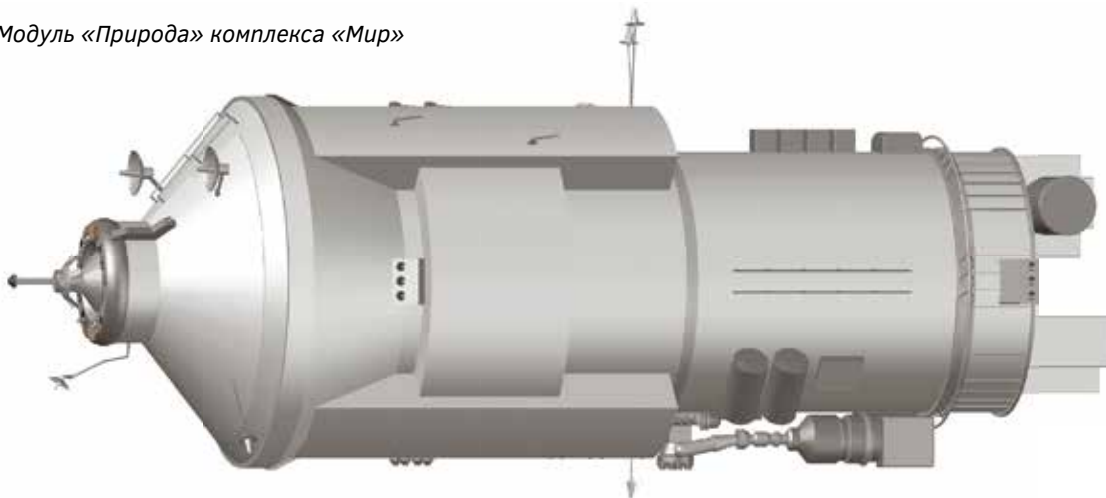
В основном сооружение МКС было завершено в 2011 году. Но это не означало, что станция приобрела окончательный вид. Некоторые модули, которые должна была запустить Россия еще много лет назад, надолго задержались на Земле. Один из них, модуль «Наука», был запущен летом 2021 года. На конец этого же года запланирован запуск еще одного модуля — «Причал». А научно-энергетические модули, которые должны были обеспечить энергетическую независимость России в космосе, похоже, никогда в состав МКС не войдут.

Или войдут? Пока непонятно.

Несмотря на все перипетии, все годы, пока шло строительство, на станции работали международные экипажи. Сегодня на борту трудятся участники уже 66-й экспедиции. Правда, только в 2020 году удалось достигнуть «плановой численности» экипажей — семь космонавтов.

Замедление строительства привело к тому, что все чаще и чаще на борту станции стали возникать технические проблемы с оборудованием. Что и неудивительно — при гарантийных сроках эксплуатации до 2015 года станция уже переработала более пяти лет. А по прогнозам специалистов, спустя несколько лет число нештатных ситуаций может возрасти лавинообразно [7].

Рис. 7. Модуль «Природа» комплекса «Мир»



ДЕНЬ СЕГОДНЯШНИЙ

МКС в течение 20 лет оставалась единственным форпостом человечества на околоземной орбите. Лишь в 2021 году в космосе появился ее «младший брат» — Китайская национальная станция. Согласно проекту, станция КНР будет состоять из трех основных модулей: базового «Тяньхэ» (天和) и двух лабораторных — «Вэньтянь» (问天) и «Мэнтянь» (梦天). Ее сборку на околоземной орбите планируется завершить уже в следующем году.

Орбитальная станция в составе трех модулей будет весить около 66 тонн. В базовом варианте китайская космическая станция по массе будет приблизительно в два раза легче «Мира» (140 тонн) и в пять раз легче МКС (420 тонн). Но с пристыкованными космическими кораблями, пилотируемым «Шэньчжоу» (神舟) и грузовым «Тяньчжоу» (天舟), ее вес увеличится до 100 тонн, а за счет дополнительных модулей общий вес станции может быть увеличен до 180 тонн.

Постоянный экипаж — три человека, а максимальный — шесть человек.

В общей сложности для монтажа всех узлов китайской орбитальной станции потребуются по меньшей мере 11 запусков, включая доставку на орбиту базового и двух лабораторных модулей, а также запуск четырех грузовых кораблей и четырех пилотируемых экспедиций.

В 2024 году Китай рассчитывает запустить оптический телескоп «Сюньтянь» (巡天), который сможет периодически состыковываться с орбитальной станцией для обслуживания.

Пока с осторожностью, но в Китае уже допускают, что их национальная станция может приобрести международный характер. По неофициальной информации, идет обсуждение с Европейским космическим агентством вопроса о строительстве, запуске и вводе в состав китайской станции европейского научного модуля. Естественно, рассматривается вопрос и о полетах европейских космонавтов на китайских кораблях. Они уже начали тренировки в Центре подготовки космонавтов в Пекине.

Аналогичные переговоры идут с правительством Саудовской Аравии. Возможен ввод в состав китайской станции и арабского модуля.

ДЕНЬ ПОСЛЕЗАВТРАШНИЙ

Полеты на МКС и Китайскую космическую станцию — это день сегодняшний. Возможно, и завтрашний. А что же будет потом?

Несколько лет назад США предложили всем своим партнерам по МКС стать участниками строительства новой международной орбитальной станции, известной как «Гейтвей» (Gateway). Разместить эту конструкцию было предложено не на околоземной, как все предыдущие станции, а на окололунной орбите.

Поначалу американская инициатива была встречена с энтузиазмом, в том числе и в России. Однако довольно скоро отношение к проекту в нашей стране претерпело кардинальное изменение. В первую очередь потому, что для нас в «Гейтвее» отводилась второстепенная роль.

С одной стороны, это понятно — в России в настоящее время отсутствуют (и в ближайшее вре-

мя вряд ли появятся) технические средства, ракеты и корабли, которые позволили бы полноценно участвовать в работах на борту окололунной станции.

Но, с другой стороны, такое отношение к отечественной космонавтике, конечно же, обижает.

Это и привело, в конце концов, к тому, что Россия отказалась участвовать в проекте. Но все другие участники международной кооперации с таким положением вещей согласились. И в будущем «Гейтвей» станет продолжением МКС. Для всех, кроме России.

Развертывание окололунной станции планируется начать в 2024 году. Хотя изначально этот год значился как завершение строительства. Сдвиг вправо неудивителен — не только у России отсутствуют необходимые технические средства. Нет их и у США.

Отказ от работы по проекту «Гейтвей», а также естественное старение МКС привели к появлению идеи о развертывании на околоземной орбите Российской орбитальной служебной станции (РОСС). С таким намерением весной 2021 года выступил Роскосмос. Одновременно было объявлено о прекращении нашей работы на МКС с 2025 года.

Разработку эскизного проекта станции планируется начать в самое ближайшее время, но уже сегодня обозначены ее основные контуры.

Самое главное — на станции не будет постоянно-го экипажа. Космонавты будут работать на борту вахтовым методом.

На первом этапе создания станции (до 2030 года) на орбиту планируется вывести два-три модуля. Первым модулем новой станции, возможно, станет научно-энергетический модуль (НЭМ). Ранее он предназначался для МКС. Его создают с 2012 года. После доработки его предполагается использовать в качестве основы новой станции. Кроме того, на первом этапе планируется дооснастить РОСС стыковочным и шлюзовым модулями.

На втором этапе (2030–2035 годы) планируется запустить еще несколько модулей, в частности целевой производственный модуль, а также выносную платформу для обслуживания других космических аппаратов.

Отечественная станция должна стать (правда, уверенности в этом пока нет) эволюционным шагом при разработке программ по изучению и освоению Луны, Марса и реализации инновационных научно-технических программ в космосе. Как отметил глава Роскосмоса Дмитрий Рогозин, РОСС станет прообразом модулей, которые через десятилетия отправятся к другим планетам.

ОРБИТАЛЬНАЯ СТАНЦИЯ ИЛИ ПОЛЕТ НА ЛУНУ?

РОСС — не единственный амбициозный проект, который в ближайшее десятилетие намерен реализовать Роскосмос. Есть планы и по отправке российских космонавтов на Луну. Правда, наши лунные планы пока сформулированы в весьма общем виде, и сказать конкретно, когда состоится высадка, сегодня нельзя. Ориентировочно — после 2030 года.

Впрочем, и вопрос о станции еще не решен окончательно. И нельзя исключить вариант, что мы продолжим работу на МКС и после 2024 года. Это станет ясно в самом ближайшем будущем.

Резонан вопрос: «А сможет ли Россия, если так сложатся обстоятельства, потянуть две масштабные космические программы, требующие огромного финансирования?»

Маловероятно, что из бюджета будут выделены достаточные средства и для станции, и для Луны. Нужно трезво смотреть на вещи и понимать, что освоение космического пространства, если это не связано с вопросами обеспечения национальной безопасности, находится не на первом месте у российского правительства. Надежда на то, что работы будут профинансированы некими частными источниками, также весьма призрачна. Поэтому придется тратить только то, что сможет выделить государство. А этого явно не хватит на все.

Тем не менее частично оба эти проекта могут быть реализованы. Например, посещаемая станция в обслуживании будет стоить в несколько раз дешевле, чем постоянно обитаемая. А пилотируемый облет Луны, без высадки на ее поверхность, можно реализовать за гораздо меньшие деньги.

Конечно, это не совсем то, чего хотелось бы. В этом случае говорить о реализации проектов можно будет весьма условно. Но лучше так, чем никак.

А там, возможно, и вторые этапы программ подоспеют, и наши внуки увидят то, что полвека назад не увидели мы — нашего соотечественника, прогуливающегося по поверхности Луны.

С достижением вторых этапов современных космических программ можно надеяться: наши внуки увидят то, что полвека назад не увидели мы – нашего соотечественника, прогуливающегося по поверхности Луны.



Литература

1. **Циолковский К.Э.** Вне Земли: науч.-фантастическая повесть. Изд. 2-е, испр. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 144 с.
2. **Herman Noordung.** Das Problem der Befahrung des Weltraums. Der Raketen-Motor. Berlin, 1929.
3. Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва. Т. 1. 1946-1996 / Под редакцией Ю. П. Семёнова. М.: РКК «Энергия», 1996.
4. **Афанасьев И.** Леонардо XX века. К столетию со дня рождения Владимира Челомея // Новости космонавтики. 2014. № 6. С. 1 – 5.
5. **Афанасьев И.Б., Батурин Ю.М., Белозерский А.Г. и др.** Мировая пилотируемая космонавтика. История. Техника. Люди / Под редакцией Ю. М. Батурина. М.: РТСофт, 2005. 747 с.
6. **Лындин В.** Орбитальная станция «Мир». Цифры и факты // Новости космонавтики. 2001. № 5. С. 7 – 9.
7. **Фомина Е.В., Сенаторова Н.А., Кириченко В.В., Вагнер И.В.** МКС – платформа для разработки системы профилактики гипогравитационных нарушений в межпланетных миссиях // Воздушно-космическая сфера. 2020. № 4. С. 8 – 17.

References

1. **Tsiolkovskiy K.E.** Vne Zemli: nauch.-fantasticheskaya povest'. Moscow, Academy of Sciences USSR, 1958. 144 p.
2. **Herman Noordung.** Das Problem der Befahrung des Weltraums. Der Raketen-Motor. Berlin, 1929.
3. Raketno-kosmicheskaya korporatsiya "Energiya" imeni S. P. Koroleva. Vol. 1. 1946-1996. Ed. Yu. P. Semenov. Moscow, RKK "Energiya", 1996.
4. **Afanas'ev I.** Leonardo XX veka. K stoletiyu so dnya rozhdeniya Vladimira Chelomeya. Novosti kosmonavtiki, 2014, no. 6, pp. 1 – 5.
5. **Afanas'ev I.B., Baturin Yu.M., Belozerskiy A.G. et al.** Mirovaya pilotiruemaya kosmonavtika. Istoriya. Tekhnika. Lyudi. Ed. Yu. M. Baturin. Moscow, RTSOFT, 2005. 747 p.
6. **Lyndin V.** Orbital'naya stantsiya "Mir". Tsifry i fakty. Novosti kosmonavtiki, 2001, no. 5, pp. 7 – 9.
7. **Fomina E.V., Senatorova N.A., Kirichenko V.V., Vagner I.V.** MKS – platforma dlya razrabotki sistemy profilaktiki gipogravitatsionnykh narusheniy v mezhplanetnykh missiyakh. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2020, no. 4, pp. 8 – 17.

© Железняков А.Б., 2021

История статьи:

Поступила в редакцию: 16.09.2021
Принята к публикации: 11.10. 2021

Модератор: Плетнер К.В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Железняков А.Б. Форпосты человечества на околоземной орбите // Воздушно-космическая сфера. 2021. № 4. С. 44 – 54.



ВНЕВЕДОМСТВЕННЫЙ ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ
ПО ВОПРОСАМ ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКОЙ СФЕРЫ

Объединение профессионалов в области космонавтики
и воздушно-космической обороны

125190, Россия, Москва,
Ленинградский проспект, д. 80,
корп. 16, подъезд 1
Тел.: +7 (499) 654-07-51
Факс: +7 (499) 654-07-57

vko@vko.ru

www.vesvks.ru



Vladislav A. LEONOV,
*Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Research Fellow, Institute of
Astronomy of the RAS, Moscow, Russia,*
leonov@inasan.ru

Владислав Александрович ЛЕОНОВ,
*кандидат физико-математических наук, научный сотрудник ФГБУН
Институт астрономии РАН, Москва, Россия,*
leonov@inasan.ru

PERMANENT LUNAR STATION AS RUSSIA'S PRIORITY IN SPACE RESOURCES

ПОСТОЯННАЯ ЛУННАЯ СТАНЦИЯ КАК ПРИОРИТЕТ РОССИИ В ОСВОЕНИИ РЕСУРСОВ КОСМОСА



ABSTRACT | The processes of our civilization's development at the end of the last century revealed a large number of different problems in all spheres of society, from economy to social environment.

Global climate changes together with the pandemic events of recent years have shown that humans, as a species, are still threatened by hazards of natural origin that they cannot yet cope with. Humanity is on the threshold of many more new dangers and post-industrial risks, and the solution of fundamentally new tasks that will be set before science will require revision of the scientific research strategy, analysis of all possible algorithms and alternatives for the development of society. It is also impossible to exclude complete rethinking of our civilization's future, one of the key aspects of which is likely to be space expansion.

Keywords: *Permanent lunar bases, space expansion, space resources, lunar navigation system, regolith, basalt, 3D printing*

АННОТАЦИЯ | Процессы развития нашей цивилизации еще в конце прошлого столетия выявили большое количество проблем разного характера во всех сферах общества, начиная от экономики и заканчивая социальной средой. Глобальные климатические изменения в совокупности с пандемийными событиями последних лет показали, что человеку как биологическому виду по-прежнему угрожают опасности природного характера, с которыми ему справиться пока не под силу. Человечество стоит на пороге еще многих новых опасностей и постиндустриальных рисков, и решение принципиально новых задач, которые будут поставлены перед наукой, потребует пересмотра стратегии научных исследований, анализа всех возможных алгоритмов и альтернатив развития общества. Нельзя исключить также полного переосмысливания будущего нашей цивилизации, одним из ключевых аспектов которого, вполне вероятно, станет космическая экспансия.

Ключевые слова: *постоянные лунные базы, космическая экспансия, ресурсы космоса, лунная навигационная система, реголит, базальт, 3D-печать*

ОСВОЕНИЕ КОСМОСА — СЛОЖНЫЙ, НО НЕИЗБЕЖНЫЙ ЭТАП ЭВОЛЮЦИИ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Сценарий освоения человеком космоса, расселения за пределами Земли, представляется сверхзадачей для современной цивилизации, и понадобится не одно десятилетие только для выработки правильной стратегии, учитывая, что космос — самая агрессивная из всех сред, где когда-то побывал человек. Однако освоение космоса и его ресурсов является неизбежной ступенью человеческой эволюции, а различные природные, техногенные, антропогенные и иные катаклизмы будут лишь ускорять процесс его освоения, тем самым повышая шансы на выживание человеческого вида в долгосрочной перспективе [1].

С тех пор как в начале 70-х годов прошлого столетия экипаж «Аполлона-17» осуществил последнюю посадку на Луну, каких-либо серьезных шагов по освоению космоса человеком сделано не было, за исключением постоянного присутствия на орбитальных станциях. Самые оптимистичные проекты начала XX века по-прежнему кажутся далекой перспективой, а темпы освоения космоса оказались гораздо скромнее, чем предполагали ученые, философы и мечтатели. Из всех существующих проектов на сегодняшний день можно упомянуть лишь весьма амбициозные планы Илона Маска и его корпорации SpaceX по колонизации Марса [2] и общий концептуальный проект-программу Игоря Ашурбейли, возглавляющего космическое государство Асгардия [3]. Реализация первого проекта в обозримом будущем невозможна по причине отсутствия технологий безопасной доставки астронавтов на большие расстояния и их полноценного существования на Марсе, а второй мегапроект подразумевает создание государства с чистого листа. На этом пути потребуются решить большое количество проблем философского, социального, юридического, технического и технологического характера, однако не исключено, что в случае успеха освоение космоса пойдет уже совсем иными темпами.

Поскольку потребности человечества в ресурсах постоянно растут, а борьба за них на всех этапах эволюции человечества являлась причиной большинства конфликтов, вполне вероятно, что эта борьба в самом скором времени распространится и на космическое пространство.

Несколько иначе обстоят дела с промышленным освоением ресурсов космоса, преимущественно Луны, околоземного космического пространства (ОКП), а также астероидов и комет [4]. Эти ресурсы являются природными и подразумевают не только источники вещества — минералов или минералообразующих элементов, но и источники энергии. Кроме того, к ресурсной базе космоса в полной мере относится и само пространство, например геостационарные орбиты или иные участки ОКП и планет, на которых наиболее выгодно располагать КА, обсерватории, привязные платформы или лифтовые (тросовые) системы [5].

Третья и шагающая вслед за ней четвертая промышленные революции требуют все большего количества энергоресурсов, обеспечить которые не в силах даже атомные электростанции, не говоря уже о возможностях возобновляемых источников энергии. С учетом динамики индустриального потребления редкоземельные металлы, такие как вольфрам, кобальт и никель, иссякнут еще до конца этого столетия [6]. Поскольку потребности человечества в ресурсах постоянно растут, а борьба за них на всех этапах эволюции человечества являлась причиной большинства конфликтов, вполне вероятно, что эта борьба в самом скором времени распространится и на космическое пространство [7].

Весьма жесткую позицию занимают США, не стесняясь провозглашать свой приоритет в разработке полезных ископаемых на Луне. «Соглашения Артемиды», в теории декларируемые США для предотвращения конфликтов [8], говорят лишь о серьезных намерениях возвратиться на Луну. Так или иначе, они подразумевают навязывание правил игры в космосе с возможным дальнейшим применением мер воздействия к тем странам, которые будут их нарушать. То есть экономическое и политическое влияние будут иметь место еще и в космосе. Активно противится этим соглашениям Китай, пытаясь создать свою коалицию, поскольку Китайское национальное космическое управление (China Aerospace Science and Technology Corporation — CNSA) имеет свои далеко идущие планы по созданию «Экономической зоны Земля — Луна» [9]. Хотя оно и не спешит их полностью раскрывать — официальный сайт CNSA недавно объявил о создании Международной лунной исследовательской станции [10], где под словом «международной» следует понимать «китайско-российской» с явной привязкой к планам Роскосмоса. Таким образом, назревает очередной виток космической гонки, но только не в сфере научного и технического приоритета, а в сфере очень жесткой борьбы за ресурсную базу.

В сложившейся ситуации такой пока еще крупной космической державе, как Россия, придется приложить немало усилий, чтобы удержать лидерство в космосе, особенно в том случае, если Международная космическая станция перестанет эксплуатироваться. И поддерживать статус космической державы можно будет только при условии наличия адекватной стратегии освоения космоса, а именно активного освоения Луны, которое может идти как в направлении добычи полезных ископаемых, так и в направлении научных исследований (например, строительство телескопов) или, что еще лучше, в обоих направлениях. Однако в любом случае потребуется строительство лунных баз, поскольку голословные планы, не подкрепленные активными действиями, очень быстро приведут к тому, что самые выгодные участки Луны будут заняты теми, кто в состоянии их освоить.

Поддерживать статус космической державы можно будет только при наличии адекватной стратегии освоения космоса, а именно активного освоения Луны, идущего как в направлении добычи полезных ископаемых, так и в направлении научных исследований.

Скептические прогнозы, говорящие о том, что в ближайшие 20 – 25 лет Россия не будет способна самостоятельно создать свою базу на Луне, ничем не обоснованы. Строительство обитаемой лунной станции не требует каких-либо прорывных технологий: современные технические решения и средства доставки, имеющиеся в России, уже позволяют начать освоение Луны в полном объеме. Тем не менее строительство лунной станции значительно ускорится, если оно станет совместной национальной многолетней программой, например, стран БРИКС.

Безусловно, разработка и строительство лунной базы, даже с учетом опыта создания орбитальных станций, будут представлять собой крайне сложную задачу и будут сопряжены с большими трудностями. Потребуется учесть огромное количество условий и факторов, таких как медико-биологические и антропогенные, навигационные и селенодезические, астрономические и физические, геологические и минералогические, а также логистические, биоэтические и еще целый ряд других.

НАВИГАЦИОННАЯ СИСТЕМА НА ЛУНЕ

Первоочередная задача, которую необходимо решить еще до начала строительства и даже посадки первых КА со строительной техникой и элементами конструкций, — это разработка навигационной системы, в основе которой лежит создание каркаса селенодезической системы координат (ССК) [11]. Сейчас этот каркас основывается исключительно на наземных наблюдениях, проводимых в оптическом диапазоне. Многочисленные ряды наблюдений позволили установить положение оси вращения Луны и выбрать нулевой меридиан, однако при таких наблюдениях земная атмосфера накладывает очень жесткие ограничения на точность получаемых измерений. Поскольку на Луне нет идеальных «точечных» объектов, точность определения положений самых мелких деталей лунной поверхности не превышает 2 км, при этом улучшить эту точность наземными наблюдениями уже не удастся. На Земле системы спутникового глобального позиционирования функционируют достаточно давно и позволяют определять местоположение объекта в режиме реального времени с точностью менее 5 метров [12]. Но достигнутая к настоящему времени точность измерения координат объектов на Луне недопустимо мала для активных работ на ее поверхности, в том числе для посадки спускаемых аппаратов, и, особенно для перемещения луноходов. Поэтому крайне необходимо обеспечить точность позиционирования объектов на Луне не хуже 10 м хотя бы в областях, представляющих наибольший интерес.

Принципы глобальной навигации, применяемые для определения координат на Земле, не годятся для Луны, поскольку в этом случае количество орбитальных спутников будет сопоставимо с количеством спускаемых и самоходных аппаратов, используемых для строительства лунных баз. Для этого требуется разработать лунную навигационную систему на иных принципах, которые позволят, во-первых, обойтись минимальным числом навигационных спутников и, во-вторых, постепенно наращивать всю систему позиционирования от локальной области до всей поверхности Луны, увеличивая при этом оперативность и точность измерений.

Один из вариантов, предложенных для создания таких систем, в частности ССК, сводится к установке и использованию на поверхности Луны многоволновых световых маяков, допускающих их наблюдение из космоса, а также спутников для их наблюдения, которые помимо прочего должны решать задачу самоопределе-

ния своего пространственного положения относительно звезд и самой Луны [13]. Такая система позволит не только достичь требуемой точности позиционирования аппаратов на поверхности Луны, но и постоянно улучшать ее при условии наращивания количества маяков в зонах стратегических интересов, а группировка спутников, требуемых для метрологических навигационных измерений, будет состоять всего из двух КА.

КОСМОДРОМ НА ЛУНЕ

Вторая по важности задача, которую необходимо решить еще до начала строительства самой базы, — это развертывание космодрома. Однако космодром сам по себе как комплекс сооружений, предназначенных для отправки, приема и обслуживания КА, на первоначальном этапе строительства имеет больше утилитарную роль. Гораздо более важно обеспыливание прилегающих к базе территорий, которое будет достигнуто при его строительстве.

В отсутствии атмосферы лунная пыль достаточно легко приобретает электрический заряд, что способствует ее налипанию на поверхности КА, оборудование и скафандры [14]. Кроме того, вследствие перемалывания метеоритами коренной породы в осколочное вещество эта пыль на протяжении миллионов лет не подвергалась эрозии, сохраняя свои абразивные свойства. Имея субмикронные размеры и малую массу, такая пыль легко сцепляется даже с самыми гладкими поверхностями. Поскольку мягкая посадка КА на Луне будет осуществляться посредством реактивных двигателей по нормали к поверхности при почти нулевых боковых скоростях, а само торможение наиболее эффективно непосредственно перед посадкой, то реактивные струи тормозных двигателей будут поднимать большое количество лунной пыли.

Снижения этого эффекта можно добиться только посредством создания обеспыленных площадок, по которым космонавты смогут перемещаться от КА к объектам лунной инфраструктуры [15]. Для их оборудования можно использовать технологию 3D-печати, применяемую для строительства жилых и технических сооружений на Луне, а в качестве способа нагрева печатающей головки — сферические зеркала-концентраторы, которые будут фокусировать солнечный свет. Температура в фокусе такого зеркала превысит 1500 °C, что заведомо выше температуры плавления реголита. Таким образом, с помощью концентраторов солнечной энергии, себестоимость которых будет невысока, можно создавать проч-

ный, но не очень массивный монолитный слой с гладкой структурой, практически не содержащий пылинок.

В случае если ССК к началу строительства космодрома будет создана, а точность посадки будет достигать 10–15 м, то размер такой обеспыленной площадки не будет превышать площадь 10 000 м². В целом размер космодрома будет в существенной степени определяться грузопотоком и точностью навигации на момент начала его строительства. В перспективе, при дальнейшем усовершенствовании ССК, можно начать комплексное проектирование обитаемых станций, в которых жилые модули будут связаны целиком обеспыленными переходами непосредственно с КА.

ПРИНЦИПЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ЛУННЫХ БАЗ

Возведение любого сооружения на Луне будет связано с огромными финансовыми, техническими и энергетическими затратами, поэтому использование присутствующих там природных материалов будет обязательным условием всех проектов капитального строительства. Имеющиеся на Луне практически в неограниченных количествах реголит и коренная лунная порода (базальт) являются вполне пригодным материалом для строительства на любой точке поверхности. Благодаря своим высоким прочностным характеристикам и газонепроницаемости при условии их проплава, а также низкой лунной гравитации эти породы позволят строить сооружения высотой в несколько сотен этажей.

Модульные проекты, например долговременная база на Луне под названием «Звезда» (впоследствии названная «Барминград»), разрабатываемая под руководством конструктора В. П. Бармина в КБ общего машиностроения, ныне АО «ЦЭНКИ», создавались около полувека назад в соответствии с текущими целями и задачами и, в первую очередь, исходя из имеющихся технологий того времени [16]. Однако даже с учетом применения современных технологий такие проекты практически нереализуемы. Обусловлено это не только сверхвысокой стоимостью разработки модулей, средств доставки, но и отсутствием все той же ССК: если точность определения положений небольших объектов на Луне не превышает 2 км, то текущая точность приземления КА на ее поверхность имеет форму эллипса с размерами 15 × 30 км. При доставке нескольких модулей лунной базы все они будут рассеяны в этом эллипсе [11, 13, 17]. Учитывая неоднородность рельефа лунной поверхности,

Для определения координат на Луне необходима навигационная система, которая будет основана на несколько отличных от земных принципах, поскольку создавать многочисленную группировку навигационных спутников на окололунных орбитах нецелесообразно как экономически, так и в плане безопасности.



возникнет надобность по доставке разбросанных на этой площадке модулей в точку сборки, что в свою очередь потребует обеспечения базы средствами механизированной техники — подъемными кранами, грейдерами, экскаваторами и т. д. Как следствие, произойдет лавинообразное увеличение стоимости и без того дорогого проекта. Хотя этот замысел так и не был реализован, были сформулированы основные положения для строительства будущих лунных баз.

В масштабном российском проекте последних лет «Луна-7» компании «Лин Индастриал» [18] предлагается применять уже имеющиеся отечественные наработки, но с небольшим отличием — готовые модули не засыпаются реголитом, а накрываются платформой, засыпаемой в свою очередь грунтом. В проекте много внимания уделено средствам доставки модулей, но никак не развитию инфраструктуры на территории развертывания базы.

Кроме искусственно создаваемых сооружений предлагалось использовать, например, естественные полости Луны, однако от этой идеи пришлось отказаться практически сразу ввиду сложности поиска таких полостей, высокой трудоемкости и длительности реализации проектов [19]. Хотя вопрос о возможности использования лавовых трубок все еще обсуждается, этот вариант не представляется целесообразным еще и по причине невозможности обеспечения без-

опасности, а также невозможности создания логистических связей в таких сложных и в целом неудобных пространственных структурах.

Важной особенностью строительства обитаемых баз должно быть следование принципу *come and settle* — «прилетай и заселяйся», в основе которого лежит замысел роботизированного строительства практически всех модулей базы, а также наладки систем жизнеобеспечения, при котором космонавты прибывают в уже готовые и полностью рабочие модули.

