

Министерство культуры Российской Федерации  
Российская академия наук  
Комиссия по разработке научного наследия К.Э. Циолковского  
Государственный музей истории космонавтики  
имени К.Э. Циолковского

**К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ  
И ПРОГРЕСС НАУКИ И ТЕХНИКИ В XXI ВЕКЕ**

Материалы  
56-х Научных чтений, посвященных разработке научного  
наследия и развитию идей К.Э. Циолковского

Часть 1

Калуга, 2021

The Ministry of Culture of the Russian Federation  
The Russian Academy of Sciences  
Commission for developing the scientific heritage of K.E. Tsiolkovsky  
The K. Tsiolkovsky State Museum of the History of Cosmonautics

**K.E. TSIOLKOVSKY  
AND THE PROGRESS OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
IN THE XXI<sup>st</sup> CENTURY**

Materials of the LVlth Scientific Readings  
devoted to the development of K.E. Tsiolkovsky's  
scientific heritage and ideas

Part 1

Kaluga, 2021

56-е Научные чтения, посвященные разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского 2021 г., проводятся при содействии Правительства Калужской области

\*\*\*

Ответственные за выпуск:

Н.А. Абакумова, А.А. Мясников, Л.Н. Канунова

### **РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

Академик РАН М.Я. Маров (председатель), Н.А. Абакумова (заместитель председателя), д-р техн. наук В.А. Алтунин, канд. техн. наук В.В. Балашов, канд. техн. наук Н.Б. Бодин, д-р техн. наук, проф. В.В. Воробьев, д-р техн. наук, проф. Л.В. Докучаев, М.В. Доронина, Т.Н. Желнина, д-р физ.-мат. наук, проф. В.В. Ивашкин, Л.Н. Канунова (отв. секретарь), д-р техн. наук, доц. А.А. Комов, д-р филос. наук, канд. техн. наук, проф. С.В. Кричевский, д-р филос. наук, проф. В.М. Мапельман, д-р техн. наук, проф. Ю.А. Матвеев, д-р мед. наук, проф. Э.И. Мацнев, канд. ист. наук А.А. Мясников, д-р техн. наук, проф. А.А. Позин, Г.А. Сергеева, Е.А. Тимошенкова, канд. ист. наук А.В. Хорунжий, д-р техн. наук, проф. О.С. Цыганков.

## **К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И ПРОГРЕСС НАУКИ И ТЕХНИКИ В ХХІ ВЕКЕ**

Материалы 56-х Научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Калуга: ИП Стрельцов И.А. (Изд-во «Эйдос»). 2021.

© Авторы докладов, 2021

## ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

УДК 629.7

eLIBRARY RU: 19645295

**Соловьев В.А.**  
член-корреспондент РАН  
генеральный конструктор Ракетно-  
космической корпорации «Энергия»  
имени С.П. Королева  
г. Королев

### **ЭПОХАЛЬНОЕ СОБЫТИЕ В ИСТОРИИ СТРАНЫ – ПЕРВЫЙ ПОЛЕТ ЧЕЛОВЕКА В КОСМОС**

#### **THE FIRST MANNED SPACE FLIGHT IS THE GREATEST EVENT IN THE HISTORY OF THE COUNTRY**

Материализовав идеи К.Э. Циолковского о возможности и реализуемости полета человека в космическое пространство, коллектив ОКБ-1 под руководством С.П. Королева в широкой кооперации обеспечил разработку ракеты-носителя Р-7 и пилотируемого корабля «Восток», на котором Ю.А. Гагарин совершил свой полет – первый полет человека в космос, ставший эпохальным событием в истории не только нашей страны, но и всего мира.

60-летняя годовщина этого полета – важная веха на пути продвижения нашей страны в космос, дальнейшего совершенствования космической техники и формирования стратегической картины будущего пилотируемой космонавтики. Символично также то, что и Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королева, выросшая из легендарного королевского ОКБ-1, отмечает в этом году свой 75-летний юбилей. В связи с двумя этими значимыми датами важно подвести некоторые итоги пройденного нашей космонавтикой пути, обозначить занятые ею рубежи на сегодняшний день, и наметить перспективу ее развития в ближайшем и отдаленном будущем.

Успех первого пилотируемого полета в космос не был случайностью, а стал результатом реализации серьезной программы обеспечения надежности ракетной и космической техники, разработанной в ОКБ-1. Именно благодаря запасу технической надежности корабля «Восток» удалось парировать те критические

нештатные ситуации, которые возникли в ходе полета Ю.А. Гагарина. Успешные запуски последующих кораблей серии являются тому подтверждением.

За прошедшие со времени первого полета человека в космос 60 лет пилотируемая космонавтика прошла значительный путь, который условно можно разделить на три периода. В начале пути, открытого Ю.А. Гагариным, шел процесс интенсивного накопления знаний об окружающем Землю космическом пространстве и об обеспечении надежного функционирования в нем создаваемых человеком технических систем. Второй период связан с совершенствованием разработанных технологий и началом формирования направлений научных исследований в космосе с использованием долговременных орбитальных станций. Третий период можно считать начавшимся выведением на орбиту базового блока орбитального комплекса «Мир» и продолжающимся по настоящее время на Международной космической станции. Это – период развертывания широкомасштабных научных исследований в космосе, последовательный переход к практическому освоению околоземного пространства. Если первый период характеризовался кратковременными и нечастыми прорывами человека в неизведанное, второй – достаточно продолжительными «вахтами» на орбите, то в третьем обеспечивается постоянное присутствие человека в околоземном пространстве.

Эксплуатация любой сложной технической системы возможна лишь при условии решения не менее сложной задачи управления ею. Система управления пилотируемыми космическими кораблями и комплексами формировалась поэтапно, усложняясь и, одновременно, увеличивая эффективность на каждом этапе. Управление полетом корабля «Восток» с Ю.А. Гагариным на борту строилось с использованием лишь нескольких наземных и корабельных пунктов передачи команд и приема телеметрической информации с весьма ограниченными зонами видимости объекта управления с Земли. Система управления МКС в настоящее время чрезвычайно сложна, эшелонирована и функционирует непрерывно. Её организация предусматривает использование наземного и спутникового контуров управления, дублирование центров управления, разнообразие объектов управления (КА различных типов), тщательную координацию работы международных групп управления и т.п.

Российский сегмент МКС и обеспечение его эксплуатации – дело дня сегодняшнего и на ближайшую перспективу, до 2024 года, возможно, немного дольше. Однако главная задача пилотируемой

космонавтики сейчас – думать о будущем, тщательно прорабатывать варианты наиболее эффективных технических систем, эксплуатируемых на околоземной орбите и за ее пределами. В этом отношении идея создания российской орбитальной служебной станции (РОСС) на орбите с высоким наклоном представляется наиболее продуктивной.

Изначально закладывается, что новая российская станция будет иметь неограниченный модернизационный потенциал (можно производить замену ее элементов в ходе полета), а потому она будет иметь существенно улучшенные технические характеристики по сравнению с российским сегментом МКС. Это, в свою очередь, позволит решать на ее борту, по сути, любые научные и технические задачи.

Если для транспортно-технического обеспечения полета РОСС могут по-прежнему использоваться глубоко модернизированные корабли «Союз-МС» и «Прогресс-МС», то для полетов за пределы низкой околоземной орбиты жизненно необходим пилотируемый транспортный корабль (ПТК) нового поколения. Такой корабль сейчас разрабатывается в РКК «Энергия». Он предназначен для доставки на околоземную и окололунную орбиты экипажа и полезного груза, а также для их возвращения на Землю. Важной задачей для корабля будет и обеспечение проведения широкого спектра исследований в автономном полёте.

В настоящее время среди ученых РАН и разработчиков космической техники есть однозначное понимание того, что программу пилотируемого освоения Луны с использованием ПТК необходимо начинать лишь после предварительного создания с помощью автоматических космических аппаратов первичной инфраструктуры в выбранном районе размещения будущей Лунной базы.

В целом же, реализация полномасштабной пилотируемой Лунной программы станет возможна при условии создания ракеты-носителя сверхтяжелого класса. Создание такой РН обеспечит не только освоение Луны с созданием лунной базы, но и проложит дорогу к астероидам и Марсу.

В заключение хотелось бы сделать ряд выводов о стратегии развития отечественной пилотируемой космонавтики, в фундаменте которой – запуск первого ИСЗ и триумфальный полет Ю.А. Гагарина. Уже в силу этого факта, а также своих размеров и географического положения, Россия обречена быть космической державой.

В настоящее время стало очевидным, что сохранение Российской низкоорбитальной пилотируемой инфраструктуры необходимо для развития отечественной космонавтики и перевода научных исследований на околоземной орбите на новый качественный уровень. В этой связи особую важность имеет создание пилотируемого космического комплекса на орбите с высоким наклонением.

Опыт эксплуатации МКС показал, что постоянное пребывание человека на орбите высокочрезвычайно, в связи с чем необходимо продумывать новую философию пилотируемых полетов, позволяющую эксплуатировать систему посещаемых орбитальных станций без уменьшения эффективности проводимых в космосе целевых работ.

Пилотируемое освоение Луны необходимо начинать лишь предварительно осознав, что именно мы хотим сделать на Луне.

Принимая во внимание крайне высокую затратность пилотируемых полетов к Луне, необходимо реализовать Лунную программу (в случае принятия такого решения) в максимально широкой международной кооперации.

Не лишним будет еще раз подчеркнуть, что именно полет в космос Юрия Алексеевича Гагарина сделал возможным и обсуждение, и осуществление всех этих планов.

УДК 629.76

eLIBRARY ID: 15521184

**Маров М.Я.**  
академик РАН

**ГЛАВНЫЙ ТЕОРЕТИК КОСМОНАВТИКИ –  
МСТИСЛАВ ВСЕВОЛОДОВИЧ КЕЛДЫШ**

**MSTISLAV VSEVOLODOVICH KELDYSH:  
CHIEF THEORIST OF COSMONAUTICS**

Академик М.В. Келдыш (1911–1978) – выдающийся учёный в области математики, механики, космической науки и техники, президент Академии наук СССР (1961–1975) стоял у истоков создания советской космической программы, и его вклад в изучение и освоение космоса поистине неоценим. С именем Мстислава Всеволодовича связаны исторические достижения отечественной науки и техники в первые десятилетия космической эры. В докладе показана ведущая

роль М.В. Келдыша в организации и проведении научных и прикладных исследований в космической области, создании крупных научных и конструкторских коллективов, координации работ по осуществлению проектов, имеющих важное государственное значение.

Автор делится своими воспоминаниями о М.В. Келдыше, как об уникальной личности, его преданности науке и гражданской позиции.

УДК 629.7

eLIBRARY.RU:89.01.00

**Кошлаков В.В.**

доктор технических наук, профессор  
генеральный директор  
АО ГНЦ «Центр Келдыша»  
г. Москва

## **РАЗВИТИЕ И ВНЕДРЕНИЕ ИДЕЙ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО В РАБОТАХ РНИИ – ЦЕНТРА КЕЛДЫША**

### **DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF K.E. TSIOLKOVSKY'S IDEAS IN THE WORKS OF RNI – KELDYSH RESEARCH CENTER**

**Аннотация.** К.Э Циолковский активно взаимодействовал с коллективом организованного в 1933 году Реактивного научно-исследовательского института, был избран почетным членом Технического Совета РНИИ. В РНИИ был создан и успешно прошел летные испытания первый в нашей стране пилотируемый летательный аппарат с ракетным двигателем.

Под руководством М.В. Келдыша коллектив института внес большой вклад в реализацию главных идей и целей деятельности К.Э. Циолковского – запуск первого в мире искусственного спутника Земли и полет первого в мире космонавта. Наше предприятие было активным участником работ по воплощению в жизнь идей К.Э. Циолковского о создании околоземных орбитальных станций и запуске межпланетных автоматических станций.

В настоящее время Центр Келдыша, как ведущая научно-исследовательская организация России по ракетному двигателестроению и космической энергетике, ведет активную деятельность по реализации результатов теоретических работ К.Э. Циолковского.



**Ключевые слова:** жидкостной ракетный двигатель, ракетоплан, искусственный спутник Земли, пилотируемая орбитальная станция, автоматическая межпланетная станция, космическая энергоустановка, транспортно-энергетический модуль с ядерной энергодвигательной установкой.

**Abstract.** K.E. Tsiolkovsky was actively engaged into the work of the staff of the Scientific Research Institute for Jet Propulsion (RNII) that was founded in 1933; he was elected an honorary member of the Technical Council of the RNII. The RNII staff created and successfully carried out flight tests of a manned rocket vehicle, the first in our country.

Under the supervision of M.V. Keldysh, the Institute staff made a great contribution to the implementation of fundamental ideas and prime objectives of K.E. Tsiolkovsky's activity, namely the launch of the Earth's first artificial satellite as well as the flight of the World's first cosmonaut. Our enterprise has been an active participant of works and let K.E. Tsiolkovsky's ideas be realized regarding the creation of near-earth orbital stations and the launch of automatic interplanetary stations.

Nowadays, Keldysh Research Center, the leading Russian scientific organization in the sphere of rocket engineering and space power, has been extensively realizing the theoretical work's results of K.E. Tsiolkovsky.

**Keywords:** liquid rocket engine, boost-glide vehicle, Earth's artificial satellite, manned orbital station, automatic interplanetary station, space power plant, transport and energy module with a nuclear propulsion system.

К.Э. Циолковский пристально следил за деятельностью организованного 31 октября 1933 г. Реактивного научно-исследовательского института (РНИИ) – первой в мире научно-исследовательской и конструкторской организации по реактивной и ракетной технике, переписывался с руководителями и учеными института, предложил программу первоочередных работ РНИИ, был избран почетным членом его Технического Совета. Начальник института И.Т. Клейменов и начальник отдела разработки ЖРД и летательных аппаратов на их основе М.К. Тихонравов посетили К.Э. Циолковского в Калуге. Под руководством С.П. Королева, одного из последователей К.Э. Циолковского, в РНИИ был создан и успешно прошел летные испытания ракетоплан РП-318-1 – первый в стране пилотируемый летательный аппарат с ракетным двигателем. Фактически это был первый шаг на пути человека в космос. Деятельность РНИИ по воплощению в жизнь идей К.Э. Циолковского представлена в недавно вышедшей книге [1].

В послевоенный период коллектив НИИ-1, преемника РНИИ, под руководством академика М.В. Келдыша внес значительный вклад в реализацию главных целей творчества К.Э. Циолковского – запуск первого искусственного спутника Земли и осуществление первого пилотируемого полета в космос. Активное участие сотрудники предприятия принимали и в осуществлении предложений К.Э. Циолковского по созданию пилотируемых орбитальных станций от «Салюта-1» до Международной космической станции, а также по запуску автоматических межпланетных станций к Луне, Венере и Марсу [2].

Нынешний преемник РНИИ – АО «Государственный научный центр Российской Федерации «Исследовательский центр имени М.В. Келдыша» (АО ГНЦ «Центр Келдыша»), головное научно-исследовательское предприятие Госкорпорации «Роскосмос» по ракетным двигателям и космической энергетике расширяет и углубляет работу по реализации идей и предположений К.Э. Циолковского [3, 4]. В области ЖРД-строения Центр возглавляет работу в отрасли по повышению надежности двигателей, что является особенно актуальным в нынешний период развития пилотируемой космонавтики в связи с планируемыми полетами на Луну, а затем и на Марс. Повышению эффективности космической деятельности будет способствовать деятельность по созданию многоразовых ЖРД с многократным включением. Активно ведутся работы по внедрению нового перспективного горючего – метана. Центр Келдыша является инициатором создания принципиально нового космического средства – транспортно-энергетического модуля с ядерной энергодвигательной установкой. Это новый этап работ по внедрению в ракетно-космическую технику ядерной энергетике, о которой мечтал К.Э. Циолковский. Значительные успехи достигнуты в разработке и применении космической солнечной энергетике, которой большое внимание уделял К.Э. Циолковский. Хотя и прошло более века со времени опубликования первых научных трудов Константина Эдуардовича, немало его предложений до сих пор ждут своего воплощения в практику.

Как отмечал С.П. Королев в своем выступлении на торжественном заседании в сентябре 1957 г., посвященном 100-летию со дня рождения К.Э. Циолковского: «Константин Эдуардович Циолковский был человеком, жившим намного впереди своего века, как и должен жить истинный и большой ученый». А 4 октября 1957 г. в нашей стране был запущен первый ИСЗ.

Государственным научным центром Российской Федерации «Исследовательским центром имени М.В. Келдыша» накануне 60-летия первого в мире полета человека в космос издан двухтомник «РНИИ», сотрудники которого внесли большой вклад в осуществления полёта Юрия Гагарина.

### **Литература**

1. Кошлаков В.В., Гафаров А.А. РНИИ, Реактивный научно-исследовательский институт. В 2-х книгах. – М.: ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша», 2021. – 768 с.
2. Исследовательский центр имени М.В. Келдыша. 70 лет на передовых рубежах ракетно-космической техники / Редкол.: А.С. Коротеев, А.А. Гафаров, О.А. Горшков и др. – М.: Машиностроение, 2003. – 440 с.
3. Кошлаков В.В. Исследовательский центр имени М.В. Келдыша: 85 лет свершений // Полет. – 2018. – № 10. – С.3-13.
4. Кошлаков В.В. Исследовательский центр имени М.В. Келдыша. Головное научно-исследовательское предприятие «Роскосмоса» по ракетному двигателестроению и космической энергетике // В кн.: Федеральный справочник «Оборонно-промышленный комплекс России». Т. 14. – М.: Центр стратегических программ. 2018. – С. 251.

УДК 629.7.036.54

**Соболев А.А.**

заместитель генерального директора –  
управляющий директор  
ПАО «ОДК – Кузнецов»  
кандидат экономических наук

**Чупин П.В.**

генеральный конструктор  
ПАО «ОДК – Кузнецов»  
кандидат технических наук

**Данильченко В.П.**

главный конструктор ПАО «ОДК – Кузнецов»  
доктор технических наук, профессор

## НИКОЛАЙ ДМИТРИЕВИЧ КУЗНЕЦОВ – ГЕНИАЛЬНЫЙ КОНСТРУКТОР, ОПЕРЕДИВШИЙ ВРЕМЯ

### NIKOLAY DMITRIEVICH KUZNETSOV – A GENIUS DESIGNER, AHEAD OF HIS TIME

**Аннотация.** Николай Дмитриевич Кузнецов (23.06.1911-31.07.1995), выдающийся конструктор, авиационных, ракетных и наземных двигателей, генерал-лейтенант инженерно-технической службы (1988), член–корреспондент Академии наук СССР (1968), академик РАН (1991, академик АН СССР с 1974), доктор технических наук (1960), Дважды Герой Социалистического труда (1957, 1981).

**Abstract.** Nikolai Dmitrievich Kuznetsov (06/23/1911-07/31/1995), an outstanding designer of aircraft, rocket and ground engines, Lieutenant General of the Engineering and Technical Service (1988), Corresponding Member of the USSR Academy of Sciences (1968), Academician of the Russian Academy of Sciences (1991, Academician of the USSR Academy of Sciences since 1974), Doctor of Technical Sciences (1960), Twice Hero of Socialist Labor (1957, 1981).

**Ключевые слова:** жидкостный ракетный двигатель, турбореактивный двигатель двухконтурный, турбовинтовой двигатель, газотурбинный двигатель для привода нагнетателя и электрогенератора, ракета-носитель, ракетноносец, экраноплан.

**Keywords:** liquid-propellant rocket engine, two-circuit turbojet engine, turboprop engine, gas turbine engine for driving a supercharger and an electric generator, launch vehicle, rocket carrier, ekranoplan.

23 июня 2021 года отечественное двигателестроение отметило 110-летие со дня рождения Николая Дмитриевича Кузнецова, выдающегося конструктора, «новатора, автора не имеющих себе равных турбовинтовых двигателей и двухконтурных реактивных», жидкостных ракетных двигателей и энергетических установок для промышленности России.

Н.Д. Кузнецов – это целая эпоха в науке и практике создания двигателей, образцов технического совершенства с повышенной надёжностью, долговечностью, экономичностью.

Творчество Николая Дмитриевича стало одним из примечательных явлений двигателестроения. Этому способствовали потребность в научном поиске, непрерывное творческое горение и высокая целеустремлённость, талант организатора.

Он обладал неисчерпаемым запасом энергии и безграничной настойчивостью первопроходца. Он умел не упускать небольших, но важных определяющих деталей. Он всегда оставался Генеральным конструктором. Коллектив, созданный Н.Д. Кузнецовым, неизменно оказывался наиболее подготовленным к решению новых проблем, к выбору правильных научных методов.

Творчество конструирования Николай Дмитриевич связывал воедино с деятельностью учёных, с достижениями науки.

Николай Дмитриевич всегда был готов к восприятию новых идей, к созданию новых двигателей благодаря своему таланту и ответственности, с которой принимал решения в самых сложных ситуациях.

Под руководством Николая Дмитриевича и при его непосредственном участии создано 57 оригинальных и модифицированных газотурбинных двигателей для пассажирских, военно-транспортных и военных самолётов и экранопланов; жидкостных ракетных двигателей (ЖРД); двигателей, использующих в качестве альтернативного топлива жидкий водород и сжиженный природный газ; двигателя с атомным реактором для «атомного самолёта»; двигателей для привода нагнетателей газоперекачивающих агрегатов и электрогенераторов.

В далёком 1954 год был создан уникальный турбовинтовой двигатель мощностью 12500 л.с., не имевший мирового аналога. Он позволил ОКБ Андрея Туполева создать бомбардировщик Ту-95, решивший стратегическую задачу в обороне страны. На основе ракетносца Ту-95 конструкторские коллективы А.Н. Туполева и Н.Д. Кузнецова явили миру первый классический пример конверсии оборонных отраслей промышленности благодаря созданию первого межконтинентального пассажирского самолёта Ту-114, способного перевозить до 200 человек.

Двигатель НК-12 и самолёт Ту-95, а также их модификации находятся в эксплуатации более 60 лет, удивляя авиационный мир оригинальными техническими решениями.

Вслед за НК-12 были созданы двигатели НК-4, НК-6, НК-22, НК-144, НК-25, НК-88, НК-32. Этими двигателями оснащены широко известные гражданские и военные самолёты Ан-22 «Антей», Ил-62, Ту-154, Ту-144, Ил-86, Ту-126, Ту-102, Ту-22М2, Ту-22М3, Ту-160. До сих пор не превзойдён по своим характеристикам двигатель НК-32.

Он создан для стратегического бомбардировщика ТУ-160, а его модификация НК-32-02 серии 2 с улучшенной экономичностью, а, значит, повышенной дальностью полёта Ту-160М уже серийно

производится в ПАО «ОДК – Кузнецов» на основе новых материалов и CALS – технологий.

Двигатель НК-32-02 для стратегического ракетноносца Ту-160М был назван событием года в рейтинге силовых авиационных установок американским профильным журналом Aviation Week@ Space Technology.

Коллективом ПАО «ОДК – Кузнецов» ведутся работы по созданию новой силовой установки для стратегического бомбардировщика нового поколения.

Научно-технический задел и идеи, заложенные в далёкие семидесятые годы в жидкостные ракетные двигатели НК-33, НК-43, НК-39 и НК-31 для «лунной» ракеты-носителя Н-1ЛЗ, востребованы американской и российской космическими программами.

Высокие тактико-технические данные НК-33 поразили коллег американцев, проявивших интерес к нашим ЖРД, опередившим на много лет зарубежные разработки. Лётно-конструкторские испытания ракет-носителей США и России с этим двигателем показали возможность и эффективность применения двигателя НК-33. ПАО «ОДК – Кузнецов» в настоящее время осуществляет серийную поставку заказчику модифицированных двигателей НК-33, а также ведёт работы по созданию на базе НК-33 двигателя многоразового применения в полёте.

Совершенствование нового единого газогенератора большой мощности для газотурбинных двигателей двойного назначения, которое в наше время является одной из приоритетных задач ПАО «ОДК – Кузнецов», позволит решить не только задачи, стоящие перед авиацией, но и конверсионные.

Реализация единого газогенератора позволит создать не только авиационные двигатели с высокой взлётной тягой, но и приводы для наземных энергетических установок мощностью 30-35МВт и двигатели для газотурбовоза мощностью 10-12МВт.

Объединённая двигателестроительная компания (ОДК) совместно с ПАО «ОДК – Кузнецов» в настоящее время интенсивно ведёт совершенствование своих производственных мощностей на базе новых технологических платформ. Идёт работа на девятнадцати стройках в ПАО «ОДК – Кузнецов», в их числе, 23 июня 2021г. произведена закладка первого «бетонного» кубометра в фундамент нового здания опытно-конструкторского бюро, которое планируется закончить в 2022г.

Память о Николае Дмитриевиче Кузнецове жива, конструкторские, технологические, производственные работы, направленные на

создание и совершенствование авиационной и ракетной техники, успешно продолжают.

Николай Дмитриевич Кузнецов, наш выдающийся соотечественник, создавший школу двигателестроителей, внёсший неоценимый вклад в индустриализацию и укрепление обороноспособности страны, в достижение стратегического паритета вооружений и обеспечение технологического суверенитета и национальной технологической безопасности Отечества, дорог нам своей неутомимой гражданственностью учёного, конструктора и общественного деятеля.

Николай Дмитриевич – слава и гордость нашей страны.

УДК 629.78

eLIBRARY.RU: 89.00.00

**Коблов С.В.**

кандидат технических наук

генеральный директор

АО «ЦНИИмаш»

г. Королев

## **ОТ НИИ РЕАКТИВНОГО ВООРУЖЕНИЯ ДО НАУЧНОГО ЯДРА РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ**

## **FROM R&D INSTITUTE OF REACTIVE WEAPONS TO THE CENTRAL RESEARCH INSTITUTE OF THE ROCKET AND SPACE INDUSTRY OF RUSSIA**

**Аннотация.** Акционерное общество «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» (АО ЦНИИмаш) является головным научно-исследовательским институтом Госкорпорации «Роскосмос» по стратегическому планированию и системному проектированию в области космической деятельности, управлению космическими полётами, экспериментальной отработке, обеспечению качества и надежности изделий ракетно-космической техники.

**Ключевые слова:** научно-исследовательский институт, экспериментальная отработка, космическая деятельность, космическая техника.

**Abstract.** Joint Stock Company Central Research Institute for Machine Building (JSC TsNIIMash) is the leading research institute of the State

Corporation Roscosmos for strategic planning and system design in the field of space activities, space flight control, experimental development, quality assurance and reliability of rocket and space products. technology.

**Keywords:** Research Institute, experimental development, space activity, space technology.

В этом году исполнилось 75 лет главному научно-исследовательскому институту Госкорпорации «Роскосмос» – Центральному научно-исследовательскому институту, – ЦНИИмаш. 13 мая 1946 г. было принято Постановление Совета Министров СССР от № 1017-419сс «Вопросы реактивного вооружения», в соответствии с которым был создан Специальный комитет по реактивной технике при Совмине, который возглавил Г.М. Маленков. Этим же постановлением в Министерстве вооружения, на базе завода № 88, были созданы Научно-исследовательский институт реактивного вооружения и Конструкторское Бюро. Приказом министра вооружения Д.Ф. Устинова от 16 мая 1946 г. № 139 новому институту было присвоено наименование НИИ-88. Открытое наименование — ЦНИИмаш, — институт носит с 1 января 1967 года.

Институт принимал участие в создании практически всех отечественных межконтинентальных баллистических ракет и ракет-носителей, пилотируемых и автоматических космических аппаратов, в реализации национальных и международных космических программ. В разные годы на предприятии работали выдающиеся ученые — организаторы ракетно-космической промышленности, будущие руководители и главные конструктора крупнейших предприятий отрасли: академики С.П. Королёв, М.К. Янгель, В.Ф. Уткин, В.П. Макеев, М.Ф. Решетнёв, члены-корреспонденты академии наук Д.И. Козлов, Г.Н. Бабакин, В.М. Ковтуненко.

Созданный за короткий период значительный научно-технический потенциал позволил институту стать своеобразным инкубатором образования новых ключевых предприятий отрасли. Именно из НИИ 88 выделились и стали самостоятельными такие базовые предприятия как: Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П. Королева; КБ химического машиностроения имени А.М. Исаева; Научно-испытательный центр ракетно-космической промышленности; НПО измерительной техники, Композит и др.

Сегодня Институт является основным аналитическим центром Госкорпорации «Роскосмос» в области общесистемных исследований проблем развития ракетно-космической техники России с широким спектром задач: от проектирования концепции и долгосрочных



перспектив развития ракетно-космической техники до конкретных технологических разработок и их конверсии в интересах других отраслей.

На заседании Совета директоров АО «ЦНИИмаш» 07 ноября 2019 г. была принята новая организационная структура предприятия, которая зафиксировала новые центры компетенций. Сформированы проектный офис «Сфера», проектно-конструкторский Центр многоразовых ракетно-космических систем, Центр информационных технологий, Центр управления программами и проектами, Информационно-аналитический центр обеспечения безопасности космической деятельности в околоземном космическом пространстве. Наряду с новыми направлениями деятельности институт развивает и усиливает и традиционные компетенции.

В рамках приоритетных направлений ЦНИИмаш, как головной исполнитель, выполняет комплексные прикладные научно-исследовательские, опытно-конструкторские, технологические и экспериментальные работы с привлечением широкой кооперации ведущих организаций отрасли, РАН и вузов.

V Симпозиум  
**«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ  
РОССИЙСКИХ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ  
И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ  
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ»**

УДК: 520.662, 523.4-854  
eLIBRARY.RU: 89.15.00

**Зайко Ю.К.**

ведущий конструктор

**Дементьев Ю.Н.**

ведущий программист

**Июдин А.Ф.**

доктор физико-математических наук  
заведующий лабораторией

**Калегасев В.В.**

доктор физико-математических наук  
заведующий отделом

**Переглятько О.Ю.**

главный специалист

**Оседло В.И.**

кандидат физико-математических наук  
заместитель директора

НИИЯФ МГУ

г. Москва

**Богомолов В.В.**

кандидат физико-математических наук  
доцент

**Свертилов С.И.**

доктор физико-математических наук  
и.о. зав. кафедрой

Физический факультет МГУ

г. Москва

**Бабицкий А.В.**

инженер 1 категории

**Папков А.П.**

главный конструктор

**Краснопеев С.В.**

инженер 1 категории

**Жук В.Е.**

начальник службы качества  
ООО НИЛАКТ ДОСААФ  
г. Калуга

**Кононова А.Ю.**

Директор Детско-юношеского центра  
космического образования «Галактика»  
г. Калуга

## **НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ МАЛЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ «АВИОН-КАЛУГА 650»**

### **SCIENTIFICAL AND EDUCATIONAL SMALL SPACECRAFT AVION-KALUGA 650**

**Аннотация.** Космический аппарат «Авион-Калуга650» готовится к запуску в конце 2021 года. Аппарат относится к классу наноспутников, изготавливаемых в форм-факторе Cubesat 6U. Создание наноспутника осуществляется в рамках сотрудничества НИИЯФ МГУ и организаций города Калуги – ООО «НИЛАКТ ДОСААФ» и детско-юношеский центр космического образования «Галактика». НИИЯФ МГУ выполняет работы в рамках продолжения реализации проекта «Универсат-СОКРАТ». Участие калужских организаций приурочено к 650-летию юбилею города Калуга.

**Ключевые слова:** космический аппарат, наноспутник, кубсат, детекторы, научно-образовательный проект.

**Abstract.** The Avion-Kaluga650 spacecraft is being prepared for launch at the end of 2021. It belongs to the class of nanosatellites manufactured in the Cubesat 6U dimension. The elaboration of the nanosatellite is carried out within the framework of cooperation between the Institute of Nuclear Physics of Moscow State University and the organizations of the Kaluga city, i.e. NILAKT DOSAAF and the Galaktika Children and Youth Center for Space Education. SINP MSU carries out work within the framework of the continuation of the Universat-SOCRAT project. The participation of Kaluga organizations is timed to coincide with the 650th anniversary of the city of Kaluga.

**Keywords:** spacecraft, nanosatellite, cubesat, detectors, scientific and educational project.

Космический аппарат «Авион-Калуга650» готовится к запуску в конце 2021 года. Аппарат относится к классу наноспутников, изготавливаемых в форм-факторе Cubesat 6U. Создание наноспутника

осуществляется в рамках сотрудничества НИИЯФ МГУ и организаций города Калуги – ООО «НИЛАКТ ДОСААФ» и детско-юношеский центр космического образования «Галактика». НИИЯФ МГУ выполняет работы в рамках продолжения реализации проекта «Универсат-СОКРАТ». Участие калужских организаций приурочено к 650-летию юбилею города Калуга.

Космический аппарат будет запущен как попутная полезная нагрузка и будет функционировать на солнечно-синхронной орбите высотой около 600 км и наклоном около  $98^\circ$ . Наземная станция в г. Калуга будет обеспечивать управление полетом и прием целевой информации от экспериментального бортового радиопередатчика, работающего в радиоловительском интервале S-диапазона.

На этом спутнике будет установлена полезная нагрузка - комплекс научной аппаратуры ДеКоР, предназначенный для изучения временных и спектральных характеристик электронов и гамма-излучения. Предметом исследования станут космические гамма-всплески, солнечные вспышки, высыпания электронов, связь потоков частиц с солнечной активностью. Комплекс состоит из трёх сцинтилляционных спектрометров, характеристики которых дополняют друг друга. Узел ДеКоР-1, аналогичный приборам ДеКоР, работающим на кубсатах ВДНХ-80, Норби и др., предназначен в первую очередь для исследования вариаций потоков околоземных электронов. Его детектирующий элемент представляет собой комбинацию пластического сцинтиллятора толщиной 3 мм и кристалла CsI(Tl) толщиной 10 мм, просматриваемую двумя ФЭУ. Он имеет эффективную площадь  $18 \text{ см}^2$  и диапазон энерговывделений от 50 кэВ до 2 МэВ. Узел ДеКоР-3 служит для расширения диапазона регистрируемого гамма-излучения в область высоких энергий до 10 МэВ. Его основное назначение – измерение спектров гамма-излучения солнечных вспышек и космических гамма-всплесков. Детектирующим элементом этого узла служит сцинтилляционный кристалл Се:GAGG размером  $30 \times 30 \times 30 \text{ мм}^3$ . Прибор ДеКоР-2, оптимизированный для обнаружения и исследования космических гамма-всплесков различной природы, имеет эффективную площадь, увеличенную до  $65 \text{ см}^2$ , что необходимо как для улучшения чувствительности, так и для повышения временного разрешения, которое определяется в первую очередь статистикой зарегистрированных гамма-квантов. Составной сцинтилляционный детектор из 3 мм пластического сцинтиллятора и 9 мм CsI(Tl), просматриваемых сборкой кремниевых фотоумножителей (SiPM), позволяет раздельно регистрировать гамма-излучение и электроны в диапазоне энерговывделений от 20 кэВ до 1 МэВ, что

важно при проведении эксперимента на полярной орбите. Данные с каждого из узлов комплекса ДеКоР записываются как в виде мониторинга (скорости счета в нескольких каналах), так и в виде подробной событийной записи. Вычислитель, входящий в состав комплекса, служит для выборки наиболее важных участков данных для передачи на Землю в первичном виде. Суточный объем научных данных составляет ~100 Мб.

На спутнике «Авион-Калуга650» также предполагается решать дополнительные технологические задачи:

- отработка новой модели прибора приема авиационных сигналов АЗН-В на орбите полета спутника;
- летные испытания полезной нагрузки калужского детско-юношеского центра космического образования «Кванториум»;
- летные испытания комплекта отечественных бортовых служебных систем наноспутника, выполненных в форм-факторе кубсат.

УДК: 520.662, 523.4-854  
eLIBRARY.RU: 89.15.00

**Свертилов С.И.**

доктор физико-математических наук  
и.о. зав. кафедрой

**Богомолов В.В.**

кандидат физико-математических наук  
доцент

Физический факультет МГУ  
г. Москва

**Дементьев Ю.Н.**

ведущий программист

**Зайко Ю.К.**

ведущий конструктор

**Золотарев И.А.**

младший научный сотрудник

**Калегаев В.В.**

доктор физико-математических наук  
заведующий отделом

**Климов П.А.**

кандидат физико-математических наук  
зав. лабораторией

**Перетягко О.Ю.**

главный специалист

**Петров В.Л.**  
младший научный сотрудник  
**Оседло В.И.**  
кандидат физико-математических наук  
заместитель директора  
**Яшин И.В.**  
кандидат физико-математических наук  
ведущий научный сотрудник  
НИИЯФ МГУ  
г. Москва

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕТНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГРУППИРОВКИ СПУТНИКОВ РАЗМЕРНОСТИ КУБСАТ МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

### **RESULTS OF FLIGHT EXPLOITATION OF MOSCOW UNIVERSITY CUBSAT SATELLITE CONSTELLATION**

**Аннотация.** В ходе реализации проекта Московского университета «Универсат-СОКРАТ» по созданию мульти-спутниковой группировки для мониторинга в реальном времени космических угроз осуществлен запуск 8 космических аппаратов размерности кубсат. На сегодняшний день на околоземной орбите функционируют 5 таких спутников, которые регулярно передают научную и телеметрическую информацию. Это спутники «Амурсат» и «ВДНХ-80» размерности 3U, а также кубсаты размерности 6U ДЕКАРТ и «Норби» (совместно с Новосибирским государственным университетом), кубсат «Ярило-2» формата 1.5U (совместно с МГТУ им. Н.Э. Баумана). Таким образом, впервые реализована уникальная мульти-спутниковая группировка, позволяющая проводить одновременные измерения потоков частиц и квантов в разных областях околоземного пространства с помощью однотипной аппаратуры.

**Ключевые слова:** малые спутники, кубсаты, мульти-спутниковая группировка, потоки, заряженные частицы, гамма-кванты.

**Abstract.** During the implementation of the Moscow University Universat-SOCRAT project of elaboration of a multi-satellite constellation for real-time monitoring of space hazards, 8 spacecraft of cubesat dimension were launched. To date, there are 5 such satellites operating in near-earth orbits, which regularly transmit scientific and telemetric data. These are the Amursat and VDNKh-80 satellites of the 3U dimension, as well as the 6U DECART and Norby cubesats (together with the

Novosibirsk State University), the Yarilo-2 cubesat of the 1.5U dimension (together with the N.E. Bauman Moscow Technical University). Thus, for the first time, a unique multi-satellite constellation has been implemented, which makes it possible to simultaneously measure the particle and quantum fluxes at different areas in the near-Earth space using the same type of instruments.

**Keywords:** small satellites, cubesats, multi-satellite group, fluxes, charged particles, gamma-quanta.

Программа Московского университета «Универсат-СОКРАТ»<sup>1</sup>, направлена на создание мульти-спутниковой группировки, позволяющей в режиме, близком к реальному времени, определять радиационную обстановку в значительной части области захваченной радиации, вплоть до орбит глобальных навигационных спутниковых систем и геостационарной орбиты и осуществлять мониторинг электромагнитных транзитов в верхней атмосфере. В ходе реализации этой осуществлен запуск 8 космических аппаратов (КА) типа кубсат. На сегодняшний день на околоземной орбите функционируют 5 таких КА, которые регулярно передают научную и телеметрическую информацию. Это спутники «Амурсат» и «ВДНХ-80» формата 3U, которые были выведены на орбиту 5 июля 2019 г. в качестве попутной полезной нагрузки с космодрома «Восточный», а также кубсаты формата 6U ДЕКАРТ и «Норби» (совместно с Новосибирским государственным университетом), кубсат «Ярило-2» формата 1.5U (совместно с Московским государственным техническим университетом им. Н.Э. Баумана), запущенные в качестве попутной полезной нагрузки с космодрома «Плесецк» 28 сентября 2020 г.. Эти спутники функционируют на полярных орбитах высотой около 550 км и наклоном около 98°. На них установлена однотипная аппаратура типа ДеКоР для мониторинга космической радиации, на двух («ВДНХ-80» и ДЕКАРТ) установлен прибор «АУРА» для регистрации ультрафиолетового излучения атмосферы Земли.

Таким образом, впервые реализована уникальная мульти-спутниковая группировка, позволяющая проводить одновременные измерения потоков частиц и квантов с помощью однотипной аппаратуры в разных точках околоземного пространства.

Английская аббревиатура «Universat» – University Satellites). Русская аббревиатура «СОКРАТ» – Система Оповещения о Космической Радиационной, Астероидной и Техногенной опасностях.

Такие измерения дают уникальную информацию о динамике потоков электронов суб-релятивистских энергий в околоземном пространстве. В частности, получена информация о природе вариаций, в том числе кратковременных (с характерными временами порядка 1 мс), потоков высыпавшихся и квази-захваченных электронов. Помимо прикладных аспектов, связанных с задачей мониторинга космической погоды, такие измерения дадут важные данные, необходимые для понимания механизмов ускорения и потерь захваченных и квази-захваченных электронов.

Результаты летной эксплуатации группировки наноспутников размерности кубсат, запущенных в ходе первого этапа реализации проекта «Универсат-СОКРАТ» показали, что группировка малых КА представляет инструмент, позволяющий получить текущую картину и прогнозную оценку радиационных условий в значительной области околоземного пространства. В качестве дополнительных задач группировки могут быть рассмотрены задачи оперативного мониторинга космических объектов техногенного и естественного происхождения и изучение электромагнитных транзиентных явлений в верхней атмосфере. В этом плане следует отметить, что с помощью аппаратуры «АУРА» впервые с помощью матриц кремниевых фотоприемников осуществлена фотометрия ультрафиолетового свечения атмосферы Земли на различных географических широтах.

УДК 629.786

eLIBRARY.RU: 55.49.07

**Рачкин Д.А.**

инженер НИИСМ

**Тененбаум С.М.**

инженер НИИСМ

**Мельникова В.Г.**

ассистент

**Майорова В.И.**

доктор технических наук

профессор

МГТУ им. Н.Э. Баумана



## РАЗРАБОТКА МКА ТИПОРАЗМЕРА CUBESAT – ОПЫТ МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА

### CUBESATS DEVELOPMENT – BAUMAN UNIVERSITY EXPERIENCE

**Аннотация.** Специалистами МГТУ им. Н.Э. Баумана с 2018 г ведется разработка наноспутников серии «Ярило» типоразмера CubeSat. Первый запуск наноспутников «Ярило» №1, №2 состоялся 28 сентября 2020 года. В работе представлена информация о предполетных испытаниях и проверках систем аппаратов на этапе изготовления, а также о подготовке аппаратов на космодроме Плесецк для запуска по программе Универсат. Рассмотрен опыт налаживания связи между спутниками и Центром управления малыми космическими аппаратами в первые дни после запуска, проанализирован полученный опыт. Представлена информация о планируемых к запуску аппаратах «Ярило» № 3, №4, разрабатываемых с учетом накопленного опыта.

**Ключевые слова:** наноспутник, малый космический аппарат, программа Универсат.

**Abstract.** Specialists of Bauman Moscow State Technical University have been designing «Yarilo» nanosatellites of the CubeSat sizes since 2018. The first launch of «Yarilo» №1, №2 nanosatellites took place on September 28, 2020. The paper provides information on pre-flight tests and checks of the satellites systems at the manufacturing stage, as well as on the preparation of satellites at the Plesetsk cosmodrome for launch under the Universat program. The experience of establishing communication between satellites and the University Control Center in the first days after launch and the lessons learned are considered. The paper also provides information on the planned launch of the «Yarilo» №3, №4 nanosatellites, being designed taking into account the accumulated experience.

**Keywords:** nanosatellite, cubesat, Universat program.

Малые космические аппараты (МКА) «Ярило» №1, №2 – наноспутники типоразмера Cubesat 1,5U, созданные студентами и аспирантами в МГТУ им. Н.Э. Баумана в период с 2018 по 2020гг. Научной целью проекта является мониторинг космической погоды [1, 2]. В качестве полезной нагрузки на МКА «Ярило» №1 установлен рентгеновский спектрофотометр разработки Физического института им. П. Н. Лебедева РАН (ФИАН). На МКА «Ярило» №2 в качестве полезной нагрузки установлен детектор гамма-излучения и

заряженных частиц разработки Научно-исследовательского института ядерной физики им. Д.В. Скобельцына Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова.

Разработка МКА велась с использованием «квалификационного» подхода. Для проведения наземной экспериментальной отработки МКА были созданы квалификационные макеты (макеты для конструкторско-доводочных испытаний в соответствии с ОСТ 92-5100) – полные электрические аналоги аппаратов, вместо полезной нагрузки были установлены габаритно-массовые макеты. Квалификационные испытания проводились в период с сентября 2019г по февраль 2020г.

При проведении квалификационных испытаний проверялась правильность принятых конструкторских решений. В результате проведенной работы была скорректирована конструкторская документация и доработана конструкция МКА.

По завершении квалификации начался этап сборки летных образцов МКА. Он включал в себя детальную проверку после сборки всех систем МКА: радиосвязи УКВ диапазона, резервированной вычислительной машины, системы электроснабжения (СЭС), навигационного приемника, системы ориентации и стабилизации (СОС) на двигателях-маховиках и магнитных катушках. Были проведены тесты СЭС в составе аппарата, засветка солнечных батарей и калибровка СОС в составе аппарата. Затем в МКА была интегрирована полезная нагрузка и проведены приемо-сдаточные испытания: климатические и на механическое воздействие. Перед отправкой МКА на космодром была проведена примерка в пусковой контейнер.

Запуск аппаратов «Ярило» №1, №2 состоялся 28 сентября 2020 года с космодрома Плесецк в качестве попутной полезной нагрузки на ракете-носителе «Союз-2.1б» с разгонным блоком «Фрегат». Запуск осуществлен Госкорпорацией «Роскосмос» по программе «Универсат».

На данный момент МКА «Ярило» №1, 2 находятся на солнечно-синхронной орбите высотой 575 км с местным солнечным временем прохождения восходящего узла – 13:00. Управление спутниками осуществляется из Центра управления малыми космическими аппаратами (ЦУП-Б) МГТУ им. Н.Э. Баумана. Частоты работы приемопередатчиков «Ярило» №1 – 435,350 МГц, «Ярило» №2 – 435,550 МГц, ширина полосы 20 кГц.

В первые две недели после запуска орбита МКА была уточнена по измерению доплеровского сдвига излучаемого МКА сигнала,

впоследствии для контроля орбиты МКА стали использоваться данные каталога NORAD. В целом, для контроля работоспособности МКА активно использовались WebSDR сервисы, а также сообщество SatNOGS.

В настоящее время с учетом опыта разработки и эксплуатации МКА «Ярило» №1, №2 ведется разработка МКА «Ярило» №3, 4 типоразмера CubeSat 3U. В качестве полезной нагрузки на МКА установлены измерители коротковолновой отраженной солнечной радиации – альbedo Земли (МИРА, разработки ИЗМИ РАН), а также модуль магнитометрии, устанавливаемый на раскрываемой штанге длиной 2 м.

### **Литература**

1. Гончаров Н.В., Корецкий М.Ю., Майорова В.И., Мельникова В.Г., Неровный Н.А., Рачкин Д.А., Тененбаум С.М., Тимакова Е.Д., Фролов К.А., Ястребова И.В., Богачев С.А., Дятков С.Ю., Кириченко А.С., Кузин С.В., Перцов А.А. «Ярило» – проект построения группировки наноспутников для исследования Солнца. // Космонавтика и ракетостроение. 100 (1) : 69–78. 2018.
2. Мельникова В.Г., Живило Е.Д., Рачкин Д.А., Корецкий М.Ю., Тененбаум С.М. Группировка студенческих наноспутников «Ярило» для мониторинга солнечной и радиационной обстановки // XLIV Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых - пионеров освоения космического пространства Сборник тезисов: в 2 т. Москва, 2020.

УДК 621.314.5

eLIBRARY.RU 89.00.00

**Тимофеев Ю.А.**

кандидат технических наук

начальник центра

**Потюпкин А.Ю.**

доктор технических наук

главный научный сотрудник

**Волков С.А.**

кандидат технических наук

ведущий научный сотрудник

**Сергеев А.С.**

начальник группы

**АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ И  
СОЗДАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ  
МАЛОРАЗМЕРНЫХ АППАРАТОВ**

**ANALYSIS OF CURRENT TRENDS IN THE DEVELOPMENT AND  
CREATION OF SPACE SYSTEMS BASED ON SMALL  
SPACECRAFT**

**Аннотация.** Проведен анализ тенденций применения космических систем на базе малоразмерных космических аппаратов. Отмечены проблемы, которые влияют на процессы разработки и практической реализации таких систем. Представлены основные направления их дальнейшего развития. Определены базовые области практического применения и целевого использования. Сформулированы ключевые факторы развертывания таких систем на основе малых и сверхмалых устройств с использованием наноэлектроники, наномеханики и новых средств и способов запуска.

**Ключевые слова:** современные тенденции развития, малоразмерные космические аппараты, микроэлектроника, нанотехнологии, системы дистанционного зондирования, многоспутниковые космические системы.

**Abstract.** The paper analyzes the trends in the application of space systems based on small spacecraft. The problems affecting the processes of development and practical implementation of such systems are noted. The main directions of their further development are presented. The basic areas of their practical application and target use are defined. Key factors for the deployment of these systems based on small and super-small devices using nanoelectronics, nanomechanics and new means and methods of launching are formulated.

**Keywords:** current development trends, small spacecraft, microelectronics, nanotechnology, remote sensing systems, multi-satellite space systems.

Одним из перспективных направлений развития ракетно-космической отрасли является разработка, создание и практическое использования нового поколения спутниковых комплексов и систем на базе малоразмерных (МКА) космических аппаратов. С начала 2000-х годов во многих странах мира проводился широкий спектр исследований и разработок, направленных на создание принципиально

новых МКА, на основе которых возможно реализовать прикладные и практические задачи в области космических информационных технологий и услуг. Проводимые многочисленные научно-практические исследования и созданные приборы, устройства и малогабаритные аппараты позволили обеспечить количественный и качественный скачок в области практического применения МКА различного спектра назначений, в космическом пространстве, для широкого круга потребителей в любой точке земного шара.

В предстоящем десятилетии планируется практическая реализация достигнутых успехов в этой области [1, 2, 3]. При этом наиболее приоритетными направлениями в этой сфере являются:

- особые, нетрадиционные решения при создании малых и сверхмалых форм, устройств и приборов, включающих использование микроэлектроники, наномеханики;
- обеспечение управления в реальном масштабе времени всей космической системой МКА, использование новых способов и средств выведения на орбиту, развертывания, пополнения и обновления орбитальной группировки (ОГ);
- разработка и создание современной наземной инфраструктуры, обеспечивающей функционирование целевое использование систем МКА;
- создание нового поколения отечественной радиационно-стойкой электронной компонентной базы для МКА;

Развертывание таких систем в ближайшее десятилетие позволит создать для широкого круга потребителей:

- глобальные многоспутниковые информационно-телекоммуникационные системы связи, управления, телевидения, системы оптического и радионаблюдения;
- системы дистанционного зондирования Земли, контроля и сопровождения состояния природной среды и явлений техногенного характера, системы сопровождения и постоянного контроля в реальном масштабе времени на морских путях, авиационных линиях и автомобильных дорогах опасных и ценных грузов;
- возможность персонализации космических информационных услуг в глобальном масштабе, (малогабаритные телефоны спутниковой связи, космическая видеосвязь и др.);
- контроль за космическими объектами искусственного и естественного происхождения и космическим мусором, постоянный контроль и исследование состояния Земли и околоземного пространства (магнитного и гравитационного полей, сейсмоактивности, магнитных бурь и др.), расширение возможностей

по исследования планет солнечной системы и процессов, происходящих в ближнем и дальнем космосе;

– особое значение имеют такие комплексы и системы для процессов дистанционного обучения различных категорий граждан во всех уголках земного шара.

Рассматривая приоритетные тенденции развития отечественных систем МКА и на текущее десятилетие необходимо отметить следующее. В начале 2000-х годов основная масса проводимых работ по МКА в России выполнялась на разных площадках с финансированием из различных источников по техническим заданиям различных заказчиков. При этом надо отметить, что значительная доля этих работ была завершена без достижения требуемых характеристик и не получила дальнейшего развития. На рубеже 2020-х гг. эти работы получили существенную долговременную государственную поддержку в ряде космических держав. Такое положение дел резко изменило отношение к проектированию, разработке и созданию малогабаритных космических систем в целом. В России разработка и утверждение Госкорпорацией «Роскосмос» концепции развития, создания и применения космических аппаратов малой размерности позволило определить основные цели создания МКА, задачи и направления космической деятельности в этой сфере. Особое значение в этой области является создание нового поколения радиационно-стойкой отечественной электронной компонентной базы, которая позволит создавать отечественные малогабаритные устройства для длительной работы в космическом пространстве.

## **Литература**

1. Афанасьев И. «Сфера» общих интересов. Космические информационные технологии как драйвер развития страны // Русский космос.- 2020 - № 10 – С. 8-19.
2. Потюпкин А.Ю., Тимофеев Ю.А., Волков С.А. Перспективные сервисы многоспутниковых космических систем // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы.- 2021- Т.8 Вып.1 –С.59-68.
3. Алыбин В.Г., Волков С.А., Данилин Н.С., Морозов И.А., Потюпкин А.Ю., Селиванов А.С., Сергеев А.С., Тимофеев Ю.А. Перспективы создания и развития космических систем на основе наноспутников // в книге: СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии (КрыМиКо'2019). Тезисы докладов 29-ой Международной Крымской конференции – 2019 – С. 58.

**Тимофеев Ю.А.**

кандидат технических наук  
начальник центра

**Потюпкин А.Ю.**

доктор технических наук  
главный научный сотрудник

**Волков С.А.**

кандидат технических наук  
ведущий научный сотрудник

**Сергеев А.С.**

начальник группы

АО «Российские космические системы»

**ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ  
МНОГОСПУТНИКОВЫМИ ОРБИТАЛЬНЫМИ  
ГРУППИРОВКАМИ МАЛОРАЗМЕРНЫХ КОСМИЧЕСКИХ  
АППАРАТОВ**

**INFORMATION SUPPORT OF THE CONTROL OF SMALL  
SPACECRAFT MULTI-SATELLITE ORBITAL GROUPINGS**

**Аннотация.** Рассматривается задача информационного обеспечения управления многоспутниковыми орбитальными группировками на базе малоразмерных космических аппаратов в условиях ограниченности ресурсов управления. Особое внимание уделено вопросам управления многоспутниковой группировкой как сложной системой на основе принципов гомеостаза. Предложено содержание задач по видам информационного обеспечения управления. Сделан вывод о необходимости разработки практических методов информационного обеспечения управления многоагентной системой при ограниченности ресурсов управления.

**Ключевые слова:** информационное обеспечение, орбитальная группировка, управление, гомеостаз, многоагентная система.

**Abstract.** The problem of providing information support of control of multi-satellite orbital groups on the basis of small spacecraft in conditions of limited control resources is considered. Special attention is given to the aspects of multi-satellite grouping control as a complex system based on the principles of homeostasis. The context of tasks by the types of information support of control is proposed. The conclusion of need to develop practical

methods of information support for the management of a multi-agent system with limited control resources is made.

**Keywords:** information support, orbital grouping, management, homeostasis, multi-agent system.

Многоспутниковые орбитальные группировки (МОГ), основу которых составляют малоразмерные КА (МКА) являются объективным трендом развития мировой космонавтики, который предполагает изменение подходов к их управлению [1], связанных с изменением объекта управления - от одиночных КА наблюдается переход к дистанционно управляемым многоагентным системам с численностью – от десятков до нескольких сотен и тысяч МКА. В связи с этим возникает сложная задача разработки новых технологий управления интегрированными МОГ различного назначения и систем межспутникового взаимодействия в условиях ресурсных ограничений отечественного НАКУ КА.

Главной особенностью новых технологий управления является переход от управления отдельными МКА к управлению системным эффектом всей космической системы в условиях ограниченности ресурсов управления, что потребует новых подходов, основанных на понятии гомеостаза, как системной адаптации ко всему спектру факторов воздействия с целью установления динамического равновесия и сохранения целостности системы с учётом ресурсных факторов [1]. Гомеостаз позволяет сохранить баланс между противоречивыми процессами деградации и упорядоченности, происходящими в системе, и обеспечить её жизнедеятельность. К числу процессов деградации, разрушения системы отнесём влияние факторов космического пространства, приводящее к нарушению баллистической структуры системы; физическое и моральное старение элементов системы, приводящее к отказам и сбоям в работе системы; влияние ресурсных ограничений, организационных факторов, а также их различных комбинаций. При этом в многоагентной системе влияние указанных факторов будет связано не только с отдельными МКА, но и с группами совместно взаимодействующих МКА, что приведёт к резкому нарастанию энтропии системы.

Известно, что уменьшение энтропии системы возможно за счёт обмена информацией с окружающей средой. В связи с этим особое значение приобретает процесс информационного обеспечения управления МОГ, приводящий к нарастанию упорядоченности системы за счёт реализации её целевого предназначения, поддержания работоспособности и реализации технологического цикла управления



системой с решением следующих задач информационного обеспечения: командно-программного (КПО), информационно-телеметрического (ИТО), навигационно-баллистического (НБО) и частотно-временного обеспечения (ЧВО), которые получат новое содержание. Помимо традиционных задач, ориентированных на управление отдельным МКА, появятся задачи системного уровня, ориентированные на управление всей МОГ и организации её функционирования на основе концепции режимов функционирования [2].

Например, для КПО появятся следующие задачи: выдача исходных данных для режимов функционирования, управление конфигурацией системы; маршрутизация передачи служебной и специальной информации; формирование и поддержание альманаха системы по аналогии с системой ГЛОНАСС. В рамках ИТО возникнут задачи контроля состояния каналов связи и БЦВК отдельных МКА; групповой оценки состояния системы в целом; оценки ресурсов как отдельных КА, так и орбитальных структур, и системы в целом; оценки качества выполнения целевой задачи. Для НБО важным будет формирование орбитальных структур для реализации целевого предназначения, расчёт и поддержание их параметров, в частности баз в пространстве между МКА при групповом выполнении целевых задач, прогнозирование баллистического существования выбранных орбитальных структур. Согласованное функционирование МОГ потребует формирования, синхронизации и поддержания групповой шкалы времени системы в рамках ЧВО по аналогии с системой ГЛОНАСС.

Актуальной задачей является разработка практических методов информационного обеспечения управления МОГ как многоагентной системой при ограниченности ресурсов управления, например, путём создания лётного кластера МКА на основе форм-фактора CubeSat или ТНС-0 разработки АО «РКС».

## **Литература**

1. Потюпкин А.Ю., Волков С.А., Пантелеймонов И.Н., Тимофеев Ю.А. Управление многоспутниковыми орбитальными группировками//Научно-технический журнал «Ракетно - космическое приборостроение и информационные системы» АО «Российские космические системы», 2020, том 7, выпуск 3, с. 61–70.
2. Потюпкин А.Ю., Данилин Н.С., Селиванов А.С. Кластеры малоразмерных космических аппаратов как новый тип космических объектов. //Научно-технический журнал «Ракетно-космическое

приборостроение и информационные системы». 2017, том 4, выпуск 4, с. 45–56.

УДК 520.6.07

eLIBRARY.RU: 01.07.02

**Богачёв С.А.**<sup>1,2</sup>

доктор физико-математических наук  
профессор  
главный научный сотрудник

**Перцов А.А.**<sup>1,2</sup>

кандидат физико-математических наук,  
старший научный сотрудник

**Лобода И.П.**<sup>1</sup>

кандидат физико-математических наук  
научный сотрудник

**Дятков С.Ю.**<sup>1,2</sup>

ведущий инженер

**Холодилов А.А.**<sup>1</sup>

инженер 1 категории

<sup>1</sup>ФИАН

г. Москва

<sup>2</sup>Самарский университет

г. Самара

## **ПРОВЕДЕНИЕ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРУППИРОВОК МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

## **CARRYING OUT SCIENTIFIC RESEARCHES WITH USE OF GROUPS OF SMALL SPACECRAFTS**

**Аннотация.** Развитие технологии кубсат идёт в двух основных направлениях. Одно из них – это постоянный рост производительности и технологической насыщенности индивидуального спутника. Другое – построение группировок наноспутников с примерно одним и тем же набором аппаратуры для увеличения частоты измерений, либо для распределения аппаратуры по разным орбитам. Мы делаем краткий обзор существующих группировок и тенденций в этой области, а также делимся нашим опытом создания малоразмерных космических

аппаратов для решения прикладных задач и задач фундаментальной науки.

**Ключевые слова:** кубсат, группировки космических аппаратов.

**Abstract.** The development of the CubeSat technology moves in two principal directions. One of them is the permanent growth of technological capabilities of an every single spacecraft. Another way is the constellations of nanosatellites with approximately the same set of equipment with the aim to increase the frequency of measurements or to distribute the same equipment in different orbits. We give a brief overview of the existing trends in this area, and also share our experience in creation of small-sized spacecraft for solving problems of applied and fundamental science.

**Keywords:** CubeSat, constellation of spacecrafts.

С момента запуска первого спутника типа Кубсат, его стандарт был принят во всем мире. Это вдохновило многих разработчиков к созданию собственных проектов на данной или близкой технологии, а также привело к созданию ряда высокотехнологичных компаний, работающих в этой тематике. Создание принятого сообществом единого стандарта [1] стимулировало столь быстрый рост спутников малого размера, что современная эпоха может быть названа эрой кубсатов. Так, в 2017 году в мире было запущено более 300 малых спутников с массой ниже 50 кг, что почти в 2 раза больше, чем в предшествующем 2016 году [2]. Подавляющая часть этих аппаратов относилась к классу наноспутников, в основном выполненных на основе технологий CubeSat. В наши дни технология кубсат стремительно модифицируется на наших глазах из чисто образовательной в коммерческую, а также в способ быстрого и недорогого проведения фундаментальных научных исследований в космосе.

Космические миссии часто требуют использования нескольких спутников, работающих согласованно друг с другом. Среди таких примеров можно отметить компанию Planet Labs, которая разрабатывает и производит миниатюрные спутники формата CubeSat и доставляет их в космос в качестве попутной нагрузки для других космических запусков [3]. Каждый спутник (все они носят название Dove) оборудован мощным телескопом, камерой и программным обеспечением для съемки разных участков земной поверхности. Работа группировки спутников позволяет получать раз в сутки полное изображение поверхности Земли с разрешением 3,5 метра. Можно также отметить компанию Astro Digital, которая на основе технологии кубсат стремится реализовать механизм получения

мультиспектральных спутниковых изображений всей Земли каждые три-четыре дня. Группировки аппаратов кубсат также рассматриваются для таких приложений, как безопасная лазерная связь и как инструменты контроля погоды с малым временем повторного посещения.

Развитие технологии кубсат идёт в двух основных направлениях. Одно из них – это постоянный рост производительности и технологической насыщенности индивидуального спутника. Другое – построение группировок наноспутников с примерно одним и тем же набором аппаратуры для увеличения частоты измерений, либо с распределённым набором аппаратуры. В целом, из-за невысокой стоимости даже группировки из сотен аппаратов кубсат уже становятся коммерчески легко доступными. Для группировок кубсатов их развитие также идёт в нескольких направлениях. Одно состоит в непрерывном увеличении количества спутников для непрерывного роста покрытия наблюдения и частоты повторных снимков одного и того же объекта. Это, в частности, уже упоминавшаяся группировка Planet Labs. Второе направление, как уже говорилось, это распределение нагрузок между разными спутниками для предоставления интегрированных услуг. Это направление развивается особенно быстро.

Мы делаем краткий обзор существующих группировок и тенденций в этой области, а также делимся нашим опытом создания малоразмерных космических аппаратов для решения прикладных задач и задач фундаментальной науки (например, малый аппарат Ярило [4]).

Работа частично выполнена в рамках проекта FSSS-2020-0018, финансируемого из средств государственного задания победителям конкурса научных лабораторий образовательных организаций высшего образования, подведомственных Минобрнауки России.

## **Литература**

1. CubeSat Design Specification Rev. 14. The CubeSat Program, Cal Poly SLO/.
2. Villela T., Costa C.A., Brandão A.M., Bueno F.T., Leonardi R. Towards the Thousandth CubeSat: A Statistical Overview // International Journal of Aerospace Engineering, 2019 Article ID 5063145, DOI: 10.1155/2019/5063145/.
3. Foster, C., Hallam, H., & Mason, J. (2015). Orbit determination and differential-drag control of Planet Labs CubeSat constellations. arXiv preprint arXiv:1509.03270.

4. Dyatkov S.Y., Pertsov A.A., Erkhova N.F., Kirichenko A.S., & Tenenbaum S.M. (2021, February). Monitoring of the solar activity with X-ray spectrometer onboard of the Yarilo CubeSat. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2318, No. 1, p. 140005). AIP Publishing LLC/.

УДК 621.7

eLIBRARY.RU: 89.00.00

**Клюшников В.Ю.**

доктор технических наук  
главный научный сотрудник  
АО «ЦНИИмаш»  
г. Королев

## **МАЛЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ-ДЕМОНСТРАТОРЫ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ**

### **SMALL SATELLITES - DEMONSTRATORS OF ADVANCED SPACE TECHNOLOGIES**

**Аннотация.** Демонстрация технологий исследования и использования космоса является одним из наиболее перспективных направлений использования малых космических аппаратов (МКА). В настоящее время в США реализуются проекты технологических миссий МКА по отработке новых систем сближения и стыковки, межспутниковой связи, сборке на орбите сложных крупногабаритных конструкций, в том числе орбитальных станций и др. Разработка космических технологий с использованием МКА позволяет экономить финансовые ресурсы при создании перспективных изделий ракетно-космической техники.

**Ключевые слова:** малый космический аппарат, космическая технология, сближение и стыковка, межспутниковая связь, монтажные работы в космосе.

**Abstract.** Demonstration of technologies for exploration and use of space is one of the most promising areas for the use of small satellites. Currently, the United States is implementing projects for technological missions of small satellites to test new rendezvous and docking systems, inter-satellite communications, and assembly of complex large-sized structures in orbit, including orbital stations. The development of space technologies using small satellites saves financial resources when creating promising products for rocket and space technology.

**Keywords:** small satellite, space technology, rendezvous and docking, inter-satellite communications, assembly work in space.

К настоящему времени закончилась демонстрационная стадия развития малых космических аппаратов (МКА) и началась стадия операционная. От демонстрации возможностей развитые страны переходят к систематическому целевому использованию МКА. Если в 90-е годы прошлого века созданием МКА в мире занимались, главным образом, университеты и небольшие частные компании, то в 2000-х годах к подобным разработкам активно и успешно подключились крупные корпорации.

Со временем более четко определяется ниша, в которой наиболее ярко проявляются преимущества и сильные стороны МКА. Одним из основных направлений использования МКА является демонстрация перспективных технологий исследования и использования космоса.

К наиболее современным и перспективным технологическим МКА можно отнести:

- CPOD (CubeSat Proximity Operations Demonstration), предназначенный для демонстрации сближения и стыковки двух наноспутников формфактора CubeSat размерности 3U;
- OCSA (Optical Communications and Sensor Demonstration), предназначенный для демонстрации лазерной системы связи на наноспутнике формфактора CubeSat размерности 1,5U;
- ISARA (Integrated Solar Array and Reflectarray Antenna) – наноспутник формфактора CubeSat размерности 3U; назначение – увеличение скорости передачи данных с МКА;
- AAReST (Autonomous Assembly Reconfigurable Space Telescope Flight Demonstrator) – группировка наноспутников формфактора CubeSat размерности 3U, предназначенная для демонстрации автономной сборки реконфигурируемого космического телескопа;
- МКА, создаваемые компанией Nanoracks по проекту «In-Space Outpost» для демонстрации технологий сборки космических станций непосредственно на орбите.

Благодаря возможности масштабирования результатов летных экспериментов на МКА существенно ускоряется отработка новых технологий исследования и использования космоса, экономятся финансовые ресурсы на создание перспективных изделий ракетно-космической техники.

Тюлин А.Е.  
Селин В.А.  
Емельянов А.А.  
Емельянов К.С.  
Борисов А.В.  
Сизов О.С.  
Жуковская К.И.  
Цымбарович П.Р.

АО «Российские космические системы»  
г. Москва

**СИНТЕЗ РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА ОРБИТАЛЬНОЙ  
ГРУППИРОВКИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ  
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

**FORMATION OF AN OPTIMAL ORBITAL CONSTELLATION  
OF EARTH OBSERVATION SATELLITES**

**Аннотация.** Проведен анализ ключевых требований тематических пользователей данных, продуктов и услуг дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для формирования исходных условий синтеза рационального состава орбитальной группировки (ОГ) космических аппаратов (КА) ДЗЗ. Предложен способ реализации и вариант построения ОГ КА ДЗЗ, отвечающей всей полноте тематических требований, учтены современные и ожидаемые технические возможности отечественной ракетно-космической и микроэлектронной промышленности по созданию платформ и полезной нагрузки МКА ДЗЗ.

**Ключевые слова:** дистанционное зондирование Земли, орбитальная группировка, космический мониторинг.

**Abstract.** The key requirements of thematic users of data, products and services based on remote sensing of the Earth were analyzed to form the initial conditions for the synthesis of a rational composition of the spacecraft orbital constellation of remote sensing of the Earth. A method of implementation and option of constructing a spacecraft orbital constellation of remote sensing of the Earth was suggested containing the fullness of thematic requirements, taking into account the modern and expected technical capabilities of the national rocket-space and microelectronic

industry to create platforms and payloads of small spacecraft for remote sensing of the Earth.

**Keywords:** remote sensing of the Earth, orbital constellation, space monitoring.

Анализ ключевых требований тематических пользователей данных, продуктов и услуг ДЗЗ показывает, что основными задачами развития российской системы ДЗЗ в ближайшей перспективе представляется целесообразным определить:

- обеспечение информационного суверенитета России в сегменте оперативного наблюдения со сверхвысоким пространственным разрешением в целях решения государственных и коммерческих задач;
- максимальное удовлетворение требований пользователей продуктов и услуг, создаваемых на основе российских данных ДЗЗ;
- коммерциализация отрасли ДЗЗ и привлечение в нее внебюджетного финансирования.

В рамках исследований разработан унифицированный методический подход к оценке эффективности целевого функционирования космических систем (КС) ДЗЗ, включая:

- выбор начального варианта построения ОГ КА ДЗЗ;
- моделирование орбитального движения КА и процесса целевого функционирования КС ДЗЗ;
- количественную оценку целевых показателей ОГ МКА ДЗЗ;
- корректировку состава ОГ КА ДЗЗ, расположение КА на орбитах, параметров задействованной бортовой аппаратуры КА;
- оптимизацию построения ОГ КА ДЗЗ путем выбора наиболее предпочтительного варианта на основе параметрического анализа значений целевых показателей производительности (периодичности наблюдения, площади съемки).

Предложенный подход базируется на многократном решении задачи оптимального планирования целевого функционирования КС ДЗЗ с обратной связью, что позволяет варьировать параметры и оптимизировать ОГ в целом.

На основе данного подхода проведен синтез рационального состава ОГ МКА ДЗЗ в оптическом и радиолокационном сегментах на срезе до 2030 года с учетом имеющегося у отечественной ракетно-космической и микроэлектронной промышленности научно-технического задела по созданию МКА. В дополнение к планируемым в рамках Федеральной космической программы России на 2016-2025 годы КА ДЗЗ в состав группировки должны входить специализированные спутники новой



разработки на низких и высоких орбитах (до 70 аппаратов), разделенные на следующие сегменты:

- система КА оперативного высокопериодического наблюдения;
- система КА оперативного мониторинга территории РФ со средним и низким пространственным разрешением (5-100 м) в диапазоне длин волн 0,35-12 мкм;
- система радиолокационных КА, обеспечивающая возможность всепогодного мониторинга территории.

В случае реализации планов по созданию ОГ КА ДЗЗ рационального состава оперативность съемки составит в среднем 22 мин (для широты Москвы), в случае дополнения ОГ высокоорбитальными КА ДЗЗ оперативность наблюдения возрастет до 11 мин (для широты Москвы).

Развитие российской ОГ КА ДЗЗ в предлагаемом варианте, как ожидается, на горизонте 2030 года приведет к уровню удовлетворенности тематических пользователей не менее 80% для всех типов данных ДЗЗ. В этом случае доля российских данных, продуктов и услуг ДЗЗ на внутреннем рынке составит не менее 70%. При этом может быть осуществлен переход к новому технологическому укладу целевого применения российской ОГ КА ДЗЗ, в том числе:

- переход к использованию МКА в качестве основного источника данных ДЗЗ, который по сравнению с крупномассогабаритными КА требуют меньшего количества времени и затрат на производство и наземные испытания;
- переход от применения одиночных КА к интегрированному использованию ОГ КА ДЗЗ, что позволит значительно увеличить оперативность мониторинга;
- модернизация, внедрение и использование новых (в т.ч. виртуальных) средств и методов для управления ОГ КА ДЗЗ, обработки и контроля качества получаемых данных;
- использование перспективных средств в части хранения и анализа больших объемов данных;
- интеграция продуктов ДЗЗ в геопространственные сервисы и предоставление услуг в онлайн режиме.

Реализация представленного подхода требует синхронизации реализуемых НИОКР на уровне формирования единой технической политики, принципов функционирования и информационного сопряжения создаваемых изделий. Конечной целью процесса трансформации системы ДЗЗ является построение полностью виртуализированной (программно-определяемой) сети с открытой сетевой архитектурой и прозрачной бизнес-моделью

функционирования базовых подсистем (ОГ КА и наземной инфраструктуры ДЗЗ).

УДК 629.783

eLIBRARY.RU: 28.01.05

**Малышев Д.В.**

начальник лаборатории военного института  
(научно-исследовательского)  
Военно-космической академии  
имени А.Ф. Можайского  
г. Санкт-Петербург

## **АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО МОНИТОРИНГА**

### **FEATURES OF DEVELOPMENT OF SPACE-BASED RADIO FREQUENCY MONITORING**

**Аннотация.** Рассмотрены ключевые аспекты создания космических систем (КС) радиоэлектронного мониторинга (РЭМ) с учетом развития технологий эксплуатации малых космических аппаратов (МКА) размерности «Кубсат».

**Ключевые слова:** малый космический аппарат, космическая система, радиоэлектронный мониторинг, радиоэлектронные средства.

**Abstract.** Reviewed the key aspects of creating space-based radio frequency reconnaissance systems, taking into account the development of technologies for the operation of small spacecraft of the Cubsat size.

**Keywords:** small spacecraft, space-based system, radio frequency monitoring, radio-electronic facilities.

Одним из перспективных направлений использования МКА размерности «Кубсат» является РЭМ деятельности источников радиоизлучений, расположенных на наземных, морских и воздушных объектах. В настоящее время наблюдается взрывной рост количества развертываемых КС, решающих данные задачи. Работы в этом направлении ведутся частными компаниями таких стран как США, Франция, Великобритания, Китай, Израиль, Люксембург. Всего за период с 2018 г. по июнь 2021 г. на круговые околоземные орбиты высотой 500-700 км с разным наклоном было выведено 19 МКА РЭМ, а до конца 2021 г. планируется вывод еще 12 МКА.

Подтвержденная орбитальная группировка в ближайшие несколько лет составит не менее 63 МКА такого типа [1].

Прием и обработка радиоизлучений типовых радиоэлектронных средств (РЭС) осуществляется в целях идентификации объектов мониторинга и определения их местоположения. К типовым РЭС относятся: системы автоматической идентификации морских и воздушных судов (AIS и ADS-B); радиолокационные станции различного базирования и назначения; реперные наземные станции и радиобуи; абонентские терминалы спутниковых и беспроводных систем связи и передачи данных и др.

Ключевыми аспектами, определяющими развитие космических систем РЭМ, являются:

- использование передовых технологий SDR (программно-конфигурируемых радиосистем);
- задействование компактных перекоммутируемых антенных систем;
- развитие технологий межспутниковой связи и обработки радиосигналов на борту МКА;
- использование передовых систем орбитальной ориентации кластеров МКА, обеспечивающих функционирование с заданной высокой точностью.

Создание КС РЭМ на базе МКА размерности «Кубсат» возможно исключительно при удовлетворении всем указанным выше требованиям. При этом обеспечивается:

- срок активного существования кластеров МКА: не более 3-5 лет (для орбит высотой 500-600 км);
- диапазон рабочих частот полезной нагрузки: 30 МГц – 40 ГГц;
- высокая точность местоопределения РЭС (в зависимости от диапазона рабочих частот и других факторов).

Существующие технологии помимо определения местоположения и принадлежности РЭС к конкретному объекту позволяют вести прием, обработку и запись сэмплов радиосигналов с целью получения информационного доступа к передаваемым данным. Указанные возможности КС РЭМ привели к взаимодействию частных компаний, создающих эти системы с правительственными структурами, отвечающими за информационное обеспечение обороноспособности конкретных государств.

Таким образом, необходимо отметить несомненную важность в проведении исследований и создании отечественного задела в области КС РЭМ для обеспечения актуальной информацией соответствующих потребителей.

## **Литература**

1. Horizon Technologies gets funding for maritime surveillance satellites [Электронный ресурс]. URL: <https://spacenews.com/horizon-technologies-gets-funding-for-maritime-surveillance-satellites>.

УДК 621.396.94, 004.72  
eLIBRARY.RU: 89.25.15

**Карелин А.В.**

доктор физико-математических наук  
доцент  
начальник отдела

**Кузьмин Ю.А.**

кандидат технических наук  
начальник сектора

**Твердохлебова Е.М.**

кандидат технических наук  
зам. начальника Центра

**Шувалов В.А.**

кандидат технических наук  
ведущий научный сотрудник

**Яковлев А.А.**

кандидат технических наук  
заместитель начальника отдела  
АО «ЦНИИмаш»  
г. Королев

## **НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ НИЗКООРБИТАЛЬНЫХ ГРУППИРОВОК МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

### **SOME FEATURES OF CREATION AND OPERATION OF LOW- ORBITAL GROUPS OF SMALL SPACECRAFTS**

**Аннотация.** Рассматривается классификация и тенденции роста запусков малых космических аппаратов (МКА) и статистическая диаграмма удельной стоимости создания единицы массы КА. Анализируются особенности построения и области использования группировок МКА. Обоснована целевая и социально-экономическая целесообразность применения МКА на низких околоземных орбитах. Приводится сравнительная оценка эффективности группировок МКА и

«тяжелых» КА для гидрометеорологических задач. Исследуются проблемные вопросы создания, запуска и эксплуатации группировок МКА и способы их решения.

**Ключевые слова:** космический аппарат, малый космический аппарат, группировка МКА, удельная стоимость единицы массы МКА, космическая система, микрокомпоненты.

**Abstract.** Classification and tendencies of growth of starts of the small spacecrafts (SS) and the statistical chart of specific cost of creation of unit of mass of KA are considered. Features of construction and area of use of SS groups are analyzed. Target and social and economic expediency of application of SS on low Earth orbits is proved. The comparative assessment of efficiency of groups SS A and «heavy» of spacecrafts for hydrometeorological tasks is given. Problematic issues of creation, start and operation of MKA groups and ways of their decision are investigated.

**Keywords:** spacecraft, small spacecraft, group of small spacecrafts, specific cost of unit of mass of small spacecrafts, space system, microcomponents.

Наблюдаемый рост интересов к созданию и эксплуатации МКА определяется общим стремлением к достижению более совершенных (и коммерчески удачных) методов и средств в решении социально-экономических проблем. Анализ опыта разработки МКА показал, что эта технология обладает некоторыми особенностями, позволяющими более эффективно создавать и использовать её в различных областях космической деятельности, и преимущественно в формате группировок МКА на низких орбитах.

Системные исследования и результаты статистического анализа в настоящей работе показали, что удельная стоимость создания единицы массы МКА заметно ниже «тяжёлого» КА (по этому критерию) [1, 2]. Такой результат приводит к интуитивному выводу о снижении времени создания МКА, что отражено на диаграмме.

В докладе показано, что стандартизация наноспутников и разработка стандарта CubeSat (класса 1U, размером 10×10×10 см) привели к созданию технологии производства микрокомпонентов и реализации концепции «спутник-прибор» низкой стоимости (до 100 тыс. дол., включая стоимость целевой аппаратуры (ЦА) и запуска). Показано, что, создание группировок (кластеров) таких МКА на низких орбитах позволяет решать задачи мониторинга гидрометеорологических процессов, а также задачи обзора поверхности Земли, чрезвычайных ситуаций, пожаров, наводнений и др., более эффективно по сравнению с «тяжелыми» КА этого

назначения. Это утверждение на уровне количественной оценки подтверждается сравнением эффективности стандартного космического метеорологического комплекса (включающего 10 единиц ЦА) и низкоорбитальной группировки МКА, решающих одинаковые задачи.

Как показали системные исследования, на основе группировок МКА возможно создание эффективного инструмента для решения социально-экономических задач ДЗЗ, и в первую очередь мониторинга природных и антропогенных объектов и процессов. В заключении показано, что для получения высокого уровня полезности эксплуатации группировок МКА, как космического информационного инструмента, целесообразно создание упрощённых и дешёвых средств выведения сверхлёгкого класса (например, на основе геофизических ракет), включая мобильные стартовые средства с минимальным временем подготовки к запуску[3], а также создание оперативных систем связи, управления и передачи данных в режиме реального времени. Аналоги и разработки таких средств имеются в РФ.

### **Литература**

1. Гансвинд И.Н. Малые космические аппараты в дистанционном зондировании Земли // Исследование Земли из космоса. 2019. № 5. С. 82-88.
2. Каширин А.В., Глебанова И.И. Анализ современного состояния рынка наноспутников как прорывной инновации и возможности его развития в России // Молодой ученый. 2016. № 7. Т. 1. С. 15-23.
3. Костев Ю.В., Мезенова О.В., Позин А.А., Шершаков В.М. Система запуска малых космических аппаратов // 2016. № 7. Т. 59. С. 482-488.

УДК 621.396.99  
eLIBRARY.RU: 892965

**Катенин В.А.**

доктор военных наук, профессор  
учёный секретарь АО «ГНИНГИ»

г. Санкт – Петербург

**Мозгов К.С.**

кандидат физико-математических наук  
ведущий научный сотрудник

АО «НПК «СПП»

г. Москва

**Чубыкин А.А.**

доктор технических наук  
главный научный сотрудник  
АО «ГНИНГИ»  
г. Санкт-Петербург  
АО «НПК «СПП»  
г. Москва

**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ МКА ДЛЯ  
ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО СКРЫТНОГО ЛАЗЕРНОГО  
НАВИГАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАЗЕМНЫХ,  
МОРСКИХ, АВИАЦИОННЫХ И КОСМИЧЕСКИХ  
ПОТРЕБИТЕЛЕЙ**

**MAIN DIRECTIONS OF SCA APPLICATION FOR  
INTERFERENCE HIDDEN LASER NAVIGATION  
SUPPORT FOR LAND, MARINE, AVIATION  
AND SPACE USERS**

**Аннотация.** Представлена технология скрытной, помехозащищённой, киберустойчивой активной лазерной навигации по полю ориентиров, создаваемому из группировок пассивных ретрорефлекторных наноспутников и активных малых лазерных космических аппаратов. Предлагаются технические решения бортовой и наземной аппаратуры, реализуемые на отечественной промышленной базе.

**Ключевые слова:** малые космические аппараты, космическая навигация и геодезия, картографическое обеспечение навигации по гравитационному полю.

**Abstract.** The technology of covert, anti-jamming, cyber-resistant active laser navigation along the landmark field created from constellations of passive retro reflex nanosatellites and active small laser spacecraft is presented. Technical solutions for on-board and ground equipment are proposed, which are implemented on a domestic industrial base.

**Keywords:** small spacecraft, space navigation and geodesy, cartographic support for navigation in the gravitational field.

Основные направления использования лазерных средств для МКА:  
– координатное обеспечение потребителей (КОП) в условиях искусственного и естественного помехового подавления штатных средств ГЛОНАСС;

– получение данных для мониторинга с высоким разрешением аномалий гравитационного поля Земли в интересах:

- 1) картографического обеспечения навигации по гравитационному полю Земли;
- 2) поиска полезных ископаемых и подземных сооружений;
- 3) повышения точности инерциальной навигации прогноза траекторий гиперзвуковых объектов и низкоорбитальных спутников.

Поле ориентиров создаётся из пассивных нано - и микроспутников (БЛИЦ, ЛАРЕЦ и т.п.) и малых активных лазерных космических аппаратов. Аналогом баллистического построения МКА может служить низкоорбитальная навигационная группировка спутников «Парус» (система «Циклон – Б»), т. е. шесть спутников на почти круговых орбитах ( $H \approx 1000$  км).

Лазерная аппаратура потребителя должна содержать:

- лазерно-дальномерную систему, обеспечивающую сопровождение ориентиров в режиме следящего гироспривода и измерение расстояний в диапазоне (1000 – 2500) км с погрешностью не более 0,3 м;
- подсистему получения (уточнения) эфемеридной (ассистирующей, как в технологии PPP) информации.

Лазерная аппаратура наземной поддержки орбитальной группировки МКА, аналогична аппаратуре потребителей, т.е. включает стационарные и мобильные лазерные дальномеры, работающие на геодезически подготовленных позициях, оснащённые средствами передачи результатов измерений в центр управления (а также некоторым потребителям).

Пассивные спутники оснащаются ретрорефлекторами (угловыми отражателями) или выполняются в виде линзы Люнеберга.

Активные МКА содержат лазерную аппаратуру активного ответа на запросные сигналы потребителей и соседних МКА.

Любой спутник (активный или пассивный) орбитальной навигационной группировки лазерных КА с известными (эталонными на данный момент) параметрами движения может служить ориентиром для навигации (эфемеридного обеспечения) активного МКА.

Бортовой сегмент лазерной космической системы мониторинга гравитационного поля Земли (ЛКСМГПЗ) формируется из активных лазерных миниспутников и микроспутников – зондов (пробных масс гравитационного поля), а также в случае необходимости наноспутников – зондов остаточной атмосферы (совпадающих по форме и размерам с микроспутниками, но имеющие не менее, чем на порядок, меньшую массу).



Наземный сегмент ЛКСМГПЗ, обеспечивающий эталонирование мониторинга гравитационного поля, на основе контроля вариаций траектории спутников – зондов при известной гравитационной аномалии, формируется из лазерных дальномеров, колоцируемых с высокоточными точечными гравиметрами.

## **Литература**

1. Исследования и научно-техническое обоснование перспективных технологий для решения навигационно-связных задач / Роскосмос, АО «НПК «СПП», Москва, научный руководитель д.т.н. Чубыкин А.А. 30.09.2020 (научно-технический отчет о НИР «Вызов - Перспектива-13», с 194).
2. Чубыкин А.А., Катенин В.А. и др./Использование методов лазерной локации и навигации для мониторинга с высокоточной координатной привязкой аномалий гравитационного поля // Тр. П НТК «Навигация по гравитационному и магнитному полям Земли, новые технологии» ВНИФТРИ, Менделеево М.О. с. 62.

УДК 621.396.94, 004.72  
eLIBRARY.RU: 55.49.00

**Пантелеймонов И.Н.**

главный специалист  
АО «ЦНИИмаш»  
г. Королев

**Потюпкин А.Ю.**

Доктор технических наук  
профессор, главный научный сотрудник  
АО «Российские космические системы»  
г. Москва.

**Яровой А.Л.**

старший научный сотрудник

**Степанов И.Б.**

главный специалист

**Боцва В.В.**

ведущий инженер

**Асташкин А.А.**

ведущий научный сотрудник  
АО «ЦНИИмаш»

г. Королев

**Пантелеймонова А.В.**

Кандидат педагогических наук, доцент  
ГОУ ВО Московской области  
«Московский государственный областной университет»  
г. Москва.

**Щербатых Л.В.**  
старший научный сотрудник  
НИЦ ИТ ФГБУ ВНИИПО МЧС России  
г. Балашиха

## **ПУТИ РЕАЛИЗАЦИИ ЗАДАЧИ ПОВЫШЕНИЯ ОПЕРАТИВНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЗЕМЛИ ПОТРЕБИТЕЛЮ**

### **WAYS OF IMPLEMENTATION OF THE PROBLEM OF INCREASING THE EFFICIENCY OF INFORMATION TRANSFER OF SPACE MONITORING OF THE EARTH TO THE CONSUMER**

**Аннотация.** Сформулированы основные направления повышения оперативности получения потребителем информации космического мониторинга Земли, в основе которых заложены принципы повышения автономности работы бортовой аппаратуры с целью автоматизации процессов осуществления целевого применения и информационного обмена.

**Ключевые слова:** космический аппарат, космическая система дистанционного зондирования Земли, спутник-ретранслятор, информация космического мониторинга Земли, абонентский терминал, пункт приема информации.

**Abstract.** The main directions of increasing the efficiency of receiving information from space monitoring of the earth by the consumer are formulated, which are based on the principles of increasing the autonomy of the onboard equipment in order to automate the processes of target application and information exchange.

**Keywords:** spacecraft, Earth remote sensing space system, relay satellite, Earth space monitoring information, subscriber terminal, information receiving point.

Актуальность работы обусловлена повышением оперативности доставки информации космического мониторинга Земли потребителю в связи с чем возникает необходимость повышения автономности работы космической системы (КС) дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Существующий в настоящее время методика получения пользователем информации космического мониторинга Земли не позволяет получать ее раньше, чем через 2 суток после получения заявки и представляет собой следующую последовательность действий [4]. Потребитель формирует заявку и отправляет ее через геопортал Госкорпорации «Роскосмос» в Научный центр оперативного мониторинга Земли (НЦ ОМЗ) по сети Internet, где на основании поступивших заявок составляется временная программа управления специальной аппаратурой (ВПУСпА), в которой задаются временные команды управления на осуществление: съемки в заданное время и в заданном режиме, а также – сброса информации на пункт приема информации (ППИ). После чего осуществляется отправка ВПУСпА по защищенному каналу сети Internet (ССПД) в центр управления полетом (ЦУП), где составляется список разовых команд управления (СРК) и временная программа управления служебной аппаратурой (ВПУСлА), в которой задаются временные команды управления (ВК) работой космической платформы КА. Затем ВПУСлА и ВПУСпА интегрируется в единую временная программа управления (ВПУ), после чего выбирается командно-измерительная станция (КИС) и отправляется на нее СРК и ВПУ по ССПД, которая в сеансе связи передает на бортовой комплекс управления (БКУ) КА СРК и ВПУ и принимает от бортовой телеметрической системы (БТМС) телеметрическую информацию (ТМИ). В БКУ КА ВПУ записывается в постоянное запоминающее устройство (ПЗУ). При наступлении заданного времени, БКУ извлекает из ПЗУ соответствующие ВК и осуществляет их исполнение, после чего целевая информация (ЦИ) записывается в ПЗУ и при нахождении КА в ЗРВ ППИ, бортовой радиотехнический комплекс (БРТК) КА передает на него ЦИ. ППИ принимает от КА (непосредственно или через СР) ЦИ и передает ее по ССПД в НЦ ОМЗ, где осуществляется обработку ЦИ и передачу готовых снимков потребителю.

В перспективной автономной КС ДЗЗ предлагается:

- 1) повышение автономности работы БА КА с целью автоматизации процессов осуществления целевого применения и информационного обмена [1, 2];
- 2) высокоскоростная передача информации управления (ИУ) и ЦИ в одной ЛС в разных VLAN и с разными ключами шифрования [3, 4];
- 3) функциональное объединение СПИ и КИС в унифицированную земную станцию (УЗС) приема-передачи ИУ и ЦИ [3, 4];
- 4) применение СР, с целью обеспечения передачи заявки и получения ЦИ в режиме реального времени [1–4];

- 5) передача заявки потребителем на КА через ближайшую УЗС и СР и получение ЦИ от УЗС сразу после осуществления съемки;
- 6) при наличии у потребителя абонентского терминала, заявка передается непосредственно на КА или через СР, находящегося в его ЗРВ, сразу после осуществления съемки ЦИ передается потребителю на АТ с КА или СР.

Обобщенные алгоритмы выполнения космическим аппаратом перспективной автономной КС ДЗЗ целевой задачи заключаются в следующем:

- 1) получение задания на съемку от потребителя по линиям связи непосредственно или через сеть СР;
- 2) определение приоритетов и расчет времени нахождения в заданном районе;
- 3) съемка в заданном режиме и запись в бортовое запоминающее устройство (БЗУ);
- 4) первичная и стандартная обработка информации, обрезка и сжатие снимка;
- 5) определение загрузки каналов связи и приоритетов занявших их абонентов, построение маршрутов передачи информации;
- 6) передача информации потребителю по ЛС непосредственно или через сеть-СР.

Варианты организации управления в перспективной автономной КС ДЗЗ:

- 1) ОГ ДЗЗ представляет собой автономную одноранговую сеть – все КА равнозначны и для принятия решения обмениваются информацией между собой, а также, каждый КА ведет базы данных (БД) с информацией о состоянии всей ОГ;
- 2) ОГ ДЗЗ представляет собой автономную многогранговую сеть – выбирается главный КА и его дублер, собирающие информацию о состоянии всей КС и записывающий ее в БД.

Функции ЦУП и НЦ ОМЗ в перспективной автономной КС ДЗЗ сводятся не к управлению отдельным КА ДЗЗ, а заключается в мониторинге состояния всей КС и управлению целевым результатом работы КС.

## **Литература**

1. Пантелеймонов И.Н., Потюпкин А.Ю. Основные направления концепции создания спутниковой глобальной сети передачи данных для космических аппаратов на низких орбитах. // Тез. докл. на 55-х научных чтений памяти К.Э. Циолковского. г. Калуга, 14–15 сент. 2020. Калуга. 2020. Ч.1, С.74–77.

2. Потюпкин А.Ю., Пантелеймонов И.Н., Тимофеев Ю.А., Волков С.А. Управление многоспутниковыми группировками. // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. 2020. Т. 7. Вып. 3. С. 61–70.
3. Волков С.А., Пантелеймонов И.Н., Потюпкин А.Ю., Тимофеев Ю.А., Сергеев А.С., Данилин Н.С. Управление многоспутниковыми орбитальными группировками на базе МКА. // Тез. докл. на 54-х научных чтениях памяти К.Э. Циолковского, г. Калуга, 18-19 сент. 2019. Калуга. 2019. Ч.1, С.73–77.
4. Пантелеймонов И.Н., Филатов В.В., Алешин В.С. Пантелеймонова А.В., Корниенко В.И. Модель перспективной системы связи для передачи информации космического мониторинга на наземный комплекс приема и обработки информации. // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2019. №12. С. 61–76.

УДК 62|396.94.004.72  
eLIBRARY.RU:55.49.00

**Матвеев Ю.А.**

доктор технических наук  
профессор МАИ  
г. Москва

**Мерзлый А.М.**

кандидат технических наук  
старший научный сотрудник  
ИКИ РАН  
г. Москва

**Позин А.А.**

доктор технических наук  
заведующий лабораторией

**Козедра П.А.**

ведущий конструктор

**Щукин Ю.А.**

ведущий инженер  
ИЭМ ФГБУ «НПО «Тайфун»  
г. Обнинск

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОЗДАНИИ СРЕДСТВ ВЫВЕДЕНИЯ СВЕРХЛЕГКОГО КЛАССА ДЛЯ МАЛЫХ КА**

### **APPLICATION OF SOLID FUEL TECHNOLOGIES IN THE CREATION OF ULTRALIGHT CLASS LAUNCH VEHICLES FOR SMALL SPACECRAFT**

**Аннотация.** Рассматриваются геофизические ракетные комплексы на основе твёрдотопливных технологий. Представлены параметры и технические характеристики многоцелевого комплекса Росгидромета МР-30, включая средства подготовки, запуска, связи и передачи информации. Показано, что благодаря заложенной возможности глубокой модернизации комплекс может служить многоцелевым демонстратором современных ракетно-космических технологий. Модернизированный ракетный комплекс (дополненный разгонной ступенью и системой управления) сможет выводит на опорную орбиту (высотой 200-250 км) полезную нагрузку массой до 15-20 кг. (т.е. аппараты тип «кубсат»). Обосновано, что модернизированный ракетный комплекс имеет более высокий потенциал модернизации, основанный на существующем заделе по твёрдотопливным технологиям (для развёртывания группировок малых КА (МКА)) и обеспечит повышение эффективности функционирования гелиогеофизических систем.

**Ключевые слова:** космический аппарат, малый космический аппарат, группировка МКА, геофизические ракеты, средства выведения, эффективное применение технических решений, системы геофизического обеспечения

**Abstract.** Geophysical rocket systems based on solid-fuel technologies are considered. The parameters and technical characteristics of the multipurpose complex of Roshydromet MR-30, including means of preparation, launch, communication and information transmission, are presented. It is shown that due to the inherent possibility of deep modernization, the complex can serve as a multi-purpose demonstrator of modern rocket and space technologies. The upgraded rocket complex (supplemented with an upper stage and a control system) will be able to launch a payload weighing up to 15-20 kg into a reference orbit (200-250 km high) (i.e., kubsat-type vehicles). It is proved that the modernized missile system has a higher modernization potential, based on the existing reserve for solid-fuel technologies (for the deployment of small spacecraft

groups) and will provide an increase in the efficiency of the functioning of heliogeophysical systems.

**Keywords:** spacecraft, small spacecraft, ICA grouping, geophysical rockets, launch vehicles, effective application of technical solutions, geophysical support systems.

Известно, что в настоящее время, несмотря на значительное количество создаваемых МКА в разных странах, выведение их на орбиты (как правило, низкие) осуществляется в качестве попутного груза на «тяжёлых» средствах выведения [1] или, при отсутствии целевой нагрузки, десятки МКА могут выводятся на орбиты одним пуском. Такие способы выведения МКА являются не эффективными, поскольку они привязаны к основной миссии, которая может откладываться, заменяться другой нагрузкой, изменяется время подготовки аппаратуры и т.п. Наши оценки показывают [1, 2], что эффективность эксплуатации МКА будут значительно выше, если для этого класса аппаратов (особенно при развёртывании низкоорбитальных группировок) будут созданы специализированные средства выведения сверхлёгкого класса (СЛК), при этом они должны быть реализованы в более дешёвом и упрощённом варианте и без сложной предстартовой подготовки (с оперативностью не более 2-3 часов). Использование группировок МКА преимущественно на низких орбитах, потребует изготавливать средства выведения сверхлёгкого класса в серийном варианте. Это приведёт к необходимости организации Центра эксплуатации МКА, включающего не только обслуживание системы выведения, но и управление связью и сбором данных. Предпосылки для создания такого центра в РФ имеются [3].

Стремление к удешевлению, упрощению, миниатюризации, унификации компонентов и сокращение времени на создание МКА привело к росту их производства, и появлению новых технологий использования в формате кластеров, систем и группировок. Создание кластеров, системы и группировок требует решения основной задачи – новой транспортной системы (или систем) РН СЛК. Создание транспортных систем этого класса используется для сокращения времени натурной отработки составных частей перспективных комплексов космического назначения (систем межпланетных перелётов, систем посадки на другие планеты и так далее). Опыт создания которых получен на основе использования геофизических исследовательских ракет, одной из которых является МН-300 комплекса РК МР-30.

Анализ применения твёрдотопливных технологий при создании РН СЛК показывает на высокую эффективность этого класса аппаратов, не смотря на имеющиеся недостатки.

Однако, использование твёрдотопливных технологий даёт возможность поднять эффективность ряда смежных областей таких как гелиогеофизические исследования – уменьшения риска недополучения КИ и повышением оперативности ее доставки ряду потребителей путём трансформации имеющихся систем геофизического обеспечения (ГФО) РФ: геофизического мониторинга Росгидромета, геофизического обеспечения Минобороны России (МОРФ), наблюдательной сети Минобрнауки России, наблюдательных сетей Федеральные Органы исполнительной власти (ФОИВ) и организаций [4].

В работе на примере систем ГФО даны предложения по повышению эффективности разрозненных систем путём организации трёхуровневой структуры на основе отечественного и зарубежного опыта, путём интегративных решений, передовых технологий, которые лежат в основе развития экономики и национальной безопасности.

### **Литература**

1. П.А. Козёдра, Ю.А. Матвеев, А.А. Позин, Ю.В. Чикачева, В.М. Шершаков Оценка возможности проекта ракеты-носителя сверхлёгкого класса для формирования спутниковых группировок // Инженерный журнал: наука и инновации № 2, 2021 – 17 с.
2. А.И. Бакланов. Новые горизонты космических систем оптико-электронного наблюдения Земли высокого разрешения // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. 2018. Т.5. № 4. с. 14-27.
3. А.А. Позин, В.А. Шувалов, Ю.А. Щукин, А.А. Яковлев Средства выведения, сверхлёгкого класса на базе геофизических ракет и формирование группировок малых космических аппаратов на низких орбитах для мониторинга окружающей среды // Материалы Симпозиума «Современные, проблемы создания Российских малых космических аппаратов и их использования для решения социально-экономических задач». Сентябрь 2020 г., г. Калуга, ч. 1, с. 58-61.



**Хасанов О.Л.**  
доктор технических наук, профессор  
Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет  
г. Томск

## **ЛЁГКИЙ НАНОКОМПОЗИТ ДЛЯ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ЭКБ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

### **LIGHTWEIGHT NANOCOMPOSITE FOR RADIATION SHIELDING OF THE ELECTRONIC COMPONENT BASE OF SPACECRAFTS**

**Аннотация.** Разработан лёгкий металлокерамический композит для радиационной защиты электронной компонентной базы (ЭКБ) космических аппаратов от комбинированного воздействия электронов, ионов, гамма-излучения, нейтронов. Композит состоит из сплава Al/Mg (защита от электронов, лёгких ионов) с включениями субмикронного порошка  $B_4C$  (защита от нейтронов) и нанопорошка W (защита от излучения). Решена проблема гомогенной консолидации этих различных порошков (легкоплавкого сплава Al/Mg и тугоплавких  $B_4C$ , W) в 100%-плотный композитный материал. Оптимизированы процентное содержание компонентов нанокompозита, режимы электроимпульсного искрового плазменного спекания (ЭИПС) и свободного спекания после прессования гомогенной смеси порошков под мощным ультразвуковым воздействием.

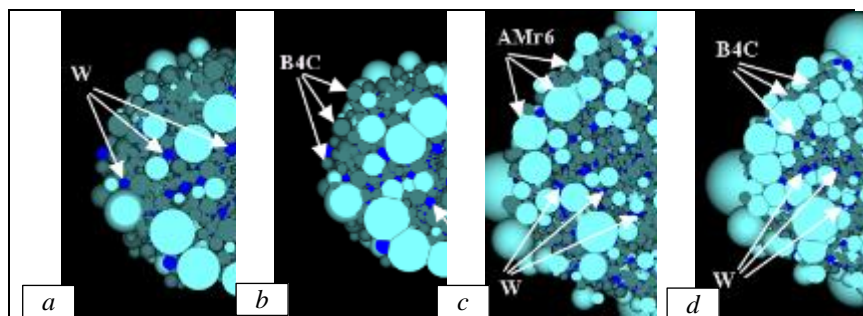
**Ключевые слова:** лёгкий нанокompозит, консолидация до беспористого состояния, комплексная радиационная защита, гамма-излучение, нейтронное излучение, электронное излучение.

**Abstract.** A lightweight metal-ceramic composite has been developed for radiation shielding of the electronic component base of spacecrafts from the combined effects of electrons, ions, gamma radiation, and neutrons. The composite consists of an Al/Mg alloy (protection against electrons, ions) with inclusions of  $B_4C$  submicron powder (protection against neutrons) and W nanopowder (protection against radiation). The problem of homogeneous consolidation of these various powders (low-melting Al/Mg alloy and refractory  $B_4C$ , W) into a 100% - dense composite material is solved. The percentage content of nanocomposite components, the modes of electric-pulse spark plasma sintering (SPS) and free sintering after pressing a

homogeneous mixture of powders with use of the powerful ultrasound assistance are optimized.

**Keywords:** lightweight nanocomposite, consolidation to a nonporous state, complex radiation shielding, gamma radiation, neutron radiation, electronic radiation.

Цель работы – разработка технологии получения лёгкого композитного материала, обеспечивающего эффективную радиационную защиту электронной компонентной базы (ЭКБ) от комбинированного воздействия электронов, ионов, гамма-излучения, нейтронов. Разработан металлокерамический композит на основе сплава алюминия с магнием АМг 6 (защита от электронов, ионов) с включениями субмикронного порошка В<sub>4</sub>С (защита от нейтронов) и нанопорошка W (защита от гамма-излучения). Решена проблема однородной консолидации этих различных по теплофизическим свойствам порошков в 100%-плотный композитный материал. Определено оптимальное содержание каждого порошкового компонента (АМг 6 89,2об.% + В<sub>4</sub>С 7,5об.% + W 3,3об.%), обеспечивающее беспористую упаковку частиц всех компонентов в матрице сплава. Оптимизация проведена методом моделирования дискретных элементов (S3D PorouStructure, алгоритм Ичикавы) и экспериментальной верификацией после спекания композита (Рис. 1).



**Рис. 1.** Модели упаковки частиц компонентов смеси композита с минимально допустимым (*a, b*) и оптимальным (*c, d*) по критерию плотности содержанием легкоплавкого матричного сплава АМг 6 и дисперсных тугоплавких наполнителей В<sub>4</sub>С, W. (*a, c*) - в состоянии свободной укладки; (*b, d*) - после 25% деформации пластичных частиц АМг 6

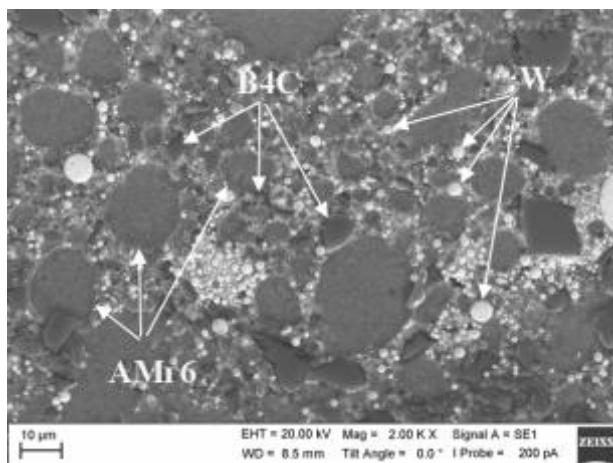
Применены порошки российского производства: сплав АМг 6 («РедМетСплав»), В<sub>4</sub>С («ОКБ-бор»), нанопорошок W, полученный методом электрического взрыва проводников в Томском политехническом университете.

Прессованием сухой гомогенной смеси порошков с оптимальным содержанием компонентов композита при комнатной температуре давлением 800 МПа, с применением мощного ультразвукового воздействия [1], были получены прессовки плотностью 95,1% без спекания, тогда как известный способ горячей экструзии для консолидации этого композита обеспечивает только 95% относительной плотности. Последующее вакуумное спекание полученных прессовок плотностью 95,1% при температуре 590°C позволило достичь плотности композита 96,8% [2].

Установлено, что исследуемые композиты не могут быть консолидированы до беспористого состояния свободным спеканием, поскольку консолидация спрессованных частиц компонентов с уменьшением свободной поверхности при температурах меньше температуры плавления сплава АМг 6 ( $T_{пл} = 600^\circ\text{C}$ ) лимитирована наличием в межчастичном пространстве матрицы АМг 6 плотно упакованных тугоплавких частиц В<sub>4</sub>С и W, для спекания которых требуются значительно более высокие температуры.

Уплотнение композита при  $T < T_{пл}$  АМг 6 возможно только за счёт пластической деформации и принудительного течения матричного материала под давлением (интрузии) в поровое пространство дисперсного наполнителя, вплоть до заполнения им всех пор. Для полной консолидации исследуемых композитов наиболее перспективным является метод электроимпульсного искрового плазменного спекания (ЭИПС, spark plasma sintering - SPS) – вакуумное спекание смеси порошков при их постоянной подпрессовке.

Методом ЭИПС (температура 490°C, давление подпрессовки 39 МПа, длительность спекания 10 мин) получен 100%-плотный композит (3,14 г/см<sup>3</sup>), имевший модуль Юнга 98,6 ГПа; ползучесть при нагрузке 1,45; долю упругой деформации при наноиндентировании 22,4; микротвердость  $HV_{200}$  420 [3] – Рис.2.



**Рис.2.** Беспористая микроструктура разработанного металло-керамического нанокompозита

Радиационные испытания образцов композита проводились на исследовательском ядерном реакторе Томского политехнического университета ИРТ-Т. Для композита, по сравнению со стандартным сплавом АМг 6, коэффициенты затухания тепловых и надтепловых нейтронов оказались в 2,2 раза больше, а для излучения – в 1,34 раза больше [4].

Оптимальный состав и способ спекания разработанного композита запатентованы [5]. В России и за рубежом не изготавливаются такие относительно лёгкие композиты, имеющие свойства комплексной радиационной защиты от комбинированного воздействия электронов, нейтронов, гамма-квантов.

Работа выполнена по теме Госздания «Наука» 5.0017.ГЗБ.2020 (FSWW-2020-0014).

## Литература

1. Khasanov O.L., Dvilis E.S. Net-shaping nanopowders with powerful ultrasonic action and methods of the density distribution control // *Advances in Applied Ceramics*. – 2008. - V. 107. - №3. - P. 135-141.
2. Хасанов О.Л., Двилис Э.С., Хасанов А.О., Петюкевич М.С., Ремизов И.И. Легкий композиционный материал для космической техники. // Сб. докладов конференции «Современные достижения в области создания перспективных неметаллических композиционных материалов и покрытий для авиационной и космической техники».

ФГУП ВИАМ – 2015. - Ч.2. <http://www.conf.viam.ru/conf/172/proceedings>. – С. 6-21.

3. Dvilis E.S., Khasanov O.L., Gulbin V.N., Petyukevich M.S., Khasanov A.O., Olevsky E.A. Spark plasma sintering of aluminum-magnesium-matrix composites with boron carbide and tungsten nano-powder inclusions: modeling and experimentation // JOM. – 2016. - V.68. - №3. – P. 908 – 919.

4. Khasanov O., Dvilis E., Petyukevich M., Shamanin I. Metal-ceramic nanocomposite for radiation shielding of electronics // Proceedings «7<sup>th</sup> International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects». – 2020. - P. 1076–1079. DOI: 10.1109/EFRE47760.2020.9242100.

5. Способ получения алюмоматричного композитного материала. Патент 2616315 (Россия) С22С1/05 МПК8. Заявка №2015152345 от 2015.12.07 / Двилис Э.С., Толкачев О.С., Петюкевич М.С., Хасанов О.Л.; Томский политехнический университет.

УДК 629.7800.14

eLIBRARY.RU: 89.00.00

**Лизунов С.А.**

директор проекта

**Журавлев Р.И.**

начальник отдела

**Лизунов А.А.**

ведущий научный сотрудник

АО «ВПК «НПО машиностроения»

г. Реутов

**СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МС «ЧИБИС», НАУЧНЫЕ  
И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ  
ПРОИЗВОДСТВА, ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
И РЕКОМЕНДАЦИИ НА БУДУЩИЕ МС**

**MS POWER SUPPLY SYSTEM «CHIBIS», SCIENTIFIC AND  
METHODICAL PRINCIPLES FOR FACTORY MANAGEMENT,  
OPERATING EXPERIENCE AND RECOMMENDATIONS FOR  
FORTHCOMING MS**

**Аннотация.** растущий интерес заказчиков к МС объясняется тем, что за счет упрощения и снижения массогабаритных показателей

уменьшается стоимость разработки и изготовления, а также услуг по выведению на орбиту и обслуживанию (управления). МС «Чибис» предназначен для реализации нового геофизического эксперимента по комплексному изучению физических процессов при атмосферных грозных разрядах в самом широком диапазоне энергий – от радио до гамма излучений.

**Ключевые слова:** система электроснабжения, отказоустойчивость, новизна, практическая полезность, микро- и наноспутники.

**Abstract.** a growing interest of Customers in the MS is due to simplification and reduction of mass and dimensions parameters, causing the price-cutting of development and manufacture as well as services required for orbit injection and maintenance (monitoring). «Chibis» MS is meant for implementation of new geophysical experiment related to the integrated study of physical processes at atmospheric storm discharge within the widest range of energies- from radio up to gamma- ray.

**Keywords:** power supply system, fault tolerance, novelty, practicality, micro-and nano-satellites.

В настоящее время увеличился интерес заказчиков к МС. Такой интерес объясняется уменьшением стоимость разработки, изготовления, услуг по выведению на орбиту и обслуживанию (управления) МС. Осуществляется это посредством упрощения конструкции и снижения массогабаритных показателей. [4]

Тем не менее выдвигаются требования к высокому уровню надежности, эффективности, сроку службы энерговооруженности, радиационной стойкости и другим важным параметрам бортовой аппаратуры.

Цель данной работы – нахождение способа удешевления стоимости разработки, создания и эксплуатации СЭС МС.

Постановка задачи данной работы – поиск компромисса между уменьшением массогабаритных показателей бортовой системы и сохранением высокого уровня требований к параметрам космической техники. [3]

Основа метода решения задачи – детальный анализ требований к отказоустойчивости СЭС, т.к., в первую очередь, от ее надежности зависит функционирование всего МС.

Показателем надежности СЭС МС (согласно ТЗ) является вероятность безотказной работы (ВБР), которая должна быть не менее 0,995 на срок активного существования (САС). При выполнении расчета надежности использованы положения ГОСТ РО 1410-001-2009, ГОСТ 27.301-95, ГОСТ Р 51901.14-2007. [5, 6, 7]

Отказоустойчивость системы, в основном, достигается с помощью различных способов резервирования ее критичных элементов.

Проведенные расчеты и анализ критичных элементов и всей СЭС МС «Чибис» в целом позволили спроектировать надежную систему с минимально необходимым резервированием. [1]

Независимо от применяемого метода, рассчитывался показатель критичности С, критичность отказа является количественной оценкой и рассчитан по формуле согласно приложению В ГОСТ 27.301-95:

$$C = V_1 \times V_2 \times V_3, \text{ где}$$

$V_1$  – оценка вероятности отказа (возникновения) в баллах;

$V_2$  – оценка последствий отказа (тяжесть последствия) в баллах;

$V_3$  – оценка вероятности обнаружения отказов до поставки изделия потребителю в баллах.

Новизна работы заключается в предложенной схеме построения СЭС МС.

Практическая полезность данной работы заключается в рекомендациях разработчикам МС.

Результаты работы применимы в области создания микро- и наноспутников. [2]

## Литература

1. Анализ работы СЭП микроспутника «Чибис» по результатам ЛКИ, Лизунов А.А., Тарасов В.С. [и др.] (XXXVIII Академические чтения по космонавтике имени академика В.Н. Челомея), // Реутов 2014, С. 237-240.
2. Повышение энергоэффективности космических аппаратов при сохранении массово-габаритных характеристик, Лизунов А.А. Журавлев Р.И. [и др.] (XXXV академические чтения по космонавтике), секция №3, // Москва 2011, С. 93-94.
3. Весовое совершенство летательных аппаратов, Виноградов Ю.И., Маслов А.И. (XLV академические чтения по космонавтике) секция № 3 // Москва 2020, С. 85-109.
4. Изменения подходов создания и использования малоразмерных космических аппаратов в перспективных космических системах, Таланов А.А., Федотов С.А. [и др.] (XLII Академические чтения по космонавтике имени академика В.Н. Челомея), // Реутов 2018, С. 428-438.
5. Расчет надежности. Основные положения. ГОСТ РО 1410-001-2009;
6. Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. ГОСТ 27.301-95.

7. Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов.  
ГОСТ Р 51901.14-2007 (МЭК 60812:2006).

УДК: 629.78:621.368  
eLIBRARY.RU: 55.49.51

**Могулкин А.И.**

кандидат технических наук  
начальник отдела

**Мельников А.В.**

кандидат технических наук  
инженер

**Обухов В.А.**

кандидат технических наук  
ведущий научный сотрудник

**Пейсахович О.Д.**

инженер - конструктор  
НИИ ПМЭ МАИ  
г. Москва

## **КОЛЛОИДНЫЕ ЭЛЕКТРОРАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ И ПЕРСПЕКТИВА ИХ ПРИМЕНЕНИЯ**

### **COLLOID ELECTRIC THRUSTER AND PROSPECTS OF THEIR APPLICATION**

**Аннотация.** Работа посвящена анализу текущего состояния в области применения коллоидных электроракетных двигателей на сверхмалых космических спутниках – кубсатах, изучению особенностей физических процессов, протекающих в данном типе двигателей и их теоретическому исследованию. Также представлен анализ требований к стендовому оборудованию, необходимому для отработки этого типа электроракетных двигателей и верификации результатов физико-математического моделирования.

**Ключевые слова:** электроракетный двигатель, коллоидный электроракетный двигатель, двигательная установка, кубсат.

**Abstract.** The work is devoted to the analysis of the current state in the field of application of colloid electric propulsion on ultra-small space satellites – cubesats, the study of the features of the physical processes occurring in this type of engines and their theoretical study. An analysis of the requirements for bench equipment required for testing this type of



electric propulsion and verification of the results of physical and mathematical modeling is also presented.

**Keywords:** electric propulsion, colloid electric propulsion, propulsion system, cubesat.

Сегодня, в области космической техники наблюдается тенденция к разработке и более активной эксплуатации сверхмалых спутников – кубсатов. Такие космические аппараты позволяют решать широкий круг научных и телекоммуникационных задач, а также обеспечить выполнение других гражданских целей. Главными преимуществами спутников такого типоразмера (габаритные размеры CubeSat – 10x10x10 см при массе не более 1,33 кг) является возможность значительного снижения временных и финансовых ресурсов на разработку, изготовление и запуск КА на рабочую орбиту. За счёт малой массы и габаритов наноспутников также появляется возможность одним запуском вывести целую группировку таких аппаратов.

При этом в ряде случаев возникает потребность в разведении этих спутников по рабочим позициям и обеспечении требуемой пространственной ориентации в течение всего периода эксплуатации, что может быть обеспечено за счёт использования электроракетной двигательной установки. Однако, при решении данной задачи необходимо учитывать малую энерговооружённость кубсатов и наличие жёстких ограничений по массе и габаритам. При таких условиях одним из наиболее подходящих типов ЭРД является коллоидный электроракетный двигатель (КЭД), который основан на электростатическом распылении электропроводной жидкости. Энергопотребление двигателя этого типа может составлять менее 10 Вт [1]. Кроме того, рабочий процесс в КЭД не сопровождается каким-либо тепловыделением, что положительно сказывается на его эксплуатации на сверхмалых КА.

В КЭД электропроводная жидкость подаётся через капиллярные трубки, к которым приложен высокий положительный электрический потенциал, достигающий в некоторых случаях 10 кВ. Вытягивающий электрод, который представляет собой перфорированную пластину, находится под отрицательным потенциалом, обычно менее 2 кВ. Между вытягивающим электродом и капилляром возникает электростатическое поле с высокой напряжённостью, которое и способствует образованию наноразмерных заряженных капель и их дальнейшему ускорению. Для обеспечения стабильной работы КЭД положительный заряд извлекаемых капель на выходе из двигателя

должен быть скомпенсирован. Это обеспечивается с помощью электронов, которые эмитируются с катода-нейтрализатора. В качестве рабочего тела в КЭД используются растворы солей с ионной связью в высокополярных жидкостях или ионно-проводящие жидкости, которые имеют низкую упругость паров при комнатной температуре: растворы  $KJ$  и  $NaJ$  в формамиде или глицерине, чистый  $Emi-Im$  (одноэтилтриметилимидазолиумбисимид) или его раствор в трибутилфосфате.

В России исследования в области КЭД были приостановлены ещё в 2005 году. И на сегодняшний день этот тип двигателя доведен до лётных моделей только в США фирмой Busek [2]. Их модель двигателя обеспечивает тягу в диапазоне от 1 до 20 мкН при удельном импульсе более 500 с и потребляемой мощности 6 Вт.

Современные тенденции развития в космической отрасли показывают, что это направление будет весьма востребованным в ближайшее время и возобновление исследований КЭД в России является важной актуальной задачей. Поэтому в Научно-исследовательском институте прикладной механики и электродинамики МАИ были начаты работы в этом направлении. Уже были проведены различные теоретические исследования по определению наиболее оптимальных параметров рабочего процесса КЭД и сейчас разрабатывается лабораторная модель двигателя для экспериментальной отработки этой технологии.

Согласно теоретическим оценкам, приемлемые характеристики КЭД можно обеспечить, если удельный заряд капель находится на уровне 5000 Кл/кг или выше. Для достижения такого показателя необходимы теоретические и экспериментальные исследования физических процессов, которые приводят к эмиссии заряженных капель с поверхности жидкости, а также оценки влияния различных факторов (электропроводящих свойств жидкости, параметров электрического поля, расхода жидкости) на удельный заряд.

Анализ имеющихся экспериментальных данных показал, что для стабильной работы КЭД необходимо, чтобы реализовывался одноструйный режим распыления жидкости. Для определения условий, которые соответствуют такому режиму работы были получены параметрические зависимости удельного заряда эмитируемых капель от физических свойств используемых жидкостей. Было показано, что электропроводность используемой жидкости должна быть не ниже  $1 \text{ Ом}^{-1}\text{м}^{-1}$ . Таким образом, результаты проведённых в НИИ ПМЭ МАИ теоретических исследований

позволили скорректировать направление для дальнейшей экспериментальной отработки КЭД.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках гранта по гос. заданию № FSFF-2020-0014.

### **Литература**

1. Vlad Hruby, Manuel Gamero-Castaño, Paul Falkos, and Suren Shenoy Micro Newton Colloid Thruster System Development IEPC-01-281 // Proc. of 27th International Electric Propulsion Conference, 15-19 Oct. 2001, Pasadena, California, USA.
2. John K. Ziemer, Thomas M. Randolph, Manuel Gamero-Castaño Flight Hardware Development of Colloid Microthruster Technology for the Space Technology 7 and LISA Missions IEPC-2007-288, Proc. of the 30th International Electric Propulsion Conference, 17-20 Sep. 2007, Florence, Italy.

УДК: 629.78:621.368  
eLIBRARY.RU: 55.49.51

**Богатый А.В.**

начальник отдела

**Богатый В.И.**

ведущий инженер

**Гордеев С.В.**

инженер

**Любинская Н.В.**

кандидат технических наук

научный сотрудник

**Попов Г.А.**

доктор технических наук

академик РАН

директор

НИИ ПМЭ МАИ

г. Москва

**РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ЭЛЕКТРОРАКЕТНОЙ  
ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ НА БАЗЕ АБЛЯЦИОННОГО  
ИМПУЛЬСНОГО ПЛАЗМЕННОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ  
КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ФОРМАТА «CUBESAT»**

**DEVELOPMENT OF PROTOTYPE OF ELECTRIC PROPULSION  
SYSTEM BASED ON ABLATIVE PULSED PLASMA THRUSTER  
FOR THE SPACECRAFT OF «CUBESAT» FORMAT**

**Аннотация.** В НИИ ПМЭ МАИ создается двигательная установка на базе абляционного импульсного плазменного двигателя для работы в составе космического аппарата типа «CubeSat». В докладе описывается состояние работ по созданию данной двигательной установки. Разработан лабораторный образец двигательной установки, по результатам испытаний которого приведены основные характеристики разрабатываемого двигателя: уровень тяги - 0.1...0.2 мН, потребляемая мощность – 7...16 Вт.

**Ключевые слова:** электроракетный двигатель, абляционный импульсный плазменный двигатель, система питания и управления, двигательная установка.

**Abstract.** Research Institute of Applied Mechanics and Electrodynamics of Moscow Aviation Institute (RIAME MAI) develops the electric propulsion system based on ablative pulsed plasma thruster for operation as part of spacecraft of «CubeSat» type. The paper describes the state of work on development the propulsion system. The laboratory model of the propulsion system is developed and tested and the main thruster characteristics are shown: the thrust level - 0.1...0.2 mN, the power consumption 7...16 W.

**Keywords:** electric propulsion, ablative pulsed plasma thruster, power processing unit, propulsion system.

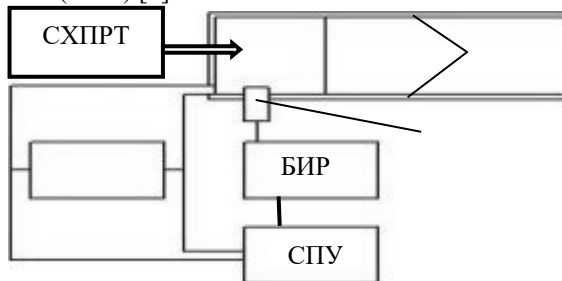
Одной из тенденций для современных космических аппаратов является увеличение доли малых космических аппаратов [1]. В том числе все больше создается аппаратов типа «CubeSat», которые получают все большую функциональность по мере развития технологий. В НИИ ПМЭ МАИ создается двигательная установка на базе абляционного импульсного плазменного двигателя для работы в составе космического аппарата формата «CubeSat».

**Материал и методы**

Принцип действия абляционного импульсного плазменного двигателя (АИПД) основан на ускорении электромагнитными и

газодинамическими силами плазменного сгустка, образующегося в результате абляции и частичной ионизации рабочего тела (РТ) (фторопласта-4) в электрическом разряде [2].

Двигательная установка (ДУ) (рисунок 1) включает в себя: абляционный импульсный плазменный двигатель с системой хранения и подачи рабочего тела (СХПРТ) и блоком накопления энергии (БНЭ), блок инициирования разряда (БИР) и систему питания и управления двигателем (СПУ) [3].



**Рис. 1.** Принципиальная схема ДУ с АИПД

В двигателе предусмотрена система хранения и подачи рабочего тела, представляющая из себя подпружиненные шашки РТ, перемещающиеся по круговым направляющим к разрядному каналу.

Блок накопления энергии, представляет собой конденсаторную батарею, электрически связанную с электродами. Конденсаторная батарея для малоразмерного двигателя состоит обычно из одного-трёх конденсаторов. В НИИ ПМЭ МАИ проведены исследования по подбору подходящих параметров таких конденсаторов для улучшения характеристик АИПД [4].

Блок инициирования разряда используется для генерирования высоковольтного импульса, подаваемого на свечу поджига. В результате срабатывания свечи, в разрядном канале образуются заряженные частицы, приводящие к пробое между электродами разрядного канала и импульсному разряду конденсаторов БНЭ.

Система питания и управления двигателем служит для преобразования бортового напряжения питания в напряжение зарядки конденсаторной батареи БНЭ (около 1200 В). Кроме того, в состав СПУ входит система телеметрии.

### **Результаты и обсуждение**

Ориентируясь на малоразмерные космические аппараты и учитывая их особенности, в НИИ ПМЭ МАИ был создан ряд лабораторных образцов АИПД. Проведены испытания этих образцов на стенде НИИ ПМЭ МАИ. Экспериментальный стенд НИИ ПМЭ МАИ

позволяет измерить среднюю тягу двигателя с помощью тягоизмерительного устройства. Расход РТ определяется взвешиванием шашек рабочего тела до и после серии импульсов. Также были разработаны лабораторные образцы СПУ и БИР для работы совместно с АИПД в составе ДУ и проведены их испытания на воздухе. На основе этого опыта в таблице 1 представлены основные характеристики ДУ на базе АИПД для космического аппарата (КА) формата «CubeSat»

Таблица 1. Характеристики ДУ на базе АИПД для малоразмерного КА.

Наименование характеристики		Значение
Энергия разряда		6-7 Дж
Единичный импульс		0,1 мН·с
Расход рабочего тела за один импульс		0,02 мг/импульс
Среднемассовая скорость истечения (удельный импульс)		5-6 км/с
Тяговая эффективность		5%
Ресурс по запасу рабочего тела		10 <sup>7</sup> импульсов
Суммарный импульс		1000 Н·с
Полная масса двигателя с запасом рабочего тела		1,5-2 кг
Рабочая частота импульсов	1 Гц	2 Гц
Потребляемая мощность ДУ	7-8 Вт	14-16 Вт
Средняя тяга	0,1 мН	0,2 мН

## Литература

1. Макриденко Л.А., Боярчук К.А. Микроспутники. Тенденция развития. Особенности рынка и социальное значение // Журнал «Вопросы электромеханики». Труды НПП ВНИИЭМ. – 2005. – т. 102. – с. 12-27.
2. Антропов Н.Н., Богатый А.В., Дьяконов Г.А., Любинская Н.В., Попов Г.А., Семенихин С.А., Тютин В.К. Новый этап развития абляционных импульсных плазменных двигателей в НИИ ПМЭ // Вестник ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина». Космонавтика и ракетостроение. 2011. – № 5. – С. 30-40.
3. Антропов Н.Н., Дьяконов Г.А., Попов Г.А., Харламов В.С., Богатый А.В., Любинская Н.В., Даньшов Ю.Т., Нечаев И.Л., Семенихин С.А., Яковлев В.Н., Тютин В.К. Корректирующая двигательная установка с абляционным импульсным плазменным двигателем для малых космических аппаратов // Вестник ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина». 2013 – № 5 (21) – С. 33-37.
4. Diakonov G.A., Lyubinskaya N.V., Semenikhin S.A. Influence of the discharge circuit inductance on the ablative pulsed plasma thruster

performance // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. - V. 868, No. 1. -Art. 012025.

УДК: 629.78

eLIBRARY.RU: 89.57.25

**Асташкин А.А.**

кандидат технических наук  
ведущий научный сотрудник

**Карелин А.В.**

доктор физико-математических наук, доцент  
начальник отдела

**Кузьмин Ю.А.**

кандидат технических наук  
начальник сектора

**Лапшин Е.А.**

инженера II категории

**Пластинин Ю.А.**

кандидат технических наук  
начальник сектора

**Твердохлебова Е.М.**

кандидат технических наук  
заместитель начальника Центра

**Хартов В.В.**

доктор технических наук  
генеральный конструктор по автоматическим  
космическим системам и комплексам  
заместитель генерального директора  
АО «ЦНИИмаш»  
г. Королёв

**НИЗКООРБИТАЛЬНАЯ СИСТЕМА МАЛЫХ И СВЕРХМАЛЫХ  
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДЛЯ ГЛОБАЛЬНОГО И  
ЛОКАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ И  
МАЛЫХ ГАЗОВЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ АТМОСФЕРЫ**

**LOW-ORBITAL MICRO AND NANOSATELLITE SYSTEM FOR  
GLOBAL AND LOCAL MONITORING OF GREENHOUSE AND  
TRACE GASES**

**Аннотация.** В докладе обоснована актуальность и возможность использования систем малых и сверхмалых космических аппаратов,

позволяющих осуществить глобальный и локальный мониторинг парниковых газовых и малых газовых составляющих атмосферы Земли с периодичностью, необходимой для решения проблем климатологии и глобального потепления в соответствии с требованиями Всемирной Метеорологической Организации (ВМО) к наблюдениям из космоса. Приведены примеры и показаны возможности создания приборов и платформы для малых и сверхмалых космических аппаратов, и орбитальных группировок на их основе для решения задачи мониторинга парниковых газов и малых газовых составляющих.

**Ключевые слова:** парниковые газы, орбитальная группировка, служебная платформа, полезная нагрузка, микроспутники, наноспутники

**Abstract.** In the report relevance and possibility of use micro- and nanosatellite system for global and local monitoring of greenhouse and trace gases is proposed. The system meets World Meteorological Organization's requirements in terms of frequency of observations from space. The article provides examples and explains possibilities of creating payloads and platforms for constellations based on small spacecraft for greenhouse and trace gases monitoring.

**Keywords:** remote Earth sensing, greenhouse gases, satellite constellation, service platform, payload, microsattelites, nanosatellites.

В настоящее время проблема мониторинга содержания парниковых газов является крайне актуальной. В частности, важной задачей является определение «углеродного баланса» (или «углеродного следа»), то есть получение количественных данных об истоках и стоках парниковых газов (в основном углеродного газа и метана, а также таких газов как: закись азота, озон и др.) на территории страны или всего Земного шара, а также механизмов их трансформации.

Согласно требованиям ВМО, космические средства должны обеспечивать глобальный мониторинг МГС, в том числе парниковых газов, с временным разрешением от 4 до 8 часов (для КА на низких околоземных орбитах). Например, для того чтобы обеспечить временное разрешение 4 часа при использовании спутников на ССО высотой 800 км и аппаратурой, осуществляющей измерения на дневной стороне Земли с полосой захвата 2800 км, необходимо иметь 6 одновременно работающих КА, а при полосе захвата 1400 км – 12 КА соответственно.

Сложился мировой тренд – запуск группировок малых спутников (МС) вместо единичных КА ДЗЗ. Наряду с созданием КА малого класса начаты проектные исследования многоспутниковой КС на



основе сверхмалых МС и микроспутников с суммарными массовыми показателями порядка 20 – 30 и 100 – 150 кг соответственно. Сверхмалые МС ДЗЗ типа кубсат предназначены для формирования многоспутниковой КС с целью высокопериодической съёмки поверхности Земли в режиме реального времени для мониторинга содержания малых газовых составляющих (МГС), метеорологических и стихийных природных явлений.

Многочисленность КС требует, чтобы она строилась на основе лёгких и недорогих МС. Это может быть достигнуто путём реализации следующих принципов: использование для съёмки максимально низких орбит: 400 – 500 км и менее; использование миниатюрной оптики; достижение суммарной массы спутников 20 – 150 кг.

В настоящее время на орбите работают три канадских СМКА типа кубсат GHGSat-D (Claire), GHGSat C1 (Hugo) и GHGSat C2 (Iris) для мониторинга эмиссий метана и углекислого газа [1]. Масса каждого спутника составляет 15 кг при габаритах 20 см × 30 см × 40 см. В качестве полезной нагрузки на данном КА установлен изображающий гиперспектрометр массой 6 кг, работающий по принципу статичного интерферометра Фабри-Перо (ИФП). Планируется, что к концу 2022 года группировка будет доведена до десяти СМКА.

В докладе рассматривается возможность реализации мониторинга глобального содержания парниковых газов и других МГС с помощью российской группировки СМКА на базе платформ для микроспутников класса кубсат российских производителей: разработки спутника модульного типа коммерческой организацией АО «Спутникс» (Сколково) или АО «ИСС» в кооперации с ООО «НПЦ «МКА».

В качестве целевой аппаратуры рассматривается гиперспектрометр, с весовыми и габаритными характеристиками, позволяющими установить его на микро КА [2], который решает задачу определения содержания аэрозолей и малых газовых составляющих в тропосфере и стратосфере Земли, в том числе парниковых газов.

## **Литература**

1. Jervis D., McKeever J., Durak B. et al. The GHGSat-D imaging spectrometer – Atmos. Meas. Tech, 2021, v. 14, pp. 2127 – 2140.
2. Брычихин М.Н., Кривошеин В.В., Кротков А.Ю. и др. Гиперспектрометр СА-МП для определения молекулярного и аэрозольного содержания атмосферы Земли – Космонавтика и ракетостроение, 2016, вып. (93), с. 110 – 116.

УДК 537.67  
eLIBRARY.RU: 06.73.21

**Забродский А.Х.**  
главный специалист  
АО «НПК «СПП»  
г. Москва

**Катенин В.А.**  
доктор военных наук, профессор  
учёный секретарь АО «ГНИНГИ»  
г. Санкт-Петербург;

**Мозгов К.С.**  
кандидат физико-математических наук  
ведущий научный сотрудник

**Ренский С.И.**  
старший научный сотрудник  
АО «НПК «СПП»  
г. Москва

**Чубыкин А.А.**  
доктор технических наук  
главный научный сотрудник  
АО «ГНИНГИ»  
г. Санкт-Петербург  
АО «НПК «СПП», Россия  
г. Москва

**БОРТОВЫЕ СРЕДСТВА РЕГИСТРАЦИИ МАЛОЗАМЕТНЫХ  
КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ  
ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО  
РЕГИСТРАТОРА**

**ON-BOARD FACILITIES FOR REGISTERING OF THE HARDLY  
NOTICABLE SPACE OBJECTS ON THE BASIS OF HIGH SPEED  
ELECTRON-OPTICAL DETECTOR**

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы повышения эффективности космических средств поиска, обнаружения и уточнения характеристик потенциально опасных объектов (ПОО), в том числе в рамках решения актуальных проблем астероидно-кометной опасности и космического мусора. Предлагается создать систему бортовых высокоскоростных оптико-электронных регистраторов (ВСОЭР) для обнаружения таких

объектов на фоне свечения звёздного неба, а также оценки их размеров и уточнения параметров движения.

**Ключевые слова:** потенциально опасный объект (ПОО), астероидно-кометная опасность (АКО), космический мусор, покрытие звезды.

**Abstract.** The questions of efficiency improvement of the space means for search, detection and precise characterization of the potentially hazardous space objects in the context of actual problems of asteroid and comet threats and space debris are examined in the report. It is suggested to create on-board high speed electron-optical sensors for detections and registering such objects on the stellar light background and also for their size estimation and orbit characterization.

**Keywords:** Potentially Hazardous Objects (PHO), asteroid, space debris, on-board sensors, orbit characterization, stellar occultation.

Мониторинг ПОО, представляющих потенциальную угрозу при столкновении с Землёй и с космическими аппаратами, является важнейшей практической задачей. В настоящее время зарегистрирована лишь малая часть объектов, относящихся по характеру угрозы для Земли к астероидно-кометной опасности. Актуальной для этого класса угроз является задача обнаружения малых небесных тел размером 50 – 100 м на расстоянии до 10 млн. км от Земли, имеющих наиболее высокую вероятность столкновения с Землёй. Другой класс небесных тел, представляющих космическую угрозу - это космический мусор.

В дополнение к традиционным методам обнаружения и регистрации опасных небесных тел (наблюдение в мощные телескопы в отражённом солнечном свете, активная радиолокация, наблюдение излучения в ИК диапазоне) предлагается использовать обнаружение космических объектов на фоне свечения звёздного неба [1-4]. Регистрация так называемого покрытия звезды, заключающегося в кратковременном перекрытии света звезды пролетающим на её фоне небесным телом, может выполняться системой высокоскоростных оптико-электронных регистраторов (ВСОЭР). ВСОЭР должен непрерывно отслеживать яркость известных небесных объектов, попадающих в его поле зрения, и по кратковременным изменениям яркости обнаруживать на фоне неба пролёт интересующих небесных объектов. Существенное ухудшение возможности обнаружения коротких изменений свечения звёзд может внести влияние атмосферы. Поэтому размещение таких датчиков предпочтительно высоко в горах, на различных летающих объектах в атмосфере Земли (самолёты,

дирижабли) и на космических аппаратах. Один из вариантов ВСОЭР может быть построен на основе технических решений, использованных при разработке бортового прибора, предназначенного для космической регистрации координат мощных вспышек, а также молний и сгорающих в атмосфере астероидов.

В докладе обсуждаются особенности физического явления - покрытия звезды малым космическим объектом; приводятся результаты расчётов в рамках теории дифракции Кирхгофа и принципа Гюйгенса-Френеля параметров наблюдаемой дифракционной картины; оценивается вероятность наблюдения такого явления.

Предлагаемая система обнаружения и уточнения характеристик потенциально опасных малых астероидов, комет и космического мусора по покрытию звёзд может дополнить возможности опτικο-электронных систем контроля космического пространства и опτικο-электронных комплексов обнаружения космического мусора, разрабатываемых в АО «НПК «СПП» в случае, когда объект имеет малые размеры для прямого обнаружения в телескоп в отражённом солнечном свете или находится в области между Солнцем и космическим аппаратом с ВСОЭР. В этих случаях имеется вероятность зарегистрировать его в моменты покрытия достаточно ярких звёзд, в результате диапазон обнаруживаемых космических объектов расширяется.

### **Литература**

1. Roques F., Moncuquet M., and Sicardy B. Stellar occultations by small bodies: Diffraction effects. // *Astron. J.*, No. 93, 1987. pp. 1549-1558.
2. Nihei T.C., Lehner M.J., Bianco F.B., King S.K., Giammarco J.M., and Alcock C. Detectability of occultations of stars by objects in the Kuiper belt and Oort cloud. // *Astron. J.*, No. 134, 2007. pp. 1596-1612.
3. Roques F., Georgevits G., and Doressoundiram A. The Kuiper Belt Explored by Serendipitous Stellar Occultations // In: *The Solar System Beyond Neptune* / Ed. by Barucci M.A., Boehnhardt H., Cruikshank D.P., and Morbidelli A. Tucson: University of Arizona Press, 2008. pp. 545-556.
4. Roques F., Moncuquet M. A Detection Method for Small Kuiper Belt Objects: The Search for Stellar Occultations // *Icarus*, No. 147, 2000. pp. 530-544.

**Щеглов Г.А.**  
доктор технических наук  
профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана  
**Рипка Н.Д.**  
студент  
МГТУ им. Н.Э. Баумана  
г. Москва

**РАЗГОННЫЙ БЛОК ДЛЯ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ  
АППАРАТОВ С ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ  
НА ХОЛОДНОМ ГАЗЕ**

**SMALL SPACECRAFTS UPPER STAGE WITH  
COLD GAS THRUSTERS**

**Аннотация.** Представлены результаты исследовательской работы, посвященной выбору проектных параметров малого разгонного блока массой 80 кг для доставки на коммерческой основе полезной нагрузки с круговой орбиты высотой 500км на круговую компланарную орбиту высотой 800км. Рассмотрены результаты функционально-стоимостного анализа и конструктивно-компоновочная схема аппарата. Показано, что предлагаемый разгонный блок, обладая малым запасом характеристической скорости, тем не менее является наиболее экономичным вариантом в своем классе.

**Ключевые слова:** разгонный блок, малый космический аппарат, двигательная установка на холодном газе, низкая околоземная орбита, конструктивно-компоновочная схема.

**Abstract.** The paper presents the results of research work devoted to the selection of design parameters for a small upper stage with a mass of 80 kg for the delivery on a commercial basis of a payload from a circular orbit with an altitude of 500 km to a circular coplanar orbit with an altitude of 800 km. Functional cost analyzes and structural-layout diagram of the vehicle are considered. It is shown that the proposed upper stage, having a small delta-V budget, is nevertheless the most economical option in its class.

**Keywords:** upper stage, small satellite, cold gas thruster, low earth orbit, structural layout.

В настоящее время, в процессе освоения околоземного космического пространства, наметилась тенденция к уменьшению размеров и массы космических аппаратов. С начала XXI в. все больше задач в космосе стали решать спутники мини-, микро- и наноклассов.

В докладе представлены результаты исследовательской работы, посвященной выбору проектных параметров малого разгонного блока (МРБ) массой не более 80 кг для доставки полезной нагрузки (ПН) массой 150 кг с круговой орбиты высотой 500 км на круговую компланарную орбиту высотой 800 км.

Разрабатываемый аппарат представляет собой полноценный маневрирующий КА – космический буксир, предназначенный для проведения транспортных операций по переводу полезной нагрузки – группы спутников – в заданные точки на рабочих орбитах.

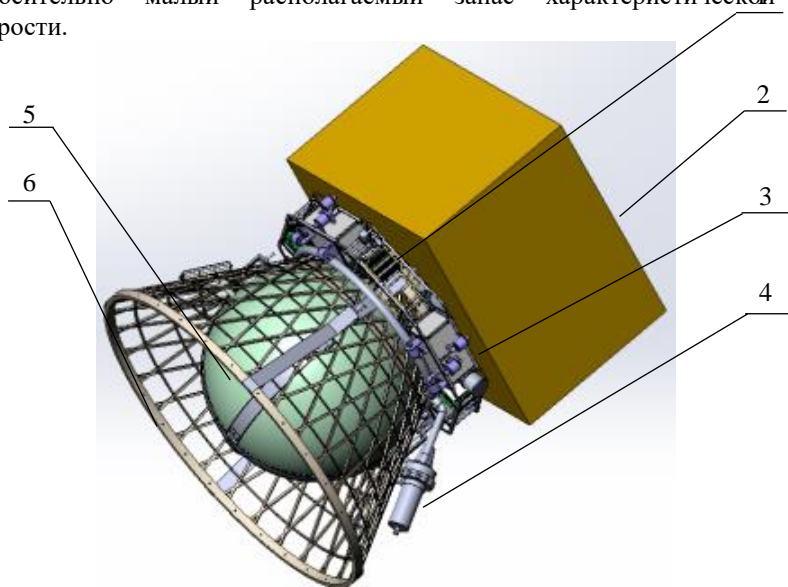
Проведенный функционально-стоимостной анализ [1] показал, что в составе МРБ наиболее эффективной оказывается двигательная установка на газообразных компонентах, позволяющая осуществлять перелеты по хомановским траекториям. Наиболее простой по конструкции является двигательная установка (ДУ) на холодном газе, в которой не происходит горение компонентов. Хорошая управляемость делает такие ДУ рациональным решением и для исполнительных органов системы ориентации и стабилизации в составе системы управления движением (СУД). В качестве рабочего тела используется широко распространенный, безопасный и дешевый газ – азот, что значительно упрощает наземную обработку МРБ.

Рассмотрена конструктивно-компоновочная схема МРБ, в которой основным силовым элементом является коническая изогридная композитная ферма-адаптер полезной ПН. Основой газоструйной ДУ является металло-композитный баллон высокого давления, размещенный внутри фермы и закрепленный стяжными лентами. Элементами пневматической схемы являются редукционный клапан и шестнадцать двигателей малой тяги типа МД08-02, выполняющие роль маршевых двигателей и органов управления СУД.

Двигатели и бортовой комплекс управления (БКУ) скомпонованы в агрегатном отсеке, установленном на ферме. Компоненты БКУ выполнены по стандартам аппаратуры CubeSat. Блок системы управления движением и навигацией состоит из контроллера, датчиков системы ориентации – инфракрасной вертикали, звездного датчика.

Существенным недостатком ДУ на холодном газе является малый удельный импульс, однако МРБ с подобной ДУ может быть востребована при выполнении операций фазирования множества сверхмалых аппаратов в одной орбитальной плоскости, где требуется

относительно малый располагаемый запас характеристической скорости.



**Рис. 1.** Компоновочная схема МРБ: 1 – агрегатный отсек; 2 – полезная нагрузка; 3 – двигатель на холодном газе; 4 – редукционный клапан; 5 – металло-композитный баллон высокого давления; 6 – изогридная композитная ферма.

Отказ от дорогостоящей маршевой двигательной установки в пользу применения двигателей СУД и исключение из состава ДУ системы вытеснения компонентов делает предлагаемый проект наиболее экономичным решением в своем классе. Цена подобного серийного блока может составить порядка 50 млн. руб., что позволит применять его в коммерческих миссиях в качестве верхних ступеней сверхлегких ракет-носителей, или в качестве вторых ступеней (ступеней разведения) для кластерных запусков на более мощных носителях.

### Литература

1. Справочник по функционально-стоимостному анализу / Под редакцией М.Г. Карпунина, Б.И. Майданчика. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 431 с.

**Щеглов Г.А.**  
доктор технических наук  
профессор  
**Шаповалов А.В.**  
аспирант  
МГТУ им. Н.Э. Баумана  
г. Москва

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОГРАММА СОЗДАНИЯ МОДУЛЬНОГО СЕМЕЙСТВА МАЛЫХ РАЗГОННЫХ БЛОКОВ**

### **TECHNOLOGICAL PROGRAM FOR MODULAR DESIGN OF SMALL UPPER STAGES**

**Аннотация.** обсуждаются результаты исследования возможности создания разгонного блока для малых космических аппаратов, предназначенного для использования в составе сверхлегкой ракеты-носителя. С использованием метода функционально-стоимостного анализа найдено три конкурентоспособных унифицированных между собой варианта конструктивного облика разгонного блока. Показано, что с целью снижения рисков и уменьшения единовременных затрат на разработку наилучшим вариантом является модульная конструкция аппарата, которая может быть создана в рамках специализированной технологической программы, состоящей из трех этапов.

**Ключевые слова** малый космический аппарат, разгонный блок, проектные параметры, функционально-стоимостной анализ, модульная компоновка, технологическая программа.

**Abstract.** the results of the study of the possibility of creating an upper stage for small spacecraft, intended for use as part of a small launch vehicle, are discussed. Using the functional-cost analysis, three competitive unified versions of the design of the upper stage were found. It is shown that in order to reduce risks and reduce one-time development costs, the best option is the modular design of the such upper stage, which can be created within the framework of a specialized technological program consisting of three stages.

**Keywords:** small spacecraft, upper stage, design parameters, functional cost analysis, modular layout design, technological program.



В настоящее время процесс освоения околоземного космического пространства имеет несколько важных тенденций. Процесс миниатюризации электронной компонентной базы привел к резкому уменьшению размеров и массы космических аппаратов (КА). Появление на рынке готовых решений, позволяющих создать относительно дешевый космический аппарат из покупных компонентов (COTS-компонентов) привело к росту числа фирм-стартапов, предлагающих коммерческие космические продукты и услуги. В связи с этим актуальной проблемой является развитие технологий построения многоспутниковых группировок на базе малых и сверхмалых космических аппаратов. Таким образом актуальной задачей является создание новых средств выведения малых и сверхмалых КА. Отдельные проекты уже достигли стадии практической реализации [1, 2].

Описанные выше тенденции формируют актуальную проблему разработки принципиально новых средств выведения сверхлегкого класса. В 2020 г. АНО «Аналитический Центр «Аэронет» провел конкурс концепций межорбитального малого разгонного блока (МРБ) в рамках которого были получены представленные в докладе результаты.

Для определения оптимального технического облика была предложена методика функционально стоимостного анализа. Проведенный функционально-стоимостной анализ показал, что имеется три варианта реализации характеристик МРБ.

Наиболее экономичный вариант с маршевой двигательной установкой (ДУ) на холодном газе позволяет доставить полезную нагрузку (ПН) массой 150 кг на круговую орбиту высотой 800 км и в двухступенчатом варианте ПН массой 60 кг на круговую орбиту высотой 1500 км.

Наиболее эффективный вариант с ДУ на газообразных компонентах «кислород-метан» позволяет доставить ПН массой 150 кг на круговые орбиты высотой 800 км и 1500 км, а в двухступенчатом варианте наноспутник типа CubeSat 6U на отлетную траекторию к Луне.

Наиболее производительный вариант с электрореактивной ДУ позволяет доставить ПН массой 150 кг на круговые орбиты высотой 800 км и 1500 км, производить перелеты с изменением плоскости орбиты, однако не позволяет отправить ПН к Луне из-за высокой накопленной дозы радиации вследствие большой длительности перелета. Данный вариант лучше всего использовать для миссий с

поворотом плоскости орбиты и в качестве энергодвигательного модуля малых КА.

Три найденных варианта обладают высокой степенью унификации, что позволяет создать модульную конструкцию МРБ, реализующую все указанные варианты. Это позволяет структурировать процесс разработки МРБ согласно принципу «от простого к сложному» как технологическую программу, предусматривающую три этапа: выход на рынок, освоение рынка и развитие рынка.

На первом этапе будет проведено тестирование технических и экономических решений на наиболее дешевых и технически легко реализуемых технологиях в ущерб эффективности МРБ. Здесь предлагается использовать ДУ на холодном газе. Отработка системы управления на дешевых и коротких миссиях с малыми запасами характеристической скорости позволит создать надежный комплекс управления и получить опыт организации миссии.

На втором этапе предполагается разработка МРБ с двухкомпонентной газовой ДУ. Это позволит реализовать весь спектр коммерческих миссий. На данном этапе происходит закрепление МРБ на рынке, получение статистики полетов, устранение неизбежных замечаний и совершенствование систем. За счет получаемой прибыли проект может стать окупаемым.

На третьем этапе создается МРБ с электрореактивной ДУ. Появляется возможность осуществлять длительные миссии с наибольшим запасом характеристической скорости. МРБ трансформируется в энергодвигательную платформу, которая может служить платформой для малых маневрирующих КА, например сборщиков космического мусора. Также открывается возможность для проектирования на основе МРБ АМС для полета к Луне или к астероидам. На данном этапе планируется рост рентабельности и коммерческая эксплуатация МРБ, а также формирование задела новых технологий.

Разработка МРБ является актуальной темой подготовки новых кадров для космической индустрии в рамках работы специализированного Аэрокосмического кластера, создаваемого по программе стратегического развития МГТУ им. Н.Э. Баумана.

## **Литература**

1. Rocket Lab. Kick Stage [Официальный сайт] URL: <https://www.rocketlabusa.com/electron/kickstage/> (Дата обращения 25.06.2021).

2. Services / Momentus Space [Электронный ресурс] URL: <https://momentus.space/services/> (дата обращения 04.12.2020).

УДК 629.786

eLIBRARY.RU: 55.49.07

**Зарубин В.С.**

инженер

**Зимин В.Н.**

директор НИИ СМ

**Павлов Н.Г.**

заведующий лабораторией ПКТ

**Филиппов В.С.**

инженер

**Шахвердов А.О.**

инженер

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

**ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ  
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИВОДА ИЗ МАТЕРИАЛА С  
ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ В ТРАНСФОРМИРУЕМЫХ  
КОСМИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЯХ**

**INVESTIGATION OF CHARACTERISTICS AND  
MATHEMATICAL MODELING OF A DRIVE FROM A  
MATERIAL WITH A SHAPE MEMORY EFFECT IN  
TRANSFORMABLE SPACE STRUCTURES**

**Аннотация.** Проведены экспериментальные исследования поведения материалов с эффектом памяти формы в виде проволоки при термическом воздействии. Получены зависимости основных характеристик от температуры нагрева образца и типа предварительной термической обработки. Построена математическая модель для проволоки из материала с эффектом памяти формы. Созданы специализированные лабораторные установки для проведения экспериментов.

**Ключевые слова:** трансформируемая крупногабаритная космическая конструкция, привод из материала с эффектом памяти формы, математическая модель, лабораторные установки.

**Abstract.** Experimental studies of the behavior of materials with the shape memory effect in the form of a wire under thermal action have been

carried out. The dependences of the main characteristics on the heating temperature of the sample and the type of preliminary heat treatment are obtained. A mathematical model has been built for a wire made of a shape memory material. Specialized laboratory facilities have been created for conducting experiments.

**Keywords:** transformable large-sized space structure, drive made of material with shape memory effect, mathematical model, laboratory facilities.

Статья является продолжением работы, описанной в предыдущей публикации [1] и описывает дальнейшее проведение работ по материалам с эффектом памяти формы.

Для проведения дальнейших исследований с целью построения математической модели были созданы специализированные лабораторные установки. Первая установка является стационарной и представляет из себя динамометрический стенд с термической камерой для нагрева образцов. Используется промышленный динамометр с точностью измерений до 0,02 Ньютона и максимальным значением 2000 Ньютон. В качестве образцов может использоваться проволока различного диаметра, нагрев происходит бесконтактно в термо-камере диаметром 50 мм и длиной 200 мм. Использование внешнего 16-ти битного аналого-цифрового преобразователя на плате управления позволяет использовать выносные термисторы и термопары для замера температуры на поверхности образца. Установка управляется микроконтроллером на основе atmega328p и подключается к персональному компьютеру через usb интерфейс. Программное обеспечение является самописным, позволяет задавать как максимальную температуру нагрева образца, так и скорость нагрева. Предусмотрена возможность подключения мультиметра для измерения электрического сопротивления образца в процессе нагрева.

Вторая установка собрана из промышленного станочного профиля и представляет из себя силовой каркас в форме прямоугольного параллелепипеда с дополнительными перекладинами и размером 400 мм на 400 мм на 1000 мм. Плата электроники разработана на основе 32-х битного микроконтроллера stm32f103c8t6, позволяет подключать до 2-х выносных термисторов для измерения температуры, подключать промышленный датчик перемещений с точностью измерений до 0,01 мм, а также подключать к себе промышленный динамометр по протоколу RS232. С платы с частотой 10 Гц данные отправляются на персональный компьютер через usb интерфейс. Установка предполагается как подвижная и разработана для

использования в термо-камере при температурах от -50 до 200 градусов Цельсия.

Проведенный ряд экспериментов позволил составить математическую модель для приводов крупногабаритных трансформируемых космических конструкций с использованием материалов с эффектом памяти формы. На данном этапе математическая модель позволяет с достаточной степенью точности рассчитывать температуру привода при пропускании через неё электрического тока. Численное решение производится методом Рунге-Кутты четвёртого порядка, программа для расчёта написана на языке программирования С#. Математическая модель учитывает расход энергии на фазовые превращения в материале, а также позволяет оценивать динамику нагрева в условиях орбиты, основываясь на результатах, полученных в лабораторных условиях.

### **Литература**

1. Зарубин В.С., Зимин В.Н., Павлов Н.Г., Филиппов В.С. Моделирование раскрытия трансформируемых космических конструкций с приводом из материалов с эффектом памяти формы // XLIV Академические чтения по космонавтике – Сборник тезисов. 2020. Том 1. С. 48–50.

УДК 629.783 + 629.7.036.52 + 681.5.017  
eLIBRARY.RU: 55.49.07

**Жумаев З.С.**  
инженер  
МГТУ им. Н.Э. Баумана  
г. Москва

**ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СОЗВЕЗДИЯ  
КУБСАТОВ ЗА СЧЁТ БЫСТРОГО ФАЗИРОВАНИЯ В  
СОЗВЕЗДИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЭДУ**

**IMPROVING THE PERFORMANCE OF THE CUBESATS  
CONSTELLATION DUE TO FAST CONSTELLATION PHASING  
USING THE STP**

**Аннотация.** Рассмотрена возможность использования солнечной энергодвигательной установки (СЭДУ) для построения созвездий CubeSat типоразмера 6U. СЭДУ на борту каждого спутника созвездия подразумевает прямой нагрев рабочего тела сфокусированным солнечным излучением. Имея на порядки более высокую тягу чем электрореактивные двигатели, СЭДУ может быть использована для построения созвездий наноспутников на низкой околоземной орбите за время не превышающее 6 суток. Было проведено моделирование движения космического аппарата с учетом взаимного влияния работы двигательной установки, системы ориентации и стабилизации, системы электропитания, а также рассмотрен алгоритм фазирования поддерживающий заданную эллиптичность орбиты.

**Ключевые слова:** наноспутник, CubeSat, двигательная установка, созвездие спутников, гелиоконцентратор, СЭДУ.

**Abstract.** The possibility of using a Solar thermal propulsion (STP) system for phasing 6U CubeSats constellations is considered. STP implies direct heating of the working fluid by focused solar radiation. Having orders of magnitude higher thrust than electric propulsion engines, STP can be used to build constellations of nanosatellites in low-Earth orbit in less than 6 days. The spacecraft motion was simulated taking into account the mutual influence of the propulsion system, the orientation and stabilization system, the power supply system, as well as the phasing algorithm maintaining a given orbital ellipticity.

**Keywords:** nanosatellite, CubeSat, propulsion, constellation of satellites, helioconcentrator, STP.

### **Актуальность построения созвездий кубсатов**

Увеличивается не только количество запускаемых кубсатов, но и количество группировок кубсатов. В частности компания Planet Labs запустила 475 кубсатов для задач ДЗЗ, а компания Spire запустила 141 кубсат для глобального сбора информации с судов.

Распределение кубсатов по орбите занимает до 180 суток [1,2], что значительно снижает производительность спутниковой группировки на первых этапах. В используемом подходе предполагается, что при увеличении количества спутников будет увеличиваться вероятность получения ежедневного снимка любой точки.

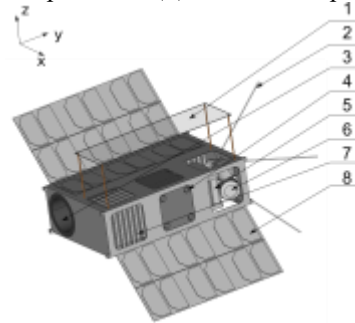
Однако, за 6 месяцев работы всей группировки остались непокрытые участки [3], см. рис. 1, наблюдается неравномерность покрытия.

## Предлагаемое решение

Для быстрого построения созвездий, и соответственно получения глобального покрытия, подходят только ДУ со значительной тягой. В данной работе предлагается упрощенная схема солнечной энергодвигательной установки с капиллярной системой подвода, что упрощает использование солнечной энергодвигательной установки (СЭДУ) на кубсатах. Компоновочная схема кубсата форм-фактора 6U с СЭДУ показана на рис. 2.



**Рис. 1** Покрытие кадрами ДЗЗ, получаемых кубсатами компании PlanetLabs, в течении 6 месяцев



**Рис. 2** Компоновка подсистем кубсата 6U с СЭДУ: 1 – линза Френеля, 2 – антенна радиосвязи, 3 – ПН, 4 – система сопел, 5 – СЭП, 6 – блок маховиков, 7 – авионика, 8 – СБ.

Для определения проектных параметров наноспутника и целевых показателей миссии, таких как время построения созвездия, была построена математическая модель наноспутника с СЭДУ. Потребовался учёт одновременной работы различных систем. Двигательная установка влияет на работу системы ориентации и стабилизации создавая паразитный момент, а работа системы ориентации и стабилизации в свою очередь влияет на угол ориентации на Солнце и соответственно на работу гелиоконцентратора, двигательная установка и система ориентации и стабилизации влияют на баллистику, которая в свою очередь влияет на другие системы через расписание прохождения теневых участков орбиты. Блок-схема математической модели наноспутника представлена на рис. 3.



**Рис. 3** Блок-схема математической модели наноспутника

Общий вектор состояния спутника состоит из 20 компонент:

$$y = (E, m_{fuel}, r_x, r_y, r_z, v_x, v_y, v_z,$$

$$\omega_{b_x}^{bi}, \omega_{b_y}^{bi}, \omega_{b_z}^{bi}, q_0^{bi}, q_1^{bi}, q_2^{bi}, q_3^{bi}, \omega_{wh_0}, \omega_{wh_1}, \omega_{wh_2}, \omega_{wh_3}, Q_e)^T$$

где  $E$  – общая тепловая энергия рабочего тела и конструкции ДУ,  $m_{fuel}$  – масса рабочего тела,  $r_x \dots r_z, v_x \dots v_z$  – положение и скорость КА,  $\omega_{b_x}^{bi} \dots \omega_{b_z}^{bi}$  – компоненты угловой скорости,  $q_i$  – компоненты кватерниона ориентации,  $\omega_{wh_i}$  – угловые скорости маховиков,  $Q_e$  – заряд АБ.

Из 20 компонент вектора состояния только 19 независимы, т.к. скалярная часть кватерниона используется для проверки ошибки численного интегрирования из условия нормированности кватерниона.

### Результаты и обсуждение

Математическое моделирование показало, что любое количество наноспутников CubeSat формата 6U с СЭДУ могут быть фазированы в произвольную конфигурацию созвездия в той же плоскости и на той же высоте орбиты менее чем за 6 суток, при средней начальной высоте круговой орбиты 420 км. Для выполнения поставленных задач был создан программный комплекс моделирования динамики наноспутника с СЭДУ и активной маховичной системы ориентации и стабилизации. Необходимо использование системы динамической центровки оси двигателя или система из нескольких сопел.

### Литература

1. Foster C. et al. Constellation phasing with differential drag on planet labs satellites // Journal of Spacecraft and Rockets. American Institute of Aeronautics; Astronautics (AIAA), 2018. Vol. 55, № 2. Pp. 473–483.
2. Foster C. et al. Differential drag control scheme for large constellation of planet satellites and on-orbit results // arXiv preprint arXiv:1806.01218. 2018.
3. Image courtesy of planet labs, inc. URL:<https://www.planet.com/gallery/>

УДК 004.94 629.783:  
eLIBRARY.RU: 28.17.00

**Махров К.Б.**

старший научный сотрудник  
военного института (научно-исследовательского)  
Военно-космической академии  
имени А.Ф. Можайского  
г. Санкт-Петербург



## СТЕНД ИМИТАЦИИ СИГНАЛЬНОЙ ОБСТАНОВКИ В ОКОЛОЗЕМНОМ КОСМИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ

### NEAR EARTH SPACE SIGNAL IMITATION TESTBED

**Аннотация.** На основе математических моделей орбитального движения КА, распространения радиосигналов, формирования сигналов с GMSK, функционирования автоматической идентификационной системы (АИС) и с использованием базы данных о надводных кораблях разработан стенд для отработки технологий приема сигналов АИС на борту МКА.

**Ключевые слова:** автоматическая идентификационная система, мониторинг надводного трафика, космический аппарат, моделирование, коллизии.

**Abstract.** A signal imitation testbed for spaceborn AIS receivers testing was developed using mathematical models of AIS, orbital motion, radio signal propagation, GMSK modulation, and ships database.

**Keywords:** automatic identification system (AIS), vessel traffic monitoring, spacecraft, simulation, collisions.

Одним из перспективных направлений использования малых космических аппаратов (МКА) размерности «Кубсат» является мониторинг трафика морских судов, особенно в области высоких широт. Работы по развертыванию орбитальных группировок МКА для решения данной задачи ведутся во многих странах, в том числе, США, Канаде, Германии и Норвегии.

В качестве источника информации о местоположении судов для космических систем мониторинга выступают излучения корабельных передатчиков автоматической идентификационной системы (АИС) на частотах УКВ диапазона. Использование серийно выпускаемых приемников АИС на борту МКА как правило приводит к неудовлетворительным результатам. Среди основных причин можно выделить наличие доплеровского сдвига частоты принимаемого сигнала на борту КА и наложение сигналов от нескольких передатчиков, возникающее вследствие существенного увеличения зоны приема сигналов на высоте орбиты МКА по сравнению с земной поверхностью (коллизии). Экспериментальные исследования, проведенные специалистами ОАО «РКС» в ходе программы «КосмоАИС» показали, что число корректно принимаемых сообщений АИС на борту КА не превышает 10%.

Совершенствование алгоритмов и технологий приема сигналов АИС в околоземном космическом пространстве (ОКП) требует создания моделирующей базы, позволяющей имитировать сигнальную обстановку на борту МКА в заданном частотном диапазоне. Для этого в ВКА имени А.Ф. Можайского разработан стенд, позволяющий сформировать радиосигнал на частоте 162 МГц, содержащий суперпозицию излучений от всех судов в зоне видимости МКА с учетом характеристик передатчиков, задержек распространения сигналов и доплеровского сдвига частоты.

В состав стенда входит программный комплекс формирования надводной и радиоэлектронной обстановки на основе имитационного моделирования [1], программный комплекс формирования суперпозиции потоков сообщений АИС в заданной точке ОКП, аппаратно-программный комплекс формирования и передачи радиосигналов в реальном времени, программный комплекс сбора и визуализации информации о надводной обстановке. При моделировании используется база данных, содержащая координаты более 500000 морских объектов.

Проведенные экспериментальные проверки макета бортовой аппаратуры показали возможность эффективной отработки алгоритмов и технических решений для приема и обработки сигналов АИС на борту МКА в условиях радиоэлектронной обстановки, максимально приближенной к реальной. Разработанный стенд может быть использован как для подготовки исходных данных и обоснования тактико-технических требований для проектируемых образцов космической техники, так и для оценки возможностей средств приема сигналов АИС при функционировании на заданной орбите в ходе разработки и на этапе предварительных испытаний.

## **Литература**

1. Скороходов Я.А., Андреев А.М. Моделирование функционирования космического сегмента системы автоматической идентификации морских судов // Информационно-управляющие системы – 2018 – №2(93). – С. 36 – 47.

**Секция 1**  
**«ИССЛЕДОВАНИЕ НАУЧНОГО ТВОРЧЕСТВА**  
**К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО И ИСТОРИЯ РАКЕТНО-**  
**КОСМИЧЕСКОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ»**

УДК: 1.091.470

**Лыткин В.В.**  
доктор философских наук  
профессор  
КГУ им. К.Э. Циолковского

**ОБЩЕСТВО НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО**  
**В ТРУДАХ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО**

**THE SOCIETY OF THE PRESENT AND THE FUTURE**  
**IN THE WORKS OF K.E. TSIOLKOVSKY**

**Аннотация.** Рассматриваются взгляды основоположника современной теоретической космонавтики К.Э. Циолковского на проблему эволюции человечества. Ученый приходит к выводу о неизбежности перехода эволюции человечества к космической эволюции. Рассматривается аспект адекватности данных взглядов Циолковского представлениям современных ученых и философов. Делается вывод о прогрессивном характере «Космической философии» Циолковского и ее прогностической направленности.

**Ключевые слова:** социальные идеалы, эволюция человечества, космическая эволюция, Циолковский, космическая философия, русский космизм.

**Abstract.** This article explores the views of the founder of modern theoretical astronautics K.E. Tsiolkovsky, on the problem of human evolution. Scientist finds that inevitable transition of human evolution to cosmic evolution. Addresses the aspect of adequacy of this views of K.E. Tsiolkovsky, for the views of contemporary scientists and philosophers. There is the conclusion of the progressive nature of the «Cosmic philosophy» of K.E. Tsiolkovsky and its predictive focus.

**Keywords:** social ideals, evolution of mankind, cosmic evolution, Konstantin Tsiolkovsky, space philosophy, Russian cosmism.

В 1920 году в одном из своих писем К.Э. Циолковский писал: «Трудно решить, какие открытия важнее: технические или по

устройству общества. Склоняюсь, сам без колебания, к последнему» [1, л. 3-4об.]. Начиная анализ возможных путей модернизации и совершенствования общественных отношений, любой исследователь неизбежно отталкивается от современного состояния общества. Это закономерно, ибо, прежде чем заглядывать в будущее, необходимо ясно представить себе, что же требуется изменить к лучшему, каким образом и по каким направлениям предполагается производить данные изменения [2]. С этого постулата начинаются и размышления Циолковского. В работе «Жизнь человечества», относящейся к 1930 году, он так описывал потребность в необходимости социальных исследований: «Я бы хотел, вообще, разобраться в том, что происходит сейчас среди земного человечества. <...> Цель практическая: выяснить, что хорошо и что дурно для существ, что делать и что не делать, куда тянуть и от чего бежать» [3, с. 23].

Циолковский вполне ясно представлял себе, что современное ему состояние общества очень далеко от совершенства. Не случайно, что уже в 1916 г. появляется его работа «Горе и гений» свидетельствующая о социальном разочаровании автора. Не случайно и то, что после революций 1917 г. начинает появляться все больше и больше его работ социальной направленности. Именно в период после революции Циолковским разрабатывается социальная доктрина, развитая и углубленная им в период 1923-1935 гг. [4, с. 344-345].

Циолковский видел несовершенство современного ему человеческого общежития, что проявлялось в различных формах и в различных сферах. Одним из главных недостатков современного общества, ведущего его к несовершенству, по мнению Циолковского является его социальная разобщенность. Сохранение социальных различий в будущем обществе, даже идеальном, по мнению Циолковского, будет связано с тем, что люди никогда не будут абсолютно равны, ни в духовном, ни, прежде всего, в интеллектуальном, ни в физическом плане. В настоящее же время, полагал Циолковский, в современном обществе существуют социальные структуры, отражающие несовершенство нашего общества, его антагонистический характер, что является постоянным источником страданий, социального напряжения и противостояния. Подчас, по мнению Циолковского, эти структуры носят уродливый характер. При этом, подобно многим своим предшественникам, Циолковский полагал, что это стремление уже изначально заложено в человеке, сопутствует ему от рождения.

Неоднократно указывалось на то, что идеи французского Просвещения наиболее сильно повлияли в этом вопросе на

формирование мировоззрения Циолковского, в особенной степени утопические идеалы французского просвещения. [5, с. 55]. Таким образом, Циолковский, следуя за величайшими мыслителями прошлого, приходил к выводу о естественности, закономерности социального состояния и социального устройства человечества.

Какова же цель, главное стремление и идеал человеческого общества, что является той перспективой, тем императивом, к которому должно стремиться и стремиться человечество? Согласно Циолковскому этим естественным императивом является стремление к достижению счастья. Это значит, что не должно быть страданий и жестокости. С этим надо бороться и тогда счастье, как отсутствие всего негативного, станет реальностью [6, л. 1об.].

Что же является двигателем социального прогресса, помимо стремления человека к счастью? Что может реально способствовать прогрессу общества? По мнению ученого, это, прежде всего, прогресс науки, техники, и просвещение населения. Это средство, непосредственный инструмент развития общества, объективно способствующий модернизации человечества на его пути к счастью и совершенству.

В течение всей своей жизни, во всех своих произведениях Циолковский выступает с ярких позиций техницизма. Для него было характерным считать, что именно развитие науки и техники является тем определяющим фактором, который в первую очередь способствует общественному прогрессу. Именно поэтому всю жизнь он занимался реализацией «технических проектов». Подобные позиции и взгляды были характерны для многих современников Циолковского, для ученых и философов, общественных деятелей и политиков. В частности, Теодор В. Адорно, правда, несколько позднее Циолковского, приходил к выводу о том, что и техника, и общество в своем развитии одинаково влияют друг на друга, взаимно обуславливая свое прогрессивное развитие [7].

Развивая далее свою социальную теорию переустройства и совершенствования общества будущего, разрабатывая теорию создания идеального общества, Циолковский пытался решить главную проблему: что или кто может и должен стать движущей силой будущих социальных изменений. Что является той силой, которая сможет изменить мир, привести социум к идеалам добра, счастья и изобилия. Мыслитель находит эту силу в лице гения-ученого. Здесь безусловное влияние на взгляды Циолковского оказали русские революционные демократы и их философско-публицистическое творчество.

Необходимо отметить, что идея управления государством выдающимися личностями, гениями-учеными, высшими по своим нравственным качествам гражданами, сопутствует всем социальным утопиям, начиная с Платона, положившего начало этой традиции.

Идея выделения наиболее талантливых и достойных для управления представителей общества, путем его разделения на небольшие группы, путем построения иерархической социальной структуры, также не нова. Она характерна для социальных утопий. Достаточно упомянуть здесь «Утопию» Т. Мора. Предложенный Циолковским механизм деления общества носит, безусловно, упрощенный характер. Это скорее схема, чем реальная система. Она основывается на нравственных подходах, но глубоко субъективных, ведь представители разных разрядов сообществ выбирают своих делегатов, на основании их личного изучения в процессе более или менее длительного проживания бок о бок, знакомства с характером и качествами человека в процессе ежедневного общения.

«Новое общество» Циолковского носит ярко выраженный тоталитарный характер, характер диктатуры, но это диктатура демократическая, прежде всего диктатура разума. Нельзя забывать, что идеи идеального общества формировались в философии Циолковского в начале XX в., во многом под влиянием революционных событий, происходивших в России. Нельзя забывать и о том, что подобные активно-эволюционистские, преобразовательные, прогрессистские подходы вообще характерны для человечества во все исторические эпохи его существования.

Завершая концепцию построения совершенного общества на Земле, Циолковский, логически развивая свой метод доведения гипотезы до «абсолюта», приходит к неизбежному и закономерному выводу о том, что не только само общество изменится, но оно изменит и саму нашу планету. Так, в представлении Циолковского, происходит изменение и усовершенствование человеческого общества на Земле и непосредственно связанная с этим неизбежная трансформация земной поверхности. Картина более чем утопическая, более близкая к фантастике. И связано это, прежде всего, по нашему мнению, с социальной неуверенностью Циолковского. Именно она, социальная неуверенность, заставляла ученого продолжать поиски возможных путей реформации общества в течение всей его жизни.

## **Литература**

1. Циолковский К.Э. Вишневу В.М. // Архив РАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 4. Л. 3-4об.

2. Лыткин В.В. Осмысление идеала русским космизмом // Человек в культуре. Философские, антропологические, региональные аспекты культуры и русского космизма. Отв. ред. и сост. В.В. Лыткин. – М.: РУСАЙНС, 2020. – С. 9–25.
3. Циолковский К.Э. Жизнь человечества. - М.: «Самообразование», 1999.
4. Казютинский В.В. Космическая философия К.Э. Циолковского на рубеже XXI века // Циолковский К.Э. Очерки о вселенной. – Калуга: Золотая аллея, 2001. - С. 344-345.
5. Гаврюшин Н.К. Историко-философские взгляды К.Э. Циолковского // IX Чтения К.Э. Циолковского. Секция «К.Э. Циолковский и философские проблемы освоения космоса». - М.: 1975. - С. 48-60.
6. Циолковский К.Э. Высшая истина // Архив Государственного музея истории космонавтики им. К.Э. Циолковского (ГМИК). Ф. 1. Оп. 1. Д. 59.
7. Адорно Т.В. О технике и гуманизме. Философия техники в ФРГ. - М.: 1989. - С. 364-371.

УДК: 1.14

**Грушевицкая Т.Г.**  
кандидат философских наук  
доцент  
КГУ им. К.Э. Циолковского

**ПРОЕКТ «КОСМИЗАЦИЯ»: МЕЧТЫ И РЕАЛЬНОСТЬ  
(ПО СТРАНИЦАМ ПРОИЗВЕДЕНИЙ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО,  
В.И. ВЕРНАДСКОГО И И.А. ЕФРЕМОВА)**

**THE PROJECT «COSMIZATION»: DREAMS AND REALITY  
(IN THE WORKS OF K.E. TSIOLKOVSKY,  
V.I. VERNADSKY AND I.A. EFREMOV)**

**Аннотация.** Рассмотрены «темные» стороны космизма, показана утопичность концепций К.Э. Циолковского, В.И. Вернадского и то, что осуществление таких концепций на практике станет воплощением антиутопии. Также проанализированы космические идеи И.А. Ефремова и показано, что именно акцент на человеке и необходимости его преобразования делает эту концепцию актуальной в наши дни.

**Ключевые слова:** Космизм, утопия, антиутопия, Циолковский, Вернадский, Ефремов, ноосфера, рационализм.

**Abstract.** The article considers the «dark» sides of cosmism, shows the utopian nature of the concepts of K.E. Tsiolkovsky, V.I. Vernadsky and the fact that the implementation of such concepts in practice will become the embodiment of dystopia. The author also analyzes the cosmic ideas of I.A. Efremov and shows that it is the emphasis on man and the need for his transformation that makes this concept relevant today.

**Keywords:** Cosmism, utopia, dystopia, Tsiolkovsky, Vernadsky, Efremov, noosphere, rationalism.

Многочисленные исследования феномена космизма, активно идущие примерно полвека, оценивают его весьма позитивно, прежде всего как возможность формирования нового типа мировоззрения (биосфероцентристского вместо антропоцентристского), необходимого для развития экологической культуры, без которой невозможно преодолеть глобальный экологический кризис, характерный для современного этапа развития природы и общества. Не так много работ, которые подробно анализируют негативные стороны космического мировоззрения, уходя от привычно оптимистического дискурса. Поэтому представляется интересным изучить «темные» стороны космизма [8], точнее его естественнонаучного направления в России, представители которого, заявившие о себе на рубеже XIX-XX вв., в первую очередь были учеными-естественниками. Как правило, философской базой их работ был позитивизм, который стал основой активно распространявшегося с середины XIX в. сциентистского мировоззрения, считавшего науку (прежде всего естествознание) панацеей, способом решения всех бед и проблем, в том числе и социальных. На этом фоне и появляются многочисленные утопии – мечты о «дивном новом мире». Поскольку социально-гуманитарные науки в то время находились в зачаточном состоянии, а естественные науки способны решить лишь материальные проблемы человечества, картины предлагаемого будущего неизбежно превращались в описание общества материального изобилия с унитазами из чистого золота, столовыми приборами из алюминия (все самое роскошное, что могли себе представить люди того времени) с аксиоматично счастливыми людьми (ведь если у человека все есть, с чего ему быть несчастным). Причем если на Западе авторы подобных утопий ограничивались проектами небольших общин (как утопические социалисты и коммунисты) или городов (как писатели-фантасты, например, Ж. Верн в романе



«Пятьсот миллионов бегумы»)), то российские ученые имели мечты гораздо более масштабные, затрагивающие весь земной мир, а то и всю Вселенную – именно так они и приходили к идеям космизма.