Космическими агентствами многих стран предложены различные проекты строительства поселений на Луне, и практически все они основываются на технологиях 3D-печати (аддитивных технологиях). Возводимые посредством этих технологий сооружения могут быть построены как целиком из чистого реголита, так и с использованием различных добавок, например периклаза (MgO), являющегося составной частью различных огнеупорных материалов — огнеупоров, что позволит компенсировать резкие температурные перепады на поверхности Луны и обеспечить защиту от небольших метеоритов.

Если использование имеющегося на Луне сырья позволит возводить большинство сооружений, то строительную технику так или иначе необходимо будет доставлять с Земли. В этом отношении применение мобильных солнечных 3D-принтеров, использующих в качестве источ-

Рис. 1. План-схема двухсекционной постоянной лунной станции (Permanent LUnar Station) и расположение модулей, позволяющих наиболее эффективно переоборудовать станцию из двухсекционной в трехсекционную



ПЛС-2

Постоянная лунная станция

1. Жилой модуль
2. Жилой модуль
3. Медицинский модуль
4. Пищеблок
5. Спортивно-реабилитационный модуль
6. Жилой модуль
7. Кают-компания
8. Утилизационный модуль
9. Оранжевый модуль
10. Научный модуль
11. Научный модуль
12. Центр управления станцией и связью
13. Энергоустановка
14. Шлюзовой модуль
15. Складской модуль
16. Производственный (ремонтный) модуль
17. Модуль СЖО

ника питания солнечную энергию, является наиболее оптимальным решением.

В России разработки таких принтеров ведутся, но не настолько активно, чтобы начать строительство уже сейчас. Так, Самарский государственный технический университет (ФГБОУ ВО «СамГТУ») предложил концепцию проекта под названием «Селенолит» [20]. Предполагается, что материалом для 3D-печати искусственных блоков послужит лунный реголит, а в составе 3D-принтера будут два роботизированных модуля — гелиолитограф и манипулятор. Гелиолитограф должен фокусировать солнечный свет с помощью четырех зеркал, в результате чего реголит будет спекаться в твердые каменные блоки заданной формы, а манипулятор будет собирать строительный материал из лунной пыли и перемещать готовые блоки.

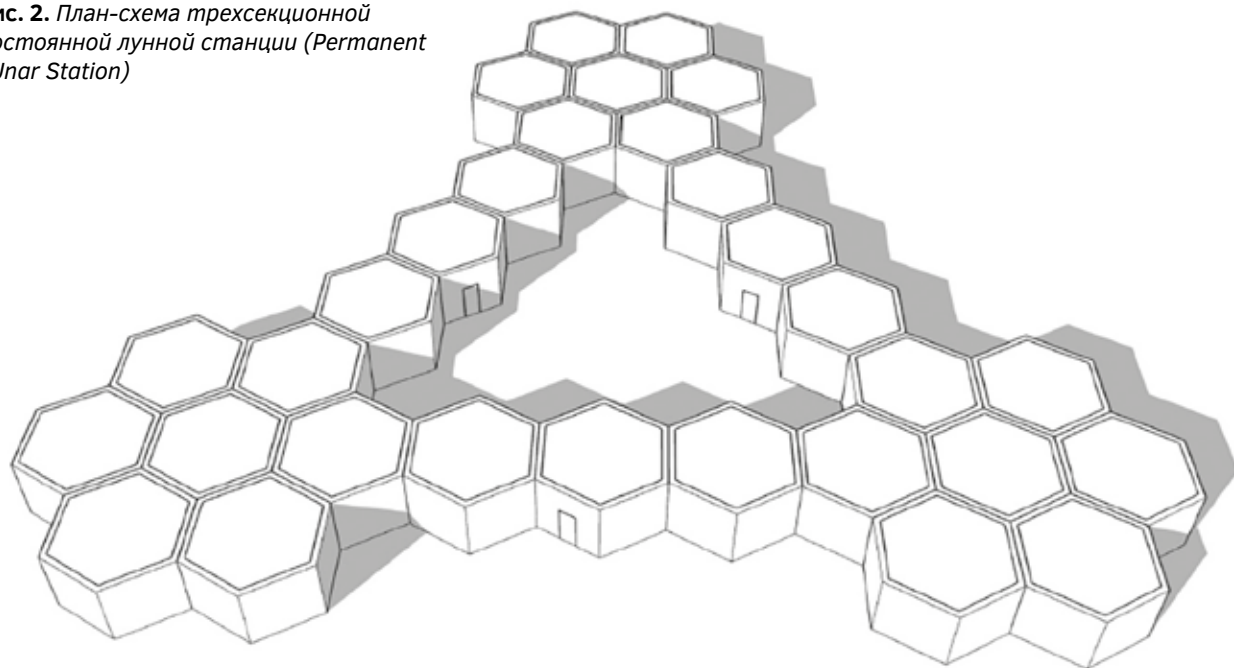
Идея в целом интересная, однако данное решение не является рациональным, поскольку экстремальные условия на Луне (отсутствие атмосферы) в обязательном порядке потребуют строительства монолитных и, следовательно, газонепроницаемых конструкций. Строительство сооружений из блоков, даже сцементированных расплавленным веществом, не позволит обеспечить абсолютную газонепроницаемость, а использование надувных конструкций для поддержания внутреннего давления в помещениях потребует усиления стеновых конструкций, чтобы избежать их деформаций из-за пере-

пада давления, но это приведет к удорожанию проекта. Такие сооружения можно использовать для строительства ангаров и других построек хозяйственного назначения.

Тем не менее уже имеется немалое количество концептов лунных баз, включая российские, в которых применяются всевозможные виды готовых, насыпных, надувных и комбинированных конструкций, а в качестве технологий предлагается целый ряд решений, начиная от выборочного лазерного спекания и заканчивая высокотемпературным синтезом [21]. В данной статье мы не будем рассматривать имеющееся многообразие различных проектов, остановимся только на текущем проекте под названием PLUS (Permanent LUnar Station), разрабатываемом коллаборацией российских ученых, инженеров и архитекторов. В проекте участвуют представители ИНАСАН, МАрХИ, Московского и Самарского политехов, НПО имени С. А. Лавочкина и ИПКОН РАН. Их цель — создание проекта лунной базы, которую можно в короткие сроки построить на Луне с использованием уже имеющихся технологий.

Эта задача не из легких, поскольку необходимо, опираясь на земные требования комфорта, создать решения, которые в недалекой перспективе можно изменять без ущерба для поселенцев, то есть легко трансформировать для создания более благоприятной, функциональной и комфортной среды обитания. Таким образом, необ-

Рис. 2. План-схема трехсекционной постоянной лунной станции (*Permanent Lunar Station*)



ходимо выполнение одного из наиболее важных условий — база должна иметь возможность реплицироваться в зависимости от текущих требований (последовательно наращиваться по мере роста числа обитателей или требований к объему научных и производственных помещений), а все необходимое дооснащение новых модулей должно быть легко осуществлено силами команды. При этом само строительство — подготовка оснований и грунтов, возведение стеновых конструкций, перекрытий и куполов — должно происходить средствами роботизированной техники. Это второе по важности условие. База должна включать в себя все необходимые для жизнедеятельности и научно-исследовательской работы модули: жилые, научные, медицинские, производственные, складские, утилизационные, кают-компания и пр. (рис. 1).

Поскольку на Луне отсутствуют процессы, приводящие к разрушению построек, как на Земле, а основная опасность — это метеоритные удары, то построенное на Луне будет сохраняться многие столетия. И несмотря на то, что спустя время представление о красоте, пропорциях и комфорте может сильно измениться, построенные модули должны соответствовать всем текущим требованиям по эргономике, комфорту и функционалу с расчетом на недалекое будущее.

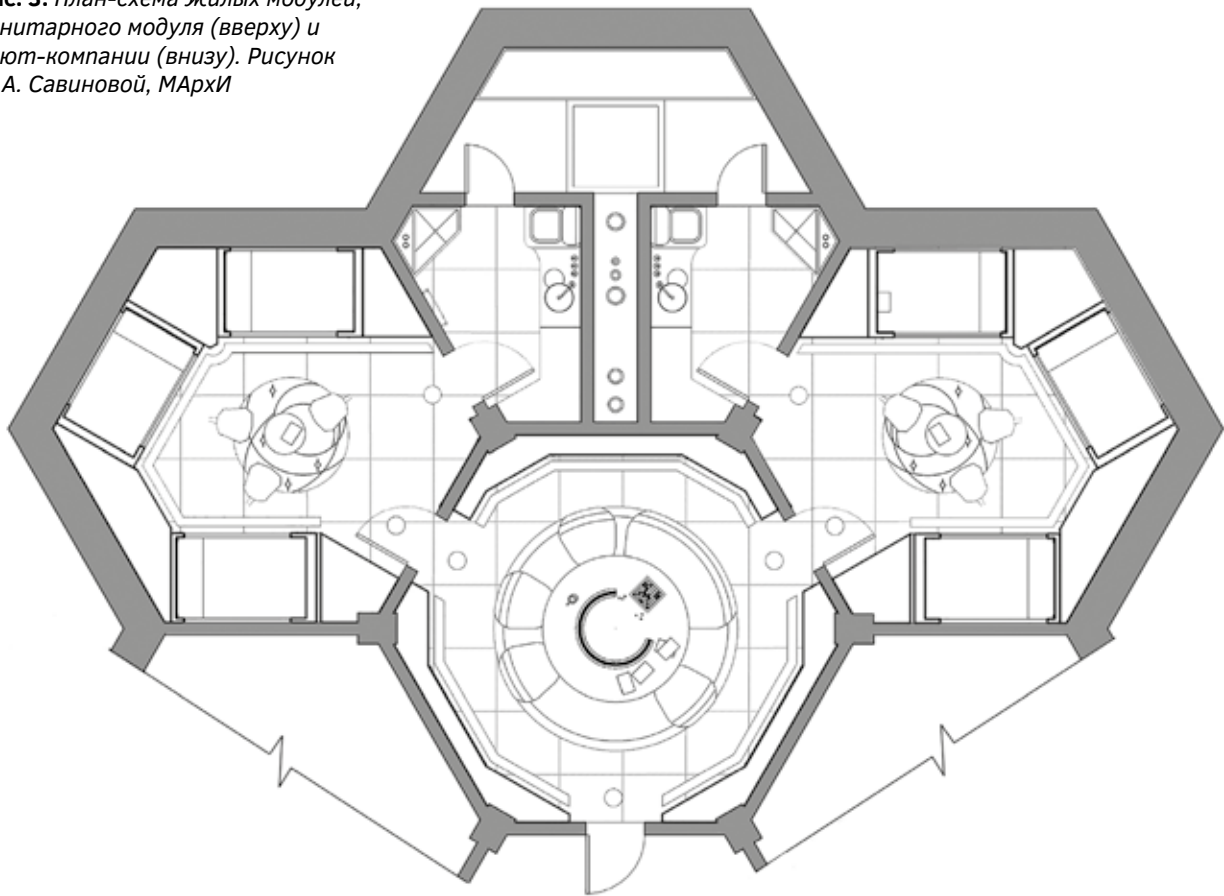
В отличие от земных условий, на Луне будет неограниченная возможность подземного строительства, но только при условии полной утилизации извлеченного из проходок грунта. Создание

терриконов из отвалов будет недопустимо, а с помощью строительных 3D-принтеров все отходы можно будет использовать для строительства. Но это будет уже следующий этап строительства. На данном, «нулевом» этапе планируется создание базы, рассчитанной на постоянное проживание в комфортных (насколько это реально для экстремальной среды) условиях 6 – 8 человек с возможным запасом расширения до 12 – 16 человек.

Эскизный проект базы PLUS представляет собой сочлененные шестигранные модули, расположенные согласно их предназначению таким образом, чтобы обеспечить наиболее удобное перемещение сотрудников от жилых зон к рабочим, а также с учетом дальнейшего переоборудования базы из двухсекционной в трехсекционную (рис. 1 и 2). При этом возведение дополнительных модулей будет воз-

Под комфортом обычно понимается как совокупность бытовых удобств, так и состояние внутреннего удовлетворения человека, возникающее под влиянием определенных благоприятных факторов. Эти факторы, равно как и весь набор бытовых удобств, на лунных базах необходимо предусмотреть в полном объеме.

Рис. 3. План-схема жилых модулей, санитарного модуля (вверху) и кают-компаний (внизу). Рисунок В. А. Савиновой, МАрХИ



можно при нахождении экипажа в уже имеющихся модулях, для этого при строительстве стеновых сооружений в местах возможного сочленения с новыми модулями необходимо установить гермодвери.

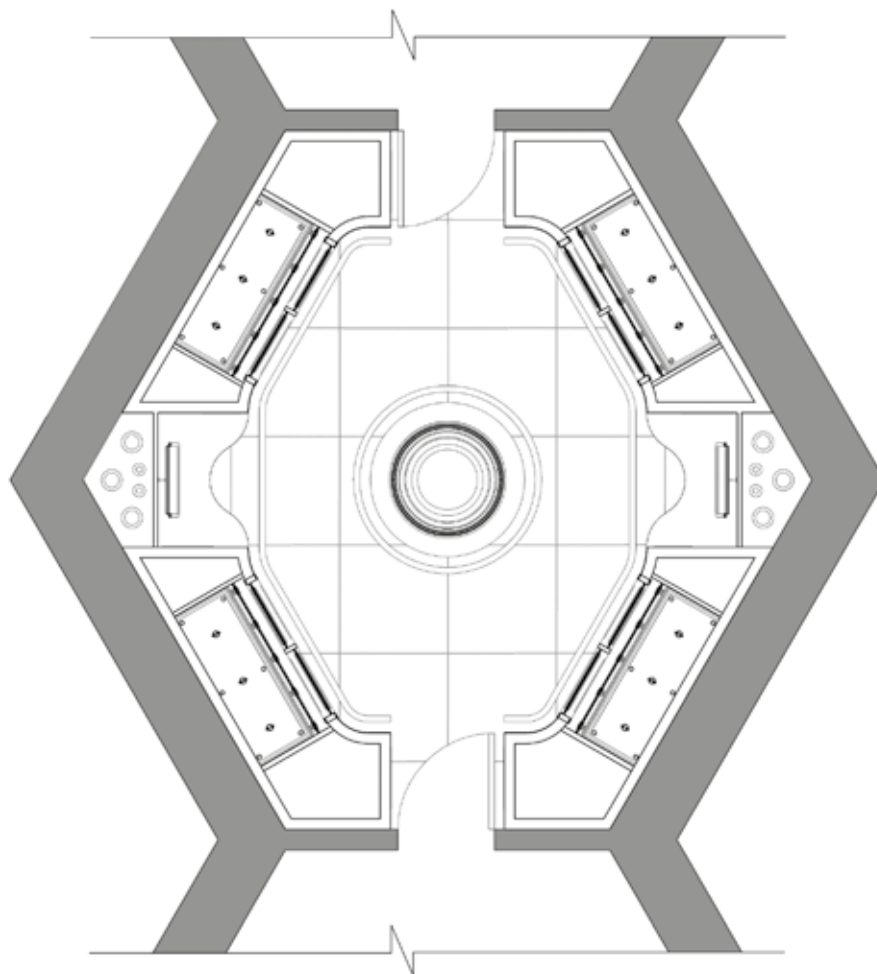
Форма и размер модулей выбраны исходя из следующих требований:

- среднеевропейский стандарт жилой площади на одного человека;
- антропогенные факторы, характерные для Луны с ее низкой гравитацией;
- прочностные характеристики монолитных конструкций из переплавленного базальта;
- требования к радиационной защите помещений;
- необходимость получения максимального внутреннего объема при минимальном размере стеновых элементов;
- скорость возведения модулей 3D-принтерами;
- эффективность состыковки модулей между собой.

Размеры модулей в процессе составления проектной документации могут незначительно изменяться, основываясь на новых данных о веществе коренной породы Луны, эргономических требованиях или появлении стойких к радиации материалов. Следует отметить, что возведение конструкций на небесных телах, равно как и на Земле, должно базироваться на СНИПах и ГОСТах, которые для таких объектов еще не разработаны. Их составление также внесет соответствующие коррективы. В случае если объем одного модуля окажется мал для предназначенных задач, возможно частичное использование смежных модулей, например кают-компаний или оранжерей (рис. 2).

Дальнейшее расширение базы может происходить не только методом возведения новых модулей, но и методом надстройки верхних этажей. Их количество может быть достаточно большим, учитывая низкую силу тяжести на Луне, что в свою очередь будет еще и эффективной защитой от радиации.

Рис. 4. План-схема
оранжерейного модуля.
Рисунок В. А. Савиновой,
МАрХИ



Радиационная защита базы PLUS сводится к боковой и верхней. Первая достигается широкими стенами толщиной до 1 м, усиливается спекаемыми реголитовыми блоками, которые устанавливаются на наружные поверхности стен с помощью замковых соединений «ласточкин хвост». Они легко демонтируются в случае, если к данной стене необходимо пристроить внешний модуль. Вторая формируется с помощью парапета, служащего ограничителем для засыпки верхнего перекрытия измельченным до определенной фракции базальтом, поверх которого можно также уложить спеченные реголитовые блоки в виде купола [22]. Если над первым этажом базы будут возводиться второй, третий и далее этажи, парапет будет служить основанием для стен следующих этажей. Базальтовый щебень легко удаляется, а купольная конструкция ввиду наличия запатентованных замковых соединений у блоков легко демонтируется.

Сама логика строительства обитаемых станций на Луне показывает, что лунные поселения будут

компактными (рис. 3, 4). В будущем на территории площадью несколько десятков квадратных километров сможет разместиться мегаполис с числом жителей не менее миллиона человек. Поэтому при лицензировании деятельности на Луне можно предложить ограничение на размер осваиваемой территории лунной поверхности окружностью радиусом несколько миль (километров). Темпы строительства помещений на Луне будут определяться темпом добычи минерального сырья из недр рядом или под обитаемой территорией. Если потребности в минеральных ресурсах окажутся меньше, чем в извлекаемой для этого породе, то излишки этой породы можно направить на строительство надземных этажей, а пустоты, где добывалось сырье, использовать для строительства более масштабных поселений, где архитектурные и дизайнерские возможности будут ограничиваться только фантазией их создателей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оптимистичные прогнозы, касающиеся как решения ряда технических и технологических проблем, так и вопросов государственного регулирования, позволяют заключить, что на текущем этапе освоения космоса Россия может создать компактные поселения на поверхности Луны уже во второй половине этого столетия. По всей видимости, это будут небольшие станции, рассчитанные на работу нескольких экипажей, в которых первые лунопроходцы будут работать вахтовым методом и решать преимущественно научные задачи медико-биологического характера, поскольку именно результаты данных экспериментов позволят ответить на вопрос о возможности нахождения человека на Луне длительное время.



Литература

1. **Кричевский С.В.** Перспективы освоения космоса человеком. М.: Ленанд. 2021. 320 с.
2. Сайт корпорации Space Exploration Technologies Corporation (SpaceX) (США) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.spacex.com/> (Дата обращения: 10.11.2021).
3. Сайт Asgardia – The Space Nation [Электронный ресурс]. URL: <https://asgardia.space/ru/> (Дата обращения: 10.11.2021).
4. **Шустов Б.М.** Космические ресурсы для развития экономики и науки // Воздушно-космическая сфера. 2019. № 4. С. 46 – 54.
5. **Багров А.А., Багров А.В., Леонов В.А.** Космический лифт «Земля – Луна» // Материалы международной конференции «Человек – Земля – космос», посвященной 50-летию со дня полета в космос Ю. А. Гагарина. Калуга: Ваш домЪ, 2011. С. 19.
6. Сайт National Minerals Information Center [Электронный ресурс]. URL: <https://www.usgs.gov/centers/nmic/mineralcommodity-summaries/> (Дата обращения: 10.11.2021).
7. **Багров А.В.** Как поделить Луну // Воздушно-космическая сфера. 2019. № 3. С. 26 – 35.
8. Сайт NASA Artemis Accords [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nasa.gov/specials/artemis-accords/index.html> (Дата обращения: 10.11.2021).
9. **Cao Siqi.** China mulls \$10 trillion Earth-moon economic zone [Электронный ресурс] // Global Times. 2019. November 01. URL: <https://www.globaltimes.cn/content/1168698.shtml> (Дата обращения: 10.11.2021).
10. Сайт China National Space Administration (CNSA) (China). International Lunar Research Station [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cnsa.gov.cn/english/p6465652/p6465653/c6812150/content.html> (Дата обращения: 10.11.2021).
11. **Багров А.В., Дмитриев А.О., Леонов В.А., Митькин А.С., Москатиньев И.В., Сысоев В.К., Ширшаков А.Е.** Глобальная оптическая навигационная система для Луны // Труды МАИ. 2018. № 99. С. 72 – 81.
12. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / Под ред. А. И. Перова, В. Н. Харисова. М.: Радиотехника, 2010. 800 с.
13. **Багров А.В., Леонов В.А.** Принципы глобальной навигации аппаратов на поверхности Луны. Сборник трудов мемориальной конференции «Звезды и спутники», посвященной 100-летию А. Г. Масевич. М.: Янус-К, 2018. С. 296 – 300.
14. **Зеленый Л.М., Захаров А.В., Борисова Т.А.** Лунная пыль // Земля и Вселенная. 2017. № 3. С. 3 – 17.
15. **Багров А.В., Леонов В.А.** Создание космодрома на Луне методом наплавления реголита на монолитную поверхность // Воздушно-космическая сфера. 2018. № 4. С. 78 – 83.
16. **Мержанов А.И.** Лунная база «Барминград» // Воздушно-космическая сфера. 2018. № 2. С. 107 – 117.

17. **Багров А.В., Дмитриев А.О., Леонов В.А., Москатынцев И.В., Сысоев В.К.** Двухволновая оптическая лунная навигационная система // Труды МАИ. 2020. № 112. С. 1 – 22.

18. Сайт компании «Лин Индастриал» (Россия) [Электронный ресурс]. URL: <https://spacelin.ru/> (Дата обращения: 10.11.2021).

19. Луна – шаг к технологиям освоения Солнечной системы / Под редакцией В. П. Легостаева и В. А. Лопоты. М.: РКК «Энергия», 2011. 584 с.

20. **Блинкова О.** СамГТУ разрабатывает инопланетный 3D-принтер, обгоняя NASA [Электронный ресурс] // IT-world. 2017. 18 марта. URL: <https://www.it-world.ru/it-news/tech/117633.html> (Дата обращения: 10.11.2021).

21. **Багров А.В., Нестерин И.М., Пичхадзе К.М., Сысоев В.К., Сысоев А.К., Юдин А.Д.** Анализ методов строительства конструкций лунных станций // Вестник НПО имени С. А. Лавочкина. 2014. № 4. С. 75 – 80.

22. **Пыжов А.М., Синицын Д.А., Янов И.В., Лукашова Н.В., Багров А.В., Леонов В.А.** Защитный купол обитаемой станции на поверхности Луны // Воздушно-космическая сфера. 2019. № 3. С. 44 – 49.

References

1. **Krichevskiy S.V.** Perspektivy osvoeniya kosmosa chelovekom. Moscow, Lenand. 2021. 320 p.

2. Space Exploration Technologies Corporation (SpaceX) (USA). Available at: <https://www.spacex.com/> (Retrieval date: 10.11.2021).

3. Asgardia – The Space Nation. Available at: <https://asgardia.space/> (Retrieval date: 10.11.2021).

4. **Shustov B.M.** Kosmicheskie resursy dlya razvitiya ekonomiki i nauki. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2019, no. 4, pp. 46 – 54.

5. **Bagrov A.A., Bagrov A.V., Leonov V.A.** Kosmicheskii lift "Zemlya – Luna". Materialy mezhdunarodnoy konferentsii "Chelovek – Zemlya – kosmos", posvyashchennoy 50-letiyu so dnya poleta v kosmos Yu. A. Gagarina. Kaluga, Vash dom", 2011, p. 19.

6. National Minerals Information Center. Available at: <https://www.usgs.gov/centers/nmic/mineralcommodity-summaries/> (Retrieval date: 10.11.2021).

7. **Bagrov A.V.** Kak podelit' Lunu. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2019, no. 3, pp. 26 – 35.

8. NASA Artemis Accords. Available at: <https://www.nasa.gov/specials/artemis-accords/index.html> (Retrieval date: 10.11.2021).

9. **Cao Siqi.** China mulls \$10 trillion Earth-moon economic zone. Global Times, 2019, November 01. Available at: <https://www.globaltimes.cn/content/1168698.shtml> (Retrieval date: 10.11.2021).

10. China National Space Administration (CNSA) (China). International Lunar Research Station. Available at: <http://www.cnsa.gov.cn/english/n6465652/n6465653/c6812150/content.html> (Retrieval date: 10.11.2021).

11. **Bagrov A.V., Dmitriev A.O., Leonov V.A., Mit'kin A.S., Moskatyev I.V., Sysoev V.K., Shirshakov A.E.** Global'naya

opticheskaya navigatsionnaya sistema dlya Luny. Trudy MAI, 2018, no. 99, pp. 72 – 81.

12. GLONASS. Printsipy postroeniya i funktsionirovaniya. Eds. A. I. Perov, V. N. Kharisov. Moscow, Radiotekhnika, 2010. 800 p.

13. **Bagrov A.V., Leonov V.A.** Printsipy global'noy navigatsii apparatov na poverkhnosti Luny. Sbornik trudov memorial'noy konferentsii "Zvezdy i sputniki", posvyashchennoy 100-letiyu A. G. Masevich. Moscow, Yanus-K, 2018, pp. 296 – 300.

14. **Zelenyy L.M., Zakharov A.V., Borisova T.A.** Lunnaya pyl'. Zemlya i Vsennaya, 2017, no. 3, pp. 3 – 17.

15. **Bagrov A.V., Leonov V.A.** Sozdanie kosmodroma na Lune metodom naplavlenniya regolita na monolitnuyu poverkhnost'. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2018, no. 4, pp. 78 – 83.

16. **Merzhanov A.I.** Lunnaya baza "Barmingrad". Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2018, no. 2, pp. 107 – 117.

17. **Bagrov A.V., Dmitriev A.O., Leonov V.A., Moskatyev I.V., Sysoev V.K.** Dvukhvolnovaya opticheskaya lunnaya navigatsionnaya sistema. Trudy MAI, 2020, no. 112, pp. 1 – 22.

18. Lin Industrial (Russia). Available at: <https://spacelin.ru/> (Retrieval date: 10.11.2021).

19. Luna – shag k tekhnologiyam osvoeniya Solnechnoy sistemy. Eds. V. P. Legostaev, V. A. Lopota. Moscow, RKK "Energiya", 2011. 584 p.

20. **Blinkova O.** SamGTU razrabatyvaet inoplanetnyy 3D-printer, obgonyaya NASA. IT-world, 2017, March 18. Available at: <https://www.it-world.ru/it-news/tech/117633.html> (Retrieval date: 10.11.2021).

21. **Bagrov A.V., Nesterin I.M., Pichkhadze K.M., Sysoev V.K., Sysoev A.K., Yudin A.D.** Analiz metodov stroitel'stva konstruktivnykh lunnykh stantsiy. Vestnik NPO imeni S. A. Lavochkina, 2014, no. 4, pp. 75 – 80.

22. **Pyzhov A.M., Sinitsyn D.A., Yanov I.V., Lukashova N.V., Bagrov A.V., Leonov V.A.** Zashchitnyy kupol obitaemoy stantsii na poverkhnosti Luny. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2019, no. 3, pp. 44 – 49.

© Леонов В.А., 2021

История статьи:

Поступила в редакцию: 10.10.2021

Принята к публикации: 11.11.2021

Модератор: Гесс Л.А.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Леонов В.А. Постоянная лунная станция как приоритет России в освоении ресурсов космоса // Воздушно-космическая сфера. 2021. № 4. С. 56 – 67.

NUCLEAR INDUSTRIALIZATION OF THE MOON

ЯДЕРНАЯ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ ЛУНЫ

Автор рисунков – Александр Майборода
Графика: Дмитрий Анисимов – рис. 1 и 2;
Студия «Планета Людей» – рис. 3 и 4



Alexander O. MAYBORODA,
member of SpaceNet NTI working group,
CEO, AVANTA-Consulting research company,
Rostov-on-Don, Russia,
mayboro@gmail.com



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

ABSTRACT | The industrialization of the Moon is a process that, when copying earthly technologies, will stretch for centuries. At the same time, progressive technologies are known that are inapplicable in terrestrial conditions, but can be successfully implemented on the moon, which will lead to the rapid creation of an industry that produces inexpensive rocket fuel on a megaton scale. This is an industry based on new physical principles. The introduction of such technologies is hindered by a political factor — two international agreements on the prohibition of nuclear explosions. At the same time, the agreements contain legal incidents allowing the use of nuclear explosions outside the Earth, as well as possible technical innovations that take nuclear technologies with pulsed energy release out of the existing political restrictions.