Но масштаб и космический характер их мечтаний не должны затмевать того, что они являются утопиями и содержат весь комплекс утопических элементов, их «содержательные и формальные моменты, ... критику настоящего, образ будущего, обоснование совершенного устройства общества, моральную составляющую идеала, конкретные пути его достижения, ... адресата призывов мыслителя к переустройству общества» [4]. При этом мечтая о всеобщем благе, авторы подобных утопий, как правило, не снисходили до отдельного человека. Тем самым они продолжали оставаться в рамках просветительских иллюзий о том, что в разумно устроенном обществе (а любая утопия выстраивается полностью рационально) разумный человек непременно будет счастлив, пусть даже сначала его придется силой загнать в эту утопию.

Подобные настроения очень хорошо заметны в работах К.Э. Циолковского, который вообще не рассматривал человека как такового, а своей основной единицей сделал чувствующий бессмертный атом. Человек же для него лишь способ обретения каждым атомом разума и установления абсолютной гармонии во Вселенной с ее отсутствием зла и страданий [9]. При этом Циолковскому годятся не все люди, а только самые талантливые, добродетельные и полезные, а от всех остальных он предлагает избавиться различными евгеническими методами (сжигать в печах крематориев отравленных циклоном Б неполноценных особей как евгеники-практики Третьего Рейха он не предлагал, но лишать их возможности оставить потомство считал вполне разумным и гуманным). Ну а после того как совершенное человечество, несущее в себе разумные бессмертные атомы, распространится по всей Вселенной, также «гуманно» он предлагал избавляться от несовершенных видов и на других планетах. А теперь попробуйте представить, что получится в результате. Совершенное человечество (разумное, но не чувствующее, ведь если нет страданий, то не будет и счастья, фактически роботы, похожие друг на друга) саранчой движется по Вселенной, покинув свою колыбель-Землю, гуманно (лишая возможности иметь потомство) уничтожая всякое разнообразие. Не всякая антиутопия нарисует нам такие ужасы.

У В.И. Вернадского подобных картин, к счастью, нет, хотя отдельные элементы, вызывающие вопросы, имеются. Концепция живого вещества и биосферы ученого легла в основу созданной им

новой науки – биогеохимии, реально показала единство всего живого на Земле. Но насколько осуществима его концепция перехода биосферы в ноосферу? Широко известна его концепция ноосферы, которую он понимает как биосферу, преобразованную человеческой мыслью и трудом так, что именно человек становится той силой, которая полностью регулирует все происходящие в биосфере процессы [2]. Разумеется, сейчас нам до такого положения дел очень далеко. Современное влияние человека на природу чаще носит негативный характер. При этом чаще всего цели такого негативного вмешательства были вполне благими, вот только последствия этого воздействия человек либо не просчитывает совсем, либо берет только ближайшие. Возможность просчитать отдаленные последствия чаще всего за рамками возможностей современного человека. Даже появление суперкомпьютеров с огромным быстродействием вряд ли даст такую возможность – уж слишком сложной системой является биосфера Земли. Так что в реальности создание такой системы управления (если появится такая возможность в далеком будущем) с большой вероятностью приведет к гибели всей биосферы-ноосферы. Поэтому успокаивает только то, что процесс преобразования биосферы в ноосферу, предложенный Вернадским, вряд ли осуществим на практике. Ведь помимо уже появившихся новых средств связи и обмена информацией, ставших основой для объединения человечества, остальные позиции далеки от реализации. Это касается и достижения реального равенства людей, и исключения войн из жизни общества [3]. Да и в вопросе создания новой энергетики не все так просто. Ведь Вернадский не просто говорил об освоении новых видов энергии (что активно идет в наше время), он мечтал об автотрофности человечества [1]. Для него это было способом достижения энергетической независимости человечества. Но насколько это реально и, главное, нужно ли это человеку? Самый простой пример автотрофного организма – это зеленые растения, получающие необходимые для жизни вещества за счет фотосинтеза. Получается, нам нужно сделать хлоропласты частью своих клеток. Но это сделает нас не просто «зелеными человечками». Оставит ли это нас людьми? Подобные идеи и делают концепцию ноосферы Вернадского еще одной технократической утопией, не имеющей шансов на воплощение в жизнь.

В ряду космических утопий особняком стоит концепция И.А. Ефремова, выдающегося ученого-палеонтолога и замечательного писателя-фантаста. Именно в художественных произведениях он и формулировал свои, во многом утопичные, космические идеи. Его

роман «Гуманность Андромеды» [6] является типичной утопией, где широкими мазками намечен мир далекого светлого коммунистического будущего человечества. Но в отличие от других космистов, Ефремов не обходил стороной человека. Более того, именно человек находится в центре его интересов. Именно поэтому Ефремов так много внимания уделял описанию жизни людей, воспитанию детей, подчеркивает важность развития не только разума и приобретения знаний, но и формирования моральных качеств человека, развития его способности любить. Хотя его идея воспитания детей вне семьи сегодня вызывает много вопросов, так как не сможет даже самый подготовленный воспитатель дать каждому ребенку так необходимую ему любовь. Разве что глобально изменится сама природа человека. И об этом писатель размышлял уже в другом романе – «Лезвие бритвы» [5]. В этой книге много рассуждений о природе человека, о биологической основе красоты, которую автор понимал как проявление биологического совершенства, о соотношении сознательного и бессознательного в психике человека, а также о том, что без гармонии разума и чувства в природе человека не построить нового общества, не получить того светлого мира Великого Кольца цивилизаций, в котором человечество сможет на равных общаться с другими цивилизациями. Ведь только полностью поняв себя, осознав, что ты такое, можно стремиться к пониманию других и выстраиванию равноправных партнерских отношений с ними. Найти этот баланс очень непросто, для этого и нужно пройти по лезвию бритвы. И как прямо говорил Ефремов, не пройдя этого пути, выйти в большой космос у человечества не получится. На эту тему он довольно много размышлял в романе «Час Быка» [7]. Один из героев этой книги, Вир Норин, говорит, что, не допустив внутри себя беспредельность, которая и является тончайшим балансом всех тех противоположностей, которые есть в человеке, невозможно выйти в беспредельность большого космоса. Потому что человек транслирует во внешний мир свой психологический опыт. Иными словами, именно так человек-микрокосм становится способным понять мир-макрокосмос и любую его часть, в том числе и другие космические цивилизации. Поэтому бессмысленно стремиться в Космос, не познав себя, не овладев своей природой. Сегодня, в ситуации, когда человечество болеет идеями толерантности и политкорректности, прямо идущих против природы человека, из всех космических концепций наиболее актуальны взгляды И.А. Ефремова.

## **Литература**

1. Вернадский В.И. Автотрофность человечества // Русский космизм: Антология философской мысли. - М.: Педагогика-Пресс, 1993. - С. 288-303.
2. Вернадский В.И. Научная мысль как планетное явление. - М.: Наука, 1991.
3. Вернадский В.И. Несколько слов о ноосфере // Философские мысли натуралиста. - М.: Наука, 1988.
4. Волошина М.А. Утопичность как важнейшая характеристика русского космизма // Вопросы философии. - 2014. - № 10.
5. Ефремов И.А. Лезвие бритвы // Собр. соч. - Т.4. - М.: Советский писатель, 1993.
6. Ефремов И.А. Туманность Андромеды // Собр. соч. - Т. 1. - М.: Советский писатель, 1993.
7. Ефремов И.А. Час Быка // Собр. соч. - Т. 5. - М.: Советский писатель, 1993.
8. Колмаков В.Б. Темная сторона космизма // Вестник Воронежского государственного университета. Серия «Философия». – 2015. - № 1.
9. Циолковский К.Э. Ликвидация несовершенного и эгоистические страдания // Космическая философия. - М.: ИДЛи, Сфера, 2004.

УДК 93/94

eLIBRARY.RU: 03.23.00

**Хорунжий А.В.**

кандидат исторических наук  
доцент РГУ

### **МЕРИТОКРАТИЯ В ТРУДАХ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО В КОНТЕКСТЕ СТАНОВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА**

### **MERITOCRACY IN THE WORKS OF K.E. TSIOLKOVSKY IN THE CONTEXT OF THE FORMATION OF THE INFORMATION SOCIETY**

**Аннотация.** Представлена классификация социальной утопии К.Э. Циолковского и современных направлений ее исследования; дано сравнение меритократии «Идеального строя жизни» ученого с требованиями информационного общества; предложено деление

истории человечества на аграрное, индустриальное и информационное общество по «зонам риска» для выживания человечества.

**Ключевые слова:** Циолковский, утопия, меритократия, стадийный подход, информационное общество, COVID-19.

**Abstract.** The article presents the classification of K.E. Tsiolkovsky's social utopia and modern directions of its research; the comparison of the meritocracy of the «Ideal system of life» of the scientist with the requirements of the information society is given; it is proposed to divide the history of mankind into agrarian, industrial and information society according to «risk zones» for the survival of mankind.

**Keywords:** Tsiolkovsky, utopia, meritocracy, stadial approach, information society, COVID-19.

Социальные взгляды К.Э. Циолковского в отечественной историографии последних 30 лет изучены весьма подробно. Имеющаяся в распоряжении исследователей обширная источниковая база позволила реконструировать созданный мыслителем детально проработанный проект достижения «Идеального строя жизни», называемый так по одной из наиболее известных его работ на эту тему [10]. Было показано, что технические, естественнонаучные, философские и социальные труды ученого были связаны единой целью: указать человечеству путь к счастью и проработать конкретные шаги по его достижению. Проект определен как социальная утопия, подразумевающая установление меритократии на основе иерархии общин, объединение человечества и его космическую экспансию [4].

Социологическое содержание идеала в проекте Циолковского (торжество общественной собственности, свободный труд людей, их объединение в общины и т. д.) определяет его принадлежность к социалистической утопии. А критика современного мыслителю состояния человечества, служащая обоснованием необходимости преобразований, дает основание отнести утопию Циолковского к критически-социалистическим. Подробная классификация «Идеального строя...» может быть представлена в виде таблицы [подробнее см. 5]

	Основание деления утопических проектов	Выделяемые группы	Классификация «Идеального строя жизни»
1.	Уровень продуцирования	Народная Литературно-теоретическая Официальная	Литературно-теоретическая

		(административная)	
2.	Степень подлинности	Утопия Полуутопия Квазиутопия	Утопия
3.	Отношение к религии	Светская Религиозная	Светская
4.	Социо-культурное наполнение идеала	Романтическая Теократическая Технократическая	Технократическая
5.	Локализация идеала	Утопия Ухрония	Ухрония
6.	Ориентация на шкале исторического времени	Реакционистская Консервационистская Прогрессистская	Прогрессистская
7.	Способ полагания идеала	Рабовладельческая Феодальная Капиталистическая Социалистическая (реакционистская, консервационистская, критическая) Коммунистическая	Критическая социалистическая
8.	Направленность критического действия	Утопия бегства Утопия реконструкции	Утопия реконструкции
9.	Тип предлагаемого развития общества	Утопия эволюции Утопия катастрофы	Утопия эволюции
10.	Ориентация на тип темперамента	Архическая Анархическая	Архическая

Было доказано, что утопия Циолковского характерна для европейской утопической традиции и при этом отражает взгляды российской интеллигенции, сформировавшейся в последней трети XIX в. В частности, характерный для технократически настроенной интеллигенции рубежа XIX-XX вв. запрос на модернизацию страны и вытекающие из этого изменения общества, «<...> такие, как «модернизацию большинства аспектов социальной жизни <...> и расширение круга участвующих в политическом процессе» [15, с. 8].

Дальнейшие исследования проекта «Идеального строя жизни» Циолковского развернулись в рамках работы Чтений по следующим направлениям: это исторический контекст формирования взглядов

ученого [7]; сравнительно-исторический анализ утопических и антиутопических проектов отечественных и зарубежных современников Циолковского [2; 8]; а также реализация в «Идеальном строе жизни» пяти основных функций утопии [1, с. 59] — критической, нормативной, когнитивной (прогностической), конструктивной и компенсаторной [3; 6].

Не будет излишним напомнить, что – в отличие от бытового значения слова «утопия», имеющего пейоративную коннотацию и подразумевающего отрицательную оценку несбыточного и пустого мечтания – научное определение термина «утопия» подразумевает лишь конструирование идеала на произвольно выбранных автором утопии основаниях<sup>2</sup>. И никоим образом не говорит о несбыточности, нереализуемости такого проекта. Более того, известны многочисленные примеры того, что предложения, высказанные в утопических проектах, оказывались востребованы и реализованы на новом уровне развития общества, и даже создавали саму потребность в реализации таких предложений. Иными словами, реализовывались уже упомянутые нормативная, конструктивная и прогностическая функции утопии.

Ту же картину, на взгляд автора данной статьи, мы можем наблюдать и с утопией Циолковского на новом этапе развития человечества, который с уверенностью можно охарактеризовать как становление информационного общества. Если резюмировать предложения ученого, отвечающие на вопрос «Что делать на Земле?» [13], то практически все они будут направлены на реализацию двух основных условий: устранение социальной ригидности и установление меритократии.

Строго говоря, термин «меритократия», буквально означающий «власть достойных», «власть, основанная на заслугах», нигде не использовался в работах Циолковского (1857-1935), так как был введен лишь в 1958 г. английским социологом М. Янгом по аналогии с термином «аристократия» и «демократия» [16]. Циолковский оперировал термином «двигатели прогресса», которыми он считал «гениев» - наиболее одаренных людей различных степеней и направленности таланта, к какой бы отрасли материального и духовного производства они не относились. На их отыскание и пестование должна была быть направлена вся структура общества,

<sup>2</sup> «<...> Утопию можно определить как произвольно сконструированный образ идеального социума, принимающего различные формы (общины, города, страны и т.п.) и простирающегося на всю жизненную среду человека - от внутреннего его мира до космоса» [1, с. 23]. – *Прим. автора.*

старающаяся «поддержать лучших, возвысить, облегчить им высокий путь»; ибо «один человек даже при грубой и далеко неполной оценке, может дать в миллиарды раз больше другого, тоже очень полезного и почтенного труженика» [9]. Все преобразования, предлагавшиеся Циолковским для земного общества, должны были "извлечь наиболее целесообразным способом самых дорогих для человечества людей и объединить ими мир <...> Цель также в том, чтобы воспользоваться гениальными людьми, размножить их, усовершенствовать и наполнить ими мир. Их обязанность - заботиться о всем человечестве, объединить их общественными законами, совершенствовать общественное устройство и самих людей», - пояснял он [12]. «Страшная ошибка человечества не отдавать половину или треть своих богатств на поддержку изобретателей, мыслителей и науки», писал он: «Мысль должна править человечеством, мысль должна почитаться, от мысли спасение, небо и победа истины» [11, л. 4]. Позднее, перечтя свою работу, ученый пометил: «Укор общественной организации человечества» [11, л. 1].

И действительно, нетрудно заметить, что во многом высказывания Циолковского становятся особенно актуальными сейчас, когда в странах с различными политическими системами и культурными традициями, вступившими на путь построения информационного общества, все более осознанно формируются условия для «отыскания и пестования» тех самых одаренных людей, «гениев» в терминологии Циолковского. Будем ли мы говорить об инклюзивном образовании или создании всех условий для того, чтобы люди с особыми потребностями могли вести полноценную жизнь, об увеличении доступности образования и все более широком распространении грантов, направленных на выявление и поддержку наиболее одаренных школьников и студентов, и т. д. – все это будет созвучно формулировкам Циолковского: извлечь «самых дорогих для человечества людей», «воспользоваться гениальными людьми, размножить их, усовершенствовать и наполнить ими мир» (см. выше).

Однако не стоит обольщаться надеждами на то, что все вышеуказанное происходит потому, что человечество наконец-то прониклось идеями, высказанными в работах Циолковского и других гениальных провидцев, опередивших свое время. В реальности востребованность тех или иных форм организации общества определяется более прозаичными факторами – а именно требованиями по выживанию человечества как вида на той или иной стадии его развития.



Говоря о стадийном подходе к истории человечества, большинство исследователей подразумевает получившее распространение в последней четверти XX века деление нашей истории на 3 стадии: аграрное, индустриальное и информационное общество (изначально – доиндустриальное, индустриальное и постиндустриальное). В большинстве работ на эту тему принято выделять эти стадии по главному сектору экономики, то есть по тому, в котором занято наибольшее количество трудоспособного населения. Однако по мнению автора данной статьи такое деление ориентировано на вторичные признаки, являющиеся производными от уровня развития технологии человечества. Точнее было бы выделять зоны риска для выживания человечества как вида, так же определяемые уровнем развития его технологии. Именно эти зоны риска и – соответственно – требования к обеспечению выживания и выступают той основой, которая определяет все стороны жизни человека – от норм нравственности и морали, распространенных философских доктрин и учений до востребованности тех или иных форм организации общественных институтов и реализации проектов, часть из которых была ранее предложена авторами социальных утопий.

Так, например, в аграрном обществе вследствие низкого уровня развития технологий основным риском для выживания каждого отдельного человеческого сообщества являлся голод как следствие неудачной хозяйственной деятельности или же природных катаклизмов. Поэтому основными ценностями в таком обществе были земля как источник продовольствия и люди, которые могли бы эту землю обрабатывать для получения урожая. Соответственно, требования к людским ресурсам ограничивались способностью к физической работе в поле, а нехватка трудовых ресурсов частично компенсировалась усилением социальной ригидности вплоть до различных форм прикрепления крестьян к земле.

Индустриальное общество за счет роста уровня технологий практически сняло риск голода (как минимум, вызванного не политическими причинами), но поставило отдельные части человечества (государство) в зависимость от возможности своевременно произвести наиболее современное оружие и защитить себя, свою целостность и независимость, жизни своих граждан. Потребовалось ускоренное развитие промышленности, для которого были необходимы людские ресурсы, обладавшие: а) мобильностью и б) наличием минимального образования для работы со все более сложной техникой. Вследствие этого стали происходить давно предсказанные в трудах различных мыслителей социальные

преобразования, направленные на устранение социальной ригидности (иногда в жестоких формах «огораживания» и «сгона крестьян с земли»). Стало востребовано и требование о всеобщем начальном образовании, но опять же не как признак большей просвещенности нравов, а как реакция на требования по выживанию человечества в новых условиях. Точно так же и идея детского сада Ф. Фрёбеля получила широкое распространение не как инструмент воспитания лучшего в детях, а как способ высвободить дополнительные квалифицированные трудовые ресурсы (родителей).

Переход к информационному обществу несет те же черты – востребованным становится в первую очередь то, что помогает человечеству выжить на новом этапе его развития. Это – знания, умение быстро оперировать большими потоками информации и создавать новые информационные продукты (имея в виду не только вычислительную технику, но и, например, био- и генную инженерию, успехи или неудачи которой напрямую определяют глобальное выживание человечества, что демонстрирует эпидемия COVID-19 – вот уж действительно, пользуясь словами Циолковского, «от мысли спасение»). Главным требованием к людским ресурсам становится именно способность к обработке информации и созданию нового знания, а не физические кондиции человека, крупнейшие мировые корпорации тратят гигантские средства на выявление, воспитание и затем привлечение на работу наиболее одаренных студентов...

Таким образом, можно констатировать, что идеи Циолковского, на этот раз относящиеся к организации социума, вновь становятся актуальными на новой стадии развития человечества – стадии информационного общества. Актуальность определяется необходимостью выживания человечества в условиях нового, глобального уровня угроз и возрастанию роли одаренных личностей («гениев» в терминологии Циолковского) на текущем уровне развития земных технологий. Но даже столь прагматическая востребованность идей ученого демонстрирует, тем не менее, что утопии Циолковского присущи не только критическая и компенсаторная функции, но также прогностическая и конструктивная. Кроме того, можно констатировать и возрастающую актуальность изучения идей Циолковского, посвященных совершенствованию общественной организации человечества. А рост осмысленности действий этого объединенного человечества в глобальном масштабе дает пусть небольшую, но все же надежду, что и нормативная функция социальной утопии Циолковского будет реализована, и тогда, перефразируя его слова,

«мысль будет править человечеством, мысль будет почитаться, от мысли будут спасение, небо и победа истины!»

### **Литература**

1. Баталов Э.Я. В мире утопии. - М.: Политиздат, 1989. - 317 с.
2. Герасина А.Ю., Хорунжий А.В. Социальные проекты пионеров космонавтики: к 100-летию публикации работ «Горе и гений» К.Э. Циолковского и «Построение счастья» В. Куассака // Идеи К.Э. Циолковского в инновациях науки и техники. - Калуга, 2016. - С. 38–41.
3. Хорунжий А.В. «Идеальный строй жизни» К.Э. Циолковского – утопия и тоталитарное государство// К.Э. Циолковский и этапы развития космонавтики. - Калуга, 2015. - С. 50-52.
4. Хорунжий А.В. «Идеальный строй» К.Э. Циолковского как стержень личности и зеркало эпохи // Открывая современность заново. – М.: РУДН, 2011. – С. 438–467.
5. Хорунжий А.В. Классификация социальной утопии К.Э. Циолковского // Идеи К.Э. Циолковского и проблемы космонавтики. – Калуга, 2006. – С. 26-28.
6. Хорунжий А.В. Оценка К.Э. Циолковским современного ему человеческого общества // Идеи К.Э. Циолковского и проблемы космонавтики. – Калуга, 2006. – С. 32–34.
7. Хорунжий А.В. Социальная утопия К.Э. Циолковского: Построение меритократии // Исследование научного творчества К.Э. Циолковского. - Калуга, 2007. - С. 212-237.
8. Хорунжий А.В. Утопия и антиутопия в наследии российских ученых – современников К.Э. Циолковского // Научное наследие и развитие идей К.Э. Циолковского. - Часть 1. - Калуга, 2019. - С. 275-279.
9. Циолковский К.Э. Горе и гений. - Калуга, 1916.
10. Циолковский К.Э. Идеальный строй жизни. 25 апреля 1917 г. - 20 февраля 1930 г. // Архив РАН. - Ф.555. - Оп.1. - Д.379. - Л. 1-33, 66-67, 163.
11. Циолковский К.Э. Мысль и изобретение. 23 февраля 1919 г. // Архив РАН. - Ф. 555. - Оп. 1. - Д. 399. – Л. 1-6.
12. Циолковский К.Э. Общественный строй. 1917 г. - июль 1918 г. // Архив РАН. - Ф. 555. - Оп. 1. - Д. 387. - Л. 1-204.
13. Циолковский К.Э. Что делать на Земле. 1928 г. // Архив РАН. - Ф. 555. - Оп. 1. - Д. 461. - Л. 1-28.
14. Циолковский К.Э. Этика, или естественные основы нравственности. 8 января 1903 г. – 1928 г. // Архив РАН. – Ф. 555. – Оп. 1. – Д. 372. – Л. 1-111.

15. Шульц Э.Э. Русская революция и проблема модернизации // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: История России. - 2015. - № 3. - С. 7-17.
16. Young M. The Rise of the Meritocracy: 1870- 2033. - L.: 1958.

УДК 93/94

**Паниотова Т.С.**

доктор философских наук  
Южный федеральный университет  
Ростов-на-Дону

**К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ:  
КОНСТРУИРОВАНИЕ ОБРАЗА БУДУЩЕГО<sup>3</sup>**

**K.E. TSIOLKOVSKY:  
CONSTRUCTING THE IMAGE OF THE FUTURE**

**Аннотация.** Рассматриваются образы будущего и способы их конструирования в творчестве К.Э. Циолковского. Концепт «образ будущего» ввел и активно использовал в гуманитарном знании нидерландский ученый Ф. Полак. Анализ, проведенный на стыке двух современных научных парадигм – utopian studies и making the future, – позволил автору органично вписать творчество Циолковского в мировую утопическую традицию, связанную с созданием образов позитивного будущего.

**Ключевые слова:** образ будущего, конструирование, утопия, Циолковский, Полак, идеал общественного устройства.

**Abstract.** The article is devoted to the consideration of the images of the future and the methods of their construction in the works of K.E. Tsiolkovsky. The concept of the «image of the future» was introduced and actively used in humanitarian knowledge by the Dutch scientist F. Polak. The analysis carried out at the junction of two modern scientific paradigms - utopian studies and making the future - allowed the author to organically fit Tsiolkovsky's work into the world utopian tradition associated with the creation of images of a positive future.

**Keywords:** image of the future, construction, utopia, Tsiolkovsky, Polak, ideal of social structure.

<sup>3</sup> Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-011-00581. – *Прим. автора.*

Сегодня все чаще говорят об участии человека в конструировании желаемого будущего, о «делании» будущего (making the future), вместо пассивного его ожидания. «Конструирование означает, что человек как субъект познания и деятельности берет на себя весь груз ответственности за получаемый результат» [1]. Обращение к идейному наследию выдающихся мыслителей прошлого позволяет увидеть это стремление к «деланию» будущего, которое реализуется в виде различных образов. Ф. Полак утверждал, что «Общий характер и качество образов будущего, преобладающих в обществе, — это самое главное в его общей динамике». Конструирование образа будущего сближает утопию и искусство, где полет воображения художника позволяет не только отразить наличные реалии, но и зримо представить грядущие перспективы. Впрочем, замечает Полак, хотя эстетическая составляющая и присуща утопии, «было бы неправильно относить ее к сфере искусства: эстетика не является первоственной мотивацией утопии, это, скорее, способ выражения ее идей»; кроме того, «рациональное построение утопии требует специальных экономических знаний, а также понимания организационных деталей и тонких структурных связей» [3, p. 173]

Среди множества различных альтернативных утопических образов будущего есть и те, которые порождены воображением К.Э. Циолковского. В них, в частности, в статье «Миражи будущего общественного устройства» [2], также доминирует не эстетическая составляющая, а рационализм, граничащий с чрезмерной детализацией и мелочным расчетом; определенный набор экономических знаний, представлений о социальной структуре и организационных взаимосвязях.

Исходя из этих предпосылок, Циолковский конструирует свои «миражи». Идеалом общественного устройства для него выступает «союз из всех людей земного шара», а наивысшей ценностью «сочетание общественных инстинктов с индивидуальными талантами». Единение всех людей должно быть разумным, т. е. взаимовыгодным, а во главе общества должны быть поставлены лучшие люди. Появление «лучших людей» - результат своеобразной селекции, потому что, хотя в брак смогут вступать все желающие, не всем будет дозволено иметь детей. Ведь цель брака — это «улучшение рода в смысле увеличения здоровья, силы, продолжительности жизни, красоты, ума, производительности, — в смысле улучшения нравственных и общественных качеств». А полагать, что рядовые обыватели могут произвести на свет носителей таких качеств, по крайней мере, наивно. Соответственно он недооценивал влияние

воспитания, общественной среды, а полагался преимущественно на законы наследственности.

Переносясь мыслями в далекое будущее, Циолковский задумывается о создании идеальных условий для жизни человека не только на Земле, но и во всей солнечной системе, считая возможным менять растительный и животный мир, почву, реки и океаны, климат. Человек создаст универсальную искусственную среду, закрытые экосистемы. Новые технологии обеспечат ему максимально комфортное и счастливое существование.

Подводя итог, можно сказать, что К.Э. Циолковский имел полное основание в ответном письме А. Гойхбаргу сказать, что он достаточно хорошо знаком с учениями социалистов и утопистов. При всей оригинальности его концепции мы находим в ней множество «цитат» из трудов самых разных авторов. Идея производства «лучших людей» закономерно вызывает ассоциации не только с утопиями Платона и Кампанеллы, но и с современными евгеническими антиутопиями. Придуманные Циолковским разнообразные технические новшества заставляют вспомнить «Новую Атлантиду» Ф. Бэкона, а пристрастие к цифровым исчислениям - похожую увлеченность математическими расчетами Ш. Фурье. Свой след на его концепции оставили и российские народнические доктрины. Таким образом, очевидно, что идеи Циолковского органично вписаны в мировую утопическую традицию с ее образами идеального будущего общества.

### **Литература**

1. Князева Е. Конструирование будущего URL [электронный ресурс] <https://iphras.ru/uplfile/evolep/helena/knyazeva-constructio.pdf> (дата обращения 20. 07. 2021)
2. Циолковский К.Э. Миражи будущего общественного устройства. Сборник. - М.: 2015.
3. Polak F. The Image of the Future. - Amsterdam. London. New-York: 1973. - 319 p.

УДК 14

eLIBRARY.RU: 13.00.00

**Романенко М.А.**

Южный федеральный университет  
Ростов-на-Дону

## УТОПИЧЕСКАЯ ТРАДИЦИЯ В ОСВОЕНИИ БУДУЩЕГО: ТВОРЧЕСТВО К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО<sup>4</sup>

### UTOPIAN TRADITION IN THE DEVELOPMENT OF THE FUTURE: THE WORK OF KONSTANTIN TSIOLKOVSKY

**Аннотация.** Автор обращается к реконструкции утопического пласта в видении будущего К.Э. Циолковским. Предпринята попытка установить ключевые свойства утопического дискурса, сформировавшиеся за более чем 500-летнюю историю утопии (если вести отсчет от Т. Мора), в «Идеальном строе жизни» и оценить, насколько эти свойства соответствуют традиционным образцам или подвергнуты творческой адаптации мыслителя.

**Ключевые слова:** Циолковский, утопия, образ будущего, мечта, прогресс, традиция.

**Abstract.** In the article, the author refers to reconstructing the utopian layer in Konstantin Tsiolkovsky's vision of the future. For this purpose, an attempt is made to establish the key properties of utopian discourse that have been formed over the more than 500-year history of utopia (if we date from More) in the «Ideal Order of Life» and to assess how these properties correspond to traditional patterns or they are subjected to the creative adaptation of the thinker.

**Keywords:** Tsiolkovsky, utopia, the image of the future, dream, progress, tradition.

Уже давно стало общим местом трактовать творчество К.Э. Циолковского в контексте утопии, не считая последнюю лишь инструментом производства красивых, но недостижимых проектов общественного устройства. В последние десятилетия в utopian studies сложился иной подход, суть которого – увидеть в утопии возможность продуцировать и высвободить альтернативы, реализуя присущее человеку стремление к лучшему миру (Э. Блох). С этого ракурса мы бы и хотели взглянуть на проект будущего устройства общества, так тщательно и долго разрабатываемый Циолковским, внося тем самым свой малый и скромный вклад в исследования утопического дискурса в творчестве основоположника теоретической космонавтики [4; 5].

В основе нашей методологии находится поиск ключевых системообразующих свойств утопического дискурса, определившего проект будущего Циолковского, и их сопоставление с классическими

<sup>4</sup> Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-011-00581. – *Прим. автора.*

образцами утопической мысли. В качестве двух основных свойств мы, вслед за К.Г. Фрумкиным [3], рассмотрим ее интегративный характер и стремление к упрощению. Эти свойства реализуются в утопических проектах через сплетение других свойств и сюжетов, различающихся в деталях и частностях, например, отношение к труду, социальная структура и т. д., но составляют своеобразный каркас утопической традиции.

Интеграцию в утопии можно проследить на разных уровнях. В классических утопических произведениях интегративный тон задает общинная парадигма, определяющая другие аспекты жизни: общинному укладу подчинялась жизнь утопийцев у Т. Мора, соляриев у Т. Кампанеллы или обитателей фаланстеров у Ш. Фурье. Этот традиционный элемент имеется и у Циолковского, ему подчинена и организация социальной структуры будущего общества, и характер труда, и устройство инфраструктуры. Поскольку у Циолковского утилитаристский и материалистический принципы задают условия для общественного совершенства, то исходной точкой в поддержании общинного проекта должен стать определенный характер собственности. Идеалом, конечно же, является общественная собственность – с той оговоркой, что «не надо ломать и насиловать»<sup>5</sup>. Циолковский допускает на начальном этапе существования проекта наличие частной собственности, которая по мере эволюции человечества «потеряет свою привлекательность».

Проблема собственности в классических произведениях находится, в первую очередь, в плоскости социального бытия, поскольку факт владения – это основание для расслоения и неравенства и, как следствие, источник конфликта. Циолковской же говорит о собственности в контексте индивидуальных устремлений, приводя аргументы против: «она <собственность> дает возможность удовлетворять прихотям <...> но ведь это мне же во вред», «как мучительны заботы о сохранении земли и богатств!!». Утопия в своем радикализме стремится к полному отсутствию конфликтов и ликвидации всяческого зла: нет частной собственности, например, – нет и порождаемых ею пороков. В своем проекте Циолковский тоже избегает конфликтов, но не простым удалением их источника, а разумным недопущением их начала: «Не отнять ли все у собственников и не разделить ли поровну? Подымется возня, взаимное истребление».

<sup>5</sup> Здесь и далее цитаты из «Идеального строя жизни» К.Э. Циолковского даны по изданию [6], сноски для каждой цитаты указываться не будут. - *Прим. автора.*



Отдельного внимания заслуживает труд, которому в утопиях отводится чуть ли не основная роль, ведь принуждение к работе – залог существования идеального общества. Циолковский отвергает принудительность труда (потребность к нему должна вырасти из разумных посылок) и с особым пиететом относится он к интеллектуальной работе гениев. Сам процесс организации и разделения труда соотносится с общественной структурой и способствует ее дальнейшему прогрессу.

Другим важным свойством, о котором нам предстоит более подробно поговорить, является стремление к упрощению. Жизнь в утопических обществах регулируется ясными и однозначными принципами, которые не нуждаются в каком-либо истолковании и интерпретации. Это касается, как, собственно, самой социальной структуры, норм и правил общежития, так и окружающего мира. «Атомарный» подход к организации общественной структуры гарантирует возможность создания рационального и однородного социума. Так и Циолковский предлагает довольно простую модель общества, состоящего из общин разных уровней с понятными правилами их функционирования, выборным типом управления, ясными правилами взаимодействия и перехода членов общин между ними. Но однородность социальной жизни у мыслителя нарушают власть избранных, довольно строгая регуляция рождаемости и контроль за воспитанием, хотя ученый и подчеркивал свое более гуманное отношение в решении этих вопросов, нежели у предшественников-утопистов [7].

Стоит отметить, что идея перманентного совершенствования и развития (в отличие от уже установленного совершенного состояния у классиков) снимает проблему несоответствий и оговорок, которую отмечал А.В. Хорунжий: «Циолковский был вынужден постоянно оговаривать исключения из собственных правил, вызванные столкновением реального и идеального» [5, с. 33]. По Джеймисону, рассказ об идеальном обществе немислим без вытеснения негативного – демонстрации того, от чего избавились [1, с. 43]. В контексте проекта Циолковского – демонстрации того, от чего еще предстоит избавиться. «В конце концов останется на Земле потомство только небольшой группы наиболее совершенных существ» [7, с. 134], т. е. и отбор, и контроль окажутся более не востребованы и вытеснены, или, как выражается Циолковский, «получится полезное очищение». Получается, что через метафору «очищения» происходит обратное движение от дистопии к утопии – от несовершенного настоящего к идеальному будущему, чем и можно объяснить симбиоз утопических и

дистопических идей в рассматриваемой концепции, на который обратила внимание Т.С. Паниотова [2].

Очищение реализуется в утопии в особом отношении к физической чистоте (фильтровать воду и воздух от бактерий, например) и даже к окружающему миру, с вполне рациональным и утилитарным отношением к последнему: «природа будет побеждена». Тема отношений с «беспредельной природой» в концепции Циолковского может стать благодатным сюжетом для отдельного исследования.

Смежным сюжетом является прозрачность в организации внутреннего пространства утопии, культурная интенция которой – в четкости границ и контролируемости (вспомним стеклянные дома номеров у Замятина). Циолковский же в первую очередь говорит о практической пользе прозрачных построек: стекло пропускает ультрафиолетовые лучи солнца, а в сочетании с воздушной подушкой еще и служит плохим теплопроводником. Циолковский ничего прямым образом не говорит о прозрачности жизни жителей таких домов для властей и остальных членов общины, сама конструкция постройки в виде круглого дома с круглым двором посередине (да еще где стены, полы и потолки стеклянные!) наводит нас на аналогию с паноптикумом Бентама.

Таким образом, рассмотрев проект Циолковского через утопическую оптику, мы можем заключить, что он, обладая базовыми атрибутами (в чем-то дополненными и измененными ученым) утопии, гармонично вплетался в эту традицию и раскрывал возможности для создания альтернативного (лучшего, с точки зрения Циолковского) будущего.

## **Литература**

1. Джеймисон Ф. Прогресс versus утопия, или Можем ли мы вообразить будущее? // Фантастическое кино. Эпизод первый: Сборник статей / сост. и ред. Н.В. Самутина. – М.: Новое литературное обозрение, 2006. – С. 32-49.
2. Паниотова Т.С. Утопия vs дистопия в творчестве К.Э. Циолковского // Научное наследие и развитие идей К.Э. Циолковского: Материалы 54-х Научных чтений памяти К.Э. Циолковского, Калуга, 17–19 сентября 2019 года. – Калуга: АКФ «Политоп», 2019. – С. 264-269.
3. Фрумкин К.Г. Соблазны Туманности Андромеды: Лейтмотивы коммунистической утопии от Томаса Мора до Ефремова и Стругацких. – М.: URSS, 2021. – 208 с.

4. Хорунжий А.В. «Идеальный строй» К.Э. Циолковского как стержень личности и зеркало эпохи // Открывая современность заново. – М.: РУДН, 2011. – С. 438-467.
5. Хорунжий А.В. Оценка К.Э. Циолковским социально-утопических проектов своих предшественников // К.Э. Циолковский: Исследование научного наследия. Материалы XLIII научных чтений памяти К.Э. Циолковского. – Калуга: Эйдос, 2018. – С. 30-34
6. Циолковский К.Э. Идеальный строй жизни. URL: <https://www.tsiolkovsky.org/wp-content/uploads/2019/09/Idealnyj-stroj-zhizni.pdf> (дата обращения 25.07.2021).
7. Циолковский К.Э. Утописты // Вопросы философии. – 1992. – № 6. – С. 132-158.

УДК 159.924  
eLIBRARY.RU:

**Мурадян О.А.**  
кандидат философских наук  
Южный федеральный университет  
Институт философии  
и социально-политических наук

**СТРЕМЛЕНИЕ К ПРОГРЕССУ ИЛИ КТО СТОИТ  
ЗА ВСЕОБЩИМ ПРОЦВЕТАНИЕМ  
(КОНЦЕПЦИЯ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО)**

**THE DESIRE FOR PROGRESS OR WHO IS  
BEHIND UNIVERSAL PROSPERITY  
(THE CONCEPT OF K.E. TSIOLKOVSKY)**

**Аннотация.** Представлена концепция К.Э. Циолковского, которая сформирована автором в его работах, посвященных проблеме гениев и их восприятию, а также тому типу общества, к которому мы должны стремиться, чтобы создать «новую породу людей» способных к восприятию, а главное творчеству.

**Ключевые слова:** Циолковский, гений, прогресс, творчество.

**Abstract.** The theses briefly present the concept of K.E. Tsiolkovsky, which was formed by the author in his works devoted to the problem of geniuses and their perception, as well as the type of society to which we should strive to create a «new breed of people» capable of perception, and most importantly creativity.

**Keywords:** Tsiolkovsky, genius, progress, creativity.

Человечество всегда стремилось к прогрессу культуры, всегда существовали в обществе те особые личности-одиночки, которые хотели изменить существующую действительность. Их не всегда ценили, а чаще и наоборот. В традиционных обществах новации воспринимались как смертельное оружие против коллектива, а тот, кто их привносил – изгонялся. Только европейский способ мышления универсального типа, говоря словами М.К. Петрова, явил нам новое восприятие подобных людей, в очень экстравагантном виде, как пиратов Эгейского моря [1], способных на все и сразу. В то же время, мы не сможем их назвать гениями, так как они, напротив, развивались во всех областях и совершенствовались в них лишь настолько, насколько требовала ситуация, и, не по желанию, а по необходимости.

Однако, такое новое видение жизни способствовало тому, что человек смог понять и принять новый тип мышления и реализации своих возможностей, а это самое ценное в формировании особого типа личности в будущем. Подобные одиночки, которые хотели увидеть мир иначе остальных и сделать его лучше, думаю, были и до этого, ведь творческая способность, вполне утвердительно можно сказать, закладывается в нас изначально, а, следовательно, и прорывается без спроса. Трудность с ее восприятием другими людьми, в которых она еще не проснулась. Таким образом, пройдя «активацию» в Древней Греции, человек активно принялся оформлять эту способность к мышлению и создал философию, а затем и опытную науку. Вот здесь мы подключаем осознание этих творений, прогресс и тех личностей, что чаще называют гениями, кто способен на максимальное проявление своего таланта, его практическую реализацию и сохранение на множество поколений вперед. В этом ключе концепция, изложенная в ряде статей К.Э. Циолковского, дает особую оценку человечеству в целом, роли отдельных личностей, особый взгляд на их формирование и условия жизни, помогающие найти и отобрать от общей массы всего человечества именно лучших, «высших», а также представляющая ранговую градацию людей.

Циолковский формирует идею существования идеального мира «общественных домов» [2, л. 17], изобретателей и мудрецов, а также людей знания – ученых [3], которые помогают транслировать и внедрять знания, что приводит к «улучшению породы человека» [2, л. 23]. Гении, относящиеся лишь к третьему рангу из девяти в системе [4], максимально нравственны, однако существуют и другие примеры, так как нестандартное мышление рисует иные реальности. Гений –

творец и создатель всего культурного наследия, которое движет общество вперед, улучшает качество жизни во всех ее областях. Цель жизни гения – «познание, совершенствование, устранение зла и всякого страдания, распространение высшей жизни» [5, л. 8]. Лучший «мир, созданный мыслящим человечеством» [2, л. 27], хотя не каждый мудрец, даже участвовавший в его создании может ужиться в нем. Парадоксально, но факт. Этот мир разрастается, а «внешний мир» умирает и уступает высшему, в который и включает всех тех, кто некогда жил «на обочине». «Высший» человек стремится к «положительной воображаемой вершине» или максимальному приближению к идеальной жизни. Все это дает «способность к творческой деятельности, к ремеслам, искусствам, науке. Хорошее здоровье. Благообразное тело, острота чувств. Способность к размножению, при отсутствии страстей. Долгота жизни» [6, л. 5]. Существует и отрицательный полюс противоположный в результатах, он представляет могущественного эгоиста, отличающегося от положительного отношением к правде. «Долгое время отрицательная сила преодолевает. Но в конце концов, через определенный, сравнительно небольшой промежуток времени, она должна сдаться и уступить положительному полюсу» [6, л. 10-11]. Отсюда итог всего этого звучит в стиле механицизма и даже прагматизма: человек способный жить в этом новом мире – «маленький и полезный винтик нового строя» [3, л. 27].

Сравнивая с современностью, мы видим, что гении уже не воспринимаются сумасшедшими, о чем говорил Циолковский, хотя, как и раньше, им трудно в семье, их не всегда понимают близкие, однако они необходимы для прогресса. Сложно понять как вывести ген гениальности и понять у кого рождаются подобные люди, об этом говорит и сам Циолковский. В то же время, сегодня ученые склоняются к тому, что этот ген остается мифом, в то время, как наследование некоторых творческих способностей от родителей доказана научно. Можно строить догадки, выводить закономерности, чем уверенно занимаются исследователи гениальности, но однозначно к выводу о том, как стать гением, что позволит нам состояться в жизни и оставить реальный культурный след в ней, мы на сегодняшний день не приходим. В этом смысле Циолковский, предложивший свою схему утопического мира отбора и образования, которую сам назвал мало осуществимой, в то же время продвинул этот вопрос вперед и обратил внимание на некоторые специфические жизненные ориентиры тех, кого по праву относят к гениям.

## Литература

1. Петров М.К. Искусство и наука. Пираты Эгейского моря и личность. - М.: РОССПЭН, 1995.
2. Циолковский К.Э. Горе и гений // <https://www.tsiolkovsky.org/wp-content/uploads/2019/09/Gore-i-genij.pdf>
3. Циолковский К.Э. Двигатели прогресса // <https://www.tsiolkovsky.org/wp-content/uploads/2019/09/Dvigateli-progressa.pdf>
4. Циолковский К.Э. Полюсы человеческих качеств // <https://www.tsiolkovsky.org/ru/kosmicheskaya-filosofiya/polyusy-chelovecheskih-kachestv/>
5. Циолковский К.Э. Какой тип школы желателен // <https://www.tsiolkovsky.org/ru/kosmicheskaya-filosofiya/kakoj-tip-shkoly-zhelatelen/>
6. Циолковский К.Э. Оценка людей // <https://www.tsiolkovsky.org/ru/kosmicheskaya-filosofiya/otsenka-lyudej/>

УДК 929

Максимовская Н.А.  
Союз журналистов РФ

### К ИСТОРИИ ПИСЬМА-ЗАВЕЩАНИЯ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО (ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ)

#### TO THE HISTORY OF THE WILL OF K.E. TSIOLKOVSKY (ADDITIONAL MATERIALS)

**Аннотация.** Анализ архивных документов, а также изучение опубликованных материалов позволили реконструировать историю письма-завещания К.Э. Циолковского, адресованного 13 сентября 1935 г. И.В. Сталину, и внести дополнения в картину последних дней его жизни.

**Ключевые слова:** Циолковский, Сталин, завещание.

**Abstract.** The analysis of archival materials and published documents allowed us to reconstruct the history of the will of K.E. Tsiolkovsky. Tsiolkovsky's will was set out in a letter addressed to I. Stalin on September 13, 1935. It also became possible to make additions to the picture of the last days of the scientist's life.

**Keywords:** Tsiolkovsky, Stalin, will, testament.

Сохранение и передача государству творческого наследия Константина Эдуардовича Циолковского после его ухода из жизни были осуществлены благодаря оперативным, мудрым решениям со стороны представителей партийного руководства страны, Калужского района (Калуга входила в тот период времени в состав Московской области) и Народного комиссариата внутренних дел СССР. Речь идет о письме-завещании К.Э. Циолковского, адресованном И.В. Сталину и составленном 13 сентября 1935 г. за шесть дней до кончины ученого. Оно хорошо известно по многочисленным публикациям, наиболее ранние из которых [1]. В нем, в частности, говорится: «Все свои труды по авиации, ракетоплаванью и межпланетным сообщениям передаю партии большевиков и Советской власти - подлинным руководителям прогресса человеческой культуры. Уверен, что они успешно закончат эти труды <...>». В последующие семьдесят лет текст письма много раз публиковался и цитировался на основании ранних публикаций. О подлиннике письма словно забыли. Однако он существовал и, как выяснилось, хранился в одном из архивов страны. В 1995-1996 гг. он был найден и введен в научный оборот [2]. Толчком к поиску этого документа послужили дневники старшей дочери Циолковского Любови Константиновны, которые автору предоставил для изучения внук ученого Владимир Ефимович Киселев [3, 4]. В одном из них автором доклада были обнаружены следующие строки: «Перед смертью, конечно, он (Циолковский - Н. М.) думал о судьбе своих трудов, но он сам не написал бы такого письма <...>. Написать такое длинное письмо для умирающего было совершенно невозможно». Другие записи Л.К. Циолковской содержали негодование по поводу первой фразы в письме-завещании - обращения Циолковского к Сталину: «Мудрейший вождь и друг всех трудящихся, тов. Сталин!..» [4, 5]. Любовь Циолковская была убеждена в том, что ее отец никогда так не назвал бы Сталина. Кроме того, в литературе утверждалось, что ученый продиктовал это письмо, либо даже, написал его сам.

Поиски подлинника письма-завещания Циолковского в середине 1990-х годов привели в Архив Президента Российской Федерации (АПРФ)<sup>6</sup> [5<sup>7</sup>], где он хранится вместе с двумя другими документами: письмом Б. Таля Л. Кагановичу, датированном 15 сентября 1935 г., и предпродовительным письмом начальника КГО УНКВД МО И.

<sup>6</sup> В настоящее время Управление информационного и документационного обеспечения президента.

<sup>7</sup> Здесь и далее ссылки даются на копии названных документов, переданных из АПРФ в фонды Государственного музея истории космонавтики им. К.Э. Циолковского (ГМИК).

Веселова начальнику Управления НКВД МО С. Реденсу, также датированным 15 сентября 1935 г. [6, 7]. Позднее с целью реконструкции истории письма-завещания Циолковского были привлечены мемуары участников событий, связанных с его написанием [8-13].

Опираясь на совокупность названных документов, стало возможным восстановить подробную хронику событий 13-15 сентября 1935 г. С 8 сентября 1935 г. Циолковский находился в Калужской железнодорожной больнице, где ему была сделана операция по поводу рака желудка. Инициатором письма Циолковского Сталину был секретарь Центрального Комитета Лазарь Каганович, который заранее дал «установку» секретарю калужского райкома партии Борису Ефимовичу Трейвасу на его написание. Трейвас дал задание составить заготовки текста письма-завещания сразу нескольким лицам: журналисту «Коммуны» Борису Аркадьевичу Монастыреву, корреспонденту ТАСС с безупречной партийной и трудовой биографией Марку Ивановичу Петухову и, вероятно, другим лицам. (По устным воспоминаниям бывшего директора ГМИК И. Короченцева о разговоре с журналистом г. «Коммуна» А. Никольским относительно письма-завещания, тот «принимал участие в его составлении вместе с Трейвасом». А зять средней дочери ученого М.К. Циолковской Н.В. Самбуров указал в своих воспоминаниях на причастность к письму-завещанию работника партийного аппарата И. Чибисова, который сам ему об этом рассказывал [11]).

В спешном порядке 13 сентября 1935 г. был составлен текст письма, после чего Трейвас передал его по телеграфу в Москву для согласования с Кагановичем. Затем Трейвас посетил Циолковского в больнице. Самочувствие Циолковского в этот день резко ухудшилось, но он был в сознании и поставил подпись на письме Сталину, в котором определялась судьба его рукописного наследия. После этого секретарь президиума Калужского Горисполкома М.С. Селиверстова (жена Трейваса) сразу же поехала на поезде в Москву, прибыв в столицу утром следующего дня, и передала одну копию письма-завещания в ЦК партии, другую - в газету «Правда» [12, 13]. Однако текст письма-завещания не мог быть опубликован раньше, чем он был прочитан вождем. Чтобы передать Сталину письмо Циолковского, необходим был его подлинник. 15 сентября 1935 г. заведующий отделом печати и издательств ЦК ВКП(б) Борис Таль дал указание запросить в срочном порядке подлинник письма-завещания из Калуги через Управление НКВД. В тот же день подлинник переслали из Калужского Горотдела, которое возглавлял Иван Веселов, начальнику



Управления НКВД Московской области Станиславу Реденсу. Таль, получив подлинник, передал его с сопроводительной запиской Кагановичу. Каганович, ознакомившись с материалом, на сопроводительном письме Талья размашистым почерком поставил визу: «Т. Сталину. Посылаю письмо Циолковского. Сегодня даем в печать» [6].

Получив письмо Циолковского 16 сентября, Сталин написал ответную телеграмму: *«Знаменитому деятелю науки товарищу К.Э. Циолковскому. Примите благодарность за письмо, полное доверия к партии большевиков и советской власти. Желаю Вам здоровья и дальнейшей плодотворной работы на пользу трудящихся. Жму Вашу руку. И. Сталин»* [14]. Местонахождение автографа текста этой телеграммы не установлено, его копия выявлена в Российском Центре хранения и изучения документов новейшей истории (РЦХИДНИ)<sup>8</sup>. 17 сентября она была опубликована вместе с письмом-завещанием Циолковского в «Правде» и «Известиях».

#### **Литература и источники**

1. Циолковский К.Э. Письмо И.В. Сталину // Правда. 17.09.1935. Известия. 17.09.1935.
2. Максимовская Н.А. Новые архивные материалы к биографии К.Э. Циолковского // Труды XXXI Чтений К.Э. Циолковского. Секция «Исследование научного творчества К.Э. Циолковского». - М.: ИИЕТ РАН, 1999. - С. 77-88.
3. Циолковская Л.К. Дневниковые записи 1953-1954 гг. // Архив семьи А.В. Киселева.
4. Дневник Л.К. Циолковской // Знамя. 26.09.1992.
5. Циолковский К.Э. Письмо И.В. Сталину. 13.09.1935 // ГМИК. НВФЭ-1896-1, 2.
6. Таль Б. Письмо Л. Кагановичу. 15.09.1935 // Там же. НВФЭ-1896-3.
7. Веселов И. Письмо С. Реденсу. 15.09.1935 // Там же. НВФЭ-1896-4.
8. Петухов М.И. Интервью, записанное Н.А. Максимовской. 30.08.2000 // Личный архив Н.А. Максимовской.
9. Петухов М.И. Интервью, записанное Н.А. Максимовской. 14.12.2000 // Личный архив Н.А. Максимовской.
10. Петухов М.И. Интервью, записанное Н.А. Максимовской. Июнь 2001 г. // Личный архив Н.А. Максимовской.
11. Самбуров Н.В. Интервью, записанное Н.А. Максимовской. 22.12. 2000 // Личный архив Н.А. Максимовской.

<sup>8</sup> В настоящее время РГАСПИ. – *Прим. автора.*

12. Селиверстова М.С. Воспоминания о К.Э. Циолковском. 16.09.1976 // ГМИК. МГ-1-40.
13. Селиверстова М.С. Воспоминания о К.Э. Циолковском. 17.09.1976 // МГ-1-29.
14. Сталин И.В. Телеграмма К.Э. Циолковскому. 16.09.1935 // РЦХИДНИ. Ф. 558. Оп.1. Д. 3187. Л. 1.

УДК 929  
eLIBRARI.RU: 03.29.00

**Морозова Л.Н.**  
старший научный сотрудник  
ГМИК им. К.Э. Циолковского  
отдел «Дом-музей А.Л. Чижевского»

## **О НАУЧНЫХ КОНТАКТАХ А. Л. ЧИЖЕВСКОГО И С. П. КОРОЛЕВА**

### **ABOUT SCIENTIFIC CONTACTS BETWEEN A.L. CHIZHEVSKY AND S.P. KOROLEV**

**Аннотация.** Вводятся в научный оборот неизвестные ранее факты о научных контактах А.Л. Чижевского и академика С.П. Королева. Они выявлены в письмах А.Л. Чижевского к С.П. Королеву и в неопубликованных воспоминаниях Н.В. Чижевской-Энгельгардт, жены А.Л. Чижевского.

**Ключевые слова:** А.Л. Чижевский, С.П. Королев, ионизированный воздух космических кораблей, космическая биология, солнечная и космическая радиация.

**Abstract.** Previously unknown facts about scientific contacts between A.L. Chizhevsky and Academician S.P. Korolev are introduced into scientific circulation. These facts were revealed in the letters of A.L. Chizhevsky to S.P. Korolev and the unpublished memoirs of Chizhevsky's wife N.V. Chizhevskaya-Engelhardt.

**Keywords:** A.L. Chizhevsky, S.P. Korolev, ionized air of spacecraft, space biology, solar and cosmic radiation.

Пытался ли А.Л. Чижевский заниматься вопросами практической космонавтики после запуска 4 октября 1957 г. первого искусственного спутника Земли? Ответ на этот вопрос можно найти в воспоминаниях его жены Нины Вадимовны Чижевской-Энгельгардт [1].

Обсудить возможность аэроионизации космических кораблей с С.П. Королевым А.Л. Чижевскому посоветовал О.К. Антонов. Попытка Александра Леонидовича связаться с Королевым через Академию наук не увенчалась успехом. Помощь пришла от знакомого Чижевских Константина Константиновича Кобызева, у которого близкий друг работал одним из помощников Королева. Он передал Королеву краткое официальное письмо, написанное Александром Леонидовичем. Вскоре по поручению Королева к Чижевским приехали Диодор Иванович Григоров и Владимир Николаевич Серебряков. Они сообщили, что Королева очень заинтересовало предложение Чижевского по аэроионизации космических кораблей. На протяжении 1961 года сотрудники Королева часто бывали у Чижевского с целью консультаций по вопросам состава воздуха кабины космического корабля.

Встреча Чижевского и Королева состоялась в 1962 году. Сергей Павлович попросил Александра Леонидовича помочь составить штатное расписание лаборатории аэроионификации и тематический план работ. Чижевский написал Королеву памятную записку, в которой подробно изложил возможность использования аэроионизации в различных областях науки и техники, включая космонавтику, и составил тематический план работы лаборатории [2].

В письме к Королеву от 31 марта 1962 года Чижевский подробно написал о том, что при изучении траектории полета космического корабля необходимо принимать во внимание солнечные выбросы, время их появления и затухания, их расположение и движение в околосолнечном пространстве, и другие параметры [2].

На консультацию к А.Л. Чижевскому приезжали не только от С.П. Королева, но и от О.Г. Газенко из Института медико-биологических проблем.

В воспоминаниях Нина Вадимовна упоминает имя С.П. Королева и в связи с рукописью, в которой Чижевский писал о встречах с Циолковским. Нина Вадимовна подробно описала движение рукописи: Александр Леонидович отдал ее главному редактору издательства Академии наук Николаю Михайловичу Сикорскому, тот передал рукопись в Институт истории естествознания и техники АН СССР, оттуда рукопись передали А.Н. Туполеву, затем она попала в Музей им. Н.Е. Жуковского, а уже оттуда к С.П. Королеву.

Сергей Павлович считал, что «в рукописи слишком много полемических и спорных во всех отношениях мест» и советовал Чижевскому для публикации многое в ней сократить. На что

Александр Леонидович ответил, что это только черновик, для публикации он еще будет работать над текстом.

Несмотря на то, что официальное оформление Чижевского, как сотрудника Королева не состоялось, имя Александра Леонидовича занимает достойное место в ряду ученых, которые своими открытиями помогли осуществлению полета человека в космос [3].

### **Литература**

1. Чижевская-Энгельгардт Н.В. Воспоминания // Семейный архив А.Л. и Д.Л. Головановых (юридических наследников А.Л. Чижевского).
2. Отпуски писем А.Л. Чижевского С.П. Королеву // Там же.
3. Манакин А.В. Калуга в жизни А.Л. Чижевского. – Калуга: Гриф, 2008 – 134 с.

УДК: 629.762.5

**Желтова Е.Л.**

кандидат технических наук  
ведущий научный сотрудник  
ИИЕТ им. С.И. Вавилова РАН

**Гороховская Е.А.**

кандидат биологических наук  
ведущий научный сотрудник  
ИИЕТ им. С.И. Вавилова РАН

## **ПОЛЕТЫ В КОСМОС В РУССКОЙ НАУЧНО- ФАНТАСТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЕ КОНЦА XVIII-XIX ВВ.**

### **SPACE JOURNEYS IN RUSSIAN SCIENCE FICTION LITERATURE OF THE END OF XVIII-XIX CENTURIES**

**Аннотация.** Впервые представлена полная картина художественных произведений о полетах в космос в русской литературе конца XVIII - XIX вв. Рассматриваются различные способы полета в космос на искусственных аппаратах, описанные в работах В.А. Левшина (1746-1826), Ф.В. Булгарина (1789-1859), В.Ф. Одоевского (1804-1869), Н.А. Морозова (1854-1946). Обращается внимание на обилие фантастических произведений о космических полетах в русской литературе первой половины XIX в., особенно о путешествиях к Солнцу и на Луну.

**Ключевые слова:** Русская научная фантастика; полеты в космос.

**Abstract.** The full picture of works about space journeys in Russian literature of the end of XVIII - XIX centuries is presented. Various mechanical space flight techniques described in the literary works of V.A. Levshin (1746 - 1826), Th.V. Bulgarin (1789 - 1859), V.F. Odoevsky (1804 - 1869), N.A. Morozov (1854 - 1946) are considered. The attention is drawn to the plentiness of the space flight fiction works in Russian literature of the first half of the XIX century.

**Keywords:** Russian science fiction; space flights.

К. Э. Циолковский справедливо считал, что «фантастические рассказы на темы межпланетных рейсов несут новую мысль в массы». В нашей статье мы рассмотрим, каким образом идеи о космическом путешествии воплощались в русской фантастической и, особенно, научно-фантастической литературе конца XVIII-XIX вв.

Первым в русской литературе полет в космос на созданной человеком машине описал Василий Алексеевич Левшин (1746–1826) в повести «Новейшее путешествие, сочиненное в городе Белеве» (1784). Герой повести мечтает о межпланетных и межзвездных путешествиях, о том, насколько счастлив был бы тот, «который доставил бы нам средство к открытию сея важная истины!», что люди с огромным вожделением увидели бы отплывающий от них «воздушный флот» и что только «отличные умы возлетели б на нем для просвещения». (Вероятно, это первое в литературе употребление словосочетания «воздушный флот».) А далее герой повести совершает во сне космическое путешествие при помощи летающей машины, состоящей из ящика и прикрепленных к нему восьми орлиных крыл. На Луне герой обнаруживает «лунных жителей» [2].

Отметим, что в 1784 г., когда Левшин написал свою повесть, в России, после изобретения во Франции воздушного шара летом 1783 г., существовал интерес к полетам. Но этот интерес продлился недолго. Весной 1784 г., в ответ на жалобы Управы благочиния об огнеопасных ситуациях, возникающих при запусках самодельных воздушных шаров, императрица Екатерина II составила мнение о бесполезности и опасности шаров, и с лета 1784 г. Управа благочиния (с позволения которой издавались книги) уже не разрешала печатать литературу, пробуждавшую интерес публики к полетам.

Вновь интерес к полетам, прежде всего на воздушных шарах, возникает в России уже в XIX веке. Первое действительно научно-фантастическое описание космического путешествия в русской литературе мы встречаем у основоположника русского авантюрного

романа, известного писателя Фаддея Венедиктовича Булгарина (1789-1859) в повести «Похождение Митрофанушки в Луне» (1837): «Резкин имел познания в астрономии и часто наблюдал вид и течение планет. Он знал карту Луны и по пятнам и горам тотчас узнал эту планету. Но беспрерывно увеличивающийся объем ее изумил Резкина. Он догадывался, что шар вышел из земной атмосферы и попал в атмосферу Луны...» – так Фаддей Булгарин описывал прилет героев своей повести на воздушном шаре на Луну.

Заметим, что Булгарин не был первым литератором, описавшим полет на Луну на воздушном шаре. За два года до него это сделал создатель классического детектива известный американский писатель Эдгар Аллан По (1809-1849) в рассказе «Необыкновенное приключение некоего Ганса Пфааля» (1835). На Эдгара По, в свою очередь, оказал влияние Джордж Таккер (1775-1861), который в 1827 г. под псевдонимом Джозеф Аттерлей опубликовал «Путешествие на Луну: с некоторыми подробностями манер и обычаев, науки и философии жителей Морософии и других лунарианцев». Заметим, что «Путешествие на Луну» Таккера пробудило интерес к космической теме не только у Эдгара По, но и у таких классиков научно-фантастического жанра, как Жюль Верн и Герберт Уэллс.

Космический корабль Таккера летел к Луне за счет особого антигравитационного материала «лунария». У Эдгара По воздушный шар смог покинуть атмосферу Земли, поскольку был наполнен изобретенным героем рассказа сверхлегким газом. У Булгарина же мы видим особую конструкцию воздушного шара и его гондолы: «Лодка устроена была в виде птицы. Для рассекания воздуха впереди приделана была длинная шея, с клювом – в тыл прикреплен был хвост, а по бокам крылья, наподобие женских вееров. Хвост и крылья расширялись, сжимались и приводились в движение посредством весьма малосложного механизма. Стоило только вертеть колесо, чтоб дать какое угодно направление шару. Шар был сделан из крепкой парусины, и верх покрыт, для большой прочности, лайкой, которая напитана была резиной. Сеть была из крепких смоленых бечевок».

Сам Булгарин понимал, что на воздушном шаре до Луны не долететь, и, чтобы не выглядеть невеждой в небесной механике, в диалоге героев ввел соответствующее разъяснение. Булгарин подчеркивал, что главному герою известны работы Ньютона и Лапласа «о законах тяготения», но что его герой уступает тому очевидному, что воздушный шар долетел до Луны.

Как и у Левшина, в вышеперечисленных научно-фантастических произведениях XIX в. полет в космос служил увлекательным способом

доставки героев в некое реальное, но непознанное людьми место – на Луну (!), – где авторы имели возможность воплощать свои мысли и идеи о политическом и культурном устройстве общества, иначе говоря, изображали утопию. Булгарин, описывая жизнь выдуманных им лунатиков, опередивших в развитии жителей Земли, делал акцент на особом значении для них науки, литературы и просвещения в целом.

В 1837–1839 гг. известный русский писатель и мыслитель князь Владимир Федорович Одоевский (1804-1869) написал футуристическое произведение, хорошо известное современному читателю под сокращенным названием «4338-й год: Петербургские письма». Там есть строчки и про освоение Луны: «Нашли способ сообщения с Луною: она необитаема и служит только источником снабжения Земли разными житейскими потребностями, чем отращается гибель, грозящая Земле по причине ее огромного народонаселения». Однако сам способ полета на Луну у Одоевского никак не описан.

Чтобы представить себе, насколько космическая тема интересовала русских литераторов в первой половине XIX в., назовем и те произведения, которые вряд ли можно отнести к научно-фантастическому жанру.

Среди них рассказ-фантазия литератора Дмитрия Ивановича Сигова (1800–1837) «Путешествие в Солнце и на планету Меркурий и во все видимые и невидимые миры» (1832), где духовное космическое путешествие совмещается с физическим путешествием героя к Солнцу. Также фантастический рассказ прозаика Семена Дьячкова (1800 (или 1809) – 1844) «Прогулка в Луну». Рассказ был впервые опубликован в журнале «Сын отечества» в 1839 г. Герой рассказа летит в космос при помощи колдовства некой ворожеи. Интерес представляет то, что в рассказе мы впервые в русской литературе встречаем, хотя и применительно к волшебному полету, но не в известном сказочном сочетании «ковер-самолет», употребление слова «самолет»: «<...> Одной мысли достаточно было направлять полет самолетных (курсив наш – Е. Ж. и Е. Г.) коней – метлы и ступы...». И далее: «тело, одежда и наши самолеты – все покрылось фосфорическим светом...» [3]. Далее следует издававшийся писателем Петром Алексеевичем Машковым (1807–1849) юмористический альманах «Сплетни. Переписка жителя Луны с жителем Земли» (1842), где под видом описания жизни на Луне публиковались сатирические аллюзии на петербургское общество. После выхода пятого номера указом Николая I «Сплетни...» были запрещены. И, наконец, роман

Демокрита Терпиновича «Путешествие по Солнцу» (1845). (Роман не был опубликован).

Во второй половине XIX в. русская литература поворачивается в сторону различных форм реализма, и число научно-фантастических произведений практически сводится на нет. В то же время, в 1853 г. в Гостином Дворе в Санкт-Петербурге открылся книжный магазин молодого, но уже опытного и блестяще образованного книгоиздателя Маврикия Осиповича Вольфа (1825–1883), занявшегося, в том числе, переводом и изданием европейской научно-фантастической литературы. В 1861 г. Вольф основал журнал «Вокруг Света». В 1867 г. в приложении к журналу был опубликован (с некоторыми сокращениями) знаменитый научно-фантастический роман Жюль Верна «С Земли на Луну прямым путем за 97 часов 20 минут» (фр. *De la Terre à la Lune, Trajet direct en 97 heures 20 minutes*) (1865). Перевел роман известный популяризатор науки Павел Матвеевич Ольхин. В 1870 г. этот роман под названием «От Земли до Луны» вышел в типографии Вольфа отдельным изданием с аутентичными иллюстрациями известных французских художников Альфонса де Невиля и Эмиля Бойярда.

Отметим, что в 1893 г. в том же журнале «Вокруг света» была опубликована первая научно-фантастическая повесть К.Э. Циолковского «На Луне».

Что касается Жюль Верна, то в 1883 г его мотив космического путешествия на Луну в юмористической форме подхватил Антон Павлович Чехов и написал рассказ-пародию «Летающие острова»: «Через полчаса мистеры Вильям Болваниус, Джон Лунд и шотландец Том Бекас летели уже к таинственным пятнам на восемнадцати аэростатах. Они сидели в герметически закупоренном кубе, в котором находился сгущенный воздух и препараты для изготовления кислорода. Начало этого грандиозного, доселе небывалого полета было совершено в ночь под 13-е марта 1870 года. Дул юго-западный ветер. Магнитная стрелка показывала NWW (следует скучнейшее описание куба и 18 аэростатов) <...>».

Очень возможно, что вышеупомянутое издание романа Жюль Верна «От Земли до Луны» имел ввиду и Циолковский, когда писал о том, что стремление к космическим путешествиям было заложено в нем «известным фантазером Ж.-Верном».

В 1882 г. русский революционер-народоволец, писатель и ученый Николай Александрович Морозов (1854-1946) написал рассказ «Путешествие в мировом пространстве», где впервые в русской литературе был описан полет в космос в научных и исследовательских



целях. Рассказ начинался с описания состояния невесомости, возникшего на космическом корабле через несколько часов после отлета на Луну: «<...> Для нас более не было ни верха, ни низа. Стоило нам сделать несколько движений руками, и мы плавно переплывали на другую сторону каюты» [4]. Приближаясь к Луне, герои с помощью специального насоса берут пробы околослунной атмосферы (для дальнейшего ее исследования); прилетев на Луну (не выходя из корабля), они исследуют ландшафт Луны и с помощью «железной руки» забирают для изучения «экземпляры лунной фауны». Повествование полнится поэтическими, но в то же время точными, с точки зрения астрономии того времени, описаниями видов Луны, Земли, Солнца из космоса: «Вот лунная поверхность заняла почти всю половину окружающего нас небесного пространства. Зубчатые вершины ее кольцеобразных гор отчетливо обрисовывались среди бледно-зеленоватого плоскогорья, над которым низко склонялось Солнце». «Путешествие в мировом пространстве» было написано в Шлиссельбургской крепости, куда в 1881 г. за революционную деятельность автор рассказа был пожизненно заключен. В мемуарах Морозов отметил, что, находясь в крепости, он «часто улетал мыслью из стен гробницы в далекие мировые пространства». «Путешествие в мировом пространстве» пролежало в рукописных «Шлиссельбургских тетрадях» Морозова до 1963 г., когда было впервые опубликовано в журнале «Техника - молодежи».

Такой предстает картина фантастических и научно-фантастических публикаций о космическом полете в русской литературе до того, как в 1893-1894 гг. были напечатаны первые научно-фантастические произведения Константина Эдуардовича Циолковского.

## **Литература**

1. Желтова Е.Л. Воздухоплавание в России и Франции в 1783–1785 гг.: «Пересборка социального» // Социология науки и технологий. - 2021. - Т. 12. - № 2. - С. 7-25.
2. Левшин В.А. Новейшее путешествие, сочиненное в городе Белеве // Собеседник любителей Российского слова. - Ч. XIV. - 1784. - С. 5-33.
3. Дьячков С. Прогулка в Луну // Сын отечества. - 1839. - Т. 8. - С. 127-164.
4. Морозов Н.А. Путешествие в мировом пространстве // Техника – молодежи. - 1963. - № 7. - С. 18-19. - № 8. - С. 34–35.

**Желгова Е.Л.**  
кандидат технических наук  
ведущий научный сотрудник  
ИИЕТ им. С.И. Вавилова РАН

## **ВОЗДУШНЫЕ И КОСМИЧЕСКИЕ ПУТЕШЕСТВИЯ В НАУЧНОЙ ФАНТАСТИКЕ ФАДДЕЯ БУЛГАРИНА**

### **AERO AND SPACE JOURNEYS IN SCIENCE FICTION OF THADDEUS BULGARIAN**

**Аннотация.** Известный писатель Ф.В. Булгарин первым ввел научно-фантастические описания воздушных и космических путешествий в русскую литературу. Этот факт не был ранее замечен. В работе рассматриваются образы воздушных и космических путешествий, присутствующие в научно-фантастических произведениях Булгарина. Показывается, что Булгарин описал типичную для русской культуры связь мечты о полете на искусственно созданном аппарате с присущим человеку предощущением духовного полета.

**Ключевые слова:** Космический полет в русской литературе; Фаддей Булгарин; научная фантастика 19 века.

**Abstract.** A noticeable writer Thaddeus Venediktovich Bulgarian (1789-1859) was the first to introduce science fiction depictions of aero and space journeys to Russian literature. This fact has not been noted before. Bulgarian's science fiction images of aero and space journeys are discussed. It is indicated that Bulgarian reflected a typical for Russian culture linkage between the dream of flight on artificially made machine and the human premonition of spiritual flight.

**Keywords:** Space flight in Russian literature; Thaddeus Bulgarian; 19th century science fiction.

Основоположник русского авантюрного романа, известный писатель Фаддей Венедиктович Булгарин (1789-1859), поляк по происхождению, первым ввел научно-фантастические описания воздушных и космических путешествий в русскую литературу. Этот факт не был замечен ранее, видимо, потому, что Булгарин еще при жизни снискал себе недобрую славу среди русских поэтов и писателей первой величины, и его имя, после смерти, было надолго предано забвению, произведения не переиздавались. Но при всей

неоднозначности личности и судьбы Булгарина, он был крупным и влиятельным литератором своего времени, и его научно-фантастические публикации о воздушных и космических путешествиях достойны внимания.

Еще в ранней юности, будучи воспитанником Первого кадетского корпуса, будущий писатель охранял первые в России запуски воздушных шаров с воздухоплатателями. Тогда, в 1802-1803 гг., шары «пускали» в Санкт-Петербурге в саду Меншиковского дворца на Васильевском острове, где размещался Первый кадетский корпус. Булгарин оставил ценные воспоминания и о неудачной попытке запустить шар итальянцем Черни осенью 1802 г., и об успешных полетах на воздушном шаре официального аэронавта Франции Андре-Жака Гарнерена летом 1803 г., описал прыжок с шара на парашюте<sup>9</sup> помощника Гарнерена. Подводя итог своим впечатлениям от воздухоплавания того времени, Булгарин писал: «Удивительное зрелище воздушный шар! Истинная характеристика нравственной природы человека!».

После окончания кадетского корпуса в 1806 г. Булгарин был направлен корнетом в Уланский великого князя Константина Павловича полк и тут же оказался участником военных действий. Военная судьба его изрядно побросала: сначала он, естественно, воевал против французов, а в 1812 г. – на их стороне против России (после Тильзитского мира Франция и Россия были союзниками, тогда Булгарин и оказался в составе полка польских улан наполеоновской армии). Литературной деятельностью в России он стал заниматься в 1819 г., когда окончательно поселился в Санкт-Петербурге.

В 1824 г. Булгарин опубликовал фантастическую повесть «Правдоподобные небылицы, или Странствование по свету в ХХІХ веке». Герой повести оказывается через тысячу лет в сибирском городе Надеждин. Здесь люди пользуются для путешествий в другие страны аэростатами с гондолами и крыльями, приводимыми в движение паровыми машинами. Аэростаты же стоят в Надеждине и на вооружении: «Не могу выразить чувствования, объявшего мою военную душу, при виде двухсот огромных аэростатов с плашкотами<sup>10</sup>, выстроенными в одну линию на земле <...> музыка заиграла военный марш, развились разноцветные флаги, и аэростаты поднялись на воздух. Сперва они пролетели значительное

<sup>9</sup> Термин «парашют» был придуман основателем воздухоплавания французом Ф. Бланшаром в 1786 г. – *Прим. автора.*

<sup>10</sup> Плашкот – плоскодонное судно. – *Прим. автора.*

пространство в одну линию, потом разделились на плутонги<sup>11</sup> и начали делать различные повороты. Ничто не может сравниться с величием и прелестью этой картины: я был в восхищении...». Но этого мало, далее Булгарин описывает высадку военного десанта. По сигналу солдаты, летевшие на аэростатах, бросились вниз: «Я обмер от страха, но вскоре пришел в себя, увидев распускающиеся в воздухе парашюты, которые, плавно опускаясь в различных направлениях, представили взорам моим другого рода прелестное зрелище». Во вступлении к повести Булгарин писал, что он основывается «на начальных открытиях в науках», и, описывая будущее, опирается на предполагаемое их развитие или, говоря словами самого автора, предполагает «одно правдоподобное, хотя в наше время несбыточное».

В 1825 г. Булгарин (совместно с известным литератором Николаем Ивановичем Гречем) основал литературно-политическую газету «Северная пчела». В № 79 (2 июля) «Северной пчелы» за 1825 г. Булгарин опубликовал рассказ «Воздушный шар Архипа Фаддеевича, или Утешение в горестях: (Письмо в Москву, к Пустыннику Сергиевской улицы). В рассказе Архип Фаддеевич, этим именем и подписан рассказ, делится умением летать на воздушном шаре, «уноситься от земли». Булгарин сделал оговорку, что шар существует в воображении Архипа Фаддеевича: «Шар мой с покойною лодочкою, не занимает много места; он помещается в моем воображении <...>». Но подробности, с которыми говорится в этой фразе о шаре, и то, что он «не занимает много места», оставляют впечатление предметности шара. Дальнейшее описание полета на шаре совершенно реалистично: «Взор мой гуляет по обширным полям, открывает толпы трудолюбивых поселян, которые, подобно муравьям, работают для общего благосостояния». Булгарин описал несколько типичных ситуаций, когда его герой мог бы сделаться жертвой коварства или корысти светского общества. Но каждый раз герой улетает на своем воздушном шаре, и пороки общества предстают перед ним «в самом мелком виде». Таким образом, полет на воздушном шаре служит Архипу Фаддеевичу духовной поддержкой: «большим утешением», верным способом «прояснить душу».

В 1837 г. Булгарин опубликовал научно-фантастическое произведение о полете в космос – повесть «Похождение Митрофанушки в Луне».<sup>12</sup> Герои отправились в путешествие на

<sup>11</sup> Плутонг – небольшое подразделение войск в армии Российской империи. – *Прим. автора.*

<sup>12</sup> В 1837 г. в литературно-политической газете «Северная Пчела» были опубликованы отрывки повести; полностью повесть была опубликована в 1843 г.

сконструированном ими управляемом, как они думали, воздушном шаре. Булгарин подробно, со знанием дела, описал конструкцию шара. Путешественники взяли с собой и необходимые научно-технические приспособления, и инструменты: ящик с запасным газом, парашюты, сундук с математическими инструментами, телескоп, компас, барометр, термометр. Но в полете оказалось, что шар неуправляем, а Булгарин подчеркнул, что теория и практика не одно и то же. В итоге «огромные массы воздуха», против намерений путешественников, унесли их вместе с шаром далеко от Земли. Булгарин поэтично и, с точки зрения астрономии своего времени, научно точно описал приближение героев к поверхности Луны. Но сам писатель понимал, что на воздушном шаре до Луны не долетишь, и чтобы не выглядеть невеждой в области небесной механики, в диалоге героев ввел соответствующее разъяснение: «— Этого быть не может! — воскликнул Цитатенфрессер. — Я вам докажу цитатами невозможность путешествия в Луну <...> У меня есть выписки о законах тяготения из Ньютона, из Лапласа. — Все это и мне известно, но я уступаю очевидности и повторяю, что мы приближаемся к Луне». На Луне герои встречают лунатиков, опередивших в развитии жителей Земли, в жизненном укладе которых особое значение играют наука, литература и просвещение в целом.

Нами было обнаружено еще одно, не упомянутое исследователями творчества Булгарина, произведение писателя о воздухоплавании. Это опубликованный в двух ноябрьских номерах «Северной пчелы» за 1845 г. рассказ в письмах под общим названием «Первые сибирские воздухоплаватели».

В первом письме его автор, некий вымышленный житель Иркутска, делится своими мыслями о современном состоянии воздухоплавания и о придуманной им возможности построить управляемый аэростат, полезный для многих хозяйственных нужд. В конце письма автор говорит, что его «любимая мечта», его аэростат готов, и что в мае, после наступления тепла, он и его товарищи произведут свой первый опыт воздухоплавания.

Второе письмо написано другим вымышленным жителем Иркутска, ставшим случайным свидетелем необычайного: однажды рано утром иркутские мужики вывезли на лошадях на окраину города аэростат, надули его и запустили. Двое мужиков поднялись на аэростате высоко в небо, кричали, махали картузами. Но потом привязанный бечевкой аэростат притянули обратно к земле. Все мужики кричали от восторга, плакали. А самый молчаливый из них «торжественным шагом, с пылающим радостью лицом, подняв одну

руку вверх, выступил вперед, снял картуз, взглянул на небо, перекрестился и стал что-то громко рассказывать...». Он говорил долго «часто поминал солнце, луну, планету, науку, славу...». Мужики «слушали его, сняв картузы и очень серьезно».

В заключение хотелось бы заметить, что в нашей работе мы не стремились дать подробный анализ произведений Фаддея Булгарина о воздушных и космических путешествиях. Наша задача была скромнее: указать на эти произведения и продемонстрировать, что они действительно принадлежат к жанру научной фантастики. Но помимо этого, мы хотели показать и еще один важный момент. В произведениях Фаддея Булгарина, в характерных для его времени формах, показана типичная для русской культуры связь полета человека на созданном им аппарате с онтологически присущим человеку внутренним предчувствием духовного полета.

### **Литература**

1. Булгарин Ф.В. Воспоминания. Мемуарные очерки. - Т. 1. - М.: НЛЮ, 2021. - 712 с.
2. Булгарин Ф.В. Воздушный шар Архипа Фаддеевича, или утешения в горестях. (Письмо в Москву, к Пустыннику Сергиевской улицы) // Северная пчела. - 1825. - № 79.
3. Булгарин Ф.В. Первые сибирские воздухоплаватели // Северная пчела. - 1845. - № 262. - С. 1046-1048. - № 264. - С. 1055-1056.
4. Булгарин Ф.В. Фельетон. Новое зрелище // Северная пчела. - 1847. - № 194. - С. 773-774.

УДК 629.78

eLIBRARY.RU: 89.01.09

**Дружинин Ю.О.**

кандидат технических наук  
Институт проблем управления им.  
В.А. Трапезникова РАН

**Емелин А.Ю.**

кандидат исторических наук  
Российский государственный архив  
Военно-Морского Флота

**Павлушенко М.И.**

кандидат военных наук  
Военная академия РВСН им. Петра Великого

## СОВРЕМЕННОСТИ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО О ПОЛЕТЕ В КОСМОС (1903–1905)

### THE CONTEMPORARIES OF K.E. TSIOLKOVSKY ABOUT 2:19 FLIGHT IN THE SPACE (1903–1905)

**Аннотация.** Когда в 1903 г. К.Э. Циолковский опубликовал свой эпохальный труд «Исследование мировых пространств реактивными приборами», в отечественной прессе появились также две другие работы, затрагивающие тему полета в космос: «Астрономия и архитектура» Н.Ф. Федорова и перевод статьи французского автора А. Ле Мэ (Le Mée) «Междупланетные сообщения». Разбирается содержание этих работ и объясняются причины того, что они остались практически незамеченными.

**Ключевые слова:** Ранние проекты полета в космос.

**Abstract.** When K.E. Tsiolkovsky published in 1903 his epoch-making work, «Exploration of Outer Space by Means of Rocket Devices» in the domestic press, two other works also appeared on the topic of space flight: Astronomy and Architecture by N.F. Fedorov and the translation of an article by the French author A. Le Mée «Interplanetary communications». The content of these works is analyzed and the reasons are explained why they remained practically unnoticed.

**Keywords:** Early space flight projects.

В 1903–1904 гг. в отечественной прессе, наряду с публикацией в майском номере журнала «Научное обозрение» первой части эпохального труда К.Э. Циолковского «Исследование мирового пространства реактивными приборами», вышли еще две работы о полете в космос: Н.Ф. Федорова «Астрономия и архитектура» и реферат статьи французского автора А. Ле Мэ (A. Le Mée) «Междупланетные сообщения».

Статья «Астрономия и архитектура» принадлежит перу религиозного философа, основоположника русского космизма, Николая Федоровича Федорова (1829–1903). Она вышла в свет уже после смерти автора в научно-литературном и критико-библиографическом журнале русского символизма «Весь» так как произвела большое впечатление на фактического редактора журнала поэта В.Я. Брюсова.

Разрабатывая идею «общего дела», т. е. воскрешения всех человеческих поколений, Н.Ф. Федоров считал, что Земля не сможет их вместить и покормить. Выход он видел в космической экспансии

человечества, причем сама планета должна была стать космическим кораблем. Для движения планеты он хотел использовать энергию атмосферного электричества, извлекаемую при помощи громоотводов, поднятых аэростатами. По его представлениям «солнечная сила, проведенная в землю, изменяет плотность земли, ослабляет узы ее тяготения, дает, следовательно, возможность влиять на самый ход земли и делает земную планету электроходом; <...> и человеческий род в совокупности делается кормчим, экипажем, прислугою земного корабля» [1, с. 21].

Если идеи Н.Ф. Федорова носили фантастический характер, а предложенный им способ осуществления космического полета был ненаучен, то А. Ле Мэ попытался определить на основании данных современной ему науки возможность перелета на ближайшие планеты нашей Солнечной системы. Он рассмотрел эту задачу с двух сторон: 1) механической и 2) физиологической и биологической.

Он утверждал, что с механической точки зрения задача разрешима: первоначальную скорость и направление полета до встречи снаряда с выбранной планетой можно точно рассчитать по законам небесной механики.

Но могут ли люди совершить этот перелет? Ле Мэ разобрал этот вопрос с физиологической («может ли организм вынести без разрушения такой полет») и биологической («найдет ли организм на другой планете условия для его существования») точек зрения.

Для старта с Земли «ядра-вагона» Ле Мэ предлагал, как и Жюль Верн, пушку, в которой используется специальный порох, дающий снаряду замедленный, а значит, смягченный импульс. Но он не знал как вернуть людей на Землю. Ле Мэ считал, что на Венере и Марсе есть вода и воздух, но их состав неизвестен.

Вывод реферата довольно пессимистичен: «если со стороны теоретической, механической, в сношениях с другими мирами не видится ничего невозможного, со стороны практической эти сношения должны быть отнесены к числу отдаленнейших мечтаний будущего. Мы еще не научились летать у себя дома по воздуху, где же нам путешествовать по волнам вселенского эфира!» [2, с. 332]. Переводчик сместил акценты, так как Ле Мэ считал, что, «если с механической точки зрения проблема межпланетных сообщений не является математически невозможной, то перспектива ее практической реализации теряется в очень далеком будущем. Требования физиологии делают любую такую попытку очень рискованной. Но абсолютная невозможность ее не доказана» [3, р. 332].



В 1905 г. Ле Мэ опубликовал статью [4], в которой рассмотрел возможность межзвездных перелетов и высказал идею использования атомной энергии (радиоактивного излучения) в космических полетах.

В России статьи К.Э. Циолковского, Н.Ф. Федорова и А. Ле Мэ остались незамеченными. Причины этого: фантастичность темы; статьи были напечатаны не в технических, а в литературных журналах; авторы не были признаны в научных и технических кругах.

### **Литература**

1. Федоров Н.Ф. *Астрономия и архитектура* // *Весы*. – 1904. – № 2. – С. 20–24.
2. *Междупланетные сообщения* // *Вестник иностранной литературы*. 1903. – Т. XII. – Май. – С. 329–332.
3. Le Mée A. *Sur les Communications interplanétaires* // *La Revue*. – 1903. – Vol. XLV. – № 8. – 15 Avril. – P. 227–233.
4. Le Mée A. *L'Énergie intra-atomique et les Communications interplanétaires* // *La Revue*. – 1905. – Vol. LIX. – № 23. – 1 Décembre. – P. 390–396.

УДК: 629.762.5

eLIBRARY.RU: 55.42.49

**Александров С.В.**  
НЦИ «КосмоПоиск»

## **ИДЕЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА В ТРУДАХ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО**

### **THE IDEA OF THE UNIVERSAL TRANSPORT'S VEHICLE IN THE LABORES OF K.E. TSIOLKOVSKY**

**Аннотация.** Рассматривая вопросы перемещения по поверхности Земли и других небесных тел, К.Э. Циолковский использовал общий методический подход: перелет через препятствия, размеры которых превышают габариты транспортного средства. Предложенная им «лунная ракета» оказалась более перспективной, чем «лунный автомобиль» Г. Оберта с прыжковым двигателем. Развитием идеи Циолковского стали не только средств исследования других планет, но и «летающие автомобили».

**Abstract.** Considering the issues of movement on the surface of the Earth and other celestial bodies, K.E. Tsiolkovsky used a general

methodological approach: flying through obstacles whose dimensions exceed the dimensions of the vehicle. The «lunar rocket» he proposed turned out to be more promising than G. Oberth's «lunar car» with a jump mover. The development of Tsiolkovsky's idea was not only the means of exploring other planets, but also «flying cars».

**Ключевые слова:** Лунная ракета, лунный автомобиль, прыжковый движитель, летающий автомобиль.

**Keywords:** Lunar rocket, lunar car, jump mover, flying car.

Рассматривая широкий круг вопросов перемещения в пространстве, как по поверхности Земли, так и по поверхности других небесных тел, К.Э. Циолковский предложил ряд технических идей, получивших дальнейшее развитие. При всем различии физических условий на Земле и, например, на Луне, Циолковский использовал общий методический подход: перелет через препятствия, размеры которых превышают габариты транспортного средства. Так должен был действовать «скорый поезд» на воздушной подушке, перепрыгивающий через ущелья и горы. Так же должна была действовать и «лунная ракета», предложенная для исследования поверхности Луны.

«Лунная ракета» должна была иметь колесный движитель для перемещения по относительно ровной поверхности, и ракетный двигатель с запасами топлива для перелетов через препятствия и на большие расстояния (возможность перелета на ней же на Луну с околоземной орбиты и возвращение обратно, описанная во «Вне Земли», представляется избыточной и трудно реализуемой). Использование специальных ракетных двигателей дает возможность маневра в полете, что особенно важно при выборе места посадки на абсолютно неизвестной поверхности другого небесного тела. Этим идея К.Э. Циолковского качественно превосходит «Лунный автомобиль», предложенный Г. Обертом, в котором для преодоления большеразмерных препятствий использовался прыжковый движитель с пневматическим приводом – при том, что прыжковый вариант имеет и некоторые преимущества.

Превосходство идеи Циолковского подтверждается тем, что принцип объединения ракетного и колесного (гусеничного, шагающего) движителей широко использовалась и используется как в научно-фантастических произведениях, так и в реальных инженерных проектах технических средств для исследования и освоения планет и других небесных тел. Пока «лунная ракета» не реализована, главным образом, из-за общей не востребоваемости средств освоения других

небесных тел. Зато каких-то принципиальных технических препятствия ее созданию, даже при современном уровне развития техники, нет.

Более того, при замене ракетного двигателя на силовые установки, более пригодные для перемещения в атмосфере, «лунная ракета» трансформируется в «летающий автомобиль», который еще со времен Жюль Верна является неким «священным Граалем» технологической эры, предметом постоянного приложения сил энтузиастов универсального транспорта, создавших значительное количество успешных технически (но, пока, не экономически) образцов. В то же время, несмотря на ряд попыток воплощения, идея прыжкового движителя пока не достигла успешной реализации.

УДК: 629.762.5

eLIBRARY.RU: 55.42.49

**Желнина Т.Н.**

Комиссия РАН по разработке  
научного наследия К.Э. Циолковского

**К ИСТОРИИ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ГЕРМАНА ОБЕРТА  
В ОБЛАСТИ РАКЕТНОЙ ТЕХНИКИ (1929):  
НОВЫЕ ВЫВОДЫ**

**ON THE HISTORY OF HERMANN OBERTH'S PRACTICAL  
WORKS IN THE FIELD OF ROCKET TECHNOLOGY (1929):  
NEW CONCLUSIONS**

**Аннотация:** Анализ всей совокупности доступных в настоящее время материалов, в том числе малоизвестной ранее прессы Германии 1929-1930 годов, позволяет внести существенные коррективы в историю проводившихся в 1929 году практических работ Г. Оберта в области ракетной техники, которая ранее была написана на основании отдельных, разрозненных источников.

**Ключевые слова:** Оберт, Шершевский, Небель, история ракетной техники.

**Abstract:** The analysis of the totality of currently available materials, including the little-known German press of 1929-1930, allows us to make significant adjustments to the history of Hermann Oberth's practical works in the field of rocket technology, which was previously written on the basis of separate sources.

**Keywords:** Oberth, Scherschewsky, Nebel, history of rocket technology.

В конце 1920-х годов Герман Оберт (1894-1989) - крупнейший западный теоретик космонавтики - пополнил ряды германских ракетостроителей, пытавшихся разрабатывать конструкции жидкостных ракетных двигателей и ракет. В июле-ноябре 1929 года на средства, выделенные руководством киностудии УФА и Фрицем Лангом - режиссером научно-фантастического фильма «Frau im Mond»<sup>13</sup>, Оберт в Берлине строил двигатели и ракету на жидком топливе, но не завершил эти работы. Намеченный и многократно переносившийся рекламный пуск ракеты его конструкции не состоялся. В работах, кроме нескольких технических сотрудников, выполнявших поручения вспомогательного характера, участвовали А.Б. Шершевский (1894-1937), бывший студент Санкт-Петербургского Политехнического института, с 1919 года проживавший в Германии, и Рудольф Небель (1884-1978), имевший диплом инженера по специальности машиностроение.

Учитывая, что события второй половины 1929 года занимают важное место как в биографии Оберта, так и в истории мирового ракетостроения, можно не удивляться, что они нашли отражение на страницах многочисленных биографических и историко-технических публикаций, первые из которых относятся еще к началу 1930-х годов.

Из этого огромного потока литературы выделяются работы Карлхайца Рорвильда 1993-2021 годов [1], знатока практической деятельности Оберта в области ракетной техники, написанные на основе значительного количества исторических источников, многие из которых были им введены в научный оборот впервые. К. Рорвильд не только восстановил многочисленные пробелы и устранил противоречия в сложившихся к тому времени представлениях об экспериментах Оберта 1929 года, но и дополнил их новыми знаниями об особенностях устройства и изготовления его опытных ракетных установок, а также о хронике работ над ними.

Но при всем различии публикаций об истории экспериментов Оберта 1929 года с точки зрения их - публикаций - объема, наличия или отсутствия в них технических подробностей, правильности или ошибочности суждений о тех или иных событиях и проделанных работах всем им свойственна общая деталь. В рассказе о ходе и

<sup>13</sup> В 1928-1929 годах Оберт был привлечен к созданию фильма как научный консультант. – *Прим. автора.*

содержании работ Оберта 1929 года они придерживаются одной и той же фабулы, которую коротко можно передать так.

Оберт с самого начала сомневался в возможности построить жидкостную ракету за три месяца, но дирекция УФА и руководство рекламного отдела киностудии уговорили его взяться за почти непосильную задачу. Оберт работал в спешке, вынужденный подчиняться нереалистичным требованиям УФА, развернувшей в прессе информационную кампанию, которая нагнетала атмосферу ожидания чуда. Несмотря на работу в мастерских киностудии «день и ночь», времени на изготовление «продуманной» конструкции жидкостной ракеты (рис. 1) не хватало, и Оберт разработал «менее честолюбивый», но «более простой» проект ракеты на гибридном топливе (рис. 2), однако и его не удалось реализовать в установленный срок. Не выдержав напряжения, на грани нервного срыва Оберт покинул Берлин. Так как строительство ракеты Оберта к премьере фильма «Frau im Mond» не было закончено, УФА потеряла к ней интерес и отказалась финансировать дальнейшие работы.

Между тем исследование всей совокупности сохранившихся исторических источников, проведенное с учетом их особенностей, позволяет внести существенные коррективы в эту картину практических работ Оберта в 1929 году.

Прежде всего обращает на себя внимание то обстоятельство, что во всех ранних публикациях, сообщавших об экспериментах Оберта, начиная с наиболее ранней из сохранившихся 20.09.1929 (в его основе интервью Оберта, данное накануне корреспонденту газеты), речь идет не о жидкостной ракете, а о гибридной. По описаниям Оберта она представляла собой выложенную изнутри медью металлическую трубу, длиной 10 м и диаметром 10 см с острым наконечником сверху и стабилизаторами внизу. Общий вес ракеты 80 кг, из которых 60 кг приходилось на окислитель - жидкий воздух, заполнявший внутреннее пространство ракеты. Горючим должны были служить несколько угольных стержней в медной оболочке длиной около 10 м и диаметром 1 см каждый. Предполагалось, что угольные стержни, сгорая, будут постепенно плавиться и газ, образующийся при их горении, будет истекать наружу сверху из-под головного наконечника. Время горения должно было составить примерно 40 с. Оберт рассчитывал, что ракета покинет стартовую установку со все увеличивающейся скоростью, которая постепенно достигнет 800-1000 м/с, и улетит на высоту от 40 до 50 км [2].

Гибридная ракета имелась в виду и в сообщениях [3-8], которые последовали за приведенным выше. В них также давалось ее описание,

указывалось, что она уже готова, за исключением ее «опасной начинки» [7] и назывались такие детали, как дата пуска ракеты - 19.10.1929 и место пуска - остров в Балтийском море Greifswalder Oie.

Названные материалы германской прессы позволяют сделать однозначный вывод о том, что ракета на гибридном топливе была построена Обертом раньше жидкостной и именно с ней он связывал рекламный пуск, который должен был быть посвящен премьере фильма «Frau im Mond».

Кто-то возразит, что Оберт мог начать работу над жидкостной ракетой в июле 1929 года и в сентябре прервать ее, чтобы взяться за гибридную как вынужденное решение, которое позволяло ему попытаться успеть подготовить ракетный старт к премьере фильма.

Но это возражение опровергается самой хроникой событий лета-осени 1929 года. Напомним ее.

Договор между УФА и Ф. Лангом, с одной стороны, и Обертом, с другой, подписан 17.07.1929<sup>14</sup>. В соответствии с ним УФА и Ф. Ланг предоставили Оберту 10000 марок на «завершение его предварительных опытов и как взнос в счет расходов на строительство первой ракеты» на жидком бензине и кислороде, на начало которого можно было рассчитывать через два месяца.

Но начало профинансированных опытов затянулось до конца августа (!) 1929 года, поскольку июль и август в Берлине - время отпусков, и ни одна фирма не брала заказы Оберта на изготовление необходимого оборудования (см. первый отчет Оберта УФА 31.07.1929). Эксперименты Оберта по сжиганию жидкого топлива в первой опытной камере сгорания, названной «Doppeldocht Brenner», начались только после 26.08.1929 (см. второй отчет Оберта УФА от 26.08.1929) и закончились в начале сентября взрывом, после которого работы были приостановлены на три дня<sup>15</sup> [9]. По свидетельству

<sup>14</sup> В литературе называется другая дата подписания договора - 09.07.1929, но она не соответствует действительности, так как в тот день Оберт находился в румынском городе Медиаше, где проживал до июля 1938 года (см. его письма Вильгельму Ольденбургу 07.07.1929, 12.07.1929, отправленные из Медиаша). 17.07.1929, как дату подписания договора, Оберт назвал в черновике письма, адресованного УФА и написанного во второй половине ноября 1929 года, который начинался словами: «Ich versichere hiermit an Eidesstatt <...>»). – *Прим. автора.*

<sup>15</sup> Датой взрыва, утвердившейся в литературе, Оберт считал «3 или 4 сентября» (письмо Оберта И. Винклеру 23.09.1930). Но и эту дату можно уточнить. Так, 04.09.1929 Оберта не было в Нойбабельсберге. Об этом свидетельствует письмо руководителя отдела прессы УФА Альберта Зандера Оберту, в котором тот сожалел, что не застал Оберта в мастерской, хотя специально приехал к нему. А 10.09.1929 Зандер отправил письмо на фирму братьев Рётлинг (Firma Gebr. Rötling), в котором просил по поручению Оберта доставить металлическую трубу со стенками менее 1 мм или лист металла

Оберта через две недели после взрыва он приступил к экспериментам со второй опытной камерой сгорания «Spaltdüse», а еще через неделю - с третьей, знаменитой «Kegeldüse» [10, с. 96]. Оберт считал ее многообещающей конструкцией, которую рассматривал как основу для ЖРД, пригодного для установки на летательные аппараты, причем не только на ракеты - в октябре 1929 года он выразил готовность предоставить «подходящий мотор» для установки на планере (Оберт Фрицу Штамеру и Гансу-Вольфу фон Дикхут-Харраку. 18.10.1929). Опыты с «Kegeldüse» Оберт счел успешно завершенными созданием «работоспособной дюзы для бензиновой ракеты» к 18.09.1929 (Оберт Фрицу Штамеру и Гансу-Вольфу фон Дикхут-Харраку. 18.10.1929).

Таким образом, как минимум до второй недели октября 1929 года, то есть до первых успехов с «Kegeldüse», Оберт просто не имел возможности заниматься проектом жидкостной ракеты. С одной стороны, потому что для этого не было времени, с другой, - и это главное - потому что он хорошо понимал необходимость определенной последовательности в работе: сначала ЖРД, потом ракета на жидком топливе. Понимал, что без работоспособного двигателя на жидком топливе невозможно строить ракету конкретной конструкции. Это понимание нашло недвусмысленное отражение в его письме К.Э. Циолковскому, в котором он, сообщив, что ему «наконец удалось сконструировать такое бензиновое сопло, которым» он «доволен во всех отношениях», подчеркнул: «До сих пор старания сконструировать годную ракету не приводили к результату из-за трудности изготовить годное сопло. Теперь, однако, дорога к исследованию мировых пространств реактивными приборами кажется открытой» [11].

Глубоко ошибочно мнение о том, что Оберт параллельно разрабатывал конструкции опытных камер сгорания и жидкостной ракеты [12]. Нет, параллельно с экспериментами по созданию ЖРД, и даже раньше них, Оберт работал над, как выразился Шершевский, «системами ракет» [13]<sup>16</sup>, но не над их конструкциями. К разработке конкретных конструкций жидкостных ракет Оберт смог приступить,

---

длиной 1 м и толщиной не менее 1 мм, из чего следует, что в тот день Оберт и Шершевский уже продолжали эксперименты. Если из 10 сентября отнять три дня простоя, получим дату взрыва между 5 и 7 сентября 1929 года. – *Прим. автора.*

<sup>16</sup> Со своими «системами ракет» Оберт познакомил читателей 30.08.1929: «Большие ракеты я не стану строить. Сначала построю регистрационную ракету, которая поднимется на высоту от 50 до 100 км. <...> Цель <...> - испытать мою систему и исследовать верхние слои атмосферы. Тремя месяцами позднее я испытаю ракету в целях картографирования, затем будет на очереди почтовая ракета, которая полетит со скоростью 6 км/с в Америку <...>» [14]. – *Прим. автора.*

только освоив процесс горения в ЖРД и создав опытную камеру сгорания с удовлетворившими его характеристиками, то есть не ранее конца первой - начала второй недели октября 1929 года.

Именно поэтому он и прибег к гибридной ракете, полагая, что ее пуск не вызовет особых трудностей и обеспечит руководству УФА и публике желаемое рекламное ракетное шоу, а ему - Оберту - позволит спокойно экспериментировать с опытными камерами сгорания пока не будет создан работоспособный ЖРД. Кстати, руководство УФА не только приветствовало это решение Оберта приурочить к премьере фильма «Frau im Mond» пуск ракеты на гибридном топливе, но и не захотело его менять даже тогда, когда он счел возможным отказаться от него в пользу жидкостной ракеты. Об этом он прямо написал в письме Йоханнесу Винклеру 18.10.1929: «Я не в восторге от УФА, эти люди возмущают меня своей болтовней, и я жутко нервничаю из-за их требований демонстрировать международные успехи. И гибридная ракета, которая обязательно должна полететь, хотя жидкостный ракетный мотор уже построен и работает лучше, чем я мог бы мечтать, - результат этой позиции УФА».

В день, когда были написаны эти строки, Оберт уже работал над проектом своей первой - метеорологической - ракеты на жидком топливе, имея в распоряжении сумму в 6000 марок, оставшуюся от экспериментов с опытными камерами сгорания (Оберт Винклеру. 18.10.1929). Сведения об этой ракете сохранились в бумагах Шершевского, отложившихся в Архиве РАН (Р. 4. Оп. 14. Д. 155 и 156)<sup>17</sup>. Это очень сложный исторический источник, представляющий собой фрагменты технических сообщений Шершевского, посылавшихся в 1929-1931 годах в IV Управление штаба РККА и передававшихся в ГДЛ. Эти фрагменты изъясил, по-видимому, сам Шершевский во время своей работы в ГДЛ с октября 1932 года по декабрь 1933 года и скомпоновал по-новому, объединив в разделы

<sup>17</sup> Впервые информация о сотрудничестве Шершевского с IV Управлением штаба РККА прозвучала в январе 1994 года в докладе Ю.В. Бирюкова «Пионеры ракетной техники А. Б. Шершевский и Р. Небель (к 100-летию со дня рождения)» на заседании, посвященном 100-летию со дня рождения Оберта, которое состоялось в рамках конференции по истории ракетной техники и космонавтики в ИИЕТ РАН и на котором присутствовала дочь ученого Эрна Рот-Оберт и представители Музея Германа Оберта в Фойхте. Два года спустя технические сообщения Шершевского были введены в научный оборот в докладе Т.Н. Желниной (Jelnina Tanja. A. B. Scherschevsky - eine biographische Skizze // 1. Tag der Raumfahrt-Geschichte: 25 Jahre Hermann-Oberth-Raumfahrt-Museum. Gemeinsame Veranstaltung der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt e.V. Lilienthal-Oberth und des Hermann-Oberth-Raumfahrt-Museum. Feucht, vom 21. bis 22. September 1996. Tagungsband. Eigenverlag, Feucht 1996. 13 S.).



будущей книги: «4-а. Реактивный двигатель» (Д. 156), «4-б. Подача топлива и арматура» (Д. 156), «4-г. Проблема устойчивости ракеты» (Д. 155). В технических сообщениях Шершевский показал себя не как сторонний наблюдатель работ Оберта, мало что в них понимающий, а как непосредственный СО-участник разработок конструкций двигателей и проведения их испытаний, СО-трудник в деле конструирования ракет. Шершевский не только, да, пожалуй, и не столько описывал проделанные рядом с Обертом работы, сколько размышлял над их процессом и результатами, предлагал, рекомендовал, советовал как поступать с целью их дальнейшего развития. Создается впечатление, что Шершевский писал эти сообщения, имея в виду перспективу своей работы в области ракетной техники в Советском Союзе (с 1927 года он был гражданином СССР). Наверное, с большой долей вероятности можно предположить, что в это время Шершевский сотрудничал с И.Т. Клейменовым, в 1929 году посланным в Берлин с целью сбора сведений о новинках и изобретениях в области авиационной промышленности [15, с. 145, 149], но, конечно, проявлявшим интерес и к достижениям германской ракетной техники (вряд ли случайно в ноябре 1932 года он получил должность начальника ГДЛ). Во всяком случае, нужно иметь в виду, что в этих материалах подчас нелегко отделить оригинальные идеи и технические решения Оберта от предложений по их усовершенствованию самого Шершевского.

Но как бы то ни было, только благодаря Шершевскому сохранились многие технические подробности опытных камер сгорания Оберта и его метеорологической ракеты. (Кстати, папка с материалами Шершевского в сопровождении материалов Небеля отложилась и в собрании Немецкого музея: передана одним из инженеров, работавших в группе Оберта в октябре-ноябре 1929 года.) Конструктивной схемой и размерами метеорологическая ракета Оберта походила на гибридную ракету: тот же диаметр 10 см, та же длина и, возможно, даже большая - от 10 до 15 м, размах стабилизаторов 90 см, длина головной части - 80 см, максимальный диаметр 40 см; наибольший отсек - топливный, состоящий из отделяемых баков (Рис. 5, 6). В головной части размещались парашют в виде металлических пластин конструкции Шершевского, гироскоп и ЖРД Kegeldüse/Модель 2 (Рис. 3, 4) (заявку с целью запатентовать этот двигатель Оберт подал 16.10.1929): с двумя соплами, регенеративным охлаждением и значительно увеличенный в размерах по сравнению с первой моделью Kegeldüse - опытной камерой сгорания, которая испытывалась с конца сентября до последней недели

октября 1929 года (его длина - около 0,5 м, объем камеры сгорания в 22 раза больше, чем у первой модели: 4482,3 см<sup>3</sup> против 200 см<sup>3</sup>). Расчетная тяга ЖРД Kegeldüse/Модель 2 составляла 300-400 кг<sup>18</sup>.

Первое и единственное в прессе описание устройства метеорологической ракеты Оберта опубликовал Вилли Ляй: «Ракета, которую строит Оберт, снабжена палкой, но эта палка устроена как топливный бак. Полый, имеющий длину в 10 м и диаметр в 10 см, хвост его ракеты заполнен жидким кислородом. В средней части размещен бак с горючим. Смешение и сгорание топлива – по особому запатентованному принципу – происходит сверху, в головной части, где горячие газы – продукты сгорания – направляются через систему дюз вниз. Пока регистрирующая ракета должна достичь высоты 70 км, затем она спустится и приземлится мягко на особом парашюте» [16, S. 85]. К сожалению, это описание жидкостной ракеты почему-то сопровождалось рисунком ракеты, более походившей на гибридную (Рис. 8). Впрочем, не исключено, что это было сделано по желанию Оберта, не хотевшего до поры, до времени раскрывать подробности конструкции метеорологической ракеты. Еще одна особенность публикации Ляй – время появления ее в печати: 15.12.1929, то есть она запоздала по отношению к реальным событиям почти на два месяца. Кстати, эта особенность свойственна и некоторым другим сообщениям в германской прессе<sup>19</sup>, игнорирование ее не может не вести к ошибочным суждениям авторов, пытающихся реконструировать историю практических работ Оберта 1929 года, но не владеющих методами критики исторических источников.

К двадцатым числам октября 1929 года Оберт успел не только разработать конструкцию метеорологической ракеты и ЖРД к ней, но и подготовить техническое задание на изготовление гироскопа и испытать его на стенде, провести испытания двух моделей ракеты на устойчивость и действие парашюта. Вместе с тем, стало ясно, что

<sup>18</sup> Сохранился еще один рисунок Шершевского, изображение на котором можно считать вариантом метеорологической ракеты Оберта. Р. Рорвильд склонен отнести возникновение этой конструкции к лету-началу сентября 1929 года [12], полагая, что Оберт имел именно ее в виду, отвечая 12.09.1929 на вопрос директора Зандера о высоте предстоящего полета его ракеты: «50-70 км» (Телеграмма Зандера Оберту. 13.09.1929). С этим нельзя согласиться, поскольку двигательная установка на рисунке – явно вариант опытной камеры сгорания Kegeldüse, созданной и испытывавшейся в конце сентября – октябре 1929 года. – *Прим. автора.*

<sup>19</sup> Например, изображение гибридной ракеты появилось в печати в конце октября – начале ноября 1929 года – в то время, когда группа Оберта уже отказалась от плана использовать ее пуск в рекламных целях и полностью сосредоточилась на разработке конструкции малой жидкостной ракеты. – *Прим. автора.*

строительство такой ракеты не может не затянуться на долгие месяцы, а гибридная ракета уже не в состоянии сыграть роль «громоотвода». Рассчитывать на ее пуск больше не приходилось, поскольку выяснилось, что невозможно добиться одновременного, синхронного сгорания угольных стержней.

Время с конца августа до двадцатых чисел октября 1929 года безусловно было «золотым» в деятельности Оберта-ракетчика. Оно ознаменовалось его пионерскими достижениями в области ракетного двигателестроения (Kegeldüse – первая в Европе опытная камера сгорания на бензине и жидком кислороде). Оберт работал вдохновенно, на большом творческом подъеме, уверенный в предстоящих победах и в области ракетостроения. А когда оказалось, что кроме прошлого, в котором создана опытная камера сгорания - прообраз ЖРД, годного для установки на летательные аппараты, и будущего, в котором ракеты будут проникать в стратосферу и в космос и летать с континента на континент, есть еще и настоящее, в котором должен состояться пуск так и не построенной ракеты, Оберт явно запаниковал. Не мог не запаниковать. На карту были поставлены его честь и авторитет как серьезного исследователя, обещавшего в течение почти двух месяцев публичный полет ракеты на жидком топливе и не сдержавшего обещание.

Вот тут-то и появился в его жизни Небель. Небель присоединился к Оберту и Шершевскому 18.10.1929 года<sup>20</sup> и сразу взял инициативу в свои руки. Прежде всего он внес в планы Оберта разумное предложение - отказаться на время от большой метеорологической ракеты и построить малую ракету длиной около двух метров, объемом топливных баков 16 л и расположением ЖРД в хвостовой части. Предложение было принято и явно поддержано УФА, выделившей группе Оберта еще 7500 марок из средств, поступивших от продажи New York Times прав на рекламу в США. В обозначении ракет, разрабатывавшихся Обертом, произошли изменения: метеорологическая получила № 2, а «16-тилитровая» стала «ракетой № 1» («Rakete I»). В литературе утвердилось мнение, что пуск именно

<sup>20</sup> Обстоятельства, при которых Небель вошел в группу Оберта, в литературе искажены. Оберт не помещал в газетах никаких объявлений в поисках сотрудников (хотя писал об этом в некоторых источниках). Небель сам прочитал статью в газете «Münchner Neueste Nachrichten» [2] и в тот же день написал Оберту письмо, в котором выразил готовность стать пилотом лунной ракеты, оговорившись, что, как специалист, сможет быть ему наиболее полезным. Ответ Оберта был явно положительным, поскольку месяц спустя Небель стал его сотрудником (Оберт Г. Небелю Р. Свидетельство о приеме на работу в качестве ассистента при проведении «ракетных опытов». 18.10.1929).

этой ракеты Оберта должен был стать рекламой фильма «Frau im Mond». Как показано выше, данное мнение не учитывает распространявшейся германской прессой информации о гибридной ракете, которая была Обертом разработана и построена намного раньше, чем ракета на жидком топливе. Игнорирует оно и еще один очевидный факт. Идея строительства «16-тилитровой» ракеты принадлежала Небелю. Он вошел в группу Оберта три дня спустя после премьеры фильма «Frau im Mond», следовательно, ракета, связанная с его именем, никак не могла ассоциироваться с рекламой, начавшейся за месяц до его появления в рядах германских ракетчиков.

Самостоятельного курса Небель стал придерживаться и в работе, начав уговаривать Оберта покинуть Германию, чтобы избежать дальнейших неприятностей в общении с дирекцией и рекламным отделом УФА, и передать дела ему - Небелю.

С 23.10.1929 события явно ускорились. Сначала УФА сообщила, что Оберт готов приступить «к монтажу» жидкостной ракеты через восемь дней, а 20.11.1929 осуществить ее пуск (Ufa-Nachrichten. 23.10.1929). Пять дней спустя последовало сообщение УФА, в котором прозвучали два важнейших заявления. Во-первых, впервые в официальном документе речь шла об отказе от пуска гибридной ракеты в пользу жидкостной как более эффективной и безопасной. Во-вторых, ответственным за ее пуск также впервые было объявлено «доверенное лицо» профессора Оберта, то есть Небель (Ufa-Nachrichten. 28.10.1929. Der «Schuss zum Mond». Abschussdatum der Oberth-Rakete noch nicht bestimmt festgelegt // Berliner Tageblatt. 02.11.1929). Это означало, что уже в конце октября 1929 года Оберт начал поддаваться на уговоры Небеля на время отойти в тень в истории с пуском ракеты, о чем, вероятно, сожалел всю оставшуюся жизнь.

До 15.11.1929 Оберт еще руководил разработкой конструкции «ракеты № 1» и испытаниями ее моделей на устойчивость и аэродинамические качества, а 17.11.1929 покинул Берлин. Официально значилось, что он вынужден был уехать, чтобы восстановить нервы, расшатавшиеся после взрыва в мастерской в начале сентября, но все восприняли его отъезд как побег, побег от трудностей, неприятностей, огорчений, разочарований.

Основываясь на проведенных исследованиях, можно составить новую хронику событий, отразивших работы Оберта в области ракетной техники в 1929 году.

Вторая половина июля 1929 года - третья неделя августа 1929 года. Подготовка к проведению экспериментов, невозможность их начать из-за отсутствия необходимого оборудования.

Последняя неделя августа - первая неделя сентября 1929 года. Эксперименты с опытной камерой сгорания Doppeldochtbrenner, закончившиеся взрывом между 5 и 7 сентября. Три дня простоя из-за последствий взрыва. Начало распространения в германской прессе информации о практических работах Оберта с ракетными установками на жидком топливе собственного изобретения (30.08.1929). Источник информации: интервью Г. Оберта.

Середина сентября - третья неделя сентября 1929 года. Эксперименты с опытной камерой сгорания Spaltdüse. Первые сведения в прессе (20.09.1929) о планах Оберта осуществить пуск гибридной ракеты. Источник информации: интервью Г. Оберта.

Последняя неделя сентября - третья неделя октября. Эксперименты с опытной камерой сгорания Kegeldüse/Модель 1. Разработка конструкции ЖРД Kegeldüse/Модель 2 для установки в метеорологическую ракету (заявка на патент 16.10.1929). Разработка конструкции метеорологической ракеты на жидком топливе с размещением ЖРД в головной части и с отделяемыми топливными баками (со второй недели октября до двадцатых чисел октября 1929 года). Подготовка технического задания на изготовление гироскопа к метеорологической ракете и проверка его на стенде. Экспериментальные исследования моделей ракеты на устойчивость и аэродинамические качества.

Двадцатые числа октября - первая половина ноября. Разработка конструкции «малой» «16-тилитровой» или «ракеты № 1» на жидком топливе с размещением ЖРД в нижней части ракеты. Опыты с ее моделями с целью испытаний устойчивости и аэродинамических качеств. Сообщения в прессе об изменениях в планах Оберта: вместо «опытной» гибридной ракеты на вторую половину ноября намечен пуск жидкостной «ракеты дальнего действия» (23.10.1929; 28.10.1929; 02.11.1929). Источник сведений: Ufa Nachrichten. Informationsdienst für die Film-Fachpresse. Herausgegeben von der Presse-Abteilung der Universum-Film A.G.

Можно внести коррективы и в представления о результатах работ Оберта в области двигателестроения и ракетостроения в 1929 году.

Сконструированы, построены, многократно испытаны опытные камеры сгорания Doppeldochtbrenner, Spaltdüse, Kegeldüse (конец августа – третья неделя октября). Сконструирован и запатентован ЖРД Kegeldüse/Модель 2 для установки в метеорологическую ракету

(октябрь – не позднее 16.10.1929). Сконструирован, построен, неоднократно испытывался на стенде ЖРД Zylinderdüse для установки в «ракету № 1» (конец октября – ноябрь/декабрь).

Сконструирована и построена опытная ракета на гибридном топливе (август – не позднее 20.09.1929). Сконструирована метеорологическая ракета на жидком топливе; пользуясь современной терминологией, можно сказать, что работа над ней остановилась на стадии аванпроекта (вторая и третья неделя октября). Сконструирована и сдана в производство опытная ракета на жидком топливе (последняя неделя октября – первая половина ноября). Поэтому используемое в немецкоязычной литературе обозначение «UfA-Rakete» представляется очень неудачным, ведь в рамках сотрудничества с УФА Обертом были разработаны не одна, а три ракеты.

Попутно можно коснуться еще некоторых заблуждений, распространенных в литературе. Оберту никто не навязывал проектирование и строительство ракет внушительных размеров. Десятиметровые конструкции – его собственный выбор. Не требовали от него и заявлений о высоте ожидаемых полетов ракет в десятки километров. На обороте сохранившейся телеграммы от А. Зандера, руководителя отдела прессы УФА, присланной 13.09.1929 с просьбой «Срочно сообщите возможную максимальную высоту полета» Оберт собственноручно написал: «От пятидесяти до семидесяти км». При этом он явно имел в виду высоту полета гибридной ракеты, как и сообщил об этом шесть дней спустя в интервью [2]. Своей уверенностью в том, что ракеты его конструкции способны преодолевать такие высоты, Оберт делился не только в официальных сообщениях для прессы, но и в частных документах, которые писал по собственной воле, без какого-либо нажима со стороны. Например, 18.09.1929 в письме Циолковскому он рассказывал: «В настоящее время я работаю с г-ном А. Б. Шершевским над регистрационной ракетой, которая полетит через 2-3 недели и достигнет высоты 50 км, если нам повезет» [17].

Если говорить об условиях, в которых разворачивались работы Оберта, то признаков «гонки со временем» и «спешки» не наблюдалось как минимум на протяжении трех месяцев, пока не стало ясно, что ни построенная «опытная» гибридная, ни проектируемая метеорологическая на жидком топливе для рекламы фильма не годятся и что работу над ракетой, полета которой публика уже заждалась, необходимо начинать заново и немедленно. По моим наблюдениям, это случилось в двадцатых числах октября 1929 года. Вообще, если

внимательно читать договор между УФА и Ф. Лангом, с одной стороны, и Обертом, с другой, то создается впечатление, что поначалу речь о пуске ракеты по случаю премьеры фильма «Frau im Mond» вообще не велась. В договоре прописаны два временных параметра: Оберт должен был в течение двух месяцев завершить необходимые предварительные эксперименты, которые позволили бы «установить, насколько его изобретение осуществимо», и затем начать строительство первой «практически пригодной к использованию ракеты». УФА должна была до 31.12.2010 получать часть прибыли, которую Оберт имел бы в результате строительства и использования его ракет. Так что в июле 1929 года руководство УФА было заинтересовано не в одномоментном рекламном пуске ракеты Оберта, а в долгосрочной выгоде с реализации его изобретения. По-видимому, идея ракетного пуска возникла на киностудии в начале сентября 1929 года и Оберта уговорили поддержать ее. Наверное, это и была та самая уступка, о которой Оберт позднее сожалел, уверяя, что пошел на нее под давлением и будучи психологически травмированным в результате взрыва. Но, повторяю, пока не выяснилась непригодность гибридной ракеты, что, как мне представляется, также произошло в двадцатых числах октября 1929 года<sup>21</sup>, поводов для сожалений у Оберта не было.

Вопросом почему Оберту не удалось построить работоспособную ракету задавались многие авторы. Среди причин назывались дефицит времени, отсутствие у Оберта технического образования и организаторских способностей, его провинциальность, из-за которой он, житель маленького румынского городка, попав в германскую столицу, да еще в среду деятелей кино, и оказавшись в центре общественного внимания и в атмосфере ожидания от него технических достижений, каких не знала еще история, не справился с этим психологическим давлением. Но чуть ли не главной причиной неудач Оберта на поприще ракетостроения считается отсутствие помощи ему со стороны его плохих ассистентов. Особенно достается Шершевскому, которого в литературе изображают ленивым, неисполнительным и неумелым работником, неспособным ни к творческой деятельности, ни к практической работе в области техники, демонстрировавшим абсурдное поведение не только в работе, но и в жизни. Считается, что «вскоре» Оберт уволил его, будучи не в состоянии терпеть такого нерадивого помощника. Разговор о

<sup>21</sup> Напомню, что в данном случае я отталкиваюсь от письма Оберта Винклеру 18.10.1929, в котором нет и намека на спешку и из которого следует, что руководство УФА все еще придерживалось пуска гибридной ракеты, хотя Оберт предлагал переходить к ракете на жидком топливе.

Шершевском заслуживает отдельной работы, поэтому здесь ограничусь короткой репликой. Шершевский работал рядом с Обертом официально более четырех месяцев, неофициально около полугода (для сравнения: Небель вместе с Обертом работал около месяца). Технические сообщения в IV Управление штаба РККА характеризуют Шершевского как человека, имевшего неплохую теоретическую подготовку в таких дисциплинах, как аэромеханика, аэродинамика, баллистика, и способного анализировать и обобщать результаты, полученные на практике. Шершевский был заинтересован в работе под руководством Оберта, поскольку хотел стать профессиональным ракетчиком и понимал, что сотрудничество с ним – лучшая школа на первом этапе пути в ракетной технике. Исходя из этого, трудно поверить, что он работал рядом с Обертом не с полной самоотдачей. Тем более, что уволен он был в начале ноября 1929 года вовсе не за лень. Причиной разрыва с ним стало подозрение, что он мог стать источником информации о работах Оберта для лиц, способных использовать их результаты в своих интересах. Об этом свидетельствует письмо Ляя Оберту от 01.12.1929. Любопытно, что Ляй и обратил внимание Оберта на нежелательные знакомства Шершевского, но он же в том самом письме сообщал, что «Шура» «излечился» от них и просил вернуть его в группу, тем более, что Небель нуждался в присмотре. И Оберт вернул Шершевского, который присутствовал на экспериментах с ЖРД, проводившихся Небелем. Кажется, общение с Шершевским вообще не прерывалось. Когда в декабре 1929 года Оберт снова приехал в Берлин и встал вопрос о встрече с ним, Винклер предложил сделать это на квартире Шершевского! Поэтому можно только сожалеть, что характеристика Шершевского как сотрудника Оберта в литературе несправедливо отягощена субъективными негативными оценками, ничего общего не имеющими с объективной исторической картиной.

## **Литература**

1. Rohrwild Karlheinz. The History of the UFA Rocket // History of Rocketry and Astronautics. AAS History Series. - Vol. 22. - IAA History Symposia. - Vol. 14. - Proceeding of the Twenty-Seventh History Symposium of the International Academy of Astronautics. - Graz, Austria, 1993. - P. 3-26.

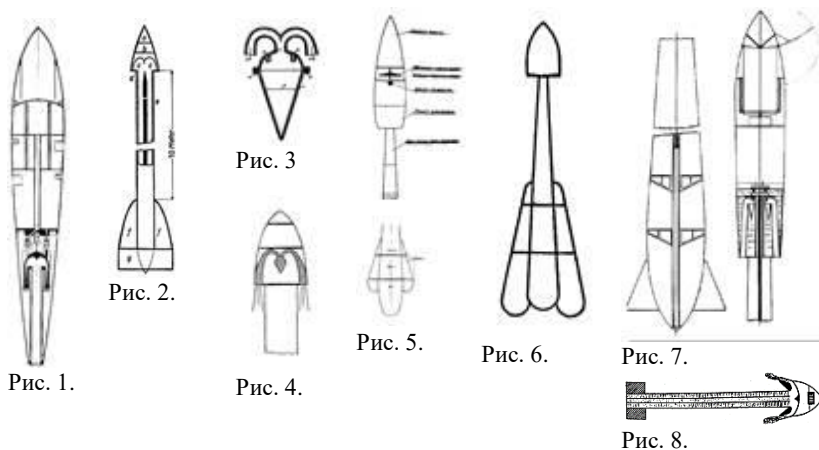
Последовавшие в 1994, 1999 и 2004 годах работы К. Рорвильда публиковались в Трудах исторических конференций, проводившихся Музеем Германа Оберта (Hermann-Oberth-Raumfahrt-Museum/HORM) в Фойхте. Еще одна работа К. Рорвильда, посвященная истории «УФА-



- ракеты» Оберта, «Der Weg zur finalen Findung der Ausführung der Oberth'schen UFA-Rakete 1929» (02.06.2021) распространяется на правах рукописи. Электронная копия ее текста имеется в архиве Т.Н. Желниной.
2. Der Mann, der zum Monde will. Professor Oberth über seine Raketenpläne // Münchner Neueste Nachrichten. - 20.09.1929<sup>22</sup>.
  3. Die Raketenversuche des Professors Oberth // Neue preußische Zeitung. - 21.09.1929.
  4. Ufa Nachrichten. Informationsdienst für die Fachpresse. - 23.09.1929.
  5. Wird die Greifswalder Oie berühmt? // Wolgaster Anzeiger. - 25.09.1929. - Nr. 226.
  6. Die erste Weltraumrakete // Bay<rische> St<adts>z<eitung>? München. - 25.09.1929.
  7. Schulz A. L. Die startbereite Stratosphären-Rakete. Professor Oberth über seine Versuche. - Flüssiger Sauerstoff und Kohlenstäbe als Antriebskraft // Erste Beilage der Hamburger Nachrichten. - 28.09.1929. - Sonnabend, Abendausgabe.
  8. Abschuss der Oberth-Rakete am 19. Oktober // Vorpommersches Landesarchiv Greifswald. - 11.10.1929.
  9. Шершевский А.Б. Циолковскому К.Э. 04.12.1929 // АРАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 689. Л. 65-66об.
  10. Оберт Герман. Мои работы по астронавтике // Из истории астронавтики и ракетной техники. Материалы XVIII Международного астронавтического конгресса. Белград, 25-29 сентября 1967 г. - М.: Наука, 1970. - С. 85-96.
  11. Оберт Герман Циолковскому К.Э. 24.10.1929 // АРАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 457. Л. 4.
  12. Rohrwild Karlheinz. Der Weg zur finalen Findung der Ausführung der Oberth'schen UFA-Rakete 1929. 02.06.2021 // Архив Т.Н. Желниной. На правах рукописи. 13 с.
  13. Шершевский А.Б. Циолковскому К.Э. 29.05.1929 // АРАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 689. Л. 63-64об.
  14. Weltraumschiffer. Gespräch mit Professor Oberth über die kommenden Luftraketenversuche // Berliner Lokalanzeiger. - <30.08.1929> - № 616. - 2. Beiblatt.

<sup>22</sup> Все использованные в работе Т.Н. Желниной германские исторические материалы, в том числе включенные в настоящий перечень, находятся в архиве НОРМ или в частном документальном собрании К. Рорвильда. Моя глубокая благодарность г-ну Рорвильду за предоставленную возможность работать с его документальным собранием – лучшим и наиболее полным из подобных собраний исторических документов. – *Прим. автора.*

15. Глушко А.В. Первопроходцы ракетостроения. История ГДЛ и РНИИ в биографиях их руководителей. - М.: Фонд содействия авиации "Русские витязи", 2010.
16. Ley Willy. Die Stratosphärenrakete Professor Oberths // Sturmvoegel. - 15.12.1929. - S. 84-85.
17. Оберт Герман Циолковскому К.Э. 18.09.1929 // АРАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 457. Л. 1.



1. Рис. 1. «Ракета № 1» или «16-тилитровая» ракета. Спроектирована под руководством Г. Оберта при участии Р. Небеля и А.Б. Шершевского и сдана в производство в последнюю неделю октября – первую половину ноября 1929 года. Источник<sup>23</sup>: Nebel Rudolf. Raketenflug. Raketenflugverlag, Berlin-Reinickendorf 1932. S. 14.
2. Рис. 2. Гибридная ракета Г. Оберта. Спроектирована и построена в августе-сентябре 1929 года. Источник: Neuburger Albert. Der Flug in den Weltenraum // Reclams Universum. Leipzig. 30.10.1929. Heft 5. S. 96-97. Hier S. 96.
3. Рис. 3. ЖРД конструкции Г. Оберта Kegeldüse/Модель 2 для установки в метеорологическую ракету Г. Оберта. Источник: Oberth Hermann. Verfahren zur schnellen Verbrennung von Brennstoffen. Reichspatentamt. Patentschrift Nr. 549222. Patentiert vom 16.10.1929. Ausgegeben am 25.04.1932.
4. Рис. 4. Схема установки Kegeldüse/Модель 2 в головную часть метеорологической ракеты. Источник: Лангемак Г.Э., Глушко В.П.

<sup>23</sup> Здесь и далее указываются источники, в которых содержатся изображенные выше рисунки. – Прим. автора.

Ракеты, их устройство и применение. М.-Л., ОНТИ НКТП СССР, 1935.

5. Рис. 5. Головная часть с гироскопом и схема оперения у баков метеорологической ракеты Г. Оберта. Рисунки А.Б. Шершевского. Источник: Архив РАН. Р. 4. Оп. 14. Д. 155. Л. 50, 37.
6. Рис. 6. Метеорологическая ракета Г. Оберта. Источник: Лангемак Г.Э., Глушко В.П. Ракеты, их устройство и применение. М.-Л., ОНТИ НКТП СССР, 1935.
7. Рис. 7. Метеорологическая ракета Г. Оберта. Вариант. Рисунок А.Б. Шершевского. Источник: Deutsches Museum. Sondersammlung. № 10600.
8. Рис. 8. Иллюстрация к описанию устройства метеорологической ракеты Г. Оберта. Источник: Ley Willy. Die Stratosphärenrakete Professor Oberths // Sturmvoegel. 15.12.1929. S. 85.

УДК 629.78:94

eLIBRARY.RU: 81.01.08

**Чеснов В.М.**

кандидат технических наук  
ведущий научный сотрудник  
ИИЕТ им. С.И. Вавилова РАН

## **НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ИСТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ КЛИМАТА ЗЕМЛИ С ПОМОЩЬЮ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

### **SOME ASPECTS OF THE HISTORY OF STUDYING THE EARTH'S CLIMATE USING SPACE PROBES**

**Аннотация.** В XXI веке редкие научные вопросы стали столь же популярными в публичном обсуждении, как изменение климата. Ученые используют как прямые с помощью наземного оборудования (например, сети измерения глобальной температуры), так и косвенные наблюдения за климатом со спутников дистанционного зондирования Земли. Космические средства предоставляют информацию об областях, недоступных для исследования «in situ», и служат не только как аппаратная платформа для зондирования и мониторинга Земли, но также являются важным компонентом связи с наземными датчиками (сбор данных с морских буев и т.п.). Климат является одним из элементов географической среды, что позволяет рассматривать

развитие космической составляющей в корреляции с климатологией и комплексом наук о Земле.

**Ключевые слова:** История космонавтики, история науки, климатология, дистанционное зондирование, космический аппарат.

**Abstract.** In the 21st century, rare scientific issues have become as popular in public discussion as climate change. Scientists use both direct using ground-based equipment (for example, global temperature measurement networks) and indirect observations of the climate from Earth remote sensing satellites. Space assets provide information on areas inaccessible for «in situ» research, and serve not only as a hardware platform for Earth sensing and monitoring, but also are an important component of communication with ground sensors (data collection from sea buoys, etc.). Climate is one of the elements of the geographic environment, which allows us to consider the development of the space component in correlation with climatology and the complex of earth sciences.

**Keywords:** History of astronautics, history of science, climatology, remote sensing, space probe.

Изучение Земли из космоса началось с началом космической эры в 1957 году. В первое десятилетие этот процесс определялся проблемами метеорологии и орбитальной фотографической разведки. Затем последовали качественные изменения. Они были связаны с освоением новых спектральных диапазонов и все большим охватом территорий. Значительно увеличилась и информативность полученных данных. К концу прошлого века уже отмечался лавинообразный рост как получаемой информации, так и аппаратуры космических наблюдений. Историческое и научное рассмотрение этого процесса, выявление его особенностей и движущих факторов в разные промежутки времени представляет несомненный интерес, в том числе для возможных прогнозов. Таким образом, климат является одним из элементов географической среды, которая представляет собой сочетание рельефа, водных масс, почвенного и растительного покрова, фауны и антропогенных объектов [1, 2].

Первым успешным «погодным» спутником стал американский Explorer 7 (1959 г.), оснащенный не только оптическим сканером, но и плоским радиометром для измерения инфракрасного излучения земной поверхности. Важной вехой стал запуск спутника TIROS-1 в 1960 г. (до 1965 г. было выпущено 10 аппаратов этой серии). Более совершенный TIROS-N/NOAA (1978 г.) был оснащен радиометром высокого разрешения и специальное оборудование для сбора данных с морских буев Первый советский аналогичный спутник "Космос-122"

был выведен на орбиту в 1966 г. Программа Landsat является наиболее продолжительным проектом по зондированию Земли (с 1972 г. по настоящее время) [3].

Ряд научных открытий, касающихся изменения климата был сделан благодаря космическим средствам. Например, миссии Torex-Poseidon (NASA, USA and CNES, France) и Envisat (ESA, Европейское Космическое Агентство) показали с помощью космической альтиметрии подъем уровня мирового океана за последнее десятилетие.

В процессе обмена энергией и веществами Мирового океана с внешним миром происходит формирование и изменение основных свойств его вод, что, в свою очередь, определяет изменение климата на Земле. Только система спутникового мониторинга дает возможность непрерывно наблюдать за океаном и атмосферой.

Прорывом в изучении погоды из космоса стало использование радиодиапазона с использованием систем бокового обзора, которые обеспечивают съемку больших территорий в любое время суток и при любой погоде. В частности, такие системы могут также измерять параметры приводного ветра в океане. Радар с синтезированной апертурой был впервые использован Лабораторией реактивного движения НАСА (JPL) на океанографическом спутнике SeaSat в 1978 г. Космические радары с синтезированной апертурой антенны позволили не только лучше познать состояние атмосферы Земли, но и увидеть все небольшие реки бассейна Амазонки скрытые непроходимыми джунглями. И даже археологические артефакты под слоем сухого песка в Египте.

Почти шестая часть из более чем 2500 тысяч спутников на орбите Земли предназначены для наблюдения атмосферы и поверхности Земли. Это позволяет надеяться, что внимания ученых и исследователей не ускользнут малейшие изменения климата и климатообразующих факторов нашей планеты.

### **Литература**

1. Flohn, H. Climatology—descriptive or physical science? // WMO Bulletin. - 1970. - Vol. 19 (4). - P. 223-229.
2. Robinson P.J., Henderson-Sellers A. Contemporary Climatology. - Harlow, England. 1999.
3. Camacho-Lara S., Madry S., Pelton J.N. United States Meteorological Satellite Program / Handbook of Satellite Applications. - Switzerland. 2017. - P. 1171-1196.

**СИМВОЛИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ МТКС «БУРАН»  
В ОБЩЕСТВЕННОМ СОЗНАНИИ  
СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ**

**SYMBOLIC MEANING OF REUSABLE SPACE TRANSPORT  
SYSTEM «BURAN» IN THE PUBLIC CONSCIOUSNESS OF  
MODERN RUSSIA**

**Аннотация.** Предпринята попытка проследить генезис символического значения МТКС «БУРАН». Для оценки стадий трансформации восприятия «Бурана» произведен анализ предпочтений в общественной мысли. Сделан акцент не только на истории создания МТКС, но и на дальнейшем его использовании, в том числе и в гражданских целях. Особое место уделяется интерпретации связанных с «Бураном» отдельных событий, освещенных в СМИ. В ходе исследования выявлен ряд закономерностей при формировании образа «Бурана», которые условно можно разделить на две крупные группы. В первую группу необходимо отнести попытки интерпретировать МТКС в контексте событий «Перестройки» конца XX в. Ко второй же группе относится восприятие «Бурана» как идеи доступного Космоса, причинно-следственные связи которой восходят, как к наследию К.Э. Циолковского, так и к современной общественной мысли. Также в рамках данной проблемы актуализирована теория пассионарности Л.Н. Гумилева.

**Ключевые слова:** МТКС «Буран», проект «Спираль», общественная мысль современной России, прогностический потенциал творчества Циолковского, пассионарность.

**Abstract.** This article attempts to trace the genesis of the symbolic meaning of the reusable space transport system «BURAN». The analysis of preferences in social thought has been carried out to assess the stages of transformation of «Buran's» perception. Emphasis is placed not only on the history of the creation of the RSTS, but also on its further use, including civilian purposes. The article pays special attention to the interpretation of individual events related to the «Buran», covered in the mass media. Moreover, some regularities were revealed in the formation of the image of "Buran", which can be conditionally divided into two large groups. The first

one includes attempts to interpret the RSTS in the context of the events of «Perestroika» at the end of the 20th century. The second group includes the perception of «Buran» as the idea of an accessible Space, the cause-and-effect relationships of which go back to the heritage of K.E. Tsiolkovsky, and to modern social thought. Also, within the framework of this issue, the theory of passionarity of L.N. Gumilyov has been updated.

**Keywords:** the reusable space transport system «BURAN», project «Spiral», social thought of modern Russia, the prognostic potential of Tsiolkovsky's works, passionarity.

В отечественной исторической науке всегда особое место отводилось изучению общественной мысли. Несомненно, в данном контексте постановки проблемы, одной из ключевых областей в изучении России XX-го века (наряду с идеями марксизма-ленинизма) занимает теория освоения космоса. Заложенная К.Э. Циолковским концепция «русского космизма» не только нашла отражение в умах современников, но и во многом стала путеводной звездой для развития научно-технического прогресса, воплотившись в ракетах-носителях и космодромах [3; 4].

Если взять за основу утверждение Д.С. Лихачева о том, что «культура – это огромное целостное явление», то несомненно общественная мысли должна не только быть ее частью, но и также выступать в роли некоторой рефлексии конкретных исторических событий, являясь инструментом их переосмысления [2]. Изменения общественной мысли и ее воплощенные в конкретных проектах идеи в свою очередь могут быть историческим источником. В данном исследовании предпринята попытка выявить трансформацию символического значения МТКС «БУРАН» от конкретной проектной идеи до восприятия в массовом сознании. Для этого в первую очередь необходимо сделать акцент на самой истории создания «Бурана», а также на пассионарности личности Г.Е. Лозино-Лозинского.

Практически все исследователи сходятся во мнении, что появление ОК «Буран» было не только связано с появлением в штатах программы «Спейс шаттл», но и во многом восходит к проекту «Спираль». Очевидно, что изучение проекта «Спираль» требует отдельного рассмотрения, а в рамках данного исследования возможно лишь осветить ряд ключевых аспектов. Согласно интервью Г.Е. Лозино-Лозинского, «Спираль» предполагалась как многофункциональный орбитальный самолет, способный (в мирных и военных целях) как обеспечивать доставку полезных грузов в космическое пространство, так и быть космическим наблюдательным пунктом. Однако

орбитальные и гиперзвуковые самолеты в этот период находились лишь на стадии разработки, что повышало их стоимость и требовало затраты значительных ресурсов. Именно эти причины, по мнению Лозино-Лозинского, и стали причиной того, что «генеральный конструктор Глушко посчитал, что к тому времени было мало материалов, которые бы подтверждали и гарантировали успех в то время, когда полеты «Шаттла» доказали, что подобная «Шаттлу» конфигурация работает успешно и здесь риск при выборе конфигурации меньше, поэтому, несмотря на больший полезный объем конфигурации «Спирали», было принято решение выполнять «Буран» по конфигурации, подобной конфигурации «Шаттла»» [6]. Важно отметить, что на стадии проекта «Энергия-Буран» отсутствие полностью многоразовой системы делало выводения ОК «Буран» на орбиту весьма дорогостоящим. Ответной мерой стало проектирование многоцелевой авиационно-космической системы (МАКС) на базе Ан-225 «Мрия». Именно МАКС должен был стать воплощением идеи доступного космоса, на что косвенно указывает название дозвукового самолета-носителя («Мрия» - «Мечта»).

Наиболее интересна дальнейшая трансформация восприятия ОК «Буран» в массовом сознании. Прекращение работ над проектом совпало с переломным моментом отечественной истории – «перестройкой», что способствовало формированию образа ОК «Буран» в массовой культуре как вершины развития научной мысли уходящей эпохи. Например, характерно использование полноразмерного макета корабля «Буран» в качестве «визитной карточки» образовательным центром «Сириус», позиционирующим себя в роли места для профессионального развития одаренных детей [7]. Также, зачастую в СМИ можно увидеть некоторую интерпретацию ОК «Буран» как реализованного проекта доступного космоса (в том числе в военных целях), утерянного, но требующего своего «ренессанса» [5; 8; 9]. Несомненно, можно найти пример в отечественной Средневековой истории, когда после событий Куликовской битвы (выступившей в качестве пассионарного толчка для культуры Руси) архитектурные памятники владимиро-суздальского зодчества были не только восприняты в Московском княжестве, но и получили новую интерпретацию. Таким образом, в рамках актуализированной теории пассионарности Гумилева можно отметить, что обращение к образу ОК «Буран» тесно связано с глубинным запросом внутри общества идей космизма [1]. Несмотря на то, что де-факто проект ОК «Буран» закрыт и не имеет практического применения в рамках освоения космоса, образ МТКС можно



использовать не только как источник по истории развития отечественной космонавтики, но и проследить с его помощью тенденции в восприятии идей космизма в современном массовом сознании.

### **Литература**

1. Гумилев Л.Н. Этногенез и биосфера Земли. – М.: АЙРИС-пресс, 2017. – С. 9.
2. Лихачев Д.С. Культура русского народа X–XVII вв. — М.: Искусство, 2000.
3. Хорунжий А.В. «Идеальный строй» К.Э. Циолковского как стержень личности и зеркало эпохи // Открывая современность заново. – М.: РУДН, 2011. – С. 438-467.
4. Хорунжий А.В. Новая проблематика в курсах отечественной истории: утопическая традиция и коммуитарный эксперимент в первой трети XX в. // Преподавание отечественной (национальной) истории в вузе: новые подходы, концепции, методы. Материалы Четвертой международной конференции. Москва, 29 октября 1999 г. – М.: РУДН, 1999. – С. 176-187.
5. Академия РВСН объявила о создании бомбардировщика для ядерных ударов из космоса. URL: <https://lenta.ru/news/2016/07/13/stardestroyer/> 08.06.2021
6. Интервью генерального конструктора «Бурана» Глеба Евгеньевича Лозино-Лозинского. URL: <http://www.buran.ru/htm/spiral.htm> 08.06.2021  
Макет «Бурана» станет первым экспонатом выставки о космосе в центре «Сириус» в Сочи URL: <https://tass.ru/kosmos/4460686> 08.06.2021  
Разработчик «Бурана» создает многоцветный космический корабль. Его полет может состояться «в ближайшие пять лет» URL: <https://naked-science.ru/article/cosmonautics/razrabotchik-burana-sozdaet-mnogorazovyj-kosmicheskij-korabl-ego-polet-mozhet-sostoyatsya-v-blizhajshie-pyat-let> 08.06.2021
7. Rogozin поручил разработать аналог «Бурана» на замену кораблям «Союз» URL: <https://www.rbc.ru/rbcfreenews/5f2cc2da9a79471f95d0ed0f> 08.06.2021

УДК 001.101

eLIBRARY.RU: 81.01.08

**Герасюгин С.А.**  
Мемориальный музей космонавтики

## **Ю.А. МОЗЖОРИН: ВКЛАД В РАЗВИТИЕ СОВЕТСКОЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ НАУКИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

### **YU.A. MOZZHORIN: CONTRIBUTION TO THE DEVELOPMENT OF SOVIET ROCKET AND SPACE SCIENCE AND INDUSTRY**

**Аннотация.** Работа посвящена жизни и творческой деятельности Ю.А. Мозжорина (1920–1998) – ученого в области баллистико-навигационного обеспечения космических полетов, одного из организаторов и руководителей ракетно-космической отрасли нашей страны.

**Ключевые слова:** Баллистика, ракетное вооружение, командно-измерительный комплекс, управление полетом космических аппаратов, ракетно-космическая техника.

**Abstract.** The work is dedicated to life and creative activity of Yu.A. Mozzhorin (1920-1998) – a scientist in the field of ballistic and navigation monitoring of space flights, one of the organizers and leaders of the rocket and space industry of our country.

**Keywords:** Ballistic, missile weapons, command and measurement complex, spacecraft flight control, rocket and space technology.

Юрий Александрович Мозжорин родился 28 декабря 1920 г. в подмосковной деревне Орехово (ныне московский район Орехово-Борисово). С отличием окончив школу, в 1938 г. поступил в Московский авиационный институт. Без отрыва от учебы в 1940 г. начал работать в КБ авиаконструктора В.Ф. Болховитинова. Через два года перешел в Московский авиационный технологический институт (МАТИ). На второй день Великой Отечественной войны записался добровольцем на фронт и был зачислен бойцом стрелкового полка на Западном фронте. В августе 1941 г. он был тяжело ранен под Вязмой и отправлен на лечение в Ульяновский госпиталь, а после излечения вернулся в действующую армию. Сначала был направлен в училище связи бронетанковых войск, но вскоре переведен в лабораторию новейшей техники Военно-воздушной инженерной академии имени Н.Е. Жуковского и прошел дополнительные курсы подготовки специалистов по экспериментальной аэродинамике. В 1945 г. получил диплом с отличием военного инженера-механика.

В 1946-1947 гг. Юрий Александрович находился в Германии с целью изучения ракетного вооружения. В 1950 г. он окончил Высшие инженерные курсы при МВТУ им. Н.Э. Баумана и успешно защитил дипломную работу – проект перспективной ракеты дальнего действия.

Возглавляемый им с 1951 г. баллистический отдел 4-го управления ГАУ стал центром решения теоретических проблем, связанных с интенсивным развитием ракетного вооружения. В ноябре 1955 г. Юрий Александрович был переведен в НИИ-4 (НИИ реактивного вооружения, ныне 50-й ЦНИИ) Академии артиллерийских наук Министерства обороны СССР заместителем начальника института по научной части. Под руководством Ю.А. Мозжорина подразделения НИИ-4 разработали первую космическую программу создания искусственных спутников Земли и выполнили ряд исследований, которые показали, что автоматические космические аппараты обладают небывалыми информационными возможностями. Комплексные научно-исследовательские работы «Щит» и «Основа» определили практически все ныне существующие типы космических аппаратов: разведка (видовая, радиотехническая, морских целей, метеорологическая), связь, навигация, геодезия и картография и специальное обеспечение для юстировки и калибровки наземных средств слежения. Но главная заслуга Ю.А. Мозжорина состоит в определении облика и структуры командно-измерительного комплекса (КИК). За работы по его созданию как техническому руководителю в декабре 1957 г. Ю.А. Мозжорину было присвоено звание лауреата Ленинской премии.

Кроме основных направлений деятельности сотрудники НИИ-4 занимались разработкой технических заданий и научно-техническим сопровождением разработки и испытаний новых космических систем и комплексов, а также разработкой документации. Апогеем этого периода работы Ю.А. Мозжорина стало его участие в 1960–1961 гг. в развитии КИК для обеспечения испытаний кораблей-спутников и полетов пилотируемых космических кораблей «Восток». 17 июня 1961 г. за участие в обеспечении первого в мире успешного космического полета человека Ю.А. Мозжорин был удостоен звания Героя Социалистического Труда, ему было присвоено воинское звание генерал-майора инженерно-технической службы, в 1966 г. – генерал-лейтенанта инженерно-технической службы.

По рекомендации Главного конструктора С.П. Королева и заместителя Председателя Госкомитета СССР по оборонной технике Г.А. Тюлина 31 июля 1961 г. Ю.А. Мозжорин был назначен директором – научным руководителем НИИ-88 Государственного комитета СССР по оборонной технике – головной организации ракетно-космической промышленности. Под руководством Ю.А. Мозжорина НИИ-88 становится головным подразделением ракетно-космической отрасли, обеспечивающим научное и

экспериментальное сопровождение осуществляемых отраслью текущих разработок и обоснование перспективных направлений развития ракетно-космической техники. Институт начал свои системные исследования с обоснования оборонной доктрины в условиях появления ракетно-ядерного вооружения, которые проводились с опорой на его многочисленные научные подразделения. Огромная заслуга Юрия Александровича состоит в создании ракетно-ядерного щита, надежно служившего для обороны нашей страны в дни холодной войны.

В 1960–1964 гг. в НИИ-88 создается Вычислительный центр, на него и баллистическое подразделение института возлагаются функции баллистического центра отрасли. В 1965–1972 гг. он преобразуется в Координационно-вычислительный центр (КВЦ) с возложением на него задач по информационному обеспечению государственных комиссий, обработке и отображению информации во время летно-конструкторских испытаниях пилотируемых кораблей и автоматических станций, спутников научного и прикладного назначения. В 1973–1976 гг. на базе КВЦ создается Центр управления полетом (ЦУП) с новым комплексом технических средств для обеспечения реализации международного экспериментального полета по программе «Союз – Аполлон». Возглавляемый Ю.А. Мозжориным институт участвовал практически во всех разработках ракет-носителей, космических кораблей серии «Союз», орбитальных станций «Салют» и «Мир», большинства космических аппаратов научного, военного и прикладного назначения, включая такие крупномасштабные как лунные и межпланетные проекты, многоразовую транспортную космическую систему «Энергия» – «Буран».

С 1971 по 1990 гг. Ю.А. Мозжорин являлся членом коллегии Министерства общего машиностроения и постоянным участником, а во многих случаях и Председателем Государственных, межведомственных комиссий, научных и научно-технических советов. Организационную и научную деятельность Юрий Александрович совмещал с педагогической – в 1952–1991 гг. он заведовал базовой кафедрой «Аэромеханика» факультета аэрофизики и космических исследований Московского физико-технического института, получил звание профессора. В январе 1984 г. «За создание двигательных установок» Ю.А. Мозжорин был удостоен Государственной премии СССР в составе группы специалистов и разработчиков предприятий ракетно-космической отрасли.

Возглавляя ЦНИИмаш на протяжении почти 30 лет – до 22 ноября 1990 г., Ю.А. Мозжорин уделял большое внимание развитию военной космонавтики. Огромное значение Юрий Александрович придавал обеспечению надежности разрабатываемых отраслью ракетных комплексов и космических объектов. Не менее значимым для развития ракетно-космической техники является вклад Юрия Александровича в формирование уникальной экспериментальной базы отрасли, позволяющей сегодня сохранять ведущие позиции в мире по многим направлениям научных исследований.

После ухода с поста директора Ю.А. Мозжорин в качестве главного научного сотрудника института уделял большое внимание исследованию истории ЦНИИмаш и ракетно-космической отрасли. В составе комиссии Российской академии наук по разработке научного наследия пионеров освоения космического пространства, руководил секцией истории космонавтики на ежегодных Академических (Королевских) Чтениях, был вице-президентом Российской академии космонавтики имени К.Э. Циолковского и руководил пресс-службой ЦНИИмаш.

Ю.А. Мозжорин был награжден двумя орденами Ленина (1961, 1970), двумя орденами Красной Звезды (1956, 1958), Октябрьской Революции (1976), Отечественной войны I и II степени (1944, 1965), «За заслуги перед Отечеством» IV степени (1999, посмертно) и многими медалями, он почетный гражданин г. Калининграда (с 1996 г. г. Королев).

Юрий Александрович Мозжорин скончался 15 мая 1998 г., похоронен на Троекуровском кладбище в Москве, на его могиле установлен памятник. В память о нем 10 июля 2003 г. на территории ЦНИИмаш состоялось торжественное открытие мемориальной доски. Его именем названа одна из площадей г. Королев, на которой в 2008 г. ему был установлен памятник по проекту народного художника России А.И. Рукавишникова. В 2010 г. его имя было присвоено малой планете № 24602 MOZZHORIN, открытой Л.В. Журавлевой 3 октября 1972 г. в Крымской астрофизической обсерватории.

## **Литература**

1. Мозжорин Ю.А. Так это было... «50 лет в ракетно-космической отрасли». – М.: Международная программа образования, 2000.
2. Мозжорин Ю.А. Воспоминания о создании командно-измерительного комплекса // Начало космической эры. Воспоминания ветеранов ракетно-космической техники и космонавтики. Вып. 2. Серия «Дороги в космос». – М.: МАИ, 1994.

3. Книга о Юрии Александровиче Мозжорине. (Подготовлена рабочей группой под рук. Б.Д. Блохина). – Изд. 2-е, уточненное и доп. – Королев: ЦНИИмаш, 2014.
4. Черток Б.Е. Ракеты и люди. Фили – Подлипки – Тюратам. - 2-е изд. - М.: Машиностроение, 1999.
5. Максимов А.А. Ветеран космонавтики // Земля и Вселенная. – 1990. - № 6. - С. 30–31.
6. Памяти Юрия Александровича Мозжорина // Земля и Вселенная. – 1998. - № 5. - С. 26–27.
7. Бирюков Ю.В. Памяти Юрия Александровича Мозжорина // Новости космонавтики. – 1998. - № 11 (178). - С. 48.
8. Иванов В.Л., Меньшиков В.А. Патриарх военного космоса // Красная Звезда. - 29.09.2010.

УДК 629.78(09)

**Судаков В.С.**  
главный специалист  
АО «НПО Энергомаш  
им. академика В.П. Глушко»  
член-корр. РАКЦ  
**Колинова С.А.**  
начальник отдела  
АО «НПО Энергомаш  
им. академика В.П. Глушко»

## ИМЕНА НА КАРТЕ ЛУНЫ (ЧАСТЬ 2)

### NAMES AT MOON' MAP (PART 2)

**Аннотация.** Рассказывается о сотрудниках ГДЛ-ОКБ Г.С. Жирицком, Н.Н. Артамонове и А.И. Гаврилове, чьи имена присвоены кратерам на обратной стороне Луны по предложению академика В.П. Глушко, под руководством которого они работали, создавая мощные и надежные ЖРД.

**Ключевые слова:** ОКБ-456, лунный кратер, обратная сторона Луны, конструктор, ЖРД.

**Abstract.** Information about 3 employees of GDL-OKB – G.S. Zhiritskiy, N.N. Artamonov and A.I. Gavrilov is presented. Their names are conferred to craters on the other side of the Moon under academician V.P. Glushko' proposal.

**Keywords:** GDL-OKB, moon crater, other side of Moon, designer, LPRE.

На LV Чтениях памяти К.Э. Циолковского мы рассказывали о сотрудниках ГДЛ-ОКБ А.Д. Грачеве, Н.П. Алексине и Ю.Б. Мезенцеве, чьи имена присвоены кратерам на Луне. В настоящем докладе приводятся биографии сотрудников, работавших с В.П. Глушко в «шарашке» и ОКБ-СД в Казани (Г.С. Жирицкий), в «шарашке» и ОКБ-СД в Казани и ОКБ-456 в Химках (Н.Н. Артамонов, А.И. Гаврилов), чьи имена также присвоены кратерам на Луне.

Велика роль академика В.П. Глушко в работе по присвоению имен образованиям на обратной стороне Луны. Известно, что эта работа стала возможной после полетов автоматической станции «Луна 3» в 1959 г. и затем АМС «Зонд-3» в 1965 г., выполнивших фотографирование невидимой стороны Луны. Первый список названий на обратной стороне Луны подготовила и предложила Комиссия по космической топонимике АН СССР в составе С.П. Королева, В.П. Глушко, М.В. Келдыша, М.С. Рязанского, А.М. Михайлова, В.А. Амбарцумяна, Ю.И. Липского и др. В 1961 г. его утвердил Международный астрономический союз.

Летом 1967 г. в Праге состоялась очередная Генеральная ассамблея Международного астрономического союза. Советская сторона от имени Комиссии по космической топонимике АН СССР предложила новый список имен выдающихся деятелей науки и техники для увековечивания в названиях лунных образований. По совету В.П. Глушко в него вошли более ста имен отечественных и зарубежных ученых и конструкторов, сделавших значительный вклад в развитие космических исследований.

Существенную помощь В.П. Глушко оказал в завершении работ по второй части «Атласа обратной стороны Луны». С помощью Глушко удалось издать эту вторую часть, посвященную памяти С.П. Королева, в 1967г.

На первой странице второй части «Атласа обратной стороны Луны» академик В.П. Глушко сделал следующую памятную запись: «В музей ГДЛ-ОКБ. Всего увековечено 46 имен лиц, сделавших вклад в развитие идей космических полетов, ракетостроения и их воплощение. В их число входят: 8 сотрудников ГДЛ; 11 сотрудников ГДЛ-ОКБ, работавших под моим руководством; 2 сотрудника ГИРД; 5 сотрудников РНИИ; три писателя-фантаста (см. приложения). 19.7.67 В.П. Глушко».

В приложении В.П. Глушко отметил несколько категорий: «лиц, внесших вклад в космонавтику и ракетостроение; сотрудников ГДЛ и РНИИ (Бахчиванджи, Клейменов, Лангемак, Петропавловский, Тихомиров, Артемьев, Ильин); сотрудников ГДЛ-ОКБ, работавших под моим руководством (Жирицкий, Королев, Чернышев, Алехин, Артамонов, Гаврилов, Грачев, Малый, Мезенцев, Петров, Фирсов)». Отметим то обстоятельство, что по действующему положению о присвоении имен на карте Луны, они могли присваиваться только в память об уже ушедших из жизни ученых и специалистах, что создавало свои особенности при формировании списка кандидатур.

### **Литература**

1. Атлас обратной стороны Луны. Ч. II. - М.: Наука, 1966. - 236 с.
2. Глушко В.П. Путь в ракетной технике. Избранные труды. 1924-1946. - М.: Машиностроение, 1977. - 504 с.
3. Однажды и навсегда... Документы и люди о создателе ракетных двигателей и космических систем академике Валентине Петровиче Глушко. - М.: Машиностроение, 1998. - 632 с.
4. НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко. Путь в ракетной технике. - М.: Машиностроение-Полет, 2004. - 488 с.
5. Глушко В.П. Ракетные двигатели ГДЛ-ОКБ. - М.: АПН, 1975. 36 с. Энциклопедия «Космонавтика». Гл. ред. В.П. Глушко. - М.: Советская энциклопедия, 1985. - 528 с.
6. Арбузов И.А., Судаков В.С., Рахманин В.Ф. ГДЛ (Газо-Динамическая Лаборатория). - М.: НПО Энергомаш, 2021. - 376 с.

УДК 93/94

eLIBRARY.RU: 03.23.55

**Батченко В.С.**

кандидат исторических наук

научный сотрудник

Институт российской истории РАН

## **ПРОЕКТЫ ЛУНОДРОМОВ 1967-1968 ГОДОВ<sup>24</sup>** **PROJECTS OF LUNODROMES (1967-1968)**

**Аннотация.** Для подготовки космонавтов в рамках лунной программы 1960-х гг. были необходимы лунные полигоны – крупный

<sup>24</sup> Исследование выполнено в рамках гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук, проект МК-1745.2021.2. – *Прим. автора.*



общесоюзный комплекс и небольшой полигон на базе Центра подготовки космонавтов (ЦПК). Разработка проектов лунодромов велась на самом серьезном уровне с привлечением промышленности и Российской академии наук. Но этим проектам не суждено было сбыться – вместо задуманного второго Байконура большой лунодром расположили на территории НИПа в Крымской области, а ЦПК надолго остался без полигона.

**Ключевые слова:** лунодром, Центр подготовки космонавтов, лунная программа, космонавтика, Ташкент, Школьное, Звездный городок.

**Abstract.** For the training of cosmonauts in the framework of the lunar program of the 1960s, lunar polygons were needed – a large complex and a small polygon based on the Cosmonaut Training Center. The development of the projects of the lunodromes was carried out at the most serious level with the involvement of industry and the Academy of Sciences. But these projects were not destined to come true – instead of the planned second Baikonur, the large lunodrome was located on the territory of the NIP in the Krymskaya oblast, and the Cosmonaut Training Center was left without a landfill for a long time.

**Keywords:** lunodrome, Cosmonaut training center, lunar program, cosmonautics, Tashkent, Shkolnoye, Zvezdnij.

При подготовке лунно-посадочной программы СССР остро встал вопрос о необходимости лунного полигона. Вернее, даже двух: общесоюзного и полигона на территории Центра подготовки космонавтов ВВС (ЦПК). На базе полигона общесоюзного значения планировалось производить испытания систем взлета и посадки, средств перемещения по лунной поверхности, постройке лунных баз и подготовку лунных экипажей космонавтов.

В основные технические характеристики места для лунного полигона входили требования безоблачного неба 250-270 дней в году, преобладание базальтовых пород, максимальное совпадение рельефа местности с лунным для наименьших затрат материальных средств и времени на строительство. Наиболее благоприятными считались предгорные и нагорные участки Восточной или Среднеазиатской части СССР.

Институт геологии и геофизики и Институт электроники УССР предложили для строительства участки в Ташкентской области: у поселка Невич Верхнечирчикского района и у поселка Аурахмат Орджоникидзевского района. Более подходящим по этим параметрам являлся участок у поселка Невич, который располагал площадками,

сложенными из палеобазальта – породы, близкой по структуре к лунному грунту. Холмы, окружавшие эти площадки и удобная расположенность от транспортных узлов: 6 км от автомагистрали «Ташкент-Ангрен», 50 км от ж/д станции Чигирик, 60-70 км до Ташкента и 6 км до линии Среднеазиатской энергетической системы, – располагали к строительству в этом месте лунодрома.

С 8 по 12 декабря 1967 г. в Ташкенте проходило совещание с солидным представительством: ЦНИИМАШ, ЦКБЭМ, ЦПК, Машиностроительный завод им. С.А. Лавочкина, КБОМ, Геологический институт АН СССР, Министерство здравоохранения СССР, ИМБП, Институт электроники АН УССР, – участники которого пришли к общему мнению о целесообразности строительства лунодрома на выбранном участке.

Второй лунный полигон планировался на базе ЦПК для непосредственной подготовки космонавтов, отобранных для лунных экспедиций. Соответствующий проект технического задания подготовили в ЦПК в январе 1968 г. для представления комиссии по оснащению Центра тренажерами. Этот лунодром должен был представлять собой три небольших площадки, размерами 20 на 20 м каждая: плоскую площадку, наклонную с кратерами до 3 метров диаметром и до 1 м глубиной, и площадку с переменной крутизной и кратерами около 7 метров диаметром и 2,5 м глубиной [1, л. 64-69]. Для снижения земной гравитации и имитации гравитации лунной, полигон планировалось обеспечить «специальными установками для уменьшения веса на 5/6» [1, л. 66].

Но на заседании 14 марта 1968 г. Комиссия по оснащению I ЦПК тренажерными средствами под председательством генерал-майора авиации Л.И. Горегляда вынесла вердикт, сочтя строительство лунодрома с тремя площадками на территории ЦПК нецелесообразным и оставив возможность сооружения лишь одной площадки, «имитирующей лунную поверхность, на которой можно было бы отрабатывать отдельные элементы действий космонавтов в лунной экспедиции» [1, л. 78].

Оба проекта не возымели продолжения – общесоюзный лунный полигон оборудовали на базе Наземного измерительного пункта № 10 (НИП-10) в пос. Школьном Крымской области Украинской ССР, а в ЦПК лунного полигона так и не появилось [2, л. 9].

## Литература

1. Российский государственный архив научно-технической документации (РГАНТД). Ф. 1. Оп. 3-6. Д. 33.

2. РГАНТД. Ф. 1. Оп. 3-6. Д. 75.

УДК 002.1; 52(15)(091); 629.78(091)  
eLIBRARY.RU: 89.01.09

**Теплицкая В.С.**

кандидат физико-математических наук  
старший научный сотрудник  
Всероссийского института  
научной и технической информации РАН

**О НЕКОТОРЫХ ИСТОРИЧЕСКИХ ЭТАПАХ ОСВОЕНИЯ  
КОСМОСА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ РУБРИКАТОРА ВИНИТИ  
РАН ПО ТЕМАТИКЕ «КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ»**

**ABOUT SOME HISTORICAL STAGES OF SPACE EXPLORATION  
BASED ON THE DATA OF THE VINITI RAS RUBRICATOR ON  
THE SUBJECT «SPACE RESEARCH»**

**Аннотация.** Предложен оригинальный метод обнаружения значимых исторических этапов и основных эволюционных тенденций в освоении космического пространства по динамике изменений в систематизации соответствующих научно-технических публикаций. С учетом того, что рубрикатор ВИНИТИ РАН имеет ряд преимуществ в сравнении с другими классификаторами, поскольку содержит классификационные индексы, характеризующие специфические аспекты исследований в публикациях, по тематике «Космические исследования» на примере выпусков РЖ 51, 62, 73 были выявлены (подтверждены) некоторые эволюционные тенденции, обусловленные развитием космонавтики и космических исследований. Систематическое исследование «эволюции», в том числе рубрикатора ВИНИТИ РАН, может представлять интерес для историков науки.

**Ключевые слова:** Космические исследования, исторические этапы, рубрикатор, реферативный журнал, эволюционные тенденции.

**Abstract.** On the dynamics of changes in the systematization of relevant scientific and technical publications, an original method for detecting significant historical stages and main evolutionary trends in space exploration is proposed. Since the VINITI RAS rubricator has a number of advantages in comparison with other classifiers, some evolutionary tendencies caused by the development of cosmonautics and space research were identified (confirmed) on the subject of «Space Research» on the

example of issues RZh 51, 62, 73. A systematic study of "evolution", including the study of changes in the VINITI RAS rubricator, may be of interest to historians of science.

**Keywords:** Space research, historical stages, rubricator, abstract journal, evolutionary tendencies.

Освоение космического пространства, начиная с запуска первого ИСЗ, неразрывно связано с совершенствованием космических технологий, прогрессом в теоретической и практической астрономии. Значимые этапы в освоении космического пространства сопровождаются соответствующей публикационной активностью, а, следовательно, некоторые основные тенденции в реализации этих этапов могут быть выявлены по вариации градации в систематизации соответствующих научно-технических публикаций. Рубрикатор ВИНТИ РАН имеет ряд преимуществ в сравнении с другими классификаторами, поскольку содержит классификационные индексы, характеризующие специфические аспекты исследований в публикациях [1]. Данный рубрикатор по тематике «Космические исследования» является уникальным и фактически сопоставим с рубрикаторами непосредственно периодических изданий [2].

В настоящей работе на основании исследования вариации градации рубрикатора ВИНТИ РАН на примере выпусков РЖ 51 «Астрономия», 62 «Исследование космического пространства», 73 «Исследование Земли из космоса» были выявлены некоторые эволюционные тенденции в освоении космического пространства, в том числе поэтапная замена в КА двигательных ракетных установок на однокомпонентном топливе (гидразине) на ядерные ракетные двигатели, переход от интенсивного исследования Луны на более умеренное, заметный рост международного сотрудничества в освоении космического пространства и исследований Земли из космоса. Данный метод может быть апробирован и для других направлений научно-технических исследований, представляя интерес для историков науки.

## **Литература**

1. Антошкова О.А., Белоозеров В.Н., Дмитриева Е.Ю. Разработка базовых соответствий между ГРНТИ и другими классификационными системами // Информационное обеспечение науки: новые технологии. Сб. научных трудов. – М.: 2015. - С. 105-120.
2. Лукашевич А.В., Лукашевич Н.Л. Обзор используемых в России универсальных классификаций в области исследований Земли из

космоса // Научно-техническая информация. Серия 1: организация и методика информационной работы. - 2015. - № 9. - С. 32.

УДК 629.7 (092)

**Губка О.А.**

кандидат исторических наук

инженер-программист

ГП «КБ «Южное» им. М.К. Янгеля

г. Днепр

Украина

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-КОНСТРУКТОРСКОЙ ШКОЛЫ В.М. КОВТУНЕНКО<sup>25</sup>**

### **THE MAIN DIRECTIONS OF THE SCIENTIFIC AND DESIGN SCHOOL OF V.M. KOVTUNENKO**

**Аннотация.** Раскрываются особенности научно-конструкторской школы известного советского ученого в области ракетно-космической техники и непилотируемой космонавтики В.М. Ковтуненко, основанные на изучении архивных материалов и метода «интервью».

**Ключевые слова:** История ракетно-космической техники и космонавтики, В.М. Ковтуненко, научно-конструкторская школа, программа «Интеркосмос», космические аппараты, КБ «Южное» им. М.К. Янгеля, НПО им. С.А. Лавочкина.

**Abstract.** The report reveals the features of the scientific and design school of the famous soviet scientist in the field of rocket and space technology and unmanned astronautics V.M. Kovtunencko, based on the study of archival materials and the «interview» method.

**Keywords:** History of rocket and space technology and astronautics, V.M. Kovtunencko, scientific and design school, Intercosmos program, spacecraft, Yuzhnoye SDO named M.K. Yangel, NPO named S.A. Lavochkin.

К середине 1960-х годов днепропетровскими учеными был создан серьезный научный задел для развития ракетно-космической техники. Ученые и конструкторы из отраслевого, академического, вузовского и заводского секторов науки подключились к решению вопросов ее становления и развития. В 1950-1960-х годах в реализации творческих

<sup>25</sup> Доклад прочитан на ЛП Научных Чтениях памяти К.Э. Циолковского (2017). - *Прим. ред.*

идей М.К. Янгеля принимали участие такие выдающиеся ученые и конструкторы как В.С. Будник, Н.Ф. Герасюта, В.М. Ковтуненко, В.И. Моссаковский, В.А. Лазарян, В.Ф. Ушаков, И.И. Иванов и другие [10, с. 205]. Новая ракетостроительная тематика в Днепропетровском государственном университете дала толчок для развертывания исследований по различным направлениям. Именно в то время, начиная с середины 1950-х годов, в университете начинают зарождаться новые научные школы.

Одной из значительных школ в ракетно-космической технике является научная школа В.М. Ковтуненко в области аэродинамики и проектирования космических аппаратов и систем.

В книге «Профессора ДНУ» [7] во вступлении говорится: «В послевоенное время началось активное развитие ДГУ. В 1951 г. открылся физико-технический факультет для подготовки специалистов в новой сфере – ракетостроении. На большинстве факультетов и кафедр развернулись исследования по фундаментальным и прикладным наукам. Возникают и успешно развиваются новые научные школы в области механики и математики (В.И. Моссаковский, Н.П. Корнейчук), ракетно-космической техники (Н.Ф. Герасюта, В.М. Ковтуненко, В.А. Махин)».

Ю.А. Храмов (заведующий отделом истории науки и техники Центра исследований научно-технического потенциала и истории науки им. Г.М. Доброва НАН Украины) определяет характерные признаки научной школы: наличие научного лидера; определенный стиль работы и мышления; научная идеология; оригинальность и новизна идей и методов реализации своей исследовательской программы, получившей значительные научные результаты; своеобразная атмосфера в коллективе; признание в научном содружестве [12].

Научно-техническая школа вбирает в себя основные черты научной школы, но имеет и свои особенности. Для нее свойственны: четкая научно-техническая ориентация исследований, которые проводятся в школе; доведение полученных результатов до практической реализации; тесное сотрудничество работников науки, техники и производства; выраженный экономический эффект и экономическая эффективность научно-технических исследований и разработок. Разновидностью научно-технических школ являются научно-конструкторские школы.

Одно из наиболее точных определений научно-конструкторской школы приведено в работе [9, с. 35-45]. «Это творческий коллектив ученых, инженеров и производственников, который формируется при

выдающемся ученом-конструкторе на базе главного конструкторского бюро, возглавляемого этим ученым, в рамках разработки оригинального научно-технического направления, характерного именно для этого коллектива, с целью реализации определенной научно-технической идеи в виде завершеного изделия – сложной научно-технической системы».

Научно-техническая школа В.М. Ковтуненко интегрирует в себе вышеуказанные критерии, соответствуя им. Во-первых, Вячеслав Михайлович Ковтуненко отвечал требованиям, предъявляемым к лидеру школы. Во-вторых, его школа четко структурирована в соответствии с направлениями ее деятельности.

Изучение географии и направлений деятельности В.М. Ковтуненко позволяет выделить следующую структуру научно-технической школы, сложившейся под его руководством.

Первая составляющая школы сложилась в Днепропетровске, где В.М. Ковтуненко работал с 1953 г. по 1977 г., и включает в себя:

- образовательно-исследовательское звено (ДГУ им. О. Гончара);
- научно-производственное звено (КБ «Южное» им. М.К. Янгеля);
- научно-исследовательское (академическое) звено (ИТМ НАНУ и НКАУ).

Вторая составляющая школы сформировалась в НПО имени С.А. Лавочкина (г. Химки Московской области), где Вячеслав Михайлович работал с 1977 г. по 1995 г. Там В.М. Ковтуненко не только придал новый импульс развитию научной проектно-конструкторской школы НПО им. С.А. Лавочкина, заложенной С.А. Лавочкиным и Г.Н. Бабакиным, но и определил новое направление в отечественной беспилотной космонавтике, создав школу системного проектирования орбитальных космических астрофизических обсерваторий и прецизионных (высокоточных) систем дистанционного зондирования Земли высокого разрешения и оперативности получения и обработки информации [4].

Комплекс указанных структурных составляющих такой школы позволяет уверенно отнести школу В.М. Ковтуненко к научно-конструкторской. Наиболее весомым критерием идентификации школы является позитивный, с высокой степенью эффективности результат деятельности школы. Ведь в отличие от чисто научной (академической) школы, где отрицательный результат исследований является полезным, в научно-конструкторской школе он должен быть только положительным. Результатом должна быть конструкция, система, установки, обладающие новыми техническими характеристиками. Неформальные коллективы, не дающие

прогрессивных результатов, распадаются и исчезают из цикла научно-производственной деятельности [11].

I. Научно-производственное звено (КБ «Южное» им. М.К. Янгеля).

В 1953 г. по приглашению В.С. Будника В.М. Ковтуненко прибывает в КБ «Южное». В конце 1953 г. он назначается руководителем недавно образованного проектного сектора серийного КБ, а затем и проектного отдела [6]. Отдел состоял из четырех секторов: проектно-конструкторского, баллистики и динамики, нагрузок и прочности, головных частей. Костяк отдела составили молодые конструкторы – всего 25 человек. И хотя на первых порах эта группа была относительно немногочисленной, она оказалась вполне способной разработать полноценный проект ракеты.

Расчетами по аэродинамике и тепломассообмену Вячеслав Михайлович руководил сам. Он внес неоценимый вклад в проектирование боевых ракет на высококипящих компонентах топлива Р-12, Р-14, Р-16, Р-36 с дальностью полета от 2,5 тыс. км до 15 тыс. км, ракет с минометным стартом, ракет-носителей «Космос», «Интеркосмос» и других. Под руководством Вячеслава Михайловича кандидатами наук в сфере аэродинамики в КБ «Южное» стали Ф.И. Кондратенко, Ф.И. Резниченко, В.Ф. Камеко, Э.П. Яскевич и другие. Всего же под его руководством в КБ «Южное» защитилось не менее десяти человек.

Вячеслав Михайлович в составе КБ «Южное» создал конструкторское бюро по космическим аппаратам КБ-3, которое возглавлял как Главный конструктор с 1965 г. по 1977 г. Он первый открыл дорогу конверсии в ракетно-космической технике, создав на базе боевых ракет, отслуживших гарантийные сроки, ракеты-носители [3]. Так, уже 16 марта 1962 г. на ракете 63С1 был выведен на околоземную орбиту первый спутник разработки КБ «Южное», получивший название «Космос-1».

Под его непосредственным руководством и при его участии в КБ «Южное» была создана не одна серия космических аппаратов различного целевого назначения, в том числе первая в мире серия унифицированных космических аппаратов (платформ) ДС-У1, ДС-У2, ДС-У3. На борту спутника имелась универсальная система управления и телеметрии. В основу унификации был положен принцип – независимость комплекса обеспечивающих систем, конструкции аппарата и схемы управления бортовой аппаратурой от конкретно решаемой научной задачи. Это было гениальное решение. Запуски обходились недорого, поскольку ракеты-носители создавались на базе



готовых боевых ракет. Поэтому с КБЮ охотно работали многие как советские, так и иностранные заказчики.