Keywords: *lunar metallurgy, lunar rocket fuel, "atomic needle", underground nuclear explosion, explosion chamber, nuclear-pulse spacecraft, X-ray laser, gas-phase nuclear jet engine, CTBT (Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty)*

АННОТАЦИЯ | Индустриализация Луны — процесс, который при копировании земных технологий растянется на столетия. Вместе с тем известны прогрессивные технологии, которые неприменимы в земных условиях, но могут быть успешно реализованы на Луне, что приведет к быстрому созданию промышленности, производящей недорогое ракетное топливо в мегатонном масштабе. Это промышленность на новых физических принципах. Внедрение таких технологий сдерживается политическим фактором — двумя международными соглашениями по запрещению ядерных взрывов. При этом в соглашениях есть юридические казусы, допускающие применение ядерных взрывов вне Земли, а также возможны технические новации, которые выводят ядерные технологии с импульсным выделением энергии из-под имеющихся политических ограничений.

Ключевые слова: *лунная металлургия, лунное ракетное топливо, «атомная игла», подземный ядерный взрыв, взрывная камера, ядерно-импульсные космические аппараты, рентгеновский лазер, газофазный ядерный реактивный двигатель, Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ДВЗЯИ)*

ВВЕДЕНИЕ

Впереди эпоха индустриализации космоса. Космические энергостанции к концу XXI века способны стать основными поставщиками энергии для земных потребителей, опорой «зеленой» энергетики. Сокращение стоимости межпланетных перелетов и начало колонизации космоса повлечет повышение спроса на ракетное топливо, полученное из внеземных ресурсов. Это означает развитие обрабатывающей и добывающей отраслей промышленности вне Земли, прежде всего на Луне. Масштабы задач задают масштабы добычи сырья и космических грузоперевозок порядка одного миллиона тонн в год. Понятно, что традиционными средствами быстро задачу не решить — необходимы решения с низкой капиталоемкостью на единицу мощности.

КОСМИЧЕСКИЕ ЭНЕРГОСТАНЦИИ К КОНЦУ XXI ВЕКА СПОСОБНЫ СТАТЬ ОСНОВНЫМИ ПОСТАВЩИКАМИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЗЕМНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ И ОПОРОЙ «ЗЕЛЕННОЙ» ЭНЕРГЕТИКИ.

До настоящего времени на Земле основная часть полезных ископаемых добывается при широком использовании взрывных работ. На разрушение горных пород расходуется около 20% выработанной энергии. Ежегодно разрушаются и измельчаются миллиарды тонн руды. Однако если на Земле есть дешевые химические источники энергии для получения взрывчатых веществ (ВВ), прежде всего в виде готовых запасов углеводородов и атмосферного кислорода, то в космическом пространстве и на небесных телах создавать концентрированную энергию, пригодную для применения в промышленных целях, необходимо за счет низко концентрированных потоков энергии, прежде всего солнечного излучения. За орбитой Марса ситуация становится еще более сложной, что ставит проблему использования вместо солнечного света другого источника энергии — ядерного.

Изготовление ВВ вне Земли поэтому предполагает преобразование тепловой энергии в электрическую и химическую, что делает производство малоэффективным и значительно капиталоемким по сравнению с земным. Также неэффективно, хотя относительно выгодно, производство ракетного топлива из внеземных ресурсов. Поэтому вопрос о космической

индустрии — это вопрос прежде всего о высококонцентрированных и потому дешевых источниках энергии вне Земли. Поскольку крупномасштабная разработка внеземных полезных ископаемых требует взрывных работ, становится актуальной проблема замены взрывных устройств на основе химических ВВ ядерными взрывными устройствами (ЯВУ) и аналогичными импульсными источниками энергии. Теоретики индустриализации космоса давно признали, что реакции деления и синтеза атомных ядер — самый эффективный энергоисточник для крупномасштабной и весьма экономичной добычи руд и других ресурсов на Луне и вообще где бы то ни было в Солнечной системе.

Краффт А. Эрике, пионер практической и теоретической космонавтики, автор фундаментальной работы по индустриализации Луны, исследовал вопросы формирования энергетического сектора лунной индустрии [1]. Он констатировал следующее.

Процессы плавления и газификации лунных пород — энергетически напряженные методы. С точки зрения охраны окружающей среды на Луне нет сложных проблем, а решающее значение приобретают доступность, изобилие и экономичность источников энергии. Заманчиво использовать солнечную энергию. Однако это низкоконцентрированный источник энергии. Для «запуска» процесса индустриализации Луны, доказывает Эрике, потребуется иной энергоисточник.

Таким новым энергоисточником, притом как будто специально приспособленным к специфике лунной окружающей среды, могут стать ядерные заряды. Перед другими (ныне известными и доступными) источниками энергии ядерные заряды имеют одно бесспорное преимущество: у них наибольшая концентрация энергии на единицу массы; поэтому их транспортировка с Земли на Луну потребует наименьших затрат по сравнению со всеми другими типами энергоисточников.

Эрике резонно замечает, что, если производить взрывы термоядерных или ядерных зарядов на достаточной глубине, в толщине лунных пород, поверхностная природная среда Луны нимало не пострадает.

ВОПРОС О КОСМИЧЕСКОЙ ИНДУСТРИИ — ЭТО ВОПРОС ПРЕЖДЕ ВСЕГО О ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ И ПОТОМУ ДЕШЕВЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ ВНЕ ЗЕМЛИ.

Подлунный взрыв освободит большое количество кислорода: ведь его содержание в лунных породах доходит до 40%. Если удалять кислород из взрывной каверны достаточно быстро, в окружающих каверну природных лунных породах будут образовываться богатые металлические руды. В условиях Земли такая технология не сможет найти применения из-за опасности нанесения ущерба природе. Луна же как будто специально создана для развития на ней взрывной технологии. В отличие от земной, лунная природа малочувствительна к «загрязняющему» воздействию индустрии. Безжизненная, безводная, безатмосферная Луна, не менее четырех миллиардов лет подверженная воздействию солнечной радиации и галактического излучения, не будет столь болезненно реагировать на промышленные отходы, которые на Земле уже в наши дни становятся настоящим бичом для всей природы, подытоживает Эрике.

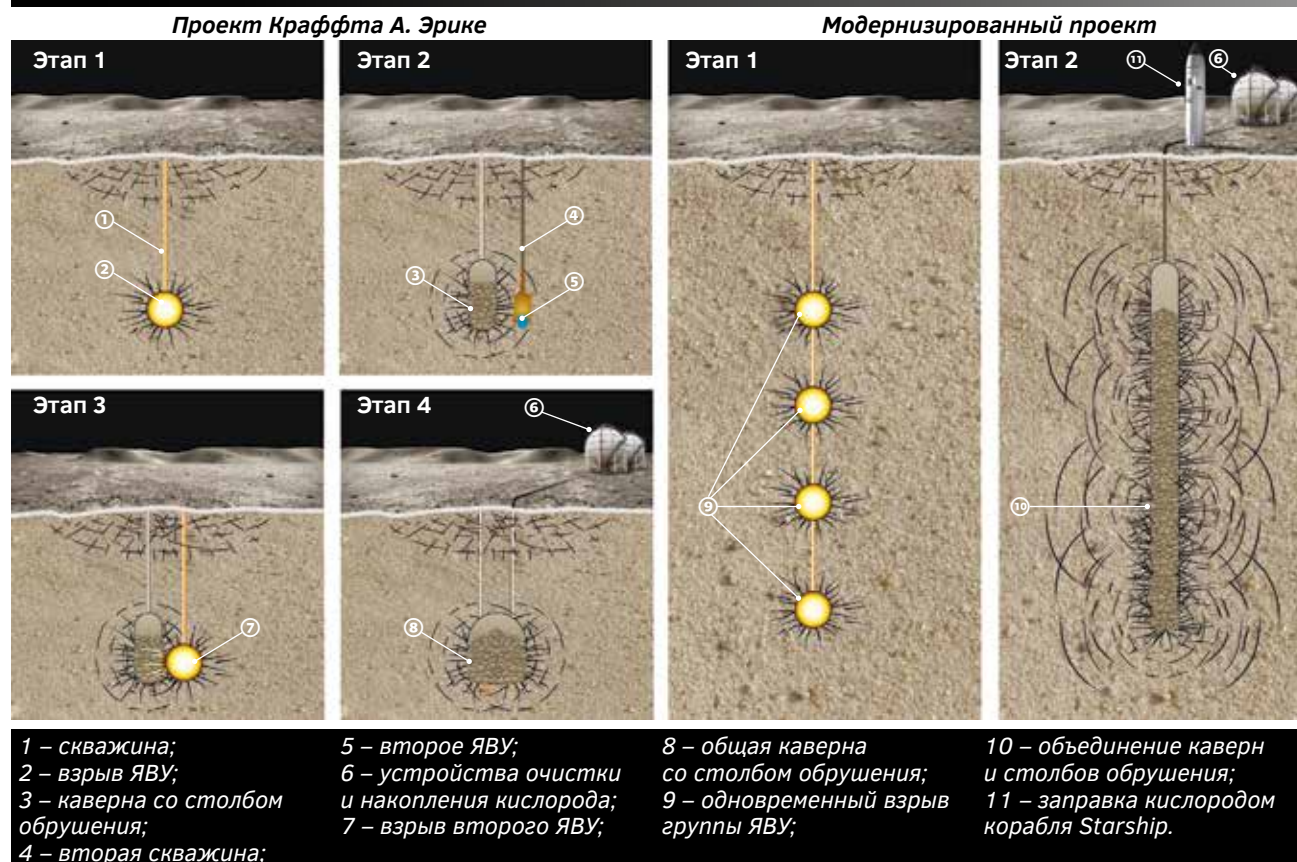
Таким образом, благодаря принципиально новому технологическому фактору энергетический сектор лунной индустрии тесно смыкается с ее сырьевым сектором.

ЯДЕРНЫЕ ВЗРЫВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ — МОЩНЫЙ УСКОРИТЕЛЬ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ ЛУНЫ

По предварительной оценке Краффта Эрике, заряд мощностью в одну килотонну раздробит около 330 000 т лунной породы и образует каверну объемом в несколько десятков тысяч кубических метров. Предположительно около 10% породы полностью испарится. Кремний и металлы быстро сконденсируются, но так как они будут находиться в весьма чистой кислородной среде, они начнут интенсивно окисляться. Эрике предполагает, что если с учетом всех потерь только 30% испарившейся породы придется на кислород, мы получим следующие цифры: заряд с общей массой менее 100 кг может «произвести» до 10 000 т кислорода.

Чтобы предотвратить интенсивное реокисление металлов и кремния, кислород нужно удалить из взрывной каверны так быстро, как это только возможно. С этой целью можно использовать пробуренный заранее канал, идущий с поверхности Луны до размещенной на нуж-

Рис. 1. Взрывная технология извлечения кислорода из лунных пород



ной глубине начальной полости, в которую закладывается ядерный заряд. Между начальной полостью и нижним концом канала оставляется перемычка точно расчетной толщины. При взрыве эта перемычка мгновенно разрушается, и горячий кислород по каналу устремится вверх. Над верхним устьем канала должны быть заранее сооружены приемно-очистные сооружения и емкости для хранения кислорода. Принципиальная схема процесса показана на *рис. 1* (этапы 1, 2, 3 и 4).

Проверка этих предварительных расчетов показывает, что Эрике значительно преувеличил количество кислорода, «производимого» маломощным ЯВУ. Для получения указанного им количества кислорода потребуются заряды мощностью в десятки килотонн. Тем не менее ядерная взрывная технология даже при использовании намного больших по мощности зарядов выгодна. Она на порядки ускорит и удешевит индустриализацию Луны.

Рассмотрим производство кислорода по технологии Краффта Эрике в соответствии с известными данными по подземным ядерным взрывам. В работе [2, с. 286] приводятся усредненные данные по раздробленной и расплавленной породе: масса породы в зоне раздробленного материала составляла 120 тыс. т на каждую килотонну мощности, а масса первоначально расплавленной скальной породы, которая при последующем охлаждении превратилась в стекловидную массу, составляла 500 ± 150 т на каждую килотонну мощности взрыва. На испарение скальных пород ушло около 30% общей энергии ядерного взрыва. При этом длительное время почти вся выделившаяся при взрыве энергия сохраняется в объеме, имеющим радиус несколько больший, чем первоначальный радиус полости. Таким образом, масса расплавленной (не испарившейся) породы в среднем в 240 раз меньше массы раздробленной породы, что существенно отличается от оценки, данной Краффом Эрике.

Для получения кислорода выгодно использовать ЯВУ средней и большой мощности, лучше порядка 1 Мт. Это уменьшает радиоактивное заражение продуктов термического разложения и сокращает удельные затраты ввиду более полного использования ядерных материалов.

При взрыве такой мощности на большой глубине в базальте радиус зоны испарения составляет 20 м, объем которой — около $33\,550 \text{ м}^3$. При плотности базальта $2,7 \text{ т/м}^3$ масса испарившегося вещества — 90 600 т. Содержание кислорода в породе около 40%, что дает 36 000 т O_2 при термическом разложении оксидов кремния и металлов.

Далее идет зона плавления базальта с радиусом 30–50 м. Объем зоны — $113\,000 - 524\,000 \text{ м}^3$. Масса — $305\,000 - 1\,415\,000 \text{ т}$. Если это район Луны, где грунт содержит 13,2% железа в составе оксидов FeO и Fe_2O_3 , что дает около 4% кислорода в грунте, то из расплава при распаде оксидов может выделиться от 12 200 до 56 600 т O_2 .

За зоной плавления идет горячая твердофазная зона смятия и дробления. В ней также может происходить выделение кислорода при разложении FeO . Оксид железа FeO при низких температурах термодинамически неустойчив. При температуре ниже 560°C разлагается. Скорость реакции наибольшая при 480°C . При температуре ниже 300°C разложение останавливается. Теплосодержание базальта около $0,84 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)}$. Поэтому при расходе 30% энергии взрыва мощностью 1 Мт ($4,184 \cdot 10^9 \text{ МДж}$) на нагревание базальта (от -40°C до 560°C , что дает 500 МДж на 1 т базальта), по мере расширения очага тепла вокруг каверны, масса нагретой породы составит около 2 500 000 т ($8\,300\,000 \text{ т} \cdot 30\%$). При этих условиях разложение FeO может дать минимум 2% массы O_2 , что составит 50 000 т дополнительно к массе кислорода из зон испарения и плавления. Итоговое выделение: от 98 000 т до 143 000 т на 1 Мт. В среднем — 120 000 т O_2 .

Таким образом, при годовом расходе ЯВУ суммарной мощностью 8 Мт объем производства кислорода лунной промышленностью достигнет 1 млн т. Масштабы производства могут достаточно просто наращиваться по мере роста спроса на ракетное топливо для заправки космических кораблей вне Земли. В частности, крупным потребителем лунного кислорода станут компании, реализующие планы колонизации Марса и других небесных тел.

Технология Краффта Эрике может быть модернизирована. На *рис. 1* (этапы 1 и 2 модернизированного проекта) показана схема оптимизации процесса. Вертикальное расположение зарядов с одновременным или последовательным подрывом ЯВУ, желательной различной мощности, приведет к моментальному обрушению сводов каверн и досрочному формированию столба обрушения, тогда как обычно на это уходит относительно длительное время, что приводит к потере кислорода в результате окисления металлов. В результате попадания во взрывные полости со смесью испаренных металлов с горячим кислородом более холодных масс раздробленной скальной породы и расширения газов температура внутри образовавшейся шахты резко понизится. Это предотвратит реокисление кремния и металлов. Кислород и расплав на дне шахты также будут разделены обрушившейся породой.

При отсутствии трещин, выходящих на поверхность, шахта может использоваться для длительного хранения кислорода, расходуемого по мере роста покупательского спроса.

Необходимо заметить, что максимальной устойчивостью к наведенной радиоактивности обладают всего несколько элементов: водород, гелий, бериллий, углерод, кислород, свинец. В этом отношении кислород из ядерной полости-хранилища (после очистки от радиоактивной пыли в циклонах) не представляет такой опасности, как например, азот воздуха, очень чувствительный к наведенной радиации.

ЯДЕРНЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ С ВЗРЫВНЫМИ И ГАЗОФАЗНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

Масштабы транспортных перевозок в эпоху индустриализации космоса (начиная от 1 млн т в год) заставляют искать другие, более эффективные, чем ракеты, средства транспортировки грузов. Краффт Эрике рекомендовал некоторые новаторские схемы, в том числе на основе ядерной энергии. Он отмечает, что для запуска транспортных кораблей с поверхности Луны в принципе можно использовать и технику ядерного взрыва. Горячий кислород, образующийся при подлунном взрыве, может непосредственно использоваться для разгона транспортных космических кораблей, заранее размещенных в ускорительных трубах и направленных таким образом, чтобы после вылета из ствола, подобного «пушечному ускорителю», космический аппарат вышел на нужную переходную траекторию — полета к Земле, планетам или перехода на селеноцентрическую орбиту.

Предложенную Краффтом Эрике систему можно условно назвать ядерно-пушечным ускорителем. Таким образом, ядерные взрывные процессы кроме их прямого технологического и строительного применения используются также и для достижения транспортных целей, что может существенно повысить их экономическую эффективность.

Ядерно-взрывной ускоритель может применяться вне процессов добычи сырья и в связи с этим может быть модернизирован: взрывная камера — многократного применения, кислород заменен водой или водородом, что приведет к повышению скорости вылета кораблей-снарядов до 20 – 25 км/с.

Такой ядерно-артиллерийский ускоритель космических аппаратов выбрасывает продукты деления и остатки непрореагировавших урана или плутония в космическое пространство

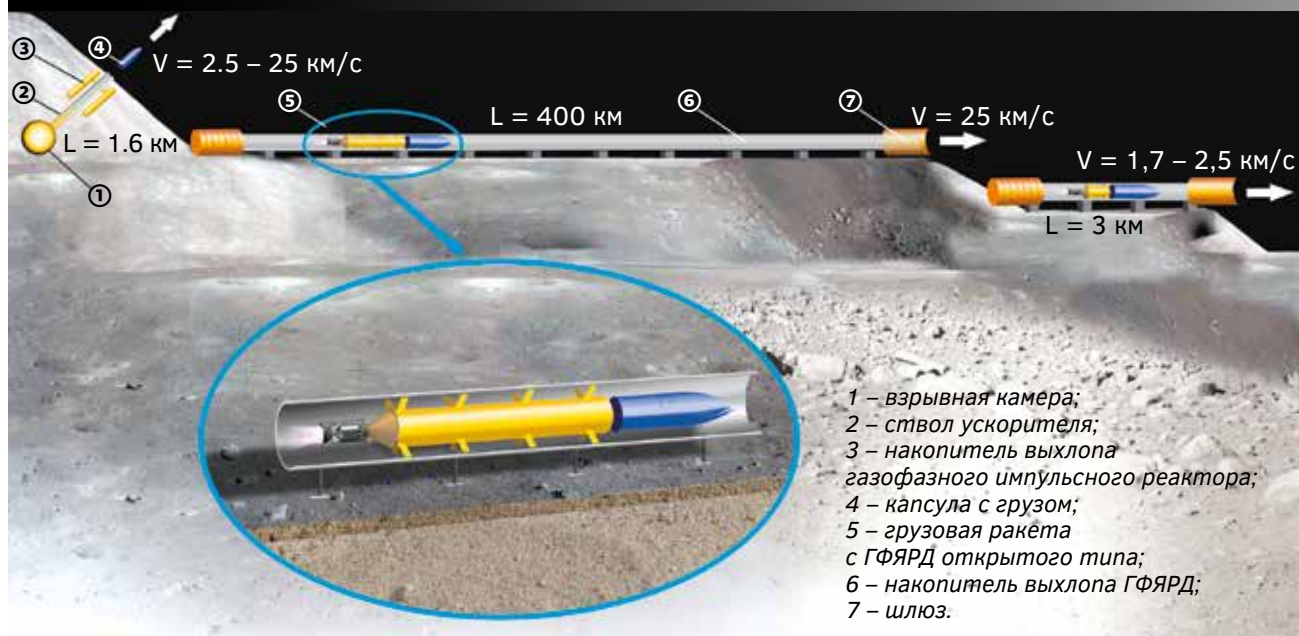
со скоростью, значительно превышающей лунную первую космическую, что устраняет проблему радиоактивного загрязнения. Однако для маломощных ЯВУ, используемых в ускорителе, характерен низкий процент использования дорогого делящегося материала — большая его часть не участвует в цепной реакции и рассеивается при взрыве. Современный уровень развития техники позволяет создать ядерные взрывные ускорители с устройствами перехвата и аккумуляции газов, несущих частицы урана, плутония или других делящихся материалов в целях их повторного использования. Вместе с тем политические ограничения на использование ЯВУ в космическом транспорте обесценивают такие конструкторские разработки.

С учетом политического фактора предлагается — в духе проектов Краффта Эрике — аналогичная система, в которой разгон аппарата в ускорительной трубе осуществляется не газовым потоком, исходящим из взрывной камеры, но установленным на аппарате газофазным ядерным реактивным двигателем (ГФЯРД) открытого цикла. Трудноразрешимая проблема применения ГФЯРД — это вынос непрореагировавшего ядерного горючего вместе с рабочим телом, что сильно снижает энергетические характеристики ракеты. Такие двигатели предельно просты, в отличие от ГФРД замкнутого цикла, но не применяются по причинам экономическим, а не техническим — НИОКР по тепловыделяющим элементам ГФЯРД близкой схемы проводились в СССР [3, 4].

МАСШТАБЫ ТРАНСПОРТНЫХ ПЕРЕВОЗОК В ЭПОХУ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ КОСМОСА ЗАСТАВЛЯЮТ ИСКАТЬ БОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫЕ, ЧЕМ РАКЕТЫ, СРЕДСТВА ТРАНСПОРТИРОВКИ ГРУЗОВ.

Сущность предложения в том, что разгон ракет газофазным двигателем производится только в герметичном трубопроводе (с быстродействующим шлюзовым выходом), и ядерное горючее, выносимое рабочим телом, остается в трубопроводе, а не рассеивается в космическом пространстве. Извлечение ядерного топлива из трубопровода возможно различными несложными способами. После очистки собранное топливо может использоваться повторно. Таким образом, зона лунного пространства создает условия для реализации двигателя, способного запускать ракеты со скоростью более 25 км/с. Линейные размеры трубы такого накопителя ракетного выхлопа составят около

Рис. 2. Способ изоляции выхлопа газофазного реактора открытой схемы



400 км, если его ускорение будет на уровне твердотопливных ракет, таких как «Спринт» или «Рейнботе». Для вывода грузов с Луны со второй космической скоростью длина трубопровода составит около 3 км.

Принципиальные схемы ядерного взрывного ускорителя Краффта Эрике и инновационной системы запуска ракет с ГФЯРД открытого цикла показаны на рис. 2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ РЕНТГЕНОВСКОГО ЛАЗЕРА ВО ВЗРЫВНУЮ КАМЕРУ

Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ДВЗЯИ) 1996 года запрещает производить любые ядерные взрывы в любом месте, находящемся под юрисдикцией или контролем участника договора [5, с. 2]. Базовое понятие договора — «ядерный взрыв». Содержание этого понятия основано на классическом толковании ядерного взрыва как неуправляемого процесса высвобождения большого количества энергии за малый промежуток времени в результате ядерных цепных реакций деления либо термоядерных реакций синтеза (термоядерный взрыв). Это означает, что управляемое высвобождение большого количества энергии за малый промежуток времени выводится за пределы действия договора.

Есть основания считать герметично изолированные взрывы регулируемой мощности (мень-

ше 0,001 кт) во взрывных камерах, то есть вне природной среды, без рассеивания делящихся материалов и продуктов цепной реакции, управляемым процессом, и потому — взрывами условными, выпадающими за рамки ограничений ДВЗЯИ. Это демонстрируется следующими примерами.

Микротермоядерные взрывы зарядов во взрывных камерах, в рамках опытов по овладению энергией ядерного синтеза, принципиально не отличаются от более мощных ядерных взрывов. Тем более что в некоторых таких опытах допускается применение и реакций деления ядер для запуска реакций синтеза. Де-факто государства-организаторы таких НИОКР отказываются выполнять условия ДВЗЯИ, хотя формально они применимы к таким опытам.

Опыты по отработке элементов ГФЯРД не попадают под действие ДВЗЯИ, так как двигатель работает непрерывно. Однако если ГФЯРД перевести в импульсный режим, когда урановая плазма выделяет большое количество энергии за малый промежуток времени, его испытания становятся аналогичны ядерным взрывам искусственно пониженной мощности во взрывных камерах. Это основание для признания изолированных камерных взрывов малой мощности взрывами условными, то есть не попадающими под действие ДВЗЯИ. Соответственно, без нарушений ДВЗЯИ индустриализация Луны может быть основана на камерных ядерных взрывах, которые генерируют рентгеновское лазерное

излучение и инфракрасные сфокусированные потоки в целях запуска космических аппаратов и достижения скорости порядка 20 – 30 км/с и выше. Принципиальные схемы создания реактивной тяги импульсами излучений из взрывных камер на Луне показаны на рис. 3.

Специфической особенностью взрывов является рассеивание в окружающей среде продуктов ядерного деления и непрореагировавшего ядерного материала. Этот процесс отсутствует при эксплуатации взрывных камер, а многократное повторное использование непрореагировавшего ядерного топлива переводит ядерные взрывные камеры в категорию пульсирующих газозажигательных реакторов, эксплуатация которых не ограничивается ДВЗЯИ. В импульсных реакторах такого типа нормальный расход ядерного топлива будет в размере одной миллионной доли процента от критической массы урана на один импульс, что недопустимо в ядерном оружии.

Следует заметить, что предшествующий Договор о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, космическом пространстве и под водой 1963 года [6] не запрещает проводить подлунные ядерные взрывы и аналогичные камуфлетные взрывы на других небесных телах: «Все, что не запрещено, то разрешено». Это следует из классического толкования смысла термина «космическое пространство» [7].

ДВЗЯИ несовершенен. О неполноте концепции ядерного разоружения было заявлено на конференции 2002 года в Комо (Италия) по проблемам безъядерного мира. Назрело иное понимание — мир без ядерного оружия, но с запасом ядерных устройств под международным контролем [8, с. 60].

«АТОМНАЯ ИГЛА» — КИСЛОРОД И МЕТАЛЛЫ БЕЗ ВЗРЫВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Согласно ДВЗЯИ, каждое государство-участник имеет право выйти из настоящего Договора, если оно решит, что связанные с содержанием настоящего Договора исключительные обстоятельства поставили под угрозу его высшие интересы. Выход осуществляется в течение шести месяцев после уведомления других государств-участников. Если при этом сохранить участие в Договоре о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, космическом пространстве и под водой (который не ограничивает ядерные взрывы в недрах Луны), возможна ускоренная масштабная индустриализация Луны путем создания искусственных месторождений кислорода, железа и других металлов с кремнием. Это не представит опасности для процесса ядерного разоружения на Земле. В подлунном и космическом пространстве

Рис. 3. Запуск грузовых кораблей сфокусированным излучением ЯВУ

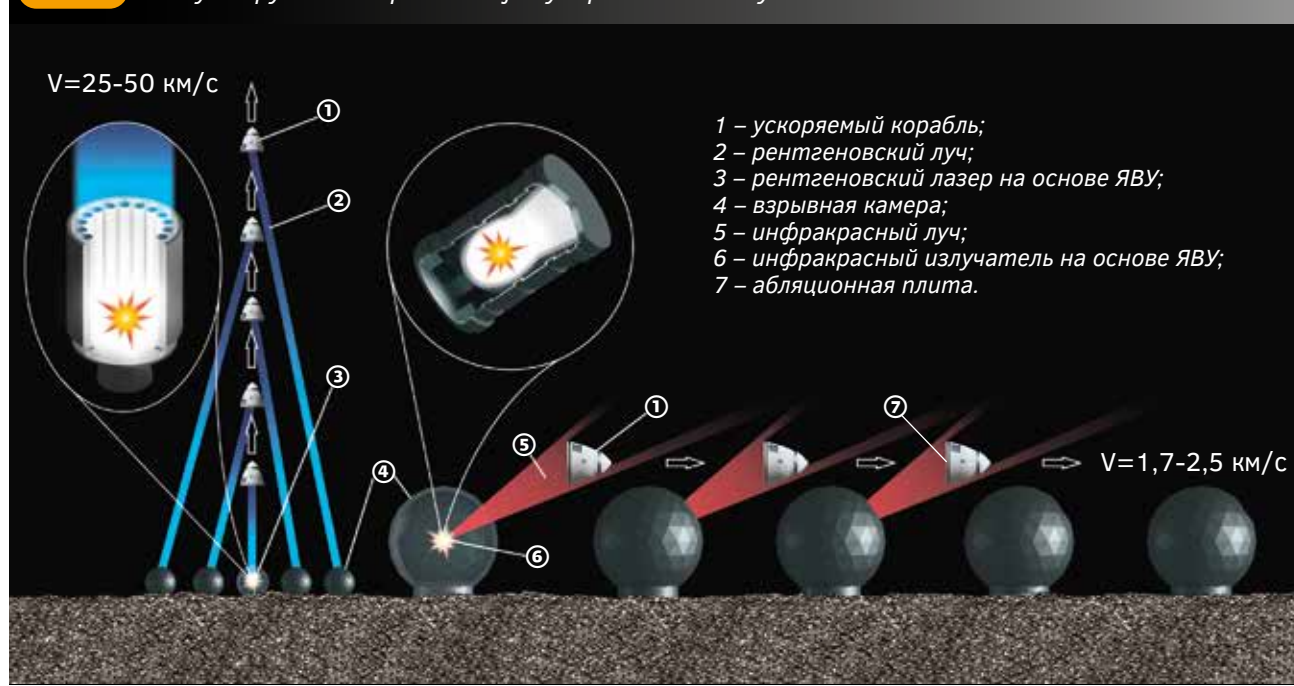
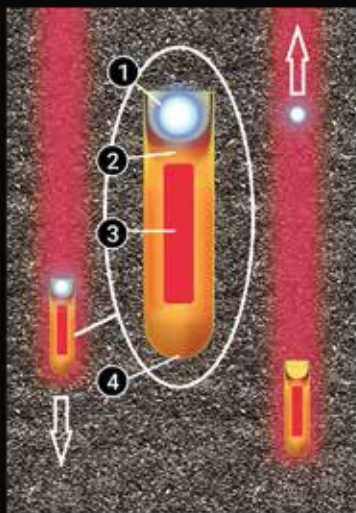


Рис. 4. Варианты применения «атомной иглы» для добычи ресурсов

**Заглубление ЯВУ
«атомной иглой»**

Фаза I –
спуск

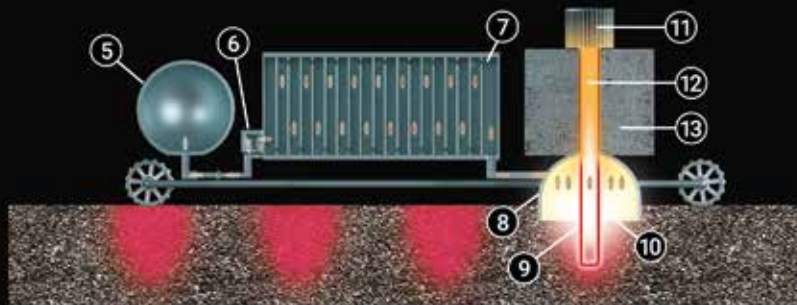
Фаза II –
подъем РАИ



1 – реактор «атомной иглы» (РАИ);
2 – металлический теплоноситель;
3 – ЯВУ на основе карбидов урана,
с пневматикой вместо ВВ;
4 – вольфрамовый корпус;

5 – накопитель сжатого кислорода;
6 – компрессор;
7 – холодильник-излучатель охлаждения, входящего O_2 ;
8 – газосборное устройство;
9 – нагретая или расплавленная порода;
10 – тепловая игла (теплообменник
с металлическим теплоносителем);

Дискретное извлечение газов во время остановок.
Для реголита $T = 500-1100^\circ C$. Извлечение замершей воды и
кислорода из FeO .