Широкую известность во всем мире приобрели результаты исследования околоземного космического пространства, Солнца и планет солнечной системы, полученные с помощью космических аппаратов, разработанных в КБ «Южное». Заслуга В.М. Ковтуненко состоит также в разработке и реализации программы широкого международного сотрудничества в освоении космического пространства – «Интеркосмос», первым генеральным директором которой он стал. В результате советско-индийского сотрудничества, которое Вячеслав Михайлович возглавил с советской стороны, были созданы первые индийские спутники «Ариабхата» и «Бхаскара».

Под руководством В.М. Ковтуненко в КБ-3 защитились такие специалисты в области разработки и эксплуатации КА, как В.М. Мишин, К.Е. Хачатурян и другие. К выдающимся соратникам и продолжателям научно-конструкторской школы Вячеслава Михайловича Ковтуненко можно отнести В.И. Драновского, С.С. Кавелина, В.С. Гладилина, А.М. Попеля, Ю.А. Сметанина, В.С. Хорошилова и других ученых и конструкторов, благодаря которым были получены высокие результаты в мирном освоении космоса.

II. Образовательно-исследовательское звено (ДНУ им. О. Гончара).

Педагогическую работу в ДГУ начал в 1953 г. как старший преподаватель профилирующей кафедры № 1 физико-технического факультета; в 1955 г. он получает ученое звание доцента, а в 1962 г. – звание профессора. С 1963 г. по 1969 г. Вячеслав Михайлович возглавляет кафедру прикладной газодинамики и тепломассообмена (сначала на физико-техническом, а потом на механико-математическом факультете), а с 1969 г., с момента образования кафедры аэрогидромеханики на механико-механическом факультете – возглавляет ее вплоть до перевода в НПО им. С.А. Лавочкина в 1977 г.

Основная часть трудов В.М. Ковтуненко касается разработки методов аэродинамического расчета элементов ракетно-космической техники. В.М. Ковтуненко первым из отечественных ученых поставил и решил задачу о форме осесимметричного тела минимального сопротивления при сверхзвуковых скоростях. Форма образующей тела минимального сопротивления оказалась степенной, близкой к затупленному конусу, который в дальнейшем стал классической формой головных частей. Этим самым он основал новое научное направление по определению оптимальных форм тел в потоке жидкости и газа [2].

В 1969 г. по инициативе В.М. Ковтуненко была организована и проведена в ДГУ Первая Всесоюзная конференция по инженерным методам аэротермодинамики, которая явилась своеобразным признанием авторитета ее инициатора в области аэрогидромеханики. В этом же году, когда от кафедры прикладной газовой динамики и тепломассообмена (ПГД и ТМО) отделилась кафедра аэрогидромеханики (АГМ) и ее возглавил В.М. Ковтуненко, все, кто занимались научной работой с Вячеславом Михайловичем, перешли на новую кафедру.

Основным направлением научных исследований кафедры АГМ была разработка инженерных методов расчета аэродинамических характеристик летательных аппаратов, что не потеряло актуальности даже сейчас. Под руководством В.М. Ковтуненко научно-исследовательская работа на кафедре развивалась, в основном, в направлении исследования сложной аэродинамики головных частей ракет дальнего действия, изучению главной аэродинамической структуры летательного аппарата – головной части. Этими вопросами занимались почти все его ученики, в том числе и аспиранты – Н.Н. Лычагин, Л.Е. Пицък, А.А. Харитонов, И.С. Тонкошкур, Н.В. Поляков, В.И. Тимошенко, В.Р. Журавский и др. [1].

Научная тематика кафедры была «привязана» В.М. Ковтуненко в основном к аэродинамическим задачам по профилю работ КБ «Южное», но поражала также широким охватом и других проблем. Другими направлениями исследований были: гидродинамика тел, проникающих в воду; аэрогидромеханика гиперзвуковых течений; аэродинамика и тепломассообмен конических планирующих тел для исследования верхних слоев атмосферы; нестационарная аэродинамика; аэродинамика надстроек и застойных зон; гидродинамика струй; промышленная аэродинамика.

Под руководством В.М. Ковтуненко сотрудниками кафедры АГМ было защищено не менее 8 кандидатских диссертаций [5]. Многие из его учеников продолжают работать на кафедре АГМ, других кафедрах ДНУ им. О. Гончара на различных должностях. Среди учеников В.М. Ковтуненко в ДНУ им. Олеса Гончара можно назвать ректора университета, заслуженного деятеля науки и техники Украины, члена-корреспондента НАН Украины, профессора Н.В. Полякова, профессоров Е.Р. Абрамовского, О.Г. Гомана, доцентов Л.Е. Пицыка, Ф.И. Аврахова, Н.Н. Лычагина и других.

III. Научно-исследовательское звено по изучению фундаментальных проблем (академическое, ИТМ НАНУ и НКАУ).

В.М. Ковтуненко совместно с М.К. Янгелем, В.С. Будником, Н.Ф. Герасютой были организаторами первого в Украине научно-исследовательского учреждения, которое занимается исследованиями в области космоса – Днепропетровского отделения института механики АН УССР (ДОИМ) – теперь Институт технической механики НАНУ и НКАУ. В течение многих лет он был научным руководителем аэродинамического отдела этого института.

Вячеслав Михайлович как никто другой понимал необходимость проведения широкомасштабных фундаментальных и прикладных исследований в области механики жидкостей, газа и плазмы для различных режимов полета КА, начиная с вывода на орбиту, орбитального движения и заканчивая входом в плотные слои атмосферы. По инициативе В.М. Ковтуненко и при его непосредственном участии были начаты исследования в области аэродинамического обеспечения проектно-конструкторских разработок ракетно-космической техники. В Днепропетровском отделении Института механики АН СССР (ДОИМ АН УССР) 10 июня 1966 г. был создан отдел аэрогазодинамики (отдел № 4), который он и возглавил. Вместе с В.М. Ковтуненко в это же время в ДОИМ АН УССР начинали работать Н.Ф. Герасюта (заведующий отделом баллистики и управления) и В.И. Моссаковский (заведующий отделом прочности).

В молодом коллективе отдела создавались небольшие творческие группы для проведения этих исследований, которые комплектовались, в основном, из аспирантов и выпускников механико-математического факультета Днепропетровского госуниверситета. Так, в 1966 г. по приглашению Ковтуненко в отдел аэрогазодинамики с мехмата пришли аспиранты В.А. Шувалов, В.И. Тимошенко и В.Н. Чепурной. Впоследствии В.А. Шувалов и В.И. Тимошенко сами стали докторами наук, начальниками отделов и наследниками идей В.М. Ковтуненко, продолжая и сейчас работать в ИТМ.

В 1976 г. по инициативе В.М. Ковтуненко в ИТМ НАНУ и НКАУ была проведена Первая всесоюзная межотраслевая конференция по прикладной аэродинамике космических аппаратов [5]. На этой конференции В.М. Ковтуненко выступил с проблемным докладом, в котором обозначил основные направления исследований в трех областях: исследованиях по взаимодействию КА со свободномолекулярными и близкими к свободномолекулярным потокам нейтрального газа (аэродинамика орбитальных КА), исследованиях по взаимодействию КА с потоками газа, начиная от режима скольжения, заканчивая режимом сплошной среды

(аэродинамика спускаемых КА), исследованиях по взаимодействию КА с верхней ионосферой (ионосферная аэродинамика КА). Эти направления исследований получили в институте свое дальнейшее развитие и выполняются в настоящее время в трех научных отделах. Коллективы этих отделов на протяжении многих лет ведут работы по аэрогазодинамическому обеспечению КА и систем по проектам «Марс», «Спектр», «Солнечный зонд» и другим проектам, разрабатываемым в НПО им. С.А. Лавочкина.

Под руководством В.М. Ковтуненко сотрудниками института совместно с учеными и специалистами НПО им. С.А. Лавочкина, а также Московского авиационного института был решен комплекс задач по аэрогазодинамическому обеспечению Международного проекта «Венера-Галлей». Выполненные исследования были использованы при выборе траектории полета КА в поле кометы Галлея, режимов работы систем ориентации и стабилизации, а также для обеспечения тепловой защиты и надежного функционирования комплекса научной аппаратуры. Успешная реализация этого проекта (1984–1986) подтвердила достоверность выполненных предполетных исследований. Проводились также работы по проектам «Марс-94/96», ВКС «Буран».

При непосредственном участии В.М. Ковтуненко и поддержке В.С. Будника, а также В.А. Шувалова, заместителя В.М. Ковтуненко, в 1974 г. в ИТМ был создан уникальный плазмозлектродинамический стенд [14]. Плазмозлектродинамический стенд сочетает свойства плазменной газодинамической трубы, электрорадиационного стенда и вакуумной безэховой камеры. По этим суммарным свойствам и по диапазонам решаемых научно-технических задач и проблем стенд не имеет аналогов. Он входит в перечень объектов, которые имеют «статус национального достояния», согласно постановлению правительства Украины.

В настоящее время аэродинамическое направление в институте представлено тремя научными отделами [8]:

Отдел механики ионизированных сред – отдел № 4 (зав. отделом д-р техн. наук, профессор В.А. Шувалов).

2) Отдел аэрогазодинамики – отдел № 12 (зав. отделом член-корреспондент НАН Украины, д-р физ.-мат. наук, профессор В.И. Тимошенко).

3) Отдел динамики разреженного газа – отдел № 16 (зав. отделом до конца 2014 г. д-р техн. наук, профессор В.П. Басс; с конца 2015 г. и. о. нач. отдела Печерица Л.Л.).

В ИТМ под руководством В.М. Ковтуненко защитили диссертации сотрудники ДООИМ АН УССР В.И. Тимошенко, В.П. Басс, В.П. Галинский, аспирантом также был В.Н. Чепурной. Их можно смело отнести к научно-конструкторской школе В.М. Ковтуненко. Близким сотрудником, заместителем В.М. Ковтуненко во время его работы в институте был В.А. Шувалов, отдел которого явился преемником отдела № 4 Вячеслава Михайловича, многих его идей. В институте существует заочная аспирантура, где ведется подготовка по нескольким научным направлениям. Среди учеников В.П. Басса, В.И. Тимошенко, В.А. Шувалова как минимум по три научных сотрудника защитились в ИТМ, и тоже продолжают разрабатывать начатые Вячеславом Михайловичем направления исследований.

#### IV. НПО им. С.А. Лавочкина.

В конце 1970-х годов произошел новый поворот в судьбе Вячеслава Михайловича. Поступившее в 1976 г. со стороны Министерства общего машиностроения предложение возглавить ОКБ Научно-производственного объединения имени С.А. Лавочкина было неожиданным. К тому времени В.М. Ковтуненко намеревался больше внимания уделять преподавательской и теоретической работе. Но, как оказалось, именно его напористость и талант организатора требовались для вывода прославленного предприятия из тупика, в котором оно находилось на тот момент.

В 1977 г. Вячеслав Михайлович Ковтуненко был назначен главным конструктором НПО им. С.А. Лавочкина [13].

Благодаря усилиям В.М. Ковтуненко, предприятие более широко и активно стало развивать интернациональную кооперацию – практически все последующие проекты лавочкинцев получили статус международных.

Став главным конструктором, первым заместителем генерального директора предприятия, В.М. Ковтуненко активно включился в работу по формированию долгосрочной программы Академии наук СССР по изучению объектов дальнего и ближнего космоса с помощью автоматических космических аппаратов. Значительное место в программе уделялось продолжению исследований планеты «Венера» с применением новых способов дистанционного и контактного зондирования ее атмосферы и поверхности. Для реализации этой части программы под руководством и непосредственном участии В.М. Ковтуненко были разработаны проекты космических экспедиций к планете «Венера».

При Вячеславе Михайловиче в практику вошли крупногабаритные радиолокаторы бокового обзора, телескопы ультрафиолетового,

рентгеновского, гамма- и радиодиапазонов – приборы и устройства, ранее не применявшиеся лавочкинцами в научных исследованиях. Все это знаменовало несомненную новизну и научную значимость предлагаемых для решения исследовательских задач. В.М. Ковтуненко применял и активно внедрял понятие «космический аппарат – уникальный исследовательский инструмент», что принципиально меняло основы взаимоотношений между научными и инженерно-техническими специалистами, всемерно укрепляя их творческий союз на всех этапах разработки и реализации космического проекта.

Даже первая, весьма болезненная неудача при выполнении целевой задачи «Венерой-11» и «Венера-12» в 1978 г. не поколебала В.М. Ковтуненко в правильности выбора направления работ. И она была подтверждена последующими успехами отечественной космонавтики в исследованиях Утренней звезды. Мировая общественность даже присвоила Венере статус «советской планеты» по сравнительной интенсивности и результативности ее посещений отечественными автоматическими межпланетными станциями (АМС). Только в период 1978-1985 гг. восемь советских аппаратов совершили четыре экспедиции к этой планете, в то время как США – наиболее важный ориентир для сопоставлений – только две.

Международный проект «Вега» заключал в себе исследование в рамках одной экспедиции АМС «Вега-1» и «Вега-2» (международный проект «Венера – комета Галлея», 1985-1986 гг.) двух небесных тел, Венеры и кометы Галлея. При десантировании на поверхность Венеры впервые в мировой практике осуществлен запуск аэростатного зонда для изучения глобальной циркуляции атмосферы планеты и исследовано ядро кометы при пролете вблизи него сквозь газопылевую атмосферу (кому). Воистину новаторский шаг в практике космических исследований – сближение непилотируемого зонда с «блуждающим» небесным телом, механика движения которого на момент отправки к нему экспедиции была практически неизвестна, – был совершен советской космонавтикой благодаря совместным усилиям В.М. Ковтуненко и директора Института космических исследований АН СССР Р.З. Сагдеева.

За успешную реализацию проекта «Вега» В.М. Ковтуненко был награжден орденом Ленина, большая группа сотрудников предприятия удостоена правительственных наград. В 1986 г. Вячеслав Михайлович был избран членом-корреспондентом АН СССР и в том же году назначен генеральным конструктором НПО им. С.А. Лавочкина, а с 1987 г. становится действительным членом Международной астронавтической академии.

К 1988 г. в НПО им. С.А. Лавочкина была завершена разработка нового базового служебного модуля межпланетных станций для реализации многоцелевых комплексных программ исследования планет и малых тел Солнечной системы. Экспедиция КА «Фобос-1» и -2 к Марсу и Фобосу (1988-1989) стала первым этапом внедрения в практику отечественного исследовательского космоплавания межпланетного аппарата нового типа, классифицируемого как автоматический космический комплекс. Несмотря на то, что не удалось полностью провести эксперименты последнего этапа экспедиции, полет «Фобосов» дал ценнейшую информацию, как для ученых, так и для своих создателей.

Успешно сработала также идея В.М. Ковтуненко использовать венерианский служебный модуль при создании специализированных астрофизических спутников Земли «Астрон» (1983) и «Гранат» (1989). Отечественные астрофизики остро нуждались в автоматических обсерваториях, вынесенных за пределы земной атмосферы. Вячеслав Михайлович одним из первых увидел перспективы развития этого нового направления отечественной непилотируемой космонавтики.

ИСЗ «Астрон» – первая отечественная внеатмосферная непилотируемая обсерватория. Его целевая аппаратура позволяла проводить наблюдения, как в ультрафиолетовом, так и в рентгеновском диапазонах излучений. В рамках этого проекта специалистами НПО им. С.А. Лавочкина, КрАО (Крымской астрофизической обсерватории) и Марсельской лаборатории разработана уникальная конструкция крупнейшего, на момент запуска, ультрафиолетового космического телескопа, получившего наименование «Спика». В конструкции телескопа были воплощены новейшие достижения оптики, точной механики, материаловедения и технологии. «Астрон» стал первым «долгожителем» лавочкинцев, проработавшим в космосе более шести лет, что многократно превысило запланированное время его активного существования.

Второй космической обсерваторией, созданной под руководством В.М. Ковтуненко, стал выведенный на орбиту в 1989 г. «Гранат», который относится к наиболее успешным проектам, реализованным коллективом НПО имени С.А. Лавочкина. С его помощью наблюдения за галактическими и внегалактическими источниками рентгеновского и гамма-излучений проводились около десяти лет. КА «Гранат» многократно перевыполнил первоначально намеченную программу, и полученные при этом научные результаты также вошли в анналы мировой астрофизики.

Таким образом, В.М. Ковтуненко стал одним из основоположников нового направления в советской беспилотной космонавтике – создание специализированных автоматических космических аппаратов (АКА) для астрофизических исследований. Высокой оценкой со стороны советского научного сообщества стало избрание его в 1984 г. членом-корреспондентом АН СССР, по отделению общей физики и астрономии, ранее - в ноябре 1978 г. - он стал лауреатом Государственной премии СССР.

В коллективе, возглавлявшимся В.М. Ковтуненко в НПО им. С.А. Лавочкина, к его последователям и ученикам можно отнести С.Д. Куликова, А.А. Моисеева, К.М. Пичхадзе, А.Л. Родина и других.

Учитывая длительную засекреченность ракетно-космической отрасли и, соответственно, узость источниковой базы исследований, особое значение для получения информации о деятельности лидера и развитии научно-технических школ в данной отрасли приобретает метод интервью. Вследствие недостаточности информации о лидере и самом процессе становления и развития школы в опубликованных или рассекреченных источниках, за ней приходится обращаться к свидетелям этих событий – родственникам, ученикам лидера, сотрудникам и коллегам по работе, а также тем, кто продолжает традиции данной школы [15].

Метод интервью был применен при исследовании жизненного пути и деятельности лидера научно-конструкторской школы в ракетостроении Вячеслава Михайловича Ковтуненко. Результаты проведенного исследования имели положительный результат – впервые была воссоздана структура основных звеньев и персональный состав научно-конструкторской школы В.М. Ковтуненко.

10 июля 1995 г. Вячеслава Михайловича не стало. Однако созданные им коллективы, представляющие разные звенья его научно-конструкторской школы, и сейчас продолжают активную деятельность в ракетно-космической отрасли. Можно утверждать, что школа В.М. Ковтуненко, созданная в Днепропетровске и продолжившая свою деятельность в Днепропетровске и в Химках, в НПО им. С.А. Лавочкина, развивается и в настоящее время.

## **Литература**

1. Абрамовский Е.Р. В.М. Ковтуненко в Днепропетровском государственном университете. Интервью, записанное О.А. Чаплиц (О.А. Губкой). 10.04.2014 // Архив О.А. Губки.



2. Гоман О.Г. В.М. Ковтуненко – выдающийся ученый в области космонавтики (к 90-летию со дня рождения) // Техническая механика. – 2011. – № 3. – С. 7–10.
3. Кавелин С.С. Главное дело жизни // Космическая наука и технология. - 1996. – Т. 2. - № 3-4.
4. Космический полет НПО им. С.А. Лавочкина / Под общей редакцией Г.М. Полищука. – Химки: 2007. – 384 с.
5. Личное дело В.М. Ковтуненко // Архив ДГУ им. О. Гончара. – 81 с.
6. Личное дело В.М. Ковтуненко // Архив КБ «Южное». – 40 с.
7. Професори Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара: Бібліографічний довідник. (Гл. ред. проф. М.В. Поляков). – 2-е вид., перероб. і доп. – Днепр: Вид-во ДНУ, 2008.
8. Сайт ИТМ НАНУ и НКАУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.itm.dp.ua>.
9. Санін Ф.П. Науково-конструкторська школа М.К. Янгеля та її роль у розвитку ракетобудування в СРСР // Наука і наукознавство. – 2011. – № 4 (74).
10. Санин Ф.П. Развитие ракетно-космической техники в Украине / Ф.П. Санин, Е.А. Джур, Л.Д. Кучма, В.В. Хуторный. – Днепр: 2001. - 391 с.
11. Федоренко И.В. Н.Ф. Герасюта и его научно-техническая школа // Наука и науковедение. – 2008. – № 1(59). - С. 85-96.
12. Храмов Ю.А. Школы в науке // Вопросы истории естествознания и техники. – 1982. - № 3. - С. 54-67.
13. Чаплиц О.А. В.М. Ковтуненко: период работы в НПО им. С.А. Лавочкина // Вісник Дніпропетровського університету. – 2013. - Т. 21. - № 1/2. – Серія Історія і філософія науки і техніки. - Вып. 21. - Т. 21. – С. 154-162.
14. Шувалов В.А. Воспоминания о работе В.М. Ковтуненко в ДОИМ АН УССР. Интервью, записанное О.А. Губкой 17.12.2015 // Архив О.А. Губки.
15. Савчук В., Чаплиц О. Метод интервью в историко-биографическом исследовании с узкой источниковой базой // Альманах теории и истории исторической науки. – Вып. 8. – Киев: Институт истории Украины НАН Украины, 2014-2015. – С. 301-313.

**Секция 2**  
**«ПРОБЛЕМЫ РАКЕТНОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ»**

УДК 629.786.2  
eLIBRARY.RU: 55.49.29

**Аюкаева Д.М.**  
**Бугера Д.Д.**  
**Волков О.Н.**  
ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королёва»  
г. Королев  
**Исиков Н.Е.**  
ИПМех РАН  
г. Москва  
**Шпаков А.В.**  
ГНЦ РФ - ИМБП РАН  
г. Москва

**ЭКСПЕРИМЕНТ ПО КОМПЛЕКСНОМУ ИЗУЧЕНИЮ МКС  
КАК СРЕДЫ ОБИТАНИЯ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРОВ**

**THE EXPERIMENT TO CONDUCT AN INTEGRATED STUDY  
OF THE ISS AS THE HABITATION AND WORKING  
ENVIRONMENT FOR OPERATORS**

**Аннотация.** На Российском сегменте Международной космической станции (РС МКС) проводится эксперимент «Таймер» по изучению МКС как технической среды для проведения операторами научных исследований и служебных операций. Одной из задач, решаемой в ходе проведения данного эксперимента, является изучение и оптимизация движений космонавтов в условиях невесомости при выполнении экспериментальных работ внутри РС МКС.

**Ключевые слова:** движение, невесомость, РС МКС, эксперимент.

**Abstract.** Conducted onboard the Russian Segment of the International Space Station (ISS RS) is an experiment TIMER aimed at studying the ISS as the engineering environment where operators perform scientific research and servicing operations. One of the problems addressed in this experiment is study and optimization of crew movements in zero gravity during experimental activities inside the ISS RS.

**Keywords:** movement, zero gravity, ISS RS, experiment.

Нарушения сенсомоторных функций в системе двигательного управления являются постоянным и закономерно наблюдаемым явлением в условиях реальной и моделируемой микрогравитации. В ходе длительных космических полётов космонавты испытывают затруднения при выполнении точностных двигательных задач, снижается точность воспроизведения дозированных и дифференцирования близких по величине мышечных усилий, увеличивается время реализации двигательных реакций. Указанные изменения вносят существенный вклад в операторские возможности космонавтов, которые, безусловно, должны учитываться при разработке эргономических требований к рабочим операциям, выполняемым в ходе космических полётов [1]. В то же время, для формирования достоверных представлений об особенностях операторских возможностей человека в условиях невесомости, требуется получение количественных данных о характеристиках движений различного рода – отдельных сегментов тела в пространстве, друг относительно друга и движений тела человека при совершении рабочих операций. С этой целью, в рамках космического эксперимента «Таймер» разрабатываются методы определения специфических параметров движений космонавтов на основе видеорегистрации движений [2-4].

По данным видеорегистрации определяются координаты маркеров как функции времени в декартовой системе координат, связанной с космическим аппаратом. Полученные данные обрабатываются методами статистического анализа сигналов и фильтрации, после чего определяются скорости и ускорения точек-маркеров как функции времени и рассчитываются кинематические характеристики движения элементов опорно-двигательного аппарата человека-оператора, рассматриваемых как твёрдые тела.

Результатом эксперимента «Таймер» на данный момент является разработанная методика обработки видеоизображений движений космонавта при выполнении им работ в условиях невесомости и наземных условиях. Проведенный анализ времени выполнения космонавтами движений на борту МКС показал существенное влияние микрогравитации на опорно-двигательный аппарат космонавта. С течением времени тело космонавта начинает адаптироваться к условиям микрогравитации, и движения космонавта становятся точнее, эффективнее и быстрее по сравнению с началом полёта.

## Литература

1. Belyaev M.Yu., Bronnikov S.V., Petrov V.M., Sekerzh-Zenkovich S.Ya. Integrated study of the iss as an environment for human-operator 'life and activities // Proceedings of the International Astronautical Congress, IAC Sep. «63rd International Astronautical Congress 2012, IAC 2012». С. 4078-4082.
2. Беляев М.Ю., Бронников С.В., Волков О.Н., Минакова Н.С., Петров В.М., Секерж-Зенькович С.Я. Комплексное изучение деятельности операторов на МКС в эксперименте «Таймер» // Труды 46 Чтений К.Э. Циолковского. Секция «Проблемы ракетной и космической техники». Калуга, 2011 г., (13-15 сентября), Казань, 2012, с. 74-78.
3. Бронников С.В., Беляев М.Ю., Волков О.Н., Рулев Д.Н., Шпаков А.В., Томиловская Е.С., Якуш С.Е., Болотник Н.Н., Исиков Н.Е. «Способ определения воздействия невесомости на двигательную активность находящегося на борту космического аппарата оператора», заявка на изобретение № 2021112376, 27.04.2021 г.
4. Бронников С.В., Беляев М.Ю., Волков О.Н., Рулев Д.Н., Шпаков А.В., Томиловская Е.С., Якуш С.Е., Болотник Н.Н., Исиков Н.Е. «Способ мониторинга воздействия невесомости на двигательную активность находящегося на борту космического аппарата оператора», заявка на изобретение № 2021112374, 27.04.2021 г.

УДК 629.7

eLIBRARY.RU: 55.49.31

**Есаков А.М.**

ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королёва»

г. Королев

**Ильясов Х.Х.**

ФГБУН ИПМех РАН

г. Москва

**ОЦЕНКА РАЗВИТИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ  
В ЭКСПЕРИМЕНТЕ «СЦЕНАРИЙ» С БОРТА РС МКС**

**THE ASSESSMENT OF THE FOREST FIRES DEVELOPMENT  
IN THE «SCENARIO» EXPERIMENT  
FROM THE ISS RUSSIAN SEGMENT**

**Аннотация.** В рамках проводимого на борту Российского сегмента Международной космической станции (РС МКС) космического эксперимента по оценке развития катастрофических и потенциально опасных явлений «Сценарий» разрабатывается методика мониторинга лесных пожаров. Методика разрабатывается для обработки данных научной аппаратуры (НА) РС МКС, в том числе НА «Гиперспектрометр», готовящейся к доставке на РС МКС. Приводятся некоторые результаты отработки методики с использованием фотоснимков с РС МКС и данных с автоматических КА.

**Ключевые слова:** Международная космическая станция, космические эксперименты, лесные пожары, дистанционное зондирование Земли, научная аппаратура.

**Abstract.** Within the framework of the space experiment carried out on board the ISS Russian Segment to assess the development of catastrophic and potentially dangerous phenomena «Scenario», a methodology for monitoring forest fires is being developed. This technique is being developed for processing data from scientific equipment of the ISS Russian Segment, including the «Hyperspectrometer» scientific equipment, which is being prepared for delivery to the ISS. The report contains some results of technique testing using photographs from the ISS Russian Segment and data from unmanned spacecraft.

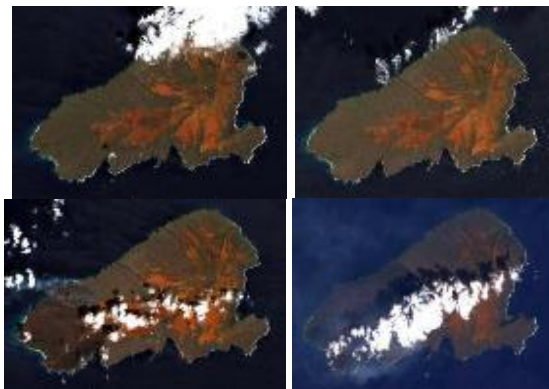
**Keywords:** International Space Station, space experiments, forest fires, Earth remote sensing, scientific equipment.

По программе научно-прикладных исследований на борту РС МКС проводятся космические эксперименты по изучению земной поверхности, отработке методов и аппаратуры для наблюдения Земли и оценки развития потенциально опасных и катастрофических явлений [1]. Отработка методов контроля и оценки катастрофических явлений, в частности лесных пожаров, с использованием визуально-инструментального и спектрометрического мониторинга осуществляется в рамках эксперимента «Сценарий». Целью настоящего исследования является разработка методики для обработки информации с РС МКС, в том числе данных НА «Гиперспектрометр», готовящейся к доставке на МКС. Разработка методики осуществляется с использованием фотоснимков лесных пожаров с РС МКС и спектрометрической информации пожаров, полученной с автоматических КА. При этом используются данные в том же спектральном диапазоне, который будет доступен при использовании НА «Гиперспектрометр» на РС МКС.

### Обработка данных пожара на о. Кахоолаве (Гавайи)

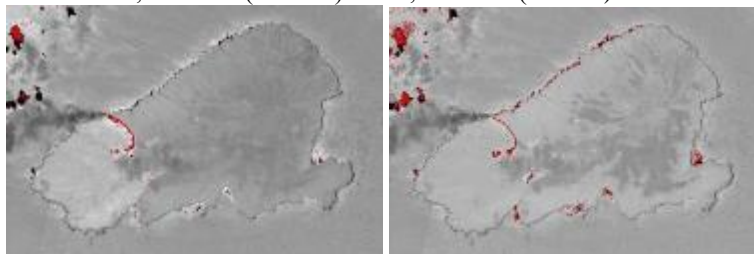
О. Кахоолаве (Kaho'olawe) входит в группу Гавайских островов. Характерные размеры острова - около 18 км в длину и около 11 км в ширину. По данным космического мониторинга на острове было зафиксировано активное горение в период с 25 по 27 февраля 2020 г.

Ниже представлены фотоснимки о. Кахоолаве, выполненные 15, 20, 25 и 27 февраля 2020 г. (рис. 1).



**Рис. 1.** Снимки о. Кахоолаве, полученные с РС МКС (слева направо и сверху вниз) 15, 20, 25, 27 февраля 2020 г.

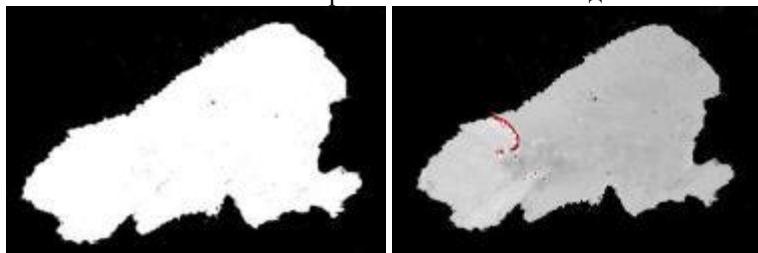
На рис. 2 приведены изображения индексов горения для спектральной съемки 25.02.2020, построенные по полосам с центральными частотами 865, 2190 нм (NBR-A) и 865, 1610 нм (NBR-S).



**Рис. 2.** Индексы горения NBR-A (слева) и NBR-S (справа), полученные по спектральным данным 25.02.2020.

Для получения видимого изображения индекса NBR-A значения  $[-1, 0.7]$  отображаются в цвета от черного (rgb 0,0,0) до белого (rgb 255,255,255), значения в диапазоне  $[0.7, 0.9]$  отображаются в оттенки красного от темного (rgb 100,0,0) до яркого (rgb 255,0,0).

Видимое изображение для индекса NBR-S получается аналогичным образом, только диапазоны отображения изменены на  $[-1,0.5]$  и  $[0.5,0.9]$ . Как следует из рисунка, индекс NBR-S практически не отличается от индекса NBR-A (имеются небольшие различия в уровне (граничном значении), по которому требуется проводить деление на области горения и области свободные от пожара). Также следует отметить, что оба индекса страдают одним и тем же недостатком — наличием областей «ложного горения». В данном конкретном случае эти участки легко определяются, потому что они приходятся на области, занятой водой. Для устранения влияния этих недостатков на дальнейшую обработку был использован метод маскирования с применением матрицы, построенной на основе индекса GNDVI. Вычисление маски производилось следующим образом: там, где величина индекса превышала значение 0.2, значение маски полагалось равным 1, в противном случае 0. На рис. 3 показана сама маска и результат её применения к индексу NBR-A. На настоящем этапе работы маски формировались простым делением по уровню, что могло приводить к некоторым незначительным дефектам (это заметно на приведенном ниже изображении). Для более качественного отделения водной поверхности от суши, но и более затратного в вычислительном плане, можно в будущем использовать алгоритмы выделения границ с дополнительным анализом пограничных значений индекса.



**Рис. 3.** Маска, построенная на основе индекса GNDVI (слева), маскированные значения индекса NBR-A (справа)

### Результаты

Были построены фронты распространения пожара по спектральным данным с автоматических КА и фотоснимку с РС МКС (рис. 4).



**Рис. 4.** Фотоснимок с борта РС МКС, выполненный 06.03.2020, с нанесённым на нём положением границы выгоревшей растительности (слева) и результаты совмещения фронтов горения и границ выгоревшей растительности (справа)

Жёлтой линией показан фронт горения на 25.02.2020, определение границ фронта происходило по результатам обработки индекса горения NBR-A; малиновой линией показан фронт горения на 27.02.2020, полученный композицией точек горения по индексу NBR-A и точек границы выгоревшей растительности; голубой линией показано положение границы сгоревшей растительности на 06.03.2020, построенное по фотоснимку с РС МКС.

### **Литература**

1. Belyaev M.Y., Cheremisin M.V., Esakov A.M. Integrated monitoring of Earth surface from onboard ISS Russian segment // В сборнике: Proceedings of the International Astronautical Congress, IAC 2018. В.3.3.4, Paper № 46752.

УДК 53.082.36  
eLIBRARY.RU: 55.49.29

**Алямовская Ю.С.**  
ГАОУ МО «ЛНИП»  
г. Королёв  
**Алямовский С.Н.**  
ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королёва»  
г. Королёв



# ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ СВОБОДНО ПАРЯЩЕГО ТЕЛА ОТНОСИТЕЛЬНО КОРПУСА ОРБИТАЛЬНОЙ СТАНЦИИ

## STUDY OF THE MOTION OF A FREE-FLOATING BODY RELATIVE TO THE CASE OF THE ORBITAL STATION

**Аннотация.** Для решения многих научных и прикладных задач важны точное знание положения станции на орбите, а также расположение её центра масс. Основные трудно учитываемые возмущения движения орбитальной станции связаны с изменением силы атмосферного сопротивления. Анализ движения свободно парящего в герметичном отсеке тела относительно корпуса станции даёт возможность оценить силу сопротивления атмосферы Земли, а также уточнить месторасположение центра масс станции.

**Ключевые слова:** орбитальная станция, сила сопротивления атмосферы Земли, центр масс.

**Abstract.** Accurate knowledge of the station's position in orbit, as well as the location of its center of mass, is important for many scientific and applied problems. The main perturbations of orbital station motion, which are difficult to account for, are associated with changes in the atmospheric drag force. Analysis of the motion of a free-floating body in a pressurized compartment relative to the station body makes it possible to estimate the drag force of the Earth's atmosphere, as well as to clarify the location of the station's center of mass.

**Keywords:** orbital station, Earth's atmospheric drag force, center of mass.

На орбитальную станцию действует сила сопротивления атмосферы Земли, а объекты внутри герметичного отсека станции защищены от действия этой силы корпусом станции. Вследствие этого свободно парящее тело на борту станции начинает двигаться относительно корпуса станции в направлении её полёта.

Построена математическая модель, на основе которой разработано программное обеспечение для численного моделирования исследования движения свободно парящего тела относительно корпуса орбитальной станции.

Основным методом исследования является сравнение реального движения свободно парящего тела внутри герметичного отсека станции с результатами численного моделирования [1-4].

Данные исследования направлены на экспериментальную проверку и калибровку математических моделей и алгоритмов, используемых

при расчёте силы атмосферного сопротивления в задачах определения и прогнозирования движения орбитальной станции.

### **Литература**

1. Митрофанов А. Аэродинамический парадокс спутника // Квант. - 1998. - № 3. - С. 2-6.
2. Беляев М.Ю., Рулев Д.Н., Медведев Е.С., Макейчук Д.Н., Сазонов В.В. Повышение точности определения и прогнозирования параметров движения орбитальной станции // Сборник статей под редакцией В.П. Легостаева, М.Ю. Беляева. Ракетно-космическая техника. Серия XII. Выпуск 1-2, РКК «Энергия» им. С.П. Королёва, г. Королёв, 2011 г., с. 157-168.
3. Алямовский С.Н., Беляев М.Ю., Рулев Д.Н., Сазонов В.В., Тарасова М.М. «Сферические спутники - от начала космической эры до современных экспериментов (к 60-летию запуска первого в мире спутника Земли)» // Журнал «Космическая техника и технологии», № 4, 2017, с. 5-14.
4. Алямовский С.Н. Исследование движения центра масс свободно парящего тела внутри герметичного отсека МКС в космическом эксперименте «Вектор-Т» // Труды ЛП чтений, посвящённых разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Секция «Проблемы ракетной и космической техники» (г. Калуга, 19-21 сентября 2017 г.). – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2018, с. 50-56.

УДК 629.78

eLIBRARY.RU: 55.49.07

**Юрина О.А.**

ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королёва»

г. Королёв

## **КОНТРОЛЬ ПОДВИЖЕК ЛЕДНИКОВ И ОПОЛЗНЕЙ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ «УРАГАН» НА МКС**

## **MONITORING MOVEMENTS OF GLACIERS AND LANDSLIDES IN THE URAGAN EXPERIMENT ONBOARD THE ISS**

**Аннотация.** Рассмотрена задача отработки методов контроля подвижек ледников и оползней, решаемая на Российском сегменте (РС) Международной космической станции (МКС) в эксперименте «Ураган». С помощью научной аппаратуры (НА), входящей в

космический эксперимент (КЭ) «Ураган», получают снимки ледников, оползней и других потенциально опасных объектов. Полученная информация позволяет определить перемещения наблюдаемых объектов и моменты времени возникновения потенциально опасных событий. Для контроля подвижек ледников и оползней в КЭ «Ураган» используется также НА «Икарус», установленная на РС МКС в рамках КЭ «Ураган».

**Ключевые слова:** Международная космическая станция (МКС), потенциально опасные объекты, космический эксперимент, научная аппаратура «Икарус».

**Abstract.** The paper discusses the problem of developing methods for monitoring the movement of glaciers and landslides that is being addressed onboard the Russian Segment (RS) of the International Space Station (ISS) in the Uragan experiment. The Scientific Equipment included in the Space Experiment Uragan is used in order to acquire images of glaciers, landslides and other potentially dangerous features. The acquired data makes it possible to determine the movements of the features that are being observed and the points in time when potentially dangerous events occur. Also used in the Uragan space experiment for monitoring the movements of glaciers and landslides is scientific equipment Icarus installed onboard the ISS RS within the framework of the Uragan space experiment.

**Keywords:** International Space Station ISS, potentially dangerous features, space experiment, Icarus scientific equipment.

На Российском сегменте МКС с целью отработки технических средств и методов наблюдения Земли проводится эксперимент «Ураган» [1, 2]. Наибольшее внимание в КЭ «Ураган» уделяется изучению потенциально опасных и катастрофических явлений, возникающих на Земле, в том числе контролю подвижек ледников и оползней [3, 4]. Контроль перемещения изучаемых объектов в КЭ «Ураган» осуществляется с помощью анализа снимков, получаемых от аппаратуры, используемой в эксперименте [1, 2]. Для получения снимков контролируемых объектов через определённые интервалы времени необходимо прохождение МКС над этими объектами в требуемые моменты с обеспечением условий освещённости наблюдаемых объектов для их съёмки. С этой целью были предложены специальные методы коррекции орбиты космического аппарата, обеспечивающие поддержание требуемой высоты орбиты и съёмку изучаемых объектов в требуемые интервалы времени [5 - 8].

Для контроля перемещения ледников и оползней может использоваться также научная аппаратура «Икарус», разработанная по

соглашению между Роскосмосом и немецким агентством ДЛР, и установленная на РС МКС в рамках КЭ «Ураган» [9, 10]. НА «Икарус» позволяет отслеживать перемещение животных и птиц на земной поверхности. С этой целью на исследуемых объектах размещаются миниатюрные (массой 5 г) датчики (теги), в состав которых входят приёмники GPS, вычислительное устройство, аккумулятор, солнечная батарея, приёмопередатчик, акселерометр, датчик температуры, магнитометр [9, 10]. На РС МКС установлены антенны и блок электроники НА «Икарус». Информация от тега поступает на РС МКС и затем по штатным каналам связи доставляется в московский ЦУП-М. По полученной информации оценивается положение контролируемых животных, температура, ориентация и др. Данная технология может быть дополнительно использована и для контроля подвижек ледников и оползней [11]. С этой целью на контролируемых объектах устанавливаются теги и при этом обеспечивается их освещённость солнечным светом. По получаемой информации контролируется поведение ледников и оползней. Первые эксперименты уже начаты в рамках КЭ «Ураган» по контролю оползней на Кавказе.

Рассмотрена технология выполнения контроля подвижек потенциально опасных ледников и оползней с помощью НА «Икарус», установленной на РС МКС в рамках КЭ «Ураган».

## **Литература**

1. Беляев М.Ю., Десинов Л.В., Караваев Д.Ю., Сармин Э.Э., Юрина О.А. Аппаратура и программно-математическое обеспечение для изучения земной поверхности с борта Российского сегмента Международной космической станции по программе «Ураган» // Космонавтика и ракетостроение. - 2015. - № 1. - С. 63-70.
2. Беляев М.Ю., Десинов Л.В., Караваев Д.Ю., Сармин Э.Э., Юрина О.А. Изучение с борта Российского сегмента Международной космической станции в рамках программы «Ураган» катастрофических явлений, вызывающих экологические проблемы // Космонавтика и ракетостроение. – 2015. - № 1. - С. 71-79.
3. Способ определения скорости движения фронтальной части ледника с космического аппарата: Патент 2568152 (Россия). Заявка № 2014120766 от 22.05.2014 / Беляев М.Ю., Десинов Л.В., Юрина О.А.
4. Способ определения момента времени схода наблюдаемого с космического аппарата ледника: Патент 2605528 (Россия). Заявка №2015100868/28 от 12.01.2015 / Беляев М.Ю., Десинов Л.В., Юрина О.А.

5. Способ контроля движения наблюдаемого с космического аппарата ледника: Патент 650779 (Россия) от 17.04.2018. Заявка № 2016125589 от 28.06.2016 / Юрина О.А., Беляев М.Ю., Рулев Д.Н.
6. Способ определения параметров движения наблюдаемого с космического аппарата ледника: Патент № 2643224 (Россия) от 31.01.2018. Заявка № 2016125590 от 28.06.2016 / Юрина О.А., Беляев М.Ю., Рулев Д.Н.
7. Способ наблюдения наземных объектов с движущегося по околокруговой орбите космического аппарата: Патент № 2629694 (Россия) от 31.08.2018. Заявка на изобретение № 2016125593 от 28.06.2016 / Юрина О.А., Беляев М.Ю., Рулев Д.Н.
8. Способ определения положения фронтальной части ледника с находящегося на околокруговой орбите космического аппарата: Патент 2642544 (Россия) от 25.01.2018. Заявка № 2016125592 от 28.06.2016 / Юрина О.А., Беляев М.Ю., Рулев Д.Н.
9. Беляев М.Ю., Викельски М., Лампен М., Легостаев В.П., Мюллер У., Науманн В., Тertiцкий Г.М., Юрина О.А. Технология изучения перемещения животных и птиц на Земле с помощью аппаратуры ICARUS на Российском сегменте МКС // Космическая техника и технологии. - 2015. - № 3. - С. 38-51.
10. Беляев М.Ю., Вепплер Й., Викельски М., Волков О.Н., Мюллер У., Питц В., Соломина О.Н., Тertiцкий Г.М. Отработка технологии контроля перемещения животных на Земле с помощью научной аппаратуры, установленной на РС МКС // XXVII Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам. Сборник материалов г. Санкт-Петербург. - 2020. - С. 9-17.
11. Способ контроля с орбитального космического аппарата движения потенциально опасного объекта, преимущественно ледника и оползня: Заявка № 2020134161 от 19.10.2021 /

УДК 629.78

eLIBRARY.RU: 55.49.07

**Бронников С.В.**

ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королёва»

г. Королев

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПОЛЁТА ПИЛОТИРУЕМОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

## DESIGNING A MONITORING SYSTEM FOR A MANNED SPACECRAFT FLIGHT

**Аннотация.** Представлена методика проектирования автоматизированной системы контроля (АСК) пилотируемого космического аппарата (ПКА). Под АСК в данной работе понимается человеко-машинная система, осуществляющая процесс контроля полёта ПКА и включающая в себя персонал – оперативную смену и средства деятельности операторов: рабочие места, средства отображения информации, интерфейсы взаимодействия операторов с внешними системами, конструкторскую документацию.

Представлена функциональная диаграмма АСК, структура контура контроля человека-оператора группы анализа. Рассмотрены основные задачи проектирования АСК.

**Ключевые слова:** автоматизированная система контроля, пилотируемый космический аппарат, автоматизированная система управления полётом космического аппарата, человеко-машинная система.

**Abstract.** The method of designing an automated monitoring system (AMS) of a manned spacecraft (MS) is considered. In this work, AMS is understood as a man-machine system that carries out the process of monitoring the flight of the MS and includes personnel - the operational shift and the means of the operators' activities: workplaces, information display facilities, interfaces for interaction of operators with external systems, design MS documentation.

The functional diagram of AMS, the structure of the control circuit of the human operator is presented. The main tasks of the AMS design are considered.

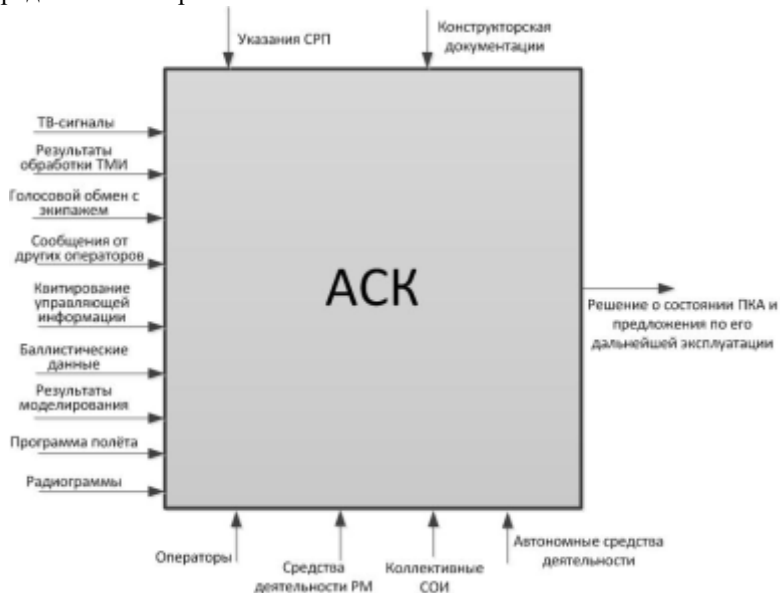
**Keywords:** automated monitoring system, manned spacecraft, automated spacecraft flight control system, man-machine system.

Одной из основных подсистем автоматизированной системы управления полётом космического аппарата (АСУ КА) является система автоматизированного контроля состояния, целью которой является оценка состояния КА и текущей обстановки и выработка предложений по дальнейшей эксплуатации КА. Основные известные публикации посвящены проектированию отдельных автоматических элементов системы контроля КА: средств обработки ТМИ [1, 2],

пультов операторов, индивидуальных и коллективных средств отображения информации [3]. Имеется ряд работ по анализу структуры процесса контроля состояния [4-6], применению в процессе контроля элементов искусственного интеллекта [7]. Публикации, посвящённые исследованию АСК ПКА в целом, отсутствуют.

Под АСК в данной работе понимается человек-машинная система, осуществляющая процесс контроля полёта КА и включающая в себя персонал – оперативную смену и средства деятельности операторов: рабочие места, средства отображения информации, интерфейсы взаимодействия операторов с внешними системами, конструкторскую документацию.

Функциональная диаграмма АСК по стандарту IDEF0 [8] представлена на рис. 1.

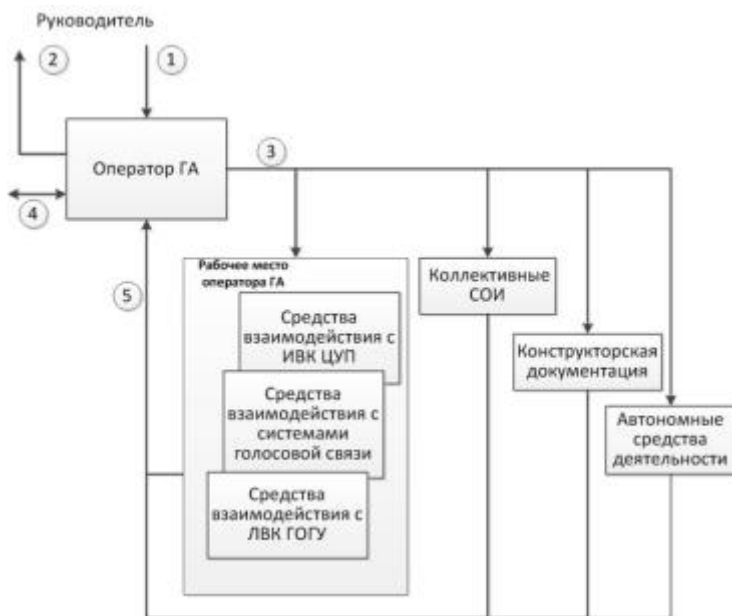


**Рис.1.** Функциональная диаграмма АСК

Персонал АСК, выполняющий контроль полёта, называется группой анализа (ГА) бортовых систем [6]. ГА работает в непрерывном режиме 24x7 в сменном режиме. В состав смены ГА пилотируемого КА входит 2-х иногда 3-х уровневая иерархическая структура операторов, во главе со сменным руководителем ГА (СРГА).

Деятельность оператора ГА заключается в многократном выполнении циклов контроля. Цикл контроля в общем случае

включает в себя: запрос данных - получение данных - анализ данных - принятие информационного решения о состоянии контролируемого объекта - разработка предложений по дальнейшей эксплуатации контролируемого объекта - доклад руководителю. Структура контура контроля оператора ГА приведена на рис. 2.



**Рис.2.** Структура контура контроля человека-оператора группы анализа

По линии связи 1 оператор ГА получает уточнения целей и задач своей работы. По линии 2 оператор ГА докладывает непосредственному руководителю результаты своей работы. По линии 3 оператор выдаёт управляющие воздействия (запросы) на средства деятельности. По линии 4 оператор ведёт обмен информацией с другими операторами ГОГУ. По линии 5 получает на свои запросы требуемую информацию от средств деятельности.

На основе концепции проектирования человеко-машинных систем [9], рассмотрены особенности методики проектирования АСК ПКА как человеко-машинной системы.

В общем случае, разработка ПКА и АСК осуществляется постепенно, по отдельным задачам и комплексам. Соответственно



внедрение происходит по мере готовности отдельных работ. Практически, наращивание осуществляется непрерывно на протяжении ряда лет. Это приводит к тому, что ряд решений по созданию АСК принимается в условиях неопределённости. В этих условиях окончательная разработка и оптимизация АСК до начала полёта ПКА становится невозможной. Устранение этой неопределённости предлагается осуществлять на этапе эксплуатации на основе обобщённой концепции обратной связи [10].

Приводится состав основных задач проектирования АСК.

### **Литература**

1. Теоретические основы обработки телеметрической информации / М.М. Матюшин, А.М. Титов. - М.: Машиностроение-Полёт, 2018. – 508 с.
2. Назаров А.В., Козырев Г.И., Шитов И.В., Обрученков В.П., Древин А.В. Современная телеметрия в теории и на практике: Учебный курс. – СПб.: Наука и техника, 2007. – 672 с.
3. Милицин А.В., Самсонов В.К., Ходак В.А., Литвак И.И. Отображение информации в Центре управления полётами. – М.: Радио и связь, 1982 – 191 с.
4. Кравец В.Г., Любинский В.Е. Основы управления космическими полётами. М. Машиностроение. 1983 – 224 с.
5. Кравец В.Г. Автоматизированные системы управления космическими полётами - М.: Машиностроение, 1995 – 256 с.
6. Соловьёв В.А., Лысенко Л.Н., Любинский В.Е. Управление космическими полётами (в 2-х ч.): Учебное пособие. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. Часть 1 – 476 с. Часть 2 – 426 с.
7. Соловьёв С.В. Содержание и структура задач интеллектуализированного контроля состояния космических аппаратов в процессе управления полётом // Космическая техника и технологии, № 1(32), 2021.
8. Методические рекомендации Р 50.1.028-2001 «Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования». М.: Госстандарт России, 2003. – 49 с.
9. Мунипов В.М., Зинченко В.П. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды: Учебник. - М.: Логос, 2001 – 356 с.
10. Саридис Дж. Саморганизующиеся стохастические системы управления. М., Наука, 1980. 400 с.

**Жук А.З.**  
**Петренко Е.М.**  
Объединенный институт высоких температур РАН  
г. Москва  
**Савин С.Ф.**  
**Чурило И.В.**  
ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королёва»  
г. Королев

## **КОСМИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ «ЛУННЫЙ РЕГОЛИТ»**

### **THE COSMIC EXPERIMENT «LUNAR REGOLITH»**

**Аннотация.** Активное освоение Луны потребует создания на её поверхности постоянно обитаемой базы, обеспечивающей возможность присутствия на ней группы людей. Доставка грузов с Земли связана с техническими и финансовыми ограничениями. Важной задачей является организация использования имеющихся на поверхности Луны ресурсов для строительства и расширения обитаемой базы. Целью космического эксперимента «Лунный реголит» является отработка в условиях микрогравитации электрохимической установки для производства кислорода, металлов и металл-оксидных композитов из веществ аналогичных по химическому составу лунному реголиту.

**Ключевые слова:** обитаемая лунная база, МКС, реголит, производство кислорода, металлы и металл-оксидные композиты, электрохимическое восстановление.

**Abstract.** Active development of the Moon will demand creation constantly manned base on its surface. It will be necessary to provide continuous presence of people in the base. Delivery of cargoes from the Earth is connected with technical and financial restrictions. The important problem is the organization of use of available resources for building and expansion of manned base on the surface of the Moon. The aim of the space experiment «Lunar regolith» is to develop an electrochemical installation for the production of oxygen under microgravity conditions, as well as metals and metal oxide composites. The source of oxygen and metals must be a substance chemically similar to lunar regolith.

**Keywords:** Manned lunar base, ISS, regolith, oxygen production, metals and metal-oxide composites, electrochemical reduction.

Освоение Луны в XXI веке потребует наличия доступных источников кислорода и конструкционных материалов для развития технической инфраструктуры. Кислород необходим не только для дыхания людей и обеспечения жизнедеятельности, но и в качестве окислителя для лунных и межпланетных транспортных энергоустановок. Доставка грузов с Земли требует значительных и весьма неэффективных затрат и стоит порядка  $10^5$  €/кг [1]. В этой связи необходимо подчеркнуть особую важность создания лунного источника кислорода для обеспечения межпланетного и «внутрилунного» сообщения.

Естественным источником кислорода являются покрывающие лунную поверхность реголиты, содержащие более 40 % химически связанного кислорода [2, 3].

Помимо кислорода и кремния, в реголитах содержится заметное количество таких востребованных металлов, как железо, титан, магний и алюминий, т.к. лунный реголит в основном состоит из плагиоклаза ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ), оливина ( $(\text{Mg, Fe})_2\text{SiO}_4$ ), пироксена ( $(\text{Mg, Ca, Fe})\text{-SiO}_3$ ) и ильменита ( $\text{FeTiO}_3$ ) [1].

К настоящему времени предложены различные методы получения кислорода из лунного реголита [4].

Весьма перспективным представляется электрохимический метод восстановления кислорода из оксидов, составляющих реголит и находящихся в твёрдой фазе. Электрохимическая реакция протекает при  $900^\circ\text{C}$ , т.е. существенно ниже температуры плавления оксидов железа, титана, алюминия и др. Этот метод обеспечивает прямое восстановление кислорода и металлов при минимальном использовании расходных материалов.

Эксперименты, обосновывающие возможность получения предлагаемым методом кислорода и конструкционных материалов из веществ аналогичных лунным реголитам, к настоящему времени проведены в земных условиях.

Остается открытым критически важный вопрос о принципиальной возможности реализации данной технологии в условиях пониженной гравитации.

Ответы на поставленные выше вопросы должна дать экспериментальная апробация метода получения кислорода в условиях микрогравитации на МКС.

Таким образом, научная значимость проекта заключается в разработке и экспериментальной апробации принципиальных подходов к решению инженерно-технической проблемы отвода

молекулярного кислорода из зоны электрохимической реакции, при минимальном значении архимедовой силы. В пределе - в условиях микрогравитации.

Ранее, в космических экспериментах исследовалось течение жидкости в температурных полях различной конфигурации [4, 5]. Было показано, что наличие даже относительно небольших градиентов температуры может обеспечить заметную скорость течения жидкости в условиях невесомости. Второй подход основывается на возможности транспортировки газа к свободной поверхности электролита за счёт наличия градиента силы поверхностного натяжения, зависящего от градиента температуры в объёме электролита. С ростом температуры коэффициент поверхностного натяжения уменьшается, а пузырьки газа будут вытесняться в область, где температура выше. Следовательно, можно создать температурное поле, обеспечивающее движение газа к свободной поверхности электролита.

В настоящее время проведены опыты, направленные на оценку минимального времени, необходимого для проведения космического эксперимента. Показано, что осуществить надёжную регистрацию скорости выделения газа и изменения физико-химического состава образца можно уже через 2–4 часа после начала электролиза, (обычно наземные эксперименты занимают более 8–12 часов).

Реализация на борту МКС сформулированных выше предложений определяет научно-техническую новизну эксперимента «Лунный реголит». Полученные результаты могут быть использованы и на Земле для усовершенствования электрохимических методов получения металлов из их окислов.

## **Литература**

1. Легостаев В.П. Лапота В.А. Луна – шаг к технологиям освоения Солнечной системы. М.: РКК «Энергия». 2011.
2. Taylor L.A., Carrier III W.D. Oxygen production on the moon: an overview and evaluation. In: Lewis J.S., Matthews M.S., Guerrieri M.L. (Eds.) // Resources of Near-Earth Space. University of Arizona Press, Tucson, AZ., 1993. P. 69–108.
3. Gibson M.A., Knudsen C.W. Lunar oxygen production from ilmenite // In: Lunar bases and space activities of the 21st century. 1985. P. 543–550.
4. Schwandt C., Hamilton J.A., Fray D.J., Crawford I.A. 2012. The production of oxygen and metal from lunar regolith // Planet. Space Sci. 74 (1), 2012. P. 49–56.

5. Schreiner S.S., Sibille L., Dominguez J.A., Hoffman J.A. A parametric sizing model for Molten Regolith Electrolysis reactors to produce oxygen on the Moon // *Advances in Space Research*, 57 (2016). P. 1585–1603.

УДК 669.018

eLIBRARY.RU: 89.00.00

**Бабаевский П.Г.**

**Дегтярёв С.В.**

**Козлов Н.А.**

МАИ

г. Москва

**Бажура А.С.**

**Чурило И.В.**

ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королёва»

г. Королев

**ВОЗМОЖНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ  
НА ОСНОВЕ ИМИТАТОРА ЛУННОГО ГРУНТА ДЛЯ  
СТРОИТЕЛЬСТВА ЛУННОЙ БАЗЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**THE POSSIBILITY OF OBTAINING AND USING POLYMER  
COMPOSITE MATERIALS BASED ON A LUNAR SOIL  
SIMULATOR FOR THE CONSTRUCTION OF A LUNAR BASE  
USING ADDITIVE TECHNOLOGIES**

**Аннотация.** Изучение возможности получения и использования полимерных композиционных материалов (ПКМ) на основе имитатора лунного грунта для строительных элементов лунной базы с использованием аддитивных технологий.

**Ключевые слова:** полимерные композиционные материалы на основе лунного грунта, аддитивные технологии, лунная база.

**Abstract.** Study of the possibility of obtaining and using polymer composite materials (PCM) based on a lunar soil simulator for the construction elements of the lunar base using additive technologies.

**Keywords:** polymer composite materials based on lunar soil, additive technologies, lunar base.

Планы освоения луны требуют создания на её поверхности долговременных жилых и производственных помещений из местных материалов. В настоящее время рассматриваются различные варианты получения строительных материалов на основе лунного грунта (реголита) и технологий изготовления из них строительных материалов и конструкций, среди которых перспективным вариантом является применение аддитивных технологий [1-3]. Аддитивные технологии позволяют создавать строительные элементы из полимерных композиционных материалов (ПКМ) на основе реголита с полимерными добавками, поставляемыми с Земли, которые будут представлять собой матрицу ПКМ, причём в качестве матрицы можно использовать как термопласты, так и реактопласты.

Цель работы состоит в изучении возможности получения и использования ПКМ на основе имитаторов лунного грунта различного гранулометрического состава и порошкообразных полимерных композиций. Проводиться обзор возможного состава-имитатора лунного грунта с различным гранулометрическим составом, полимерного порошкообразного связующего и выбор технологии создания лунной базы.

### **Литература**

1. Флоренский К.П., Базилевский А.Т., Николаева О.В. Лунный грунт: свойства и аналоги // Академия Наук СССР Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского. – М.: 1975 г. – С. 1–50.
2. T. Chen, B.J. Chow, Y. Zhong, M. Wangb, R. Kou, Y. Qiao. Formation of polymer micro- agglomerations in ultralow-binder-content composite based on lunar soil stimulant // *Advances in Space Research*. Volume 61 – 830-836 pp, 2018.
3. K Oh, H Yi, R Kou, Y Qiao. Compaction Self-Assembly of Ultralow-Binder-Content Thermoplastic Composites Based on Lunar Soil Simulant // *Journal of Materials Science*, 55 (32), 15397-15404 pp; - 2020.
4. Cesaretti G., Dini E., De Kestelier X., Colla V., Pambaguian L. Building components for an outpost on the Lunar soil by means of a novel 3D printing technology // *Acta Astronaut.* 93, 430–450 pp, 2014.

УДК 523.34

eLIBRARY.RU: 41.19.25

**Гусев А.В.**

Казанский федеральный университет (КФУ)

г. Казань

Менг Ж.  
Пинг З.  
Национальная астрономическая обсерватория  
Китай  
Ханада Х.  
Национальная астрономическая обсерватория  
Япония  
Хасанов Р.Р.  
Казанский федеральный университет (КФУ)  
г. Казань

## ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОСВОЕНИЕ ЛУНЫ: РЕГОЛИТ, ЛЕТУЧИЕ И РЕДКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

## GEOLOGICAL DEVELOPMENT OF THE MOON: REGOLITH, VOLATILE AND RARE EARTH ELEMENTS

**Аннотация.** В обзоре рассмотрены 1) геологические обоснования для детального изучения полезных ископаемых поверхностного слоя (реголит) Луны в рамках будущих российских и международных лунных миссий, 2) концепция расширенной полевой геологии и геофизики для планетных аналогов «AGPA», 3) объединение обучающих программ и аналоговые полевые геологические процедуры с геофизическими методами на Луне и дистанционным зондированием Луны, 4) цели, задачи, методы исследования лунного реголита в КФУ.

**Ключевые слова:** Луна, кора, реголит, полезные ископаемые, лунные аналоги на Земле.

**Abstract.** The review will consider 1) the geological substantiation for a detailed study of mineral resources in surface layer (regolith) on the Moon in the framework of future Russian and international lunar missions, 2) the concept of extended field geology and geophysics for planetary analogs «AGPA», 3) combining training programs and analog field geological procedures with geophysical methods on the Moon and remote sensing of the Moon, 4) goals, objectives, methods of studying the lunar regolith at KFU.

**Keywords:** Moon, crust, regolith, minerals, lunar counterparts on Earth.

Все большая доступность Луны для космических аппаратов остро ставит вопрос о поисках и добыче минерального сырья на естественном спутнике Земли. С Луной связаны значительные ресурсы важных полезных ископаемых, которые в лунных породах могут

встречаться в концентрациях больших, чем в их земных аналогах. [1-9].

В геологическом строении лунной поверхности наибольшее значение имеют породы габбро-анортозитового состава, морские базальты, а также места выхода на поверхность пород промежуточного между мантией и корой слоя KREEP-пород [2, 3]. Совместное нахождение в лунных породах широкого спектра ценных металлов является важным качеством, которое может способствовать возрастанию ценности сырья в силу его комплексности. Обнаружение в лунных породах гематита [4], образование которого связано с процессами окисления, позволяет пересмотреть взгляды на геохимию и особенности минералообразования в условиях лунной безвоздушной поверхности и при постоянной её бомбардировке метеоритами.

Главные цели для георазведки на Луне - ракетное топливо (пропеллент), вода, водород, кислород, расходные материалы для жизнеобеспечения и минеральное сырьё, включая летучие, редкие и редкоземельные элементы. Ракетное топливо можно производить из льда местных источников (водяной лед на полюсах Луны), водород и кислород - из воды и лунных минералов. Строительные материалы можно производить из реголита и горных пород, обнаруженных на лунной поверхности. Металлы и материалы могут быть получены из оксидов и силикатов металлов, содержащихся в лунных породах.

Основными компонентами жизне- и энергообеспечения лунных станций являются кислород, водород, вода, метан. Однако они обладают летучими свойствами и в свободном состоянии на Луне не установлены. Обнаружение перечисленных химических компонентов может быть связано с лунным реголитом и коренными породными комплексами лунной коры. Изучение ультрадисперсной составляющей реголита [5] показало наличие кислородсодержащих соединений (оксиды металлов, сульфаты, сульфиты), минеральных фаз с гидроксильными группами, а также высокоуглеродистых кислородсодержащих плёнок, что позволяет предположить теоретическую возможность извлечения таких элементов как  $O_2$ ,  $H_2$ , C. Серьёзным препятствием для их промышленного производства на лунной поверхности является крайне низкое содержание этих компонентов в веществе реголита, а также малая мощность самого слоя реголита (от нескольких см до 10-15 метров). Таким образом, промышленную добычу жизненно важных компонентов ( $O_2$ ,  $H_2$ , C), которые можно использовать для производства воды и метана, следует связывать с коренными горными породами лунной коры, которая состоит из пород 3-х типов [2, 3] – оливиновые базальты, габбро-



анортозиты и KREEP-породы. Перспективы обнаружения соединений кислорода и водорода следует связывать с оливин-содержащими комплексами, в которых при кристаллизации магматического расплава под влиянием собственных магматогенных флюидов могли происходить процессы автометаморфизма. В земных условиях автометаморфизм оливин-содержащих пород сопровождается гидратацией минеральных фаз с образованием гидроксильных групп.

Таким образом, основное направление изучения Луны должно быть связано с исследованием коренных пород и форм нахождения в них кислорода, водорода и углерода как потенциальных компонентов для производства жизненно важных  $O_2$ ,  $H_2O$ ,  $CH_4$ .

### **Литература**

1. Gusev A., Hanada H., Petrova N., Kosov A., Kuskov O., Kronrod V., Kronrod E. Rotation, physical librations and interior structure of the active and multi-layer Moon, 2015, Monograph, Kazan University Publishing Co., Kazan, 328 pp.
2. Xiao et al. A young multilayered terrane of the northern Mare Imbrium revealed by Chang'E-3 mission // *Science*, 2015, v. 347, Issue 6227, pp. 1226-1229.
3. Li J, Meng Z, Gusev A. Recent Advances in Lunar Exploration Using Radar and Microwave Techniques // *Advances in Astronomy*, v.2019, 2 Art. № 479425816.
4. Li S., Lucey P.G., et. al. Widespread hematite at high latitudes of the Moon // *Science Advances*, 2020, v. 6.
5. Мохов А.В. Новые ультрадисперсные минеральные фазы лунного реголита по данным аналитической электронной микроскопии / автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук / Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук. Москва, 2009, с. 1-47.
6. Dhingra D. The New Moon: Major Advances in Lunar Science Enabled by Compositional Remote Sensing from Recent Missions // *Geosciences*. 2018, 8(12), 498.
7. Галимов Е.М. Замыслы и просчёты. Фундаментальные космические исследования в России последнего десятилетия // 2017, URSS, Москва, с. 1-363
8. Garry W., Bleacher J., eds. *Analogs for Planetary Exploration* // 2011. No. 483 in GSA Special Paper, The Geological Society of America, Boulder, USA, p. 1-567.

9. Гусев А.В., Ханата Х., Менг Ж., Пинг З. Научное, геологическое и коммерческое освоение Луны // Материалы LV Научных Чтений памяти К.Э. Циолковского. Часть I. Калуга: Изд-во «Эйдос», 2020. С. 226-228.

УДК 629.78

eLIBRARY.RU: 55.49.00

**Донсков А.В.**  
АО «ЦНИИмаш»  
г. Королёв

## **МЕТОДИКА СИНТЕЗА СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССА ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЁТОМ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА**

### **TECHNIQUE FOR THE SYNTHESIS OF THE INFORMATION SUPPORT SYSTEM FOR THE OPERATIONAL FLIGHT CONTROL OF THE SPACE VEHICLE**

**Аннотация.** Определяется понятие «система информационного обеспечения оперативного управления космическим полётом». Данная система направлена на выполнение основных функций информационного обеспечения (сбор, обработку, хранение, переработку, обновление информации, подготовку её к использованию) и своевременное предоставление актуальной информации о текущем состоянии процесса оперативного управления космическим полётом. Построена общая математическая модель предметной области, разработан алгоритм построения и критерии оценки онтологии, алгоритм построения сценариев управления космическим полётом. Представлены рекомендации по дальнейшему развитию системы информационного обеспечения процесса оперативного управления космическим полётом.

**Ключевые слова:** управление полётом, космический аппарат, система информационного обеспечения, онтологии, сценарии управления полётом.

**Abstract.** The report defines the concept of «information support system for operational control of a space flight». This system is aimed at performing the main functions of information support (collecting, processing, storing, processing, updating information, preparing it for use) and providing timely information on the current state of the operational

space flight control process. For this, a general mathematical model of the subject area has been built, an algorithm for constructing and criteria for evaluating an ontology, an algorithm for constructing scenarios for space flight control has been developed. Recommendations for the further development of the information support system for the operational control of space flight are presented.

**Keywords:** flight control, spacecraft, information support system, ontologies, flight control scenarios.

Повышение качественного уровня оперативного управления полётом космического аппарата является одним из наиболее важных и актуальных задач в развитии космонавтики [1, 2].

В процессе управления полётом наблюдаются следующие тенденции: увеличение необходимой информации различного рода (эксплуатационная документация, методики управления и др.), увеличение динамики процесса управления за счёт расширения возможностей инструментов управления, разнообразие и усложнение спектра целей космических полётов и самих объектов управления. Для сохранения тренда повышения безопасности космических полётов необходимо решение задачи по сбалансированному соотношению обозначенных тенденций.

Это может быть достигнуто с помощью синтеза системы информационного обеспечения процесса оперативного управления космическим полётом. Рассматриваемый процесс можно представить в виде математической модели, которая включает в себя необходимую информацию:

$$FCS = \{p_i, TC, c_j, pc_g, OPSn_i, res_q, Par_l, OS_h, Case_k\}, \quad (1)$$

где  $p_i$  – тип КА,  $TC$  – интервал времени управления,  $c_j$  – цель полёта на заданном интервале времени,  $pc_g$  – критерий её достижения,  $OPSn_i$  – полётные операции, которые выполняются для достижения цели  $c_j$ ,  $Par_l$  – параметры, характеризующие состояние КА и выполнение полётных операций,  $OS_h$  – задействованные бортовые системы КА,  $Case_k$  – потенциальные нештатные ситуации на заданном интервале времени.

Представление информации в виде баз знаний с иерархической структурой, т.е. онтологий, позволяет описать рассматриваемую предметную область на концептуальном уровне согласно общим свойствам и индивидуальным особенностям объекта управления, выявить и учесть скрытые взаимосвязи и взаимозависимости, сохранять целостность и непротиворечивость знаний в процессе сбора,

обработки и предоставления, а также адаптировать под новые разрабатываемые космические корабли. Одним из критериев оценки онтологий является её наполняемость [3, 4]

Алгоритмы построения сценариев управления полётом космического корабля позволяют за короткий промежуток времени извлекать актуальную информацию исходя из текущей полётной ситуации, что является важным критерием с точки зрения их применения, особенно в процессе парирования нештатных ситуаций на борту объекта управления при ограничении во времени.

Представлена методика синтеза системы информационного обеспечения процесса оперативного управления космическим полётом, а также практические рекомендации по дальнейшему развитию разработанной методики.

### **Литература**

1. Соловьёв В.А., Любинский В.Е., Матюшин М.М. Проблемы управления полётами пилотируемых космических комплексов // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Машиностроение». 2013. № 3. С. 39-52.
2. Соловьёв В.А., Лысенко Л.Н., Любинский В.Е. Управление космическими полётами: учеб. пособие: в 2 ч. // Ч. 2 М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. – 426 с.
3. Скобелев П.О. Онтологии деятельности для ситуационного управления предприятием в реальном времени // Онтология проектирования. 2012. № 1(3). С. 26-48.
4. Гаврилова Т.А. Онтологический подход к управлению знаниями при разработке корпоративных информационных систем // Новости искусственного интеллекта, № 2, 2003. С. 24-30.

УДК 004.722

eLIBRARY.RU: 49.33.31

**Лапин А.В.**

**Пичугин С.Б.**

ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королёва»  
г. Королёв

## МАРКОВСКИЕ МОДУЛИРОВАННЫЕ ПОТОКИ В ИССЛЕДОВАНИИ НИЗКООРБИТАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ

### MARKOV MODULATED FLOWS IN A LOW EARTH ORBIT COMMUNICATIONS SYSTEM INVESTIGATION

**Аннотация.** Исследуется перспективная низкоорбитальная спутниковая система связи, обеспечивающая высокоскоростную связь и передачу данных по единым каналам для различных типов абонентов. Приведены описание данной системы и её основные отличия от уже существующих. В связи с тем, что единые аппаратно-программные средства системы используются для совместной передачи разнообразной мультимедийной информации, модели с простейшими потоками для исследования данной системы дают существенную погрешность. Предложена аналитическая модель входящего в состав системы спутника-ретранслятора с маршрутизацией сообщений на борту, учитывающая, что коэффициент вариации длин временных интервалов между моментами поступления сообщений в канале такого ретранслятора существенно отличается от 1, а коэффициент корреляции этих длин существенно отличается от 0.

**Ключевые слова:** математическая модель низкоорбитальной спутниковой системы связи, коммутация на борту спутника, канал связи, система массового обслуживания, Марковская цепь, модулированный марковский поток.

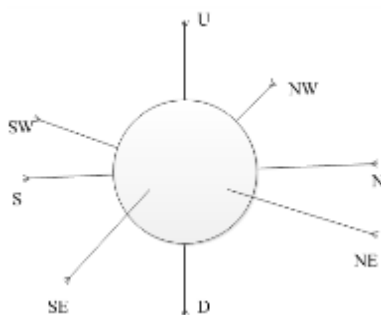
**Abstract.** A prospective LEO Communication System is investigated, the one to provide high-speed communications for different types of subscribers over unified channels. Description of the system is briefed and its main specific features are compared against the ones for existing LEO systems. As far, as unified hardware and software are used for various streams of multimedia, voice and data, simple mathematical models used for its investigation cannot provide required accuracy and their bias can be quite substantial. An analytical model is proposed for relay satellite in the LEO Communication System, the one with on-board message routing feature. The model can reflect that variation ratio of timeslots between service requests in their flow in relay satellite channel is substantially different from 1, and correlation ratio of the timeslots is substantially different from 0.

**Keywords:** mathematical model of LEO Communications System, on-board switching, communications channel, queuing system, Markov queue, modulated Markov flow.

Разворачиваемые в настоящее время системы «Starlink» и «One Web» имеют ряд существенных недостатков, не позволяющих им полноценно конкурировать с сотовыми системами связи. В частности, маршрутизация на борту их ретрансляторов не предполагает пересылку сообщений в направлении соседних плоскостей орбит. Перспективная система позволяет устранить данный недостаток. Необходимо оценить требуемые характеристики каналов в межспутниковых и абонентских трактах с учётом неоднородной природы абонентского трафика и взаимообусловленности передач абонентов.

### **Спутник-ретранслятор низкоорбитальной системы связи**

Спутник-ретранслятор с функцией маршрутизации (СРФМ) представлен схематически (рис. 1) и включает абонентские (U, D) и межспутниковые (S, SW, NW, N, NE, SE) тракты, которые коммутируются бортовым коммутатором СРФМ.



**Рис. 1.** Спутник-ретранслятор с функцией маршрутизации

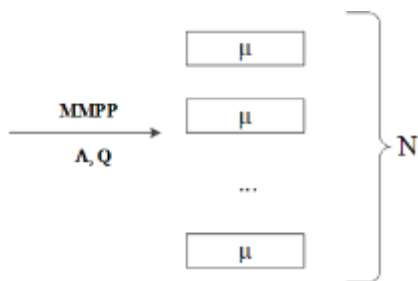
Информационные потоки в каналах указанных трактов принято моделировать аналитически, используя математический аппарат систем массового обслуживания. В тех случаях, когда требования к точности не предъявляются, в математических моделях применяют стационарные ординарные потоки без последствия, которые также называют простейшими [1, 2]. Для повышения точности моделей в них используют потоки заявок, более точно отражающие реальную ситуацию.

Предлагается моделировать работу СРФМ на рис. 1 системой массового обслуживания с модулированными марковскими потоками, которые в ряде работ [3, 4] получили обозначение ММРП (Modulated Markov Poisson Process).

### **Модель канала межспутникового тракта**

Входящий ММРР-поток задан цепью Маркова  $k(t)$ , определённой генератором  $Q$ . Условные интенсивности наступления событий в ММРР-потоке заданы диагональной матрицей  $\lambda$ . Цепь Маркова имеет конечное число состояний  $k = 1 \dots K$ . Элементы  $\lambda_k$  представляют условные интенсивности входящего потока в СМО. Элементы матрицы  $Q$  обозначены  $q_{kn}$ .

Входящий ММРР-поток поступает на  $N$ -линейную систему с потерей заявок, когда все приборы заняты. Время обслуживания заявки имеет экспоненциальное распределение с параметром  $\mu$ . Модель рассматриваемой системы массового обслуживания приведена на рис. 2.



**Рис. 2.** Модель рассматриваемой системы массового обслуживания

Стоит задача найти стационарное распределение вероятности числа занятых приборов для моделирования работы СРФМ на рис. 1.

Проведены расчёты, позволяющие получить зависимости вероятностей нахождения СРФМ в каждом из трёх назначенных состояний с учётом загрузки межспутниковых и абонентского трактов при изменении информационной нагрузки, поступающей на СРФМ.

### Литература

1. Пичугин С.Б. Постановка задачи для разработки методики коммутации в низкоорбитальной системе связи // Тр. 19-й Международной конференции им. А.Ф. Терпугова «Информационные технологии и математическое моделирование». – 2020. – с. 350–353.
2. Пичугин С.Б. Модели массового обслуживания с простейшими потоками для низкоорбитальной спутниковой системы // Тр. XLV Академических чтений, посвящённых памяти С.П. Королёва. – 2020. – с. 133–134.
3. Назаров А.А., Терпугов А.Ф. Теория вероятностей и случайных процессов. Томск: Изд-во «НТЛ», 2010. – 204 с.

Вишневский В.М., Дудин А.Н., Клименок В.И. Стохастические системы с коррелированными потоками. Теория и применение в телекоммуникационных сетях. М.: Изд-во «Техноспф

УДК 531.38  
eLIBRARY.RU: 55.30.19

**Дьяков П.А.**  
ФНЦ НИИСИ РАН  
г. Москва  
**Малашин А.А.**  
МГТУ им. Н.Э. Баумана  
г. Москва

## ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ТРОСОВОЙ СИСТЕМЫ

### ESTIMATION OF FUNCTIONING PARAMETERS OF THE SPACE TETHER SYSTEM

**Аннотация.** Рассматриваются вопросы устойчивости функционирования тросовой системы, размещённой на околоземной орбите. Получены условия для устойчивого перемещения нагрузки по тросу, натянутому между массивным космическим аппаратом и противовесом. Условия найдены с учётом продольно-поперечных колебаний, порождаемых в тросе движением нагрузки и составных частей системы. Проведено математическое моделирование работы системы на орбите в различных конфигурациях с учётом полученных условий.

**Ключевые слова:** космические тросовые системы, устойчивость, волновые процессы.

**Abstracts.** The stability of the functioning of the tether system located in a near-earth orbit was considered. The conditions of stable loads movement along the tether stretched between the massive spacecraft and counterweight were obtained. The conditions were founded with the taking into account the longitudinal-transverse vibrations which generate in the tether by the movement of the load and the components of the system. Mathematical simulation of the system's functioning in orbit in various configurations with taking into account the obtained conditions has been carried out.

**Keywords:** space tether systems, stability, wave processes.



## Введение

За последнее время существенно увеличилось количество научных исследований по изучению динамики тросовых систем в условиях космоса. Это связано, в первую очередь, с ростом количества орбитальных миссий, в которых применяются тросовые системы: увод устаревших космических аппаратов с орбиты и нежелательных элементов, перемещение полезной нагрузки и энергии между орбитами, борьба с космическим мусором и др.

Рассматривается система, осуществляющая перемещение нагрузки между орбитами. В неё входит массивный головной космический аппарат, размещённый на круговой орбите, оконечные массы (противовесы), кевларовые тросы, натянутые между ними. По тросам без трения перемещается полезная нагрузка (например, капсула с пойманным головным аппаратом космическим мусором) от головного аппарата к оконечной массе (рис. 1). Длина каждой части троса составляет 30 км.

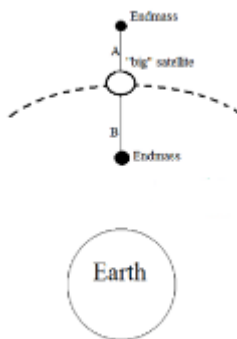


Рис 1. Конфигурация системы на орбите

### Проблемы устойчивого функционирования системы

Сложное совместное движение перемещаемой нагрузки и оконечных масс в поле внешних сил на орбите (сила Кориолиса, центробежная сила инерции, гравитационное взаимодействие с Землей), безусловно, накладывает сильные ограничения на выбор параметров системы (начальная скорость перемещения нагрузки, величины масс составных частей системы), при которых нагрузка переместится к оконечной массе без нарушения конфигурации системы (обрывов тросов, перехлестов, потери груза и оконечных масс). Как показал анализ, при отсутствии контроля над скоростью перемещения нагрузки и деформациями в тросе возникающие

нежелательные продольно-поперечные колебания троса могут привести к сильному сносу нагрузки и оконечной массы и их последующей потере. Аналитические решения для условий асимптотической устойчивости системы проводились с помощью метода Ляпунова с учётом этих факторов.

Результаты данного исследования могут быть использованы при разработке орбитальных миссий с применением тросовых систем.

УДК 629.735.33.01

eLIBRARY.RU: 89.25.00+55.49.00+55.42.49+55.42.47

Алтунин В.А.

Алтунин К.В.

Абдуллин М.Р.

Чигарёв М.Р.

Баданов Н.С.

КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева

г. Казань

Яновская М.Л.

ЦИАМ им. П.И. Баранова

г. Москва

## РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ МЕТАНОВЫХ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

## DEVELOPMENT OF CONSTRUCTIVE METHANE SCHEMES LIQUID ROCKET ENGINES

**Аннотация.** На основе анализа существующих конструктивных схем жидкостных ракетных двигателей, патентов на изобретения, а также результатов экспериментальных исследований выявлены недостатки ЖРД на метановом горючем. Показаны возможные пути разработки новых метановых ЖРД повышенных характеристик.

**Ключевые слова:** сжиженный и газообразный метан, естественная и вынужденная конвекция, электростатические поля, ресурс, надёжность, эффективность, экологичность, экономичность.

**Abstract.** Based on the analysis of the existing design schemes of liquid rocket engines, patents for inventions, as well as the results of experimental studies, revealed flaws of liquid rocket engines on methane combustion. Possible ways of developing new methane liquid rocket engines elevated characteristics are shown.

**Keywords:** Liquefied and gaseous methane, natural and forced convection, electrostatic fields, resource, reliability, efficiency, environmental friendliness, efficiency.

Анализ научно-технической литературы показал, что существующие конструктивные схемы метановых жидкостных ракетных двигателей имеют ряд недостатков [1-5].

Теоретически и экспериментально установлено [2-3, 5], что при прохождении сжиженного природного газа (СПГ) метан по каналам системы наружного регенеративного охлаждения жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) и ЖРД многоразового использования (ЖРДМИ) происходит конверсия сжиженного метана, т.е. он превращается в газообразный метан. Но этот процесс происходит не в полном объёме, а частично, т.е. к форсункам горючего в ЖРД и ЖРДМИ поступает двухфазная смесь, состоящая из жидкой и газообразной фаз, из-за чего формируется неустойчивая работа двигателей.

Результаты экспериментальных исследований показали [2, 3, 5]:

- повышение давления способствует увеличению коэффициента теплоотдачи к газообразному метану;
- при повышенных температурах нагрева рабочих участков на металлических поверхностях появляется слой углеродистого осадка светло-серого цвета и рыхлой структуры;
- скорость осадкообразования в газообразном метане в 10 раз меньше, чем в жидких углеводородных горючих и охладителях;
- магнитные поля не влияют на тепловые процессы в газообразном метане;
- электростатические поля, наоборот, оказывают существенное влияние на увеличение коэффициента теплоотдачи и на предотвращение осадкообразования;
- в охлаждающих каналах рубашек охлаждения метановых ЖРД и ЖРДМИ возможно зарождение термоакустических автоколебаний (ТААК) давления, которые несут в себе положительные и отрицательные эффекты.

На основе экспериментальных исследований [2, 3, 5]:

- созданы новые методики расчёта тепловых процессов в газообразном метане без влияния и с влиянием электростатических полей;
- разработаны новые конструктивные схемы ЖРД и ЖРДМИ на сжиженном метане.

Разработаны новые конструктивные схемы метановых ЖРД и ЖРДМИ, в которых обеспечивается:

- предотвращение осадкообразования и ТААК давления;
- полная и эффективная предтопливная подготовка для его полного и экологичного сжигания в сопле ЖРД и ЖРДМИ;
- надёжное разделение метана на жидкую и газообразную составляющие (без применения и с применением электростатических полей).

## Литература

1. Алемасов В.Е., Дрегалин А.Ф., Тишин А.П. Теория ракетных двигателей: учебник для вузов (Под ред. В.П. Глушко). М.: Изд-во «Машиностроение», 1989, 464 с.
2. Алтунин К.В., Абдуллин М.Р. и др. Исследование тепловых процессов в газообразном метане для создания перспективных двигателей и энергоустановок наземного, воздушного, аэрокосмического и космического базирования // Тр. 51-ых чтений, посвящ. разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. РАН. РАКЦ. Сек. № 2: «Проблемы ракетной и космической техники». (г. Калуга, 20-22 сентября 2016 г.). РАН. РАКЦ. Казань: Изд-во Казанского университета, 2017. С. 169-177.
3. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Абдуллин М.Р., Платонов Е.Н., Яновская М.Л. Некоторые пути развития реактивных двигателей летательных аппаратов // Журнал «Военмех. Вестник БГТУ», № 55, 2019. С. 419-424.
4. Бакулин В.Н., Брещенко Е.М., Дубовкин Н.Ф. и др. Газовые топлива и их компоненты. Свойства, получение, применение, экология: справочник. М.: Изд-во «Издательский дом МЭИ», 2009, 614 с.
5. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Абдуллин М.Р., Яновская М.Л. Анализ результатов экспериментальных исследований газообразного метана в условиях его естественной конвекции // Тр. 54 Чтений, посвящ. разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Сек. № 2: «Проблемы ракетной и космической техники». (Калуга, 17-18 сентября 2019 г.). РАН. РАКЦ. Казань: Изд-во Казанского университета, 2020. С. 83-93.

УДК 621.45.00.11.030

eLIBRARY.RU: 89.25.00+55.42.49+55.42.47

**Алтунин В.А.  
Львов М.В.**

Каськов А.С.  
Щигoleв А.А.  
КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева  
г. Казань  
Яновская М.Л.  
ЦИАМ им. П.И. Баранова  
г. Москва

## ПРОБЛЕМЫ ОСАДКООБРАЗОВАНИЯ В СИСТЕМАХ СМАЗКИ ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

### RECORDING PROBLEMS IN AIRCRAFT ENGINES LUBRICATING SYSTEMS

**Аннотация.** Проведен анализ негативного процесса осадкообразования в системах смазки двигателей летательных аппаратов. На основе результатов экспериментальных исследований разработаны новые методы и способы борьбы с осадкообразованием в моторных авиационных маслах. Показаны новые и запатентованные конструктивные схемы систем смазки для поршневых двигателей внутреннего сгорания и для воздушно-реактивных двигателей летательных аппаратов.

**Ключевые слова:** системы смазки воздушно-реактивных двигателей, моторные авиационные масла, электростатические поля, осадкообразование, способы борьбы с осадкообразованием, ресурс, надёжность, эффективность.

**Abstract.** An analysis of the negative process of sedimentation in the lubrication systems of aircraft engines was carried out. Based on the results of experimental studies, new methods and methods of combating sedimentation in motor aircraft oils have been developed. New and patented design schemes for lubricant systems for piston engines of internal combustion and for air-jet engines of aircraft are shown.

**Keywords:** Air jet engines, motor aircraft oils, electrostatic fields, sedimentation, methods of combating sedimentation, resource, reliability, efficiency.

Двигатели летательных аппаратов (ЛА), которые имеют системы смазки, испытывают различные проблемы, одна из которых связана с негативным процессом осадкообразования [1-7].

Системы смазки поршневых двигателей внутреннего сгорания (ПДВС) и воздушно-реактивных двигателей (ВРД) ЛА являются

несовершенными [1-5], в них возникают различные проблемы, связанные со сложными термодинамическими условиями по давлению и температуре, которые испытывают на себе авиационные моторные масла. Одним из опасных тепловых процессов в моторных авиационных маслах является процесс осадкообразования [1-7], из-за которого происходят аварийные ситуации, связанные с закоксовыванием маслоподающих и маслоохлаждающих каналов, масляных форсунок и масляных фильтров. Анализ эксплуатации ПДВС показывает, что масляные каналы и масляные форсунки охлаждения поршней (расположенные под ними) полностью закоксовываются уже через 800 циклов (часов) работы. Через 800 циклов (часов) работы также закоксовываются масляные форсунки охлаждения и смазки подшипников ВР. Эти же негативные процессы происходят и в конверсионных (списанных) ПДВС, ВРД, которые широко используются в наземных транспортных, энергетических и др. системах.

Для всестороннего изучения и исследования этого негативного процесса была создана экспериментальная база и проведены фундаментальные экспериментальные исследования [1-5]. На основе результатов исследований были разработаны и классифицированы способы борьбы с осадкообразованием для существующих и новых систем смазки для двигателей ЛА воздушного и аэрокосмического применения.

Способы и методы борьбы с осадкообразованием можно разделить на три группы: предотвращающие осадок, уменьшающие (ограничивающие) осадок, удаляющие осадок [1-5].

На основе экспериментальных исследований авторами доклада разработаны перспективные способы и методы [1, 2]:

а) по предотвращению осадка: разработка и создание новых моторных масел с повышенными свойствами по границе высокотемпературного разложения; разработка и создание новых антиосадкообразующих присадок, способных защитить моторные масла от осадкообразования при температурах нагрева более 573 К; разработка способов, методов или устройств по охлаждению нагреваемых деталей масляных систем до температуры ниже 373 К; применение электростатических полей;

б) по уменьшению (и ограничению) осадка: применение контактирующих с моторным маслом металлических поверхностей, выполненных в виде конусной резьбы с высотой зубьев (2-5) мм (рост осадка ограничивается на высоте зубьев); конструктивно-технологический метод создания электроизолирующего слоя на

поверхностях металлических деталей, контактирующих с моторным маслом; применение электростатических полей;

в) по удалению осадка: конструктивный метод создания резервных каналов, форсунок, фильтров; конструктивный метод применения (для каналов и форсунок) внутренних соосных игл – для контроля за осадкообразованием и его удалением; конструктивный метод применения гофрированных масляных каналов, выполненных из металлов с «памятью форм», которые при нагреве (или остывании) будут сжиматься или разжиматься, разрушая при этом слой твёрдого углеродистого осадка; конструктивный метод применения гофрированных металлических масляных каналов, приводимых в сжатое и разжатое состояния (для удаления осадка) при помощи специального устройства – в ручном, полуавтоматическом и автоматическом режимах.

### **Литература**

1. Алтунин В.А., Демиденко В.П., Львов М.В., Каськов А.С., ЩигOLEV А.А., Яновская М.Л. Применение результатов экспериментальных исследований для создания новых конструктивных схем систем смазки двигателей летательных аппаратов воздушного и аэрокосмического базирования // Тр. 53 научных Чтений, посвящ. памяти К.Э. Циолковского. Сек. № 2: «Проблемы ракетной и космической техники». РАН. РАКЦ. Казань: Изд-во Казанского университета, 2019. С. 160-176.
2. Алтунин В.А., Львов М.В., Каськов А.С. Пути решения проблем осадкообразования в моторных маслах двигателей и энергоустановок наземного, воздушного и аэрокосмического базирования // Матер. докл. Всеросс. научно-практ. конф. с международным участием: «Новые технологии, материалы и оборудование Российской авиакосмической отрасли», посвящ. 130-летию со дня рождения выдающегося авиаконструктора А.Н. Туполева. («АКТО – 2018»). (Казань, 8-10 августа 2018 г.). Сек. № 2: «Рабочие процессы и технологии в Российском авиационном двигателестроении и энергоустановках». Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2018. Т. 1. С. 365-369.
3. Алтунин В.А., Львов М.В., ЩигOLEV А.А., Каськов А.С. Разработка новых конструктивных схем систем смазки двигателей летательных аппаратов воздушного и аэрокосмического применения // Тр. 12 общеросс. научно-практ. конф.: «Инновационные технологии и технические средства специального назначения». (Санкт-Петербург,

БГТУ им. Д.Ф. Устинова (ВОЕНМЕХ), 20 – 22 ноября 2019 г.). Журнал «Военмех. Вестник БГТУ», 2020 г., № 62. С. 312-313.

4. Алтунин В.А., Львов М.В., Каськов А.С., Щиголов А.А., Яновская М.Л. Анализ эффективности применения электростатических полей в существующих и перспективных системах смазки двигателей летательных аппаратов воздушного и аэрокосмического базирования // Матер. 54 научных чтений памяти К.Э. Циолковского. (Калуга, ГМИК, 17-19 сентября 2019 г.). РАН. РАКЦ. Калуга: Изд-во АКФ «Политоп», 2019. Ч. 1. С. 345- 347.

5. Алтунин В.А., Львов М.В., Каськов А.С., Щиголов А.А., Яновская М.Л. Анализ эффективности применения электростатических полей в существующих и перспективных системах смазки двигателей летательных аппаратов воздушного и аэрокосмического базирования // Тр. 54 Чтений, посвящ. разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Сек. № 2: «Проблемы ракетной и космической техники». (Калуга, 17-18 сентября 2019 г.). РАН. РАКЦ. Казань: Изд-во Казанского университета, 2020. С. 77-82.

6. Яновский Л.С. и др. Горюче-смазочные материалы для авиационных двигателей. Казань: Изд-во «Мастер Лайн», 2002. 400 с.

7. Яновский Л.С., Харин А.А., Бабкин В.И. Основы химмотологии: учебник. Москва - Берлин: Изд-во «Директ - Медиа». 2016. 483 с.

УДК 629.7.03:539.4

eLIBRARY.RU: 55.00.00

**Великанова Н.П.**

**Великанов П.Г.**

Казанский национальный  
исследовательский технический  
университет им. А.Н. Туполева – КАИ  
г. Казань

**Алиев Р.Н.**

филиал АО «Уральский завод гражданской авиации»  
г. Казань



# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАГРУЖЕННОСТИ ДИСКОВ ТУРБИНЫ АВИАЦИОННОГО ГТД И НАЗЕМНОЙ ГТУ ДЛЯ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО АГРЕГАТА

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE TURBINE DISK LOADING FOR THE AIRCRAFT GTE AND GAS GENERATOR FOR THE GPU

**Аннотация.** Представлен анализ нагруженности дисков турбин двигателя НК-8-2У для гражданской авиации, а также двигателей НК-16СТ и НК-16-18СТ для газоперекачивающего агрегата. Анализ нагруженности дисков проведен методом конечных элементов с использованием программы Ansys и с помощью метода интегральных уравнений.

**Ключевые слова:** диск турбины, нагруженность, долговечность, ресурс, метод конечных элементов, метод интегральных уравнений.

**Abstract.** The work presents an analysis of the turbine disks loading of the NK-8-2U engine for civil aviation, as well as the NK-16ST and NK-16-18ST engines for the gas pumping unit. The analysis of the disk loading was carried out by the finite element method using the Ansys program and using the integral equations method.

**Keywords:** turbine disk, loading, durability, resource, finite element method, integral equations method.

Дисковые элементы тепловых двигателей и, в частности, диски турбин авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) и наземных газотурбинных установок (ГТУ) являются важнейшими деталями, во многом определяющими вес, возможность получения высоких рабочих параметров, ресурс и безопасность эксплуатации.

Авиационный двигатель НК-8-2У разработан АО «Кузнецов», и на его базе, после отработки авиационным двигателем ресурса в лётной эксплуатации и конвертирования, спроектирован двигатель НК-16СТ.

Двигатель НК-16-18СТ спроектирован на базе НК-16СТ ОАО КПП «Авиамотор». При проектировании двигателей НК-16СТ и НК-16-18СТ было использовано до 75 % деталей двигателя НК-8-2У [1].

Для сравнительного анализа нагруженности дисков турбины были выбраны диски 1 ступени ротора турбины высокого давления (ВД) перечисленных двигателей. Конструктивно указанные диски полностью идентичны, но отличаются параметрами нагружения и условиями эксплуатации.

В табл. 1 приведены необходимые параметры двигателей для расчёта на прочность.

**Таблица 1** - Параметры двигателей для расчёта на прочность

Двигатель	Частота вращения $n_{ВД}$ , об/мин	Температура ступицы $t_{ст}$ , °С	Температура обода $t_{об}$ , °С
НК-8-2У	7300	200	420
НК-16СТ	6910	380	510
НК-16-18СТ	6975	450	580

Расчёт напряжённо-деформированного состояния дисков турбины высокого давления (ВД) выполнен методом конечных элементов в программе Ansys [2] и методом интегральных уравнений [3]. Задачи решались в осесимметричной постановке с использованием конечных элементов PLANE42 и PLANE82.

Установлено, что коэффициенты запасов статической прочности в дисках турбины ВД 1-ой ступени двигателей НК-8-2У и НК-16СТ удовлетворяют требованиям нормативной документации на увеличенный ресурс, что нельзя сказать о двигателе НК-16-18СТ. Что касается циклической долговечности, то для работы наземных ГТУ циклическое нагружение не является определяющим. Опыт эксплуатации авиационных ГТД показал, что для дисков этих двигателей достаточно часто именно циклическая долговечность лимитирует ресурс диска, а иногда и двигателя в целом, что согласуется и с приведенными расчётами для двигателя НК-8-2У. Дефекты малоциклового усталости носят ресурсный характер, т.е. эти дефекты всё чаще проявляются с увеличением ресурсов работы и, соответственно, с увеличением числа циклов нагружения.

### Литература

1. Гриценко Е.А. Конвертирование авиационных ГТД в газотурбинные установки наземного применения / Е.А. Гриценко, В.П. Данильченко, С.В. Лукачев, В.Е. Резник, Ю.И. Цыбизов. – Самара: СНЦ РАН, 2004. – 266 с.
2. Бондарчук, П.В. Прочностное проектирование лопаток и дисков ГТД в конечно-элементном комплексе ANSYS: учеб. пособие / П.В. Бондарчук, С.В. Фалалеев. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006. – 42 с.

3. Великанова Н.П. Расчёт на прочность основных деталей газотурбинных двигателей: Учебное пособие / Н.П. Великанова, Закиев Ф.К., П.Г. Великанов. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2011. – 72 с.

УДК 629.7.03:539.4  
eLIBRARY.RU: 55.00.00

**Великанова Н.П.**  
**Великанов П.Г.**

Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ  
г. Казань

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДОЛГОВЕЧНОСТИ РАБОЧИХ  
ЛОПАТОК ТУРБИН ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ НАЗЕМНЫХ  
ГАЗОТУРБИНЫХ УСТАНОВОК  
ДЛЯ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АППАРАТОВ  
НА ОСНОВЕ ВЕРОЯТНОСТНОГО ПОДХОДА**

**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE TURBINE BLADES  
DURABILITY OF A GROUND-BASED GAS GENERATORS  
TURBINE FOR A GPU BASED ON A PROBABILISTIC  
APPROACH**

**Аннотация.** Метод основан на анализе напряженно-деформированного состояния (НДС) рабочих лопаток (РЛ) турбин и его изменении в процессе длительной эксплуатации в соответствии с особенностями работы наземных газотурбинных установок (ГТУ) для газоперекачивающих аппаратов (ГПА). Исследуются статистические данные о механических характеристиках и долговечности материала рабочих лопаток турбин - жаропрочного сплава ЖС6У-ВИ. Учитывается изменение характеристик материала в процессе длительной эксплуатации на наземной ГТУ. Прогнозирование долговечности РЛ турбин осуществляется на основе изменения статистических запасов прочности в процессе эксплуатации. Объект исследования - РЛ турбин газогенераторов наземных установок НК-16СТ и НК-16-18СТ, которые в настоящее время широко используются и имеют установленный назначенный ресурс до 150000 часов.

**Ключевые слова:** рабочая лопатка, долговечность, ресурс, статистический анализ, вероятностный критерий разрушения.

**Abstract.** The method is based on the analysis of the stress-strain state of the turbine blades and its changes during long-term operation in accordance with the characteristics of the ground-based gas turbine units for the GPU. In addition, the paper examines statistical data on the mechanical characteristics and durability of the material of the turbine blades a heat-resistant alloy ZhS6U-VI. Changes in the material characteristics during long-term operation are taken into account. The durability of the turbine blades is predicted based on changes in the statistical safety margins during operation. The object of the study is the turbine blades of the gas generators turbine of the NK-16ST and NK-16-18ST ground installation, which is currently widely used and has an established resource up to 150,000 hours.

**Keywords:** turbine blade, durability, resource, statistical analysis, probabilistic criterion of destruction.

РЛ турбин ГТД являются важнейшими деталями, во многом определяющими возможность обеспечения безопасности работы, а также получения высоких рабочих параметров и ресурса. Разрушение РЛ турбины на газоперекачивающих станциях приводит к значительным разрушениям внутри силовой установки.

В процессе длительной эксплуатации вследствие деградиционных изменений происходит изменение основных параметров работы двигателей, определяющих НДС роторных деталей турбин.

Конструкционные материалы, применяемые для деталей авиационных ГТД, обладают рассеянием механических свойств и характеристик долговечности. Исходные характеристики рассеяния механических свойств и долговечности материалов деталей турбин под действием деформационного и температурного старения, протекающего в процессе эксплуатации двигателя, изменяются, что необходимо учитывать. Приведенные аргументы предопределяют необходимость применения методов теории вероятности и математической статистики.

Расчёт статической прочности РЛ проведен по теории стержней с начальной закруткой на ресурс 200000 часов со 100 % его использованием за ресурс. Аппроксимация длительной прочности материала РЛ проведена с помощью зависимости Ларсона-Миллера.

Соответствие результатов исследования НДС рабочих лопаток их реальной нагруженности подтверждается данными металлургического исследования РЛ после длительной эксплуатации [1, 2].

Т.к. наземные ГТУ эксплуатируются в различных климатических зонах в интервале температур от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+45^{\circ}\text{C}$ , для получения

информации о нагруженности РЛ и их статистических характеристиках построены зависимости и для 100 значений условий эксплуатации вычислены 100 значений действующих в лопатках напряжений, которые затем подвергнуты статистической обработке с помощью программы Excel.

Для оценки длительного статического нагружения, характерного для РЛ турбин, использован преобразованный вероятностный критерий разрушения, предложенный И.А. Биргером [3]:

$$P_{\text{разр}} = \text{ver}(K_M^* < 1, K_T^* < 1), \quad (1)$$

где  $K_M^*$  и  $K_T^*$  - статистические запасы прочности и долговечности, вычисленные по статистически экстремальным значениям параметров.

Для РЛ турбин выражения для статистических запасов прочности и долговечности представляют собой функции от толерантных коэффициентов  $K_{S1}, \dots, K_{S4}$  [4], выбранных уровней значимости  $\alpha$  и доверительной вероятности  $P_D$ , а также объема выборок  $n_1, \dots, n_4$  и искомого значения долговечности  $\tau_3$ . Тогда условия разрушения в соответствии с критерием (1) представимы в виде:

$$K_M^* = \varphi_1(\alpha, P_D, n_1, n_2, \tau_3) = 1; \quad K_T^* = \varphi_2(\alpha, P_D, n_3, n_4, \tau_3) = 1. \quad (2)$$

Из решения системы уравнений (2) относительно  $\tau_3$  получаем для каждого двигателя по два значения долговечности в часах, из которых берем минимальное значение.

В результате проведенных исследований долговечности РЛ турбины ВД газогенераторов двигателей НК-16СТ и НК-16-18СТ оказались равными 199686 и 176930 часов соответственно.

Предложенный метод прогнозирования долговечности деталей турбин по параметру длительной прочности на основе вероятностного подхода позволяет определять долговечность РЛ турбин авиационных двигателей и газогенератора наземной ГТУ для ГПА при любом уровне эксплуатационной наработки. Метод также применим для оценки индивидуального ресурса при эксплуатации по техническому состоянию.

Данный метод возможно применять при создании:

- новых воздушно-реактивных двигателей (ВРД) для авиационных и аэрокосмических летательных аппаратов одно- и многоразового использования двойного назначения, работающих на жидких и газообразных углеводородных горючих;
- новых газотурбинных двигателей (ГТД) и установок – для станций газоперекачки и создания новой инфраструктуры наземно-механического оборудования обеспечения космических пусков ракет

на жидких или газообразных углеводородных горючих, например, на метане.

Применение данного метода позволит быстро и экономично проектировать, и создавать новые двигатели и энергоустановки наземного и аэрокосмического назначения с повышенными характеристиками по ресурсу, надёжности и безопасности.

### **Литература**

1. Протасова Н.А. Влияние эксплуатационной наработки на свойства и микроструктуру рабочих лопаток турбины двигателей ГПА / Н.А. Протасова, Н.П. Великанова, П.Г. Великанов, А.А. Ахмадеев // Насосы. Турбины. Системы. № 1 (30). – Воронеж, 2019. - С. 18-25.
2. Протасова Н.А. Эксплуатационные закономерности расходования прочностных характеристик материала турбинных лопаток двигателей ГПА / Н.А. Протасова, Н.П. Великанова, П.Г. Великанов, А.А. Ахмадеев // Авиационные двигатели. № 2 (3). – М., 2019. - С. 39-48.
3. Биргер И.А. Вероятность разрушения и запасы прочности при многомерных критериях разрушения // Проблемы прочности и динамики в авиадвигателестроении: Сб. статей. – Вып. 3. – М., 1985. – С. 7-22 (Труды ЦИАМ: № 1109).
4. Большев Л.Н. Таблицы математической статистики / Л.Н. Большев, Н.В. Смирнов. – М.: Наука, 1983. – 416 с.

УДК 532.517.4: 536.24

eLIBRARY.RU: 55.47.29; 55.49.07

**Лобанов И.Е.**

ФГУП «Московский авиационный институт»  
г. Москва

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ НИЗКОРЕЙНОЛЬДСОВОЙ СТРУКТУРЫ ВИХРЕВЫХ ЗОН МЕЖДУ ПЕРИОДИЧЕСКИМИ ПОВЕРХНОСТНЫМИ ТУРБУЛИЗАТОРАМИ ПОТОКА ПОЛУКРУГЛЫХ ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЙ В ТРУБАХ**

## **MODELING OF THE LOW-REYNOLDS STRUCTURE OF VORTEX ZONES BETWEEN PERIODIC SURFACE FLOW TURBULATORS OF SEMICIRCULAR CROSS-SECTIONS IN PIPES**

**Аннотация.** Осуществлено математическое моделирование структуры вихревых зон между периодическими поверхностно расположенными турбулизаторами потока полукруглого и квадратного поперечного сечения на основе многоблочных вычислительных технологий, основанных на решении факторизованным конечно-объёмным методом уравнений Рейнольдса (замыкаемых с помощью модели переноса сдвиговых напряжений Ментера) и уравнения энергии (на пересекающихся структурированных сетках).

**Ключевые слова:** теплообмен, моделирование, низкорейнольдсовый турбулизатор, полукруглый канал, труба.

**Abstract.** Mathematical modeling of the structure of vortex zones between periodic surface-located flow turbulators of semicircular and square cross-section is carried out on the basis of multi-block computing technologies based on the solution of the Reynolds equations (closed using the Menter shear stress transfer model) and the energy equation (on intersecting structured grids) by the factorized finite-volume method.

**Keywords:** heat transfer, modeling, low-Reynolds turbulator, semicircular channel, pipe.

#### **Метод исследования**

Исследование структуры интенсифицированного потока, в основном, проводится экспериментальными методами, в то время как современные расчётные работы по этой тематике относительно немногочисленны [1] и лишь частично посвящены непосредственно структуре интенсифицированного потока; некоторые методы используют интегральные подходы к данной проблеме. Исследована структура потока в трубе, интенсифицированного поверхностными периодически расположенными турбулизаторами полукруглого и квадратного поперечных сечений с выявлением особенностей вихревых зон при обтекании турбулизаторов с плавными и резкими очертаниями. Для труб с турбулизаторами полукруглого поперечного сечения характер соотношений между теплообменом и гидравлическим сопротивлением остаётся сходным с рассмотренным выше характером соотношений для квадратных турбулизаторов потока, но значения  $(Nu/Nu_{ГЛ})/(\xi/\xi_{ГЛ})$  для первых, как правило, в определённой степени выше за счёт меньшего влияния систем вторичных и угловых вихрей, которое имеет место вследствие деформации и большего вытягивания основного вихря, что подтверждается соответствующими значениями для труб с турбулизаторами полукруглого поперечного сечения: 0,89 для  $t/D=1,00$ ,  $d/D=0,94$ ,  $Re=10^4$ ; 0,68 для  $d/D=0,94$ ,  $t/D=0,50$ ,  $Re=10^4$ ; 0,80 для  $d/D=0,94$ ,  $t/D=0,25$ ,  $Re=10^4$ . Такие же выводы будут иметь место

при более высоких относительных высотах турбулизаторов, но при более низких значениях симплекса: для турбулизаторов полукруглого сечения данный комплекс в этом диапазоне определяющих параметров ( $d/D=0,90$ ;  $t/D=0,25\div 1,00$ ;  $Re=10^4\div 10^5$ ) составляет порядка  $0,31\div 0,50$ . Для квадратного турбулизатора данный симплекс будет ещё меньшим.

### **Результаты**

Структура вихревых зон до и после выступа в значительной мере зависит от его геометрии и режима течения теплоносителя. Превалирование выработки турбулентности над диссипацией имеет место, в основном, на удалённой от стенки границе вихревой зоны, где градиент скорости, а также турбулентные напряжения максимальны. При интенсификации теплообмена турбулизаторами квадратного поперечного сечения, диссипация энергии, возникающая в мощных вихрях до них и за ними, может быть сравнима с выработкой турбулентности в них, что обуславливает увеличенные гидравлические потери. Для труб с турбулизаторами полукруглого поперечного сечения, иными словами, довольно плавных очертаний, вышеуказанный эффект в значительной степени нивелируется. Оптимальнее переходить к абьютированным турбулизаторам (максимум выработки турбулентности в них располагается примерно на уровне верхней границы выступа), где гидравлические потери много меньше, что подтверждается опытными данными.

### **Литература**

1. Лобанов И.Е. Математическое моделирование интенсифицированного теплообмена при течении в каналах на основе сложных моделей турбулентного пограничного слоя / И.Е. Лобанов, Н.В. Парамонов. – М.: Издательство МАИ, 2011. – 160 с.

УДК 629.78

eLIBRARY.RU: 55.49.29

**Кислицкий М.И.**

Балтийский государственный технический  
университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова  
г. Санкт-Петербург



# КОММЕРЧЕСКИЙ МАЛЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ РАЗГОННЫЙ БЛОК. ОЦЕНКА ВАРИАНТОВ И СТРАТЕГИЯ СОЗДАНИЯ

## COMMERCIAL SMALL SPACE TUG. EVALUATION OF OPTIONS AND CREATION STRATEGY

**Аннотация.** Космическим рынком востребованы малые космические разгонные блоки (МРБ) для довыведения и расстановки на орбитах малых космических аппаратов (МКА). В настоящее время МРБ на космическом рынке нет. Представлена концепция создания коммерческого МРБ класса «микро» на основе имеющегося российского научно-технического задела. Приведены результаты предварительных оценок вариантов МРБ с электроракетным двигателем (ЭРД) и с жидкостным ракетным двигателем (ЖРД). Вариант МРБ с ЭРД имеет более высокие энергетические возможности, чем с ЖРД. Применение перспективных топлив способно существенно сократить эту разницу. МРБ с ЖРД предпочтителен при необходимости быстрого развёртывания орбитальных группировок МКА. Сделан вывод о целесообразности параллельного создания обоих вариантов МРБ и унифицированного комплекса бортовых систем для них. Это даст возможность удовлетворить потребности широкого спектра потребителей услуг МРБ.

**Ключевые слова:** коммерческий малый космический разгонный блок, малый космический аппарат, ракетный двигатель, космический рынок.

**Abstract.** The space market is in demand for small space tugs (SST) for the interorbital transportation of small spacecraft (SS). Currently, there is no SS on the space market. The concept of creating a commercial SS of the «micro» class on the basis of the existing Russian scientific and technical reserve is presented. The results of preliminary assessments of MRB variants with electric rocket engines (ERE) and with liquid rocket engine (LRE) are presented. The SST version with an ERD has higher energy capabilities than with an LRE. The use of advanced fuels can significantly reduce this difference. An SST with an LRE is preferred when the rapid deployment of the SS orbital constellations is required. The conclusion is made about the feasibility of parallel creation of both variants of the SST and a unified complex of on-board systems for them. This will make it possible to meet the needs of a wide range of consumers of SST services.

**Keywords:** commercial small space tug, small spacecraft, rocket engine, space market.

подавляющее большинство МКА будет функционировать на низких орбитах высотой до 1200-1500 км.

Космический рынок испытывает острую потребность в космических разгонных блоках (РБ), способных обеспечивать транспортировку МКА с опорных орбит, на которые их выводят ракеты-носители, на рабочие орбиты, а также расстановку МКА в заданные орбитальные позиции. Ныне существующие РБ рассчитаны на межорбитальную транспортировку больших КА, поэтому имеют большую массу. Для транспортировки МКА необходимы малые РБ с массой, на один-два порядка меньшей, чем у существующих. На современном космическом рынке МРБ отсутствуют.

Требования к МРБ были сформулированы ГК «Роскосмос» в виде следующей модельной задачи: перевести два МКА общей массой 150 кг с опорной круговой орбиты высотой 500 км на рабочую круговую орбиту высотой 800 км. Эта задача принята за основу.

В то же время проведенные исследования показали, что в обозримом будущем наиболее востребованным будет диапазон высот рабочих орбит МКА от 500 до 1500 км. Поэтому проведенные нами исследования МРБ охватывают весь этот диапазон. Массогабаритные характеристики МРБ должны соответствовать возможностям разрабатываемой ракеты-носителя сверхлёгкого класса (РН СЛК). В связи с этим принято, что масса МРБ должна быть не более 80 кг, диаметр – не более 1 м.

Концептуальные требования к МРБ:

- минимальная стоимость создания (инвестиционного проекта);
- минимальный срок создания;
- минимальная стоимость эксплуатации;
- универсальность, т.е. способность работать с различными типами полезных нагрузок (ПН) без необходимости дополнительной адаптации к ПН; МРБ рассматривается как средство массового обслуживания;
- минимальные риски создания.

Проведенный анализ показал, что МРБ должен выполнять практически все функции, которые выполняет типичный автоматический КА. Отсюда следует, что он должен иметь в своём составе комплекс бортовых систем, аналогичный типичному КА. По существу, МРБ – это МКА с относительно большой двигательной установкой (ДУ).

В современных научно-технических реалиях в составе МРБ имеет смысл рассматривать два варианта ДУ – с жидкостным ракетным двигателем (ЖРД) и электрическим ракетным двигателем (ЭРД).

Для варианта с ЭРД в рамках принятой концепции естественным был выбор серийно изготавливаемого стационарного плазменного двигателя (СПД). Исследования показали, что при выборе ЭРД для МРБ приоритетным параметром является его энергетическая цена тяги (ЭЦТ). Это связано, прежде всего, с высокой массой, а также стоимостью требуемой для его питания системы электроснабжения (СЭС). Баллистические оценки показали, что при использовании ЭРД время перелёта будет достаточно длительным, в связи с чем необходимо использовать СЭС на основе солнечных батарей.

Был сформирован предварительный технический облик МРБ с ЭРД, который удовлетворяет предъявляемым техническим требованиям и способен обеспечить транспортировку ПН с приращением высоты круговой орбиты до 1000 км. Оценки показали, что при выполнении модельной задачи продолжительность перелёта с опорной орбиты на рабочую высотой 800 км составит ~1 мес., а при перелёте на орбиту высотой 1500 км ~3 мес.

При формировании варианта МРБ с ЖРД в рамках принятой концепции рассматривался серийно изготавливаемый ЖРД на гидразине ТК-500М. Результаты выполненных оценок показали, что МРБ с ЖРД ТК-500М способен выполнить модельную задачу.

Представляется целесообразной следующая стратегия развития МРБ в ближайшем будущем:

1. Параллельное создание МРБ массой 80 кг с ЖРД и с ЭРД.
2. Учитывая относительную близость состава и параметров выполняемых функций, следует разработать унифицированную платформу бортовых систем, которая могла бы с необходимыми изменениями применяться в составе МРБ обоих типов.

Наличие двух предлагаемых типов МРБ позволит удовлетворить в обозримом будущем потребности широкого спектра потребителей услуг по межорбитальной транспортировке МКА в области низких околоземных орбит.

## **Литература**

1. Исторический обзор создания ракетно-космической техники на Санкт-Петербургском «Арсенале» / Под ред. А.П. Ковалева и В.Л. Седых. – СПб., КБ «Арсенал», 2016.- 216 с.

**Худяков С.Н.**  
АО «Государственный ракетный центр  
им. академика В.П. Макеева»  
г. Миасс, Челябинской обл.

**О ВОЗМОЖНОСТИ УМЕНЬШЕНИЯ БОЛЕЕ ЧЕМ НА  
ПОРЯДОК МАССОВЫХ ЗАТРАТ НА РАЗГОН БЕСПИЛОТНЫХ  
КОСМИЧЕСКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ  
МАРСИАНСКИХ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ  
ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОРБИТАЛЬНОЙ РАЗГОННОЙ СТАНЦИИ**

**ON POSSIBLE REDUCTION MORE THAN AN ORDER OF  
MAGNITUDE THE MASS EXPENSES FOR ACCELERATION OF  
UNMANNED SPACECRAFTS OF THE MARTIAN EXPEDITION  
COMPLEXES USING THE ORBITAL ACCELERATING STATION**

**Аннотация.** Показана возможность уменьшения более чем на порядок массовых затрат на разгон беспилотных космических летательных аппаратов (КЛА) марсианских экспедиционных комплексов с помощью орбитальной разгонной станции (ОРС) по сравнению с разгоном КЛА при помощи ракетного разгонного блока. Катапультный разгон КЛА осуществляется с помощью тросового разгонного устройства ОРС. Реализация низких массовых затрат обеспечивается за счёт восстановления орбитальной скорости ОРС с помощью катапультного разгона отработанной второй ступени ракеты-носителя, доставляющей КЛА непосредственно к ОРС.

**Ключевые слова:** орбитальная разгонная станция.

**Abstract.** It is shown that it is possible to reduce by more than an order of magnitude the mass expenses for the acceleration of unmanned SpaceCraft (SC) of the Martian expedition complexes using an Orbital Accelerating Station (OAS) in comparison with the acceleration of a SC using a rocket acceleration unit. Catapult acceleration of the SC is carried out with a rope acceleration device of the OAS. The implementation of low mass expenses is ensured by restoring the orbital velocity of the OAS using the catapult acceleration of the spent second stage of the launch vehicle, which delivers the SC directly to the OAS.

**Keywords:** orbital accelerating station.

Одним из направлений уменьшения массовых затрат при выведении беспилотных космических летательных аппаратов на

отлётные траектории является создание околоземной орбитальной разгонной станции.

В отличие от разгона КЛА с помощью ракетного разгонного блока (РБ), ОРС осуществляет катапультный разгон КЛА с помощью тросового разгонного устройства (ТРУ), обеспечивающего встречное ускоренное движение КЛА и ОРС при разгоне КЛА. Обосновано использование маховика в качестве привода ТРУ ОРС. Характеристики материала троса и маховика приняты равными физико-механическим характеристикам гипотетического материала троса космического лифта с разрывной длиной (удельной прочностью) 10000 км. Быстрые темпы развития нанотехнологий дают основание надеяться на получение такого материала в текущем столетии.

При разгоне КЛА орбитальная скорость ОРС уменьшается. Для компенсации потери орбитальной скорости ОРС может использоваться ракетная двигательная установка (РДУ), входящая в состав ОРС. По сравнению с разгоном КЛА марсианских экспедиционных комплексов (МЭК) при помощи ракетного РБ использование ОРС с РДУ, предназначенной для компенсации потери орбитальной скорости ОРС при разгоне КЛА, позволяет уменьшить массовые затраты на разгон КЛА МЭК примерно в 2,7 раза при кратности использования ОРС более 30 [1].

Массовые затраты ОРС на разгон беспилотных КЛА МЭК могут быть уменьшены более чем на порядок по сравнению с аналогичными затратами обычного одноступенчатого ракетного РБ, если для компенсации потери орбитальной скорости ОРС, имеющей место при разгоне КЛА, использовать катапультный разгон отработанной второй ступени двухступенчатой ракеты-носителя (РН), доставляющей КЛА непосредственно к ОРС. Схема запуска КЛА на отлётную траекторию с использованием ОРС выглядит следующим образом. Вначале с помощью первого ТРУ ОРС производится разгон отработанной второй ступени в направлении, противоположном движению ОРС. При этом уменьшается орбитальная скорость второй ступени и увеличивается орбитальная скорость ОРС, вследствие чего вторая ступень падает на Землю, а ОРС переходит с круговой на эллиптическую орбиту. Затем с помощью второго ТРУ ОРС в перигее эллиптической орбиты производится разгон КЛА в направлении движения ОРС. При этом уменьшается орбитальная скорость ОРС, вследствие чего ОРС возвращается на исходную круговую орбиту.

Представлены результаты численного моделирования разгона с помощью околоземной ОРС беспилотного КЛА массой 25000 кг до скорости 3,7 км/с, достаточной для достижения орбиты Марса. ОРС

оснащена двумя ТРУ, использующими в качестве привода маховики массой 12000 кг. Приведена зависимость массовых затрат ОРС на разгон КЛА МЭК массой 25000 кг от кратности использования ОРС. Показано, что при кратности 20 массовые затраты ОРС на разгон КЛА МЭК более чем в 10 раз меньше аналогичных затрат обычного одноступенчатого ракетного РБ. При кратности 50 – меньше в 25 раз.

Предлагаемая схема запуска КЛА существенно упрощает решение задачи по спасению и многократному использованию второй ступени РН.

### **Литература**

1. Худяков С.Н. О перспективах реализации способа разгона космического летательного аппарата с использованием катапультно отбрасываемого многоразового разгонного блока // Материалы 54-х Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. Часть 1. Калуга: Изд-во АКФ «Политоп», 2019. С. 357-359.

УДК 621.45.015

eLIBRARY.RU: 55.42.43

**Сагтаров А.Г.**

КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева  
г. Казань

**Бикмучев А.Р.**

ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»  
г. Москва

**Сочнев А.В.**

**Зиганшин Б.Р.**

КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева  
г. Казань

# ИССЛЕДОВАНИЕ ИМПУЛЬСА ТЯГИ ЛАЗЕРНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ СИСТЕМ ОРИЕНТАЦИИ И СТАБИЛИЗАЦИИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С МАЛОЙ МАССОЙ

## STUDY OF THRUST PULSE OF LASER ROCKET ENGINE INTENDED FOR ORIENTATION AND STABILIZATION SYSTEMS OF SPACECRAFT WITH LOW MASS

**Аннотация.** выполнено исследование импульса тяги лазерного ракетного двигателя. В качестве варьируемых параметров при проведении экспериментов принимались следующие факторы:

- энергия лазера в одиночном гигантском импульсе лазерного излучения, сфокусированного линзой в определённой точке внутри конуса (фактор 1);
- угол раскрытия конического сопла при фиксированном диаметре основания (фактор 2).

За выходной параметр принималось измеренное значение импульса, создаваемого конусом в результате воздействия импульсного оптического разряда. Величина импульса измерялась методом баллистического маятника.

**Ключевые слова:** импульс тяги, баллистический маятник, лазерное излучение, оптический пробой.

**Abstract.** a study of the thrust pulse of a laser rocket engine is carried out. The following factors were taken as variable parameters in the experiments:

- laser energy in a single giant pulse of laser radiation focused by the lens at a certain point inside the cone (factor 1);
- the opening angle of the conical nozzle at a fixed base diameter (factor2).

The measured value of the pulse generated by the cone as a result of the action of a pulsed optical discharge was taken as the output parameter. The magnitude of the impulse was measured by the ballistic pendulum method.

**Keywords:** thrust impulse, ballistic pendulum, laser radiation, optical breakdown.

Использовать для движения летательного аппарата (ЛА) направленную энергию электромагнитного излучения предложил Циолковский Константин Эдуардович [1].

Наиболее важными показателями двигательных установок (ДУ) систем ориентации и стабилизации орбитальных космических ЛА (КЛА) являются масса и импульс тяги ракетного двигателя (РД).

Параметры систем должны быть выбраны так, чтобы при прочих равных условиях масса ДУ была минимальной. Масса ДУ зависит от импульса тяги РД, количества камер сгорания, рода топлива, давления в камере сгорания (КС), степени расширения газов в сопле, рода вытесняющего газа и других параметров. Проводится исследование влияния энергии импульсного лазера, угла раскрытия конического сопла импульсного лазерного РД на импульс тяги лазерного РД, предназначенного для систем ориентации и стабилизации космических аппаратов (КА) с малой массой.

Задачей экспериментального исследования является определение зависимости импульса лазерной тяги от размера конического сопла и подводимой энергии, а также поиск их оптимального сочетания. Исследования проводились с использованием методов математического планирования эксперимента [2-5].

За выходной параметр принималось измеренное значение импульса, создаваемого конусом (конического сопла) в результате воздействия импульсного оптического разряда. Величина импульса измерялась методом баллистического маятника. Для планирования эксперимента использовался композиционный ортогональный план второго порядка для двух факторов.

В эксперименте проводилось измерение только половины периода колебаний маятника, т.к. колебание быстро затухало. В центре плана проводилось 7 повторных опытов, в остальных точках по одному опыту. Впоследствии остальные опыты повторялись по 3 раза для увеличения точности.

Максимальную тягу в импульсных лазерных ракетных двигателях следует ожидать от конических сопел, сверхзвуковой части сопел Лавала или клиновидных сопел с максимальными углами раскрытия.

## **Литература**

1. Циолковский К.Э. Избранные труды. М.: Изд-во Академии Наук СССР; 2007.
2. Бикмучев А.Р., Саттаров А.Г., Сочнев А.В. Лазерный тепловой ракетный двигатель // Материалы 52-х Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. Калуга: Изд-во АКФ «Политоп», 2017. С. 169–170.
3. Бикмучев А.Р., Саттаров А.Г., Сочнев А.В. Лазерный тепловой ракетный двигатель // Труды 52-ых Чтений, посвящённых разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Секция «Проблемы ракетной и космической техники». (Калуга, 19-21 сентября 2017 г.). Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2018. С. 117-121.



4. Саттаров А.Г., Сочнев А.В., Бикмучев А.Р., Зиганшин Б.Р. Оценка приращения скорости космического летательного аппарата на лазерной тяге // Научное наследие и развитие идей К.Э. Циолковского. Материалы 54-ых Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. Часть 1. Калуга: Изд-во АКФ «Политоп», 2019. С. 355-357.

5. Саттаров А.Г., Сочнев А.В., Бикмучев А.Р., Зиганшин Б.Р. Оценка приращения скорости космического летательного аппарата на лазерной тяге // Труды 54-ых Чтений, посвящённых разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Секция «Проблемы ракетной и космической техники». Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2020. С. 145-148.

УДК 621.396.946:621.396.7  
eLIBRARY.RU: 89.15.00

**Краснов А.С.  
Толкачев Ф.А.**

Колледж космического машиностроения  
и технологий ГБОУ ВО МО  
«Технологический университет»  
им. А.А. Леонова  
г. Королёв

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ МАЛОЙ ТЯГИ НА УЧЕБНОМ ИСПЫТАТЕЛЬНОМ СТЕНДЕ**

### **MODELING OF THE OPERATING PROCESS OF A LIQUID ROCKET ENGINE OF LOW THRUST ON A TRAINING TEST BOOTH**

**Аннотация.** Рассматриваются вопросы моделирования рабочего процесса при проведении гидропневмодинамических холодных испытаний жидкостного ракетного двигателя малой тяги (ЖРД МТ) на учебном проливочном стенде.

**Ключевые слова:** проливочный стенд, гидропневмодинамические холодные испытания, жидкостной ракетный двигатель малой тяги.

**Abstract.** The article discusses the issues of modeling the working process when carrying out hydro-pneumo-dynamic cold tests of a low-thrust liquid-propellant rocket engine (LT LRE) on a training stand.

**Keywords:** shedding stand, hydro-pneumatic cold tests, low-thrust liquid rocket engine.

Проведены гидропневмодинамические холодные испытания и смоделирован рабочий процесс в камере сгорания ЖРД МТ, а также проведен ряд исследований по вопросу измерения силы тяги двигателя на учебном испытательном стенде. На стендах-имитаторах для холодных испытаний ЖРД проводят гидравлические проливки форсунок, смесительных головок, топливных клапанов, участков трубопроводов, настройку двигателя на заданные расходы компонентов, контроль герметичности и прочности его элементов и др. Некоторые из перечисленных операций по технологической отработке элементов ЖРД МТ осуществляются на учебном испытательном стенде в лаборатории «Гидравлические и пневматические системы» колледжа. На стенде предусмотрена возможность измерения тяги двигателя при продувках камеры сгорания с использованием тяго-измерительного устройства.

Дана классификация испытательных проливочных стендов по системе подачи рабочей жидкости, определены основные технические требования к ним.

Приведены технические характеристики стенда, описаны методы проведения испытаний изделий и обработки результатов измерения параметров [1-3].

Применение данного стенда в учебном процессе позволит эффективнее и нагляднее проводить лабораторные и практические работы по курсу «Гидравлические и пневматические системы», «Технологические аспекты опытно-экспериментальных работ». Проведение различных экспериментов и испытаний изделий на стенде в учебных целях позволит применить углубленные методы обучения студентов специальности «Производство летательных аппаратов».

## **Литература**

1. Галеев А.Г. Основы устройства испытательных стендов для отработки жидкостных ракетных двигателей и двигательных установок / Руководство для инженеров-испытателей. Пересвет, Московской области: Изд-во ФКП «НИЦ РКП», 2010. - 178 с.
2. Евчун А.Ю. Гидродинамические испытания жидкостного ракетного двигателя // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. Т. 1, № 13, 2017. С. 135-137.
3. Егорычев В.С. Жидкостные ракетные двигатели малой тяги и их характеристики: учеб. Пособие / В.С. Егорычев, А.В. Сулимов. - Самара: Изд-во СГАУ, 2014. – 128 с.

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЧНОСТИ  
ТЕПЛОВЫХ РАДИАТОРОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

**TOPICAL PROBLEMS OF ENSURING THE STRENGTH OF HEAT  
RADIATORS DURING THE SPACECRAFT OPERATION**

**Аннотация.** Рассматривается проблема обеспечения эксплуатационной прочности тепловых радиаторов (ТР) космических аппаратов (КА). Показано, что наиболее важным фактором эксплуатационного нагружения для ТР является вибрация, вызываемая воздействием акустического шума. Анализируются особенности деформированного состояния ТР при таком нагружении. Обосновывается необходимость учёта воздействия акустического шума при расчёте ТР на прочность. Обосновывается необходимость проведения акустических испытаний при наземной отработке прочности ТР.

**Ключевые слова:** эксплуатационная прочность КА, акустическое нагружение, акустические испытания, тепловой радиатор, вибрация.

**Abstract.** The problem of ensuring the operational strength of heat radiators for spacecraft is considered in this paper. It is shown, that an important factor in the operational loading of radiators is vibration caused by the effect of acoustic noise. The features of the deformed state of the radiator under such loading are analyzed. Substantiates the need to take into account the impact of acoustic noise when calculating the strength of the radiator. Substantiates the need for acoustic tests during ground testing of the strength of heat radiators.

**Keywords:** operational strength of spacecraft, acoustic loading, heat radiator, vibration, acoustic test.

Одним из необходимых элементов систем обеспечения теплового режима современных КА является тепловой радиатор, без надёжной работы которого невозможно функционирование КА на орбите. ТР служит для отвода избыточной тепловой энергии от блоков целевой аппаратуры и предотвращения их перегрева. ТР выполняются, чаще

всего, в виде лёгкого экрана сотовой конструкции, с использованием композиционных материалов, сравнительно большой площади и размещаются на периферии КА. ТР содержат внутренние трубопроводы, по которым циркулирует охлаждающая жидкость; конструкция радиатора является достаточно хрупкой [1].

Вместе с тем, при эксплуатации КА действуют значительные нагрузки. Как и для большинства составных частей КА, для ТР определяющими по условию их прочности являются нагрузки, возникающие при вибрации, вызываемой работой двигателей ракеты-носителя (РН) и воздействием акустического шума. Длительное время непосредственному исследованию был доступен первый тип вибрации, который передаётся к ТР через всю конструкцию РН и КА и доходит уже в значительно ослабленном виде, особенно в области высоких частот. Имитация такого нагружения традиционно создается на электродинамических вибростендах при автономных испытаниях или в составе сборной машины КА. Обеспечение прочности ТР при действии такой нагрузки, как правило, не вызывает больших проблем и решается за счёт рационального проектирования и размещения на КА кронштейнов крепления ТР. Наиболее нагруженной зоной при этом может являться как область крепления ТР к кронштейну, так и свободные края ТР, при этом спектральная плотность мощности ускорений отклика может достигать до  $0,5 \text{ г}^2/\text{Гц}$  ( $\text{г}$  – ускорение свободного падения,  $\approx 9,81 \text{ м/с}^2$ ), а среднеквадратичное ускорение в области резонансов ТЗР (Grms) – до  $3,0 \text{ г}$ .

В последнее время, наряду с ростом оснащённости испытательной базы ракетно-космической отрасли в РФ становится возможным и доступным проведение испытаний на воздействие акустического шума (расчёт акустической вибрации пока что не вошел в практику инженерных расчётов из-за сложности и нестационарности процессов взаимодействия поверхности КА и акустического поля под обтекателем космической головной части, возбуждаемого самим обтекателем при прохождении трансзвуковых режимов полёта) [2]. Полученные в последнее время результаты показывают, что нагружение ТР при акустической вибрации значительно качественно и количественно отличается от нагружения при вибрации двигателей. В частности, при акустическом воздействии в большей степени возбуждаются иные формы собственных колебаний, чем ранее. Наиболее нагруженные участки наблюдаются на свободных краях ТР, при этом спектральная плотность мощности может достигать до  $150,0 \text{ г}^2/\text{Гц}$ , а среднеквадратичное ускорение в области резонансов ТР

(Grms) – до 60,0 g. При этом максимумы нагрузок сдвигаются в область более высоких частот колебаний – с 50 Гц до 500 Гц.

Конструктивные решения, разработанные ранее, оказываются неэффективными для обеспечения эксплуатационной акустической прочности ТР, - небольшая масса ТР при большой площади его поверхности приводит к высокой возбудимости от акустического давления, размещение кронштейнов крепления также может оказаться эффективным только для одного типа воздействия.

Возникновение указанной проблемы делает актуальной разработку методов расчёта нагрузок ТР и принципов проектирования конструкции ТР с учётом воздействия акустического шума, а также делает необходимым проведение испытаний на воздействие акустического шума при наземной отработке эксплуатационной прочности тепловых радиаторов.

### **Литература**

1. Бондаренко В.А., Устинов С.Н., Немыкин С.А., Финченко В.С. Система обеспечения теплового режима малых космических аппаратов // Вестник «НПО им. С.А. Лавочкина», 2013, № 3, стр. 37-42.
2. Либерман М.Ю. Воздействие на космический аппарат пусковой динамической нагрузки, обусловленной формированием локальных акустических полей в отсеке обтекателя // Вопросы электромеханики. –2016.– Т. 151. – С. 12–29.

**Секция 3**  
**«К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И МЕХАНИКА**  
**КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЁТА»**

УДК 629.7(092)  
eLIBRARY.RU: 89.00.00

**Докучаев Л.В.**  
доктор технических наук  
профессор, академик РАКЦ  
главный научный сотрудник  
АО «ЦНИИмаш»  
г. Королев

**О ПИОНЕРЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ КОСМОНАВТИКИ**  
**МИХАИЛЕ КЛАВДИЕВИЧЕ ТИХОНРАВОВЕ**

**ABOUT THE PIONEER OF PRACTICAL COSMONAUTICS**  
**MIKHAIL KLAVDIEVICH TIKHONRAVOV**

**Аннотация.** В докладе излагаются основные этапы жизни и деятельности М.К. Тихонравова, ближайшего сподвижника С.П. Королева. Обсуждается, как М.К. Тихонравов со своей группой молодых энтузиастов обосновал техническую возможность создания искусственного спутника Земли и активно участвовал в разработке и проведении запусков первых космических аппаратов.

**Ключевые слова:** запуск, спутник, космический аппарат, история космонавтики

**Abstract.** The main stages of the life and activity of M.K. Tikhonravov, the closest associate of S.P. Korolev are described in the presentation. It is discussed how M.K. Tikhonravov with his group of young enthusiasts justified the technical possibility of creating an artificial satellite of the Earth and actively participated in the elaboration and launches of the first spacecraft.

**Keywords:** launch, satellite, spacecraft, history of astronautics.

Заслуженный деятель науки и техники Михаил Клавдиевич Тихонравов родился в начале XX века (16.07.1900) во Владимире.

В 1925 году после окончания Военно-воздушной инженерной академии им. Н.Е. Жуковского М.К. Тихонравов становится руководителем моторной группы в КБ Поликарпова Н.Н., а затем в КБ

Григоровича Д.П. Совместно с Сергеем Павловичем Королёвым, Фридрихом Артуровичем Цандером, Юрием Александровичем Победоносцевым Михаил Клавдиевич участвовал в создании в 1932 году Московской группы изучения реактивного движения (ГИРД) и затем, в 1933 г., – Реактивного Научно-исследовательского института (РНИИ).

Под руководством С.П. Королёва и М.К. Тихонравова в 1933 году была создана первая жидкостная ракета «ГИРД-Х». Огромное влияние на Тихонравова оказали работы выдающегося теоретика ракетно-космической техники Константина Эдуардовича Циолковского, с которым в 1934 году Михаилу Клавдиевичу посчастливилось встретиться и пообщаться.

До войны М.К. Тихонравов работал начальником группы в РНИИТяжпроме. Здесь он создает оригинальный экспериментальный двигатель ЖРД-208 с изменяемой фор-камерой и двигатель ЖРД-605 с изменяемым объемом камеры сгорания. Одна за другой публикуются его научные работы с результатами исследований, большинство из которых сразу же находят применение в практической деятельности конструкторов РНИИ.

В годы войны М.К. Тихонравов занимался разработкой пусковых установок БМ-13 (легендарная «Катюша») и новых реактивных снарядов для Гвардейских минометных частей. Он возглавил группу по разработке конструктивных схем нового экспериментального истребителя-перехватчика «З02П» с силовой установкой, состоящей из ЖРД и двух прямоточных воздушно-реактивных двигателей (ПВРД). В 1944-1946 годах он становится начальником лаборатории в НИИ-1 Наркомата авиационной промышленности.

Постановлением Совета Министров СССР № 1017-419сс от 13 мая 1946 года «Вопросы реактивного вооружения», подписанным И.В. Сталиным, под эгидой Министерства вооружения (министр Д.Ф. Устинов) на базе артиллерийского завода 88 в Подлипках был образован НИИ-88, в котором работал С.П. Королев. Одновременно в Министерстве обороны маршал Г.К. Жуков «взял космос на себя», и в соседнем Болшево был образован Научно-исследовательский институт № 4 (НИИ-4) – Институт реактивного вооружения. Инженер-полковник Тихонравов М.К. становится заместителем начальника НИИ-4 по жидкостным реактивным снарядам.

В это время М. К. Тихонравов возглавил исследования по возможности использования жидкостных реактивных снарядов для целей космонавтики. Первым результатом этих исследований был

эскизный проект геофизической ракеты ВР-190 для изучения верхней атмосферы на высотах до 190 км.

14 апреля 1947 года он был избран Членом-корреспондентом Академии артиллерийских наук по отделению реактивного вооружения.

Наряду с основной деятельностью в институте НИИ-4 в первые послевоенные годы, глубоко анализируя развитие советской и германской ракетной техники, М.К. Тихонравов со своим помощником Игорем Мариановичем Яцунским и учениками Г. Ю. Максимовым, Б. С. Разумихиным, Л. Н. Солдатовой и Я. И. Колтуновым начал работать над обоснованием возможности создания жидкостной баллистической ракеты, способной достичь первой космической скорости. Наличие такой ракеты, как считал М.К. Тихонравов, решило бы две проблемы: во-первых, послужило бы укреплению обороноспособности страны и, во-вторых, обеспечило бы возможность создания искусственного спутника Земли и вывод человека в космос — осуществив реализацию его заветной мечты.

М.К. Тихонравов предлагает объединить несколько уже летающих ракет в систему соединенных между собой ракет, назвав ее «пакетом». Когда «пакет» пролетит часть пути, топливо одной из ракет будет перелито в другую — основную, и та, находясь уже на большой высоте и имея большую скорость, окажется опять полностью заправленной. Однако выступления Михаила Клавдиевича по этому вопросу на научных конференциях в институте и в Академии имени Ф.Э. Дзержинского (в 1948-м и в 1950 годах, соответственно) не только не встретили понимания, но и были объявлены «фантастическими идеями». Поддержали М.К. Тихонравова тогда только Президент Академии артиллерийских наук Анатолий Аркадьевич Благонравов и член-корреспондент Академии артиллерийских наук, Главный конструктор ОКБ-1 Сергей Павлович Королёв.

В итоге, в феврале 1950 года М.К. Тихонравов был снят с должности заместителя начальника НИИ-4 и понижен в должности до научного консультанта института по жидкостным реактивным снарядам.

Однако, Сергею Павловичу Королеву понравилось направление исследований. Он счел его перспективным и заключил с НИИ-4 договор по исследованию возможностей создания дальних баллистических ракет пакетной схемы. Для выполнения договора группу Тихонравова усилили молодыми специалистами Брыковым А.В., Бажиновым И.К., Гурко О.В., а также работавшими ранее с



Тихонравовым сотрудниками Галковским В.Н. и Москаленко Г.М. В конце 1951 года группа Тихонравова выпустила три тома отчета с теоретическими исследованиями по обоснованию возможности создания межконтинентальной баллистической составной ракеты, а также проекты двух вариантов экспериментального «пакета» из одноступенчатых ракет разработки ОКБ Королева, где учли все критические замечания, высказанные при обсуждении докладов Тихонравова. В конце 1950 года Сергей Павлович, видимо, очень веривший в перспективность «пакетной схемы», для надежности заказал аналогичное исследование еще и ученым института М.В. Келдыша. На основании этих разработок была сконструирована впоследствии ракета Р-7.

В 1952 году группа Тихонравова в нерабочее время начинает исследования по проблеме выведения спутника на орбиту, работы бортовой аппаратуры, терморегулирования, метеоритной опасности, долговременности существования и входа в плотные слои атмосферы. Но уже в 1953 году руководство государства и Вооружённых сил было вынуждено обратить самое серьёзное внимание на развитие реактивного вооружения ввиду его ускоренного развития в США. Для группы Тихонравова было получено разрешение «свыше» на проведение работ по спутнику.

В этой ситуации помогло то, что, как оказалось, Михаил Клавдиевич продолжал «подпольно» работать над своими идеями в годы вынужденного отстранения от активной исследовательской работы. Он предоставил свои разработки, которые легли в основу дальнейших перспективных планов института.

26 мая 1954 г. С.П. Королёв представил в ЦК КПСС и СМ СССР докладную записку «Об искусственном спутнике Земли», подготовленную М.К. Тихонравовым. Этим было положено начало разворачиванию работ по ракетно-космической технике в СССР. Тогда же М.К. Тихонравов предложил первую в СССР комплексную программу исследований космического пространства, утверждённую после ряда доработок в 1954 году. М.К. Тихонравов явился автором первого доклада в Академии наук СССР о результатах проведённых исследований по обоснованию возможности запуска искусственных спутников Земли.

В 1955 году группа М.К. Тихонравова разрабатывает эскизный проект искусственного спутника Земли, предназначенного для проведения научных исследований в ближнем космосе с передачей полученных результатов на Землю по радиолинии спутник-Земля. В ходе исследований было получено много нетривиальных результатов.

В НИИ-4 руководство, заботясь о проблемах повышения обороноспособности страны, не приветствовало космическую тематику. С февраля 1955 года в ОКБ-1, которым руководил С.П. Королёв, Михаил Клавдиевич возглавил новый отдел проектирования искусственных спутников Земли, пилотируемых космических кораблей и автоматических лунных и межпланетных аппаратов, В коллектив сотрудников этого нового отдела (Г.Ю. Максимов, Л. Н. Солдатова, К.П. Феоктистов, О.Г. Макаров, В.И. Севостьянов, Н.П. Береснев, А.А. Дашков, В.Н. Кубасов, В.В. Ивашкин, Н.А. Карбанов, В.С. Мелкумов и др.) вошли сотрудники части группы М.К. Тихонравова из НИИ-4, некоторые специалисты с опытом и, в основном, молодые специалисты. М.К. Тихонравов, перейдя на работу в ОКБ-1, вплотную занялся решением проектно-конструкторских задач по спутнику (объект Д). В это время в сентябре 1956 года американцы сделали попытку запустить спутник «Авангард», но потерпели неудачу. Тогда обе организации, ОКБ-1, в части носителя, и НИИ-4, в части тракторных и телеметрических измерений, стали напряженно готовить пуск простейшего спутника (ПС-1).

Коллективу М.К. Тихонравова выпала честь создания первого искусственного спутника Земли, успешно запущенного в космос 4 октября 1957 года и открывшего новую, космическую эру в развитии человечества.

31 декабря 1957 года в связи с созданием ракеты Р-7 и успешным запуском первого искусственного спутника Земли и спутника с живым существом на борту большой группе учёных и инженеров в Кремле вручались Ленинские премии. Среди них были М.К. Тихонравов, И.М. Яцунский, И.К. Бажинов и А.В. Брыков, которым эта Ленинская премия была присуждена за обоснование возможности создания и запуска первого ИСЗ.

Затем под непосредственным руководством М.К. Тихонравова был спроектирован космический корабль «Восток-1», выведенный на космическую орбиту 12 апреля 1961 года с первым в мире лётчиком-космонавтом Юрием Алексеевичем Гагариным. М.К. Тихонравов принимал деятельное участие в работах по запуску первого пилотируемого космического корабля, за что 17 июня 1961 года ему было присвоено звание Героя Социалистического Труда

Отдел ОКБ-1 под руководством М.К. Тихонравова проектировал советские пилотируемые корабли, автоматические станции для полета к Луне, Марсу, Венере, пилотируемые долговременные станции, принимал активнейшее участие в разработке искусственных спутников Земли различного назначения.

В дальнейшем отдел, под руководством Михаила Клавдиевича, занимался, в частности, разработкой тяжёлого межпланетного корабля (ТМК) для пилотируемого полёта на Марс с возвратом на Землю.

В 1968 году он был избран Членом-корреспондентом Международной Академии астронавтики.

М.К. Тихонравов стал основателем научной школы в Министерстве обороны по космическому вооружению.

М.К. Тихонравов не прекращал преподавательской деятельности в этой области до последних дней своей жизни.

Он останется в нашей памяти как автор предложения по использованию «пакетной» схемы составной ракеты для создания ракеты-носителя, как организатор группы молодых ученых, проводивших под его руководством исследования по обоснованию технической возможности создания искусственного спутника Земли, как руководитель отдела ОКБ Королева С.П., где были разработаны проекты первых искусственных спутников Земли, пилотируемых кораблей, первых автоматических межпланетных и лунных

### **Литература**

1. Бажинов И.К. О работах группы М.К. Тихонравова в НИИ-4 Министерства обороны СССР. – Космонавтика и ракетостроение, 1(26). 2002, с.159-161
2. Брыков А.В. У космоса в плену. — М: Изд-во Центра перспективных технологий Международной инженерной академии. 2000, 120 с.
3. Евич А.Ф. Тихонравов Михаил Клавдиевич – Военно-промышленная комиссия. 60 лет на страже Родины, Арсеналы России, 2017.

УДК629.78: 521.1

eLIBRARY.RU: 89.00.00: 30.00.00

**Ивашкин В.В.**

доктор физико-математических наук

профессор

главный научный сотрудник

ИПМ им. М.В. Келдыша РАН

г. Москва

## ПАМЯТНЫЕ ВСТРЕЧИ С ТИХОНРАВОВЫМ МИХАИЛОМ КЛАВДИЕВИЧЕМ И ЕГО УЧЕНИКАМИ

### SOME MEMORABLE MEETINGS WITH TIKHONRAVOV MIKHAIL KLAVDIEVICH AND HIS PUPILS

**Аннотация.** В докладе автор вспоминает о нескольких мгновениях жизни, связанных с одним из пионеров космонавтики Тихонравовым Михаилом Клавдиевичем. Воспоминания относятся к периоду 1959-1964 гг., когда автор, будучи студентом МВТУ им. Н.Э. Баумана и затем, после окончания института, работая молодым специалистом в проектно-конструкторском отделе «Королевского» ОКБ-1, неоднократно встречался с Михаилом Клавдиевичем как руководителем этого отдела. Автор также делится впечатлениями о некоторых учениках М.К. Тихонравова.

**Ключевые слова:** космонавтика, пионеры космонавтики, ОКБ-1.

**Abstract.** Author remembers some moments of his life, which are connected with Tikhonravov Mikhail Klavdievich, one of the pioneers of astronautics. These memoirs related to the time of 1959-1964 when the author, being a student of N.E. Bauman Institute and working as a young specialist at project department of «Korolev» Design Bureau ОКБ-1, often met with the chef of this department, Mikhail Klavdievich. The author also gives some unforgettable impressions on some M.K. Tikhonravov's pupils (Maximov G.Yu., Gurko O.V.).

**Keywords:** astronautics, pioneers of astronautics, ОКБ-1.

Автор, будучи студентом МВТУ им. Н.Э. Баумана, проходил преддипломную практику в 9-м проектно-конструкторском отделе ОКБ-1 (С.П. Королева) и после защиты дипломного проекта был направлен туда на работу как молодой специалист-инженер. М.К. Тихонравов был начальником этого отдела, и я неоднократно встречался с ним. Но некоторые из этих моментов особенно ярко врезались в мою память. Поделюсь своими впечатлениями о них.

#### **1. Начало преддипломной практики и трудовой книжки**

Хорошо помню утро того летнего, теплого, солнечного дня конца июня-начала июля 1959 г. Мы, группа из 5 студентов-бауманцев во главе с комсоргом Борей Богатковым и первой старостой Галей Морозовой приехали в Подлипки для оформления и начала преддипломной практики. Вышли на правую по ходу из Москвы сторону, прошли к проходной ОКБ-1. Связались с отделом кадров (ОК), нас попросили подождать. Мы прошли на лужайку у проходной,

сели на травку. Погода была отличная, настроение замечательное, и быстро мы начали шутить, смеяться, кувыряться. Подошел представитель ОК, и мы, пройдя проходную, пошли в наш корпус. Мы вошли в большой, светлый зал, заставленный столами, кульманами, со множеством сотрудников, в основном, молодежью. Представитель ОК начал водить нас по залу, знакомить с разными секторами, группами отдела. В один момент к нам подошел мужчина средних лет - интеллигентного вида, с доброжелательной улыбкой на лице, без пиджака, в светлой рубашке с короткими рукавами. Представитель ОК прошептал нам: «Это начальник вашего отдела, Лауреат Ленинской премии». Это был Тихонравов Михаил Клавдиевич (М.К.). Своей простотой и улыбкой он сразу расположил нас к себе. После знакомства с нами он спросил, оформили ли нас в Отделе кадров на работу. Мы ответили ему, что точно не знаем, но, как будто, не оформляли. М.К. взял телефонную трубку, позвонил в ОК и попросил оформить нас на работу в ОКБ-1 на полставки, пока мы будем делать дипломные работы. И первая запись в моей трудовой книжке говорит, что 1.VII.1959 г. я был принят на работу в отдел 9 ОКБ-1 в должности техника на 3 рабочих дня в неделю.

## **2. Михаил Клавдиевич утверждает мой первый отчет**

В марте 1960 г., после защиты дипломного проекта я начал работать в секторе Г.Ю. Максимова. Глеб Юрьевич пришел в ОКБ-1 вместе с М.К. в 1956 г. и начал с коллегами проектировать ИСЗ, 1-ый Спутник. За это ему присвоили звание Лауреата Ленинской премии. За вклад в создание космического аппарата (КА) Луна-3, который сфотографировал обратную сторону Луны, он стал Лауреатом Государственной премии. Затем, впервые в нашей стране (а, возможно, и в мире) его коллектив начал проектировать космические аппараты для полета на Марс (с группой Славы Алгунова), на Венеру (с группой Льва Дульнева) и для мягкой посадки на Луну (с группой Николая Береснева). Я был введен в группу, руководимую Дашковым А.А., которая, в контакте с баллистическим отделом 17 ОКБ и с ОПМ МИ АН СССР, осуществляла баллистическое сопровождение этих проектов. Мне было поручено выполнить баллистический анализ проекта Е-6 (Луна-9) полета к Луне для мягкой посадки на ее поверхность. Я подготовил отчет со своими основными результатами. Главными были два результата. Это, во-первых, определение оптимальной траектории полета к Луне, как 3,5 суточной траектории (с учетом расходов топлива на выведение, коррекцию и торможение у Луны). И, во-вторых, численное открытие свойства пучка селеноцентрических гиперболических орбит подлета к Луне,

состоящее в том, что существует постоянное для пучка расстояние до Луны, для которого направление на центр Луны совпадает с направлением скорости подлета КА к поверхности Луны. На основе этого свойства можно было построить систему автономной навигации для ориентации оси тормозного двигателя при посадке на Луну. Но возникли трудности с утверждением отчета, так как баллистические отчеты должны были исходить из баллистического 17-го отдела. Ситуацию спас М.К.Тихонравов. Он тогда стал временно исполнять обязанности Заместителя Главного конструктора. М.К. хорошо знал баллистику [1] и утвердил отчет. Это позволило поставить проект Е-6 на баллистическую основу и продолжить успешное проектирование КА.

### **3. Михаил Клавдиевич направляет статью в журнал**

Параллельно с работой в ОКБ-1 по предложению некоторых коллег я поступил в аспирантуру ЦНИИмаш. Темой аспирантской работы я взял исследование оптимальных космических маневров. В частности, в соответствии с тормозным маневром Е-6, исследовались маневры для гиперболических орбит. Получив ряд результатов, я подготовил статью в журнал «Космические исследования». По принятому порядку специальная комиссия ОКБ должна была рассмотреть статью и определить возможность ее публикации и, в случае возможности, направить статью в журнал. Напечатав статью и оформив необходимые бумаги, я передал все в комиссию, особо не надеясь на положительный результат. В один момент, когда я уже и забыл про статью, мне позвонила секретарша отдела Зиночка и сказала, что меня вызывает к себе начальник отдела, Михаил Клавдиевич. Внутренне готовясь к «разносу» за что-то, я прошел в приемную, затем в кабинет М.К. Помню стол в кабинете, М.К. прошел ко мне с улыбкой, поздоровался. Он сказал мне, что статью посмотрел, она ему понравилась, все он подписал, как председатель комиссии, статью можно направить в журнал, но есть одно замечание. М.К. отметил, что в статье для гиперболической орбиты используется термин «линия апсид», хотя на такой орбите апсида – одна, и надо подумать, как лучше поступить. М.К. в этом эпизоде показал, что он очень хорошо знает механику космического полета и, кроме того, с уважением относится ко всем своим сотрудникам сверху донизу.

### **4. Михаил Клавдиевич рассказывает об инопланетянах и жуках**

Для расширения кругозора и повышения уровня молодых специалистов, составлявших большинство отдела, М.К. организовал в отделе специальный семинар. Семинар был очень интересным. Конечно, в первую очередь на нем делались доклады по космической

технике, что было нужно для работы. Такими были, например, доклады по герметизации КА, по системам стыковки. Но очень интересными были также многие доклады по «посторонним» проблемам. Запомнился, например, доклад Михаила Клавдиевича о свидетельствах пребывания инопланетян на Земле. Ярким был его же доклад о жуках, которыми он увлекался и коллекцию которых он собрал. Сейчас она в Зоологическом Музее МГУ им. М.В. Ломоносова на Моховой [2].

### 5. Ученики Михаила Клавдиевича

Из большой группы учеников Михаила Клавдиевича кратко отмечу двоих, с которыми мне посчастливилось близко общаться – Г.Ю. Максимова и О.В. Гурко. **Глеб Юрьевич Максимов** был руководителем сектора межпланетных и лунных аппаратов, где я работал. По моему мнению, это был гениальный инженер и ученый. Заложенные им принципы проектирования межпланетных КА практически сохранились у нас до сих пор. Он прекрасно видел стоявшие проблемы и блестяще находил пути их решения [3]. **Олег Викторович Гурко**, будучи очень талантливым ученым, был необычайно мягким, доброжелательным, интеллигентным человеком. Он остался работать в НИИ-4 после ухода М.К., изучая проблему создания нового эффективного носителя КА, исследовал задачи освоения Луны.

### Литература

1. Тихонравов М.К., Бажинов И.К., Гурко О.В., Максимов Г.Ю., Яцунский И.М. Основы теории полета и элементы проектирования искусственных спутников Земли.-М.: Машиностроение. 1974.
2. Тихонравова Наталия Михайловна «Воспоминания о будущем». Издательство: Нобель Пресс; ISBN: 978-5-519-01848-7. 2014.
3. Максимов Г.Ю. Теоретические основы разработки космических аппаратов. М.: Наука. 1980.

УДК 629.785

eLIBRARY.RU: 89.00.00

<sup>1</sup>**Гордиенко Е.С.**

кандидат технических наук  
математик 2 категории

<sup>2</sup>**Ивашкин В.В.**

доктор физико-математических наук  
профессор

главный научный сотрудник

<sup>1</sup>**Симонов А.В.**

кандидат технических наук

главный математик

<sup>1</sup>**Розин П.Е.**

кандидат технических наук

ведущий математик

1 – АО «НПО Лавочкина», г. Химки

2 – ИПМ им. М.В. Келдыша РАН

## **АНАЛИЗ СХЕМ ВЫВЕДЕНИЯ КА НА ВЫСОКИЕ КРУГОВЫЕ ОРБИТЫ ИСКУССТВЕННОГО СПУТНИКА ЛУНЫ**

### **THE SCHEMES FOR SPACECRAFT LAUNCH INTO HIGH CIRCULAR ORBITS OF A MOON ARTIFICIAL SATELLITE ANALYSIS**

**Аннотация.** В статье проводится анализ схем выведения космического аппарата (КА) на высокие круговые орбиты искусственного спутника Луны (ИСЛ), которые можно использовать для построения лунной спутниковой системы (ЛСС). Рассматриваются схемы прямого перелета КА от Земли к Луне с одно-, двух- и трехимпульсным торможениями. Определяются их энергетические, временные и геометрические характеристики. Результаты, полученные для двухимпульсного перехода с большим влиянием гравитационных возмущений, сравниваются с их одноимпульсными и двухимпульсными аналогами. Численные и графические результаты анализа получены на интервале дат с 1 января по 31 декабря 2030 года.

**Ключевые слова:** космический аппарат, лунные траектории, высокие орбиты спутника Луны, большие наклонения, одноимпульсный переход, двухимпульсный переход, трехимпульсный переход, гравитационные возмущения

**Abstract.** The article analyzes the schemes of spacecraft (SC) launch into high circular orbits of a Moon artificial satellite (MAS), which can be used for lunar satellite system construction (LSS). The schemes of the spacecraft's direct flight from the Earth to the Moon with one-, two- and three-impulse decelerations during its transfer into the final orbit. Their energy, time and geometric characteristics are determined. The results obtained for two-impulse transfer with large influence of gravitational perturbations are compared with their one-, two- and three impulse



analogues. Numerical and graphical results of the analysis were obtained on the range of dates from the January 1 till December 31, 2030 year.

**Keywords:** spacecraft, lunar trajectories, high orbits of the Moon satellite, large inclinations, one-impulse transfer, two-impulse transfer, three-impulse transfer, gravitational perturbations

Введение. Создание и, следовательно, построение многофункциональной ЛСС из-за высокой стоимости выведения таких ракет-носителей (РН), как «Союз 2.1б», «Союз-2», «Протон» и «Ангара А-5» требует решения задачи оптимизации траекторий полета КА на орбиты ИСЛ, которые подходят для решения задач навигации, связи и ретрансляции, а также дистанционного зондирования Луны. В дополнение к этому, выбор наилучшей траектории выведения лунного КА, которая позволит сэкономить даже небольшое количество топлива экономия топлива ( $\sim 1 - 2\%$  от общей массы РН), поможет решить проблему напряженного энергобаланса лунных проектов, возникающую из-за больших затрат энергии, увеличит массу полезной нагрузки и повысит эффективность проекта. Следовательно, одним из основных вопросов создания ЛСС с баллистической точки зрения является выбор схем выведения на высокие круговые орбиты ИСЛ и соответствующих им траекторий [1 – 6].

Целью работы является сравнение характеристик различных схем выведения КА на высокие орбиты ИСЛ. В качестве таковых в работе рассматриваются, для примера, полярные круговые орбиты спутников Луны с радиусом  $a_f = 5$  тыс. км.

Анализ данной задачи проводится в несколько этапов.

На первом этапе из множества существующих схем выбираются схемы полета, отвечающие критериям простоты и энергетической эффективности построения, а также малого времени выведения КА на высокие орбиты ИСЛ. К таким относятся схемы прямого перелета КА от Земли с одноимпульсным и трехимпульсным торможениями при переходе на орбиты ИСЛ. Анализ таких переходов был рассмотрен в [2, 4 – 6], и здесь характеристики этих переходов будут кратко рассмотрены ниже, на втором и третьем этапах. В работе также большое внимание уделяется частному случаю трехимпульсного перехода КА на высокие орбиты ИСЛ, при котором импульс в удаленной точке не сообщается, а его влияние заменяется гравитационными возмущениями. Это так называемый двухимпульсный маневр торможения [5, 6], он будет рассмотрен на четвертом этапе.

Предлагается методика построения таких траекторий выведения КА на высокие орбиты ЛСС. При этом лунные траектории строятся с учетом возмущений от притяжения Земли, Луны и Солнца. Координаты положения планет и их скорости определяются с помощью табличных эфемерид DE-421 [7].

На втором этапе проводится анализ одноимпульсного выведения КА на конечную круговую орбиту ИСЛ, при этом тормозной импульс сообщается в периселении селеноцентрической гиперболы подлета КА к Луне [3–5]. Определяются энергетические характеристики перехода.

Затем, на третьем этапе, рассматривается переход КА на высокую орбиту ИСЛ с помощью трехимпульсного торможения у Луны. Для него первый, тормозной, импульс сообщается в периселении гиперболы подлета на минимально возможном расстоянии от центра Луны  $r_{t1}$  (соответствующем высоте  $h_{t1}=100$  км над ее поверхностью), второй, разгонный, импульс – на некотором удаленном расстоянии  $r_{a2}$ , вблизи апоселения переходной орбиты, а третий, тормозной, - в периселении переходной орбиты, он переводит КА на конечную орбиту ИСЛ  $r_{t2}=af$  [3, 5].

На четвертом этапе работы рассматривается частный случай трехимпульсного перехода, двухимпульсный маневр торможения, при котором разгонный импульс вблизи апоселения переходной орбиты не сообщается, при этом изменение расстояния в периселении обеспечивается пассивно, под влиянием гравитационных возмущений, в основном – от Земли. Этот переход может быть энергетически оптимальным.

В заключении, полученные для двухимпульсного перехода численные результаты сравниваются с характеристиками одноимпульсных и трехимпульсных переходов.

## Литература

1. Болкунов А.И., Сердюков А.И., Игнатович Е.И., Балашова Н.Н., Синцова Л.Н., Золкин И.А. Выбор орбитальной группировки для лунной информационно-навигационной обеспечивающей системы. М.: Технический журнал «Полет», 2012. № 3. С. 52–59.
2. Гордиенко Е.С., Ивашкин В.В., Симонов А.В. Анализ устойчивости орбит искусственных спутников Луны и выбор конфигурации лунной спутниковой системы // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2014. № 4 (34). С.40 – 54.
3. Основы теории полета космических аппаратов под редакцией Г.С. Нариманова, М.К. Тихонравова, М. Машиностроение 1972 год, 610 с.

4. Гордиенко Е.С., Худорожков П.А. К вопросу выбора рациональной траектории полёта к Луне // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2016. № 1. С. 15-25.
5. Гордиенко Е.С., Ивашкин В.В. Использование трехимпульсного перехода для выведения космического аппарата на орбиты искусственного спутника Луны // «Космические исследования», 2017. Т. 55, №3. С. 207 – 217.
6. Муртазин Р.Ф. Эффективное выведение космического аппарата на высокую круговую окололунную орбиту // Космонавтика и ракетостроение. 2019. №3 (108). С. 5 – 12.
7. Folkner W.M., Williams J.G., Boggs D.H. The Planetary and Lunar Ephemeris DE 421. 2009. JPL IOM 343R-08-003.

УДК 629.19

eLIBRARY.RU: 89.00.00

**Симонов А.В.**

главный математик

**Ковалева С.Д.**

математик

**Гордиенко Е.С.**

математик 2 категории

**Розин П.Е.**

ведущий математик

АО «НПО Лавочкина»

г. Химки

**СХЕМА ПОЛЁТА И ЗОНЫ ПОСАДКИ  
ПЕРСПЕКТИВНОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА  
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕНЕРЫ  
ДИСТАНЦИОННЫМИ И КОНТАКТНЫМИ МЕТОДАМИ**

**THE FLIGHT SCHEME AND LANDING SITES  
FOR A PERSPECTIVE SPACECRAFT  
FOR VENUS EXPLORATION  
BY REMOTE AND CONTACT METHODS**

**Аннотация.** Доклад посвящён описанию сценария выведения аппаратов проекта. Рассмотрены основные аспекты задачи выбора оптимальных дат старта. Описывается схема доставки орбитального аппарата на высокоэллиптическую орбиту и посадочного аппарата на

поверхность Венеры. Обосновываются характеристики выбора рабочей орбиты и схемы выведения для обеспечения передачи научной информации на Землю с аппаратов на поверхности Венеры.

**Ключевые слова:** космический аппарат, траектория, схема полёта, Венера, межпланетный перелёт.

**Abstract.** The report is devoted to the description of the scenario for the removal of project devices. The main aspects of the problem of choosing the optimal start dates are considered. A scheme is described for delivering an orbital block to a highly elliptical orbit and a landing block on the surface of Venus. Substantiates the characteristics of the choice of the working orbit and the launching scheme to ensure the transfer of scientific information to Earth from the landers.

**Keywords:** spacecraft, trajectory, flight scheme, Venus, interplanetary transfer.

Целью разрабатываемого проекта по исследованию Венеры является изучение её поверхности и атмосферы с помощью космических аппаратов, на борту которых планируется установить приборы для проведения необходимых измерений. В качестве базового варианта предполагается вывести аппараты на орбиты спутника Венеры и обеспечить доставку спускаемых аппаратов на поверхность планеты [1]. Основные научные задачи проекта нацелены на решение широкого спектра проблем, касающихся изучения особенностей происхождения и эволюции Венеры, ее атмосферы и климата. Ключевой особенностью миссии являются *in situ* (т.е. эксперимент на месте) измерения в атмосфере и на поверхности [2].

Орбитальный аппарат (ОА) выполняет функции ретранслятора и несёт комплекс научной аппаратуры, нацеленной на решение прорывных задач динамики атмосферы, происхождения и эволюции Венеры. Он должен обеспечить срок активного существования не менее 8 лет для обеспечения связи элементов дальнейших миссий с запуском в следующие стартовые окна.

Также в состав космического аппарата планируется включить атмосферный зонд, предназначенный для изучения возможности существования жизни в облаках Венеры и способный изменять высоту плавания. Посадочный модуль спускаемого аппарата обеспечивает важнейшую научную составляющую экспедиции – производит комплексные прямые исследования атмосферы и поверхности Венеры в месте посадки.

В проекте предполагается участие НАСА [3]. Её вкладом будет разработка двух долгоживущих на поверхности Венеры модулей:

- Long Lived In-situ Solar System Explorer (LLISSE) с временем работы более двух месяцев;
- Seismic and Atmospheric Explorer of Venus (SAEVe), предназначенного для изучения внутреннего строения, вулканизма и тектоники Венеры в течение более 4 месяцев.

Предлагаемая программа по исследованию Венеры состоит из нескольких экспедиций. Первые две миссии предполагается запустить в интервале с 2027 по 2031 год. Экспедиция 1 предназначена для исследования поверхности, атмосферы, внутреннего строения и окружающей плазмы Венеры. Экспедиция 2 должна развить Экспедицию 1 в части атмосферного модуля и превращения его в полноразмерный научный аппарат. Также в его состав будут добавлены малые станции, предназначенные для получения профиля атмосферы и аэрозоля.

В докладе рассматривается старт космического аппарата с Земли в диапазоне 2029 – 2031 гг. Выведение КА на траекторию перелёта к Венере выполняется с помощью РН и РБ тяжёлого класса. В качестве основного варианта средства выведения рассматривается РН «Ангара-А5» с РБ типа «ДМ». За двое или более суток до достижения Венеры происходит разделение орбитального (ОА) и спускаемого аппаратов (СА). Спускаемый аппарат продолжает полёт по траектории, обеспечивающей вход в атмосферу. Оставшаяся часть перелётного блока переводится на пролётную гиперболическую относительно Венеры орбиту за счет включения двигательной установки в момент отделения. При достижении окрестности Венеры производится маневр для перевода блока на высокоэллиптическую орбиту её спутника. Помимо научных задач, орбитальный аппарат выполняет задачи ретранслятора для передачи на Землю научных данных, собираемых другими составляющими миссии. Основной орбитальный аппарат и его малый субспутник выводятся на полярную высокоэллиптическую орбиту спутника Венеры с орбитальным периодом в одни земные сутки и высотой перицентра 5000 км или более (соответствующая высота апоцентра при этом около 62000 км).

Продолжительность жизни основного посадочного модуля, включая фазу его парашютного спуска на поверхность, ограничивается высокой температурой атмосферы в её нижних слоях, близких к поверхности (до 460 градусов по Цельсию), ожидается в пределах трёх часов, в это время требуется поддерживать радиолинию со спутником с предельной дальностью 40 000 км между ними [4]. Также планируется вместе с упомянутым основным аппаратом доставить малый (массой не более 20 кг) с ограниченными функциями, но

значительно более длительным временем работы на поверхности – более двух месяцев. Соответственно, для него необходимо обеспечивать возможность передавать информацию на спутник в течение всего этого периода, т.е. их взаимное положение должно быть таковым, чтобы они максимально долго оставались в пределах взаимной видимости. Точки посадки ПМ ограничены топографией поверхности Венеры, соответственно, должны соблюдаться условия по обеспечению безопасности спуска и репрезентативности геологических материалов для изучения.

Что касается планируемой эксплуатации орбитального аппарата, то её длительность ожидается в пределах восьми лет, что означает выполнение требования по эволюции орбиты: за это время высота перицентра (на этот параметр влияет гравитация Солнца) не должна снизиться до величины менее 250 км. Кроме того, темновые интервалы на этой орбите не должны длиться более 60 минут. Анализ длительности баллистического существования показывает, что высота перицентра постоянно уменьшается. После шести лет полёта необходимо проводить коррекции для повышения перицентра орбиты и поддержания дальнейшей работы аппарата. Требования по длительности темновых интервалов выполняются.

### **Литература**

1. Zasova L.V., Gorinov D.A., Eismont N.A., Kovalenko I.D., Abbakumov A.S., Bober S.A. Venera-D: A design of an automatic space station for Venus exploration. *Solar System Research*, 2019, vol. 53(7), pp. 506-510.
2. Н.А. Эйсмонт, Л.В. Засова, А.В. Симонов, И.Д. Коваленко, Д.А. Горинов, А.С. Аббакумов, С.А. Бобер. Сценарий и траектория миссии «Венера-Д» // Вестник «НПО им. С.А. Лавочкина». 2018. № 4. С. 11-18.
3. Glaze L.S., Wilson C.F., Zasova L.V., Nakamura M., Limaye S. Future of Venus research and exploration. *Space Science Reviews*, 2018, vol. 214 (5), pp. 1-37.
4. Kovalenko I.D., Eismont N.A., Limaye S.S., Zasova L.V., Gorinov D.A., Simonov A.V. Micro-spacecraft in Sun-Venus Lagrange point orbit for the Venera-D mission. *Advances in Space Research*, 2019, vol. 66, pp. 21-28, doi: <https://doi.org/10.1016/j.asr.2019.10.027>.

**Ивашкин В.В.**  
доктор физико-математических наук  
профессор  
главный научный сотрудник  
ИПМ им. М.В. Келдыша РАН  
г. Москва

**ВЫРАЖЕНИЕ ДЛЯ ИНТЕГРАЛА ЭНЕРГИИ В ЗАДАЧЕ ДВУХ  
ТЕЛ С УЧЕТОМ СЖАТИЯ ЗЕМЛИ**

**AN EXPRESSION FOR INTEGRAL OF ENERGY IN TWO-BODY  
PROBLEM WITH TAKING INTO ACCOUNT OBLATENESS OF  
THE EARTH**

**Аннотация.** Проанализировано пассивное космическое движение материальной точки (космического аппарата, КА) вблизи сжатой Земли как тела вращения. Сжатие Земли моделируется с помощью второй зональной гармоники гравитационного потенциала. Показано, что для этой системы есть первый интеграл в виде обобщенного интеграла энергии. Первым интегралом здесь является также осевой момент количества движения точки. Получены точные выражения для кеплеровского интеграла энергии и для начальной скорости точки при ее отлете с опорной орбиты спутника Земли к планете или к Луне. Дана численная оценка изменения начальной скорости отлета КА к планете или к Луне – при учете сжатия Земли.

**Ключевые слова:** сжатие Земли, вторая зональная гармоника, первый интеграл; обобщенный интеграл энергии; осевой момент количества движения; Кеплеровский интеграл энергии; начальная скорость отлета к планете.

**Abstract.** The passive space motion of a material point (spacecraft) near the Earth as body of revolution with oblateness is analysed. The oblateness of the Earth is modelled by the second zonal harmonic of the gravitational potential. It is shown that for this system there is the first integral in the form of a generalized integral of energy. The axial angular momentum of the particle is here the first integral, too. Exact analytical expressions are obtained for the Keplerian integral of energy and for the initial velocity of a particle as it leaves the reference orbit of the Earth's satellite to a planet or to the Moon. There is given numerical evaluation of this initial velocity change because of the Earth oblateness.

**Keywords:** oblateness of the Earth, second zonal harmonic, first integral; generalized integral of energy; axial moment of momentum; Keplerian integral of energy; initial velocity of departure to a planet.