Непрерывное извлечение газов во время движения.
Для скального грунта $T = 1400-2850^\circ C$. Извлечение кислорода из
оксидов металлов.



11 – холодильник-излучатель избыточного тепла
реактора;
12 – ядерный реактор;
13 – антирадиационная защита из реголита
(толщина $\approx 2,5$ м).

будет создана основа для замещения земной экологически вредной промышленности более мощной и высокорентабельной внеземной инопланетной индустрией.

Вместе с тем не обязательно выходить из ДВЗЯИ ради обретения благ ядерной индустриализации Луны. Существуют ядерные технологии невзрывного типа, которые также с высокими показателями производительности способны трансформировать лунные породы в кислород, металлы и кремний.

Существует группа высокотемпературных ядерных реакторов с большим потенциалом развития в аспекте дальнейшего повышения температуры. Применяемые в них солевые и металлические теплоносители позволяют достигать температуры выше температуры плавления и разложения базальта. Известен

проект «атомной иглы» — миниатюрного реактора диаметром всего 60 см. Реактор должен быть заключен в теплоизолирующий футляр из окиси бериллия с тяжелым вольфрамовым наконечником. Принцип действия «атомной иглы» следующий: высокие температуры, создаваемые в реакторе (свыше $1100^\circ C$), приведут к плавлению скальных пород, на которые помещается реактор вольфрамовым наконечником, и, соответственно, к погружению реактора вглубь Земли. На глубине примерно 32 км вольфрамовое острие должно отделиться, а легкий реактор всплывает к поверхности, поднимая с собой пробы вещества из глубин планеты.

Аналогичное устройство целесообразно применить на Луне для термического разложения базальтовых пород на компоненты — кислород, железо, прочие металлы и кремний. На первом этапе индустриализации широкомасштабное

производство кислорода важнее получения металлов. Тем не менее такой побочный продукт, как железо, пойдет в отвалы только временно, на один-два десятка лет, когда понизится наведенная радиоактивность. Железо, в отличие от алюминия в составе базальта, относительно слабо восприимчиво к наведенной радиации. Уровень наведенной радиоактивности железа за 11 лет спадает в 16 раз, через 22 года — в 256 раз. Стали, полученные из такого выдержанного в отвалах железа, можно применять в непосещаемых сооружениях, арматуре и автоматических агрегатах. А в реакторах, оснащенных радиационной защитой, нагревающих лунные породы теплообменником с металлическим теплоносителем, получаемые металлы и кремний не будут приобретать наведенную радиацию. Такие материалы нет необходимости выдерживать длительное время. В теплообменниках могут использоваться апробированный теплоноситель Bi-Sn-Pb-Cd с температурой плавления около 70 °C и температурой кипения 1700 °C и олово с соответствующими температурами — 232 °C и 2620 °C.

Принципиальные схемы применения высокотемпературных реакторов для переработки лунного сырья показаны на *рис. 4*.

ВЫВОДЫ

Промышленность на новых физических принципах для промышленно слабых стран и аутсайдеров космической гонки может стать тем самым револьвером Кольта, который, по известной поговорке, уравнил людей, сотворенных природой физически неравными. Простота и дешевизна индустриализации Луны на основе нуклеизации промышленности, при условии равного доступа к Луне, обеспечит выравнивание уровня развития если не на Земле, то в космосе. Разумеется, успехи наций в индустриализации Луны будут содействовать их развитию на Земле и выравниваю экономических потенциалов.

Применение на Луне ядерных взрывных технологий, в случае доработки ДВЗЯИ, целесообразно осуществлять международным консорциумом, который оказывает услуги отдельным государствам и частным компаниям без передачи им ядерных технологий.

В период решения правовых вопросов индустриализация Луны будет проводиться на основе высокотемпературных ядерных реакторов.

Литература

1. Краффт А. Эрике. Будущее космической индустрии: пер с англ. М.: Машиностроение, 1979. 200 с.
2. Действие ядерного оружия: перевод с англ. М.: Воениздат, 1963. 683 с.
3. Борисов А. Отечественные ядерные двигатели. Работы по ядерным энергодвигательным установкам, проведенные в рамках программы пилотируемого полета на Марс // Новости космонавтики. 2001. № 4. С. 66 – 68.
4. Лиюзов Г. Газофазные ядерные двигатели для космических аппаратов // Двигатель. 1999. № 5. С. 41 – 43.
5. Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ДВЗЯИ) [Электронный ресурс] // Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization. URL: https://www.ctbto.org/fileadmin/user_upload/legal/treaty_text_Russian.pdf (Дата обращения: 20.11.2021).
6. Договор о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, космическом пространстве и под водой [Электронный ресурс] // Министерство иностранных дел Российской Федерации. URL: https://www.mid.ru/adernoe-nerasprostranenie/-/asset_publisher/JrcRGi5UdnBO/content/id/609152 (Дата обращения: 20.11.2021).

7. Квасников А.Ю. Космическое пространство [Электронный ресурс] // Большая российская энциклопедия. Электронная версия. URL: https://bigenc.ru/military_science/text/2101578 (Дата обращения: 20.11.2021).
8. Певницкий Б.В. Цена космической катастрофы // Воздушно-космическая сфера. 2019. № 4. С. 56 – 63.

References

1. Krafft A. Erike. Budushchee kosmicheskoy industrii: Moscow, Mashinostroenie, 1979. 200 p.
2. Deystvie yadernogo oruzhiya. Moscow, Voenizdat, 1963. 683 p.
3. Borisov A. Otechestvennye yadernye dvigateli. Raboty po yadernym energodvigatel'nyim ustanovkam, provedennye v ramkakh programmy pilotiruемого poleta na Mars. Novosti kosmonavtiki, 2001, no. 4, pp. 66 – 68.
4. Lioznov G. Gazofaznye yadernye dvigateli dlya kosmicheskikh apparatov. Dvigatel', 1999, no. 5, pp. 41 – 43.
5. Dogovor o vseob"emlyushchem zapreshchenii yadernykh ispytaniy (DVZYaI). Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization. Available at: https://www.ctbto.org/fileadmin/user_upload/legal/treaty_text_Russian.pdf (Retrieval date: 20.11.2021).

6. Dogovor o zapreshchenii ispytaniy yadernogo oruzhiya v atmosfere, kosmicheskom prostranstve i pod vodoj. Ministerstvo inostrannykh del Rossiyskoy Federatsii. Available at: https://www.mid.ru/adernoe-nerasprostranenie/-/asset_publisher/JrcRGi5UdnBO/content/id/609152 (Retrieval date: 20.11.2021).
7. Kvasnikov A.Yu. Kosmicheskoe prostranstvo. Bol'shaya rossiyskaya entsiklopediya. Elektronnaya versiya. Available at: https://bigenc.ru/military_science/text/2101578 (Retrieval date: 20.11.2021).
8. Pevnitkiy B.V. Tsena kosmicheskoy katastrofy. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2019, no. 4, pp. 56 – 63.

© Майборода А.О., 2021

История статьи:

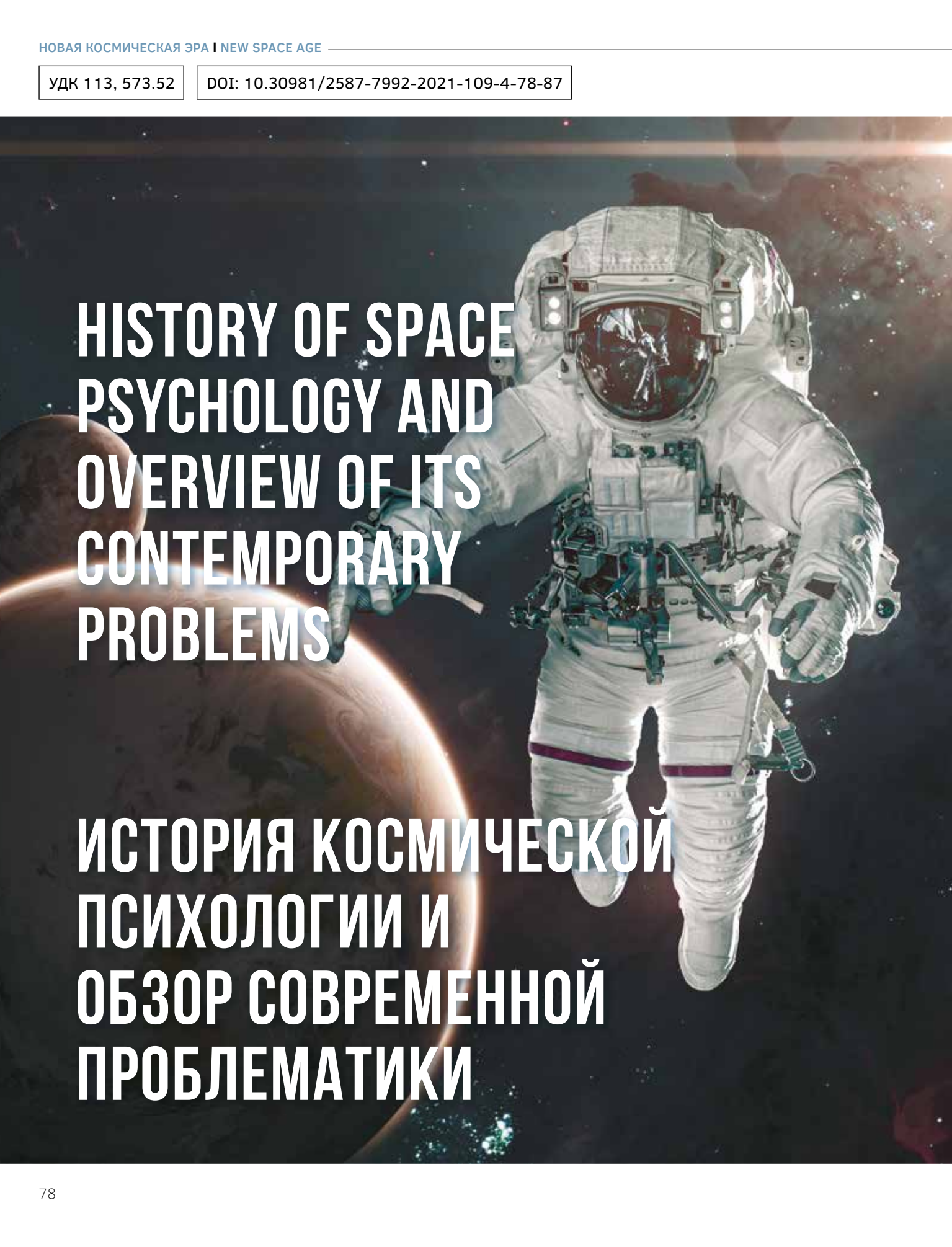
Поступила в редакцию: 14.11.2021
Принята к публикации: 05.12. 2021

Модератор: Гесс Л.А.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Майборода А.О. Ядерная индустриализация Луны // Воздушно-космическая сфера. 2021. № 4. С. 68 – 77.

A full-page background image featuring an astronaut in a white spacesuit floating in space. The astronaut is positioned on the right side of the frame, facing forward. In the background, the curved horizon of the Earth is visible on the left, and a starry space with some nebulae is on the right. The overall lighting is dramatic, with a bright light source creating a lens flare effect.

HISTORY OF SPACE PSYCHOLOGY AND OVERVIEW OF ITS CONTEMPORARY PROBLEMS

ИСТОРИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ПСИХОЛОГИИ И ОБЗОР СОВРЕМЕННОЙ ПРОБЛЕМАТИКИ



Anna K. YUSUPOVA,

*Candidate of Psychological Sciences, Leading Researcher, social and cognitive psychology laboratory, O-04 department, State Research Center of the Russian Federation – Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,
anna_yusupova@mail.ru*

Анна Камиловна ЮСУПОВА,

*кандидат психологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории социальной и когнитивной психологии отдела О-04 ГИЦ РФ – Института медико-биологических проблем РАН, Москва, Россия,
anna_yusupova@mail.ru*

ABSTRACT I The article examines the features of space psychology development in Russian and American practice. The reasons of space psychology peculiarities in two countries are discussed, as they've gone from disunity and secrecy to international cooperation and joint work on key topics. In the article the main directions of research in the field of space psychology are considered which are necessary for the International Space Station crew and for the future long-term flights.

Keywords: *space psychology, space experiments, extreme conditions, psychological support, cosmonauts' performance, communication analysis*

АННОТАЦИЯ I В статье рассматриваются особенности развития космической психологии в отечественной и американской практике, обсуждаются причины особенностей пути, который прошла космическая психология в двух странах: от разобщенности и секретности к международному сотрудничеству и общей работе над ключевыми темами. В статье кратко рассматриваются основные направления исследований космической психологии, необходимые как для работы с экипажами Международной космической станции, так и для будущих долговременных полетов.

Ключевые слова: *космическая психология, космические эксперименты, экстремальные условия, психологическая поддержка, работоспособность космонавтов, анализ коммуникации*

ВВЕДЕНИЕ

Жизнедеятельность космонавтов происходит в непривычных для организма условиях и требует существенных ресурсов – как физиологических, так и психологических. Готовность и способность человека на орбите поддерживать ровное, положительное настроение и сохранять доброжелательные отношения с членами экипажа в условиях стресса, физических ограничений, малого пространства – все это имеет большое значение для успешного выполнения полетной программы и для сохранения психологического и физиологического благополучия космонавта.

ЗАРОЖДЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ПСИХОЛОГИИ

Значимость психологических аспектов для будущих космических полетов была очевидной и волновала не только ученых, но и писателей. Например, Станислав Лем уже в конце 1950-х годов начал издавать серию рассказов о пилоте Пирксе, в которой очень точно предвидел ряд психологических феноменов космических полетов, в том числе и специфические когнитивные нарушения (в частности, зрительные галлюцинации и ошибки при слежении за движущимися объектами). Однако в двух основных космических державах – СССР и США – космическая психология развивалась по-разному. Это было связано не столько с объективными задачами,

стоящими перед зарождающейся космической отраслью, сколько с социально-историческими аспектами отношения к психологии как к области знания.

Социальная атмосфера в СССР в конце 1950-х — начале 1960-х во многом определялась оттепелью: десталинизация, возрастание внимания к личности, фокус на эмоциональных переживаниях отдельного человека, рост интереса к гуманитарным областям знания, в том числе и к психологии. За время Великой отечественной войны реабилитационная нейропсихология (в основном благодаря научной группе А. Р. Лурии) накопила уникальные данные, позволившие отечественной психологии шагнуть вперед, и общественный интерес к психологии совпал с потребностью в исследовательских кадрах. Труды советских психологов, попавших в опалу до войны, например Л. С. Выготского, переиздавались, психология развивалась быстро и проникала в прикладные сферы профессиональной деятельности.

Общий интерес к психологии совпал с началом эры космонавтики: в нашей стране космическая психология естественным образом формировалась с первых космических полетов. Даже одна из трех книг авторства Ю. А. Гагарина — это «Психология и космос» (1968, в соавторстве с В. И. Лебедевым). В этой книге прозвучала мысль о необходимости исследования человека в экстремальных условиях полета: «На современном этапе развития науки и техники правильней не противопоставлять автомат человеку, а искать наиболее рациональное использование человеческих возможностей и кибернетических средств».

Значимость психологических аспектов для будущих космических полетов была очевидной и волновала не только ученых, но и писателей: например, Станислав Лем уже в конце 1950-х годов начал издавать серию рассказов о пилоте Пирксе, в которой очень точно предвидел ряд психологических феноменов космических полетов, в том числе и специфические когнитивные нарушения.

Общий интерес к психологии совпал с началом эры космонавтики: в нашей стране космическая психология естественным образом формировалась с первых космических полетов. Даже одна из трех книг авторства Ю. А. Гагарина — это «Психология и космос».

К 1970-м сложились коллективы, сфокусированные на решении практических (в Центре подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина) и научных (в Институте медико-биологических проблем) задач, под существенным влиянием Ф. Д. Горбова — ответственного за психологическую готовность космонавтов первого отряда [1]. Первые теоретические взгляды и практические приемы космической психологии шли из сферы военной медицины (например, от специалистов ЦНИИ авиационного госпиталя ВВС СССР) и прикладной работы с военными летчиками.

Космическая эргономика была заложена и сформирована Г. М. Зараковским и Л. С. Хачатурьянцем, выходцами из Военно-медицинской академии. Но, несмотря на то, что космическая психология прошла путь от полной секретности к открытости и международному сотрудничеству, преемственность психологических экспериментов, проводимых в космосе, достаточно сильна. Например, сейчас на российском сегменте МКС проводится эксперимент «Пилот-Т» (разработка и прогнозирование надежности ручного управления космическими кораблями), продолжающий серию исследований, начатых еще в 1970-х в программе «Интеркосмос», и в практике работы с космонавтами применяется методика «Гомеостат», разработанная еще Ф. Д. Горбовым. Схожий путь прошла и космическая медицина, прикладные разработки которой сейчас активно применяются и в медицине земной [2].

ПУТЬ АМЕРИКАНСКОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ПСИХОЛОГИИ

В США в конце 1960-х — начале 1970-х годов отношение к психологии было совсем другим. Вслед-



*На совещании советско-американской рабочей группы
по космической биологии и медицине в NASA, 1979 г.*

ствие целого комплекса процессов и явлений, например традиции бихевиористского (достаточно механистического) подхода, превалировавшего в американской психологической науке с начала XX века, а также развития психологических опросников, однозначно определявших годность кадров (например, при отборе в пилоты), отношение к психологам было напряженным, а профессиональная связь между психологией и медициной — недостаточной. Немалую роль в этом сыграло и параллельное развитие в общественном сознании и киноиндустрии образа психотерапевта как непредсказуемой, опасной фигуры. Безусловно, перечисленные факторы были не единственными, внесшими негативный вклад в образ психологии в массовом сознании, и достойны быть предметом отдельного обзора. Но результатом для космической психологии в США стало игнорирование научного подхода и отсутствие систематического сбора психологических данных как при отборе, так и при сопровождении космических полетов [3]. В 1973 году на Skylab-4 произошла так называемая забастовка [4]. Экипаж из трех астронавтов, не имевших до этого опыта полетов, на фоне острой адаптации к микрогравитации не смог следовать жесткому расписанию, и после продолжительного игнорирования ЦУП жалоб и просьб пересмотреть циклограмму члены экипажа заявили о невозможности навязываемого режима труда и временном уходе со связи. Практически через сутки экипаж восстановил связь, доложил о том, что их время было занято сном и наблюдением за Зем-

лей, и вернулись к работе. Эта крайне нестандартная ситуация внесла некоторые коррективы в планирование режима труда и отдыха астронавтов: на решение задач полетной программы начали отводить больше времени и в расписание внесли свободное время. Однако только к середине 1980-х начали появляться публикации, указывающие на то, что психологическое тестирование в программе отбора астронавтов отсутствует и оценка сводится к исключению психиатрических диагнозов и субъективной оценке профпригодности [5]. Патрисия Санти [6] указывала на интересные феномены субъективизма отбора: например, с 1977 по 1985 год один из двух психиатров, проводивших отбор кандидатов, признал непригодными по психиатрическим показаниям 40,7% кандидатов-женщин, но при этом только 7,5% кандидатов-мужчин; и поскольку практики официального документирования принимаемых решений не было, невозможно понять причины такого перекоса.

ОБЪЕДИНЕНИЕ УСИЛИЙ

Только сотрудничество по программе станции «Мир» стало толчком для развертывания моделей психологической поддержки [7, 8, 9] и исследований на базе советских, уже хорошо отработанных и зарекомендовавших себя подходов (во многом базирующихся на принципах, которые заложили О. Г. Газенко и О. П. Козеренко [9]). Среди них: постоянное обеспечение



С. Бараньски (Польша), Н.Н. Гуровский и О.Г. Газенко беседуют с журналистом в помещении ЦУМОКО ИМБП, 1980-е.

экипажа эмоционально и социально значимой информацией; восполнение дефицита социальных контактов; направленная регуляция эмоционального состояния и поддержание мотивации космонавтов; организация досуга на борту. Таким образом, для американцев и европейцев проблемы, с которыми отечественные специалисты работали уже в 1970-х, стали в центр внимания только через 20 с лишним лет [3]. К моменту развертывания МКС американские исследователи подошли с методиками, основанными на тех принципах, которые были сформулированы еще в 1970-х, но практически не претворялись в жизнь [10]. Кроме того, они руководствовались относительно новой для американской космической отрасли идеей, что «ощущение людьми обстановки важнее объективной характеристики внешних условий» [11].

Подход к наземным экспериментам в двух странах также был разным. Тогда как в отече-

ственной практике с начала 1960-х основной опорой были изоляционные эксперименты (например, первая годовая изоляция экипажа из троих мужчин была проведена в ИМБП уже в 1967–1968 годах, а сурдокамерные испытания под большим влиянием О. Н. Кузнецова проводились в рамках отбора), в США в качестве основных экспериментальных групп рассматривались полярные зимовщики.

Однако с начала взаимодействия по станции «Мир» и в особенности с началом совместного строительства МКС процесс перестал быть разобренным. Изоляционные эксперименты сейчас проводятся совместно: например, с 2017 года ИМБП совместно с НАСА запустил серию международных изоляционных экспериментов SIRIUS, в которых принимают участие и Европейское космическое агентство, и Космический центр ОАЭ (MBRSC). 4 ноября 2021 года состоялся запуск 8-месячного изоляционного эксперимента с участниками из трех стран (РФ, США, ОАЭ).

Первые теоретические взгляды и практические приемы космической психологии шли из сферы военной медицины и прикладной работы с военными летчиками.

НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В КОСМИЧЕСКОЙ ПСИХОЛОГИИ

Задачи космической психологии в основном связаны с трудом людей на орбите. Именно задачи, связанные с поддержанием оптимальной работоспособности, определяют направления



О.Г. Газенко (СССР) и Джерри Соффен (США) – сопредседатели XI советско-американского совещания рабочих групп по космической биологии и медицине. Москва, 20-31 октября 1980 г.

исследований [12]. Безусловно, это прикладные задачи, но они определены современным этапом развития космонавтики: сейчас основной фокус внимания людей на орбите — это успешная совместная работа в международных экипажах. Феномены поведения и динамики личности, которые интересуют космических психологов, можно кратко сформулировать так:

1. Психическая астенизация: влияние физиологических особенностей космического полета на психоэмоциональное состояние человека. Оскудение потока афферентных импульсов (ощущений и впечатлений), вызванное микрогравитацией, влияет на настроение и психологическое состояние. «Даже если сохранен весь прежний опыт, отсутствие новых восприятий создает серьезные нарушения психики» [13]. Необходимо отслеживать изменения, связанные с непривычным дефицитом ощущений, чтобы они не оказывали негативного влияния на психологическое состояние космонавта и не снижали его работоспособность. Нужно отметить, что комплексный феномен психической астенизации был выделен отечественными учеными и рассматривается ими как единая система, в отличие от зарубежного более фрагментарного подхода.

Походы, развиваемые сейчас в космической психологии, во многом основываются на работах В. А. Пономаренко, изучавшего влияние стресса на состояние человека, и Б. С. Аля-

Сотрудничество по программе станции «Мир» стало толчком для развертывания моделей психологической поддержки и исследований на базе советских, уже хорошо отработанных и зарекомендовавших себя подходов.

кринского — основоположника космической биоритмологии. В. А. Пономаренко [14] исследовал вопросы психологической надежности профессионала (в фокусе его внимания были летчики и космонавты) и ошибок, связанных с человеческим фактором; разработал основы теории опасных профессий и принципы воспитания профессионально важных качеств специалиста, работающего в экстремальных условиях. Б. С. Алякринский [15] занимался вопросами рациональной организации труда и отдыха и доказал, что даже работающему в космосе человеку необходимо придерживаться привычного земного 24-часового ритма, иначе наступает так называемый десинхронизм — сбой эволюционно выработанного режима приводит к ухудшению здоровья и падению работоспособности.

Комплексный феномен психической астенизации был выделен отечественными учеными и рассматривается ими как единая система, в отличие от зарубежного, более фрагментарного подхода.

2. Феномены малой группы: влияние внутри- и межгрупповых отношений на психоэмоциональное состояние человека. Именно развитие космической психологии открыло новые для советской психологии направления: психология малых групп, экпсихология, психологическая поддержка. Пребывание в ограниченном пространстве вызывает феномены, связанные со скученностью (англ. crowding). Этим направлением в США занимался И. Альтман, а в СССР — Л. А. Китаев-Смык, первый исследователь-практик в сфере экологической психологии. Скученность вызывает территориальное поведение, связанное также и с физиологическими реакциями на дефицит личного пространства. Осознание невозможности выхода из коллектива в течение длительного космического полета приводит к так называемому огрупплению мышления (англ. groupthink): стремление к единомыслию может стать важнее, чем реалистичная оценка действий. Г. Т. Береговой, космонавт и руководитель Центра подготовки космонавтов, указывал [16], что космонавты всеми силами стремятся избежать взаимной конфронтации, так как конфронтация в малом объеме приводит к конфликту. В итоге негативные эмоции находят другого адресата — Центр управления полетами. Феномен «дренирования эмоций», emotional transfer, был описан и отечественными, и американскими психологами [17]. Также международной группой исследователей интенсивно изучается влияние ценностей космонавтов международных экипажей на межличностное восприятие [18]. Эксперимент российского сегмента МКС «Взаимодействие» с 2013 года [18] направлен на изучение динамики малой группы, продолжая идеи М. А. Новикова, сформулированные еще в 1970-х. Задача психолога при изучении феноменов малой группы — понять закономерности внутри- и внегрупповых процессов, диагностировать их динамику и помочь группе справиться с неблагоприятными феноменами, сохранив психологическое благополучие каждого члена группы.

3. Феномены динамики личности: влияние изменений, происходящих с человеком в процессе полета, на его мотивацию и настроение. Вопросы о том, какие личностные качества необходимы для полета в космос, в первую очередь стоят перед группами отбора космонавтов [19]. Как верно отметил С. Келли, «в отличие от начала эры космических полетов, когда решающее значение имели навыки пилотирования, главными при отборе астронавтов XXI века являются умения решать много разных задач и хорошо ладить с людьми в условиях длительного стресса и тесноты» [20]. Но психологи-исследователи изучают влияние опыта космического полета на личность космонавта. Безусловно, в истории космонавтики были случаи, когда по разным причинам люди не справлялись с полетной программой, и это оказывало негативное влияние на их мотивацию и настроение [21]. Однако в большинстве случаев динамика развития личности после выполнения полета может быть оценена как положительная.

Во-первых, в процессе полета космонавты вырабатывают индивидуальные стили реагирования на возникающие проблемы, то есть так называемые копинг-стратегии. Их детекция возможна с помощью контент-анализа коммуникации, происходящей между экипажем и ЦУП. Традиция содержательного анализа переговоров космонавтов, проходящих по открытым каналам, в ИМБП достаточно сильна: с 90-х годов XX века группа психологов под руководством В. И. Гущина разработала методику, позволяющую определить индивидуальный стиль коммуникации и также стиль реагирования на стрессогенные ситуации [22]. Изменение стиля в коммуникации члена экипажа с ЦУП может означать, что человеку тяжело справиться с текущей ситуацией на борту, и является тревожным сигналом для службы психологической поддержки. Изучается также и связь психологических изменений, происходящих с членами экипажа, с этапами полета. Это направление исследований — одно из тех, в которых работа ведется вместе с зарубежными коллегами [23].

Во-вторых, исследуется постэффект космического полета на личность человека. Полеты в космос, как показывают систематические исследования, ведут к личностному росту и изменению структуры ценностей человека [24]. Посмотрев на планету с орбиты, космонавты осознают хрупкость Земли и защищающей нас всех атмосферы, понимают, что этот дом нужно беречь всем человечеством вместе. Многие астронавты и космонавты (например, в интервью, которые мы с коллегами проводим в рам-



В полетах нового типа мы столкнемся с новыми психологическими феноменами, которые мы предварительно диагностировали в ультрадолговременных изоляционных экспериментах.

Полеты в космос, как показывают систематические исследования, ведут к личностному росту и изменению структуры ценностей человека. В настоящее время исследуется постэффект космического полета на личность человека.



Фоновые обследования для изоляционного 8-месячного эксперимента SIRIUS-21

ках эксперимента «Контент» с 2015 года) говорят о том, что, только увидев планету в иллюминаторе, всерьез задумались о проблемах экологии, об абсурдности войн, несправедливости границ и необходимости защищать жизнь — уникальное во Вселенной явление. Американские исследователи называют этот поворот мировоззрения членов космических экипажей *overview effect*.

ПРЕЕМСТВЕННОСТЬ И НОВЫЕ ЗАДАЧИ КОСМИЧЕСКОЙ ПСИХОЛОГИИ

Резюмируя задачи космической психологии, необходимо отметить, что главное для психолога-исследователя — это поиск путей улучшения со-

стояния человека на орбите. К настоящему времени уже понятно, что следующим этапом развития пилотируемой космонавтики будут ультрадолговременные космические полеты [25]. В связи с этим лучшие современные практики предстоит адаптировать для новых, более сложных рабочих задач. За 60 лет развития космонавтики космические психологи регулярно сталкивались с ситуациями, в которых нужно было адаптировать накопленные знания к новым задачам.

Космическая психология — обширная область знания, охватывающая все этапы деятельности космонавтов: отбор, подготовка, сопровождение и психологическая поддержка, реабилитация. Объем знаний и практических приемов, накопленных в каждом ее разделе, огромен, и даже краткому их анализу необходимо посвятить не одну статью, а отдельный цикл. Преемственность классикам в нашей работе крайне важна, однако сейчас анализ все больше уходит от тестирования к поведенческому анализу реальной деятельности космонавта на орбите. В полетах нового типа мы столкнемся с новыми психологическими феноменами, которые мы предварительно диагностировали в ультрадолговременных изоляционных экспериментах (таких как «Марс-500»): автономизация экипажа, стимулированная задержкой связи; монотония и скука; потеря мотивации и, возможно, снижение уровня профессиональных навыков. Станислав Лем, которого я упоминала в начале статьи, писал: «Путь к звездам лежит через многолетнее заточение. Астронавтика пахнет тюрьмой». Работа космических психологов в направлении межзвездных полетов должна быть направлена на то, чтобы полеты были продуктивными и мотивирующими для космических экипажей — это наш вклад в безопасность будущих межпланетных экспедиций.

Исследование выполнено при поддержке Минобрнауки России в рамках соглашения № 075-1502020-919 от 16.11.2020 о предоставлении гранта в форме субсидий из федерального бюджета на осуществление государственной поддержки создания и развития научного центра мирового уровня «Павловский центр "Интегративная физиология — медицине, высокотехнологическому здравоохранению и технологиям стрессоустойчивости"».

Литература

1. **Залевский Г.В.** Федор Дмитриевич Горбов и его вклад с развитие медицинской (клинической) психологии // Медицинская психология в России. 2018. Т. 10. № 2. С. 2.
2. **Орлов О.И., Куссмауль А.Р., Белаковский М.С.** Роль космической медицины в здравоохранении на Земле // Воздушно-космическая сфера. 2020. № 2. С. 26 – 38.
3. **Vakoch D.A.** Psychology of space exploration: contemporary research in historical perspective. Washington, DC: National Aeronautics and Space Administration, Office of Communications, History Program Office, 2011.
4. **Bluth B.J.** The Truth about the Skylab Crew 'Revolt' // L-5 News. Sept 1979. Vol. 4. № 9. Pp. 12 – 15.
5. **Jones D.R., Annes C.A.** The Evolution and Present Status of Mental Health Standards for Selection of USAF Candidates for Space Missions // Aviation, Space and Environmental Medicine. 1983. № 54. Pp. 730 – 734.
6. **Santy P.A.** Choosing the Right Stuff: The Psychological Selection of Astronauts and Cosmonauts. Westport, CT: Praeger/Greenwood Publishing Group, 1994.
7. **O'Rangers E.A.** Supporting Humans in Space: A Brief Historical Perspective of the US Manned Spaceflight Program // Journal of Pharmacy Practice. 2003. Vol. 16. Pp. 85 – 90. DOI: 10.1177/0897190003016002002
8. **Карпова О.И., Розанов И.А., Швед Д.М., Гушин В.И., Карапетян А.С., Потапова К.В.** Психологическая поддержка экипажей пилотируемой космической техники: история, цели, задачи и эффективность // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2021. Т. 55. № 2. С. 5 – 14.
9. **Козеренко О.П., Холланд А.В.** Психологическая поддержка экипажей // Космическая биология и медицина. М.: Наука, 2004.
10. **Kanas N., Fedderson W.E.** Behavioral, Psychiatric, and Sociological Problems of Long Duration Missions. Washington DC: NASA Technical Memorandum X-58067, 1971.
11. **Suedfeld P., Steel G.D.** The Environmental Psychology of Capsule Habitats. Annual Review of Psychology. 2000. Vol. 51. № 1. Pp. 227 – 253. DOI: 10.1146/annurev.psych.51.1.227
12. **Дикая Л.Г.** Психологические исследования функциональных состояний космонавтов: достижения и перспективы // Психологический журнал. 2014. Т. 35. № 5. С. 37 – 50.
13. **Дельгадо Х.** Мозг и сознание. М.: Мир, 1971. С. 67 – 68.
14. **Завалова Н.Д., Ломов Б.Ф., Пономаренко В.А.** Образ в системе психической регуляции деятельности. М.: Наука, 1986. 110 с.
15. **Степанова С.И.** К 100-летию со дня рождения Бориса Сергеевича Алякринского (1911–1990) // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2011. Т. 45. № 6. С. 64 – 65.
16. **Береговой Г.Т., Григоренко В.Н., Богдашевский Р.Б., Почкаев И.Н.** Космическая академия. М.: Машиностроение, 1987. 150 с.
17. **Kanas N., Salnitskiy V., Grund E.M., Gushin V., Weiss D.S., Kozarenko O., Sled A. & Marmar C.R.** Interpersonal and cultural issues involving crews and ground personnel during Shuttle / Mir space missions. Aviation, Space & Environmental Medicine. 2000. Vol. 71. Suppl. 9. Section II. Pp. A11 – A16.



18. **Виноходова А.Г., Гушин В.И., Юсупова А.К., Зюдфельд П., Джонсон Ф.Дж.** Ретроспективный анализ межличностного восприятия и ценностей опытных космонавтов – участников международных полетов на орбитальных станциях «Мир» и МКС // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2017. Т. 51. № 5. С. 22 – 30.
19. **Landon L.B., Rokholt C., Slack K.J., Pecena Y.** Selecting astronauts for long-duration exploration missions: Considerations for team performance and functioning // *Reviews in Human Space Exploration*. 2017. Vol. 5. Pp. 33 – 56. DOI: 10.1016/j.reach.2017.03.002
20. **Келли С.** Стойкость: мой год в космосе. М.: Альпина нон-фикшн, 2019. 458 с.
21. **Савиных В.П.** «Салют-7». Записки с «мертвой» станции. М.: Эксмо, 2017. 256 с.
22. **Юсупова А.К., Швед Д.М., Гушин В.И., Суполкина Н.С., Чекалина А.И.** Предварительные результаты космического эксперимента «Контент» // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2018. Т. 52. № 3. С. 28 – 37.
23. **Kanas N., Gushin V., Yusupova A.** Whither the Third Quarter Phenomenon? // *Aerospace medicine and human performance*. 2021. Vol. 92. Iss. 8. Pp. 689 – 691.
24. **Solcova I., Vinokhodova A., Gushin V.** Anticipated and perceived personal growth and values in two spaceflight simulation studies // *Acta Astronautica*. 2021. Vol. 179. Pp. 561 – 568.
25. **Рюмин О.О., Бубеев Ю.А.** Межпланетные пилотируемые экспедиции: особенности подготовки многонациональных экипажей // *Воздушно-космическая сфера*. 2021. № 2. С. 12 – 22.

References

1. **Zalevskiy G.V.** Fedor Dmitrievich Gorbov i ego vklad s razvitie meditsinskoy (klinicheskoy) psikhologii. *Meditsinskaya psikhologiya v Rossii*, 2018, vol. 10, no. 2, p. 2.
2. **Orlov O.I., Kusmaul' A.R., Belakovskiy M.S.** Rol' kosmicheskoy meditsiny v zdoravookhraneni na Zemle. *Vozdushno-kosmicheskaya sfera*, 2020, no. 2, pp. 26 – 38.
3. **Vakoch D.A.** Psychology of space exploration: contemporary research in historical perspective. Washington, DC: National Aeronautics and Space Administration, Office of Communications, History Program Office, 2011.
4. **Bluth B.J.** The Truth about the Skylab Crew 'Revolt'. L-5 News, Sept 1979, vol. 4, no. 9, pp. 12 – 15.
5. **Jones D.R., Annes C.A.** The Evolution and Present Status of Mental Health Standards

for Selection of USAF Candidates for Space Missions. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 1983, no. 54, pp. 730 – 734.

6. **Santy P.A.** Choosing the Right Stuff: The Psychological Selection of Astronauts and Cosmonauts. Westport, CT: Praeger/Greenwood Publishing Group, 1994.
7. **O'Rangers E.A.** Supporting Humans in Space: A Brief Historical Perspective of the US Manned Spaceflight Program. *Journal of Pharmacy Practice*, 2003, vol. 16, pp. 85 – 90. DOI: 10.1177/0897190003016002002
8. **Karpova O.I., Rozanov I.A., Shved D.M., Gushchin V.I., Karapetyan A.S., Potapova K.V.** Psikhologicheskaya podderzhka ekipazhey pilotiruemykh kosmicheskoy tekhniki: istoriya, tseli, zadachi i effektivnost'. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina*, 2021, vol. 55, no. 2, pp. 5 – 14.
9. **Kozerenko O.P., Kholand A.V.** Psikhologicheskaya podderzhka ekipazhey. *Kosmicheskaya biologiya i meditsina*. Moscow, Nauka, 2004.
10. **Kanas N., Feddersen W.E.** Behavioral, Psychiatric, and Sociological Problems of Long Duration Missions. Washington DC: NASA Technical Memorandum X-58067, 1971.
11. **Suedfeld P., Steel G.D.** The Environmental Psychology of Capsule Habitats. *Annual Review of Psychology*, 2000, vol. 51, no. 1, pp. 227 – 253. DOI: 10.1146/annurev.psych.51.1.227
12. **Dikaya L.G.** Psikhologicheskie issledovaniya funktsional'nykh sostoyaniy kosmonavtov: dostizheniya i perspektivy. *Psikhologicheskij zhurnal*, 2014, vol. 35, no. 5, pp. 37 – 50.
13. **Del'gado Kh.** *Mozg i soznanie*. Moscow, Mir, 1971, pp. 67 – 68.
14. **Zavalova N.D., Lomov B.F., Ponomarenko V.A.** *Obraz v sisteme psikhicheskoy regulyatsii deyatel'nosti*. Moscow, Nauka, 1986. 110 p.
15. **Stepanova S.I.** K 100-letiyu so dnya rozhdeniya Borisa Sergeevicha Alyakrinskogo (1911–1990). *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina*, 2011, vol. 45, no. 6, pp. 64 – 65.
16. **Beregovoy G.T., Grigorenko V.N., Bogdashevskiy R.B., Pochkaev I.N.** *Kosmicheskaya akademiya*. Moscow, Mashinostroenie, 1987. 150 p.
17. **Kanas N., Salnitskiy V., Grund E.M., Gushin V., Weiss D.S., Kozerenko O., Sled A. & Marmar C.R.** Interpersonal and cultural issues involving crews and ground personnel during Shuttle / Mir space missions. *Aviation, Space & Environmental Medicine*, 2000, vol. 71, suppl. 9, section II, pp. A11 – A16.

18. **Vinokhodova A.G., Gushchin V.I., Yusupova A.K., Zyudfeld P., Dzhonson F. Dzh.** Retrospektivnyy analiz mezhlchnostnogo vospriyatiya i tsennostey opytnykh kosmonavtov – uchastnikov mezhdnarodnykh poletov na orbital'nykh stantsiyakh "Mir" i MKS. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina*, 2017, vol. 51, no. 5, pp. 22–30.
19. **Landon L.B., Rokholt C., Slack K.J., Pecena Y.** Selecting astronauts for long-duration exploration missions: Considerations for team performance and functioning. *Reviews in Human Space Exploration*, 2017, vol. 5, pp. 33 – 56. DOI: 10.1016/j.reach.2017.03.002
20. **Kelli S.** *Stoykost': moy god v kosmose*. Moscow, Al'pina non-fikshn, 2019. 458 p.
21. **Savinykh V.P.** "Salyut-7". *Zapiski s "mertvoy" stantsii*. Moscow, Eksmo, 2017. 256 p.
22. **Yusupova A.K., Shved D.M., Gushchin V.I., Supolkina N.S., Chekalina A.I.** Predvaritel'nye rezul'taty kosmicheskogo eksperimenta "Kontent". *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina*, 2018, vol. 52, no. 3, pp. 28 – 37.
23. **Kanas N., Gushin V., Yusupova A.** Whither the Third Quarter Phenomenon? *Aerospace medicine and human performance*, 2021, vol. 92, iss. 8, pp. 689 – 691.
24. **Solcova I., Vinokhodova A., Gushin V.** Anticipated and perceived personal growth and values in two spaceflight simulation studies. *Acta Astronautica*, 2021, vol. 179, pp. 561 – 568.
25. **Ryumin O.O., Bubeev Yu.A.** *Mezhplanetnye pilotruemye ekspeditsii: osobennosti podgotovki mnogonatsional'nykh ekipazhey. Vozdushno-kosmicheskaya sfera*, 2021, no. 2, pp. 12 – 22.

© Юсупова А.К., 2021

История статьи:

Поступила в редакцию: 12.10.2021
Принята к публикации: 07.11.2021

Модератор: Плетнер К.В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Юсупова А.К. *История космической психологии и обзор современной проблематики // Воздушно-космическая сфера*. 2021. № 4. С. 78 – 87.

THE PERSPECTIVES OF REUSABLE SPACE TRANSPORT SYSTEMS. PART I

ПЕРСПЕКТИВЫ МНОГОРАЗОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ. ЧАСТЬ I



Nikolay N. KLIMENKO,
Candidate of Technical Sciences, Deputy General Director, Lavochkin Association, Moscow, Russia,
Klimenko@laspace.ru

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



Valentin B. KATKALOV,
Senior Researcher at the laboratory of the Military Institute (Research)
Mozhaisky Military Space Academy, St. Petersburg, Russia,
vka@mil.ru

Валентин Борисович КАТЬКАЛОВ,
старший научный сотрудник лаборатории Военного института (научно-исследовательского)
Военно-космической академии имени А. Ф. Можайского, Санкт-Петербург, Россия,
vka@mil.ru



Maria Lv. MOROZOVA,
Researcher at the laboratory of the Military Institute (Research)
Mozhaisky Military Space Academy, St. Petersburg, Russia,
vka@mil.ru

Мария Львовна МОРОЗОВА,
научный сотрудник лаборатории Военного института (научно-исследовательского)
Военно-космической академии имени А. Ф. Можайского, Санкт-Петербург, Россия,
vka@mil.ru



ABSTRACT | The article presents an overview of the reusable transport space systems of foreign countries, their main design features, problems of creation and areas of use.

The main purpose of the article is to identify the main directions of using MTCS, determining the design characteristics and problems of their creation.

Keywords: *Spacecraft (SC), space system (SS), reusable transport space systems (RTSS), transport spacecraft*

АННОТАЦИЯ | В статье представлен обзор много-
разовых транспортных космических систем зарубежных стран, их характеристик, конструкций, отличительных особенностей.

Основная цель статьи заключается в выявлении главных направлений использования МТКС, определяющих конструктивных характеристик и проблем их создания.

Ключевые слова: *космический аппарат (КА), космический корабль (КК), космическая система (КС), многоразовые транспортные космические системы (МТКС), транспортный космический корабль*

ВВЕДЕНИЕ

Тенденции развития многоразовых транспортных космических систем (МТКС) направлены на расширение спектра решаемых задач при обязательном снижении финансовых средств, выделяемых на их разработку, производство и эксплуатацию [1]. В рамках этой деятельности особое внимание уделяется совершенствованию средств выведения полезной нагрузки (ПН) на орбиту, что обусловлено следующими задачами:

- развитие производств, требующих специфических условий (вакуум, невесомость и т. п.);
- создание долговременных орбитальных станций;
- развертывание в околоземном пространстве различных научно-исследовательских платформ (солнечные электростанции, радиотелескопы и оптические космические телескопы);
- удешевление услуг и космических научных экспериментов, спутниковой связи, дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), навигации, проведения метеорологических, геодезических, картографических работ и т. д.;
- оказание услуг в области космического туризма.

Нейтрализация негативных последствий от запусков ракет-носителей может быть достигнута за счет применения многоразовых транспортных космических систем.

Возрастающий спрос на вывод различных ПН приводит к увеличению числа запусков ракет-носителей (РН), что влечет за собой, в том числе, массу негативных последствий, таких как:

- засорение околоземного космического пространства;
- загрязнение окружающей среды элементами отделяющихся частей, падающих на Землю;
- неэффективное использование высокотехнологичного оборудования и материалов;
- увеличение затрат на космические программы.

Решение указанных проблем может быть достигнуто за счет применения МТКС [2].

Рис. 1. Внешний вид КК Dragon Cargo (слева) и Dragon Crew (справа)



Таблица 1. Классификация МТКС по назначению

Наименование	Производитель	Состояние разработки
Доставка грузов и экипажа к орбитальным инфраструктурам, обеспечение полетов в дальний космос		
<i>Dragon V 2</i>	<i>SpaceX (США)</i>	<i>эксплуатируется</i>
<i>Super Heavy Starship</i>	<i>SpaceX (США)</i>	<i>в разработке</i>
<i>Orion MPCV</i>	<i>Lockheed Martin (США)</i>	<i>проходит испытания</i>
<i>CST-100 Starliner</i>	<i>Boeing (США)</i>	<i>проходит испытания</i>
<i>Dream Chaser</i>	<i>Sierra Nevada Corporation (США)</i>	<i>проходит испытания</i>
«Пилотируемый корабль нового поколения»	CAST (КНР)	проходит испытания
Космический туризм и научные исследования		
<i>Space Ship One</i>	<i>Scale Composites (США), Virgin Galactic (США)</i>	<i>эксплуатируется</i>
<i>Space Ship Two</i>	<i>Virgin Galactic (США)</i>	<i>проходит испытания</i>
<i>Space Ship Three</i>	<i>Virgin Galactic (США)</i>	<i>проходит испытания</i>
<i>New Shepard</i>	<i>Blue Origin (США)</i>	<i>проходит испытания</i>
Обеспечение национальной безопасности в околоземном пространстве		
<i>X-37B</i>	<i>Boeing (США)</i>	<i>эксплуатируется</i>
<i>X-37C</i>	<i>Boeing (США)</i>	<i>в разработке</i>
<i>XS-1</i>	<i>Boeing (США)</i>	<i>в разработке</i>
<i>Space Rider</i>	<i>Thales Alenia Space, Avio (EC)</i>	<i>проходит испытания</i>
<i>SHEFEX</i>	<i>DLR (ФРГ)</i>	<i>в разработке</i>
<i>Shenlong</i>	<i>AVIC (КНР)</i>	<i>в разработке</i>

НАЗНАЧЕНИЕ МНОГОРАЗОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

К числу зарубежных стран, прилагающих наибольшие усилия по созданию МТКС, можно отнести США, КНР, ФРГ и Францию. Классификация МТКС по их назначению представлена в *таблице 1*.

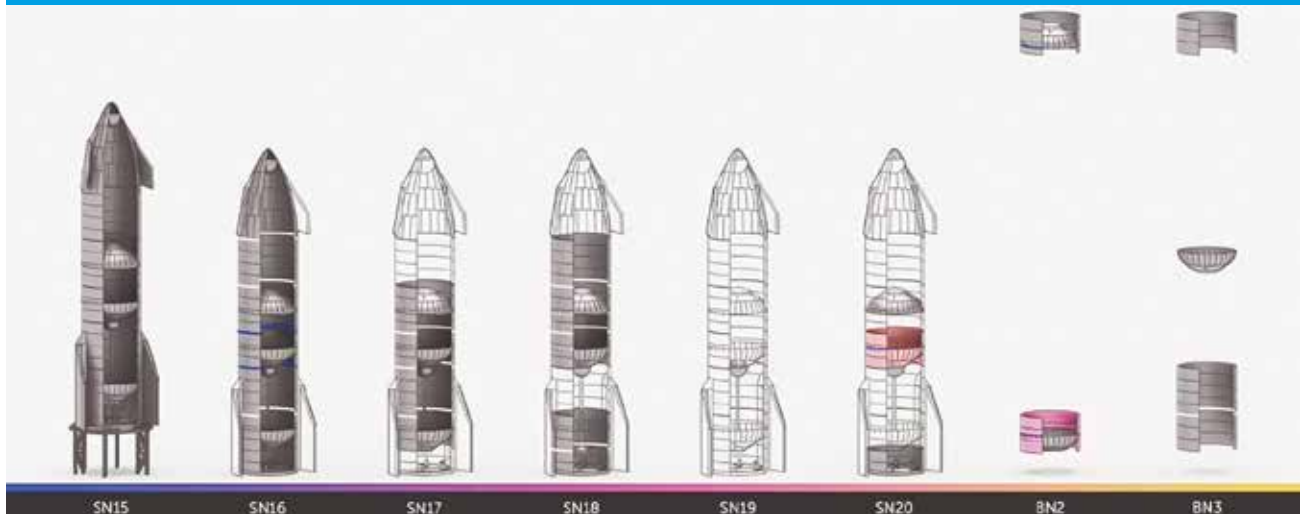
Таким образом, основными областями применения МТКС на данный момент являются:

- доставка грузов и экипажа к орбитальным инфраструктурам, обеспечение полетов в дальний космос;
- космический туризм и научные исследования;
- обеспечение национальной безопасности в околоземном пространстве.

ДОСТАВКА ГРУЗОВ И ЭКИПАЖА К ОРБИТАЛЬНЫМ ИНФРАСТРУКТУРАМ, ПОЛЕТЫ В ДАЛЬНИЙ КОСМОС

В зарубежных странах значительное внимание уделяется разработке МТКС, способных прийти на замену одноразовым аппаратам. Перед МТКС ставятся не только задачи обеспечения полетов на Международную космическую станцию (МКС) с целью доставки экипажа и грузов или иные национальные орбитальные станции, создание которых ожидается в ближайшем будущем. Наравне с этим стоят задачи по обеспечению перевозок за пределы низкой околоземной орбиты (НОО) и обеспечение их благополучного возвращения обратно на Землю. К числу таких МТКС от-

Рис. 2. Состояние прототипов Super Heavy Starship (6 КК (SN 15 – 20) и 2 ускорителя (первые ступени BN2-3)) по наблюдениям команды NASA Space Flight на 18 апреля 2021 года)



носятся, в частности: космический корабль (КК) Dragon V2 (компания SpaceX), Starship (компания SpaceX), Orion MPCV (компания Lockheed Martin), CST-100 Starliner (компания Boeing), Dream Chaser (компания Sierra Nevada Corporation), «Пилотируемый корабль нового поколения» (Китайская академия космических технологий CAST).

Для доставки людей и грузов на МКС в настоящее время используются две модификации КК Dragon V2: пилотируемый КК Crew Dragon и грузовой КК Cargo Dragon (рис. 1). КК Dragon V2 разработан по заказу Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства (NASA) в рамках программы «Коммерческая орбитальная транспортировка» [3].

Главные отличия КК Dragon Crew — управляемая посадка на двигателях (парашютная схема в качестве резерва), опоры для мягкой посадки и салон с креслами для астронавтов и панелью

управления. Благодаря ракетным двигателям (РД) Super Draco аппарат способен приземляться практически в любом месте с предельной точностью, а возможность управляемой посадки сохраняется при отказе двух из восьми двигателей. РД Super Draco являются первыми двигателями в космической промышленности, изготовление которых возможно по технологии 3D-печати.

По состоянию на конец 2021 года было выполнено восемь запусков КК Dragon V2, из них четыре КК Cargo Dragon и четыре Crew Dragon. КК Dragon V2 планируется использовать в американской программе Artemis, основная цель которой — высадка на поверхность Луны. Компания SpaceX также анонсировала изображение особой версии КК Crew Dragon, со стеклянным купольным окном, позволяющим наблюдать виды космоса. Новая версия КК не имеет адаптера, предназначенного для стыковки с МКС, и предположительно будет использоваться в целях коммерческого космического туризма.

Также в настоящее время компания SpaceX продолжает развивать программу создания МТКС сверхтяжелого класса, способных осуществить доставку грузов и людей на Луну и Марс. В рамках данной деятельности компания реализует проект по созданию МТКС Super Heavy Starship, состоящего из ускорителя Super Heavy и КК Starship (рис. 2).

КК Starship представляется в пилотируемом или грузовом исполнении, а также в качестве танкера для дозаправки на орбите других кораблей [4]. Все модификации способны к автоматическому

Перед многоразовыми транспортными космическими системами ставятся задачи не только обеспечения полетов к орбитальным инфраструктурам, но и реализации перевозок за пределы низкой околоземной орбиты, а также обеспечение их благополучного возвращения на Землю.

му сближению и стыковке. К особенностям КК Starship также относятся:

- возможность отправки КК к Луне или Марсу с грузом и экипажем после дозаправки топливом на орбите Земли;
- применение технологии тепловой защиты многократного действия;
- размещение в КК до 40 кабин для экипажа, больших зон общего пользования, складов, кухни, а также специального убежища для защиты экипажа от солнечных вспышек.

По состоянию на конец 2021 года было выполнено 12 испытаний, в ходе которых отрабатывались усовершенствованные технологии запуска и посадки. Новый прототип SN15 Starship, испытания которого прошли в мае 2021 года, имеет более 100 конструктивных улучшений относительно серии SN8 – SN11 в качестве поверхности корпуса, авионике, программном обеспечении и двигателях. На корпус прототипа было установлено гораздо больше теплозащитных плиток, чем на предыдущий SN11. Испытание SN15 завершилось успешно — корабль поднялся на высоту

около 10 км, выполнил запланированные маневры и совершил плавную посадку. В ближайшей перспективе корпорация SpaceX планирует проведение испытаний во время суборбитального полета.

В рамках программы Constellation («Созвездие») NASA с середины 2000-х годов создает многоцелевой КК Orion Multi-Purpose Crew Vehicle (MPCV), предназначенный для продолжительных исследований глубокого космоса человеком (рис. 3).

5 декабря 2014 года в ходе Exploration Flight Test 1 состоялись испытания беспилотной версии КК Orion MPCV. КК был запущен с Восточного ракетного полигона, продолжительность полета составила примерно 4,5 часа.

Сроки создания КК неоднократно переносились вследствие перерасхода средств и недостаточного планирования [5]. Согласно отчету генерального инспектора NASA, начиная с августа 2006 года на создание Orion MPCV управление потратило 16,7 млрд долларов США. Общие расходы на Orion MPCV, включая изготовление серийных КК, до конца 2030 года составят 29,5 млрд долларов США.

Рис. 3. Внешний вид Orion MPCV



Рис. 4. Внешний вид КК CST-100 Starliner



Несмотря на это, до 2030 года NASA планирует:

- осуществить до конца 2021 года беспилотную миссию в рамках программы Artemis-1;
- произвести в 2023 году пилотируемый облет Луны с помощью разрабатываемой сверхтяжелой PH SLS (Space Launch System — космическая система запуска NASA; миссия Artemis-2);
- осуществить в 2024 году посадку на Луну (миссия Artemis-3);
- в период с 2025 по 2029 годы осуществить лунные миссии Artemis — 4...9.
- продолжить полеты после 2029 года (планируются полеты большой продолжительности, не исключается возможность использования системы Orion MPCV в программе освоения Марса).