В работе исследуется движение КА (или, вообще, материальной точки) вблизи сжатой Земли, как тела вращения. В простейшем случае анализа такой задачи учитывается основной член потенциала  $U_0(\mathbf{r})$ , соответствующий Кеплеровскому невозмущенному случаю, и вторая зональная гармоника  $U_2(\mathbf{r})$  [1]:

$$U = U_0(\mathbf{r}) + U_2(\mathbf{r}); U_0(\mathbf{r}) = \mu/r; \quad (1)$$

$$U_2(\mathbf{r}) = -\frac{\varepsilon}{r^3} \left( \sin^2 \varphi - \frac{1}{3} \right) = -\frac{\varepsilon}{r^3} \left( \frac{z^2}{r^2} - \frac{1}{3} \right), \quad \varepsilon = (3/2) J_2 \mu R_e^2. \quad (2)$$

Здесь:  $\mu$  ( $\approx 398600,4481 \text{ км}^3/\text{с}^2$ ) – гравитационный параметр Земли;  $\mathbf{r}=(x, y, z)$  – геоцентрический радиус-вектор точки, OZ – по оси вращения Земли;  $r=|\mathbf{r}|$ ;  $\varphi$  – геоцентрическая широта КА;  $J_2$  ( $\approx 1082.63 \cdot 10^{-6}$ ) – коэффициент зональной гармоники 2-го порядка [2],  $R_e$  – средний экваториальный радиус Земли:  $R_e \approx 6378.137 \text{ км}$  [3];  $\varepsilon \approx 2.63328 \cdot 10^{10} \text{ км}^5/\text{с}^2$ . Уравнение движения КА имеет вид:

$$d^2 \mathbf{r} / dt^2 = \partial U / \partial \mathbf{r}^*, \quad (3)$$

здесь \* – символ транспонирования. Учитывая (1, 2, 3), получим, что удвоенная механическая энергия точки единичной массы  $h(t)$ , как функция времени  $t$  на траектории точки, постоянна [4]:

$$h(t) = V^2 - 2U = V^2 - 2U_0 - 2U_2 = h_k + \frac{2\varepsilon}{r^3} \left( \frac{z^2}{r^2} - \frac{1}{3} \right) = const, \quad (4)$$

т.е. имеем первый интеграл системы (3) – обобщенный интеграл энергии данной системы. Здесь

$$h_k = V^2 - 2\mu/r - \quad (4a)$$

Кеплеровский интеграл энергии для случая невозмущенного движения. В данном случае тела вращения первым интегралом является, кроме (4), также момент количества движения точки относительно оси вращения OZ [4, 5]:

$$M_z(t) = xV_y - yV_x = const. \quad (5)$$

Из соотношения (4), если применить его к начальной точке  $\mathbf{x}_0(\mathbf{r}_0, \mathbf{V}_0, t_0)$  и некоторой текущей точке  $\mathbf{x}_f(\mathbf{r}_f, \mathbf{V}_f, t_f)$ , получим:

$$h = V_0^2 - \frac{2\mu}{r_0} + \frac{2\varepsilon}{r_0^3} \left( \frac{z_0^2}{r_0^2} - \frac{1}{3} \right) = V_f^2 - \frac{2\mu}{r_f} + \frac{2\varepsilon}{r_f^3} \left( \frac{z_f^2}{r_f^2} - \frac{1}{3} \right). \quad (6)$$

Отсюда следует текущее значение Кеплеровской константы энергии  $h_{kf}$ , выраженное через начальное значение  $h_{k0}$ :

$$h_{kf} = h_{k0} - 2U_{20} + 2U_{2f} = h_{k0} + \frac{2\varepsilon}{r_0^3} \left( \frac{z_0^2}{r_0^2} - \frac{1}{3} \right) - \frac{2\varepsilon}{r_f^3} \left( \frac{z_f^2}{r_f^2} - \frac{1}{3} \right). \quad (7)$$



Используя выражение  $\underline{a} = -\mu/h_K$ , отсюда получим большую полуось  $\underline{a}$  текущей оскулирующей орбиты. В частности, для траекторий отлета с опорной орбиты у Земли к планете или Луне отсюда видно резкое изменение (скачок) элемента  $a$  на начальном участке полета КА – вследствие ограниченности выражения в скобках и быстрого уменьшения сомножителя  $2\varepsilon/r_f^3$  [6, 7].

Соотношение (6) можно использовать и для анализа влияния сжатия Земли на скорость отлета КА с опорной орбиты ИСЗ к планете или к Луне:

$$V_0^2 = h_{kf} + 2\mu/r_0 + 2U_{20} - 2U_{2f} = h_{kf} + 2\mu/r_0 - \frac{2\varepsilon}{r_0^3} \left( \frac{z_0^2}{r_0^2} - \frac{1}{3} \right) + \frac{2\varepsilon}{r_f^3} \left( \frac{z_f^2}{r_f^2} - \frac{1}{3} \right). \quad (8)$$

Анализ этого соотношения (8) показывает, что для учета влияния сжатия Земли на параметры движения КА для случая  $z_0=0$  квадрат начальной скорости должен быть увеличен на величину  $\sim 2\varepsilon/3r_0^3$ , что соответствует необходимому увеличению скорости КА на  $\sim 3\text{м/с}$ .

## Литература

1. Эльясберг П.Е. Введение в теорию полета искусственных спутников Земли. М.: Наука. 1965. 540 с.
2. Chobotov V.A., Editor. Orbital Mechanics. Chapter 8 - Introduction to Orbit Perturbation. AIAA Education Series. AIAA, USA. 2002. 365 p.
3. Охоцимский Д.Е., Сихарулидзе Ю.Г. Основы механики космического полета. М.: Наука. 1990. 448 с.
4. Ивашкин В.В. Применение обобщенного интеграла энергии для анализа движения космического аппарата с учетом сжатия Земли - V.V. Ivashkin. Using generalized integral of energy for analysis of spaceflight dynamics with taking into account the Earth oblateness // Международная научная конференция «ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ МЕХАНИКИ» Москва, 2–4 декабря 2020 г. МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ. Часть 1. Инженерный журнал: наука и инновации # 3·2021. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баума-на, 2021. DOI: 10.18698/2308-6033-2021-3-2067. С. 242-246. <http://engjournal.ru/articles/2067/2067.pdf> <http://www.engjournal.ru/catalog/sciconf/hidden/2067.html>.
5. Арнольд В.И. Математические методы классической механики. М.: Наука. 1979 г. 431 с.
6. Ивашкин В.В. Оптимизация космических маневров при ограничениях на расстояния до планет. М: Наука. 1975. 392 с.
7. Ивашкин В.В. Об оптимальных траекториях полета КА к Луне в системе Земля-Луна-Солнце // Препринт ИПМ им. М.В. Келдыша, 2001 г., № 85. 32 с.

**Ермолаев С.В.**  
**Кустодов А.Ю.**  
**Кутоманов А.Ю.**  
кандидат технических наук  
**Смирнова Е.Д.**  
ЦУП АО «ЦНИИмаш»  
г. Королёв

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА  
МОДЕЛИРОВАНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОРБИТАЛЬНОГО  
ДВИЖЕНИЯ В ЦЕЛЯХ ОПЕРАТИВНОГО БАЛЛИСТИКО-  
НАВИГАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТА  
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И СПУТНИКОВЫХ  
ГРУППИРОВОК**

**ORBITAL MOTION SIMULATION AND VISUALIZATION  
SOFTWARE FOR THE PURPOSE OF REAL-TIME BALLISTICS  
AND NAVIGATION SUPPORT OF SPACECRAFTS AND  
SATELLITE CONSTELLATIONS MOTION**

**Аннотация.** В ЦУП АО «ЦНИИмаш» были разработаны новые программные средства моделирования и визуализации орбитального движения КА с отображением динамической обстановки на карте Земли. В тезисах статьи указаны предпосылки и необходимость их создания, перечислены основные задачи программного комплекса, а также приведены сведения о выполнении требований импортозамещения при разработке. Внедрение разработанных программных средств планируется в службе баллистико-навигационного обеспечения ЦУП.

**Ключевые слова:** моделирование орбитального движения, средства визуализации, оперативное баллистико-навигационное обеспечение, космический аппарат.

**Abstract.** Software for spacecraft orbital motion simulation and visualization, and for displaying the dynamic situation on the Earth map was developed in Moscow Mission Control Center (MCC). The article describes the main objectives of the software and the premise and necessity of its development. Also the article provides information about import substitution requirements fulfillment. The elaborated software future

implementation is planned in the MCC ballistics and navigation support group.

**Keywords:** orbital motion simulation, visualization, real-time ballistics and navigation support, satellite.

В службе баллистико-навигационного обеспечения (БНО) Центра управления полетами (ЦУП) АО «ЦНИИмаш» в качестве задела для будущих НИОКР разрабатываются перспективные средства моделирования и отображения орбитального движения при решении задач БНО полета разнородных КА и орбитальных группировок

Необходимость создания данного программного комплекса вызвана двумя факторами:

- потребностью в осуществлении операционно-временного контроля выполняемых расчетов при работе по программе РС МКС;
- отсутствием инструмента проектирования орбит перспективных КА и космических систем, в том числе многоспутниковых.

В основе ПК лежит созданная в рамках СЧ ОКР «Центр-2025» (База) библиотека стандартных баллистических процедур – набор программных кодов, реализующих базовые методы космической баллистики, необходимые при управлении КА [3]. С использованием функционала данной библиотеки можно создавать программные комплексы для последующего использования в ЦУП автоматических КА и пилотируемых программ, решения проектных и прочих баллистических задач с минимальными доработками.

При обеспечении программы полета Российского сегмента (РС) Международной космической станции (МКС), в частности на динамических участках полета транспортных кораблей (ТК), необходимо осуществлять выдачу баллистической информации в очень сжатые сроки (особенно в случае сближения по «быстрым» схемам), поэтому актуальной является задача отслеживания выполнения циклограммы расчетов, а также отображения динамично меняющейся информации в графическом виде в реальном масштабе времени.

К уже реализованным задачам ПК в части операционно-временного контроля управления полетом РС МКС относятся:

- расчет и отображение динамической обстановки на карте Земли в режиме реального времени (автономный полёт ТК и орбитальной станции; зоны видимости наземных станций и спутников-ретрансляторов; светотеневая обстановка на орбите и пр.);
- оперативный сбор, анализ и отображение сведений о проведении баллистических расчетов на основе информации из базы данных (БД)

службы БНО (отслеживание появления в БД уточненных параметров орбиты КА, моделирование его движения и обновление графики по полученным данным);

- оперативный сбор, анализ и отображение информации о выполнении маневров формирования орбиты (по умолчанию – в рамках заранее заведенной и вручную обновляемой информации в формате xml; в реальном полёте – на основе загрузки информации из телеметрического потока с борта ТК в реальном времени);
- расчет и отображение на карте мира процесса схода ТГК с орбиты и посадки ТПК.

В части моделирования орбитального движения спутниковых группировок в рамках данного ПК решены следующие задачи:

- расчет начальных условий полета КА по заданным элементам орбиты;
- расчет и отображение трассы полета КА;
- расчет и отображение зоны обзора КА;
- расчет и отображение светотеневой обстановки на орбите;
- построение графиков эволюции параметров орбит КА в составе ОГ;
- выбор состава НКУ проектируемой группировки;
- графическое представление задействования средств НКУ

В рамках реализации требований импортозамещения, предъявляемых к ПК, разрабатываемым в ЦУП, на текущий момент запланирована публикация программного продукта в двух операционных системах – Windows (в рамках существующей инфраструктуры службы БНО) и Linux (в рамках перспективных базовых средств БНО). Используемые при разработке технологии обеспечивают кроссплатформенность создаваемого приложения, позволяя собирать его под требуемую ОС без изменения исходного кода.

Верификация и апробация разработанного ПК проводится в рамках решения задач оперативного управления ТК, запускаемых по программе РС МКС, а внедрение программы – в разрабатываемом баллистическом информационно-вычислительном комплексе перспективного транспортного корабля нового поколения (ПТК НП). В части проектных задач ПК может быть использован для визуализации баллистического построения спутниковых группировок, при расчете площади покрытия поверхности Земли зонами обзора КА, при расчете перспективного наземного контура управления спутниковыми группировками.

## Литература

1. А.И. Назаренко, Б.С. Скребушевский. Эволюция и устойчивость спутниковых систем. – М.: Машиностроение – 1981 г. – 284 с.: ил.
2. Соловьев В.А., Лысенко Л.Н., Любинский В.Е. Управление космическим полетом. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2009 ч.1 – 476 с.
3. Паненко В.С., Кустодов А.Ю., Кутоманов А.Ю., Ермолаев С.В., Ковалева М.В. Единый перспективный программно-математический комплекс баллистико-навигационного обеспечения КА различного назначения // Печатный сборник статей VII научно-технической конференции молодых ученых и специалистов ЦУП ЦНИИмаш, 2017, стр.132-147
4. Кутоманов А.Ю. Оптимизация алгоритмов организации баллистико-навигационного обеспечения в условиях управления большим количеством космических аппаратов. // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. 2015. Т. 19. № 3. С. 118-124.

УДК 629.78.086

eLIBRARY.RU: 89.00.00: 30.00.00

**Кирилюк Е.В.**

старший преподаватель

МГТУ им. Н.Э. Баумана

г. Москва

младший научный сотрудник

НИЦ ЦНИИ ВКС Минобороны РФ

г. Королёв

**Степанов М.Н.**

кандидат технических наук

старший научный сотрудник

4 ЦНИИ Минобороны РФ

г. Королёв

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДОСТАВКИ ПОЛЕЗНОГО ГРУЗА КРИТИЧЕСКОЙ МАССЫ НА ГЕОСТАЦИОНАРНУЮ ОРБИТУ

## AN ANALYSIS OF POSSIBILITIES TO LAUNCH A SPACECRAFT OF EXTREMELY LARGE MASS INTO THE GEOSTATIONARY ORBIT

**Аннотация.** Проанализированы возможности доставки полезного груза критически большой массы на геостационарную орбиту в условиях ограниченного времени выведения. Показана невозможность выполнения задачи существующими разгонными блоками при применении стандартных схем выведения. Предложено три варианта решения задачи: путём оптимизации «прямой» схемы выведения и с применением некомпланарных биэллиптических манёвров – при установке на разгонный блок дополнительной ступени с малым запасом характеристической скорости и без её установки.

**Ключевые слова:** геостационарная орбита, оптимальная траектория, средства выведения, разгонный блок, принцип максимума Понтрягина, биэллиптическая траектория, многоступенчатый орбитальный блок.

**Abstract.** Possible scenarios of launching a spacecraft of extremely large mass into geostationary orbit subject to flight time limitation are analyzed. Research shows that standard transfer schemes do not allow to reach the goal. Three possible scenarios to solve the problem are proposed: optimization of so-called direct scheme, use of non-coplanar bi-elliptic scheme with/without installation of additional booster stage with a small amount of characteristic velocity on the main space tug.

**Keywords:** geostationary orbit, optimal trajectory, launch vehicles, space tug, maximum principle, bi-elliptic transfer, multistage orbital unit.

В работе проанализированы возможности доставки существующими и модернизируемыми разгонными блоками (РБ) полезного груза (ПГ) критически большой массы с опорной орбиты на геостационарную в условиях ограниченного времени выведения. Рассмотрено применение двух РБ с различными массово-энергетическими характеристиками, близкими к существующим: РБ сравнительно низкой тяговооруженности ( $n_0 \approx 0,1$ ), имеющего в своём составе сбрасываемый топливный бак (СТБ), отделяемый в промежуточной точке траектории – далее РБ1, и РБ сравнительно высокой тяговооруженности ( $n_0 \approx 0,4$ ) без СТБ – далее РБ2.

Показана невозможность выполнения задачи посредством применения типовых схем «прямого» выведения. В качестве альтернативных схем, повышающих энергетическую эффективность применения средств выведения, могут рассматриваться: биэллиптический перелёт, перелёт с применением лунного гравитационного манёвра и комбинированное выведение с использованием малой тяги.

Одним из эффективных способов повышения доставляемой на ГСО массы ПГ при наклонении опорной орбиты свыше 30 градусов является применение схемы выведения с облётом Луны, рассмотренной в работах [1] – [3]. Увеличение массы ПГ также возможно за счёт использования энергии электрореактивной двигательной установки (ЭРДУ), т.е. применения схемы, в рамках которой РБ осуществляет выведение на некую переходную к ГСО орбиту. Задача оптимизации перелётов с применением ЭРДУ рассмотрена, например, в работах [4] – [6]. Однако в рамках настоящего исследования время перелёта на ГСО является ограниченным – не более трёх суток. Таким образом, использование гравитационного поля Луны или длительное доведение с помощью ЭРДУ невозможно.

В работе предложено три варианта решения задачи доставки ПГ на ГСО. Первый предусматривает оптимизацию схемы «прямого» выведения. Второй и третий – применение биэллиптических некомпланарных манёвров с различной технической реализацией.

Стандартная схема выведения для РБ1, применяемая на практике, в случае перелёта с низкой околокруговой орбиты (НОО) содержит два перицентрических и один апоцентрический активных участков (АУ). Характеристические скорости, обрабатываемые на АУ, и параметры промежуточных орбит, им соответствующие, обычно подбираются таким образом, чтобы сброс СТБ РБ осуществлялся на втором перицентрическом АУ. В настоящей работе была проведена оптимизация схемы «прямого» выведения для РБ1 на основе применения принципа максимума Л.С. Понтрягина [7] в постановке для многоступенчатого средства выведения (разрывной системы [8]). Результаты расчётов показали, что при рассматриваемых исходных данных более энергетически выгодным является сброс СТБ в апогее переходной траектории. Кроме того, опираясь на ранее полученные результаты [9], [10], было показано, что решить поставленную задачу позволяет увеличение количества перигейных АУ до трёх. Продолжительность полученной схемы выведения при этом находится в пределах ресурса работы РБ1.

Для РБ2 стандартной схемой выведения ПГ с НОО является двухимпульсная. В силу сравнительно высокой тяговооруженности, увеличение количества перигейных активных участков, согласно [10], не приносит сколько-нибудь существенного увеличения достижимой массы ПГ. Поэтому для решения задачи доставки ПГ на ГСО для РБ2 рассматривались траектории биэллиптического перелёта [11].

Несмотря на то, что биэллиптические манёвры давно изучены и хорошо описаны в литературе, их применение на практике сопряжено с рядом технических сложностей. Так, для рассматриваемой задачи потребное для доставки ПГ заданной массы время перелёта оказалось существенно больше ресурса работы РБ2. Мероприятия, нацеленные на увеличение ресурса работы РБ, сопряжены с увеличением массы конструкции РБ, которое, в свою очередь, влечёт за собой увеличение продолжительности перелёта, обеспечивающего доставку ПГ заданной массы на ГСО. В работе приведена оценка потребной продолжительности перелёта с учётом возможного прироста массы конструкции РБ2.

В качестве альтернативного варианта решения задачи с применением РБ2 рассмотрено дооснащение орбитального блока дополнительной ступенью с малым запасом характеристической скорости, включающей в свой состав существующий химический двигатель малой (по сравнению с маршевым двигателем РБ2) тяги. Параметры оптимальной траектории перелёта для этого расчётного случая также были получены на основе применения принципа максимума в постановке для многоступенчатого средства выведения.

По итогам проведённых исследований проанализированы пути повышения эффективности использования энергетических возможностей рассмотренных средств выведения и сформированы соответствующие рекомендации, с учётом технических сложностей и преимуществ реализации предложенных схем выведения.

## **Литература**

1. Ивашкин В.В., Тупицын Н.Н. Об использовании гравитационного поля Луны для выведения космического аппарата на стационарную орбиту спутника Земли // Космические исследования. – 1971. – Т. IX. – Вып. 2. – С. 163–172.
2. Ивашкин В.В. Оптимизация космических манёвров при ограничениях на расстояния до планет. – М.: Наука, 1975. – 392 с.
3. Траектории перелёта на геостационарную орбиту при использовании гравитационного поля Луны / Белоусов С.В.,



- Ивашкин В.В. // Препринты ИПМ им М.В. Келдыша, № 41. – Москва: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2017. – 36 с. doi: 10.20948/prepr-2017-41.
4. Петухов В.Г. Оптимизация траекторий космических аппаратов с электрореактивными двигательными установками методом продолжения: Дис... докт. тех. наук. – М.: МАИ, 2013. – 223 с.
5. Fadeenkov P.V., Ishkov S.A. Optimum program of control of continuous low-trust at flight between noncoplanar elliptical and geostationary orbits // AIP Conference Proceedings. – 2018. – Vol. 2046.
6. Salmin V.V., Petrukhina K.V., Chetverikov A.S. Optimizing Ballistic Schemes for Transfer to Geostationary Orbits by Electric Propulsion // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 185 – P. 168–173.
7. Понтрягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В., Мищенко Е.Ф. Математическая теория оптимальных процессов. – М.: Физматгиз, 1961. – 393 с.
8. Величенко В.В. О задачах оптимального управления для уравнений с разрывными правыми частями // Автоматика и Телемеханика. – 1966. – № 7. – С. 20–30.
9. Кирилук Е.В., Корянов В.В., Степанов М.Н. Минимизирующие последовательности траекторий перелета космического аппарата с низкой круговой орбиты на высокоэнергетические орбиты различных типов // Труды Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского. – 2017. – № 656. – С. 74–78.
10. Кирилук Е.В., Степанов М.Н. Анализ влияния массово-энергетических характеристик орбитального блока на выбор оптимальной схемы выведения КА на геостационарную орбиту. // Материалы 54-х Научных чтений памяти К.Э. Циолковского «Научное наследие и развитие идей К.Э. Циолковского». Часть II. – 2019. – С. 37–39.
11. Сихарулидзе Ю.Г. Баллистика и наведение летательных аппаратов. – М.: Бинوم, 2011. – 352 с.

**Секция 4**  
**К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И ПРОБЛЕМЫ КОСМИЧЕСКОЙ**  
**БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЫ**

УДК:579.65  
eLIBRARY.RU:34.51.17

**Ильин В.К.**

доктор медицинских наук, профессор  
зав. лаб. микробной экологии человека  
ГНЦ РФ ИМБП РАН  
г. Москва

**Соловьёва З.О.**

кандидат биологических наук  
старший научный сотрудник  
ГНЦ РФ ИМБП РАН  
г. Москва

**Царёв В.Н.**

доктор медицинских наук  
профессор  
заслуженный работник высшей школы РФ  
Директор НИМСИ  
зав.каф. микробиологии, вирусологии, иммунологии  
МГМСУ им. А.И. Евдокимова

**Ловцевич С.М.**

кандидат медицинских наук  
Институт Аналитической Токсикологии  
г. Москва

**Быстрова О.В.**

кандидат химических наук  
старший научный сотрудник  
Институт Аналитической Токсикологии  
г. Москва

**Подпорин М.С.**

кандидат медицинских наук  
младший научный сотрудник  
лаб. молекулярно–биологических исследований  
НИМСИ МГМСУ им. А.И. Евдокимова

**Рыкова М.П.**

доктор медицинских наук  
вед.н.с. ГНЦ РФ ИМБП РАН г. Москва

**Скедина М.А.**

кандидат медицинских наук  
ведущий научный сотрудник  
ГНЦ РФ ИМБП РАН  
г. Москва

**Ковалёва А.А.**

Младший научный сотрудник  
ГНЦ РФ ИМБП РАН  
г. Москва

**Носовский А.М.**

доктор биологических наук  
ведущий научный сотрудник  
ГНЦ РФ ИМБП РАН  
г. Москва

**Шеблаева А.С.**

научный сотрудник  
ГНЦ РФ ИМБП РАН  
г. Москва

## **КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ТКАНЕЙ ПАРОДОНТА В ДО И ПОСЛЕ ИЗОЛЯЦИОННОГО ПЕРИОДА**

### **COMPLEX ESTIMATION OF PERIODONTIC TISSUE STATUS DURING AND AFTER ISOLATION PERIOD**

**Аннотация.** В двухнедельном эксперименте в герметично замкнутом пространстве, имитирующем капсулу космического корабля, проводилась комплексная оценка состояния тканей пародонта. Фиксировались изменения динамики микрофлоры полости рта, повышение иммуноглобулинов и цитокинов. Проверялось увеличение роста пародонтопатогенов и снижение регионального кровотока в пародонте вследствие гипоксии и гипокинезии. Также проверялась возможность использования аутопробиотика для коррекции дисбиотических состояний ротовой полости у испытуемых.

**Abstract.** In a two-week experiment in a hermetically sealed space simulating a spaceship capsule a comprehensive assessment of periodontal tissues is carried out, changes in the dynamics of oral microbiota are recorded, namely: the increase in immunoglobulins and cytokines. Increased growth of periodontal pathogens and decreased regional blood flow in the periodontium due to hypoxia and hypokinesis is tested. The

possibility of using autoprobiotic for correction of dysbiotic conditions of the oral cavity in probationers is also tested.

**Ключевые слова:** пародонт, иммуноглобулины, цитокины, микроциркуляция, аутопробиотик, дисбиотические состояния.

**Keywords:** periodontium, immunoglobulins, cytokines, microcirculation, autoprobiotic, dysbiotic conditions.

### Материалы и методы

Исследование проведено с участием 6 практически здоровых добровольцев (4 мужчин и 2 женщины) в возрасте от 24 до 44 лет, получивших допуск врачебно-экспертной комиссии и подписавших Информированное согласие на участие в эксперименте согласно с Хельсинской декларацией. Программа эксперимента была одобрена Комиссией по биомедицинской этике при ГНЦ РФ – ИМБП РАН (протокол № 571 от 1.04.2021г.).

В ходе эксперимента испытуемые – добровольцы в течение 14 суток находились в замкнутом, герметичном пространстве, имитирующем капсулу космического корабля. Затем волонтерам давался аутопробиотик на 7 сутки после выхода из эксперимента. В ходе всего эксперимента проводилась комплексная оценка состояния тканей пародонта, включающая клинические, микроциркуляторные, микробиологические и иммунологические исследования в условиях герметизированного объекта.

Все исследования проводились натощак, перед «очищением» зубов.

Для исследования методом масс-спектрометрии проводилось взятие «нестимулированной» слюны в течение двух минут, с использованием стандартной стерильной пробирки для забора слюны, также проводился забор десневой жидкости с помощью стерильных ершиков в области 6 нижних зубов (моляров) с язычной стороны нижней челюсти. Отбор десневой жидкости производился между 1 и 2 резцами справа и слева на верхней челюсти и между 1 и 2 резцами справа и слева на нижней челюсти снаружи.

Концентрацию иммуноглобулинов (sIgA, IgA, IgM) и цитокинов (IL6, IL8, IL1 $\beta$ , INF $\gamma$ , TNF $\alpha$ , IL4) в ротовой жидкости определяли методом ИФА [1] с помощью наборов реагентов ЗАО «Вектор – Бест». Для статистической обработки результатов исследований использовали научно – статистический пакет «Statistica v6.0».

Клиническая оценка состояния пародонта включала в себя оценку индекса гигиены по «Фёдоров-Володкиной», окрашивание зубов 43,42,41,31,32,33 с помощью жидкости для индикации зубного налета President Plaque Test для оценки гигиенического статуса полости рта,

определение кислотности среды полости рта с помощью метода рН-метрии - измерение с помощью универсальной индикаторной бумаги «Экрос».

Оценка кровотока в тканях пародонта проводилась с использованием метода ультразвуковой доплеровской флоуметрии (УЗДФ) [2]. Для этого применяется ультразвуковой высокочастотный доплерограф «Минимакс Допплер-К» (Санкт-Петербург) с ультразвуковым датчиком непрерывного излучения, рабочая частота которого составляет 20 МГц

### **Результаты и обсуждение**

У обследуемых на 7-14 сутки после выхода наблюдалось стойкое ? уменьшение до нормы пародонтопатогенов, снижение уровня провоспалительных цитокинов (IL1, IL6, IL8, TNF $\alpha$ ) и иммуноглобулинов (IgM, IgA, sIgA). Наряду с этим наблюдалась позитивная динамика? противовоспалительного интерлейкина IL4.

У обследуемых, наблюдалось снижение кровотока на фоне нахождения в герметизированном пространстве и его увеличение до нормы после выхода (на 7-14 сутки).

Было показано увеличение кислотности среды полости рта до выхода и неудовлетворительное состояние гигиены полости рта по индексу «Фёдора-Володкиной», уменьшение кислотности среды до значений от 4 до 6 на 7-14 сутки после выхода из гермокамеры при удовлетворительном гигиеническом индексе.

### **Литература**

1. Цибульский А., Ягудина Л., Анцилевич Л. Иммуноферментный анализ. - LAP Lambert Academic Publishing, 2014 – 128с.
2. Крупаткин А.И., Сидоров В. В. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови. - М: Медицина; 2005. – 254с.

УДК 612.085.4

eLIBRARY.RU 06.73.21

**Ильин В.К.**

доктор медицинских наук, профессор  
зав. лаб. микробной экологии человека  
ГНЦ РФ ИМБП РАН  
г. Москва

**Комиссарова Д.В.**

кандидат биологических наук

**Усанова Н.А.**

**ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИЁМА ПИЩЕВОЙ ДОБАВКИ  
НА ОСНОВЕ ПРОБИОТИКА И КАЛЬЦИЯ НА СОСТОЯНИЕ  
ЕСТЕСТВЕННЫХ БАРЬЕРОВ КОЛОНИЗАЦИИ ЧЕЛОВЕКА,  
НАХОДЯЩЕГОСЯ В УСЛОВИЯХ ПОВСЕДНЕВНОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**INFLUENCE OF LONG-TERM ADMINISTRATION OF A FOOD  
SUPPLEMENT BASED ON PROBIOTICS AND CALCIUM ON THE  
STATE OF NATURAL BARRIERS OF HUMAN COLONIZATION  
IN THE CONDITIONS OF DAILY ACTIVITY**

**Аннотация.** сравнительное исследование использования в качестве пробиотического средства ферментативного напитка брожения на основе сахаромецет, с добавлением лактобацилл, энтерококков и бифидобактерий, содержащий также кальций, витамин Д и фитазу выявило, что регулярный приём данного напитка стабилизирует микрофлору кишечника и верхних дыхательных путей у людей, находящихся в условиях повседневной деятельности.

**Ключевые слова:** модельные эксперименты, микробиология, пробиотики.

**Abstract.** A comparative study of the use of an enzymatic fermentation drink based on Saccharomycetes with the addition of lactobacilli, enterococci and bifidobacteria, as well as calcium, vitamin D and phytase as a probiotic agent, revealed that regular intake of the drink stabilizes the intestinal and upper respiratory tract microflora of individuals in everyday conditions activities.

**Keywords:** model experiments, microbiology, probiotics.

Одной из гипотез, объясняющих происходящие изменения со стороны костной ткани человека, является предположение о нарушении усвоения поступающих с пищей кальция и витамина D, на фоне изменений пищеварительного тракта и развития синдрома нарушения колонизационной резистентности у космонавтов [1]. Предполагается, что во время лунных экспедиций и при освоении дальнего космоса эти процессы могут усугубляться, в связи с возрастающей нагрузкой на физиологические системы организма человека экстремальных условий среды обитания. [2,3] В этой связи,

представляется важным разработать и протестировать новый продукт питания – ферментативный напиток на основе сахаромидет, с добавлением лактобацилл, энтерококков и бифидобактерий, содержащий кальций, витамин Д и фитазу для оценки его влияния на состояние микробиоценоза. Основной целью эксперимента была оценка эффективности пищевой добавки на состояние естественных барьеров колонизации и видового состава микрофлоры у добровольцев, находящихся в условиях повседневной деятельности.

### **Материалы и методы**

Программа исследований была рассмотрена на секции «Космическая физиология и биология» Учёного совета ГНЦ РФ - ИМБП РАН (Протокол №7 от 28 ноября 2019 г.), одобрена биоэтической комиссией ИМБП (Протокол №547 от 9 июля 2020 г.) и полностью соответствует принципам Хельсинской декларации 1964 г.

10 обследуемых (8 женщин и 2 мужчин), находящихся в повседневных привычных условиях жизнедеятельности, принимали в течение 3 месяцев по 200 мл напитка брожения (2 раза в сутки, утром и вечером). По условиям эксперимента весь период исследования обследуемые не должны были принимать антибиотики, а также лекарственные препараты и биологически-активные добавки, влияющие на «костный статус».

Для оценки состояния микрофлоры собирались образцы кала и мазки со слизистых оболочек верхних дыхательных путей (полость носа, носоглотка), пятикратно в течение эксперимента: за две недели до начала приёма пробиотического напитка, затем четыре раза через каждые 30 дней. Полученные микробиологические образцы высевались и культивировались по стандартной методике, с последующей оценкой общего микробного числа и расчета эубиотического индекса, который представлял соотношение числа положительных изменений в микрофлоре к числу отрицательных по каждому из биотопов.

### **Результаты**

Микрофлора кишечника характеризовалась стабилизацией в течении всего времени эксперимента. Главным образом, это достигалось за счет стабилизации протективного компонента – лактобацилл и бифидобактерий, которые поддерживались на высоком уровне. Условно-патогенные микроорганизмы численно колебались от высоких величин, до весьма незначительных. Периодически возникали пиковые увеличения сахаромидет и энтерококков, как следствие приема препарата. Эубиотический индекс на протяжении всего периода приёма пробиотического препарата, а также через две недели

после его завершения, оставался больше 1, что свидетельствует о преобладании положительных изменений над отрицательными.

В течении первых двух месяцев приёма пробиотического напитка количественные и видовые показатели состава микрофлоры верхних дыхательных путей характеризовались негативными изменениями, связанными с ростом условно-патогенного компонента – золотистого стафилококка, других представителей кокковой флоры, а также грамотрицательных бактерий. Однако, на заключительном этапе, на третьем месяце приёма напитка, положительные изменения преобладали за счет элиминации условно-патогенной микрофлоры и количественного роста протективной микрофлоры.

Работа выполнена при частичной поддержке базовой тематики РАН № 64.2 «Исследование функции желудочно-кишечного тракта при адаптации организма человека к искусственной среде обитания и способы коррекции дисбактериозов с помощью аутопробиотиков».

### **Литература**

1. Sakai, Takafumi et al. Probiotics into outer space: feasibility assessments of encapsulated freeze-dried probiotics during 1 month's storage on the International Space Station. Scientific reports vol. 8,1 10687. 16 Jul. 2018, doi:10.1038/s41598-018-29094-2
2. Turrone Silvia, Magnani Marciane, KC Pukar, Lesnik Philippe, Vidal Hubert, Heer Martina Gut Microbiome and Space Travelers' Health: State of the Art and Possible Pro/Prebiotic Strategies for Long-Term Space Missions. *Frontiers in Physiology*. V11. 2020. P.11-35 URL=<https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fphys.2020.553929>
3. Jiang P, Green SJ, Chlipala GE, Turek FW, Vitaterna MH. Reproducible changes in the gut microbiome suggest a shift in microbial and host metabolism during spaceflight. *Microbiome*. 2019 Aug 9;7(1):113. doi: 10.1186/s40168-019-0724-4. PMID: 31399081; PMCID: PMC6689164.

УДК 629.786

eLIBRARY.RU 34.00.00; 76.00.00; 89.00.00

**Дымова А.А.**  
**Поддубко С.В.**  
**Шеф К.А.**  
**Дешевая Е.А.**  
**Харин С.А.**  
**Гуридов А.А.**  
ГНЦ РФ ИМБП РАН



## СРЕДА ОБИТАНИЯ РС МКС. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

**Аннотация.** Поддержание нормальной микрофлоры в воздушной среде и на внутренних поверхностях Российского сегмента (РС) МКС является одним из ведущих аспектов многолетней эксплуатации МКС. Регулярно проводятся отборы проб из воздушной среды и с поверхностей оборудования и интерьера на борту. В случае превышения нормативов такие изменения могут негативно сказаться на работе станции и на здоровье членов экипажа.

**Ключевые слова:** микрофлора среды, замкнутые объекты, микробиология

**Abstract.** The maintenance of normal microflora in the air environment and on the internal surfaces of the Russian segment (RS) of the ISS is one of the leading aspects of the long-term operation of the ISS. Samples are regularly taken from the bottom of the air environment and from the surfaces of the equipment and interior on board. If the standards are exceeded, such changes may negatively affect the operation of the station and the health of the crew members.

**Keywords:** microflora of the environment, closed objects, microbiology of the environment

В течение всего периода эксплуатации РС МКС проводятся исследования микробного сообщества во внутренней среде космического объекта, которые продолжаются и в настоящее время. В многолетней динамике исследуется микрофлора воздуха, конструкционных материалов оборудования и интерьера. Данные исследования проводятся в рамках медицинских операций.

### Материалы и методы

Отбор микрофлоры воздуха проводится обычно не реже чем 1 раз в 3 месяца.

Отбор проб микрофлоры газовой среды проводится с помощью оборудования «Экосфера» которое включает в себя воздушный пробоотборник SAS фирмы PBI International, осуществляющий забор воздушных проб аспирационно-седиментационным методом, наборы чашек Петри с питательными средами: среда №1 триптиказо-соевый агар – для выделения бактерий и среда № 2 среда Чапека – для выделения плесневых форм грибов, которые доставляются на орбитальный комплекс по мере их расходования с грузовыми

транспортными кораблями, холодильник - термостат «Криогем-03» и вкладыш с перечнем зон, в которых проводится отбор проб.

Исследования проб воздуха (инкубирование посевов, учет результатов) производится членами экипажа непосредственно на борту с передачей полученной информации на Землю по радиоканалам. В тех случаях, когда отбор проб проводится в конце срока работы экипажа (за 1-2 дня до расстыковки транспортного корабля с орбитальным комплексом, производится доставка чашек Петри с посевами микроорганизмов на Землю для получения более полного представления о видовой структуре микроорганизмов, а также для выделения тест-культур микроорганизмов с целью их изучения, формирования коллекций штаммов для дальнейших исследований.

Для санитарно-микробиологической оценки поверхностей МКС на борту станции проводится отбор проб с интерьера и оборудования в рамках бортовой штатной методики «Контроль санитарно-эпидемиологического состояния» (МО-22). Отбор проб проводится за 1-2 дня до окончания работы каждой экспедиции.

### **Результаты**

В процессе работы каждой экспедиции проводится отбор и анализ микробиологических проб, благодаря которым обнаружено более 100 видов различных бактерий и микроскопических грибов. Уровень контаминации микроорганизмов со средой строго контролируется и в случае превышения нормативов производится обработка необходимых зон с помощью дезинфицирующего средства, поступающего на борт, так как такие изменения могут негативно сказаться на работе станции и на здоровье членов экипажа.

За весь период эксплуатации МКС было отобрано более 1000 проб аэрозольной фазы и более 1530 проб с поверхностей в РС. Из полученных данных следует, что все изолированные из МКС бактерии принадлежали к одной из 5-ти групп: 4, 5, 17, 18 и 20. Всего из среды обитания МКС было изолировано 13 родов микроорганизмов. Наибольшее число видов бактерий было изолировано с поверхностей интерьера и оборудования.

Видовой состав бактерий, обнаруженных в МКС, отличался значительным разнообразием. В основном это были грамположительные кокки, грамотрицательные аэробные либо факультативно-аэробные палочки и спорообразующие палочки.

Постоянными обитателями среды РС МКС являются микроорганизмы представители слизистых оболочек и кожных покровов человека - родов *Staphylococcus*, *Corynebacterium*, *Micrococcus*. Помимо типичных представителей аутомикрофлоры

человека, в среде обитания часто обнаруживали условно патогенные виды – возбудители оппортунистических инфекций (*Staphylococcus aureus*, *Streptococcus* sp.) и спорообразующие бактерии рода *Bacillus*, а также грамотрицательные неферментирующие бактерии, являющиеся обитателями природных резервуаров.

Состав грибного компонента отличался разнообразием и представлен в основном микромицетами родов *Aspergillus*, *Penicillium* и *Cladosporium*.

Таким образом, в результате медицинских операций, выполненных на Международной космической станции, из среды обитания были выделены и идентифицированы микроорганизмы, среди которых присутствовали как условно патогенные бактерии и грибы, так и организмы – технофилы, способные вызывать биоповреждения полимерных материалов и биокоррозию металлов.

Анализ данных по результатам микробиологических исследований на МКС свидетельствует о том, что среда обитания космического объекта является своеобразной экологической нишей, в которой осуществляют свою жизнедеятельность бактерии и микроскопические грибы. В качестве основного местообитания указанные микроорганизмы используют декоративно-отделочные и конструкционные материалы внутреннего объема станции.

УДК 576.8.078:663.1

eLIBRARY.ru 89.15.00 2075-9843

**Ильин В.К.**

доктор медицинских наук, профессор  
зав. лаб. микробной экологии человека  
ГНЦ РФ ИМБП РАН

**Соловьёва З.О.**

кандидат биологических наук  
старший научный сотрудник,  
ГНЦ РФ ИМБП РАН

**Скедина М.А.**

кандидат медицинских наук  
ведущий научный сотрудник  
ГНЦ РФ ИМБП РАН

**Носовский А.М.**

доктор биологических наук  
ведущий научный сотрудник  
ГНЦ РФ ИМБП РАН

**Кривоногов И.А.**  
младший научный сотрудник  
ГНЦ РФ ИМБП РАН  
г. Москва

## **К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ МИКРОБНОГО СТАТУСА ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ 14-СУТОЧНОГО ИЗОЛЯЦИОННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

### **PERTAINS TO DETERMINATION OF THE HUMAN MICROBIAL STATUS IN A 14-DAY ISOLATION EXPERIMENT**

**Аннотация.** Эксперимент проводился в Наземном экспериментальном комплексе (НЭК) ГНЦ РФ-ИМБП РАН в экспериментальной установке объемом 50 м<sup>3</sup> (ЭУ-50), с помощью которой создавались условия изоляции с искусственной средой обитания. Основа сценария эксперимента – 14-суточная изоляция экипажа, моделирующая полет на Луну в корабле малого объема с высадкой на ее поверхность. При проведении эксперимента нами было уделено особое внимание состоянию микрофлоры испытуемых, а также изменениям её уровня микробной обсемененности во время последующих отборов проб. Это необходимо для диагностики дисбиотических состояний микрофлоры испытуемых в условиях изоляции. А использование при данной диагностике компьютерного анализа изображений микробных клеток может позволить более быстро проводить микробиологические обследования с сохранением точности, что также позволяет выполнять диагностику не только в лабораторных условиях. Благодаря компьютерному анализу и получаемым изображениям микробных клеток возможно создание электронной базы данных микрофлоры человека, которая является основой электронного атласа, позволяющего определять микробный статус человека. Его определение с помощью данного метода способствует раннему выявлению дисбиотических сдвигов.

**Ключевые слова:** микробный статус человека, метод компьютерной обработки оцифрованных изображений микробных объектов, электронная база данных микрофлоры человека, электронный атлас.

**Abstract.** The experiment conducted in a Ground-based experimental complex (GEC) of SSC RF-IMBP RAS in an experimental installation with a volume of 50m<sup>3</sup> (EU-50), which was used to create conditions of isolation with an artificial habitat. The basis of the experiment scenario is a 14-day

isolation of the crew, simulating a flight to the Moon in a small-volume ship with a landing on the surface. During the experiment, we paid attention to the state of the microflora of the subjects, as well as changes of the level of microbial contamination during subsequent sampling. This is necessary for the diagnosis of dysbiotic states of the microflora of the subjects in isolation. And the use of computer analysis of images of microbial cells in this diagnosis can allow to do microbiological examination faster while maintaining accuracy, which also allows for diagnostics not only in the laboratory. Thanks to computer analysis and the resulting images of microbial cells, it is possible to create an electronic database of human microflora, which is the basis of an electronic atlas that allows you to determine the microbial status of a person. Its determination using this method contributes to the early detection of dysbiotic shifts.

**Keywords:** microbial status of human, technique of computer processing of digitized images of the microbial objects, electronic databases of bacterial population of human, electronic atlas.

Целью наших исследований являлась диагностика дисбиотических состояний микрофлоры испытуемых в условиях двухнедельной изоляции для дальнейшего формирования электронной базы данных микрофлоры исследуемых биотопов.

#### **Материалы и методы**

Проведены исследования назофарингеальной микрофлоры и микрофлоры кожных покровов испытуемых в условиях изоляции во время проводимого эксперимента. Основным действующим фактором в исследовании является изоляция с искусственной средой обитания [2, 4]. Эксперимент направлен на изучение психологических и иммунологических аспектов острого периода адаптации гендерносмешанного экипажа к изоляции в гермообъекте малого объёма с искусственной средой обитания. Данные получены с использованием компьютерного анализа изображений микробных клеток, а также бактериологического метода исследования микрофлоры испытуемых. Основным инструментом для проведения компьютерного анализа является – цифровой анализатор. Он представляет собой биологический микроскоп, оснащенный автоматическим предметным столиком, цифровой видеокамерой и управляющим компьютером со специализированным программным обеспечением [1].

В эксперименте принимали участие 6 практически здоровых добровольцев – четверо мужчин и две женщины в возрасте от 24 до 44 лет, получивших допуск врачебно-экспертной комиссии и

подписавших Информированное согласие на участие в эксперименте согласно с Хельсинкской декларацией. Программа эксперимента была одобрена Комиссией по биомедицинской этике при ГНЦ РФ – ИМБП РАН (протокол № 571 от 01.10.04.2021 г.). Отбор проб осуществлялся в следующие сроки: фон (-7 сутки), вход, выход (0-е сутки), 6-е сутки после эксперимента, 18-е сутки после эксперимента. Все исследования проводились натощак, перед чисткой зубов. Изучалась назофарингеальная микрофлора (слизистые оболочки носа, ротовой полости), а также микрофлора кожных покровов (подмышка, промежность). Взятие проб проводилось с помощью стандартных стерильных ватных тампонов. Эта операция является безболезненной и не травматичной. Данные исследования были получены с использованием стандартного бактериологического метода исследования микрофлоры человека и метода компьютерной обработки оцифрованных изображений микробных объектов [3, 6]. Для статистической обработки результатов исследований использовали научно-статистический пакет «Statistica v6.0».

### **Результаты и обсуждение**

По результатам анализа данных основная микрофлора слизистых оболочек и кожных покровов была представлена в большинстве анализов грамположительными кокками (*Staphylococcus spp.*, *Enterococcus spp.*, *Streptococcus spp.*). В частности, у некоторых испытуемых был обнаружен *Staphylococcus aureus*. Уровень микробной обсемененности кожных покровов и слизистых оболочек расположен в пределах от  $10^1$  до  $10^8$  [КОЕ/тампон]. В свою очередь, грамотрицательная микрофлора варьируется от  $10^1$  до  $10^3$  [КОЕ/тампон]. Она была представлена преимущественно *Escherichia coli*, *Klebsiella spp.*.

Графически результаты анализа для грамположительной микрофлоры представлены на рисунке 1.

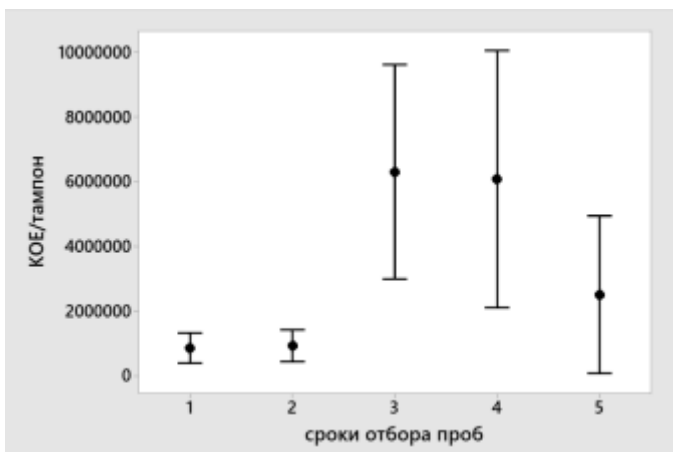


Рис. 1 Уровень микробной обсемененности слизистых оболочек и кожных покровов операторов грамположительной микрофлорой в условиях эксперимента

По вертикальной оси – уровень микробной обсемененности [КОЕ/тампон];

По горизонтальной оси – сроки отбора проб:

1 – фон (-22 сут.), 2 – вход, 3 – выход (0-е сутки), 4 – 6-е сутки после эксперимента, 5 – 18-е сутки после эксперимента.

Исходя из графика, наибольшая достоверность в сравнении с другими этапами исследования была достигнута во время фона и входа. Это обусловлено результатами показателей, которые имеют наименьший разброс между собой, что и делает их более достоверными [5]. Также в зависимости от сроков отбора проб наблюдается динамика среднего уровня микробной обсемененности. В особенности стоит обратить внимание на его возрастание от входа до 6-х суток после эксперимента с последующим убыванием на 18-е сутки после эксперимента.

Также помимо приведённых результатов на графике, была выявлена доля микрофлоры по биотопам, в соответствии с которой была составлена диаграмма в процентном соотношении (рис. 2.).

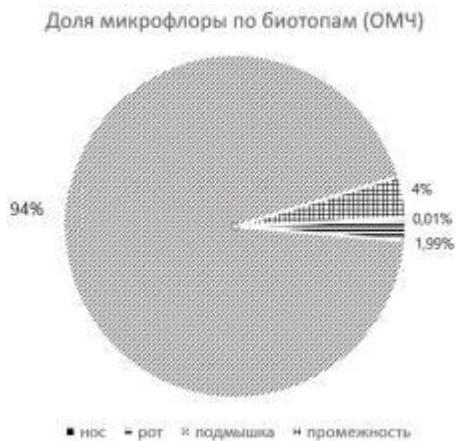


Рис. 2. Доля микрофлоры по биотопам (Общее микробное число)

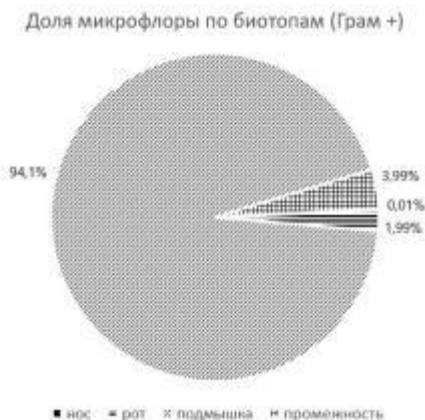


Рис. 3. Доля грамположительной микрофлоры по биотопам.

Исходя из полученных результатов на диаграмме, можно убедиться, на какие биотопы приходится наибольшее количество микроорганизмов. В данном случае это подмышка (94%) и промежность (4%). Для большей наглядности доли были представлены в процентных значениях. Была также составлена диаграмма долей с учётом только грамположительной микрофлоры по биотопам (рис. 3).



В сравнении с предыдущей круговой диаграммой можно наблюдать некоторые изменения процентных значений в долях. Наблюдается уменьшение данного значения на биотопе промежуток. Однако при этом процентное значение возрастает у биотопа подмышка. Таким образом объясняется изменение распределения микрофлоры по биотопам.

Исходя из проделанной работы, можно убедиться в актуальности проводимой диагностики в рамках эксперимента при условиях изоляции с искусственной средой обитания, влияющая на состояние микрофлоры испытуемых, которая сопровождается изменением уровня микробной обсемененности во время отборов проб. Данные полученные с использованием компьютерного анализа изображений микробных клеток, а также бактериологического метода исследования микрофлоры испытуемых в ходе эксперимента, позволяют определять микробный статус человека. Это, в свою очередь, необходимо для создания электронной базы данных микрофлоры человека, являющейся основой электронного атласа. Её создание способствует раннему выявлению дисбиотических сдвигов, что позволит заблаговременно оценивать норму или дисбиотическое состояние микрофлоры исследуемых биотопов, а также определять микробный статус человека.

Работа выполнена по базовой тематике РАН № 64.2.

### **Литература**

1. Верденская Н.В., Иванова И.А., Ильин В.К., Скедина М.А., Соловьева З.О. Цифровой анализатор биологических объектов в космических исследованиях. Интеллект & технологии. <http://www.rti-mints.ru>
2. Ильин, В.К., Орлов, О.И., Рыкова, М.П., Комиссарова, Д.В., Усанова, Н.А., Антропова, Е.Н., ... & Сахарова, А.В. (2021). Состав микрофлоры и состояние системы сигнальных образ распознающих рецепторов семейства Toll-подобных клеточных факторов врожденного иммунитета во время 120-суточной изоляции в гермообъекте с искусственной средой обитания. Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии, 98(1), 36-45.
3. Ильин В.К., Соловьева З.О., Скедина М.А. Перспективы применения автоматизированного анализа изображений микробных объектов для диагностики наружных отитов у лиц, находящихся в нормобарическом гермообъекте // Гагаринский сборник: материалы XLV Общественно-научных чтений, посвященных памяти Ю.А. Гагарина. г. Гагарин: БФ Мемориального музея Ю.А. Гагарина. 2018. С. 317-320.

4. Кудрин, А.И., Леонтьев, М.М., Захарова, Е.М., Мартирова, Т.А., & Лучникова, О.В. (2019). Санитарно-микробиологическая характеристика среды обитания в герметично-замкнутых объектах военной техники и дисбактериозы у личного состава. Здоровье. Медицинская экология. Наука, (1 (77)).
5. Кулаичев А.П. Методы и средства комплексного анализа данных: учебное пособие // 4-е изд., перераб. и доп. – М. : ФОРУМ: ИНФРА-М, 2010. С. 314-317.
6. Соловьева, З. О., Скедина, М. А., Ильин, В. К., Верденская, Н. В., & Иванова, И. А. (2011). Распознавание образа микробных клеток в системе автоматического анализа. Технологии живых систем, 8(4), 50-55.

ELIBRARY.RU: 614.872.4

**Мацнев Э.И.**  
доктор медицинских наук  
**Сигалева Е.Э.**  
доктор медицинских наук  
**Сигалева Т.В.**  
ГНЦ РФ-ИМБП РАН  
г. Москва

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ  
ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ КОСМОНАВТОВ  
К ВОЗДЕЙСТВИЮ ШУМА В КОСМИЧЕСКОМ ПОЛЕТЕ**

**PROSPECTIVE DIAGNOSTIC METHODS FOR AUSTRANAUTS'  
INDIVIDUAL SENSITIVITY TO NOISE INFLUENCE DURING  
THE SPACE FLIGHT**

**Аннотация.** Защита слуховой системы космонавтов от негативного действия шума в длительном космическом полете является актуальной проблемой современной оториноларингологии. Несмотря на применение средств индивидуальной защиты органа слуха в условиях космического полета и мероприятия, направленные на снижение уровня шума, у космонавтов с индивидуальной чувствительностью к воздействию шума, не исключена возможность временного или постоянного повышения порогов слух при длительной экспозиции шума в космическом полете. Выявление индивидуальной чувствительности космонавтов к шуму на всех этапах медицинского

отбора позволит специалистам своевременно разработать эффективные мероприятия по защите слуховой системы космонавтов от неблагоприятного воздействия шума в будущих полетах.

**Ключевые слова:** индивидуальная чувствительность к шуму, вызванная шумом потеря слуха, профессиональная тугоухость, шум в космическом полете

**Abstract.** Protecting the astronauts' auditory system from the negative effects of noise during a long space flight is a problem of modern otorhinolaryngology. Despite the use of personal hearing protection during space flight and measures aimed at reducing the cosmonauts' habitat acoustic pollution, in persons with individual sensitivity to the effects of noise exposed to its long exposure in space flight, the possibility of a temporary or permanent increase in hearing thresholds is not excluded. Revealing the individual sensitivity of astronauts to noise at all stages of medical selection will allow specialists to timely develop effective measures to protect the astronauts' auditory system from the adverse noise effects in future flights.

**Keywords:** individual sensitivity to noise, noise-induced hearing loss, occupational hearing loss, noise in space flight

Продолжительные космические полеты на международной космической станции (МКС) сопряжены с непрерывным и длительным воздействием на орган слуха космонавтов шумов средней и малой интенсивности, генерируемых системами жизнеобеспечения (СЖО) и другим бортовым оборудованием. Воздействие подобного шума (особенно, при повторных полетах), не исключает возможности его негативного влияния на слуховую систему у отдельных космонавтов с индивидуальной чувствительностью к воздействию данного фактора, с последующим развитием социально значимой профессиональной тугоухости, обозначенной в литературе как – шумовызванная потеря слуха или NIHL (Noise induced hearing loss).

В последнее время, в литературе широко обсуждается проблема выявления индивидуальной чувствительности или напротив, резистентности отдельных космонавтов к воздействию шума.

Установлено, что некоторые химические соединения, такие как: толуен и этилбензен [1], курение [2], некоторые антибиотики (аминогликозиды и макролиды), петлевые диуретики и другие медикаменты способствуют повышению чувствительности наружных волосковых клеток и поддерживающих клеток улитки внутреннего уха человека к воздействию шума [3].

Специалисты подчеркивают важную роль наследственного фактора организма в этом процессе, в определенной мере определяющего повышенную восприимчивость внутреннего уха человека к воздействию шума. Современные исследования показали, что повышенная чувствительность к воздействию шума контролируется рядом генетических факторов. Показано, что аллели *Cdh23ahl* и *Ahl3* на 17 хромосоме у мышей В6, ответственны за чувствительность к шумовому воздействию [4; 5; 6]. Генетически обусловленная изменчивость чувствительности человека к воздействию шума установлена в ряде исследований [7;8]. Определенные аллели генов, кодирующих изоформы белков HSP70 [9], пароксоназы, манганазы супероксиддисмутазы SOD 2, также, могут способствовать развитию NIHL [10].

Проведенные в Швеции исследования повышенной чувствительности или, напротив, резистентности рабочих шумового производства к шуму [8] позволили выделить 3 гена, ассоциированные с повышенным риском развития NIHL (*KCNE1*, *KCNQ1* и *KCNQ4*). Эти гены регулируют деятельность ионных каналов в клетках Кортиева органа улитки внутреннего уха, в первую очередь, транспорт  $K^+$  [11; 12].

В последнее время, в литературе активно обсуждается вопрос о возможной роли меланина в сосудистой полоске улитки внутреннего уха, участвующего в его защите от негативного воздействия шума у человека [13; 14]. В ряде исследований на животных была показана роль «стриального» меланина в этом процессе и, в этой связи, возможного использования оценки окраски кожи и цвета глаз, как одного из компонентов индивидуальной чувствительности человека к воздействию шума [5]. В ретроспективных исследованиях [15; 16] было установлено, что у рабочих шумовых производств «с темными и светлыми глазами», обнаруживается различие в чувствительности к воздействию шума.

При продолжительном воздействии шума, в волосковых клетках Кортиева органа, могут развиваться дегенеративные изменения, распространяющиеся на нервные волокна и клетки спирального нервного узла. В результате чего, может развиваться не только прогрессирующее ухудшение слуха, но и когнитивные и моторные дисфункции, поведенческие и неврологические изменения, способные оказывать неблагоприятное влияние на общее психологическое состояние космонавтов.

Таким образом, индивидуальная чувствительность космонавта к шумовому фактору, определяется комплексом генетических,

эпигенетических, возрастных и гендерных факторов, а также возможных их сочетаний с циркадной дисрегуляцией и функциональными изменениями ЦНС в условиях измененной гравитации. Определенный вклад в эти изменения могут привносить нарушения сна в полете, а также индивидуальная реакция космонавта на другие «стресс факторы» полета (изоляция, радиационный фактор, синаптическая дисфункция, протеинопатия, хронический оксидативный стресс), которые прямо или косвенно, могут влиять на индивидуальную подверженность космонавта к шуму. Идентификация поведенческих и/или психологических маркеров, может быть одним из перспективных путей изучения индивидуальной чувствительности космонавтов к воздействию шумового фактора в полете.

Следовательно, выявление индивидуальной чувствительности космонавтов к шуму на всех этапах медицинского отбора и подготовки к продолжительным полетам на МКС, а, также, к перспективным межпланетным полетам, позволит специалистам своевременно разработать эффективные мероприятия по защите их слуховой системы от неблагоприятных эффектов шума в этих полетах.

### **Литература**

1. Fechter, L., Gearhart, C., Fulton, S., Campbell, J., Fisher, J., Na, K., Cocker, D., Nelson-Miller, A., Moon, P., and Pouyatos, B. (2007). //JP-8 jet fuel can promote auditory impairment resulting from subsequent noise exposure in rats. *Toxicol. Sci.* 98, 510-525.
2. Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR). //Addictiveness and Attractiveness of Tobacco Additives. 12 November 2010. P. 1-119.
3. Śliwińska-Kowalska M, Zaborowski K (2017). WHO environmental noise guidelines for the European Region: a systematic review on environmental noise and permanent hearing loss and tinnitus. *Int J Environ Res Public Health*.
4. Johnson, K. R., Zheng, Q. Y., & Erway, L. C. (2000). A major gene affecting age-related hearing loss is common to at least ten inbred strains of mice. *Genomics*, 70, 171–180.
5. Ohlemiller, K. K. (2008). Recent findings and emerging questions in cochlear noise injury. *Hearing Research*, 245, 5–17.
6. Ortman AJ, Faulkner KF, Gagnon PM, Ohlemiller KK. Removal of the Ah1 allele from the C57BL/6 background does not improve noise resistance. *Abstr., Assn. Res. Otolaryngol.* 2004;27:168.

7. Heinonen-Guzejev M, Vuorinen HS, Mussalo-Rauhamaa H, Heikkila K, Koskenvuo M, Kaprio J. Genetic component of noise sensitivity. *Twin Res. & Human Genet.* 2005;8:245–249.
8. Konings, A., Van Laer, L., Van Camp, G. Genetic Studies on Noise-Induced Hearing Loss: A Review. *Ear and Hearing.* April, 2009. Volume 30, No 2. Pages 151-159.
9. Yang M, Tan H, Yang Q, Wang F, Yao H, Wei Q, Tanguay RM, Wu T. Association of hsp70 polymorphisms with risk of noise-induced hearing loss in Chinese automobile workers. *Cell Stress Chaperones.* 2006;11:233–239.
10. Van Laer L, Carlsson PI, Ottschytch N, Bondeson M-L, Konings A, Vandeveldel A, Dieltjens N, Fransen E, Snyders D, Borg E, Raes A, Van Camp G. The contribution of genes involved in potassium-recycling in the inner ear to noise-induced hearing loss. *Human Mutation.* 2006;27:786–795.
11. Housley GD, Jagger DJ, Greenwood D, Raybould NP, Salih SG, Jarlebark LE, Vlajkovic SM, Kanjhan R, Nikolic P, Munoz DJM. Purinergic regulation of sound transduction and auditory neurotransmission. *Audiol. Neuro-Otol.* 2002;7:55–61.
12. Lee JH, Marcus DC. Purinergic signaling in the inner ear. *Hearing Res.* 2008; 235: 1–7.
13. Meyer zum Gottesberge AM. Physiology and pathophysiology of inner ear melanin. *Pigment Cell Res.* 1988;1:238–249.
14. Bartels S, Ito S, Trune DR, Nuttall AL. Noise-induced hearing loss: the effect of melanin in the stria vascularis. *Hearing Res.* 2001;154:116–123.
15. Cunningham DR, Norris ML. Eye color and noise-induced hearing loss: a population study. *Ear Hear.* 1982;3:211–214.
16. Da Costa DA, Castro JC, Macedo MEG. Iris pigmentation and susceptibility to noise-induced hearing loss. *Int. J. Audiol.* 2008;47:115–118.

УДК

ELIBRARY.RU: 614.872.4

**Сигалева Е.Э.**  
**Марченко Л.Ю.**  
**Пасекова О.Б.**  
**Мацнев Э.И.**  
ГНЦ РФ – ИМБП РАН  
г. Москва

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОТОПРОТЕКТИВНОГО ЭФФЕКТА  
ДЫХАНИЯ КИСЛОРОДНО-АРГОНОВОЙ ГАЗОВОЙ СМЕСЬЮ  
И ПРИЕМА БЕТАГИСТИНА ДИГИДРОХЛОРИДА  
ПРИМЕНИТЕЛЬНО К УСЛОВИЯМ ПИЛОТИРУЕМОГО  
КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА**

**THE STUDY OF OXYGEN-ARGON GAS MIXTURE INHALATION  
AND BETAHISTINE DIHYDROCHLORIDE RECEPTION  
OTOPROTECTIVE EFFECT APPLICABLE TO THE CONDITIONS  
OF MANNED SPACE FLIGHT**

**Аннотация.** Проведена сравнительная экспериментальная оценка отопротективного эффекта ингаляции *кислородно-аргоновой газовой смеси* и препарата *бетагистина дигидрохлорида* при воздействии «белого» шума интенсивностью 85 дБА продолжительностью 2 часа у здоровых добровольцев с нормальным слухом. Результаты исследования свидетельствуют о достоверном отопротективном эффекте дыхания здоровых лиц нормоксической *кислородно-аргоновой газовой смесью* в условиях воздействия шума указанных параметров.

**Ключевые слова:** нейросенсорная потеря слуха шумовой этиологии, кислородно-аргоновая газовая смесь, шумовая отопротекция.

**Abstract.** There was conducted the comparative experimental evaluation of the inhalation of an oxygen-argon gas mixture and betahistine dihydrochloride effectiveness under conditions of exposure to "white" noise with an intensity of 85 dB and a duration of 2 hours in healthy volunteers with normal hearing. The results of the study indicate the presence of a significant otoprotective effect when breathing with a normoxic oxygen-argon gas mixture.

**Keywords:** noise induced hearing loss, oxygen-argon gas mixture, hearing loss prevention.

Целью настоящего исследования явилась экспериментальная оценка эффективности ингаляционного метода дыхания кислородно-аргоновой газовой смесью при 2-часовой экспозиции «белого» шума интенсивностью 85 дБ у человека.

**Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 10 здоровых мужчин-добровольцев (26 – 43 лет) с нормальным слухом. В качестве перспективных методов шумовой отопротекции использовали прием бетагистина дигидрохлорида и ингаляции нормоксической *кислородно-аргоновой дыхательной смеси* (20% O<sub>2</sub>,

80% Аг). Для объективной оценки функционального состояния слуховой системы использовали метод задержанной вызванной отоакустической эмиссии (ЗВОАЭ) (система «Нейро-Аудио», «Нейрософт», Россия). Сравнительному анализу подверглись результаты четырех серий исследования: I – фоновые показатели состояния слуховой системы волонтеров (*Фон*); II – исследования показателей слуха после воздействия шума («Шум-1»); III – исследование показателей слуха после приема 32мг бетагистина дигидрохлорида и последующего воздействия шума («Шум-2»); IV – исследования показателей слуха после проведения сеанса дыхания нормоксической кислородно-аргоновой газовой смесью и последующего воздействия шума («Шум-3»). Статистическая обработка полученных результатов проводилась методом описательной статистики с использованием пакета STATISTICA 10.0. Сравнение значений параметров включало дисперсионный анализ повторных наблюдений Фридмана. При выявлении статистически значимых различий ( $p \leq 0,05$ ), средние значения выборок сравнивали попарно с использованием критерия Уилкоксона.

**Результаты.** Статистической обработке был подвергнут показатель соотношения «сигнал/шум» в частотном диапазоне 1-4 кГц. Сравнение соотношений данного показателя в фоновой серии измерений и в серии «Шум-1» обнаружило его достоверное снижение на частоте 4 кГц после шумового воздействия, для правого и левого уха, соответственно ( $p < 0,05$ ). При сравнении соотношений «сигнал/шум» в фоновой серии и в серии «Шум-2», также было выявлено достоверное снижение данных показателей на частоте 4 кГц для правого и левого уха, соответственно ( $p < 0,05$ ). Показатели соотношений «сигнал/шум» в серии «Шум-3», достоверно превышали показатели соотношений «сигнал/шум» в серии «Шум-1» для правого и левого уха, соответственно.

**Обсуждение.** Достоверное снижение показателей соотношения «сигнал/шум» ЗВОАЭ в экспериментальных сериях «Шум-1» и «Шум-2» на частоте 4кГц было связано с временным сдвигом порогов слуха, выявленным у всех волонтеров. Использование бетагистина дигидрохлорида в дозе 32мг не продемонстрировало эффективной отопротекции органа слуха при двухчасовой экспозиции «белого» шума интенсивностью 85дБ. Напротив, достоверное превышение показателей соотношения «сигнал/шум» в серии «Шум-3», демонстрирует достоверные отопротективные свойства дыхания нормоксической кислородно-аргоновой газовой смесью.



Согласно последним данным, интенсивность шума в отсеках МКС в рабочее время (16 часов) варьирует в пределах 71-78 дБ, и, 60-62 дБ во время сна (8 часов) [1] что, очевидно, превышает рекомендованные безопасные уровни шума в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50804-95 «Среда обитания космонавта в пилотируемом космическом аппарате. Общие медико-технические требования» от 1995г.

Несмотря на применение средств индивидуальной защиты слуха и мероприятий, направленных на снижение акустического уровня среды обитания космонавтов в условиях МКС, у некоторых лиц с индивидуальной повышенной чувствительностью к шуму, не исключена возможность негативного влияния данного фактора на слуховую систему [2]. Результаты настоящего исследования свидетельствуют о достоверном отопротективном эффекте дыхания *нормоксической кислородно-аргоновой газовой смесью* в условиях воздействия двухчасового «белого» шума указанных параметров. Результаты проведенных исследований, подтверждают перспективу дальнейшего изучения эффективности ингаляций газовых смесей, содержащих инертные газы, в качестве возможных средств защиты органа слуха от повреждающего действия шума, применительно к условиям космического полета.

### **Литература**

1. Nakashima A, Limardo J, Boone A, Danielson RW. Influence of impulse noise on noise dosimetry measurements on the International Space Station. // Int J Audiol. – 2020. – V. 59. – №1. – P. 40-47;
2. Мацнев Э.И., Сигалева Е.Э. Влияние шума, генерируемого системами жизнеобеспечения космических объектов, на слуховую функцию человека. // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2006. – Т. 40. – №4. – С. 1 – 15.

УДК 612.085.4

eLIBRARY.RU 06.73.21

**Ильин В.К.**

доктор медицинских наук, профессор  
зав. лаб. микробной экологии человека

ГНЦ РФ ИМБП РАН

**Комиссарова Д.В.**

кандидат биологических наук

**Морозова Ю.А.**

**Жиганшина А.А.**

**ИЗМЕНЕНИЯ МИКРОФЛОРЫ КИШЕЧНИКА, ВЕРХНИХ  
ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ И ВАГИНАЛЬНЫХ СЛИЗИСТЫХ  
ОБОЛОЧЕК У ДОБРОВОЛЬЦЕВ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ  
С «3-СУТОЧНОЙ «СУХОЙ» ИММЕРСИЕЙ»**

**CHANGES IN THE MICROFLORA OF THE INTESTINAL, UPPER  
RESPIRATORY TRACT AND VAGINAL MUCOUSE ENVELOPE  
OF VOLUNTEERS IN THE EXPERIMENT  
WITH «3-DAY «DRY» IMMERSION»**

**Аннотация.** после эксперимента «3-суточная иммерсия» у обследуемых наблюдались изменения кишечной микрофлоры, вагинальной микрофлоры и слизистых оболочек верхних дыхательных путей, выражающиеся в росте условно-патогенных видов и снижения протективных. Эубиотический индекс всех биотопов после иммерсии снизился.

**Ключевые слова:** аналоговые эксперименты, микробиология, «сухая» иммерсия

**Abstract.** after the experiment «3-day immersion» there was a deterioration of the intestinal microflora, vaginal microflora and microflora of the upper respiratory tract, expressed in the growth of opportunistic species and a decrease in the protective ones. The eubiotic index of all biotopes decreased after immersion.

**Keywords:** analogue experiments, microbiology, dry immersion

В настоящее время участие женщин в космических полётах и наземных модельных экспериментах возрастает. В связи с этим неизбежно встают вопросы о влиянии факторов полёта на состояние женского организма и, в частности, на стабильность, видовые и количественные изменения микрофлоры слизистых оболочек влагалища.

Известно, что факторы космического полета являются причиной формирования стресса и негативно сказываются на микрофлоре слизистых оболочек верхних дыхательных путей и кишечника. Наблюдается увеличение условно-патогенной микробиоты и снижение «протективных» групп микроорганизмов, что, в совокупности с длительным нахождением в замкнутом пространстве космического корабля или будущей лунной станции, не исключает риска развития воспалительных процессов [1].

Для изучения влияния отдельных факторов космического полёта на организм космонавта наиболее приемлемыми являются наземные модельные эксперименты, в частности, «сухая» иммерсия. Во время такого эксперимента добровольцы находятся в условиях, имитирующих ряд негативных эффектов невесомости на организм человека (гиподинамия, перераспределение жидких сред организма в верхнюю половину тела и др.) - [2,3].

Целью данной работы являлось комплексная оценка количественных и видовых характеристик микрофлоры кишечника, слизистых оболочек верхних дыхательных путей и влагалища у 6 участниц эксперимента «3-суточная «сухая» иммерсия. В течение эксперимента добровольцы не принимали профилактические препараты и антибиотики, способные оказать влияние на микрофлору слизистых оболочек организма.

#### **Материалы и методы**

Данный эксперимент был одобрен биоэтической комиссией ГНЦ РФ – ИМБП РАН (протокол № 544 от 16 июня 2020).

Оценка микрофлоры кишечника производилась путем отбора образцов кала до и после эксперимента с последующим высевом на питательные среды, идентификацией и оценкой микроорганизмов. Микрофлора слизистых оболочек верхних дыхательных путей оценивалась дважды – до и после эксперимента. Образцы микрофлоры собирались со слизистых оболочек верхних дыхательных путей и также «высевались, инкубировались и учитывались».

Отделяемое из влагалища и цервикального канала было отобрано на 10-11 дни менструального цикла у 6 женщин-добровольцев репродуктивного возраста дважды: однократно до «сухой» иммерсии и однократно сразу после ее завершения. Определение микробиологического состава мазков проводилось с помощью MALDI-TOF масс-спектрометрии на базе ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова» Министерства здравоохранения РФ.

Для количественной оценки изменения состояния микрофлоры всех биотопов был использован эубиотический индекс ( $E_i$ ), отражающий отношение числа положительных изменений в количественном и видовом составе микробиоты (до эксперимента - по отношению к норме и после эксперимента по отношению к состоянию до эксперимента) к числу отрицательных изменений.

#### **Результаты**

После эксперимента «3-суточная иммерсия» наблюдалось изменение состояния микрофлоры у всех участниц эксперимента во всех биотопах, в частности, ухудшение состояния микрофлоры кишечника. У большинства добровольцев отмечен рост условно-патогенной микрофлоры: энтеробактерий и фекальных энтерококков. У отдельных добровольцев отмечено появление условно-патогенных микроорганизмов в достаточно высоком титре 3-4 (в частности, золотистого стафилококка и *Candida spp.*). На фоне увеличения количества условно-патогенных видов, отмечалось снижение протективной флоры, лактобацилл и бифидобактерий. Полученные данные позволяют сделать вывод об ухудшении состояния микрофлоры кишечника после эксперимента.

Эубиотический индекс, рассчитанный для слизистых оболочек носовой и ротовой полости, достоверно снизился. У отдельных добровольцев отмечалось появление на слизистых оболочках ротовой полости нехарактерной для данного биотопа кишечной палочки, что может объясняться «забросом» ее из ЖКТ в связи с нахождением обследуемых в горизонтальном положении в течение трёх суток. Также, в обоих биотопах наблюдался умеренный рост условно-патогенной микрофлоры, что, в целом, свидетельствует об ухудшении состояния данного биотопа.

У участниц эксперимента, которые до иммерсии имели высокий титр аэробных микроорганизмов в составе вагинальной и цервикальной микрофлоры, количество аэробной микрофлоры значительно увеличилось. При этом количество протективных видов (лактобацилл и коринебактерий) снижалось, что свидетельствует о повышении риска развития аэробного вагинита в условиях длительной иммерсии. У участниц эксперимента, (у которых до изоляции обнаруживалась выраженная обсеменённость анаэробной условно-патогенной микрофлорой), количество всех анаэробов, включая лактобациллы, снизилось, что, по-видимому, не исключает риска развития бактериального вагиноза. Эубиотический индекс, рассчитанный для цервикального канала, после 3-суточной иммерсии значительно снизился.

Работа выполнена при частичной поддержке базовой тематики РАН № 64.2 «Исследование функции желудочно-кишечного тракта при адаптации организма человека к искусственной среде обитания и способы коррекции дисбактериозов с помощью аутопробиотиков».

## Литература

1. Turróni, Silvia et al. «Gut Microbiome and Space Travelers' Health: State of the Art and Possible Pro/Prebiotic Strategies for Long-Term Space Missions» // *Frontiers in physiology* vol. 11. 8 Sep. 2020.
2. Tomilovskaya Elena, Shigueva Tatiana, Sayenko Dimitry, Rukavishnikov Ilya, Kozlovskaya Inessa. Dry Immersion as a Ground-Based Model of Microgravity Physiological Effects // *Frontiers in Physiology*. V.10, 2019. p. 284.
3. Suvorov, A.V., Pamova, A.P. & Fedorovich, A.A. Specifics of Microcirculation under the Conditions of «Dry» Immersion. *Hum Physiol* 44, 794–798 (2018). <https://doi.org/10.1134/S0362119718070162>.

УДК 613.693

eLIBRARY.RU: 89.27.21

**Дворников М.В.**

доктор медицинских наук, профессор

**Меденков А.А.**

доктор медицинских наук, профессор

Московский авиационный институт

г. Москва

## МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ ПЕРВЫХ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ

### BIOMEDICAL RISKS OF THE FIRST MANNED SPACE FLIGHTS

**Аннотация.** Анализируются медико-биологические риски, учитываемые сотрудниками Государственного научно-исследовательского испытательного института авиационной и космической медицины в подготовке и осуществлении пилотируемых космических полетов. Определяются направления исследований по медико-биологическому обеспечению безопасности космических полетов. Отмечаются сложность и ответственный характер работ по созданию системы жизнеобеспечения космонавтов в полете. Формулируются выводы о необходимости подготовки и издания книги памяти ученых, стоявших у истоков покорения космического пространства.

**Ключевые слова:** космический полет, безопасность, риски, надежность, система жизнеобеспечения, пилотируемые полеты, средства катапультирования.

**Abstract.** The biomedical risks taken into account by the staff of the State Research and Testing Institute of Aviation and Space Medicine in the preparation of manned space flights are analyzed. The directions of research on medical-biological security of space flights are determined. The complexity and responsible nature of the work on the creation of a life support system for cosmonauts in flight is noted. The conclusions about the need to prepare and publish a book of memory of scientists who were at the origins of the conquest of outer space are formulated.

**Keywords:** space flight, safety, risks, reliability, life support system, manned flights, catapulting equipment.

Обеспечение безопасности выполнения пилотируемых космических полетов требует учета медико-биологических рисков, связанных с агрессивностью космического пространства и отказами техники и средств защиты космонавтов [1]. Пребывание в безвоздушном пространстве, невесомость, температура и космическая радиация требовали создания искусственной среды обитания и системы жизнеобеспечения. При этом необходимо было обеспечить безотказность работы этих средств и защиту космонавтов от воздействия факторов космического полета. Риск создавали динамические перегрузки при взлете и экстренном торможении и ударные перегрузки при посадке космического корабля. Возможный отказ технических систем жизнеобеспечения требовал создания запасов кислорода и воздуха на борту. Серьезным риском предполагалось влияние невесомости на функционирование некоторых органов и систем организма и работоспособность космонавта. Риск отказов на старте требовал разработки систем аварийного покидания космического корабля и безопасного приземления спускаемого аппарата. Медико-биологические риски возникали при возможном приземлении не в расчетном районе и приводнении. Существенными были риски, связанные с влиянием условий пребывания в корабле и депривация пилота на функциональное состояние организма, его психофизиологические ресурсы, резервы и механизмы адаптации. Подготовка космонавтов к пилотируемым полетам потребовала не только проведения оценки степени опасности этих рисков, но и разработку необходимых средств защиты и профилактики. Решение этих задач осуществлялось в кратчайшие сроки.

Снижение медико-биологических рисков первых полетов обеспечивалось самоотверженным трудом специалистов в области авиакосмической медицины, психологов и инженеров, а также

штатных и нештатных испытателей, на себе проверявших надежность разрабатываемых средств защиты и эффективность рекомендаций по обеспечению медико-биологической безопасности полетов [2]. В связи с этим представляется актуальной подготовка более полного издания о вкладе в медицинском обеспечении этих пионерских полетов российских специалистов, положивших начало освоения космического пространства [3].

### **Литература**

1. Дворников М.В., Меденков А.А. Основы системного обеспечения безопасности полетов в аспекте учета человеческого фактора // Авиакосмическая медицина, психология и эргономика. – 2020. – № 4. – С. 10–14.
2. Дворников М.В., Меденков А.А., Логунова О.А., Фетисова Н.Л. Полет Ю.А. Гагарина в истории авиационной и космической медицины // Авиакосмическая медицина, психология и эргономика. – 2019. – № 1. – С. 26–32.
3. Меденков А.А., Рысакова С.Л., Денисова Т.В. Деятели авиа-ционной и космической медицины и психофизиологии. – М.: Полет, 2004. – 424 с.

УДК 613.693

eLIBRARY.RU: 89.01.09

**Меденков А.А.**

доктор медицинских наук, профессор

**Дворников М.В.**

доктор медицинских наук, профессор

Московский авиационный институт, г. Москва

## **МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛЕТА Г.С. ТИТОВА**

### **BIOMEDICAL FEATURES OF TITOV'S FLIGHT**

**Аннотация.** Приводятся медико-биологические данные о полете космонавта Г.С. Титова. Оцениваются сведения о функциональном состоянии космонавта в полете, приводятся доказательства сохранения космонавтом рабочей активности и способности решать операторские задачи. Отмечается важность специальной подготовки космонавта для повышения вестибулярной устойчивости его организма, с

обоснованием необходимости использования средств профилактики вестибулярных нарушений. Результаты космического полета Г.С. Титова продемонстрировали возможность жизнедеятельности в условиях Космоса. **Ключевые слова:** космический полет, вестибулярные нарушения, невесомость, система жизнеобеспечения, работоспособность.

**Abstract.** The biomedical facts and data on the flight of G.S. Titov are listed. Data on the functional state of the cosmonaut in flight are evaluated. Evidence of the cosmonaut's preservation of work activity and ability to solve operator tasks are presented. The need for special training of the cosmonaut to increase the vestibular stability of his body is shown. The expediency of using means of prevention of vestibular disorders is substantiated. The conclusions about the possibility of life and work in space, made on the results of space flight by G.S. Titov, are presented.

**Keywords:** space flight, vestibular disturbances, weightlessness, life support system, performance.

Полет Г.С. Титова на космическом корабле «Восток-2» с позывным «Орел» состоялся 6-7 августа 1961 года. Полет продолжался 25 часов и имел ряд медико-биологических особенностей, в дальнейшем оказавших влияние на процесс подготовки и осуществления будущих пилотируемых космических полетов. По техническим причинам продолжительность полета составила одни сутки.

Предшествующий опыт космического полета с участием животных (Белки и Стрелки) показал, что после нескольких витков у них возникали вестибулярные нарушения, сопровождавшиеся рвотой. В этой связи, специалистами Государственного научно-исследовательского испытательного института авиационной и космической медицины были предусмотрены дополнительные меры для обеспечения работоспособности космонавта в полете суточной продолжительности [1]. Физическая и психологическая готовность Г.С. Титова к полету обеспечивалась дополнительной физической подготовкой и тренировками, в том числе, направленными на повышение вестибулярной устойчивости. Контроль его состояния в полете осуществлялся по данным регистрации пульса, частоты и амплитуды дыхания, электрокардиограммы. Одновременно, контролировалось барометрическое давление в кабине, температура, влажность и газовый состав атмосферы. При наступлении невесомости, у космонавта возникали кратковременные иллюзии «перевернутого положения тела». В процессе полета у космонавта сохранялись ощущения, характерные для укачивания на Земле,



особенно, при резких движениях головой и наблюдении за перемещениями предметов. Подробное описание своих ощущений и их самооценка на этапе адаптации к невесомости Г.С. Титовым, представляли в дальнейшем, большое научное значение для понимания физиологических механизмов развития «космической болезни движения (КБД). Выполнение им ряда тестов на координацию движений в невесомости и оценка функционального состояния вестибулярного аппарата в этих условиях, объективно дополняли описание механизма развития данного симптомокомплекса в полете.

Подтвердилась возможность «естественного» удовлетворения основных физиологических потребностей человека в условиях невесомости, в том числе характера и качества ночного сна.

Одновременно, космонавтом была оценена эффективность работы систем жизнеобеспечения и поддержания гигиенических условий в кабине: температуры воздуха, влажности, барометрического давления, концентрации углекислого газа и содержания кислорода.

На этапе входа корабля в плотные слои атмосферы на фоне «перегрузки», космонавт описал феномен появления «серой пелены». Однако, в целом он перенес перегрузки удовлетворительно.

Полет Г.С. Титова, несмотря на выявленные медико-биологические проблемы, позволил сделать специалистам принципиальный вывод о том, что условия космического полета при соответствующей подготовке и тренировке позволяют космонавту активно управлять космическим кораблем и эффективно работать с бортовой аппаратурой для проведения научных исследований и наблюдений [2].

## Литература

1. Меденков А.А., Кибабшина М.А., Каспранский Р.Р. Медико-биологическая подготовка полета человека в космос // Человеческий фактор: проблемы психологии и эргономики. – 2017. – № 3/1. – С. 18–26.
2. Яздовский В.И. На тропах Вселенной. Вклад космической биологии и медицины в освоение космического пространства. – М.: Изд-во «Фирма «Слово», 1996. – 284 с.

УДК 613.693, 57.08, 57.042  
e-LIBRARY 89.00.00

**Волошин О.В.**  
пресс-секретарь-старший менеджер по рекламе  
ГНЦ РФ-ИМБП РАН

г. Москва  
**Куссмауль А.Р.**  
кандидат биологических наук  
старший научный сотрудник-  
заместитель заведующего отделом  
ГНЦ РФ-ИМБП РАН  
г. Москва

**ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ КРАТКОСРОЧНЫХ ИЗОЛЯЦИОННЫХ  
ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТОВ  
«ЛУНА-2015» И «ЭСКИЗ»**

**EXPERIENCE IN REALIZING SHORT-TERM ISOLATION  
EXPERIMENTS ON THE EXAMPLE OF THE PROJECTS  
«LUNA-2015» AND «ESKIZ»**

**Аннотация.** Изоляционные исследования, имитирующие космические полеты различной длительности, позволяют изучить изменения в организме человека, вызванные действием таких факторов как замкнутое пространство, ограничение объема, монотония, сенсорная депривация и др.; разработать средства и методы профилактики; отработать и протестировать технологии для дальнейшего использования на борту космических кораблей и станций. Примерами таких проектов могут служить эксперименты «Луна-2015» и «Эскиз», в которых в качестве членов экипажа приняли участие сотрудники ГНЦ РФ-ИМБП РАН. Такие проекты также служат платформой для обучения молодых сотрудников работе в сложных комплексных проектах, а также способствуют популяризации науки в целом и космической биологии и медицины, в частности, и привлечению молодых специалистов в космическую отрасль.

**Ключевые слова:** модельные эксперименты, изоляционные исследования, пилотируемое освоение дальнего космоса, космическая медицина и биология, популяризация науки

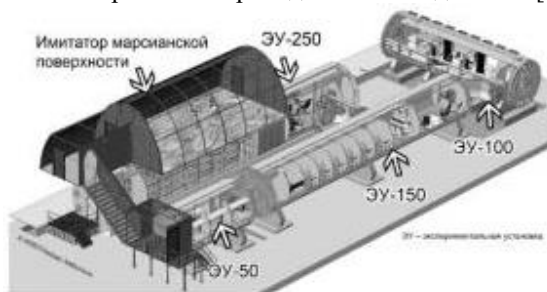
**Abstract.** Isolation studies simulating space flights of various durations make it possible to study changes in the human body caused by the effect of confinement, volume limitation, monotony, sensory deprivation, etc.; to develop countermeasures; to work out and test technologies for further use on board of spaceships and stations. Examples of such projects are the experiments «Luna-2015» and «Eskiz», in which employees of the IBMP RAS took part as crew members. Such projects also serve as a platform for training young employees to work in complex projects, as well as contribute

to the popularization of science in general and space biology and medicine in particular, and to attract young specialists to the space industry.

**Keywords:** model experiments, isolation studies, human deep space exploration, space medicine and biology, science popularization.

Для того, чтобы изучить действие негативных факторов космического полета на организм космонавтов, разработать средства и методы профилактики, отработать и протестировать технологии для дальнейшего использования на борту космических кораблей и станций, на Земле проводятся так называемые модельные эксперименты, имитирующие действие таких факторов. Одним из часто проводимых типов модельных экспериментов являются изоляционные исследования, моделирующие некоторые факторы ? космических полетов различной длительности. Они позволяют изучать изменения, связанные с действием таких факторов как: замкнутое пространство, ограничение объема, монотония, сенсорная депривация и др.

Институт медико-биологических проблем (ИМБП) на протяжении многих лет проводит изоляционные эксперименты на базе наземного экспериментального комплекса (НЭК) (рис. 1). Комплекс был создан по техническому заданию, утвержденному С.П. Королевым в 1964 году, введен в эксплуатацию в 1970 году и постоянно модернизируется в зависимости от направления проводимых исследований [1].



**Рис.1.** Общий вид наземного медико-технического экспериментального комплекса

Был выполнен целый ряд длительных проектов (от 4 месяцев до 1,5 лет) [1, 2, 3, 4, 5], тем не менее, в свете актуальной проблемы освоения Луны интерес представляют краткосрочные (не более 2 недель) изоляционные эксперименты, имитирующие полет к спутнику Земли.

Примерами таких проектов могут служить эксперименты «Луна-2015» и «Эскиз», проведенные в 2015 и 2021 годах соответственно. В

этих проектах в качестве членов экипажа приняли участие сотрудники института.

Помимо научной составляющей, такие проекты служат платформой для обучения молодых сотрудников работе в комплексных проектах.

Они способствуют популяризации науки в целом и космической биологии и медицины в частности, обращая на себя внимание широкой общественности и способствуя, тем самым, привлечению молодых специалистов в космическую отрасль.



**Рис.2.** Экипажи изоляционных экспериментов – а) «Луна-2015», б) «Эскиз».

*Авторы выражают признательность Белаковскому Марку Самуиловичу, заведующему отделом ГНЦ РФ-ИМБП РАН и Пономареву Сергею Алексеевичу, заведующему лабораторией ГНЦ РФ-ИМБП РАН.*

*Эксперимент «Эскиз» было проведен при поддержке Минобрнауки России в рамках соглашения №\_075-1502020-919 от 16.11.2020 г. 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, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям стрессоустойчивости», а также гранта Российского научного фонда №18-75-10086.*

## **Литература**

1. Белаковский М.С., Демин Е.П. Эксперименты HUBES, ЭКОПСИ-95 и SFINCSS-99 // Космическая медицина и биология: Сборник научных статей / Под ред. А.И. Григорьева, И.Б. Ушакова. – Воронеж: Научная книга, 2013. – С. 499-507.