В качестве альтернативы для корабля Orion MPCV может рассматриваться МТКС CST-100 Starliner (Crew Space Transportation-100 Starliner), которая разрабатывается компанией Boeing (рис. 4). Как и Crew Dragon, МТКС создана по заказу NASA в рамках программы по разработке частных КА Commercial Crew Program [6]. Проект предусматривает создание пилотируемого

корабля, способного доставлять на орбиту и возвращать на Землю несколько человек. Для КК характерна инновационная цельная (бесшовная) конструкция, которая устраняет структурные риски традиционных швов, уменьшает массу и время производства. CST-100 Starliner может быть использован повторно до 10 раз.

К отличительным особенностям КК CST-100 Starliner также относятся:

- система прерывания полета, которая обеспечивает безопасное спасение экипажа в течение миссии во время фазы запуска;
- испытанная в полете авиационная электроника и протестированное ранее программное обеспечение для системы сближения и стыковки;
- аварийная система, обеспечивающая безопасное возвращение даже с неполноценными компьютерными системами и системами наведения (экстенсивная система послепосадочной защиты экипажа, резервное ручное управление для пилотов);
- планшетная технология, устраняющая необходимость в громоздких приборах для ручного управления.

От других проектов перспективных пилотируемых КК американской и зарубежной разработки CST-100 Starliner отличается более скромными целями. По задумке создателей, этот КК должен будет доставлять людей на МКС или на другие перспективные станции, разрабатываемые в настоящее время. Полеты за пределы земной орбиты не планируются. При этом КК проектируется так, чтобы иметь возможность оставаться на орбите до семи месяцев с возможностью повторного использования до десяти миссий. Все это снижает требования к кораблю, позволяя добиться значительной экономии и конкурентного преимущества при доставке грузов и экипажа.

В декабре 2019 года с помощью RH Atlas V был произведен запуск беспилотной модификации корабля с целью стыковки с МКС. Попытка стыковки со станцией завершилась неудачей из-за серьезных ошибок в программном обеспечении, разработанном компанией Boeing. По оценке специалистов, причиной сбоя явилась неисправность в системе расчета полетного времени и потеря связи с кораблем. Тем не менее корабль все же удалось вывести на орбиту и провести ряд запланированных экспериментов. Позже CST-100 Starliner при помощи трех парашютов совершил успешную посадку на ракетном полигоне Уайт-Сэндз в штате Нью-Мексико. Тестовый полет без экипажа ориентировочно планируется до окончания 2021 года. Первый испытательный

полет CST-100 Starliner с астронавтами на борту состоится не ранее января 2022 года, в случае его успешного выполнения компания Boeing планирует осуществить доставку экипажа на МКС в апреле или сентябре 2022 года.

Многоразовый КК Dream Chaser от компании Sierra Nevada Corporation (SNC) по форме сильно отличается от вышеупомянутых перспективных космических разработок США, предназначенных для доставки грузов и экипажа на МКС (рис. 5). Однако его главные задачи схожи с задачами КК Dragon V2, Orion MPCV и CST-100 Starliner.

Использование КК Dream Chaser позволит:

- осуществлять стыковку с МКС с помощью расположенного в хвостовой части стыковочного механизма бельгийской компании QinetiQ, позволяющего герметизировать вход в КК членами экипажа станции;
- снизить величину предельных перегрузок в целях сохранности экипажа и результатов научных экспериментов;
- снизить операционное время обслуживания перед совершением следующего запуска;
- обеспечить приземление на любой аэродром, способный принять самолет типа Boeing-737;
- уменьшить загрязнение окружающей среды за счет применения запатентованной технологии гибридного РД.

Рис. 5. Внешний вид КК Dream Chaser



Рис. 6. Внешний вид «Пилотируемого КК нового поколения»



Корпус аппарата создан из композитных материалов с керамической теплозащитой. Изначально прорабатывалась пилотируемая версия Dream Chaser, но пока планируется запуск беспилотной модификации — в этой версии КК будет иметь складывающиеся крылья, что даст возможность запускать аппарат внутри пятиметрового обтекателя с помощью различных РН. В беспилотную модификацию также добавлен дополнительный грузовой модуль для герметичных грузов и размещения внешних негерметичных грузов, который будет отделяться перед возвращением и сгорать в атмосфере.

Первый орбитальный запуск беспилотной версии КК по соглашению NASA, SNC и ULA ожидается не ранее 2022 года с помощью РН Vulcan. Предполагается, что КК Dream Chaser доставит на МКС около 5,5 т груза и останется пристыкованным к ней в течение 75 дней в качестве орбитальной лаборатории [7]. После завершения миссии КК утилизирует около 3,2 т мусора космической станции и осуществит спуск с орбиты с исполь-

зованием аэродинамического планирования. По соглашению с NASA компания SNC планирует как минимум шесть грузовых полетов к МКС в период с 2022 по 2024 год. После завершения миссии МКС КК Dream Chaser будет осуществлять доставку грузов и астронавтов на создаваемую компанией собственную космическую станцию.

В Китае 508-м институтом Китайской исследовательской академии космической техники (CAST) создан новый КК, который в перспективе может составить серьезную конкуренцию американским разработкам, в частности кораблям Orion MPCV и CST-100 Starliner. Новый КК пока не имеет уникального названия. Xīn Yī Dài Zàirén Fēichuán переводится как «Пилотируемый КК нового поколения» (рис. 6).

О существовании в Китае программы по разработке нового пилотируемого корабля стало известно в 2016 году, когда его вывели в космос с помощью РН «Чанчжэн-7». Прототип был выполнен приблизительно в масштабе 60% от базового корабля и выглядел как усеченный конус с макси-

мальным диаметром 2,6 м, высотой 2,3 м, и массой 2,6 т. Операция по возвращению спускаемого аппарата с орбиты была проведена успешно.

В мае 2020 года РН «Чанчжэн-5 В» отправила на орбиту корабль новой серии испытательной модификации (на КК отсутствовал стыковочный узел, при старте не применялась система аварийного спасения). Полет также завершился успешно.

Масса испытательного КК составляет примерно 21 т (это легче, чем Orion, чья полная масса составляет 25,85 т). По приблизительным подсчетам предельная скорость, которую развил КК в ходе испытательного полета, составляла около 1500 м/с, что, в свою очередь, достаточно для перехода на орбиту вокруг Луны и разгон обратно к Земле.

Планируется разработать два типа корабля в зависимости от решаемых задач. Для доставки экипажа на МКС и на разрабатываемую национальную космическую станцию с максимальным экипажем планируется использовать КК массой 14 т, а для полетов в дальний космос с экипажем до четырех космонавтов — КК массой 21 т.

Точные даты следующих испытаний пилотируемого КК пока неизвестны, полет к Луне китайских космонавтов планируется на 2030-е годы [8].

Основные характеристики вышеперечисленных КК, обеспечивающих доставку грузов и экипажа к орбитальным инфраструктурам, представлены в таблице 2.

Вторую часть статьи читайте в следующем номере.

Таблица 2. Основные характеристики КК, обеспечивающих доставку грузов и экипажа к орбитальным инфраструктурам

Характеристика	Dragon V2	Starship	Orion MPCV	CST-100 Starliner	Dream Chaser	«Пилотируемый КК нового поколения»
Возможные модификации	грузовой, пилотируемый	грузовой, пилотируемый	грузовой, пилотируемый	грузовой, пилотируемый	грузовой, пилотируемый	грузовой, пилотируемый
Масса КК, т:	6,4	120	25,85	13	11,34	21
Масса грузов, т: доставляемых возвращаемых	6 3,3	100 50	2 – 2,5 0,1	0,1	5,5 2	–
Объем отсека, м³: герметичного без герметизации	9,3 37	1000-1100	9	11	16	–
Размеры, м: длина диаметр	8,1 4	50 9	5 3,3	5,03 4,56	9 7	–
Тип используемого РН	Falcon 9	Super Heavy	Delta IV и Atlas V (испытательный полет / для полетов на НОО), SLS (для полетов в дальний космос)	Atlas V, Delta IV, Falcon 9, Vulcan	Vulcan (Atlas V в качестве запасной опции), Ariane 5	«Чанчжэн-5В, -7» (испытательный полет / для полетов на НОО), «Чанчжэн-9» (для полетов в дальний космос)
Способ стыковки	авто, ручная	авто	авто	авто, ручная	авто, ручная	–
Экипаж	до 7 человек	до 100 человек	до 4 человек	до 7 человек	до 6 человек	до 6 человек
Способ посадки	управляемая посадка на двигателях (парашютная схема в качестве резерва)	вертикальная реактивная посадка	парашютная система	парашютная система	горизонтальная, самолетная посадка (аэродинамическое планирование)	система мягкой посадки
Тип ракетного двигателя	8 РД Super Draco	6 РД Raptor	1 РД AJ10, 8 РД R-4D-11, 6 РД от Airbus	6 РД Aerojet Rocketdyne	гибридный РД Vortex	–

Литература

1. Хлопков Ю. И., Зяя Мью Мьинт, Хлопков А. Ю., Чжо Зин, Поляков М. С. Анализ развития многоразовых воздушно-космических систем // Естественные и математические науки: вопросы и тенденции развития. Материалы международной заочной научно-практической конференции (01 апреля 2013 г.). Новосибирск: СибАК, 2013. С.80 – 85.
2. Архипова Т.В. Мировые тренды в космической сфере и перспективы устойчивого развития космической отрасли России // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2020. № 10. Ч. 3. С. 263 – 268.
3. Грузовые / пилотируемые корабли. Изделия серии Crew Dragon [Электронный ресурс] // Ecoruspace.ME. URL: <https://ecoruspace.me/Изделия+серии+Dragon+V2.html> (Дата обращения: 11.11.2021).
4. Березин А. Starship, наконец, научился садиться без взрыва: что это значит и что будет дальше? [Электронный ресурс] // Naked Science. 2021. 06 мая. URL: <https://naked-science.ru/magazine> (Дата обращения: 11.11.2021).
5. Сайт NASA Office of Inspector General. NASA's management of the Orion multi-purpose crew vehicle program [Электронный ресурс]. URL: <https://oig.nasa.gov/docs/IG-20-018.pdf> (Дата обращения: 11.11.2021).
6. Грузовые / пилотируемые корабли. Изделия серии CST [Электронный ресурс] // Ecoruspace.ME. URL: <https://ecoruspace.me/Изделия+серии+CST.html> (Дата обращения: 11.11.2021).
7. Chris Bergin. Cargo Dream Chaser solidifies ULA deal by securing six Vulcan Centaur flights [Электронный ресурс] // NASASpaceflight.com. 2019. August 14. URL: <https://www.nasaspaceflight.com/2019/08/cargo-dream-chaser-solidifies-ula-deal-vulcan/> (Дата обращения: 11.11.2021).
8. Испытательный полет китайского пилотируемого корабля [Электронный ресурс] // Наука и техника. 2020. 21 мая. URL: <https://naukatehnika.com/ispytatelnyj-polet-kitajskogo-pilotiruemogo-korablya.html> (Дата обращения: 11.11.2021).
9. Хрисанфова А. Virgin Galactic запустила корабль в космос. Последуют ли туда же ее акции [Электронный ресурс] // РБК. 2021. 24 мая. URL: <https://quote.rbc.ru/news/article/60abce769a7947185b76770f> (Дата обращения: 11.11.2021).
10. Гаврикова В. Virgin Galactic представила новый космолан VSS Imagine [Электронный ресурс] // РБК. 2021. 30 марта. URL: <https://quote.rbc.ru/news/article/6063192b9a7947949739d5ac> (Дата обращения: 11.11.2021).
11. Орбитальный корабль. New Shepard [Электронный ресурс] // Ecoruspace.ME. URL: <https://www.ecoruspace.me/New+Shepard.html> (Дата обращения: 11.11.2021).
12. Сайт National Aeronautics and Space Administration Wiki/Fandom. Boeing X-37 [Электронный ресурс] // NASA.fandom.com. URL: https://nasa.fandom.com/wiki/Boeing_X-37 (Дата обращения: 11.11.2021).
13. Павлушенко М.В., Волохов В.И., Шепилова Г.А. Выявление боевых возможностей беспилотного орбитального самолета X-37В, разрабатываемого ВВС США в рамках концепции «глобальный удар» // Вестник Академии военных наук. 2019. № 1. С. 155 – 162.
14. Мадрасов А. XS-1: «Быстрый глобальный удар» по российскому космосу [Электронный ресурс] // Советская пресса. 2016. 04 июня. URL: <https://svpressa.ru/war21/article/150008/> (Дата обращения: 11.11.2021).
15. Голованов Г. ESA представило многоразовую космическую капсулу Space Rider [Электронный ресурс] // Hightech.plus. 2019. 07 июня. URL: <https://hightech.plus/2019/06/07/esa-predstavilo-mnogorazovuyu-kosmicheskuyu-kapsulu-space-rider> (Дата обращения: 28.04.2021).
16. Waldemar Bauer, Peter Rickmers, Alexander Kallenbach, Sven Stappert, René Schwarz, Marco Sagliano, Janis S. Häseker, Andreas Flock, Thomas Thiele, Andreas Bierig, Jens Windelberg, Eugen Ksenik. Upcoming DLR Reusability Flight Experiment [Электронный ресурс] // 68th International Astronautical Congress (IAC), Adelaide, Australia, 25-29 September 2017. URL: <https://elib.dlr.de/116879/1/IAC-17-D2.6.1.pdf> (Дата обращения: 11.11.2021).
17. Кюппер В. Космический корабль с острыми углами и краями [Электронный ресурс] // Наука и техника. 2019. 22 октября. URL: <https://naukatehnika.com/kosmicheskij-korabl-s-ostryimi-uglami-i-krayami.html> (Дата обращения: 11.11.2021).
18. Каменнов П.Б. Космическая программа Китая // Проблемы Дальнего Востока. Научный и общественно-политический журнал Института Дальнего Востока Российской академии наук. 2001. № 6. С. 71 – 77.
19. Richard Fisher, Jr. Shenlong. Space Plane Advances China's Military Space Potential. [Электронный ресурс] // Strategycenter. 2007. December 17. URL: http://www.strategycenter.net/research/pubID.174/pub_detail.asp. (Дата обращения: 11.11.2021).
20. Сулейменов Е.З., Кульевская Ю.Г., Улезько Г.Г., Галанц Э.А. Состояние исследований в Казахстане по приоритетам научно-технологического развития. Космические исследования: аналитический обзор. Алматы, 2008.
21. Ключников В.Ю., Кузнецов И.И., Осадченко А.С. Методические аспекты разработки стратегии развития системы средств выведения космических аппаратов на орбиту // Вестник ФГУП НПО им. Лавочкина. 2013. № 4. С.47 – 53.
22. Иванов М.Л., Макаров М.И., Голованёв И.Н. Основные тенденции военно-космической деятельности на современном этапе // Воздушно-космическая сфера. 2020. № 3. С. 72 – 81.



References

1. **Khlopkov Yu. I., Zeya M'o M'int, Khlopkov A. Yu., Chzho Zin, Polyakov M.S.** Analiz razvitiya mnogorazovykh vozdušno-kosmicheskikh sistem. Estestvennye i matematicheskie nauki: voprosy i tendentsii razvitiya. Materialy mezhdunarodnoy zaочноy nauchno-prakticheskoy konferentsii (01.04.2013). Novosibirsk, SibAK, 2013, pp.80 – 85.
2. **Arkhipova T.V.** Mirovye trendy v kosmicheskoy sfere i perspektivy ustoychivogo razvitiya kosmicheskoy otrasli Rossii. Vestnik Altayskoy akademii ekonomiki i prava, 2020, no. 10, pt. 3, pp. 263 – 268.
3. **Gruzovye / pilotiruemye korabli.** Izdeliya serii Crew Dragon. Ecorospace. ME. Available at: <https://ecorospace.me/Izdeliya+serii+Dragon+V2.html> (Retrieval date: 11.11.2021).
4. **Berezin A.** Starship, nakonets, nauchilsya sadit'sya bez vzryva: chto eto znachit i chto budet dal'she? Naked Science, 2021, May 06. Available at: <https://naked-science.ru/magazine> (Retrieval date: 11.11.2021).
5. **NASA's management of the Orion multi-purpose crew vehicle program.** NASA Office of Inspector General. Available at: <https://oig.nasa.gov/docs/IG-20-018.pdf> (Retrieval date: 11.11.2021).
6. **Gruzovye / pilotiruemye korabli.** Izdeliya serii CST. Ecorospace. ME. Available at: <https://ecorospace.me/Izdeliya+serii+CST.html> (Retrieval date: 11.11.2021).
7. **Chris Bergin.** Cargo Dream Chaser solidifies ULA deal by securing six Vulcan Centaur flights. NASASpaceflight.com, 2019, August 14. Available at: <https://www.nasaspaceflight.com/2019/08/cargo-dream-chaser-solidifies-ula-deal-vulcan/> (Retrieval date: 11.11.2021).
8. **Ispytatel'nyy polet kitayskogo pilotiruемого korablya.** Nauka i tekhnika, 2020, May 21. Available at: <https://naukatehnika.com/ispytatel'nyy-polet-kitajskogo-pilotiruемого-korablya.html> (Retrieval date: 11.11.2021).
9. **Khrisanfova A.** Virgin Galactic zapustila korabl' v kosmos. Posleduyut li tuda zhe ee aktsii. RBK, 2021, May 24. Available at: <https://quote.rbc.ru/news/article/60abc e769a7947185b76770f> (Retrieval date: 11.11.2021).
10. **Gavrikova V.** Virgin Galactic predstavila novyy kosmoplan VSS Imagine. RBK, 2021, March 30. Available at: <https://quote.rbc.ru/news/article/6063192b9a7947949739d5ac> (Retrieval date: 11.11.2021).
11. **Orbital'nyy korabl'.** New Shepard. Ecorospace. ME. Available at: <https://www.ecorospace.me/New+Shepard.html> (Retrieval date: 11.11.2021).
12. **National Aeronautics and Space Administration Wiki/Fandom.** Boeing X-37. NASA.fandom.com. Available at: https://nasa.fandom.com/wiki/Boeing_X-37 (Retrieval date: 11.11.2021).
13. **Pavlushenko M.V., Volokhov V.I., Shepilova G.A.** Vyyavlenie boevykh vozmozhnostey bespilotnogo orbital'nogo samoleta X-37B, razrabatyvaемого VVS SShA v ramkakh kontseptsii "global'nyy udar". Vestnik Akademii voennykh nauk, 2019, no. 1, pp. 155 – 162.
14. **Madrasov A.** XS-1: "Bystryy global'nyy udar" po rossiyskomu kosmosu. Sovetskaya pressa, 2016, June 04. Available at: <https://svpressa.ru/war21/article/150008/> (Retrieval date: 11.11.2021).
15. **Golovanov G.** ESA predstavilo mnogorazovuyu kosmicheskuyu kapsulu Space Rider. Hightech.plus, 2019, June 07. Available at: <https://hightech.plus/2019/06/07/esa-predstavilo-mnogorazovuyu-kosmicheskuyu-kapsulu-space-rider> (Retrieval date: 28.04.2021).
16. **Waldemar Bauer, Peter Rickmers, Alexander Kallenbach, Sven Stappert, René Schwarz, Marco Sagliano, Janis S. Häseker, Andreas Flock, Thomas Thiele, Andreas Bierig, Jens Windelberg, Eugen Ksenik.** Upcoming DLR Reusability Flight Experiment. 68th International Astronautical Congress (IAC), Adelaide, Australia, 25-29 September 2017. Available at: <https://elib.dlr.de/116879/1/IAC-17-D2.6.1.pdf> (Retrieval date: 11.11.2021).
17. **Kyupper V.** Kosmicheskyy korabl' s ostrymi uglami i krayami. Nauka i tekhnika. 2019. October 22. Available at: <https://naukatehnika.com/kosmicheskij-korabl-s-ostrymi-uglami-i-krayami.html> (Retrieval date: 11.11.2021).
18. **Kamennov P.B.** Kosmicheskaya programma Kitaya. Problemy Dal'nego Vostoka, 2001, no. 6, pp. 71 – 77.
19. **Richard Fisher, Jr. Shenlong.** Space Plane Advances China's Military Space Potential. Strategycenter, 2007, December 17. Available at: http://www.strategycenter.net/research/pubID.174/pub_detail.asp. (Retrieval date: 11.11.2021).
20. **Suleymenov E.Z., Kul'evskaya Yu.G., Ulez'ko G.G., Galants E.A.** Sostoyanie issledovaniy v Kazakhstane po prioritetam nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya. Kosmicheskije issledovaniya: analiticheskij obzor. Almaty, 2008.
21. **Klyushnikov V.Yu., Kuznetsov I.I., Osadchenko A.S.** Metodicheskie aspekty razrabotki strategii razvitiya sistema sredstv vyvedeniya kosmicheskikh apparatov na orbitu. Vestnik FGUP NPO im. Lavochkina, 2013, no. 4, pp.47 – 53.
22. **Ivanov M.L., Makarov M.I., Golovanev I.N.** Osnovnye tendentsii voenno-kosmicheskoy deyatel'nosti na sovremennom etape. Vozdušno-kosmicheskaya sfera, 2020, no. 3, pp. 72 – 81.

© Клименко Н.Н., Катъкалов В.Б., Морозова М.Л. 2021

История статьи:

Поступила в редакцию: 19.09.2021

Принята к публикации: 22.10. 2021

Модератор: Гесс Л.А.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Клименко Н.Н., Катъкалов В.Б., Морозова М.Л. Перспективы многоразовых транспортных космических систем. Часть I // Воздушно-космическая сфера. 2021. № 4. С. 88 – 99.



Yuri V. KUZMIN,

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher, Institute for the History of Science and Technology named after S. I. Vavilov RAS, Moscow, Russia, ykuzmin@rambler.ru

Юрий Викторович КУЗЬМИН,

кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник отдела истории техники Института истории естествознания и техники имени С. И. Вавилова РАН, Москва, Россия, ykuzmin@rambler.ru

ABSTRACT | After collecting information about 20,000 modifications of XX century aircraft, the author identified priority designs with landing gears. It is shown that the RB-1 aircraft, often called the first aircraft with a retractable landing gear, really isn't the first one, and the creation of a retractable landing gear was aimed not at the reduction of the aircraft drag, but at the improvement of takeoff and landing characteristics.

For the first time, statistical data on the using of the retractable landing gear scheme in the world aircraft engineering are provided.

Keywords: *airplane history, priorities in aircraft design, retractable landing gear, landing gear*

АННОТАЦИЯ | После сбора сведений о 20 000 модификаций самолетов XX века автором определены приоритетные конструкции, в которых впервые было использовано убирающееся шасси.

Показано, что самолет RB-1, часто называемый первым самолетом с убирающимся шасси, не является таковым, а целью первых работ по созданию убирающегося шасси было не уменьшение сопротивления самолета, а улучшение взлетно-посадочных характеристик.

Впервые приведены статистические данные по применению убирающегося шасси в мировом самолетостроении.

Ключевые слова: *история самолетов, приоритеты в самолетостроении, убирающееся шасси, шасси самолетов*



THE HISTORY OF RETRACTED LANDING GEAR

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ УБИРАЮЩЕГОСЯ ШАССИ

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

За 20 лет мной была собрана структурированная информация более чем о 20 000 моделей самолетов, созданных во всем мире в XX веке, в том числе об их конструктивных особенностях, включая устройство шасси. Впервые были построены графики выпуска самолетов в XX веке (первая публикация в [1]) и рассмотрена сравнительная динамика интенсивности производства и разработки новых моделей [2].

Собранная информация позволила уточнить приоритеты и выявить пионерские конструкции. Оказалось, что историками авиации обычно неверно излагается история создания и применения на самолетах убирающегося шасси как с точки зрения приоритетов, так и с точки зрения целеполагания. Рассмотрению этого вопроса и посвящена статья.

Часто возникновение убирающегося шасси связывают со стремлением уменьшить сопротивление и, соответственно, увеличить скорость самолетов, а в качестве первого самолета с убирающимся шасси называют гоночный американский высокоплан 1920 года RB-1 (рис. 1).

Так, Д. А. Соболев пишет: «Убирающееся шасси впервые нашло применение на гоночных

самолетах, для которых уменьшение лобового сопротивления было особенно важно. Первопроходцем стал американский спортивный скоростной моноплан Дайтон-Райт RB-1, построенный в 1920 году для участия в воздушных гонках на приз Гордона Беннета» [3, с. 239].

Подобные утверждения делались историками авиации и раньше, например: «Высокоплан Wright RB... на этой машине впервые применено полностью убираемое шасси» [4, р. 185].

В большой статье в журнале *Flight*, подводившей итоги первых 50 лет развития авиации, дана более аккуратная формулировка: «В ранних амфибиях уборка шасси преследовала цель поднять колеса над водой. Но в гоночном самолете Dayton-Wright 1920 года мы видим, возможно, первый пример самолета, в котором колеса убираются исключительно с целью уменьшения сопротивления» [5, р. 762].

Здесь RB-1 уже указывается не как первый самолет с убирающимся шасси, а как первый, в котором такое решение применено именно для уменьшения сопротивления самолета. Кроме того, справедливо подчеркивается пионерская роль амфибий в развитии конструкций шасси самолетов. Но, как мы увидим далее, это утверждение тоже не совсем корректно.

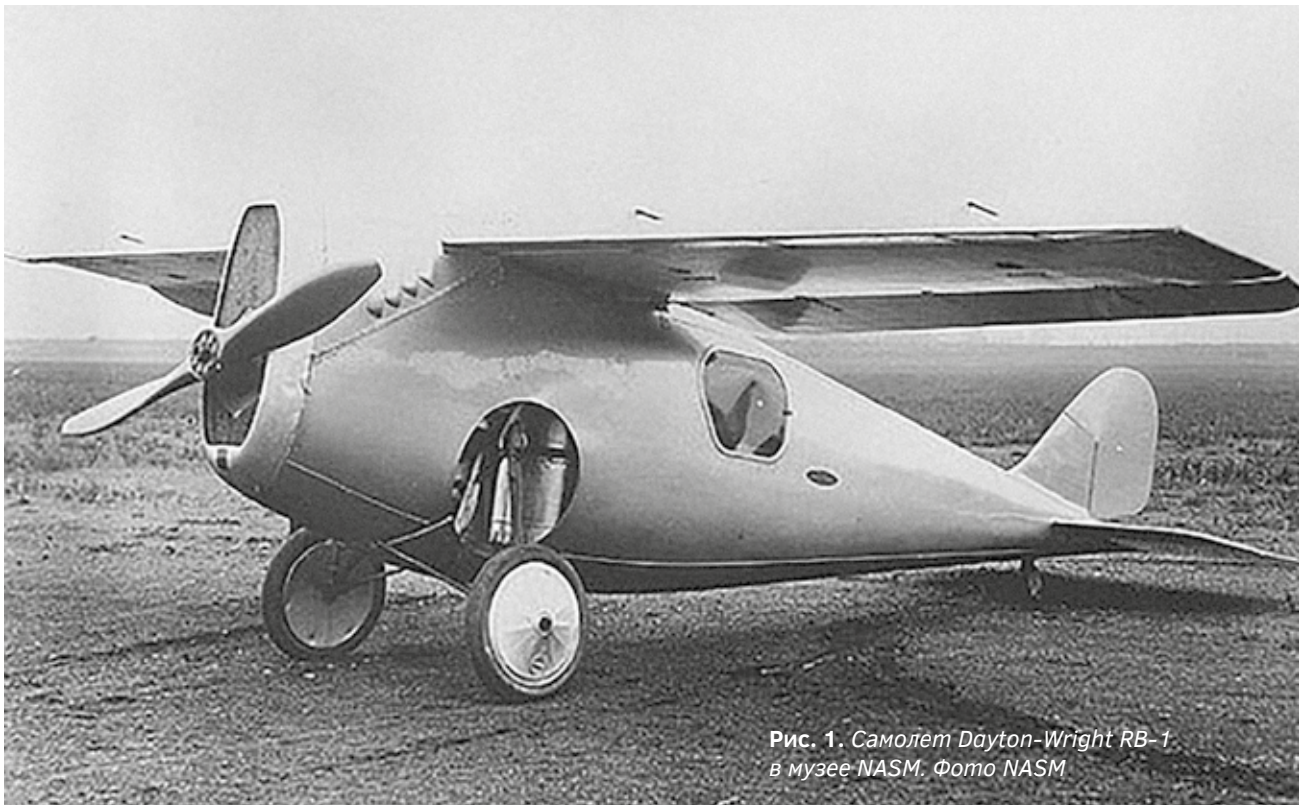


Рис. 1. Самолет Dayton-Wright RB-1 в музее NASM. Фото NASM

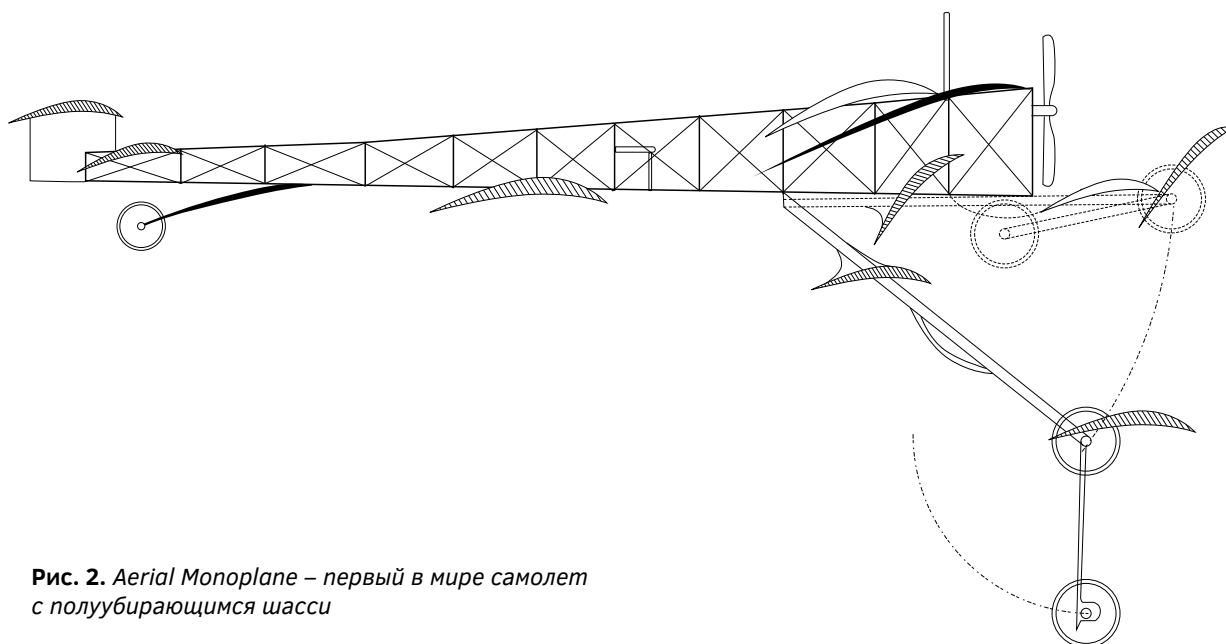


Рис. 2. *Aerial Monoplane* – первый в мире самолет с полуубирающимся шасси

ПИОНЕРСКИЕ КОНСТРУКЦИИ

Первым известным мне самолетом с полуубирающимся шасси (у RB-1 шасси также убиралось не полностью, подтягиваясь в открытые ниши по бокам фюзеляжа) стал британский моноплан-тандем *Aerial Monoplane*, построенный компанией *Aerial Manufacturing* в 1909 году и упомянутый в ежегоднике [6]. Он не был амфибией: это чисто сухопутный самолет.

Aerial Monoplane сконструировал W. J. Potter. Колеса на длинной стойке опускались для увеличения угла атаки фюзеляжа и закрепленных на фюзеляже крыльев при взлете и посадке. При этом росла подъемная сила, в результате взлетная и посадочная скорость уменьшались, уменьшались и длины разбега и пробега.

Кроме того, на стойках шасси крепились пара дополнительных крылышек, угол установки которых регулировался летчиком в полете. При взлете и посадке они создавали подъемную силу, а в крейсерском полете свободно располагались по потоку, уменьшая сопротивление конструкции. При пробеге же крылышки поворачивались вертикально и служили воздушными тормозами [7, р. 39] (рис. 2).

ЦЕЛЬЮ СОЗДАНИЯ ПЕРВОГО В МИРЕ САМОЛЕТА С УБИРАЮЩИМСЯ ШАССИ БЫЛО НЕ УМЕНЬШЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ, А УЛУЧШЕНИЕ ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК.

Таким образом, целью создания первого в мире самолета с убирающимся шасси было не уменьшение сопротивления, а улучшение взлетно-посадочных характеристик (ВПХ). Самолет испытывался в полете, но улучшений, соизмеримых с ростом стоимости и сложности конструкции, не показал.

В следующем, 1910 году француз André Laspagne построил деревянный биплан-утку. Заказчиком был автогонщик Cornet, самолет успешно летал. Шасси состояло из двух мощных полозьев, к которым шарнирно крепились два колеса. Взлетал самолет на колесах, но перед посадкой на травяное поле колеса можно было поднять, с тем чтобы сесть только на полозья и сократить разбег: это было особенно существенно, если трава влажная [8, р. 164]. И в этом случае поднятие колес служило улучшению ВПХ, а не уменьшению сопротивления.



НОВЫЙ ТОЛЧОК РАЗВИТИЮ
СХЕМ ПОДНЯТИЯ ШАССИ ДАЛО
ПОЯВЛЕНИЕ ГИДРОСАМОЛЕТОВ.

Рис. 3. Амфибия Icare – первая амфибия с полуубирающимся шасси

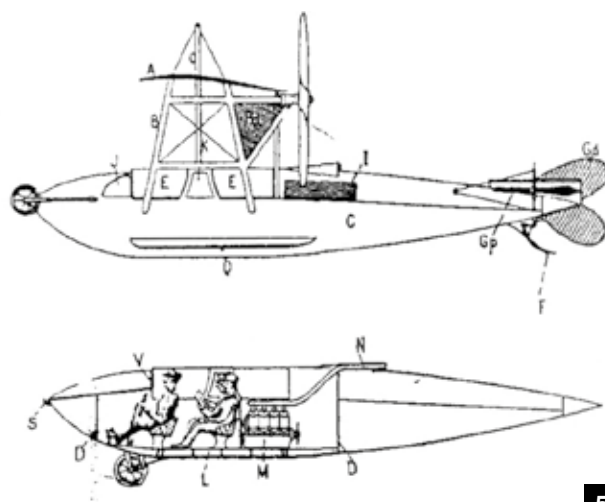
Рис. 4. Биплан Коанда-2 с убирающимися в обтекатели шасси

Рис. 5. Схема амфибии Alvarez et de Conde II



Новый толчок развитию схем поднятия шасси дало появление гидросамолетов. Первый гидросамолет Фабра взлетел 28 марта 1910 года [9], а уже в следующем году французская компания Voisin построила большую шестиместную амфибию Icare [10] (рис. 3). Шесть ее колес поднимались над бортами лодки-фюзеляжа и давали возможность садиться на воду и взлетать с воды.

В том же 1911 году появился первый самолет, в котором колеса в убранном состоянии были уже полностью изолированы от набегающего воздушного потока: металлический биплан Coanda 2 румынского конструктора Анри Коандэ (Henri Marie Coandă), работавшего во Франции (рис. 4). Парные колеса основных стоек подтягивались вверх и полностью скрывались в больших обтекателях – «штанах» [11]. Самолет имел чисто экспериментальное назначение.

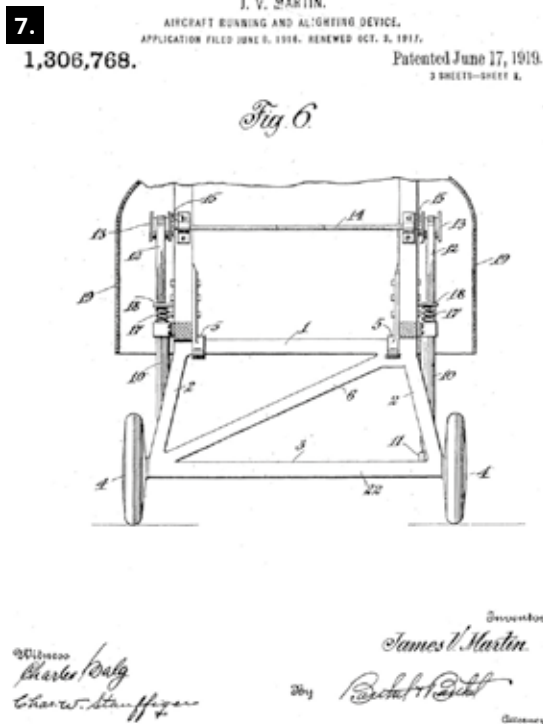


5.



Рис. 6. Конструктор James Martin в своем самолете с убирающимся шасси K-III Kitten. Фото с сайта Aerofiles.com

Рис. 7. Схема убирающегося шасси из патента Мартина № 1306768 [13]



В 1913 году во Франции построили и испытали и летающую лодку – амфибию Alvarez et de Conde II, у которой основные опоры и колеса сухопутного шасси поднимались как единое целое и размещались перед фюзеляжем [8, р. 18] (рис. 5).

УБИРАЮЩЕЕСЯ ШАССИ И РОСТ СКОРОСТИ

RV-1 же по хронологии оказался только 16-й известной мне конструкцией самолета с убирающимся шасси. И он не был первым даже в США.

Еще в 1918 году конструктор James V. Martin (не путать с Гленом Мартином, основателем фирмы Мартин, которая позднее стала частью концерна «Локхид Мартин») построил и передал на испытания в Сигнальный корпус США миниатюрный истребитель азростатов K-III Kitten [12] (рис 6).

K-III, в свою очередь, был спроектирован на основе легкого опытного британского истребителя с фиксированным шасси Port Victoria PV.8 Eastchurch Kitten. Благодаря тому, что в американском варианте основные опоры шасси вместе с осью и колесами убирались в полете назад в фюзеляж, самолетик с мотором мощностью всего 32 л.с. развивал замечательную по тем временам скорость 180 км/ч, в то время как PV.8 с 35-сильным мотором разгонялся только до 151 км/ч.

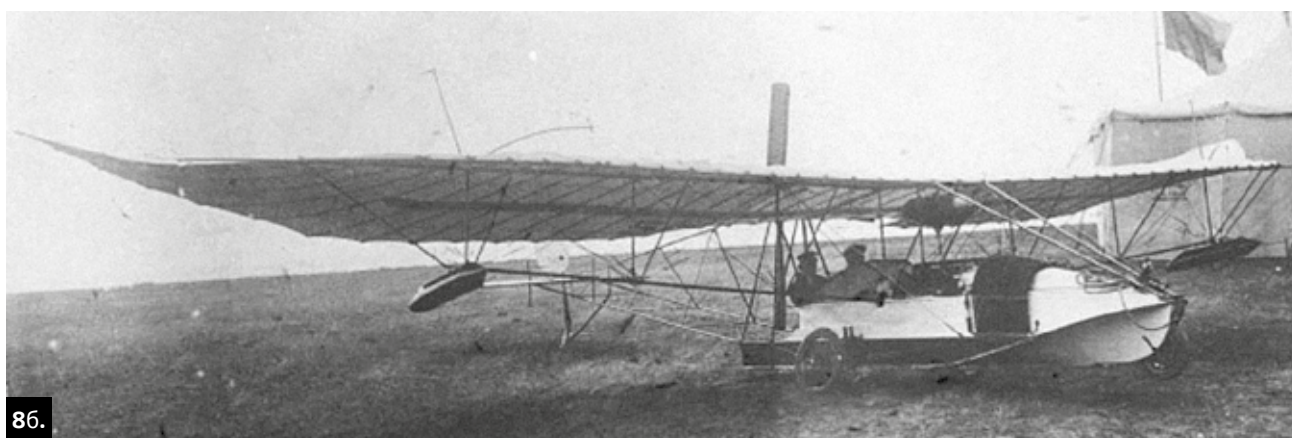
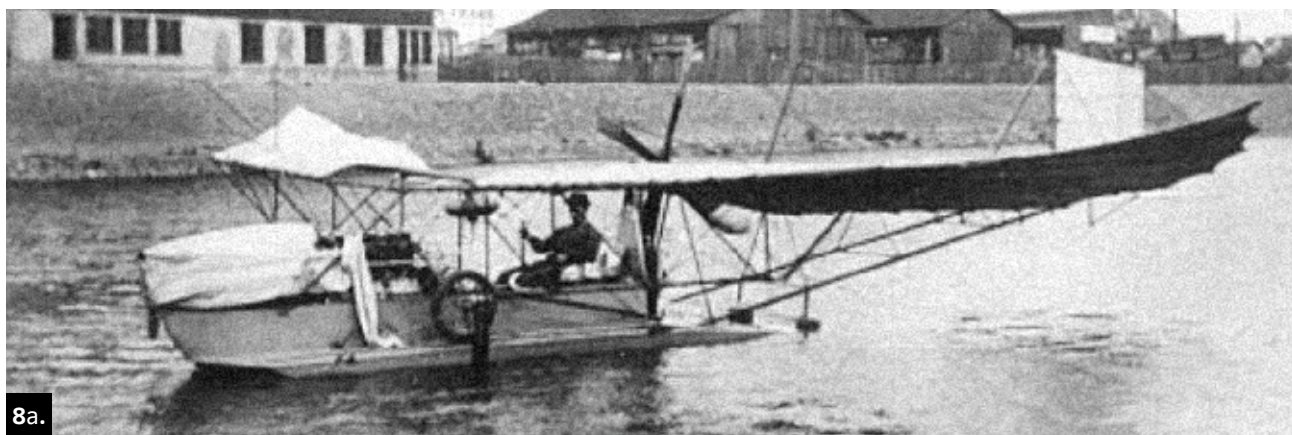
Таким образом, уборка шасси дала прирост скорости в 20%. Площадь крыла у английского и американского вариантов была практически одинаковой (9,76 и 9,85 кв. м. соответственно), одинаковы и взлетные массы (266 и 264 кг), а мощность двигателя у британца на 9% больше.

С учетом того, что коэффициент лобового сопротивления C_x пропорционален мощности мотора и обратно пропорционален площади крыла и кубу максимальной скорости, получается, что у K-III он составлял только 54% от C_x самолета PV.8!

В связи с плохой скороподъемностью, что неудивительно при столь малой мощности, и, главное, окончанием войны истребитель K-III военные заказывать не стали. Но в 1919 году, то есть за год до постройки RV-1, Джеймс Мартин получил и патент номер 1306768 на свою конструкцию шасси (рис. 7).

ЧАСТНЫЕ ПРИОРИТЕТЫ

Рассмотрим вопрос, когда же был создан первый самолет с убирающимся шасси с носовым колесом – ведь именно эта схема сейчас доминирует в «большом» самолетостроении. Здесь пионером стал немецкий инженер Jacob Goedecker.



В 1912 году его самолетостроительная компания создала удачную летающую лодку, которая так и вошла в историю под наименованием Goedecker Flugboot [14] (рис. 8). С 29 августа по 5 сентября 1912 года лодка участвовала в немецком конкурсе гидросамолетов и заняла четвертое место.

Первые же сухопутные самолеты с убирающимся шасси с носовой опорой были построены только через четверть века. В 1938 году появились сразу четыре модели таких самолетов. Все они созданы в США: это пассажирский Douglas DC-4 (не путать с серийным Douglas DC-4 – совсем другая конструкция); Bell XP-39, прототип истребителя Airacobra, Douglas DB-7B, будущий знаменитый бомбардировщик A-20 Boston, и малоизвестный самолет общего назначения Miller HM-4 [15, p. 207] (рис. 9).

Первым самолетом с убирающимся шасси в СССР стала амфибия Ш-1, которую в 1929 году сконструировал и построил на своей квартире в Ленинграде В. Б. Шавров. Ему помогали В. Л. Корвин и Н. Н. Фунтиков [16, с. 92] (рис. 10). Ш-1 стала прототипом удачной амфибии Ш-2 большего размера, которая много лет выпускалась крупной серией.

Рис. 8. Летающая лодка-амфибия Goedecker Flugboot с убраным и выпущенным сухопутным шасси

Рис. 9. Самый малоизвестный среди первых сухопутных самолетов, имевших убирающееся шасси с носовой опорой, Miller HM-4. Фото с сайта Aerofiles

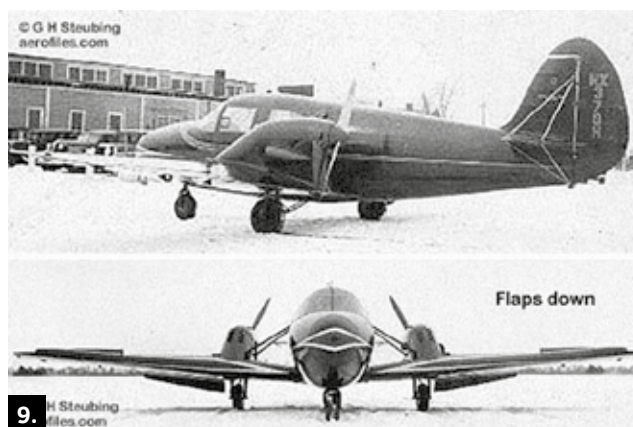




Рис. 10. Первый самолет с убирающимся шасси, построенный в России / СССР: амфибия Ш-1

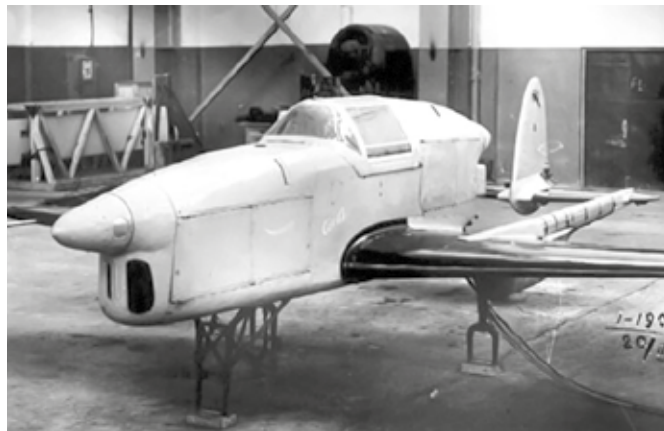


Рис. 11. САМ-13 при подготовке к натурным испытаниям в аэродинамической трубе ЦАГИ

Первый же самолет с убирающимся шасси с носовой опорой в СССР взлетел уже в конце 1940 года, всего через два года после создания пионерских конструкций в США. Это был опытный двухмоторный двухбалочный истребитель Москалёва САМ-13 [17] (рис. 11), по схеме повторявший голландский истребитель Fokker D.XXIII 1939 года. Чуть более ранний учебный самолет Москалёва САМ-12 с такой же схемой шасси остался недостроенным.

МИРОВАЯ СТАТИСТИКА

На рис. 12 приведены доли самолетов, строившихся в XX веке в мире с фиксированными (FG – fixed gear), полуубирающимися (SR – semi-retracted) и убирающимися (RG – retracted gear) шасси. Отдельно выделены самолеты с шасси, построенным по схеме с носовой опорой (FNG – fixed nose gear и RNG – retracted nose gear).

Диаграмма составлена на основе собранных автором почти 38 000 записей о производстве более 20 000 модификаций самолетов в 1910 – 2000 годах и публикуется впервые.

ПЕРВЫЙ САМОЛЕТ С УБИРАЮЩИМСЯ ШАССИ С НОСОВОЙ ОПОРОЙ В СССР ВЗЛЕТЕЛ ВСЕГО ЧЕРЕЗ ДВА ГОДА ПОСЛЕ СОЗДАНИЯ ПИОНЕРСКИХ КОНСТРУКЦИЙ В США.

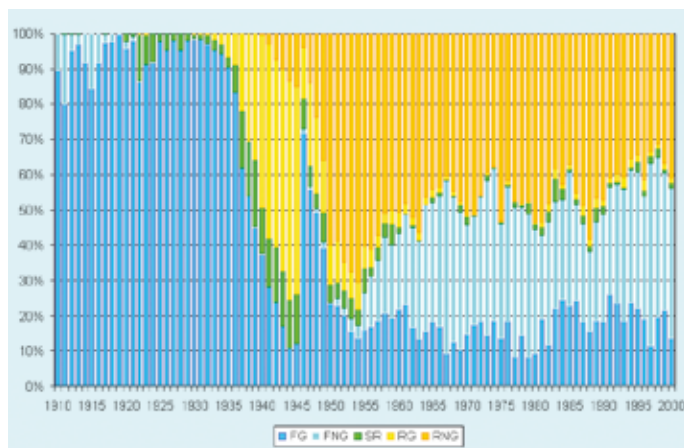


Рис. 12. Доли самолетов с разными типами шасси в общем мировом выпуске по годам

К самолетам с полуубирающимся шасси отнесены и конструкции, в которых колеса поднимаются вверх, но полностью или частично остаются в потоке, например частично выступают из крыла вниз для облегчения посадки «на брюхо» при отказе системы выпуска шасси. Кроме того, к ним отнесены и самолеты, у которых убирается только часть посадочного аппарата, например только носовая опора или только подкрыльные поплавки.

На рис. 12 видно, что схема шасси с носовой опорой была довольно популярна в начале века, но не выдержала конкуренции с более легкими шасси с хвостовой опорой.

В 1920-х годах возникает всплеск интереса к полуубирающимся шасси, связанный как с амфибиями, так и с гоночными самолетами. Однако к 1930 году он исчерпал себя.

Вновь доля самолетов с убирающимся шасси начала расти – и очень быстро – с 1933 года до конца Второй мировой войны. В 1944 году доля самолетов с фиксированным шасси достигла абсолютного минимума – всего 11%. В этом же году было построено больше самолетов, чем когда-либо в истории: 221 000 экземпляров (за весь XX век – 2,2 миллиона).

После окончания войны наступил регресс, связанный с резким и повсеместным сокращением выпуска боевой техники и увеличением в производстве доли легких и учебных самолетов.

В это же время, во второй половине 1940-х годов, быстро выросла и заняла доминирующее положение схема шасси с носовым колесом (она была довольно популярна и в начале века, но в 1920-е годы ее полностью вытеснили шасси с хвостовой опорой).

Ситуация резко изменилась с началом Корейской войны: в эти годы все ведущие авиационные державы вновь увеличили выпуск боевой техники. Разрядка международной напряженности во второй половине 1950-х годов привела

к быстрому росту легкой и частной авиации и, соответственно, доли летательных аппаратов с неубирающимся шасси.

Во второй половине 1950-х годов быстро выросла популярность схемы с носовым колесом и для самолетов с неубирающимся шасси.

Начиная же с 1960-х годов каждая конфигурация посадочных устройств нашла свою нишу: число машин с убирающимся шасси составляет в производстве около 50% и медленно снижается из-за продолжающегося уменьшения доли боевых самолетов в общем выпуске.

По предварительным подсчетам автора, примерная пропорция 50 / 50 сохранилась в мировом самолетостроении и в первые 20 лет XXI века. Появляются все новые, современные конструкции с неубирающимся шасси. И совершенно оправданно, например, на многоцелевом российском самолете ЛМС-901, созданном в 2021 году [18], применено неубирающееся шасси с хвостовой опорой, создающее дополнительное сопротивление, но зато легкое, прочное и надежное.

ВЫВОДЫ

Первые конструкции полуубирающихся и убирающихся шасси были связаны со стремлением улучшить взлетно-посадочные характеристики на суше и на воде, а не с желанием уменьшить аэродинамическое сопротивление. Появились они в 1910 – 1911 годах.

Впервые цель увеличить скорость с помощью убирающегося шасси была поставлена и решена при конструировании не гоночных аппаратов, а боевого самолета-истребителя в 1918 году.

RB-1, вопреки утверждениям многих историков авиации, не является ни первым самолетом с убирающимся шасси, ни первым самолетом, в котором это решение было применено для снижения сопротивления воздуха в полете.

Первые сухопутные самолеты, имеющие убирающееся шасси с носовой опорой, появились только в 1938 году в США.

Резкий рост доли самолетов с убирающимся шасси в производстве начался в 1933 году, а с 1960-х годов и до конца XX века количество строившихся самолетов с убирающимся и неубирающимся шасси было примерно равным.

Для установления этих приоритетов и целеполаганий конструкторов необходимо было изучить сведения обо всех известных моделях самолетов мира.

ВПЕРВЫЕ ЦЕЛЬ УВЕЛИЧИТЬ СКОРОСТЬ С ПОМОЩЬЮ
УБИРАЮЩЕГОСЯ ШАССИ БЫЛА ПОСТАВЛЕНА И
РЕШЕНА ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ НЕ ГОНОЧНЫХ
АППАРАТОВ, А БОЕВОГО САМОЛЕТА-ИСТРЕБИТЕЛЯ.



Литература

1. **Кузьмин Ю.** Авиация в числах: что мы сделали за 110 лет // Авиация и космонавтика. 2014. № 2. С. 8 – 10.
2. **Кузьмин Ю.В.** Соотношение объемов производства и результативности конструкторских работ в мировом авиостроении XX в. Статистический анализ базы данных // Историческая информатика. 2020. № 2. С. 61 – 82. DOI: 10.7256/2585-7797.2020.2.32892
3. **Соболев Д.А.** История самолетов мира. М.: Русавиа, 2001. 680 с.
4. **Gibbs-Smith C.H.** Aviation. An historical survey from its origins to the end of World War II. London: Science Museum. 1970. 316 p.
5. **King H.F.** The first fifty years // Flight. 1953. № 2342. Pp. 755 – 786.
6. **Jane T.F.** All the world's airships (aeroplanes & dirigibles). First annual issue. London, 1909.
7. **Lewis P.B.** British aircraft 1808 – 1914. London: Putnam, 1962. 576 p.
8. **Opdycke L.E.** French aeroplanes before the Great War. Schiffer Publishing, 1999. 288 p.
9. Гидро-аэроплан Анри Фабра // Вестник воздухоплавания. 1910. № 17. С. 24.
10. Hydro-aeroplane carries six persons // Popular Mechanics. 1913. № 4. P. 573.
11. **Летовой.** Биплан Коанда // Вестник воздухоплавания. 1911. № 21 – 22. С. 41 – 45.
12. **Hornat J.** Martin K-III Kitten (Bluebird) // Letectvi + Kosmonautika. 2001. № 14. S. 50.
13. **Martin J.V.** Aircraft running and alighting device. Patent 1306768. Filing date 08.06.1916. Grant date 19.06.1919.
14. Goedecker Wasserflugmaschine // Flugsport. 1912. Vol. 4. S. 705.
15. Jane's all the world's aircraft. 1939 / Ed. Grey C.G., Bridgman L. London: Sampson Low, 1940.
16. **Петров Г.Ф.** Гидросамолеты и экранопланы России. М.: Русавиа, 2000. 246 с.
17. **Золотов В.** САМ-13 // Ас. 1991. № 1. С. 30 – 31.
18. **Гомберг А.А.** Легкий многоцелевой самолет ЛМС-901 «Байкал» – премьера МАКС-2021 // Воздушно-космическая сфера. 2021. № 3. С. 64 – 69.

References

1. **Kuz'min Yu.** Aviatsiya v chislakh: chto my sdelali za 110 let. Aviatsiya i kosmonavtika, 2014, no. 2, pp. 8 – 10.
2. **Kuz'min Yu.V.** Sootnoshenie ob"emov proizvodstva i rezul'tativnosti konstruktorskikh rabot v mirovom aviastroenii XX v. Statisticheskiy analiz bazy dannykh. Istoricheskaya informatika, 2020, no. 2, pp. 61 – 82. DOI: 10.7256/2585-7797.2020.2.32892
3. **Sobolev D.A.** Istoriya samoletov mira. Moscow, Rusavia, 2001. 680 p.
4. **Gibbs-Smith C.H.** Aviation. An historical survey from its origins to the end of World War II. London: Science Museum. 1970. 316 p.
5. **King H.F.** The first fifty years // Flight. 1953. № 2342. Pp. 755 – 786.
6. **Jane T.F.** All the world's airships (aeroplanes & dirigibles). First annual issue. London, 1909.
7. **Lewis P.B.** British aircraft 1808 – 1914. London: Putnam, 1962. 576 p.
8. **Opdycke L.E.** French aeroplanes before the Great War. Schiffer Publishing, 1999. 288 p.
9. Hidro-aeroplan Anri Fabra. Vestnik vozdukhoplavaniya, 1910, no. 17, p. 24.
10. Hydro-aeroplane carries six persons. Popular Mechanics, 1913, no. 4, p. 573.
11. **Letovoy.** Biplan Koanda // Vestnik vozdukhoplavaniya. 1911. № 21 – 22. С. 41 – 45.
12. **Hornat J.** Martin K-III Kitten (Bluebird). Letectvi + Kosmonautika, 2001, no. 14, p. 50.
13. **Martin J.V.** Aircraft running and alighting device. Patent 1306768. Filing date 08.06.1916. Grant date 19.06.1919.
14. Goedecker Wasserflugmaschine. Flugsport, 1912, vol. 4, p. 705.
15. Jane's all the world's aircraft. 1939 / Ed. Grey C.G., Bridgman L. London: Sampson Low, 1940.
16. **Petrov G.F.** Gidrosamolety i ekranoplany Rossii. Moscow, Rusavia, 2000. 246 p.
17. **Zolotov V.** SAM-13. As, 1991, no. 1, pp. 30 – 31.
18. **Gomberg A.A.** Legkiy mnogotselevoy samolet LMS-901 "Baykal" – prem'era MAKS-2021. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2021, no. 3, pp. 64 – 69.

© Кузьмин Ю.В., 2021

История статьи:

Поступила в редакцию: 23.09.2021
Принята к публикации: 27.10. 2021

Модератор: Плетнер К.В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Кузьмин Ю.В. История создания убирающегося шасси // Воздушно-космическая сфера. 2021. № 4. С. 100 – 109.