2. Григорьев А.И., Ушаков И.Б., Моруков Б.В. К первым итогам международного мегаэксперимента «Марс-500» // Пилотируемые полеты в космос. – 2012. – №1 (3). – С. 5-14.
3. Гушин В.И., Vinsted K., Демин Е.П., Комиссарова Д.В., Белаковский М.С. Опыт и перспективы модельных изоляционных экспериментов в России и США // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2016. – Т.50, №5 спецвыпуск. – С. 61-63.
4. Модельный эксперимент с длительной изоляцией: проблемы и достижения / Под редакцией В.М. Баранова. – М.: Фирма «Слово», 2001. – 590 с.
5. Моруков Б.В., Белаковский М.С., Демин Е.П. Эксперимент с 520-суточным пребыванием экипажа в условиях изоляции (Проект «Марс-500») // В сб. Космическая медицина и биология: Сборник научных статей / Под ред. А.И. Григорьева, И.Б. Ушакова. – Воронеж: Научная книга, 2013. – С. 508-516.

**Секция 5**  
**«АВИАЦИЯ И ВОЗДУХОПЛАВАНИЕ»**

УДК 621.452.322

**Комов А.А.**

доктор технических наук  
профессор кафедры ДЛИА  
Московский государственный  
технический университет  
гражданской авиации

**ОСОБЕННОСТИ ЗАЩИЩЕННОСТИ ДВИГАТЕЛЕЙ НА  
ВОЗДУШНОМ СУДНЕ MS-21-300**

**FEATURES OF ENGINE PROTECTION  
ON THE AIRCRAFT MS-21-300**

**Аннотация.** Показана зависимость между защищенностью двигателей от повреждения посторонними предметами, выброшенными колесами шасси с поверхности аэродрома, компоновкой силовой установки и выбором параметров схемы шасси воздушного судна

**Ключевые слова:** защищенность двигателей, компоновка силовой установки, схема шасси воздушного судна.

**Abstract.** The dependence between the protection of engines from damage by foreign objects, discarded wheels of the landing gear from the surface of the airfield, the layout of the power plant and the choice of parameters of the aircraft chassis scheme is shown.

**Keywords:** engine protection, layout of the power plant, aircraft chassis scheme.

*Актуальность.* Повреждение авиадвигателей, вызванное забросом посторонних предметов (ПП) колесами шасси с поверхности аэродрома, влияет не только на эффективность использования воздушного судна (ВС), но отрицательно сказывается на его конкурентоспособности. На защищенность двигателей существенным образом влияет компоновка силовой установки на ВС, а именно, расстояние между входными кромками воздухозаборников двигателей и колесами передней опоры шасси (ПОШ). Существует зона наиболее неблагоприятного размещения колес ПОШ и входных кромок

воздухозаборников двигателей. Приближение колес ПОШ к входным кромкам воздухозаборников двигателей снижает вероятность заброса ПП в двигатели колесами шасси. Однако проблема обеспечения защищенности двигателей тесно переплетается с вопросами расположения опор шасси относительно центра масс воздушного судна. Геометрические параметры шасси выбираются из условия обеспечения необходимого положения в процессе совершения посадки, минимальных дистанций разбега и пробега устойчивости движения на ВПП и маневрирования [1, 2].

Если расстояние между колесами основных опор шасси и центром масс ВС «е» будет слишком велико, увеличивается нагрузка на переднюю стойку и будет затруднен отрыв носового колеса и увеличится длина разбега. При небольшой величине «е» возможно переваливание самолета на хвост, в особенности на посадке, что совершенно недопустимо.

Вынос переднего колеса относительно центра масс ВС «а» выбирается таким образом, чтобы нагрузка на стойку при стоянке составляла  $6\div 12\%$  от веса самолета. База шасси «б» (расстояние между колесом ПОШ и колесами основных опор шасси) выбирается из условия обеспечения хороших эксплуатационных качеств при маневрировании по аэродрому. С другой стороны, база шасси не должны быть маленькой, так как могут появляться колебания в вертикальной плоскости, вызывая неприятные ощущения у пассажиров и экипажа. Поэтому база шасси должна быть согласована и с длиной фюзеляжа ВС « $L_f$ ».

Поэтому вынос колес ПОШ «а» обязательно должен быть согласован, как с условиями обеспечения защищенности двигателей, так и с принятыми ограничениями схемы шасси ВС.

## Литература

1. С.М. Егер. Проектирование самолетов. Москва «Машиностроение», 1983.
2. В.Г. Микеладзе. Авиация общего назначения. Рекомендации для конструкторов. ЦАГИ, 1966.
3. С.К. Кириади, В.А Сатин. Проектирование самолетов. Воронеж, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» 2009.

**Меликова М.Б.**  
кандидат психологических наук  
старший научный сотрудник  
Летно-исследовательского  
института имени М.М. Громова  
г. Жуковский

**ПИЛОТИРОВАНИЕ ВЫСОКОАВТОМАТИЗИРОВАННЫХ  
ПАССАЖИРСКИХ ВС В СОСТАВЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
«ЭКИПАЖ-АВТОМАТИКА»**

**PILOTING OF HIGHLY-AUTOMATED CIVIL AIRCRAFT IN  
CREW-AUTOMATION INTERACTION**

**Аннотация.** Проведено разграничение между взаимодействием летчика с системой управления полетом, взаимодействия с автоматикой (автопилотом), а также пилотированием «Виртуального самолета», необходимое при исследовании эргономических факторов ошибок пилотов, связанных с автоматизацией летного труда.

**Ключевые слова:** эргономический фактор ошибок, взаимодействие экипажа с автоматикой.

**Abstract.** The principles of automation-induced pilot errors study were stated, including differentiating between interactions «pilot-FMS», «pilot-autopilot/autothrottle», and piloting of the «Virtual Aircraft».

**Keywords:** design-induced error, crew-automation interaction.

*Постановка проблемы.* Специфика авиационных происшествий с высокоавтоматизированными самолетами (Boeing 373 MAX) указывает на автоматизацию, как на часть общей проблемы эргономических факторов ошибок пилотов, отраженной в Федеральных авиационных правилах [1]. В докладе прослежена история формирования данного подхода к ошибке пилота за рубежом. Изложена концепция летчика В.А. Пономаренко о системности ошибок.

В связи с актуальностью совершенствования методологии автоматизации, в 2021 году Федеральное авиационное управление (FAA) приступает к созданию Центра автоматизации полета и «человеческого фактора» в авиации [2].



*Основные методические вопросы.* Методология организации взаимодействия «экипаж – автоматика» требует создания методов выявления технических предпосылок неправильных действий летчиков. При этом необходимо учесть, что взаимодействие экипажа с автоматикой распадается на три аспекта:

- 1) Взаимодействие летчика с системой управления полетом.
- 2) Взаимодействие с автоматикой (автопилотом).
- 3) Пилотирование «Виртуального самолета» (совмещенный режим полуавтоматического управления).

В стандартах и руководствах по учету «человеческого фактора», обзор которых изложен в докладе, проблемы автоматизации отражены недостаточно полно по сравнению с традиционными разделами эргономической оценки. В частности, рассматриваются первые два аспекта взаимодействия с автоматикой.

Предложены принципы оценки высокоавтоматизированных систем «летчик-самолет»:

1. Оценка дисплеев в составе общей информационной модели полета.
2. Оценка информационного обеспечения, как составной части автоматизации управления самолетом.
3. Оценка автоматизации с точки зрения возможности адаптивного управления.

Представлена инженерно-психологическая модель совмещенного режима управления самолетом, описывающая проблему поддержания «образа самолета» при пилотировании во взаимодействии с автоматикой. Основой данной модели служит разделение процесса взаимодействия на контур управления и исследовательский контур (контур обновления регулятора действий-«образа полета»).

## **Литература**

1. CAP 722. Unmanned Aircraft System Operation in UK Airspace. -CAA, 2020. - P.164-156.
2. S3969. Aircraft Safety and Certification Reform Act of 2020.

УДК 621.396.946:621.396.7  
eLIBRARY.RU: 89.15.00

**Казаков Д.В.**  
студент

Колледж космического машиностроения  
и технологий ГБОУ ВО МО

## СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ САМОЛЁТА

### CREATING A MODEL AIRPLANE

**Аннотация.** Еще 20 лет назад летательные аппараты, казавшиеся фантастическими, сейчас существуют и массово эксплуатируются. Но, несмотря на имеющийся прогресс в авиации, далеко не каждый желающий имеет возможности управлять самолётом. Что же делать, если есть желание научиться основам пилотирования и/или фигурам высшего пилотажа, но нет возможности управлять настоящим самолетом? Именно в такой ситуации и приходят на помощь модели самолетов с радиоуправлением.

**Ключевые слова:** самолет, конструирование, пилотирование, технические особенности самолета

**Abstract.** Even 20 years ago, flying vehicles that seemed fantastic, now exist and are massively exploited. But, despite the progress in aviation, not everyone has the ability to fly an aircraft. What if there is a desire to learn the basics of piloting and / or aerobatics, but there is no way to fly a real plane? It is in this situation that radio-controlled aircraft models come to the rescue.

**Keywords:** aircraft, design, piloting, aircraft technical features.

В работе автором ретроспективно изложена история появления первых самолётов, история возникновения и развития авиамоделизма в России.

Подробно рассказывается о направлениях авиационного моделизма: экспериментальный моделизм (на моделях испытывают проекты и проводят научные опыты), стендовое моделирование (нелетающие модели используют как наглядное пособие), модели-копии (сборные модели самолетов, с точностью воспроизводящие свойства своего настоящего прототипа), радиоуправляемые модели.

Рассмотрены конструктивные особенности радиоуправляемого самолета. Дана классификация радиоуправляемых моделей (тренировочные, пилотажные, фан-флаеры, копии и полукопии).

Автор представляет собственную действующую модель радиоуправляемого самолёта, приводятся технические характеристики модели, двигателя и пульта управления.

Данная модель может выполнять фигуры высшего пилотажа, среди которых: петля Нестерова - «мёртвая петля», бочка (вертикальная и горизонтальная), штопор и полёт на «лезвии ножа».

Новизна работы заключается в комплексном подходе к разработке авиамодели с поэтапным последовательным изложением теоретического и практического материала. Также стоит отметить, что в данной модели самолета используются авторские конструкторские доработки, которые отличают данную модель от готовых аналогов.

Практическая значимость работы заключается в том, что получен опыт в создании модели самолета и проведении сравнительного анализа полетов моделей самолетов. В дальнейшем, это может помочь в разработке более сложных авиамodelей и даже настоящих самолетов.

Рассмотрены перспективы коммерциализации данного проекта. Помимо образовательных и развлекательных спортивных целей, на малой высоте сосредоточена значительная часть коммерческих работ с применением малых беспилотных воздушных средств. Это осмотр локальных объектов, таких, как стройки или небольшие участки местности, контроль состояния инженерных сооружений, находящихся на высоте, это съемка мероприятий и многие другие задачи, которые выполняют, как коммерческие, так и государственные организации.

Конструирование моделей помогает разобраться в устройстве настоящих самолетов. Также авиамоделирование помогает развить творческие способности, терпение, усидчивость, нестандартное мышление, аккуратность и пространственное 3D воображение.

## **Литература**

1. [https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Радиоуправляемый\\_самолёт&stable=1](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Радиоуправляемый_самолёт&stable=1) /Дата обращения 14.10.2020 г.
2. <https://aviawiki.com/samolet/pervyj-samolet-v-mire> /Дата обращения 19.10.2020 г.
3. <https://vegchel.ru/index.php?newsid=36161> /Дата обращения 23.10.2020 г.

УДК 621.452.322

**Лебедев С.Ю.**  
Московский государственный технический  
университет гражданской авиации

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВИХРЕВОГО ТЕЧЕНИЯ В КОЛЬЦЕВОЙ КАМЕРЕ СГОРАНИЯ

### FEATURES OF VORTEX EFFECT APPLICATION IN SINGLE ANNULAR COMBUSTION CHAMBERS

**Аннотация.** Данное исследование посвящено расширению применения вихревого течения в кольцевых камерах сгорания в целях обеспечения более высокой надежности камер сгорания, снижению их массы и упрощению конструкции.

**Ключевые слова:** камера сгорания, разрушение камеры сгорания, эффект Ранке, вихревой эффект, кольцевая камера сгорания, ГТД.

**Abstract.** Presented research is devoted to expanding application of aerodynamic vortex effect in single annular combustor chambers to ensure higher reliability, reduce weight and simplify combustor design.

**Keywords:** combustor chamber, Ranke effect, Vortex, Single annular combustor.

В современных камерах сгорания (КС) газотурбинных двигателей (ГТД) остро стоит проблема повышения температуры горения, что позволяет улучшить характеристики двигателя, а также, при конструировании современных ГТД, особое внимание уделяется их размерам и весу. Именно по этой причине, на большинстве современных ГТД применяют кольцевые камеры сгорания, ввиду их меньшего веса и меньших геометрических размеров. На данном этапе развития кольцевых КС кажется, что дальнейшее снижение их веса невозможно, однако, за счет отказа от жаровой трубы, дальнейшее снижение веса конструкции является возможным. Помимо снижения веса, отказ от жаровой трубы влечет за собой несколько позитивных факторов, влияющих на условия эксплуатации камер сгорания такого типа. Например, жаровая труба является одним из самых уязвимых мест КС в процессе эксплуатации, а разрушение элементов КС ведет к досрочному съему двигателя с самолета.

Основываясь на результатах предыдущих исследований и моделях трубчатых и трубчато-кольцевых камер сгорания, была построена модель кольцевой камеры сгорания, которая состоит из кольцевой фронтальной плиты, в которой выполнены 24 отверстия под комбинированные модули форсунок и завихрителей, основной задачей которых является формирование вихревого газодинамического аналога жаровой трубы вокруг каждой из форсунок, который удерживает зону горения топлива, и не дает пламени с высокой температурой достигать

стенок корпуса КС. Каждый модуль содержит в себе форсунку, турбулизатор для создания зоны обратных токов и формирования устойчивого горения и лопаточный завихритель, который непосредственно и создает аналог жаровой трубы. В модели трубчатой камеры сгорания, для улучшения смешения и выравнивания градиента температур по высоте лопатки соплового аппарата первой ступени турбины, был применен стабилизатор, который спрямлял поток, и подмешивал холодный воздух для тушения пламени. В модели кольцевой камеры сгорания, за счет S – образного профиля камеры сгорания, смешение происходит за счет изменения геометрической формы струй, проходящих через изогнутую и сужающуюся заднюю часть камеры сгорания.

Таким образом, кольцевая камера сгорания не требует еще одного довольно сложного и тяжелого элемента – стабилизатора, так как градиент температуры соответствует стандартным кольцевым камерам сгорания. Замена жаровой трубы в конструкции камер сгорания газодинамическим аналогом снижает вес и геометрические размеры КС, а также повышает надежность работы КС.

УДК 629.733

eLIBRARY.RU: 55.47.07

**Щербаков Ю.В.**

кандидат технических наук  
инженер-воздухоплаватель

## **ОБЛИК ГРУЗОВОГО ДИРИЖАБЛЯ КЛАССИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ДЛЯ РАБОТЫ НА МАЛООСВОЕННЫХ ЗЕМЛЯХ**

### **THE APPEARANCE OF CARGO AIRSHIP OF THE CLASSICAL SCHEME FOR WORK ON UNDERDEVELOPED LANDS**

**Аннотация.** Рассмотрен облик грузового дирижабля классической схемы с мягкой оболочкой.

**Ключевые слова:** грузовой дирижабль, дальность полета, безопасность полета, эксплуатация без аэродромов.

**Abstract.** The appearance of the airship of the classical scheme is considered.

**Keywords:** cargo airship, flight range, flight safety, operation without airfields.

В последние годы наблюдается интерес к дирижаблям как к аппаратам, способным решать серьёзные транспортные задачи. Одним из наиболее перспективных направлений являются воздушные перевозки на труднодоступных и малоосвоенных землях. В этом случае на передний план выдвигаются характерные преимущества дирижаблей:

- возможность эксплуатации без аэродромов;
- большая возможная дальность полета;
- высокая безопасность полета (отказ двигателей даже на перетяжелённом аппарате приведет не к катастрофе, а лишь к сравнительно мягкой посадке).

Россия, с её обширными малоосвоенными пространствами Сибири и Дальнего Востока, как никакая другая страна, подходит для использования грузовых дирижаблей. При проектировании таких аппаратов необходимо в первую очередь решить вопросы эксплуатации.

Рассмотрен облик грузового дирижабля классической схемы с мягкой оболочкой и внутренней катенарной подвеской. Основной подъёмный газ гелий, регулирование подъёмной силой аэростатическое. Рассмотрены технические решения, позволяющие работать с грузами на малоосвоенных землях:

- 1) Управление подъёмной силой газа.
- 2) Система приёма-сдачи груза на необорудованной площадке.
- 3) Стоянка дирижабля на базовой площадке без использования эллинга.

Для управления подъёмной силой газа предлагается два пути, наиболее простые и технологичные на сегодняшний день:

- нагрев основного подъёмного газа (гелия) с перекачкой его в специальный термоизолированный отсек внутри оболочки, чьи трёхслойные стенки сделаны из лёгкой термостойкой материи;
- использование отдельного отсека, наполняемого дешёвым водородом и помещённого внутри гелиевого объёма оболочки для пожарной безопасности.

Система приёма-сдачи груза должна позволять производить эти операции на неподготовленных площадках, посадка на которые невозможна. Для решения этой проблемы предлагаются различные варианты тросовой системы. Подойдя к площадке, дирижабль сбрасывает причальный канат, который закрепляется на земле за анкер. Сам дирижабль при этом стоит в режиме привязного аэростата на высоте не менее 250-300 м над площадкой, то есть выше приземного слоя воздуха с его турбулентностью. Приём-сдача груза

происходит посредством грузовой каретки, движущейся вверх-вниз либо по причальному канату, либо на специальном грузовом канате.

Для содержания аппарата на региональной базовой площадке предлагается использовать причальную мачту и кольцевой монорельс. Эта система опробована при эксплуатации привязных аэростатов и отличается простотой, надёжностью и лёгкостью монтажа и демонтажа. Дирижабль можно содержать на ней при ветрах 30 м/с и более.

Совокупность предложенных технических решений определяет облик грузового дирижабля для работы на малоосвоенных землях. Все решения реализуемы на современной технологической базе без применения высоких технологий.

### **Литература**

1. Щербаков Ю.В. Возможности применения дирижаблей на малоосвоенных землях // Сборник аналитических материалов Русского Воздухоплавательного Общества, №1, -М., из-во РВО, 1999.
2. Щербаков Ю.В. Облик грузового дирижабля классической схемы (доклад) // Круглый стол TFA Airships «Воздухоплавание. Новые технологии и перспективы» 21 мая 2021.
3. Scherbakov, Y. and Yakovleva, V. (2002) Opportunities of airships application in undeveloped regions // Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Airship Convention, Cambridge, 2002 (London: Airship Assotiations).

УДК 623.743

eLIBRARY.RU: 44909717

**Гомберг А.А.**  
разработчик дирижаблей  
**Куликов И.Н.**  
кандидат военных наук  
шеф-пилот дирижабля  
**Семенов В.В.**  
доктор технических наук  
профессор МАИ

## **ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ДИРИЖАБЛЕЙ В ИНТЕРЕСАХ КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ**

### **THE USE OF MODERN AIRSHIPS IN THE INTERESTS OF THE SPACE INDUSTRY**

В работе обоснованы перспективы применения дирижаблей для космической отрасли.

В настоящее время наблюдается повышенный интерес к аэростатическим летательным аппаратам. Это связано с повышением требований к экологической безопасности транспортных средств, в том числе авиационных. Другой причиной является необходимость перевозки людей и крупногабаритных грузов в труднодоступных районах, погрузочно-разгрузочных работ транспортных судов в районе Севморпути, мониторинга больших пространств суши и морских акваторий, совершения уникальных перелетов и туристических рейсов. В данный момент в мире эксплуатируются несколько дирижаблей типа Цепелин NT, несколько дирижаблей меньших размеров, строится дирижабль жесткой схемы в США. В России накоплен большой опыт разработки, постройки и летной эксплуатации дирижаблей мягкого типа, наибольшим является дирижабль Au-30. Объем данного дирижабля составляет 5000 кубических метра и грузоподъемностью 1,5 т. Несколько компаний ведут разработки дирижаблей мягкого, полужесткого и жесткого типа.

Рассмотрены задачи, которые стали актуальными для космической отрасли:

- 1). Поиск и спасение космонавтов при аварийных прерванных запусках с космодрома Восточный и других космодромах, расположенных на островах или вблизи морских акваторий, а также при плановых посадках спускаемых космических кораблей на морские акватории.
- 2). Перевозка крупногабаритных блоков современных ракет-носителей, космических аппаратов и оборудования от завода-изготовителя до пусковых комплексов, а также поиск и доставка для повторного использования или утилизации отработавших ступеней и блоков ракет-носителей.

В процессе подготовки пилотируемых стартов с космодрома Восточный выяснилось, что традиционный комплекс поиска и спасения космонавтов, успешно применяемый при запусках с космодрома Байконур, не может осуществить все необходимые функции безопасности, в связи с особенностями



географических условий — наличие горной местности и морских акваторий по траектории выведения космических кораблей. Для обеспечения безопасности пусков, необходимо выстроить спасательные транспортные средства вдоль траектории выведения на расстояние до 2600 км. При этом необходимо найти и начать спасательную операцию в течение двух часов с момента аварии. Известно, что в США плановые приводнения спускаемых аппаратов происходят с серьезными трудностями с привлечением авианосца и вертолетов. В России обычные посадки производятся на суше. Один случай приводнения при нестандартном спуске с орбиты показал серьезность проблемы. Тогда удалось подцепить трос с лебедкой вертолета Ми-8 и отбуксировать спускаемый аппарат «Союз» к берегу. Тренировки по спасению космонавтов на воде показывают существенные затруднения в выполнении необходимых операций для экипажа и группы спасения. Современные космические корабли имеют и большую массу: корабль «Орел» («Федерация») — 7 тонн, новые корабли США и КНР также имеют большую массу. Вертолет Ми-8 уже не может поднять аппараты с такой массой. Для таких операций необходим вертолет Ми-26.

Группой специалистов разрабатывается дирижабль полужесткого типа для транспортных операций в Якутии и других труднодоступных районов SW60000 «Небесный странник», грузоподъемностью до 20 тонн. Силовая установка дирижабля позволяет поднимать и опускать грузы вертикально на режиме висения в безбалластном режиме полета. Для задачи спасения космонавтов разрабатывается специальная гондола с расширением в центральной части и открывающимися створками, что позволяет с помощью лебедок втянуть внутрь гондолы весь спускаемый аппарат с космонавтами внутри, и уже в закрытом помещении производить эвакуацию космонавтов и оказывать им необходимую помощь на борту. Разрабатывается автоматизированная подцепка спускаемого аппарата, находящегося в воде, в том числе и в штормовую погоду. В случае отложенного старта дирижабль может находиться в воздухе в течение 7 дней и барражировать в заданном районе. Необходимо выстроить в линию 6-8 дирижаблей, чтобы обеспечить эффективное спасение экипажей.

На протяжении большого времени периодически рассматриваются вопросы о возможности транспортировки блоков ракет-носителей от завода до стартового комплекса на большие расстояния с помощью дирижаблей. Такой проект прорабатывался на РКК «Энергия» еще полвека назад, а именно, в 70-х годах 20 века. Сейчас можно рассчитывать на транспортировку блоков массой до 100 тонн на

расстояние до 5000 км. Транспортный дирижабль SW100 грузоподъемностью 32 тонны уже может применяться для тестирования такой транспортировки. Возможно, с помощью дирижаблей, производить поиск и транспортировку отработанных элементов ракет в море и на суше для последующей утилизации.

### **Литература**

1. Gregory Gottlieb. Russia ascending? // AIRSHIP. The journal of the airship association. 2015. №187. Pp. 25-31.
2. Куликов И. Н. Безопасность эксплуатации дирижаблей в контексте развития аэрокосмических технологий. Исторический аспект // Институт истории естествознания и техники имени С. И. Вавилова РАН. Труды XXVI Международной научной конференции. Москва: ИЕЕТ РАН, 2020. С. 431-434.
3. Гомберг А. А. Небесные странники, или что могут дирижабли // Бурение и нефть. 2018. №7. С. 78-81.
4. Шеремет И. А. Перспективы воздухоплавательного флота в России // Воздушно-космическая сфера. 2017. №5 (90). С. 100-103.
5. Куликов И. Н. К вопросу оценки эффективности применения дирижабельных систем как средства спасания космических экипажей // Пилотируемые полёты в космос. 2020. №4 (37). С. 115-132.

УДК 629.76

eLIBRARY RU: 46297150

**Попович О.П.**  
**Лосицкий В.П.**  
г. Москва

### **К 90-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ МАРИНЫ ЛАВРЕНТЬЕВНЫ ПОПОВИЧ**

Написать бы в небе размашистым почерком,  
Калёным пером самолётных ракет,  
Примите, друзья, от испытателя  
Самый горячий, сердечный привет!  
М.Л. Попович.

**Аннотация.** Посвящается светлой памяти женщины, посвятившей всю свою жизнь служению небу. Летчику, испытателю, инструктору, наставнику, человеку, маме. Человеку с большой буквы.

Военный лётчик-испытатель Марина Лаврентьевна Попович (девичья фамилия – Васильева) родилась 20 июля 1931 года на хуторе Самусенки Велижского района Западной (ныне – Смоленской) области в семье Лаврентия Федосовича Васильева и Ксении Логиновны Щербаковой.

В 1948 году Марина совершила свой первый полёт, как курсант аэроклуба, на самолёте УТ-2. В 1951 году окончила авиационный техникум в Новосибирске, в 1951–1953 годах работала на заводе «Имени Коминтерна» по специальности технолога по сварочному производству. В 1954 году окончила Саранскую лётно-техническую школу ДОСААФ (позже – Московский филиал Киевского авиационного института) по специальности «инструктор-лётчик». Некоторое время работала здесь инструктором, с 1958 года стала лётчиком-инструктором в Центральном аэроклубе имени В. П. Чкалова. В 1966 году закончила Высшее авиационное училище гражданской авиации (впоследствии – Ордена Ленина академия гражданской авиации).

С 1960 года Марина Попович стала овладевать техникой пилотирования на реактивных самолётах, а вскоре стала единственной в стране женщиной – военным лётчиком-испытателем 1-го класса. Марина Лаврентьевна участвовала в первом отборе женщин-кандидатов в космонавты.

В 1962 году она проходила стационарное медицинское обследование в ЦВНИАГ в составе второй группы из 8 человек, но не прошла в отряд. В 1963 году была принята в ряды Вооружённых сил в качестве лётчика транспортного звена. В 1964 году стала лётчиком-испытателем. Работала командиром корабля Ан-12 в ГНИКИ ВВС.

Марина Попович первой из лётчиков-испытателей женщин, которая преодолела звуковой барьер на реактивном истребителе МиГ-21, за что получила прозвище «мадам МиГ». Летом 1965 года на самолёте «РВ» с двумя турбореактивными двигателями установила мировой рекорд скорости полётов самолётов данного класса, пройдя замкнутый двухтысячекилометровый маршрут со средней скоростью 737,28 км/ч. 18 сентября 1967 года побил мировой рекорд американки Жаклин Кокран, пролетев на самолёте «РВ» по маршруту Волгоград – Москва – Астрахань – Волгоград 2497 км, превысив рекорд на 344 км.

10 мировых рекордов завоёвано ею в качестве командира воздушного корабля-гиганта «Антей» (Ан-22). В последнем рекордном полёте, возглавляемый ею экипаж преодолел расстояние в 1000 км со скоростью, превышающей 600 км/ч, с грузом 50 тонн.

Общий налёт составляет около 6 тысяч часов на 40 типах и модификациях самолётов.

До 1978 года служила военным лётчиком-испытателем в авиационном НИИ во

Владимировке Астраханской области. В 1979–1984 годах Марина Попович работала ведущим лётчиком-испытателем в ОКБ Антонова в Киеве.

Марина Попович была проректором Международного института управления по патриотической работе, являлась вице-президентом Международного Центра Рерихов (с 2007 года), президентом Международной академии энергетических инверсий имени П.К. Ощепкова, профессором Национального государственного университета физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта.

30 ноября 2017 года Марина Лаврентьевна Попович скончалась в городе Абинске Краснодарского края в возрасте 86 лет. Похоронена на Мемориальном военном кладбище (Московская область, Мытищи).

Первый супруг – лётчик-космонавт СССР Павел Попович, второй супруг — военный штурман Борис Жихорев, две дочери, две внучки и внук.

#### Характеристика летной и трудовой деятельности Попович Марины Лаврентьевны.

Попович Марина Лаврентьевна на лётной работе с августа 1957 года. Лётчик-инструктор, лётчик-инспектор, военный лётчик, военный лётчик-испытатель, лётчик-испытатель Киевского механического завода (МАП). Освоила 40 типов самолётов и вертолётов разного класса, от учебно-тренировочного самолета Як-18 до сверхтяжёлого самолёта Ан-22, а также лёгкие и средние вертолёты. Имеет общий налёт почти 6000 часов. Около 3000 часов налетала на испытаниях новой авиационной техники. Испытывала самолеты КБ Антонова, Ильюшина, Яковлева, вертолёты КБ Миля. Провела испытания 11 типов самолётов и вертолётов в качестве ведущего лётчика-испытателя. При испытаниях опытных образцов авиационной техники установила 31 абсолютный мировой авиационный рекорд. Ниже приводится несколько эпизодов, позволяющих более глубоко оценить мужество и мастерство Попович М. Л., как лётчика и лётчика-испытателя, в которых она с честью выходила из аварийных ситуаций, спасая самолёты и жизни экипажей:

1. 1964 год – в качестве второго лётчика на опытном чехословацком самолёте L-29.

Командир экипажа – А. Николаев. Полёт на штопор. В полёте заклинило руль высоты из-за попадания постороннего предмета в качалку руля высоты. Экипаж произвел посадку, используя вместо руля высоты - триммер руля высоты. Причина отказа установлена после посадки. Через неделю на этом самолёте Попович М.Л. установила свой первый мировой рекорд. За мужество, проявленное при подготовке к побитию мирового рекорда, Главнокомандующий ВВС наградила её золотыми часами и присвоил воинское звание «капитан».

2. 1965 год – одноместный самолёт-истребитель МиГ-21. Испытательный полёт на «потолок». В момент отрыва самолёта от полосы произошло самовыключение «форсажа».

При этом створки выходного сопла не закрылись, что привело к резкому падению тяги.

В течение 7 секунд лётчик убрал шасси, выполнил предусмотренные аварийной ситуацией действия и произвёл вынужденную посадку перед собой. Состояние самолёта после посадки позволило выявить причину падения тяги, что явилось основанием для создания дублирующих систем закрытия створок в случае выключения форсажа. За мужество, проявленное в аварийной ситуации, Попович М. Л. была объявлена благодарность начальником ГК НИИ ВВС.

3. 1965 год – одноместный самолёт-разведчик Як-25РВ. Испытательный полёт за «цель». На высоте 17000 м лётчик почувствовал признаки кислородного голодания, ввёл в действие аварийную кислородную систему, убрал газ, выпустил шасси, а потом потерял сознание. Самолёт вошёл в крутую спираль, из-за создавшейся перегрузки оторвались законцовки крыла вместе с подкрыльевыми стойками, на поверхности крыла появились «гофры». Неуправляемый самолёт потерял около 10000 м высоты. Только на высоте ниже 8000 м лётчик пришёл в себя, без паники оценил обстановку, вывел самолёт в горизонтальный полёт, доложил ситуацию руководителю полётов и принял решение на посадку. Посадка закончилась благополучно.

Причина отказа кислородной системы была выявлена, и в конструкцию самолёта были внесены необходимые изменения. За мужество, хладнокровие и умелые действия, проявленные в аварийной ситуации, командование ГК НИИ ВВС представило полковника Попович Марину Лаврентьевну к званию Героя Советского Союза, но командующий ВВС генерал-полковник Кутахов П.С. грубо уволил её за два месяца до пенсии.

4. 1966 год – одноместный самолёт-разведчик Як-25РВ. Полёт на рекорд дальности для данного класса самолёта. Установлен абсолютный рекорд дальности – 2610 км, не побитый до настоящего времени. Лётчик вышел на аэродром посадки практически с пустыми топливными баками. Скорость ветра у земли превышала 20 м/сек, но топлива для ухода на другую точку уже не было. После благополучной посадки на пробеге из-за полной выработки топлива выключились двигатели. За этот полёт Попович М.Л. Были присуждены премия и диплом П. Тиссандье. Премию Попович М.Л. перечислила на памятник погибшим лётчикам-испытателям и их экипажам.

5. 1969 год – транспортный самолёт Як-40 (санитарный вариант). Государственные испытания. Испытательный полёт на общую прочность. Ведущий лётчик экипажа – Попович М.Л. При заходе на посадку с минимальным остатком топлива аэродром закрыло низкой облачностью с нижним краем облачности 40 м и видимостью, в дожде, не более 50 м. В тяжелейших условиях экипаж посадил самолёт с первого захода. За выдержку и проявленное лётное мастерство Попович М. Л. была награждена именными часами, и ей было досрочно присвоено воинское звание «майор».

6. 1970 год – транспортный самолёт Ан-12. Командир экипажа – Попович М.Л. Перевозка бронетанковой техники. Произошло стечение обстоятельств, чуть было не приведших к трагедии. Это ошибка правого лётчика в размещении груза, приведшая к выходу за ограничения по предельной передней центровке; резкое ухудшение погоды на аэродроме посадки; ошибка руководителя полётов в оценке реальных метеоусловий; самоустранение правого лётчика от оказания помощи командиру при заходе на посадку (он после данного полёта уволен). Серьёзность ситуации в полном объёме проявилась на самом ответственном участке полёта, выравнивании и посадке. Большой посадочный вес и запредельная передняя центровка не позволили командиру экипажа придать самолёту посадочное положение. Самолёт коснулся полосы передним колесом, и только мастерство командира экипажа позволило в таких условиях, после второго касания, уйти на «второй круг». Набрав высоту полёта по кругу, командир экипажа оценил обстановку, доложил руководителю полётов, выполнил аварийный сброс одной единицы бронетехники с предельно малой высоты и благополучно произвёл посадку. Всё это было выполнено ночью, в снегопад с порывистым ветром более 20 м/сек, при высоте нижней границы облаков и видимости ниже уровня командира экипажа.

7. 1971 год – транспортный самолёт Ан-12. Командир экипажа – Попович М.Л. Транспортный полёт на перевозку подвешенного топливного бака с самолёта МиГ-29. В полёте с подвешенного бака сорвало пробку, и весь грузовой отсек самолёта Ан-12 залило керосином. Самолёт весь пропитался парами керосина, а за бортом «грозовое» положение. Четыре часа страшнейшего напряжения у экипажа снималось, в основном, самообладанием командира экипажа.

8. 1974 год – сверхтяжёлый транспортный самолёт Ан-22. Командир экипажа – Попович М.Л. Специальным разрешением ЦК КПСС, Генерального конструктора и Главнокомандующего ВВС выполнялся полёт на установление мирового рекорда скорости с грузом 50 тонн на дальность 2000 км. Взлётный вес – 240 тонн. Неудачный полёт мог нанести большой урон престижу советского авиастроения. Полёт проходил в тяжелейших условиях: болтанка, снегопад, сильное обледенение, разгерметизация кабины, отказ радиосвязи, несоответствие погодных условий на аэродроме посадки минимуму командира экипажа. На посадке были включены днём посадочные огни. Только благодаря самоотверженной и слаженной работе экипажа полёт не был прекращён, а поставленная задача выполнена. На аэродроме посадки результатов полёта ожидали более 2000 человек, в том числе представители ЦК КПСС, Советского правительства и высшее военное руководство (среди встречающих – маршал авиации Руденко, трижды Герой Советского Союза И.Н. Кожедуб, адмирал флота Н.Д. Сергеев и др.). Попович М.Л. – единственная женщина, летавшая на таком сверхтяжёлом самолёте. Но она не только перевозила грузы, она была ведущим лётчиком-испытателем этого самолёта, испытывала его различные системы, в том числе системы десантирования грузов с предельно малых высот и систему ПНК. На самолёте Ан-22 Попович М.Л. установила 10 мировых рекордов. Попович М.Л. – одна из авторов программы конверсии военных вертолётов-амфибий и одна из непосредственных организаторов вывода гражданских модификаций вертолётов-амфибий на производственные рельсы.

Звания:

- Полковник;
- лётчик-испытатель 1-го класса;
- Заслуженный мастер спорта СССР;
- 101-кратная рекордсменка мира;
- кандидат технических наук.

**Секция 10**  
**«К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И ПРОБЛЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ»**

УДК 37.01

eLIBRARY RU: 23172278

**Ратникова Д.Д.**

студентка кафедры общей и прикладной психологии.

Научный руководитель

**Ермаченкова О.В.**

помощник директора по воспитательной работе

Московский гуманитарно-экономический университет

г. Калуга

**ЛИЧНОСТНЫЕ, МОТИВАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ И  
ЦЕННОСТНЫЕ ОРИЕНТАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ СТУДЕНТОВ**

**PERSONAL, MOTIVATIONAL FEATURES AND VALUE  
ORIENTATIONS OF MODERN STUDENTS**

*Аннотация:* статья раскрывает личностные и мотивационные особенности и ценностные ориентации студентов первого, второго и третьего курсов. Рассматриваются различия на каждом курсе, а также общая характеристика направленности студентов.

*Ключевые слова:* студент, личность, направленность, мотив, ценности, эмпатия, социально-психологические установки.

*Abstract:* the article reveals the personal and motivational characteristics and value orientations of first, second and third year students. Differences in each course are considered, as well as the general characteristics of the orientation of students.

*Keywords:* student, personality, orientation, motive, values, empathy, socio-psychological attitudes.

Студенчество - это особая социальная группа и отдельная возрастная категория, которая характеризуется профессиональной направленностью и находится на этапе становления социальной зрелости [7]. Студенческий период жизни человека приходится преимущественно на период юности или ранней взрослости, который характеризуется овладением всем многообразием социальных ролей взрослого человека, получением права выбора, приобретением определенной юридической и экономической ответственности, возможности включения во все виды социальной активности,



получением высшего образования и освоением профессии. Главными сферами жизнедеятельности студентов является профессиональное обучение, личностный рост и самоутверждение, развитие интеллектуального потенциала, духовное обогащение, нравственное, эстетическое и физическое самосовершенствование [1]. Достаточно актуальным сейчас является вопрос исследования личностных и мотивационных особенностей и ценностных ориентаций студентов, так как в современном обществе всегда возникает вопрос направленности студентов.

На основании актуальности темы мы провели эмпирическое исследование. В нём приняли участие 81 студент Московского гуманитарно-экономического университета Калужского филиала 1,2 и 3 курсов. Для диагностики использовались такие методики как «Личностный опросник» А.Т. Джерсайлд, методика «Нравственный потенциал личности» Г. Резапкина, «Диагностика уровня эмпатии» И. М. Юсупов, методика О. Ф. Потемкиной, методика «Ценностные ориентации» М. Рокича.

Согласно полученным результатам, полученным при помощи методики «Личностный опросник» А.Т. Джерсайлд [2], у студентов 1 и 2 курсов, в отличие от студентов 3 курса наблюдается ярковыраженный враждебный настрой, это может свидетельствовать о том, что для студентов характерна потеря самообладания или проявление чувства возмущения, гнева, ярости в ситуациях, когда на личность оказывают давление, подгоняют, навязывают свое мнение, особенно если нет возможности сопротивляться этому или проявлять свое недовольство.

Также студентам 1 и 2 курсов свойственна свобода воли, можно предположить, что для них важно иметь право делать самостоятельный выбор вне зависимости от обстоятельств.

Хотелось бы отметить, что у студентов низкие показатели по шкалам одиночество, половой конфликт, безнадежность и чувство неприкаянности это является хорошим результатом, свидетельствует о том, что у испытуемых отсутствует негативные переживания, у них нет проблем с поиском себя, но нас настораживает то, что у 60% опрошенных низкие значения по шкале свобода выбора, возможно, это связано с тем, что они полагаются и прислушиваются к мнению более опытных людей, дабы не совершить ошибку или не готовы брать на себя ответственность.

Согласно данным, полученным при помощи «Нравственный потенциал личности» Г. Резапкина[5], у студентов 2 курса наблюдается выраженность показателей по шкале трудолюбие, тогда

как студентам 1 и 3 курсов, больше свойственно страдать бездельем, то есть они чаще пытаются уклониться от выполнения каких-либо обязанностей.

Стоит отметить, что у 49% респондентов наблюдается самостоятельность в поступках и суждениях, что может свидетельствовать о том, что у них имеется способность свободно, но сознательно и обоснованно действовать в соответствие со своими ценностными ориентациями независимо от групповых воздействий. У 86% студентов низкие показатели по шкале зависимость, это говорит о том, что у них вероятность пристраститься к вредным привычкам или попасть в зависимость других людей очень маленькая.

По результатам методики «Диагностика уровня эмпатии» И. М. Юсупова [4] по шкале общий балл, студенты 2 курса, в отличие от студентов 1 и 3 курсов имеют более высокие показатели, из этого можно сделать вывод, что они более сострадательны, готовы в большей мере проявить заботу, помочь в сложный момент, проявляют эмоциональную отзывчивость на переживание других людей. Важно обратить внимание на то, что у студентов 3 курса по шкале общий балл низкие показатели имеют наиболее выраженный характер по сравнению с 1 и 2 курсам.

Результаты, полученные при помощи методики О.Ф. Потемкиной [6], показали, что студенты 1 и 2 курсов, в отличие от 3 имеют установки на труд и власть, то есть для людей с ориентацией на власть ведущей ценностью является влияние на других, на общество, а ориентация на труд говорит о направленности на видоизменение и приспособление предметов природы для удовлетворения своих потребностей.

На основе результатов, полученных при помощи методики «Ценностные ориентации» М. Рокича [6], можно предположить, что студенты 2 курса главной ценностью для себя считают жизненную мудрость, понимая под ней зрелость суждений и здравый смысл, достигаемый благодаря жизненному опыту. Также для них важную роль в жизни играет познание, то есть возможность расширения своего образования, кругозора, общей культуры, интеллектуального развития.

Для студентов 2 курса, в отличие от 1 и 3 курсов важна продуктивная жизнь, они хотят максимально использовать свои возможности, силы и способности. А для 1 курса, огромное значение играет свобода, для них важна самостоятельность и независимость в суждениях, а так же в поступках, которые они совершают, для 2 и 3 курсов это не имеет большого значения.

В данной статье мы раскрыли личностные и мотивационные особенности и ценностные ориентации студентов 1, 2 и 3 курсов. Мы обнаружили, что у студентов наблюдается враждебный настрой, влияющих на отношение студентов к миру и самим себе. Большинство студентов направлены на труд и власть, одной из главнейших ценностей для современных студентов является свобода во всех её проявлениях. Также хочется обратить внимание, что чем старше студенты, тем ярковыраженнее наблюдается тенденция к понижению эмпатии. Открытым остаётся вопрос являются ли выявленные тенденции устойчивыми для данного поколения или это свойственно только определенному периоду. Но наше исследование будет продолжаться и мы постараемся дать ответ на данный вопрос.

### **Литература**

1. Болотова, А.К. Психология развития и возрастная психология. Учебник для вузов. Стандарт третьего поколения / А.К. Болотова. - СПб: Питер, 2018. - 478 с.
2. Личностный опросник А.Т. Джерсайлда// Электронный ресурс (дата обращения 06. 02.2021) - <https://mybiblioteka.su>
3. Методика диагностики социально-психологических установок личности в мотивационно-потребностной сфере О.Ф.Потемкиной// Электронный ресурс (дата обращения 06. 02.2021) - <https://hr-portal.ru>
4. Методика «Диагностика уровня эмпатии» И. М. Юсупов// Электронный ресурс (дата обращения 06. 02.2021) - <https://infourok.ru>
5. Методика «Нравственный потенциал личности» Г.Резапкина// Электронный ресурс (дата обращения 06. 02.2021) - <http://metodkabi.net.ru>
6. Методика «Ценностные ориентации» М.Рокича// Электронный ресурс (дата обращения 06. 02.2021) - <http://dip-psi.ru>
7. Словарь / под. ред. А.Л. Венгера // Психологический лексикон; Энциклопедический словарь: в 6 т./ ред.-сост. Л.А. Карпенко / под общ. ред. А.В. Петровского. М.: ПЕР СЭ, 2018. 176 с.

## АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Абдуллин М.Р. ....	218
Александров С.В. ....	137
Алиев Р.Н. ....	224
Алтунин В.А. ....	218, 220
Алтунин К.В. ....	218
Алямовская Ю.С. ....	192
Алямовский С.Н. ....	192
Асташкин А.А. ....	49, 71
Аюкаева Д.М. ....	186
Бабаевский П.Г. ....	205
Бабицкий А.В. ....	18
Баданов Н.С. ....	218
Бажура А.С. ....	205
Батченко В.С. ....	168
Бикмучев А.Р. ....	238
Богатый А.В. ....	67
Богатый В.И. ....	67
Богачёв С.А. ....	34
Богомоллов В.В. ....	18, 21
Борисов А.В. ....	39
Боцова В.В. ....	49
Бронников С.В. ....	197
Бугера Д.Д. ....	186
Быстрова О.В. ....	274
Васильева Е.А. ....	278
Великанов П.Г. ....	224, 227
Великанова Н.П. ....	224, 227
Волков О.Н. ....	186
Волков С.А. ....	27, 31
Волошин О.В. ....	305
Герасютин С.А. ....	161
Гомберг А.А. ....	319
Гордеев С.В. ....	67
Гордиенко Е.С. ....	255, 259
Гороховская Е.А. ....	124
Грушевицкая Т.Г. ....	95
Губка О.А. ....	173
Гуридов А.А. ....	280
Гусев А.В. ....	206

Данильченко В.П. ....	11
Дворников М.В. ....	301, 303
Дегтярёв С.В. ....	205
Деменко О.Г. ....	243
Дементьев Ю.Н. ....	18, 21
Дешевая Е.А. ....	280
Докучаев Л.В. ....	246
Донсков А.В. ....	210
Дружинин Ю.О. ....	134
Дымова А.А. ....	280
Дьяков П.А. ....	216
Дятков С.Ю. ....	34
Емелин А.Ю. ....	134
Емельянов А.А. ....	39
Емельянов К.С. ....	39
Ермаченкова О.В. ....	328
Ермолаев С.В. ....	266
Есаков А.М. ....	188
Желнина Т.Н. ....	139
Желтова Е.Л. ....	124, 130
Жиганшина А.А. ....	297
Жук А.З. ....	202
Жук В.Е. ....	18
Жуковская К.И. ....	39
Жумаев З.С. ....	85
Журавлев Р.И. ....	61
Забродский А.Х. ....	74
Зайко Ю.К. ....	18, 21
Зарубин В.С. ....	83
Зиганшин Б.Р. ....	238
Зимин В.Н. ....	83
Золотарев И.А. ....	21
Ивашкин В.В. ....	251, 255, 263
Ильин В.К. ....	274, 277, 283, 297
Ильясов Х.Х. ....	188
Исииков Н.Е. ....	186
Июдин А.Ф. ....	18
Казаков Д.В. ....	313
Калегасев В.В. ....	18, 21
Карелин А.В. ....	44, 71
Каськов А.С. ....	221

Катенин В.А. ....	46, 74
Кирилюк Е.В. ....	269
Кислицкий М.И. ....	232
Климов П.А. ....	21
Клюшников В.Ю. ....	37
Коблов С.В. ....	15
Ковалёва А.А. ....	275
Ковалева С.Д. ....	259
Козедра П.А. ....	53
Козлов Н.А. ....	205
Колинова С.А. ....	166
Комиссарова Д.В. ....	277, 297
Комов А.А. ....	310
Кононова А.Ю. ....	19
Кошляков В.В. ....	8
Краснов А.С. ....	241
Краснопеев С.В. ....	18
Кривоногов И.А. ....	284
Кузьмин Ю.А. ....	44, 71
Куликов И.Н. ....	319
Куссмауль А.Р. ....	306
Кустодов А.Ю. ....	266
Кутومانов А.Ю. ....	266
Лапин А.В. ....	212
Лапшин Е.А. ....	71
Лебедев С.Ю. ....	315
Лизунов А.А. ....	61
Лизунов С.А. ....	61
Лобанов И.Е. ....	230
Лобода И.П. ....	34
Ловцевич С.М. ....	274
Лосицкий В.П. ....	322
Лыткин В.В. ....	91
Львов М.В. ....	220
Любинская Н.В. ....	67
Майорова В.И. ....	24
Максимовская Н.А. ....	118
Малашин А.А. ....	216
Малышев Д.В. ....	42
Маров М.Я. ....	7
Марченко Л.Ю. ....	294

Матвеев Ю.А. ....	53
Махров К.Б. ....	88
Мацнев Э.И. ....	290, 294
Меденков А.А. ....	301, 303
Меликова М.Б. ....	312
Мельников А.В. ....	64
Мельникова В.Г. ....	24
Менг Ж. ....	207
Мерзлый А.М. ....	53
Могулкин А.И. ....	64
Мозгов К.С. ....	46, 74
Морозова Л.Н. ....	122
Морозова Ю.А. ....	297
Мурадян О.А. ....	115
Носовский А.М. ....	275, 283
Обухов В.А. ....	64
Оседло В.И. ....	18, 22
Павлов Н.Г. ....	83
Павлушенко М.И. ....	134
Паниотова Т.С. ....	108
Пантелеймонов И.Н. ....	49
Пантелеймонова А.В. ....	49
Папков А.П. ....	18
Пасекова О.Б. ....	294
Пейсахович О.Д. ....	64
Перетяцько О.Ю. ....	18, 21
Перцов А.А. ....	34
Петренко Е.М. ....	202
Петров В.Л. ....	22
Пинг З. ....	207
Пичугин С.Б. ....	212
Пластинин Ю.А. ....	71
Поддубко С.В. ....	280
Подпорин М.С. ....	274
Позин А.А. ....	53
Попов Г.А. ....	67
Попович О.П. ....	322
Потюпкин А.Ю. ....	27, 31, 49
Ратникова Д.Д. ....	328
Рачкин Д.А. ....	24
Ренский С.И. ....	74

Рипка Н.Д. ....	77
Розин П.Е. ....	256, 259
Романенко М.А. ....	110
Рыкова М.П. ....	274
Савин С.Ф. ....	202
Саттаров А.Г. ....	238
Свертилов С.И. ....	18, 21
Селин В.А. ....	39
Семенов В.В. ....	319
Сергеев А.С. ....	27, 31
Сигалева Е.Э. ....	290, 294
Сигалева Т.В. ....	290
Сизов О.С. ....	39
Симонов А.В. ....	256, 259
Скедина М.А. ....	275, 283
Смирнова Е.Д. ....	266
Соболев А.А. ....	11
Соловьев В.А. ....	4
Соловьёва З.О. ....	274, 283
Сочнев А.В. ....	238
Степанов И.Б. ....	49
Степанов М.Н. ....	269
Судаков В.С. ....	166
Твердохлебова Е.М. ....	44, 71
Тененбаум С.М. ....	24
Теплицкая В.С. ....	171
Тимофеев Ю.А. ....	27, 31
Толкачев Ф.А. ....	241
Тюлин А.Е. ....	39
Усанова Н.А. ....	277
Филиппов В.С. ....	83
Ханада Х. ....	207
Харин С.А. ....	280
Хартов В.В. ....	71
Хасанов О.Л. ....	57
Хасанов Р.Р. ....	207
<b>Холодильов А.А.</b> ....	34
Хорунжий А.В. ....	100
Худяков С.Н. ....	236
Царёв В.Н. ....	274
Царев С.С. ....	158



Цымбарович П.Р. ....	39
Чеснов В.М. ....	155
Чигарёв М.Р. ....	218
Чубькин А.А. ....	46, 74
Чупин П.В. ....	11
Чурило И.В. ....	202, 205
Шаповалов А.В. ....	80
Шахвердов А.О. ....	83
Шеблаева А.С. ....	275
Шеф К.А. ....	280
Шпаков А.В. ....	186
Шувалов В.А. ....	44
Щеглов Г.А. ....	77, 80
Щербakov Ю.В. ....	317
Щербатых Л.В. ....	50
Щиголев А.А. ....	221
Щукин Ю.А. ....	53
Юрина О.А. ....	194
Яковлев А.А. ....	44
Яновская М.Л. ....	218, 221
Яровой А.Л. ....	49
Яшин И.В. ....	22

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ .....</b>	<b>4</b>
ЭПОХАЛЬНОЕ СОБЫТИЕ В ИСТОРИИ СТРАНЫ – ПЕРВЫЙ ПОЛЕТ ЧЕЛОВЕКА В КОСМОС THE FIRST MANNED SPACE FLIGHT IS THE GREATEST EVENT IN THE HISTORY OF THE COUNTRY Соловьев В.А.....	4
ГЛАВНЫЙ ТЕОРЕТИК КОСМОНАВТИКИ – МСТИСЛАВ ВСЕВОЛОДОВИЧ КЕЛДЫШ MSTISLAV VSEVOLODOVICH KELDYSH: CHIEF THEORIST OF COSMONAUTICS Маров М.Я.....	7
РАЗВИТИЕ И ВНЕДРЕНИЕ ИДЕЙ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО В РАБОТАХ РНИИ – ЦЕНТРА КЕЛДЫША DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF K.E. TSIOLKOVSKY'S IDEAS IN THE WORKS OF RНИИ – KELDYSH RESEARCH CENTER Кошлаков В.В.....	8
НИКОЛАЙ ДМИТРИЕВИЧ КУЗНЕЦОВ – ГЕНИАЛЬНЫЙ КОНСТРУКТОР, ОПЕРЕДИВШИЙ ВРЕМЯ NIKOLAY DMITRIEVICH KUZNETSOV – A GENIUS DESIGNER, AHEAD OF HIS TIME Соболев А.А., Чупин П.В., Данильченко В.П. ....	11
ОТ НИИ РЕАКТИВНОГО ВООРУЖЕНИЯ ДО НАУЧНОГО ЯДРА РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ FROM R&D INSTITUTE OF REACTIVE WEAPONS TO THE CENTRAL RESEARCH INSTITUTE OF THE ROCKET AND SPACE INDUSTRY OF RUSSIA Коблов С.В. ....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
<b>У Симпозиум «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ РОССИЙСКИХ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ СОЦИАЛЬНО- ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ».....</b>	<b>18</b>
НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ МАЛЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ «АВИОН-КАЛУГА 650»	

SCIENTIFICAL AND EDUCATIONAL SMALL SPACECRAFT AVION-  
KALUGA 650

Зайко Ю.К., Дементьев Ю.Н., Июдин А.Ф., Калегаев В.В., Перетягко  
О.Ю., Оседло В.И., Богомолов В.В., Свертилов С.И., Бабицкий А.В.,  
Папков А.П., Краснопеев С.В., Жук В.Е., Кононова А.Ю. .... 19

РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕТНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГРУППИРОВКИ  
СПУТНИКОВ РАЗМЕРНОСТИ КУБСАТ МОСКОВСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА

RESULTS OF FLIGHT EXPLOITATION OF MOSCOW UNIVERSITY  
CUBSAT SATELLITE CONSTELLATION

Свертилов С.И., Богомолов В.В., Дементьев Ю.Н., Зайко Ю.К.,  
Золотарев И.А., Калегаев В.В., Климов П.А., Перетягко О.Ю.,  
Петров В.Л., Оседло В.И., Яшин И.В. .... 22

РАЗРАБОТКА МКА ТИПОРАЗМЕРА CUBESAT – ОПЫТ МГТУ ИМ.  
Н.Э. БАУМАНА

CUBESATS DEVELOPMENT – BAUMAN UNIVERSITY  
EXPERIENCE

Рачкин Д.А., Тененбаум С.М., Мельникова В.Г., Майорова В.И. .... 24

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ И СОЗДАНИЯ  
КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ МАЛОРАЗМЕРНЫХ  
АППАРАТОВ

ANALYSIS OF CURRENT TRENDS IN THE DEVELOPMENT AND  
CREATION OF SPACE SYSTEMS BASED ON SMALL SPACECRAFT

Тимофеев Ю.А., Потюпкин А.Ю., Волков С.А., Сергеев А.С. .... 27

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ  
МНОГОСПУТНИКОВЫМИ ОРБИТАЛЬНЫМИ ГРУППИРОВКАМИ  
МАЛОРАЗМЕРНЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

INFORMATION SUPPORT OF THE CONTROL OF SMALL  
SPACECRAFT MULTI-SATELLITE ORBITAL GROUPINGS

Тимофеев Ю.А., Потюпкин А.Ю., Волков С.А., Сергеев А.С. .... 31

ПРОВЕДЕНИЕ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРУППИРОВОК МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ  
АППАРАТОВ

CARRYING OUT SCIENTIFIC RESEARCHES WITH USE OF GROUPS  
OF SMALL SPACECRAFTS

Богачёв С.А., Перцов А.А., Лобода И.П., Дятков С.Ю. .... 34

МАЛЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ-ДЕМОНСТРАТОРЫ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ SMALL SATELLITES - DEMONSTRATORS OF ADVANCED SPACE TECHNOLOGIES Клюшников В.Ю.....	37
СИНТЕЗ РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА ОРБИТАЛЬНОЙ ГРУППИРОВКИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИОВАНИЯ ЗЕМЛИ FORMATION OF AN OPTIMAL ORBITAL CONSTELLATION OF EARTH OBSERVATION SATELLITES Тюлин А.Е., Селин В.А., Емельянов А.А., Емельянов К.С., Борисов А.В., Сизов О.С., Жуковская К.И., Цымбарович П.Р.....	39
АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО МОНИТОРИНГА FEATURES OF DEVELOPMENT OF SPACE-BASED RADIO FREQUENCY MONITORING Мальшев Д.В. ....	42
НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ НИЗКООРБИТАЛЬНЫХ ГРУППИРОВОК МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ SOME FEATURES OF CREATION AND OPERATION OF LOW- ORBITAL GROUPS OF SMALL SPACECRAFTS Карелин А.В., Кузьмин Ю.А., Твердохлебова Е.М., Шувалов В.А., Яковлев А.А. ....	44
ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ МКА ДЛЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО СКРЫТНОГО ЛАЗЕРНОГО НАВИГАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАЗЕМНЫХ, МОРСКИХ, АВИАЦИОННЫХ И КОСМИЧЕСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ MAIN DIRECTIONS OF SCA APPLICATION FOR INTERFERENCE HIDDEN LASER NAVIGATION SUPPORT FOR LAND, MARINE, AVIATION AND SPACE USERS Катенин В.А., Мозгов К.С., Чубыкин А.А. ....	46
ПУТИ РЕАЛИЗАЦИИ ЗАДАЧИ ПОВЫШЕНИЯ ОПЕРАТИВНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЗЕМЛИ ПОТРЕБИТЕЛЮ WAYS OF IMPLEMENTATION OF THE PROBLEM OF INCREASING THE EFFICIENCY OF INFORMATION TRANSFER OF SPACE MONITORING OF THE EARTH TO THE CONSUMER	

Пантелеймонов И.Н., Потюпкин А.Ю., Яровой А.Л., Боцва В.В.,  
Асташкин А.А., Пантелеймонова А.В., Щербатых Л.В. .... 50

**ПРИМЕНЕНИЕ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В  
СОЗДАНИИ СРЕДСТВ ВЫВЕДЕНИЯ СВЕРХЛЕГКОГО КЛАССА  
ДЛЯ МАЛЫХ КА**

**APPLICATION OF SOLID FUEL TECHNOLOGIES IN THE  
CREATION OF ULTRALIGHT CLASS LAUNCH VEHICLES FOR  
SMALL SPACECRAFT**

Матвеев Ю.А., Мерзлый А.М., Позин А.А., Козедра П.А.,  
Щукин Ю.А. .... 53

**ЛЁГКИЙ НАНОКОМПОЗИТ ДЛЯ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ЭКБ  
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

**LIGHTWEIGHT NANOCOMPOSITE FOR RADIATION SHIELDING OF  
THE ELECTRONIC COMPONENT BASE OF SPACECRAFTS**

Хасанов О.Л. .... 57

**СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МС «ЧИБИС», НАУЧНЫЕ И  
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ  
ПРОИЗВОДСТВА, ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕКОМЕНДАЦИИ  
НА БУДУЩИЕ МС**

**MS POWER SUPPLY SYSTEM «CHIBIS», SCIENTIFIC AND  
METHODICAL PRINCIPLES FOR FACTORY MANAGEMENT,  
OPERATING EXPERIENCE AND RECOMMENDATIONS FOR  
FORTHCOMING MS**

Лизунов С.А., Журавлев Р.И., Лизунов А.А. .... 61

**КОЛЛОИДНЫЕ ЭЛЕКТРОРАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ И  
ПЕРСПЕКТИВА ИХ ПРИМЕНЕНИЯ**

**COLLOID ELECTRIC THRUSTER AND PROSPECTS OF THEIR  
APPLICATION**

Могулкин А.И., Мельников А.В., Обухов В.А., Пейсахович О.Д. .... 64

**РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ЭЛЕКТРОРАКЕТНОЙ  
ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ НА БАЗЕ АБЛЯЦИОННОГО  
ИМПУЛЬСНОГО ПЛАЗМЕННОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ  
КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ФОРМАТА «CUBESAT»**

**DEVELOPMENT OF PROTOTYPE OF ELECTRIC PROPULSION  
SYSTEM BASED ON ABLATIVE PULSED PLASMA THRUSTER FOR  
THE SPACECRAFT OF «CUBESAT» FORMAT**

Богатый А.В., Богатый В.И., Гордеев С.В., Любинская Н.В.,  
Попов Г.А. .... 67

НИЗКООРБИТАЛЬНАЯ СИСТЕМА МАЛЫХ И СВЕРХМАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДЛЯ ГЛОБАЛЬНОГО И ЛОКАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ И МАЛЫХ ГАЗОВЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ АТМОСФЕРЫ LOW-ORBITAL MICRO AND NANOSATELLITE SYSTEM FOR GLOBAL AND LOCAL MONITORING OF GREENHOUSE AND TRACE GASES Асташкин А.А., Карелин А.В., Кузьмин Ю.А., Лапшин Е.А., Пластинин Ю.А., Твердохлебова Е.М., Хартов В.В.....	71
БОРТОВЫЕ СРЕДСТВА РЕГИСТРАЦИИ МАЛОЗАМЕТНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО РЕГИСТРАТОРА ON-BOARD FACILITIES FOR REGISTERING OF THE HARDLY NOTICABLE SPACE OBJECTS ON THE BASIS OF HIGH SPEED ELECTRON-OPTICAL DETECTOR Забродский А.Х., Катенин В.А., Мозгов К.С., Ренский С.И., Чубыкин А.А. ....	74
РАЗГОННЫЙ БЛОК ДЛЯ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ НА ХОЛОДНОМ ГАЗЕ SMALL SPACECRAFTS UPPER STAGE WITH COLD GAS THRUSTERS Щеглов Г.А., Рипка Н.Д. ....	77
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОГРАММА СОЗДАНИЯ МОДУЛЬНОГО СЕМЕЙСТВА МАЛЫХ РАЗГОННЫХ БЛОКОВ TECHNOLOGICAL PROGRAM FOR MODULAR DESIGN OF SMALL UPPER STAGES Щеглов Г.А., Шаповалов А.В. ....	80
ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИВОДА ИЗ МАТЕРИАЛА С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ В ТРАНСФОРМИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЯХ INVESTIGATION OF CHARACTERISTICS AND MATHEMATICAL MODELING OF A DRIVE FROM A MATERIAL WITH A SHAPE MEMORY EFFECT IN TRANSFORMABLE SPACE STRUCTURES Зарубин В.С., Зимин В.Н., Павлов Н.Г., Филиппов В.С., Шахвердов А.О. ....	83

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СОЗВЕЗДИЯ КУБСАТОВ ЗА СЧЁТ БЫСТРОГО ФАЗИРОВАНИЯ В СОЗВЕЗДИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЭДУ IMPROVING THE PERFORMANCE OF THE CUBESATS CONSTELLATION DUE TO FAST CONSTELLATION PHASING USING THE STP Жумаев З.С. ....	85
СТЕНД ИМИТАЦИИ СИГНАЛЬНОЙ ОБСТАНОВКИ В ОКОЛОЗЕМНОМ КОСМИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ NEAR EARTH SPACE SIGNAL IMITATION TESTBED Махров К.Б. ....	88
<b>Секция 1. «Исследование научного творчества К.Э. Циолковского и история ракетно-космической науки и техники».....</b>	<b>91</b>
ОБЩЕСТВО НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО В ТРУДАХ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО THE SOCIETY OF THE PRESENT AND THE FUTURE IN THE WORKS OF K.E. TSIOLKOVSKY Лыткин В.В.....	91
ПРОЕКТ «КОСМИЗАЦИЯ»: МЕЧТЫ И РЕАЛЬНОСТЬ (ПО СТРАНИЦАМ ПРОИЗВЕДЕНИЙ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО, В.И. ВЕРНАДСКОГО И И.А. ЕФРЕМОВА) THE PROJECT «COSMIZATION»: DREAMS AND REALITY (IN THE WORKS OF K.E. TSIOLKOVSKY, V.I. VERNADSKY AND I.A. EFREMOV) Грушевицкая Т.Г.....	95
МЕРИТОКРАТИЯ В ТРУДАХ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО В КОНТЕКСТЕ СТАНОВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА MERITOCRACY IN THE WORKS OF K.E. TSIOLKOVSKY IN THE CONTEXT OF THE FORMATION OF THE INFORMATION SOCIETY Хорунжий А.В.....	100
К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ: КОНСТРУИРОВАНИЕ ОБРАЗА БУДУЩЕГО K.E. TSIOLKOVSKY: CONSTRUCTING THE IMAGE OF THE FUTURE Паниотова Т.С.....	108
УТОПИЧЕСКАЯ ТРАДИЦИЯ В ОСВОЕНИИ БУДУЩЕГО: ТВОРЧЕСТВО К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО	

UTOPIAN TRADITION IN THE DEVELOPMENT OF THE FUTURE: THE WORK OF KONSTANTIN TSIOLKOVSKY Романенко М.А. ....	110
СТРЕМЛЕНИЕ К ПРОГРЕССУ ИЛИ КТО СТОИТ ЗА ВСЕОБЩИМ ПРОЦВЕТАНИЕМ (КОНЦЕПЦИЯ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО) THE DESIRE FOR PROGRESS OR WHO IS BEHIND UNIVERSAL PROSPERITY (THE CONCEPT OF K.E. TSIOLKOVSKY) Мурадьян О.А. ....	115
К ИСТОРИИ ПИСЬМА-ЗАВЕЩАНИЯ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО (ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ) TO THE HISTORY OF THE WILL OF K.E. TSIOLKOVSKY (ADDITIONAL MATERIALS) Максимовская Н.А. ....	118
О НАУЧНЫХ КОНТАКТАХ А. Л. ЧИЖЕВСКОГО И С. П. КОРОЛЕВА ABOUT SCIENTIFIC CONTACTS BETWEEN A.L. CHIZHEVSKY AND S.P. KOROLEV Морозова Л.Н. ....	122
ПОЛЕТЫ В КОСМОС В РУССКОЙ НАУЧНО-ФАНТАСТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЕ КОНЦА XVIII-XIX ВВ. SPACE JOURNEYS IN RUSSIAN SCIENCE FICTION LITERATURE OF THE END OF XVIII-XIX CENTURIES Желтова Е.Л., Гороховская Е.А. ....	124
ВОЗДУШНЫЕ И КОСМИЧЕСКИЕ ПУТЕШЕСТВИЯ В НАУЧНОЙ ФАНТАСТИКЕ ФАДДЕЯ БУЛГАРИНА AERO AND SPACE JOURNEYS IN SCIENCE FICTION OF THADDEUS BULGARIAN Желтова Е.Л. ....	130
СОВРЕМЕННОСТИ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО О ПОЛЕТЕ В КОСМОС (1903–1905) THE CONTEMPORARIES OF K.E. TSIOLKOVSKY ABOUT 8:45 FLIGHT IN THE SPACE (1903–1905) Дружинин Ю.О., Емелин А.Ю., Павлушенко М.И. ....	134
ИДЕЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА В ТРУДАХ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО	



THE IDEA OF THE UNIVERSAL TRANSPORT'S VEHICLE IN THE LABORES OF K.E. TSIOLKOVSKY Александров С.В. ....	137
К ИСТОРИИ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ГЕРМАНА ОБЕРТА В ОБЛАСТИ РАКЕТНОЙ ТЕХНИКИ (1929): НОВЫЕ ВЫВОДЫ ON THE HISTORY OF HERMANN OBERTH'S PRACTICAL WORKS IN THE FIELD OF ROCKET TECHNOLOGY (1929): NEW CONCLUSIONS Желнина Т.Н. ....	139
НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ИСТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ КЛИМАТА ЗЕМЛИ С ПОМОЩЬЮ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ SOME ASPECTS OF THE HISTORY OF STUDYING THE EARTH'S CLIMATE USING SPACE PROBES Чеснов В.М. ....	155
СИМВОЛИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ МТКС «БУРАН» В ОБЩЕСТВЕННОМ СОЗНАНИИ СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ SYMBOLIC MEANING OF REUSABLE SPACE TRANSPORT SYSTEM «BURAN» IN THE PUBLIC CONSCIOUSNESS OF MODERN RUSSIA Царев С.С. ....	158
Ю.А. МОЗЖОРИН: ВКЛАД В РАЗВИТИЕ СОВЕТСКОЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ НАУКИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ YU.A. MOZZHORIN: CONTRIBUTION TO THE DEVELOPMENT OF SOVIET ROCKET AND SPACE SCIENCE AND INDUSTRY Герасютин С.А. ....	161
ИМЕНА НА КАРТЕ ЛУНЫ (ЧАСТЬ 2) NAMES AT MOON' MAP (PART 2) Судаков В.С., Колинова С.А. ....	166
ПРОЕКТЫ ЛУНОДРОМОВ 1967-1968 ГОДОВ PROJECTS OF LUNODROMES (1967-1968) Батченко В.С. ....	168
О НЕКОТОРЫХ ИСТОРИЧЕСКИХ ЭТАПАХ ОСВОЕНИЯ КОСМОСА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ РУБРИКАТОРА ВИНИТИ РАН ПО ТЕМАТИКЕ «КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ»	

ABOUT SOME HISTORICAL STAGES OF SPACE EXPLORATION BASED ON THE DATA OF THE VINITI RAS RUBRICATOR ON THE SUBJECT «SPACE RESEARCH» Теплицкая В.С. ....	171
ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-КОНСТРУКТОРСКОЙ ШКОЛЫ В.М. КОВТУНЕНКО THE MAIN DIRECTIONS OF THE SCIENTIFIC AND DESIGN SCHOOL OF V.M. KOVTUNENKO Губка О.А. ....	173
<b>Секция 2. «ПРОБЛЕМЫ РАКЕТНОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ».....</b>	<b>186</b>
ЭКСПЕРИМЕНТ ПО КОМПЛЕКСНОМУ ИЗУЧЕНИЮ МКС КАК СРЕДЫ ОБИТАНИЯ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРОВ THE EXPERIMENT TO CONDUCT AN INTEGRATED STUDY OF THE ISS AS THE HABITATION AND WORKING ENVIRONMENT FOR OPERATORS Аюкаева Д.М., Бугера Д.Д., Волков О.Н., Исииков Н.Е., Шпаков А.В. ....	186
ОЦЕНКА РАЗВИТИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ «СЦЕНАРИЙ» С БОРТА РС МКС THE ASSESSMENT OF THE FOREST FIRES DEVELOPMENT IN THE «SCENARIO» EXPERIMENT FROM THE ISS RUSSIAN SEGMENT Есаков А.М., Ильясов Х.Х. ....	188
ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ СВОБОДНО ПАРЯЩЕГО ТЕЛА ОТНОСИТЕЛЬНО КОРПУСА ОРБИТАЛЬНОЙ СТАНЦИИ STUDY OF THE MOTION OF A FREE-FLOATING BODY RELATIVE TO THE CASE OF THE ORBITAL STATION Алямовская Ю.С., Алямовский С.Н. ....	192
КОНТРОЛЬ ПОДВИЖЕК ЛЕДНИКОВ И ОПОЛЗНЕЙ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ «УРАГАН» НА МКС MONITORING MOVEMENTS OF GLACIERS AND LANDSLIDES IN THE URAGAN EXPERIMENT ONBOARD THE ISS Юрина О.А. ....	194
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПОЛЁТА ПИЛОТИРУЕМОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА	

DESIGNING A MONITORING SYSTEM FOR A MANNED SPACECRAFT FLIGHT Бронников С.В. ....	197
КОСМИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ «ЛУННЫЙ РЕГОЛИТ» THE COSMIC EXPERIMENT «LUNAR REGOLITH» Жук А.З., Петренко Е.М., Савин С.Ф., Чурило И.В. ....	202
ВОЗМОЖНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ИМИТАТОРА ЛУННОГО ГРУНТА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЛУННОЙ БАЗЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ THE POSSIBILITY OF OBTAINING AND USING POLYMER COMPOSITE MATERIALS BASED ON A LUNAR SOIL SIMULATOR FOR THE CONSTRUCTION OF A LUNAR BASE USING ADDITIVE TECHNOLOGIES Бабаевский П.Г., Дегтярёв С.В., Козлов Н.А., Бажура А.С., Чурило И.В. ....	205
ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОСВОЕНИЕ ЛУНЫ: РЕГОЛИТ, ЛЕТУЧИЕ И РЕДКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ GEOLOGICAL DEVELOPMENT OF THE MOON: REGOLITH, VOLATILE AND RARE EARTH ELEMENTS Гусев А.В., Менг Ж., Пинг З., Ханада Х., Хасанов Р.Р. ....	207
МЕТОДИКА СИНТЕЗА СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССА ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЁТОМ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА TECHNIQUE FOR THE SYNTHESIS OF THE INFORMATION SUPPORT SYSTEM FOR THE OPERATIONAL FLIGHT CONTROL OF THE SPACE VEHICLE Донсков А.В. ....	210
МАРКОВСКИЕ МОДУЛИРОВАННЫЕ ПОТОКИ В ИССЛЕДОВАНИИ НИЗКООРБИТАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ MARKOV MODULATED FLOWS IN A LOW EARTH ORBIT COMMUNICATIONS SYSTEM INVESTIGATION Лапин А.В., Пичугин С.Б. ....	212
ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ТРОСОВОЙ СИСТЕМЫ	

ESTIMATION OF FUNCTIONING PARAMETERS OF THE SPACE TETHER SYSTEM Дьяков П.А., Малашин А.А. ....	216
РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ МЕТАНОВЫХ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ DEVELOPMENT OF CONSTRUCTIVE METHANE SCHEMES LIQUID ROCKET ENGINES Алтунин В.А., Алтунин К.В., Абдуллин М.Р., Чигарёв М.Р., Баданов Н.С., Яновская М.Л. ....	218
ПРОБЛЕМЫ ОСАДКООБРАЗОВАНИЯ В СИСТЕМАХ СМАЗКИ ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ RECORDING PROBLEMS IN AIRCRAFT ENGINES LUBRICATING SYSTEMS Алтунин В.А., Львов М.В., Каськов А.С., Щиголов А.А., Яновская М.Л. ....	221
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАГРУЖЕННОСТИ ДИСКОВ ТУРБИНЫ АВИАЦИОННОГО ГТД И НАЗЕМНОЙ ГТУ ДЛЯ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО АГРЕГАТА COMPARATIVE ANALYSIS OF THE TURBINE DISK LOADING FOR THE AIRCRAFT GTE AND GAS GENERATOR FOR THE GPU Великанова Н.П., Великанов П.Г., Алиев Р.Н. ....	224
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДОЛГОВЕЧНОСТИ РАБОЧИХ ЛОПАТОК ТУРБИН ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ НАЗЕМНЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АППАРАТОВ НА ОСНОВЕ ВЕРОЯТНОСТНОГО ПОДХОДА COMPARATIVE ANALYSIS OF THE TURBINE BLADES DURABILITY OF A GROUND-BASED GAS GENERATORS TURBINE FOR A GPU BASED ON A PROBABILISTIC APPROACH Великанова Н.П., Великанов П.Г. ....	227
МОДЕЛИРОВАНИЕ НИЗКОРЕЙНОЛЬДСОВОЙ СТРУКТУРЫ ВИХРЕВЫХ ЗОН МЕЖДУ ПЕРИОДИЧЕСКИМИ ПОВЕРХНОСТНЫМИ ТУРБУЛИЗАТОРАМИ ПОТОКА ПОЛУКРУГЛЫХ ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЙ В ТРУБАХ MODELING OF THE LOW-REYNOLDS STRUCTURE OF VORTEX ZONES BETWEEN PERIODIC SURFACE FLOW TURBULATORS OF SEMICIRCULAR CROSS-SECTIONS IN PIPES Лобанов И.Е. ....	230

КОММЕРЧЕСКИЙ МАЛЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ РАЗГОННЫЙ БЛОК. ОЦЕНКА ВАРИАНТОВ И СТРАТЕГИЯ СОЗДАНИЯ COMMERCIAL SMALL SPACE TUG. EVALUATION OF OPTIONS AND CREATION STRATEGY Кислицкий М.И. ....	232
О ВОЗМОЖНОСТИ УМЕНЬШЕНИЯ БОЛЕЕ ЧЕМ НА ПОРЯДОК МАССОВЫХ ЗАТРАТ НА РАЗГОН БЕСПИЛОТНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ МАРСИАНСКИХ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОРБИТАЛЬНОЙ РАЗГОННОЙ СТАНЦИИ ON POSSIBLE REDUCTION MORE THAN AN ORDER OF MAGNITUDE THE MASS EXPENSES FOR ACCELERATION OF UNMANNED SPACECRAFTS OF THE MARTIAN EXPEDITION COMPLEXES USING THE ORBITAL ACCELERATING STATION Худяков С.Н. ....	236
ИССЛЕДОВАНИЕ ИМПУЛЬСА ТЯГИ ЛАЗЕРНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ СИСТЕМ ОРИЕНТАЦИИ И СТАБИЛИЗАЦИИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С МАЛОЙ МАССОЙ STUDY OF THRUST PULSE OF LASER ROCKET ENGINE INTENDED FOR ORIENTATION AND STABILIZATION SYSTEMS OF SPACECRAFT WITH LOW MASS Саттаров А.Г., Бикмучев А.Р., Сочнев А.В., Зиганшин Б.Р. ....	238
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ МАЛОЙ ТЯГИ НА УЧЕБНОМ ИСПЫТАТЕЛЬНОМ СТЕНДЕ MODELING OF THE OPERATING PROCESS OF A LIQUID ROCKET ENGINE OF LOW THRUST ON A TRAINING TEST BOOTH Краснов А.С., Толкачев Ф.А. ....	241
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ТЕПЛОВЫХ РАДИАТОРОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ TOPICAL PROBLEMS OF ENSURING THE STRENGTH OF HEAT RADIATORS DURING THE SPACECRAFT OPERATION Деменко О.Г. ....	243
<b>Секция 3. «К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И МЕХАНИКА КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЁТА» .....</b>	<b>246</b>

О ПИОНЕРЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ КОСМОНАВТИКИ МИХАИЛЕ КЛАВДИЕВИЧЕ ТИХОНРАВОВЕ ABOUT THE PIONEER OF PRACTICAL COSMONAUTICS MIKHAIL KLAVDIEVICH TIKHONRAVOV Докучаев Л.В. ....	246
ПАМЯТНЫЕ ВСТРЕЧИ С ТИХОНРАВОВЫМ МИХАИЛОМ КЛАВДИЕВИЧЕМ И ЕГО УЧЕНИКАМИ SOME MEMORABLE MEETINGS WITH TIKHONRAVOV MIKHAIL KLAVDIEVICH AND HIS PUPILS Ивашкин В.В. ....	251
АНАЛИЗ СХЕМ ВЫВЕДЕНИЯ КА НА ВЫСОКИЕ КРУГОВЫЕ ОРБИТЫ ИСКУССТВЕННОГО СПУТНИКА ЛУНЫ THE SCHEMES FOR SPACECRAFT LAUNCH INTO HIGH CIRCULAR ORBITS OF A MOON ARTIFICIAL SATELLITE ANALYSIS Гордиенко Е.С., Ивашкин В.В., Симонов А.В., Розин П.Е. ....	256
СХЕМА ПОЛЁТА И ЗОНЫ ПОСАДКИ ПЕРСПЕКТИВНОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕНЕРЫ ДИСТАНЦИОННЫМИ И КОНТАКТНЫМИ МЕТОДАМИ THE FLIGHT SCHEME AND LANDING SITES FOR A PERSPECTIVE SPACECRAFT FOR VENUS EXPLORATION BY REMOTE AND CONTACT METHODS Симонов А.В., Ковалева С.Д., Гордиенко Е.С., Розин П.Е. ....	259
ВЫРАЖЕНИЕ ДЛЯ ИНТЕГРАЛА ЭНЕРГИИ В ЗАДАЧЕ ДВУХ ТЕЛ С УЧЕТОМ СЖАТИЯ ЗЕМЛИ AN EXPRESSION FOR INTEGRAL OF ENERGY IN TWO-BODY PROBLEM WITH TAKING INTO ACCOUNT OBLATENESS OF THE EARTH Ивашкин В.В. ....	263
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА МОДЕЛИРОВАНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОРБИТАЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ В ЦЕЛЯХ ОПЕРАТИВНОГО БАЛЛИСТИКО- НАВИГАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТА КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И СПУТНИКОВЫХ ГРУППИРОВОК ORBITAL MOTION SIMULATION AND VISUALIZATION SOFTWARE FOR THE PURPOSE OF REAL-TIME BALLISTICS AND NAVIGATION SUPPORT OF SPACECRAFTS AND SATELLITE CONSTELLATIONS MOTION	

Ермолаев С.В., Кустодов А.Ю., Кутоманов А.Ю., Смирнова Е.Д. .... 266

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДОСТАВКИ ПОЛЕЗНОГО  
ГРУЗА КРИТИЧЕСКОЙ МАССЫ НА ГЕОСТАЦИОНАРНУЮ  
ОРБИТУ

AN ANALYSIS OF POSSIBILITIES TO LAUNCH A SPACECRAFT OF  
EXTREMELY LARGE MASS INTO THE GEOSTATIONARY ORBIT

Кириллюк Е.В., Степанов М.Н. .... 27069

**Секция 4. К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И ПРОБЛЕМЫ  
КОСМИЧЕСКОЙ БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЫ..... 274**

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ТКАНЕЙ ПАРОДОНТА В  
ДО И ПОСЛЕ ИЗОЛЯЦИОННОГО ПЕРИОДА

COMPLEX ESTIMATION OF PERIODONTIC TISSUE STATUS

DURING AND AFTER ISOLATION PERIOD ..... 275

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИЁМА ПИЩЕВОЙ ДОБАВКИ НА  
ОСНОВЕ ПРОБИОТИКА И КАЛЬЦИЯ НА СОСТОЯНИЕ  
ЕСТЕСТВЕННЫХ БАРЬЕРОВ КОЛОНИЗАЦИИ ЧЕЛОВЕКА,  
НАХОДЯЩЕГОСЯ В УСЛОВИЯХ ПОВСЕДНЕВНОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

INFLUENCE OF LONG-TERM ADMINISTRATION OF A FOOD  
SUPPLEMENT BASED ON PROBIOTICS AND CALCIUM ON THE  
STATE OF NATURAL BARRIERS OF HUMAN COLONIZATION IN  
THE CONDITIONS OF DAILY ACTIVITY

Ильин В.К., Комиссарова Д.В., Усанова Н.А., Васильева Е.А. .... 278

СРЕДА ОБИТАНИЯ РС МКС. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ  
МОНИТОРИНГ

Дымова А.А., Поддубко С.В., Шеф К.А., Дешева Е.А., Харин С.А.,  
Гуридов А.А. .... 280

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ МИКРОБНОГО СТАТУСА  
ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ 14-СУТОЧНОГО ИЗОЛЯЦИОННОГО  
ЭКСПЕРИМЕНТА

PERTAINS TO DETERMINATION OF THE HUMAN MICROBIAL  
STATUS IN A 14-DAY ISOLATION EXPERIMENT

Ильин В.К., Соловьёва З.О., Скедина М.А., Носовский А.М.,  
Кривоногов И.А. .... 284

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ  
ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ КОСМОНАВТОВ К  
ВОЗДЕЙСТВИЮ ШУМА В КОСМИЧЕСКОМ ПОЛЕТЕ

PROSPECTIVE DIAGNOSTIC METHODS FOR AUSTRANAUTS' INDIVIDUAL SENSITIVITY TO NOISE INFLUENCE DURING THE SPACE FLIGHT Мацнев Э.И., Сигалева Е.Э., Сигалева Т.В. ....	290
ИССЛЕДОВАНИЕ ОТОПРОТЕКТИВНОГО ЭФФЕКТА ДЫХАНИЯ КИСЛОРОДНО-АРГОНОВОЙ ГАЗОВОЙ СМЕСЬЮ И ПРИЕМА БЕТАГИСТИНА ДИГИДРОХЛОРИДА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К УСЛОВИЯМ ПИЛОТИРУЕМОГО КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА THE STUDY OF OXYGEN-ARGON GAS MIXTURE INHALATION AND BETANISTINE DIHYDROCHLORIDE RECEPTION ОТОПРОТЕКТИВНЫЙ ЭФФЕКТ ПРИКЛАДНОЙ К УСЛОВИЯМ ПИЛОТИРУЕМОГО КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА Сигалева Е.Э., Марченко Л.Ю., Пасекова О.Б., Мацнев Э.И. ....	294
ИЗМЕНЕНИЯ МИКРОФЛОРЫ КИШЕЧНИКА, ВЕРХНИХ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ И ВАГИНАЛЬНЫХ СЛИЗИСТЫХ ОБОЛОЧЕК У ДОБРОВОЛЬЦЕВ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ С «3-СУТОЧНОЙ «СУХОЙ» ИММЕРСИЕЙ» CHANGES IN THE MICROFLORA OF THE INTESTINAL, UPPER RESPIRATORY TRACT AND VAGINAL MUCOUSE ENVELOPE OF VOLUNTEERS IN THE EXPERIMENT WITH «3-DAY «DRY» IMMERSION» Ильин В.К., Комиссарова Д.В., Морозова Ю.А., Жиганшина А.А. ...	297
МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ ПЕРВЫХ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ BIOMEDICAL RISKS OF THE FIRST MANNED SPACE FLIGHTS Дворников М.В., Меденков А.А. ....	301
МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛЕТА Г.С. ТИТОВА BIOMEDICAL FEATURES OF TITOV'S FLIGHT Меденков А.А., Дворников М.В. ....	303
ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ КРАТКОСРОЧНЫХ ИЗОЛЯЦИОННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТОВ «ЛУНА-2015» И «ЭСКИЗ» EXPERIENCE IN REALIZING SHORT-TERM ISOLATION EXPERIMENTS ON THE EXAMPLE OF THE PROJECTS «LUNA-2015» AND «ESKIZ» Волошин О.В., Куссмауль А.Р. ....	306



**Секция 5. «АВИАЦИЯ И ВОЗДУХОПЛАВАНИЕ» ..... 310**

ОСОБЕННОСТИ ЗАЩИЩЕННОСТИ ДВИГАТЕЛЕЙ НА  
ВОЗДУШНОМ СУДНЕ MS-21-300

FEATURES OF ENGINE PROTECTION ON THE AIRCRAFT MS-21-  
300

Комов А.А. .... 310

ПИЛОТИРОВАНИЕ ВЫСОКОАВТОМАТИЗИРОВАННЫХ  
ПАССАЖИРСКИХ ВС В СОСТАВЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
«ЭКИПАЖ-АВТОМАТИКА»

PILOTING OF HIGHLY-AUTOMATED CIVIL AIRCRAFT IN CREW-  
AUTOMATION INTERACTION

Меликова М.Б. .... 312

СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ САМОЛЁТА

CREATING A MODEL AIRPLANE

Казakov Д.В. .... 313

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВИХРЕВОГО ТЕЧЕНИЯ  
В КОЛЬЦЕВОЙ КАМЕРЕ СГОРАНИЯ

FEATURES OF VORTEX EFFECT APPLICATION IN SINGLE  
ANNULAR COMBUSTION CHAMBERS

Лебедев С.Ю. .... 315

ОБЛИК ГРУЗОВОГО ДИРИЖАБЛЯ КЛАССИЧЕСКОЙ СХЕМЫ  
ДЛЯ РАБОТЫ НА МАЛООСВОЕННЫХ ЗЕМЛЯХ

THE APPEARANCE OF CARGO AIRSHIP OF THE CLASSICAL  
SCHEME FOR WORK ON UNDERDEVELOPED LANDS

Щербаков Ю.В. .... 317

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ДИРИЖАБЛЕЙ В ИНТЕРЕСАХ  
КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

THE USE OF MODERN AIRSHIPS IN THE INTERESTS OF THE  
SPACE INDUSTRY

Гомберг А.А., Куликов И.Н., Семенов В.В. .... 319

К 90-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ МАРИНЫ ЛАВРЕНТЬЕВНЫ  
ПОПОВИЧ

Попович О.П., Лосицкий В.П. .... 322

**Секция 10. «К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И ПРОБЛЕМЫ  
ОБРАЗОВАНИЯ» ..... 328**

ЛИЧНОСТЫЕ, МОТИВАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ И  
ЦЕННОСТНЫЕ ОРИЕНТАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ СТУДЕНТОВ  
PERSONAL, MOTIVATIONAL FEATURES AND VALUE  
ORIENTATIONS OF MODERN STUDENTS

Ратникова Д.Д., Ермаченкова О.В..... 328

**АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ..... 332**

**СОДЕРЖАНИЕ..... 338**