Anton I. PERVUSHIN,

Master of Technical Sciences, writer, scientific journalist, member of the Union of St. Petersburg Writers, member of the Union of St. Petersburg Scientists, member of Russian Cosmonautics Federation, St. Petersburg, Russia, apervushin@mail.ru

**Антон Иванович ПЕРВУШИН,**

магистр технических наук, писатель, научный журналист, член Союза писателей Санкт-Петербурга, Союза ученых Санкт-Петербурга, Федерации космонавтики России, Санкт-Петербург, Россия, apervushin@mail.ru

LEM'S SPHEROMACHIA AS A THREAT TO SPACE EXPANSION

СФЕРОМАХИЯ ЛЕМА КАК УГРОЗА КОСМИЧЕСКОЙ ЭКСПАНСИИ

*Фотографии с сайта В.И.Борисова
«Архив БВИ» bvi.livejournal.com*

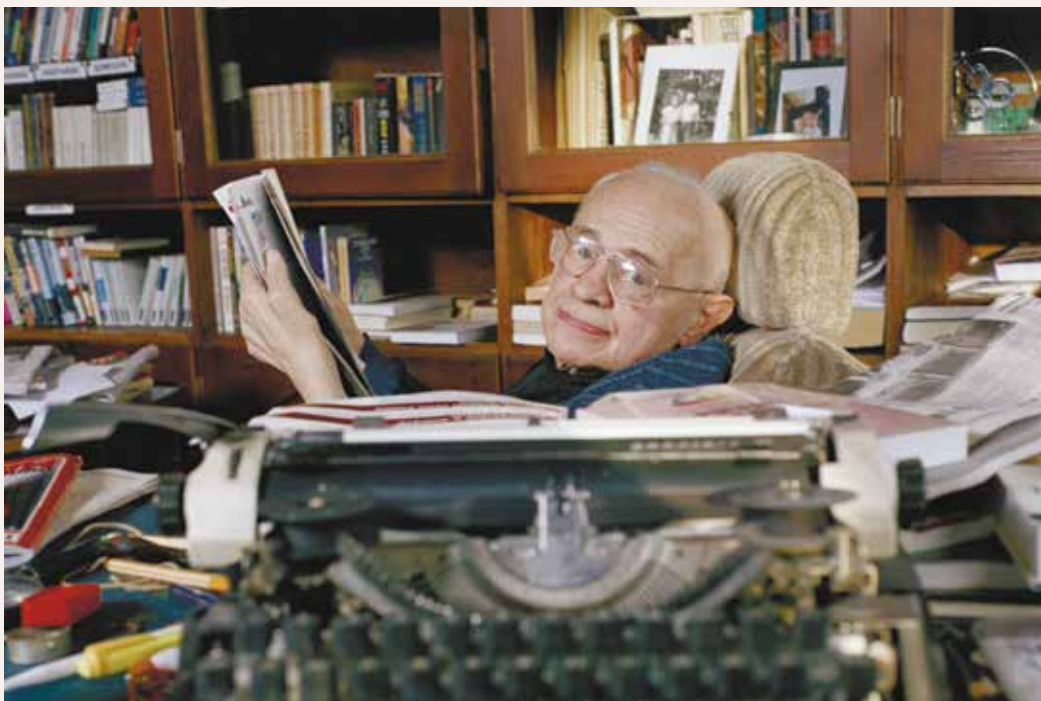
ABSTRACT | In September 2021, the reading world celebrated the centenary of the Polish writer Stanislaw Lem's birth, who is known not only as one of the greatest science fiction writers of the twentieth century, but also as a futurist, many of whose predictions come true. In Poland, this year is proclaimed the year of Stanislaw Lem. In his work, he often turned to the prospects for the development of space technologies, pointing out, among other things, the threats that arise during the militarization of cosmonautics. Among such threats, he saw the emergence of spheromachy – an automated battle space that will cover the entire planet and the nearest orbits, after which it can become an obstacle to the development of civilization.

Keywords: *Stanislaw Lem, science fiction, futurology, the future of cosmonautics, military cosmonautics, national missile defence*

АННОТАЦИЯ | В сентябре 2021 года читающий мир отмечал столетие со дня рождения польского писателя Станислава Лема, который известен не только как один из крупнейших фантастов XX века, но и как футуролог, многие из прогнозов которого сбываются. В Польше этот год провозглашен годом Станислава Лема. В своем творчестве он часто обращался к перспективам развития космических технологий, указывая среди прочего на угрозы, которые возникают при милитаризации космонавтики. В числе таких угроз он видел появление сферомехии – автоматизированного пространства боя, которое охватит всю планету и ближайшие орбиты, после чего может стать препятствием для развития цивилизации.

Ключевые слова: *Станислав Лем, фантастика, футурология, будущее космонавтики, военная космонавтика, национальная противоракетная оборона*





Станислав Лем в своей квартире в Кракове.
Фото: Томаш Томашевский

Творчество польского писателя-фантаста Станислава Лема (Stanisław Hermań Lem) хорошо известно в мире. Его художественные тексты продолжают переиздавать: например, общий тираж авторских книг, напечатанных в Советском Союзе, составил четыре миллиона экземпляров, а в России к 2012 году он был уже сопоставим — три миллиона экземпляров [1, с. 8]. Менее известны его философские, популяризаторские, публицистические и футурологические работы, однако и у них находятся почитатели: монография «Сумма технологии» (*Summa technologiae*, 1964) [2], которая сложна для понимания неподготовленного человека, выдержала до 2021 года только на русском языке пятнадцать изданий [3, с. 58].

При этом, однако, польского писателя нельзя назвать «профильным специалистом». Высшее образование он получил, до войны обучаясь на медицинском факультете Львовского университета, а после окончания немецкой оккупации — в Медицинском институте; в конце лета 1945 года его семья, не желая принимать советское гражданство, переехала из Львова в Краков, где юный Станислав поступил на третий курс медицинского факультета Ягеллонского университета. Литературные навыки он приобрел, с двенадцати лет практикуясь на по-

даренной отцом пишущей машинке, и позднее рассказывал: «В какой-то момент открыл для себя, что, описывая, вовсе не обязан полностью придерживаться того, что было в действительности, а могу выдумывать события, которые не происходили <...>. Я почувствовал себя окрыленным и восхищенным тем, что <...> могу создавать несуществующую, выдуманную мной самим, действительность» [4, с. 17]. После переезда семья бедствовала, и, чтобы подзаработать, Станислав начал предлагать свои рассказы и стихи в местные периодические издания, что давало начинающему писателю опыт профессиональной литературной работы.

Среди прочего был напечатан небольшой роман «Человек с Марса» (*Człowiek z Marsa*, 1946) [5], написанный ради развлечения еще во Львове. Впервые Лем обратился к теме контакта с инопланетным разумом, которая станет для его творчества одной из главных, и обозначил серьезную проблему: мотивация пришельца из космоса может оказаться совершенно отличной от человеческой, что сделает контакт с ним не просто невозможным, а опасным для землян. Лем, вспоминая этот текст, признавал: «Я <...> отчасти поражен, что некоторые сюжетные линии и лейтмотивы, которые неоднократно повторяются в моих зрелых рабо-

тах, сначала появились в виде крохотных, еще не проросших семян уже в том незаmysловатом прологе к моей литературе, а значит, и ко всей моей жизни» [6, с. 7].

Расширению кругозора Лема способствовал доктор философии Мечислав Хойновский, который основал Наукoведческий лекторий ассистентов Ягеллонского университета и благодаря которому молодой писатель «изучал астрономию, кибернетику, а прежде всего — историю науки, методологию, поэтому чаще историю физики, чем саму физику» [4, с. 25]. Для журнала «Жизнь науки» (*Życie Nauki*), организованного Хойновским, Лем готовил рецензии на книги, среди которых попадались и футурологические работы, например сборник Томаса Эдисона «Дневник и различные наблюдения» (*The Diary and Sundry Observations*, 1948), содержащий соображения знаменитого изобретателя о будущем. Лем резко раскритиковал его: «В пророчествах, которые должны показать будущие судьбы мира, он совершает многочисленные ошибки социологической или психологической природы, часто также обнаруживает незнание элементарных фактов (когда, например, утверждает, что можно будет использовать для движения машин вращение Земли вокруг своей оси)» [7, с. 217]. Видя недостатки футурологии, польский писатель тем не менее увлек-

ся ею, что проявилось как в его художественных текстах, так и в многочисленных статьях.

В 1948 году Станислав Лем завершил обучение в университете, но не стал сдавать последние экзамены, избегая направления на работу военным врачом, поэтому остался без диплома. Опыт литературной деятельности предопределил выбор жизненного пути, и вскоре была опубликована первая книга Лема — роман «Астронавты» (*Astronauci*, 1951) [8] о полете землян на Венеру. Новый большой научно-фантастический текст, как и предыдущий, был посвящен попытке контакта с инопланетной цивилизацией, которая замыслила уничтожить землян, но сама погибла в ходе междоусобицы от созданного ею «сверхоружия». Несмотря на очевидное несовершенство, роман привлекал внимание тем, что его автор обсуждал проблематику, за которую в то время не решались браться фантасты социалистических стран: взаимопонимание между двумя высокоразвитыми мирами невозможно, а угроза столкновения неизбежно приведет к появлению военных систем массового поражения, потеря контроля над которыми обернется глобальной катастрофой. В дальнейшем Лем неоднократно возвращался к этим пессимистическим идеям, иллюстрируя их различными сюжетами.



*Станислав Лем в своей квартире в Кракове.
Фото: Петр Баронч, 1960 г.*



Станислав Лем с женой Барбарой перед своим домом в Кракове. Фото: Витольд Горка, 1999 г.

Размышления писателя о путях цивилизаций выходили за рамки фантастических текстов, что он компенсировал публикацией десятков статей, а затем и работой над монографией «Сумма технологии», в начале которой сообщал: «Берясь писать о завтрашнем дне, я просто делаю то, что умею, и не важно даже, как это у меня получается, поскольку это мое умение — единственное» [9, с. 23]. Примечательно, что до того Лем не был знаком с трудами ведущих футурологов и оперировал устаревшими моделями, которые было легко критиковать, что помогло фантасту найти собственное слово в этом специфическом методе анализа действительности. Многие его прогнозы оказались верными: на суперобложке первого издания монографии на английском языке [10] сказано: «Спустя пять десятилетий “Сумма технологии” не потеряла своего интеллектуального и критического значения. Действительно, многие из предположений Лема о будущих технологиях теперь сбываются: от искусственного интеллекта, бионики и нанотехнологий до опасностей информационной перегрузки, концепции, лежащей в основе поисковых систем Интернета, и идеи виртуальной реальности» [11, с. 619].

Отличительной чертой футурологии Лема стало то, что, имея медицинское образование и увлекаясь биологией, он проводил четкие параллели между развитием живого мира (биоэволюция) и технологий (техноэволюция). И на основании этого утверждал, что любая цивилизация, подобно природе (но не случайным образом, а целенаправленно), будет стремиться создавать универсальные самоорганизующиеся комплексы, которые способны обходиться без надзора со стороны своего «творца», а посему могут его «пережить». Иллюстрацией к этому прогнозу стал роман «Непобедимый» (Niewyciężony, 1963 – 1964) [12], в котором Лем описывает встречу экипажа земного звездолета с «тучей», состоящей из роевых минироботов («псевдонасекомых») и пытающейся уничтожить любое разумное существо.

Признавая, что технологии в принципе несут благо человечеству, делают жизнь разнообразнее и комфортнее, польский писатель никогда не забывал, что они также содержат и значительную угрозу, особенно если появляется возможность военного применения: «Печально известно ускоряющее действие войн как двигателей техноэволюции. С течением столетий



**«Спустя пять десятилетий
"Сумма технологии"
не потеряла своего
интеллектуального
и критического значения.
Действительно, многие
из предположений Лема
о будущих технологиях теперь
сбываются: от искусственного
интеллекта, бионики
и нанотехнологий до опасностей
информационной перегрузки,
концепции, лежащей в основе
поисковых систем Интернета,
и идеи виртуальной
реальности».**

Lem S. Summa technologiae

Художник Альбин Бруновский. Иллюстрация к рассказу «Сезам» в одноименном сборнике вышедшеу в Чехословакии в Братиславе, 1960 год



Рисунок Лема:
Автошарж



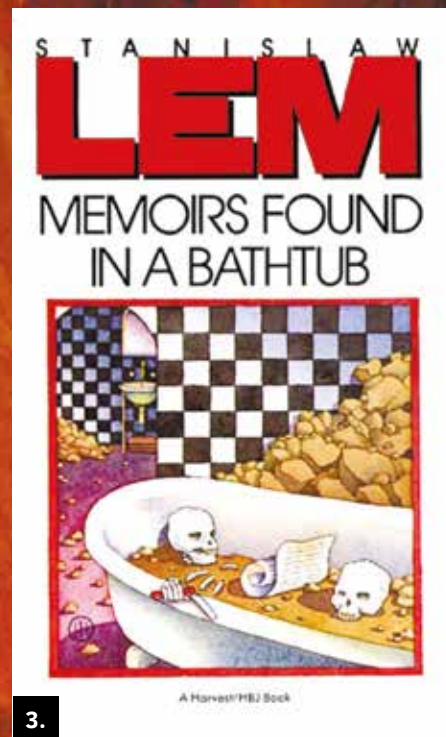
Рисунок Лема:
Автор НФ с запасной ногой. 2507-й год



1.



2.



3.

«Печально известно ускоряющее действие войн как двигателей техноэволюции. С течением столетий военная техника утрачивает свой характер изолированной ветви общего потока знания и становится универсальной. <...> В атомной же технике, в кибернетике, в космонавтике мы наблюдаем уже полное сращение военных и мирных возможностей».

Лем С. Сумма технологии



4.



5.

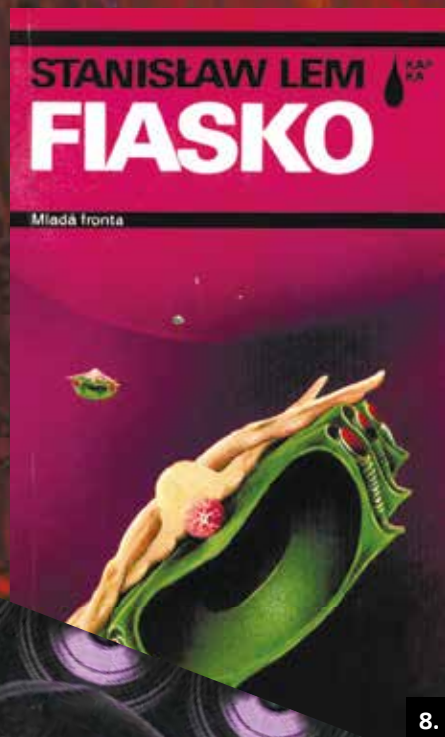


6.

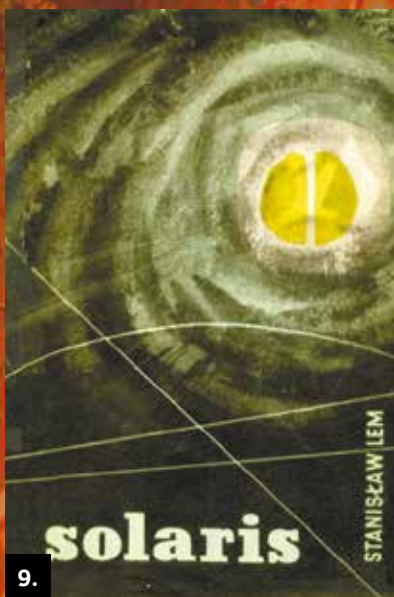
1. Иллюстрация к французскому изданию 1984 года, художник Филипп Казомеу;
2. Обложка к немецкому изданию 1979 года, художник Клаус Мюллер;
3. Американское издание 1986 года, автор обложки: Джон Альфред Дорн III;
4. Обложка к немецкому изданию «Кибериады» 1992 года, художник Даниэль Мруза;
5. Греческое издание, 1982 год, художница Татьяна Боланаки;
6. Декабрьский номер японского журнала «SF Магазин» посвящен 100-летию Станислава Лема;
7. Суперобложка советского сборника 1960 года, художник Владимир Медведев;
8. Владимир Боровко. Обложка к роману «Фиаско», вышедшему в Праге в 1990 году;
9. Варшавское издательство 1961 года, художник Константы Мария Сопочко;
10. Турецкое издание 1980 года, художник Тим Уайт;
11. Издание 1994 года, автор Момчил Митев;
12. Японский сборник Лема 1980 года;
13. Македонское издание 2018 года;
14. Чешское издание 2005 года, обложку оформила Михаэла Куковичова.



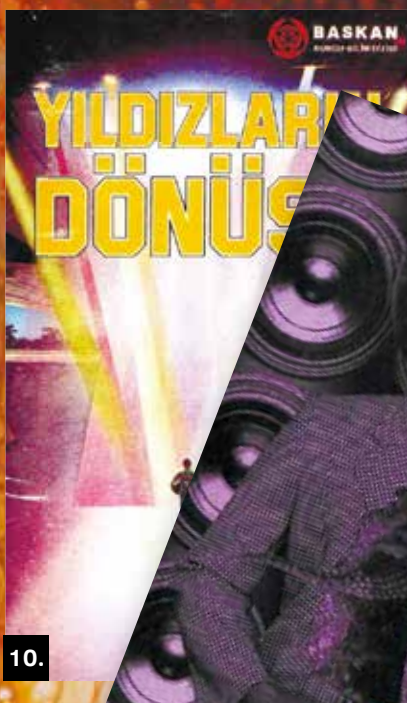
7.



8.



9.



10.



11.



12.



13.



Белорусский союз дизайнеров при поддержке Польского института в Минске провел конкурс плаката «Лем 2021. Я видел будущее». Первое место заняла работа Юрия Тареева

военная техника утрачивает свой характер изолированной ветви общего потока знания и становится универсальной. <...> В атомной же технике, в кибернетике, астронавтике мы наблюдаем уже полное сращение военных и мирных возможностей» [9, с. 57]. Лема беспокоило, что гарантия сохранения цивилизации снижается, когда достигнутый уровень технологий позволяет автоматизировать принятие решений.

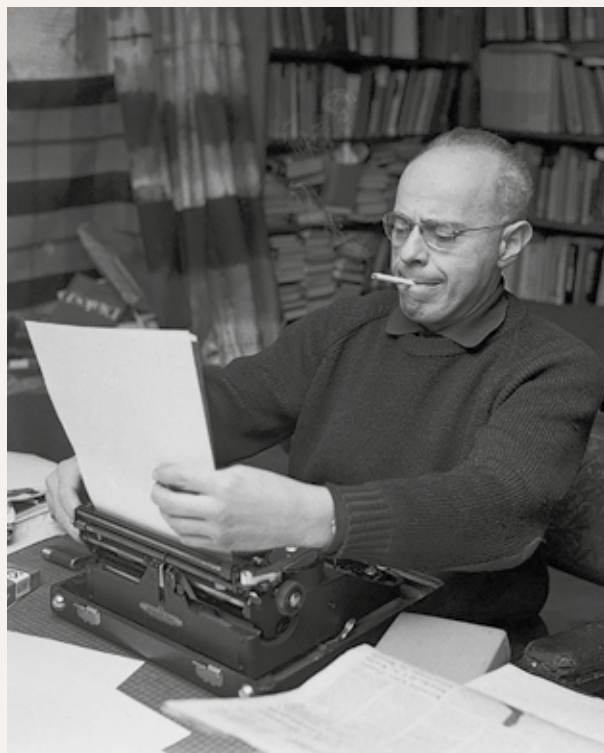
Опасения польского писателя наиболее ярко представлены в романе «Фиаско» (Fiasko, 1986–1987) [13] — очередном произведении о неудачном контакте. Цивилизация «квинтян», на встречу с которыми сквозь межзвездное пространство прилетают земляне, отказывается от какого-либо общения с ними, поскольку оно нарушит местное стратегическое равновесие. Роман, однако, при всей фантастичности образов и декораций, оказался куда ближе к современности, чем полагал автор при его создании. К такому выводу Лем пришел, узнав о планах

развертывания Национальной противоракетной обороны (НПРО, National Missile Defense, NMD) США, на которые откликнулся статьей «Сферомехия» (Sferomachia, 2001) [14]. В ней среди прочего раскрывалось, как «квинтяне» оказались в ситуации изоляции от внешнего космоса: «Если дело доходит до равновесия сторон в конфликте, то какая-нибудь из сторон пытается преодолеть потолок. Потолком предкосмической фазы можно считать состояние, при котором каждая из сторон может как локализовать, так и уничтожить средства противника. В конце этой фазы становятся доступными для уничтожения как баллистические ракеты глобального радиуса действия, размещенные под землей, так и все подвижные стартовые установки на поверхности или даже на плавучих средствах. В создавшемся таким образом равновесии взаимного поражения самым слабым звеном становится система связи, выведенная в космос спутниками распознавания и слежения, то есть дальней разведки, а ключевой явля-

ется, очевидно, связь этих спутников со штабами и боевыми средствами. Чтобы и эту систему вывести из-под неожиданного удара, который может разорвать ее или ослепить, создается следующая система на более высоких орбитах. <...> Единственной стратегически оптимальной реакцией на способность противника прерывать связь является придание собственным вооружениям в космосе все большей боевой автономии. Возникает ситуация, при которой все штабы осознают бесполезность централизованных командных операций. Равновесие становится все более шатким: если однажды случится прямой конфликт между спутниками, которые будут ослеплены или уничтожены, то, как пламя во время степного пожара, он перебросится на саму планету» [15, с. 385 – 386].

Здесь Лем довел до кристальной ясности обозначенную еще в «Астронавтах» идею угрозы, которую представляют собой автономные системы управления боевыми комплексами в условиях «гонки вооружений»: они не только не обеспечивают безопасность, но, наоборот, могут самостоятельно начать войну из-за ошибки или случайности. НПРО США, по мнению Лема, является прототипом сферомехии — пространства боя, включающего всю планету, околоземные орбиты и Луну, которое организовано в эшелонированную оборону, функционирующую независимо от воли и решений командования. Ее развертывание при колоссальных финансовых затратах ничего не даст для снижения угрозы войны, зато появится фактор, который будет препятствовать развитию космической экспансии, — ведь запуск любой ракеты система воспримет как начало атаки, за которой должен последовать сокрушительный ответ.

Известная нам история военной космонавтики демонстрирует постепенный отказ от пилотируемых и телеуправляемых систем в пользу беспилотных комплексов, оснащенных искусственным интеллектом. В этом контексте прозорливое предупреждение Станислава Лема о возникновении сферомехии на одном из путей техноразвития, сделанное еще до начала космической эры, а позднее переформулированное, остается актуальным и требует дальнейшего обсуждения.



«Единственной стратегически оптимальной реакцией на способность противника прерывать связь является придание собственным вооружениям в космосе все большей боевой автономии. Возникает ситуация, при которой все штабы осознают бесполезность централизованных командных операций. Равновесие становится все более шатким: если однажды случится прямой конфликт между спутниками, которые будут ослеплены или уничтожены, то, как пламя во время степного пожара, он перебросится на саму планету».

Лем С. Сферомехия



Литература

1. **Лем С.** Черное и белое (сборник) / сост. В. Язневич; пер. с пол. В. Борисова, А. Лукашина, В. Язневича. М.: АСТ, 2015. 640 с.
2. **Lem S.** Summa technologiae. Kraków: Wydawnictwo Literackie, 1964. 501 s.
3. **Лем С.** Дилеммы XXI века (сборник) / сост. В. Язневич; пер. с пол. В. Язневича. М.: АСТ, 2021. 640 с.
4. **Язневич В.** Станислав Лем. Минск: Книжный дом, 2014. 448 с.
5. **Lem S.** Człowiek z Marsa // Nowy Świat Przygód. 1946. № 1 – 31.
6. **Лем С.** Предисловие автора / пер. с пол. В. Язневича // Лем С. Хрустальный шар (сборник). М.: АСТ, 2012. 704 с.
7. **Лем С.** Рецензия на «Дневник и различные наблюдения» Т.А. Эдисона / пер. с пол. В. Язневича // Лем С. Черное и белое (сборник). М.: АСТ, 2015.
8. **Lem S.** Astronauta. Warszawa: Czytelnik, 1951. 334 s.
9. **Лем С.** Сумма технологии / пер. с пол. А. Громовой, Д. Иорданского, Р. Нудельмана и др. М.: Мир, 1968. 608 с.
10. **Lem S.** Summa technologiae. Buenos Aires: Ediciones Godot Argentina, 2017. 500 p.
11. **Язневич В.** Пятьдесят лет спустя // Лем С. Дилеммы XXI века (сборник). М.: АСТ, 2021.
12. **Lem S.** Niezwyciężony // Gazeta Białostocka. 1963. № 297 – 306. 1964. № 1 – 61.
13. **Lem S.** Fiasko. Krakow: Wydawnictwo Literackie, 1987. 384 s.
14. **Lem S.** Sferomachia // Tygodnik Powszechny. 2001. № 7.
15. **Лем С.** Сферомехия / пер. с пол. В. Язневича // Лем С. Черное и белое (сборник). М.: АСТ, 2015.

References

1. **Lem S.** Chernoe i beloe. Ed. V. Yaznevich. Moscow, AST, 2015. 640 p.
2. **Lem S.** Summa technologiae. Kraków: Wydawnictwo Literackie, 1964. 501 s.
3. **Lem S.** Dilemmy XXI veka. Ed. V. Yaznevich. Moscow, AST, 2021. 640 p.
4. **Yaznevich V.** Stanislav Lem. Minsk, Knizhnyy dom, 2014. 448 p.
5. **Lem S.** Człowiek z Marsa. Nowy Świat Przygód, 1946, no. 1 – 31.
6. **Lem S.** Predislovie avtora. In: Lem S. Khrustal'nyy shar. Moscow, AST, 2012. 704 p.
7. **Lem S.** Retsenziya na "Dnevnik i razlichnye nablyudeniya" T.A. Edisona. In: Lem S. Chernoe i beloe. Moscow, AST, 2015.
8. **Lem S.** Astronauta. Warszawa: Czytelnik, 1951. 334 s.
9. **Lem S.** Summa tekhnologii. Moscow, Mir, 1968. 608 s.
10. **Lem S.** Summa technologiae. Buenos Aires: Ediciones Godot Argentina, 2017. 500 p.
11. **Yaznevich V.** Pyat'desyat let spustya. In: Lem S. Dilemmy XXI veka. Moscow, AST, 2021.
12. **Lem S.** Niezwyciężony. Gazeta Białostocka, 1963, no. 297 – 306; 1964, no. 1 – 61.
13. **Lem S.** Fiasko. Krakow: Wydawnictwo Literackie, 1987. 384 s.
14. **Lem S.** Sferomachia. Tygodnik Powszechny, 2001, no. 7.
15. **Lem S.** Sferomakhia. In: Lem S. Chernoe i beloe. Moscow, AST, 2015.

© Первушин А.И., 2021

История статьи:

Поступила в редакцию: 10.11.2021

Принята к публикации: 04.12.2021

Модератор: Плетнер К.В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Первушин А.И. Сферомехия Лема как угроза космической экспансии // Воздушно-космическая сфера. 2021. № 4. С. 110 – 120.

12 ЛЕТ НЕПРЕРЫВНОЙ РАБОТЫ



СУПЕРФЛОУ СЧЕТЧИК ГАЗА

v **t** **p**
объем температура давление



Диапазон измерения расхода газа 1:30



Автоматизированный контроль и учет



Уровень взрывозащищенности класса 1



Защита программного обеспечения



Пересчет измеренного объема к условиям по ГОСТ 2939-63

5 ЛЕТ
ИНТЕРВАЛ
ПОВЕРКИ



Акционерное общество
«Арзамасский приборостроительный
завод имени П. И. Пландина»

+7 (83147) 7 93 16 sales@socium-td.ru www.oaoapz.com





/ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКАЯ СФЕРА/

— ОТ ФОРМУЛЫ К МЕЖПЛАНЕТНЫМ МИРАМ

Журнал «ВКС» – это открытая площадка для научных дискуссий. В издании представлены новейшие разработки авиационной и ракетно-космической техники.

Статьи журнала доступны в базах данных:
<https://elibrary.ru>
<https://cyberleninka.ru>
<http://www.ivis.ru>



Журнал «ВКС» – это прямая речь космонавтов, первых лиц аэрокосмических агентств, ученых с мировым именем по ключевым аспектам безопасности и экологии космического пространства и мирного освоения космоса.

РАСПОРЯЖЕНИЕМ МИНОБРНАУКИ РОССИИ ОТ 12 ФЕВРАЛЯ 2019 Г. № 21-Р ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН В ПЕРЕЧЕНЬ РЕЦЕНЗИРУЕМЫХ НАУЧНЫХ ИЗДАНИЙ ВАК, В КОТОРЫХ ДОЛЖНЫ БЫТЬ ОПУБЛИКОВАНЫ ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИЙ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК, НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

Адрес: 125190, Россия, Москва,
Ленинградский проспект, дом 80, корпус 16
E-mail: info@oaokb1.ru; vko@vko.ru
Тел.: +7 (499) 654 07 51
+7 (499) 654 00 40

www.vesvks.ru

Подписной индекс:
Каталог «Урал-пресс» – 82530

Журнал «ВКС» можно купить
в Мемориальном музее космонавтики
по адресу: Москва, Проспект Мира, 111